国 土 交 通 省
河 川 砂 防 技 術 基 準
調　査　編

平成 26 年 4 月

国　土　交　通　省
水管理・国土保全局

国土交通省水管理・国土保全局長通知（本文）に加え、利用者の使いやすさを考慮して、本基準を用いる際の＜参考となる資料＞を掲載したものです。

河川砂防技術基準　調査編　目次　　平成26年4月　版

適用上の位置付け

第1章　総論
- 第1節　総説
- 第2節　河川砂防技術基準の調査編と他編の関係
- 第3節　調査編の構成
- 第4節　内容の更新

第2章　水文・水理観測　令和4年6月9日改定
- 第1節　総説
- 第2節　降水量観測
- 第3節　水位観測
- 第4節　流量観測
- 第5節　水文資料の整理･保存と品質管理
- 第6節　地下水観測
- 第7節　河川の流れの総合的把握
- 第8節　河川･ 令和3年4月28日改定

第3章　水文解析
- 第1節　水文統計解析
- 第2節　流出解析
- 第3節　地下水解析

第4章　河道特性調査
- 第1節　総説
- 第2節　河道特性調査に際しての基本的捉え方
- 第3節　各時点の河道状況
- 第4節　河道状況の時間的変化
- 第5節　洪水の作用
- 第6節　土砂流送特性
- 第7節　河道を取り巻く諸状況
- 第8節　調査結果の取りまとめ及び包括分析

第5章　河川における洪水流の水理解析
- 第1節　総説
- 第2節　洪水流解析の目的
- 第3節　目的に応じた洪水流解析手法の選定
- 第4節　計算手法の説明
- 第5節　パラメータの設定

第6章　河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析
- 第1節　総説
- 第2節　目的に応じた解析レベルの設定
- 第3節　計算法の設定
- 第4節　各種条件等の設定
- 第5節　解析の実施と検証･調整

第7章　浸水解析　令和4年6月9日改定
- 第1節　総説
- 第2節　浸水域調査
- 第3節　外水浸水解析
- 第4節　内水浸水解析
- 第5節　浸水解析結果の活用

第8章　河川経済調査
- 第1節　総説
- 第2節　治水経済調査
- 第3節　河川環境経済調査

第9章　水害リスク評価
- 第1節　総説
- 第2節　水害リスク評価の枠組みと手順

第10章　災害調査
- 第1節　総説
- 第2節　対象とする区域等に応じた災害調査
- 第3節　災害調査成果の蓄積と共有化

第11章　河川環境調査
- 第1節　総説
- 第2節　河川における環境調査の手法　について
- 第3節　河川流量調査
- 第4節　河道形状調査
- 第5節　河道構成材料調査
- 第6節　河川水質
- 第7節　植物調査
- 第8節　付着藻類調査
- 第9節　魚類調査
- 第10節　底生動物調査
- 第11節　鳥類調査
- 第12節　両生類･爬虫類･哺乳類調査
- 第13節　陸上昆虫類等調査
- 第14節　河川空間利用実態調査
- 第15節　河川景観調査
- 第16節　河川環境の総合的な分析
- 第17節　新しい技術の利用
- 第18節　環境影響評価
- 第19節　戦略的環境アセスメント

第12章　水質・底質調査
第1節　総説
第2節　水質調査
第3節　底質調査
第4節　汚濁負荷量調査及び水質汚濁予測調査
第5節　水質事故時の水質調査
第6節　流域圏スケールの物質動態把握

第13章　湖沼・ダム貯水池の環境調査
第1節　総説
第2節　湖沼･ダム貯水池の物理環境調査
第3節　湖沼･ダム貯水池の水質特性調査
第4節　湖沼における生物調査
第5節　ダム貯水池における生物調査等

第14章　汽水域・河口域の環境調査
第1節　総説
第2節　汽水域･河口域の環境調査
第3節　人為的改変による物理･化学的現象の調査･分析方法

第15章　土質地質調査
第1節　総説
第2節　河川堤防の土質地質調査
第3節　河川構造物の土質･地質調査
第4節　ダムの地質調査

第16章　総合的な土砂管理のための調査
第1節　総説
第2節　調査の基本的組立て方
第3節　調査結果の蓄積･共有化

第17章　砂防調査
第1節　総説
第2節　基礎的な調査
第3節　水系砂防調査
第4節　土石流対策調査
第5節　火山砂防調査
第6節　天然ダム(河道閉塞)等異常土砂災害対策調査
第7節　土砂災害に対するソフト対策調査
第8節　環境調査
第9節　流域･水系における流木調査
第10節　砂防経済調査

第18章　地すべり調査
第1節　総説
第2節　地すべり調査
第3節　緊急時の調査
第4節　恒久対策実施後の地すべりに対する観測･点検
第5節　地すべり経済調査

第19章　急傾斜地調査
第1節　総説
第2節　急傾斜地調査
第3節　基本調査
第4節　地盤調査
第5節　環境調査
第6節　崩壊斜面等調査

第20章　雪崩調査
第1節　総説
第2節　雪崩調査

第21章　海岸調査
第1節　総説
第2節　海岸概況調査
第3節　気象調査
第4節　海面変動調査
第5節　波浪調査
第6節　流れの調査
第7節　漂砂調査
第8節　海岸測量
第9節　海岸環境調査
第10節　海岸利用調査
第11節　海岸漂着物調査
第12節　海岸災害調査
第13節　高潮浸水解析
第14節　津波浸水解析
第15節　海岸事業の費用便益分析

~~第22章　測量・計測~~ 令和4年6月9日改定
~~第1節　総説~~
~~第2節　河川等に関する測量~~
~~第3節　新しい計測技術~~

第23章　調査結果の保存・活用
第1節　総説

適用上の位置付け

＜考え方＞

河川砂防技術基準調査編は、基準の適用上の位置付けを明確にするために、下表に示すように適用上の位置付けを＜考え方＞、＜必　須＞、＜標　準＞、＜推　奨＞、＜例　示＞に分類し、枠書き左上に記載している。

表　基準内容の分類と適用上の位置付け

分類	適用上の位置づけ	末尾の字句例
考え方	目的や概念、考え方を記述した事項。	…ある。 …いる。 …なる。 …れる。
必　須	技術的に明確であり遵守すべき事項。	…なければならない。 …ものとする。
標　準	周囲の条件等によって一律に規制することはできないが、特段の事情がない限り記述に従い実施すべき事項。	…を標準とする。 …を基本とする。 …による。
推　奨	周囲の条件等によって実施することが良い事項。	…望ましい。 …推奨する。 …努める。 …必要に応じて…する。
例　示	適用範囲や実施効果について確定している段階ではないが、周囲の条件等によっては導入することが可能な新技術等の例示。 周囲の条件等によって限定的に実施できる技術等の例示。 具体的に例示することにより、技術的な理解を助ける事項。	…などの手法（事例）がある。 …などの場合がある。 …などが考えられる。 …の場合には･･･ことができる。 …例示する。 例えば…。 …事例もある。 …もよい。

第１章　総論

目　次

第１節　総説 1
　１．１　基準の目的 1
　１．２　基本的な考え方 1
　１．３　改定の要点 1
　１．４　河川等の調査に係る技術基準の体系化 2
　１．５　国際貢献 2
　１．６　資料等の整理・活用 2
　１．７　調査結果の保存・活用 2
第２節　河川砂防技術基準の調査編と他編の関係 2
第３節　調査編の構成 3
　３．１　全体構成 3
　３．２　横断的な内容の充実 3
　３．３　激甚化する災害への対応 4
　３．４　調査目的と各章の相互関係 4
第４節　内容の更新 6

平成 26 年 4 月　版

第1章　総論

第1節　総説

1．1　基準の目的

＜考え方＞

河川砂防技術基準調査編（以下「調査編」という）は、河川、砂防、地すべり、急傾斜地、雪崩及び海岸（以下「河川等」という）の計画、設計及び維持管理等の適正な実施に資することを目的として、現状の技術水準に照らし合わせて基準となる調査手法等を規定したものである。

1．2　基本的な考え方

＜考え方＞

河川等の計画、設計及び維持管理等の実施に当たっては、河川砂防技術基準計画編に示しているように「災害の防止、資源の適正な利用及び環境保全の観点から、国土の重要な構成要素である土地・水を総合的に管理する」という視点が重要であり、河川そのものだけでなく流域全体を理解するとともに、流域の過去から現在に至るまでの変遷について理解し、空間的、時間的に広い視野で取り組むことが必要である。

また、今後は高度成長期に整備された多くの河川管理施設等が老朽化により更新時期を迎えるとともに、既存施設の長寿命化や効果的、効率的な運用等が必要となるなど、河川等の適切な維持管理の視点がますます重要となる。

本調査編を活用し河川等の調査を実施するに当たっては、上記の視点に常に留意して進めることが必要である。

さらに、これまで実施してきた施策の評価や、気候変化に対する適応策の検討、大規模・広域災害への対応など、調査の目的も複雑かつ多様になってきている。限られた予算の中で必要な調査を効率的に実施するためには、調査目的を明確に設定し、その目的に応じて必要な精度を有する調査手法を適切に選択し、組み合わせることにより調査を実施する必要がある。

＜関連通知等＞

1）河川砂防技術基準計画編，平成 16 年 3 月 30 日，国河情第 13 号，国土交通省河川局長通達，基本計画編 第 1 章 基本方針 第 1 節 総説.

1．3　改定の要点

＜考え方＞

これまでの調査編においては、個々の調査手法の記載が中心となっていた。今回の改定では、個々の調査手法の説明だけでなく、調査の全体像や個々の調査の位置付け等の調査を実施するに当たって理解しておくべき基本的な考え方を記載するよう努めた。さらに、対象とする調査目的に応じた手法が選択できるように記載するとともに、調査に求められる精度等に関する記載を充実させ、できるだけ実務との関連が分かるようにした。加えて、関連する他章との関係が分かるように横断的な記載を充実させている。

今回、新たに第 1 章 総論 を設け、調査に当たっての基本的な考え方、調査編の特徴、河川砂防技術基準計画編等の他編との関係、調査編全体の構成、更新の方針など調査編全体の概要と基本的な考え方を記載している。

第 2 章以降では、横断的な記載を充実させ、各章で記載されている調査により得られた成果を活用して総合的に河川等が理解できるように工夫している。たとえば、第 2 章 水文・水理観測 第 1 節 総説 などがそれに当たる。

加えて、激甚化する災害への対応として、第 10 章 災害調査 などを新たに記載している。

また、章ごとの技術的な熟度は必ずしも同じではないが、たとえば、第 9 章 水害リスク評価のように、現時点で重要と判断した項目については、新たに章を設けている。これらの章については、今後の研究や技術的知見の進展により、内容の充実を図ることとする。

1．4　河川等の調査に係る技術基準の体系化

＜考え方＞

これまで、様々な技術的な通知や手引・マニュアルが作成されているが、調査編とこれら通知等の関係を整理し、技術基準類の体系を明らかにするために、調査編に関連する細目、運用等に関する通知、手引、マニュアル等は関連通知等として記載し、調査編と関連通知等の関連が分かるようにしている。

1．5　国際貢献

＜考え方＞

調査編の検討に当たっては、国際的な技術基準との整合性に配慮するとともに、国際的な技術水準の向上に資するために日本の技術が国際的に活用されるよう努力することとする。

1．6　資料等の整理・活用

＜考え方＞

適切な調査を実施するためには、河川等を含む流域全体を理解し、調査を行うことが必要である。そのためには、過去の調査結果、関連する書籍・研究論文等や流域の基本的な資料を収集し、整理・活用することが重要である。過去の報告書類や関連する書籍・研究論文等に加えて、基本的な資料として流域の地質図、地形図、治水地形分類図、空中写真等のほか、過去の環境理解に役立つ迅速測図等を収集し、時間的・空間的に調査対象とする河川流域等を理解しておくことが重要である。

1．7　調査結果の保存・活用

＜考え方＞

調査結果については、適切な方法で保存し、蓄積するとともに、電子化し、データベース化することが重要である。また、できる限り位置情報も入れた地理空間情報として保存し、GIS などに活用することが重要である。データベースや地理空間情報を活用する手段として、水・物質循環解析ソフトウェア共通プラットフォーム（CommonMP）や CommonMP-GIS が整備されており、これらを利用して、データ整理、解析の実施、分かりやすい調査結果の表示等を行うなど、調査結果を適切に活用することが重要である。詳細は 第 23 章 調査結果の保存・活用 に記述している。

＜参考となる資料＞

Common MP 等については下記の資料、サイトが参考となる。

1）CommonMP プロジェクト推進委員会監修，椎葉充晴・立川康人編集：CommonMP 入門　水・物質循環シミュレーションシステムの共通プラットフォーム，技報堂出版，2011.

2）CommonMP ウェブサイト：http://framework.nilim.go.jp/.

第2節　河川砂防技術基準の調査編と他編の関係

＜考え方＞

調査編と河川砂防技術基準の他編（計画編、設計編、維持管理編）の関係は、図 1-2-1　のように示される。つまり、「河川等の計画、設計及び維持管理等の適正な実施」のために、計画編

など他編を用いて検討や業務を実施し、その検討目的や業務遂行に必要な調査手法等については、調査編が適切な手法を提示するものである。そのほか、他編を介さず、「河川等の計画、設計及び維持管理等の適正な実施」の目的のために調査編が直接的に手法を提示する場合もある。

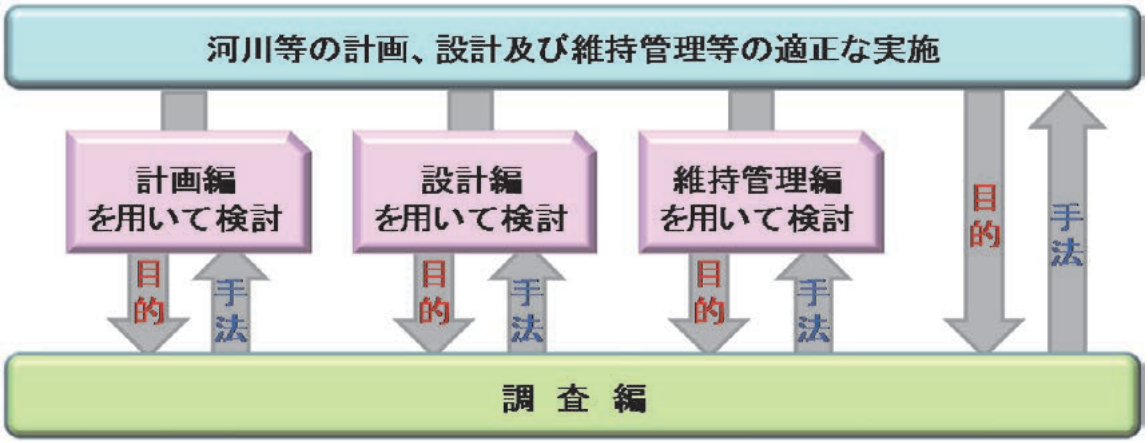


図1-2-1　調査編と他編の関係

第3節　調査編の構成

3．1　全体構成

＜考え方＞

調査編は、多岐にわたる調査を対象とし、水文・水理現象に関する調査（第 2 章、第 3 章）、河道における現象に関する調査（第 4 章～第 6 章）、流域に関する調査（第 7 章～第 9 章）、災害調査（第 10 章）、水質・環境に関する調査（第 11 章～第 14 章）、土質地質調査（第 15 章）、総合的な土砂管理に関する調査（第 16 章）、砂防に関連する調査（第 17 章～20 章）、海岸に関する調査（第 21 章）に加え、全体に係る測量・計測（第 22 章）、調査結果の保存・活用（第 23 章）の全 23 章から構成される。

3．2　横断的な内容の充実

＜考え方＞

今回の改定では、個々の調査手法のみならず、横断的な記載を充実させることに重点を置いており、そのような意図で主に以下の章（あるいは節）を新たに設けている。

1）第 1 章 総論 の章を加え、調査編の考え方や全体構成、各章の関係について分かるようにしている。
2）第 2 章 水文・水理観測 の章では、従来個々の観測手法に関する内容が中心であったが、第 1 節 総説 を加え、水文・水理観測の全体像や個々の観測手法の位置付けが分かるように記載した。また、第 7 節 河川の流れの総合的把握 、第 8 節 河川・流域の水循環の観測を加え、河川の流れや、流域を含む水循環全体の把握など、個々の調査結果から総合的に読み解くべき情報について整理した。
3）第 16 章 総合的な土砂管理のための調査 の章においては、山間部、平野部、河口・海岸部までを含む土砂の動態を把握する観点、つまり総合的な土砂管理を具体化するという観点から、調査の基本的事項を記載している。

3．3　激甚化する災害への対応

＜考え方＞

水災害を激甚化・局所化させるおそれのある気候変化や東日本大震災の状況を踏まえ、以下のように関連する章を充実させている。

1）第 9 章 水害リスク評価 の章を加え、流域における水害リスク評価の基本的な考え方を示した。
2）第 10 章 災害調査 の章を加え、災害調査に当たっての基本的な考え方や留意点を記載し、災害から得られる技術的・社会的知見を今後の社会資本の整備や維持管理の高度化に活かすことの重要性を記載した。
3）第 17 章 砂防調査 の章では、深層崩壊や火山噴火など大規模土砂災害に対する調査の記載を充実させた。
4）第 21 章 海岸調査 の章では、津波浸水解析に関する記載を充実させた。

3．4　調査目的と各章の相互関係

＜例　示＞

河川等の計画、設計、維持管理等を適切に実施するためには、調査目的に応じて適切な調査手法を選択する必要がある。調査の目的と各章の相互関係を表 1-3-1　に例示する。

表1-3-1　調査目的と各章の相互関係

調査目的 / 章立て	洪水防御	利水	河川環境	海岸	砂防	地すべり防止、急傾斜地崩壊対策、雪崩対策	ダム施設	事業評価	堤防	ダム施設	河川維持管理
	計　画								設　計		維持管理
第 1 章　総論	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第 2 章　水文・水理観測	○	○	△		△		○	△	○		○
第 3 章　水文解析	○	○	△		△		○	△	△		△
第 4 章　河道特性調査	○	△	△	△	△		△	△	△		○
第 5 章　河川における洪水流の水理解析	○	△	△				△	△	○		○
第 6 章　河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析	○	△	○	△	△		△		○		○
第 7 章　浸水解析	○							○	△		○
第 8 章　河川経済調査	○		○					○			○
第 9 章　水害リスク評価	△							○	△		△
第 10 章　災害調査	△		△		△	△		△	○		○
第 11 章　河川環境調査	△	△	○		△		○	△			○
第 12 章　水質・底質調査	△	○	○	△			○				○
第 13 章　湖沼・ダム貯水池の環境調査		○	○				○				○
第 14 章　汽水域・河口域の環境調査	△	△	○	△							○
第 15 章　土質地質調査	△				△	△			○	○	○
第 16 章　総合的な土砂管理のための調査	△	△	△	△	△		△				△
第 17 章　砂防調査	△		○	△	○		△	○			
第 18 章　地すべり調査						○		○			
第 19 章　急傾斜地調査						○					
第 20 章　雪崩調査						○					
第 21 章　海岸調査				○				○			
第 22 章　測量・計測	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○
第 23 章　調査結果の保存・活用	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

○関連する項目　　△少し関連する項目

第4節　内容の更新

＜考え方＞

河川等に係る調査手法等については多くの関係者により、日々、技術研究開発が行われており、技術の進展等に伴い調査編の内容を見直す必要がある。

調査編に記載されている調査方法等については、現地における適用実績等を勘案し、適宜、「必須」、「標準」、「推奨」、「例示」といった「適用上の位置付け」を見直すことが重要である。

また新たに開発された調査手法等についても、現地における適用性等について十分検討し、その採用について判断する必要がある。

「適用上の位置付け」の見直しや、新たな調査手法等の採用に当たっては、国土技術政策総合研究所等による関連情報の収集・調査等によるほか、学識者や関係者等の意見を聞くことにより最新の調査手法、技術的知見、課題等を把握する作業を定期的に行い、調査編の内容を見直すこととする。

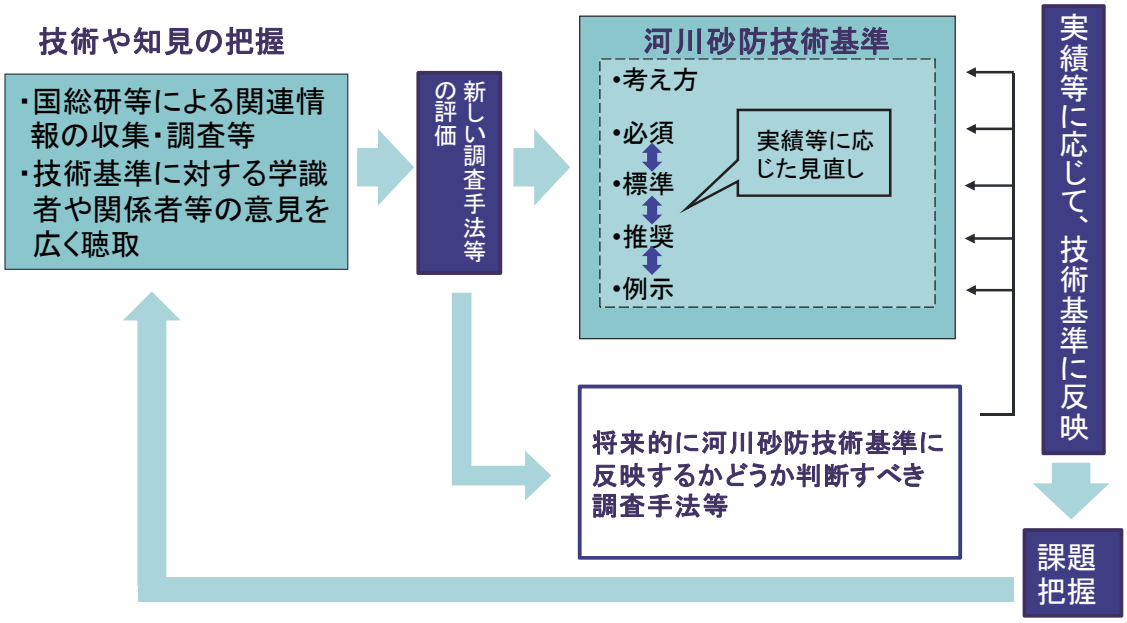


図1-4-1　内容の更新

令和4年6月9日改定

第２章　水文・水理観測　第１節　総説

目　次

第１節　　総説 1

平成 26 年 4 月　版

第2章　水文・水理観測

第1節　総説

＜考え方＞

本章は、河川・砂防に関わる計画と管理等のためのデータを得ることを目的とした、降水量、水位、流量、地下水及び関連水文気象要素等の観測と、結果の整理・分析に必要な技術的事項を定めるものである。

本章で扱う水文・水理観測については、以下の３つのカテゴリーに分けることができる。本章各節とこれら３つのカテゴリー（サブカテゴリーまで含めると４つ）との関係については、３）で述べる。

- カテゴリー１：基盤・汎用観測
- カテゴリー２：特定目的観測
- カテゴリー３：総合観測　　3.1　河川の流れの総合的把握
  　　3.2　河川・流域の水循環把握

なお、調査編において、このカテゴリー分けは、観測が重要な位置を占める本章と第 21 章 海岸調査 の２つの章に用いる。また、このカテゴリー分けは観測に対してのものであり、１つの観測所において複数のカテゴリーにまたがる観測が行われる場合もあり、観測所を無理に１つのカテゴリーに当てはめる必要はない。

１）３つのカテゴリーの説明

a)　カテゴリー１：基盤・汎用観測

水文・水理量に関する基盤的な情報を汎用目的に蓄積するための観測である。その特徴は次のとおりである。

- 降水量、水位、流量など、個々の水文・水理量を対象とし、それ自体の把握が観測の第一の目的となる。
- 当該水文・水理量に対応した観測法単独で所要の精度を確保することが基本となる。
- 基盤的情報として、汎用的に活用できるように蓄積される。
- 代表的な活用として統計資料用のデータ蓄積があることなどから、長期にわたる継続的な実施、手法の一貫性、全国的な網羅性が重視される。
- 精度や信頼性について一定の条件を満足する均質な情報が蓄積されるよう、一律な精度管理がなされることが基本となる。
- 観測法については信頼性・確実性・堅牢性が重視される。
- 観測手法の技術的改良は、慎重な検証を伴い、段階的な改善を通じて逐次行われることが基本となる。
- 観測の実施方法等に関して、法律や業務規程（国土調査法、気象業務法、水文観測業務規程等）により定められる部分が多い。

なお、特に、基盤・汎用観測の観測機器においては、災害等による欠測等の不測の事態に備え、観測の二重化や機器の水没対策など、適切な対策をとることが重要である。

b)　カテゴリー２：特定目的観測

特定の目的のために水文・水理量を把握する観測である。目的としては、「ある個別の技術判断を行うこと」や「ある個別の技術情報を得ること」などがある。たとえば、水防活動等

において、的確な予警報や早期避難などの実施に役立てるため、特定の場所の降水量や流速、洪水位、氾濫水位などを把握すること、河道内の洪水流や洪水氾濫流、浸水、津波、土石流等の痕跡高の空間分布を測定することなどがある。その特徴は次のとおりである。

- 汎用的な活用が主目的ではないことから、目的に応じて行うことが基本になる。
- 個々の目的に応じて、最適な観測手法を柔軟に採用し、観測の実施方法についても機動的となることがある。
- 観測手法あるいは観測結果の利用方法について、先導的取組となる場合がある。
- 観測データの蓄積方法については、個々の目的に応じて適宜行うことになる。

c)　カテゴリー３：総合観測

単一箇所の一種類の水文・水理量ではなく、一定期間、一定範囲において多点かつ複数種類の水文・水理量を対象として、水理現象等の全体状況やシステム、相互関係等を明らかにすることを目的として、総合的あるいは統合的な観点から組み立てられた観測である。

本章で扱う水文・水理観測については、以下の２つのサブカテゴリーがある。

①　カテゴリー３．１：河川の流れの総合的把握

観測データと水理的考察に基づく解析等を行うことにより、一定範囲の河川の流れを水理システムとして把握することを主たる目的とするものである。水位、流速、流量を一括して観測対象とすることが一般的である。その特徴は次のとおりである。

- 水位や流量という一種類の水文・水理量を観測するのではなく、対象とする流れを特徴づける複数種類の水文・水理量を複数地点で同時に観測し、更にこれを一定時間内の多時点で行い、得られた水文・水理量データの相互関係を把握できるようにすることが基本となる。
- 観測対象となる水理量は、対象とする流れ及びそれを支配する水理システムから決められる。
- 観測及び解析等の結果として、個々の水理量を、カテゴリー１などにより直接観測するよりも高い頻度で求める場合がある。
- カテゴリー３．１は、観測と水理解析を一体的あるいは双方向的に捉えるものである。カテゴリー３．１の観測が適用される場については　多くの場合、総合的な流れの特徴の把握を必要とする課題を有する河川区間という観点から決められることになる。
- 水位や流量との水理システムを介しての相互作用関係がない降水量は、通常、カテゴリー３．１の観測対象とはならない。
- 水理システムの構成要素に河床変動や流砂量まで組み込み、観測をデザインするという方法もある。

カテゴリー３．１の具体の説明は、本章の第７節　河川の流れの総合的把握　によるものとする。

②　カテゴリー３．２：河川・流域の水循環把握

カテゴリー３.２の観測は、降水、蒸発散、地中への浸透、地下水流動、流域から河川への降雨流出、河川における流れ、河川水と地下水との出入り、といった自然系の水循環を基本に、必要に応じて上水道、工業用水道、下水道、農業用排水路等を経由して流れる人

工系の水循環を組み込み、対象とする河川流域内に存在するこれらの水循環過程を総体的に把握することを主眼に行われるものである。把握対象には、必要に応じ、適切な時間スケールでの水収支の観点も含める。カテゴリー３.１の観測と同様に、個々の水文・水理量の観測は、水循環の状況を把握するという全体目的の中で位置付けられ、相互の関係把握が重視される。ここで、カテゴリー３.１では対象河川区間の水理システムが観測をデザインする際の基軸になるのに対し、カテゴリー３.２では、対象河川流域の水循環が基軸になる。

カテゴリー３.２の具体の説明は、本章の第８節 河川・流域の水循環の観測 によるものとする。

２）水文・水理観測における各カテゴリーの位置付け及び相互関係

水文・水理観測において、カテゴリー１は、国土管理全般に資する基盤的データを整備するために、カテゴリー２は特定の目的を達成するために、カテゴリー３．１と３．２はそれぞれ対象エリアにおける水理システムあるいは水循環状況を把握するために用いる。ただし、これらのカテゴリーは、図 2-1-1 に示すように、互いに重複する部分を持ち、また、相互補完的な関係をなす。たとえば、カテゴリー１の観測結果が、カテゴリー２、３．１、３．２の観測に活用されることがあり、また、カテゴリー２の観測を通じて得られた新しい観測手法がカテゴリー１の観測手法の改善に最終的に反映されることもある。カテゴリー２の結果がカテゴリー３．１や３．２の観測に組み込まれることもあろう。さらに、カテゴリー３．１の観測結果がカテゴリー１のそれを補完する情報として役立てられることも考えられる。こうしたことから、水文・水理観測に当たっては、当該観測がどのカテゴリーに属するかを意識し、カテゴリーの違いによる基本的な性格の差異を踏まえ、更にカテゴリー間の相互補完関係に留意して他カテゴリーへの活用を考慮することで、当該観測の位置付けについての理解を高め、もって観測とその結果の活用がより適切かつ効率的で有効なものとなるよう工夫することが重要である。

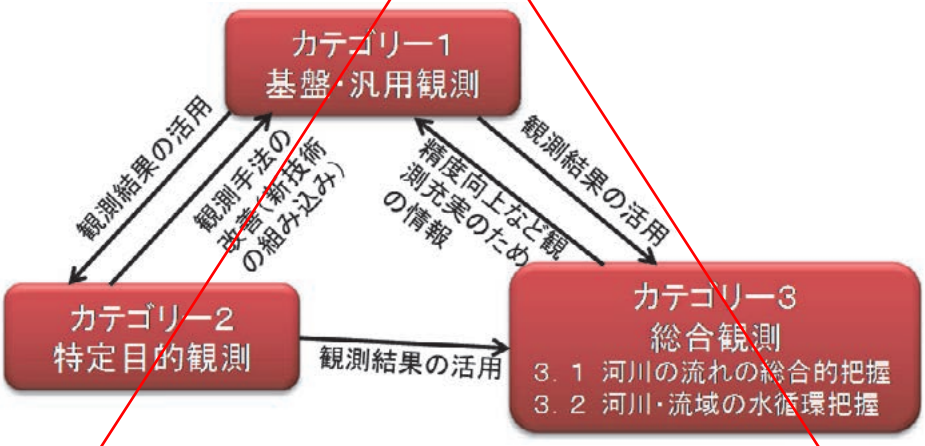


図2-1-1　３つのカテゴリー間の相互関係

３）本章各節と各カテゴリーとの関係

表 2-1-1 に、本章各節と水文・水理観測の各カテゴリーとの関係を示す。なお、カテゴリー２の特定目的観測については、個々の目的に応じて観測法が設定され、目的をあらかじめ設定することができないことから、それを主に扱う節を定めていない。

表2-1-1　水文・水理観測の各カテゴリーと第２章各節との関係

節	節のタイトル	カテゴリー1【基盤･汎用観測】	カテゴリー2【特定目的観測】	カテゴリー3【総合観測】	
				カテゴリー３．１【河川の流れの総合的把握】	カテゴリー３．２【河川･流域の水循環把握】
第２節	降水量観測	◎	※		※
第３節	水位観測	◎	○、※	※	※
第４節	流量観測	◎	※	※	※
第５節	水文資料の整理･保存と品質管理	◎	※		
第６節	地下水観測	○	○		○、※
第７節	河川の流れの総合的把握	□		◎	
第８節	河川・流域の水循環の観測	□			◎

（凡例）

◎：その節で主に扱うカテゴリー
○：その節の一部で扱うカテゴリー
※：その節に、当該カテゴリーで活用できる観測手法、解析法、整理法等が含まれる場合がある。
□：精度向上など観測充実のための補完情報となる場合がある。

第２章　水文・水理観測　第２節　降水量観測

目　次

令和4年6月9日改定

第２節　降水量観測 1
２．１　総説 1
２．２　降水量観測の方法 1
２．３　自記雨量計による観測 2
２．３．１　地上雨量観測所の配置 2
２．３．２　地上雨量観測所の設置場所の選定 4
２．３．３　地上雨量観測所が備えるべき設備 5
２．３．４　観測所台帳 6
２．３．５　地上降水量観測 6
２．４　レーダ雨量計による観測 8
２．４．１　レーダ雨量観測所の配置及び設置場所の選定 8
２．４．２　レーダ雨量観測所が備えるべき設備 10
２．４．３　観測所台帳 10
２．４．４　レーダ雨量観測 11
２．４．５　レーダ雨量観測所の維持及び管理 14
２．５　関連気象水文要素の観測 15

平成 26 年 4 月　版

第2章　水文・水理観測

第2節　降水量観測

2．1　総説

＜考え方＞

本節は、降水量及び関連気象水文要素の観測を実施するために必要な技術的事項を定めるものである。

降水は、大気から地面に降下する水のことである。一般に、降雨と降雪に大別される。

降水量は、ある時間内に地表の水平面（又は地表の水平投影面）に達した降水の量であり、降水が平面上にたまったと仮定した場合の深さで表す。測定単位は mm である。

降水量観測は、河川･砂防に関する計画の立案、工事の実施、施設の維持管理、環境の整備及び保全、洪水や渇水等による水災害への対応等を実施するための最も基本的な調査項目の一つである。

また、近年では、地球温暖化の進行に伴う気候変化による洪水や渇水等に与える影響が懸念されており、温暖化に伴う様々な影響への「適応策」を講じるためにも、長期にわたる同一品質の観測データの確保が必要である。

本節で主に扱うのは、本章 第 1 節 総説 で説明した３つのカテゴリーのうちのカテゴリー１である（表 2-1-1 参照）。

得られた降水量観測値の照査やデータ整理･保存については、本章 第 5 節 水文資料の整理･保存と品質管理 によるものとする。

＜関連通知等＞

1) 国土調査法，昭和 26 年 6 月 1 日，法律第 180 号，最終改正：平成 25 年 6 月 14 日法律第 44 号.
2) 気象業務法，昭和 27 年 6 月 2 日，法律第 165 号，最終改正：平成 23 年 6 月 24 日法律第 74 号.
3) 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達.
4) 水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達.
5) 河川砂防技術基準計画編，平成 16 年 3 月 30 日，国河情第 13 号，国土交通省河川局長通達.
6) 河川砂防技術基準維持管理編（河川編），平成 25 年 5 月 31 日，国土交通省水管理・国土保全局.
7) 地上気象観測指針，平成 14 年，気象庁，気象業務支援センター，第 7 章 降水量及び積雪・降雪の深さの観測 7･2･3 観測条件 p. 53.

＜参考となる資料＞

本節に規定していない降水量観測の詳細な要領については、下記の資料が参考となる。

1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 2 章 降水量観測，全日本建設技術協会，2002.

2．2　降水量観測の方法

＜標　準＞

降水量観測は、自記雨量計（自動記録装置を備えた雨量計）を用いた地上雨量観測を標準とする。

レーダ雨量計による観測は、面的な降水量分布を的確に評価するために必要であり、自記雨

量計による観測に加えて実施する。

＜例　示＞

降雨観測網から外れた離島や海上の降雨量が必要となる場合、主に地上雨量計の観測網が不十分な発展途上国等での利用向けに研究開発されている人工衛星に搭載されたレーダやマイクロ波放射計の観測に基づく衛星雨量データを利用することで、部分的補完が可能な場合がある。衛星雨量は、一般に複数の衛星により観測されたデータを一定時間ごとに集計した複合プロダクトとして提供されている。たとえば、JAXA（宇宙航空研究開発機構）の GSMaP や NASA（米国航空宇宙局）の 3B42RT がある。自記雨量計による地上雨量データと異なる特性を十分理解した上で用いる必要がある。

＜参考となる資料＞

衛星雨量の特徴と利用に当たっての課題の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 深見和彦，小澤剛，猪俣広典：日本の河川情報技術による国際貢献　衛星観測雨量を用いた洪水予測技術の現状と課題，河川，pp.63-68，2010.

2．3　自記雨量計による観測

＜考え方＞

降水量観測は、河川流域内の降水量分布とその定量的な降水量を把握することが重要であり、本節 2.3.1 地上雨量観測所の配置 に示すように適切な設置密度に配置された地上雨量計による観測が必要である。

また、地上雨量計観測は、面的な降水量分布の把握を補完するレーダ雨量計の精度管理を行う観点からも重要である。

特に、降水量観測結果が既往の河川計画の基本資料として利用され、今後も継続して用いられることが想定される観測所については、優先して観測を継続することが重要である。

なお、降水量観測は、気象業務法に基づき実施しなければならない。

＜関連通知等＞

1) 気象業務法，昭和 27 年 6 月 2 日，法律第 165 号，最終改正：平成 23 年 6 月 24 日法律第 74 号.
2) 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達，第 3 章 観測.
3) 水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達，第 3 章 観測の実施.

2．3．1　地上雨量観測所の配置

＜必　須＞

自記雨量計を設置する地上雨量観測所は、河川等の計画・管理上、適正な観測網となるように配置しなければならない。

＜標　準＞

自記雨量計は、以下の基準に従い、設置することを標準とする。

1）観測対象区域をおおむね均一の降水状況を示す地域に区分して、各地域に 1 観測所を配

置するものとする。

2）ただし、おおむね均一の降水状況を示す地域に区分することが困難であるときは、観測対象区域をおおむね 50km2 ごとの地域に区分して、各地域に 1 観測所を設置するものとする。

3）河川構造物等の管理や急傾斜地の安全確保等のための降水量観測については、上記基準に捉われず、必要に応じて個別に自記雨量観測所を設置することとする。

4）気象庁による観測データ等、河川計画・管理上の目的に適合した属性・品質の降水量観測データが別途得られる場合には、それも考慮に入れた上で観測網を検討するものとする。

＜例　示＞

流出解析を行う観点から、その計算単位となる流域の平均降水量（面積雨量）を精度よく把握することが重要である。当該流域の面的な降水量分布特性をレーダや密な地上雨量計による観測等から把握し、流域平均としての降水量を精度よく把握できる観測網を設定することが望ましい。面的降水量分布特性が把握できる資料が存在しない場合、ある流域面積と地上雨量計設置密度に対して、把握できる面積雨量としての観測精度を簡易的に推定する手法として、橋本(1977)の研究事例がある。

それによると、面積雨量としての降水量観測の誤差は、次式で表される。

$$E_S = \frac{e_S}{\mu} = \frac{\sigma}{\mu} \bullet \frac{1}{\sqrt{n}} = \frac{C_V}{\sqrt{n}} \qquad (2\text{-}2\text{-}1)$$

ここに，σ　：　n 個の観測所で得られた観測値の標準偏差

μ　：　〃　平均値

e_s　：　標準誤差（$= \sigma / \sqrt{n}$）

C_v　：　変動係数（$= \sigma / \mu$）

E_s　：　標準相対誤差

変動係数 C_v は、降雨特性や流域特性（大きさ、地形）によって異なる。

上式と利根川流域等における一雨連続雨量での C_v の実測値から、雨量観測所数と観測誤差の関係を図 2-2-1 に示す。この図から、50km^2 に 1 台程度の雨量計の設置密度で一雨連続雨量の面積雨量誤差を 10%程度以内に抑えることができるのは、流域面積が 1,000km^2 程度以上の場合であることが読み取れる。流域内の降水分布に関する知見がなく雨量計をおおむね均一に配置しているなどの前提条件の下での結果であるが、支川や中小河川の河川管理におけるレーダ雨量による補完の必要性を示唆している。

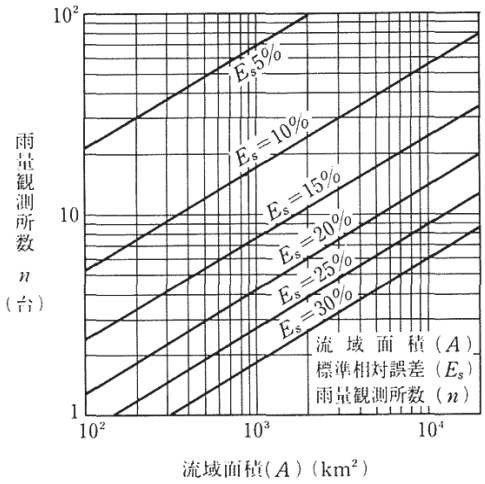


図2-2-1　雨量観測所数と観測誤差精度の関係

出典：橋本健，佐藤一郎：面積雨量の精度と雨量観測所数，土木技術資料，Vol.16，No.12，pp.631-637，1974.

＜参考となる資料＞

自記雨量計の設置密度と面積雨量としての精度・信頼度との関係については、下記の資料が参考となる。

1)　橋本健：標本計画法による面積雨量の精度及び信頼度の評価に関する研究，土木研究所報告，No149，1977.

2．3．2　地上雨量観測所の設置場所の選定

＜標　準＞

地上雨量計は、その雨量計が代表することを期待される当該地点並びにその周辺領域の降水量を適正に計測できる場所に設置することを基本とする。

原則として、以下の事項に掲げる条件に適合することを基本とする。

1）地形の狭窄や急変等により気流や降水が特殊な値を示すようなことがない地点であること。

2）おおむね 10m四方以上の広さの開放された土地であって、局所的な気流の変化が少ないこと。

3）豪雨時に浸水や崖崩れのおそれがないこと。

4）観測や巡回点検に便利であること。

＜関連通知等＞

1)　地上気象観測指針，平成 14 年，気象庁，気象業務支援センター，第 7 章 降水量及び積雪・降雪の深さの観測 7･2･3 観測条件 p.53.

＜参考となる資料＞

本項に規定していない詳細な要領については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 2 章 降水量観測 2･2･2 観測所の位置選定，全日本建設技術協会，2002.

2．3．3　地上雨量観測所が備えるべき設備

（1）　雨量計

＜必　須＞

降水量観測用の雨量計は、「気象業務法」及びこれに基づく「気象測器検定規則」に適合したものでなければならない。

また、雨量計は、以下の事項に対応しなければならない。

1）雨量計の受水口は水平に設置するとともに、風の影響が著しいと思われる観測所では、受水口に風よけを付けること。

2）凍結が生じるおそれのある地点では、凍結防止機能の付いた雨量計（たとえば、温水式雨量計、ヒータ付雨量計等）を用いること。

3）降雪による降水量を観測する観測所では、温水式雨量計若しくは溢水式雨量計を用いるとともに、常に積雪面上に受水口が出ているように設置すること。

＜標　準＞

雨量計の受水口の直径は 20cm を標準とする。

設置地点の制約により観測局舎の屋上等に雨量計を設置する場合には、たとえば屋上の中央部に雨量計を設置するなど、局所的な気流の影響を受けないように配慮するものとする。

＜関連通知等＞

1)　地上気象観測指針，平成 14 年，気象庁，気象業務支援センター，第 7 章 降水量及び積雪・降雪の深さの観測 7･3 転倒ます型雨量計による観測 pp. 53-55.

＜参考となる資料＞

雨量計の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 2 章 降水量観測 2･3 雨量観測器械，全日本建設技術協会，2002.

（2）　自動記録装置

＜標　準＞

地上雨量観測所には、自記紙やデータロガー等の自記記録装置を設置することを標準とする。

自動記録装置は、無人・自動での確実な観測データ記録と定期的なデータ収集に支障のないように設置することを標準とする。

（3）　自動データ伝送装置

＜必　須＞

河川管理・施設管理上、リアルタイム観測が必要な自動雨量観測所は、求められる時間の降水量を的確に伝送できる自動データ伝送装置（テレメータ等）を備えなければならない。

＜標　準＞

自動データ伝送装置は、10 分以下の観測間隔の機能を有するものを標準とする。

自動データ伝送装置は、「電気通信施設設計要領（案）（通信編）」に基づき設計されたものを標準とする。

＜関連通知等＞

1) 電気通信施設設計要領（案）（通信編），平成 25 年 5 月 17 日，国技電第 10 号，国土交通省大臣官房技術調査課電気通信室長通知.

（4） 標識

＜必　須＞

地上雨量観測所には標識を設置しなければならない。

標識には、観測所名、水系・河川名、設置者名、設置年月日、観測所所在地、緯度・経度（世界測地系）、標高、観測所記号を記載する。

（5） 観測小屋

＜必　須＞

地上雨量観測所には、観測小屋、柵を設置することとし、観測小屋は雨量計による観測の障害物とならないように設置しなければならない。ただし、設備の特性や設置条件等により、不要と判断できる場合は設置しなくてもよい。

2. 3. 4 観測所台帳

＜必　須＞

地上雨量観測所を設置した場合には、雨量観測所台帳及び付図を作成しなければならない。

台帳には、雨量観測所の位置や施設構造等に関する諸元を記載する。雨量計等の移設や交換等の変更が生じた場合には、気象業務法上の届け出とともに、台帳への記載加筆を速やかに実施しなければならない。

様式については「水文観測業務規程細則」に従わなければならない。

地上雨量観測所には、雨量観測所台帳及び付図の写しを備え付けなければならない。ただし、観測小屋を設置していない場合はその限りではない。

雨量観測所を新設・変更・廃止する場合は、気象業務法上の届け出を行う。

＜関連通知等＞

1) 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達，第 2 章 観測所の配置及び設置.

2) 水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達，第 2 章 観測所.

＜参考となる資料＞

標識・観測小屋・観測所台帳の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 2 章 降水量観測 2・4 観測施設，全日本建設技術協会，2002.

2. 3. 5 地上降水量観測

（1） 観測の実施

＜必　須＞

降水量の観測の実施に当たっては、「水文観測業務規程」及び「水文観測業務規程細則」の定めに従わなければならない。

＜関連通知等＞

1） 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達，第 2 章 観測所の配置及び設置.

2） 水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達，第 2 章 観測所.

＜参考となる資料＞

本項に規定していない観測の実施の詳細については、下記の資料が参考となる。

1） 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 2 章 降水量観測 2･5 観測，全日本建設技術協会，2002.

（２） 地上雨量観測所の維持及び管理

＜必　須＞

地上雨量観測所の維持及び管理の実施に際しては、「水文観測業務規程」第 8 章 観測所の維持及び管理、「水文観測業務規程細則」第 8 章 観測所の維持管理等 の定めに従わなければならない。自動データ伝送装置は、「電気通信施設点検基準（案）」に基づき点検を実施しなければならない。

また、観測所ごとに維持管理上必要な事項を記入した点検記録簿を備えなければならない。

＜標　準＞

観測所の点検は、観測所の維持管理において最も重要である。点検については、以下に示す総合点検及び定期点検を組み合わせて実施することを基本とする。

1）総合点検は、年１回以上（出水期前等。必要に応じて回数を増やす。）とし、対象とする施設・設備において特に器械類の内部に対して詳細点検を実施し、擬似テスト等による点検を含めた総合的な保守及び校正を行う。この点検は、測定部（受水部）、記録部、器械類の故障の有無を確認し、観測データの精度向上を図ることを主たる目的としている。

2）定期点検は、月１回以上（総合点検を除いた月）とし、対象とする施設・設備において特に器械類の外部に対して目視による点検を中心に行う。この点検は、測定部（受水部）、記録部、器械類の機能障害等の異常を早期に発見し、観測データの欠測や異常値を生じさせないことを主たる目的とする。

＜関連通知等＞

1） 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達，第 8 章 観測所の維持及び管理.

2） 水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達，第 8 章 観測所の維持管理等.

3） 電気通信施設点検基準（案）の一部改定について，平成 21 年 12 月 18 日，国技電第 26 号，国土交通省大臣官房技術調査課長通知.

＜参考となる資料＞

本項に規定していない観測所の維持管理の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 2 章 降水量観測 2・6 観測所の維持管理，全日本建設技術協会，2002.

2. 4 レーダ雨量計による観測

＜考え方＞

レーダ雨量計は、即時性や空間的な網羅性等、降水量の時空間的な把握が容易であるなどの特長を有しており、面的な降水量分布や面積雨量を把握するのに適している。ただし、レーダ雨量計は、数百 m から数 km 程度上空にある雨滴を計測対象としており、地上雨量計と観測対象が異なることに留意する必要がある。

＜関連通知等＞

1) 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達.

2) 水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達.

＜参考となる資料＞

レーダ雨量計による降水量観測の特徴と、地上雨量計観測値との関係・差異に関する議論については、下記の資料が参考となる。

1) 深見和彦：レーダ雨量計利活用の前提となる観測精度の実態と今後の研究課題，河川，No716，pp.40-46，2006.

2. 4. 1 レーダ雨量観測所の配置及び設置場所の選定

＜標　準＞

Ｃバンドレーダ雨量計においては、半径 120km、ＸバンドＭＰレーダ雨量計については、半径 60km を目安に定量観測範囲として設定する。

レーダ雨量計の特長を考慮し、対象地域の降水量を精度よく把握することが可能となるように、レーダ雨量計を配置することを標準とする。

レーダ雨量計は電波を活用した計測器械であるため、以下の事項を考慮する必要がある。

１）既設の他の無線局との電波干渉を可能な限り避けるように配置する。

２）レーダの観測距離、レーダビームの減衰や遮蔽並びに観測高度、グランドクラッタ等（大地や海面等からの不要反射）を総合的に考慮して配置する。

３）ＸバンドＭＰレーダ雨量計については、降雨による電波の減衰（降雨減衰）が大きいため、対象地域を複数のレーダによりカバーすることにも留意する。

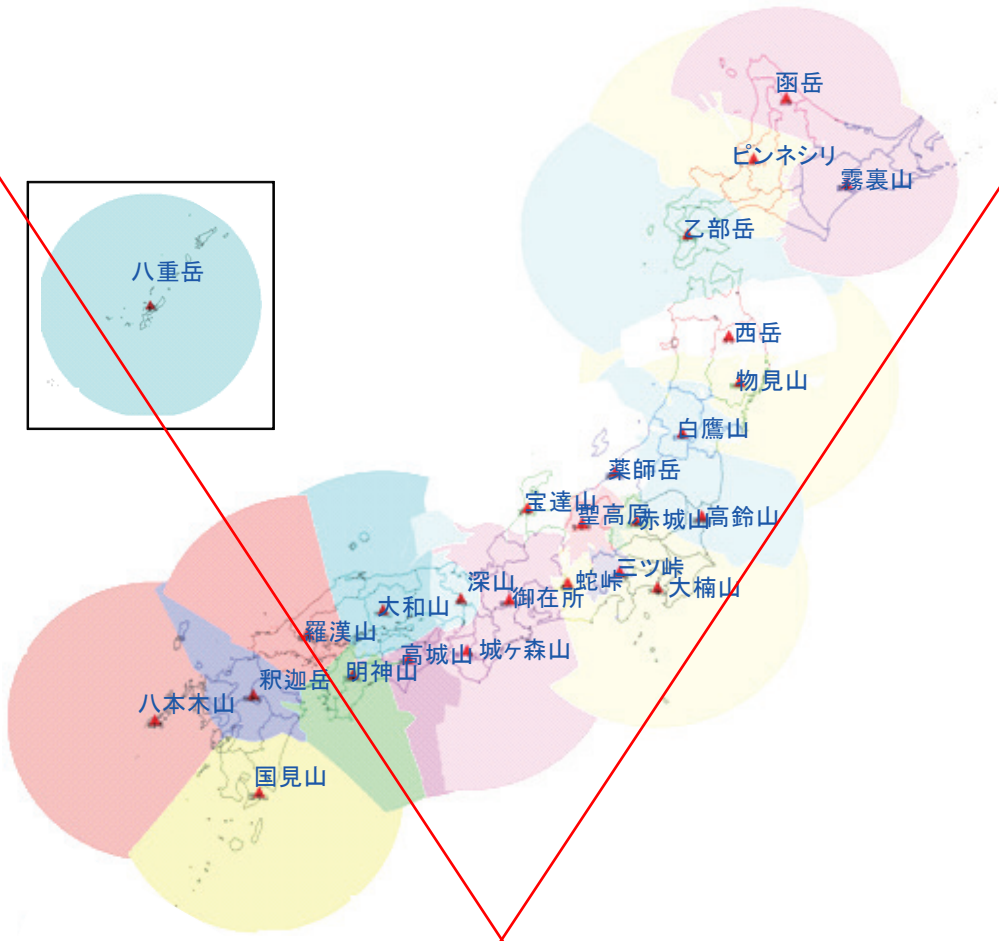


図2-2-2　レーダ雨量計（Ｃバンドレーダ）配置図（平成 23 年 12 月 1 日現在）

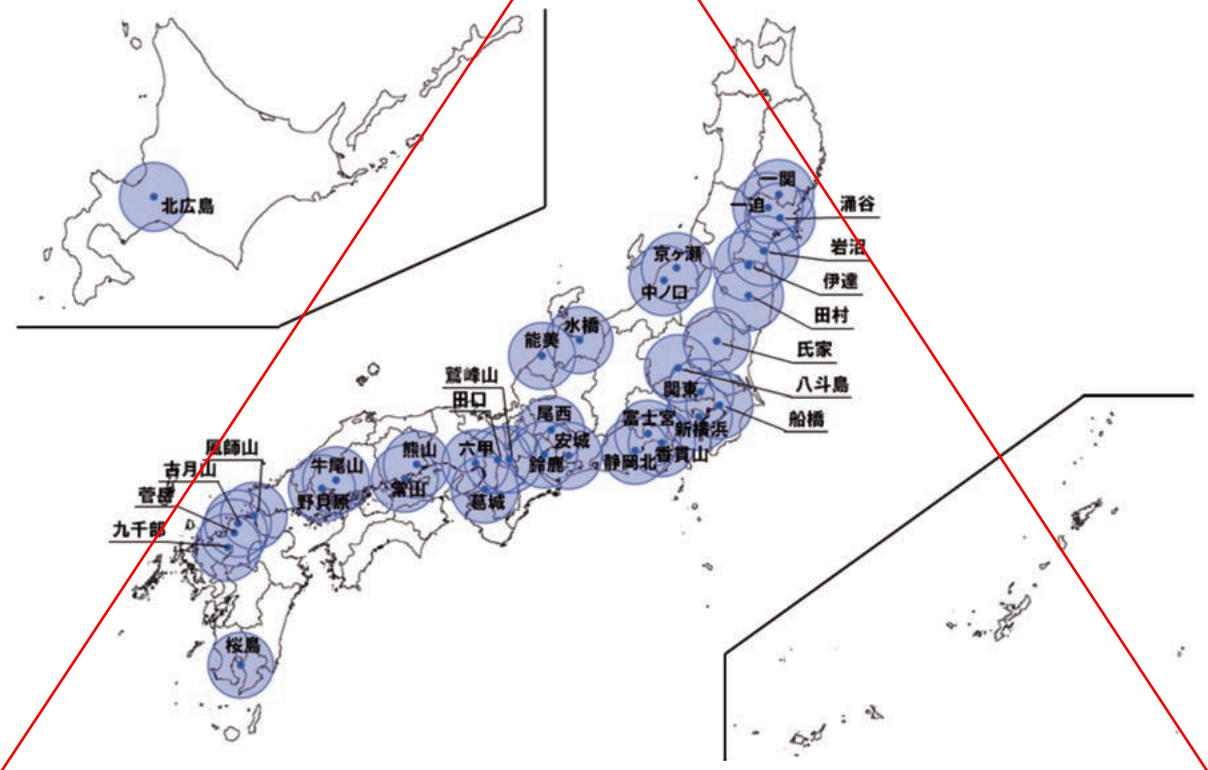


図2-2-3　レーダ雨量計（ＸバンドＭＰレーダ）配置図（平成 25 年 9 月 13 日現在）

2．4．2　レーダ雨量観測所が備えるべき設備

（1）　総説

＜必　須＞

レーダ雨量計のシステム一式は、空中線装置、空中線制御装置、マイクロ波送受信装置、信号・データ処理・表示装置、データ記録装置、付属装置（レドーム、導波管、避雷器、電源等）から成る。

＜関連通知等＞

1）　電気通信施設設計要領（案）（情報通信システム編），平成 25 年 5 月 17 日，国技電第 11 号，国土交通省大臣官房技術調査課電気通信室長通知.

＜標　準＞

レーダ雨量観測所を設置する場合、周辺の無線局に与える電波干渉を防止する対策、並びに、ほかの無線局からの混入電波による観測精度低下を防止する被干渉対策を行うことを標準とする。

（2）　標識

＜必　須＞

レーダ雨量観測所には、標識を設置しなければならない。

標識には、観測所名、設置者名、設置年月日、観測所所在地、緯度・経度（世界測地系）、レーダ設置標高、観測所記号を記載する。

（3）　付帯施設

＜必　須＞

レーダ雨量観測所には、安全施設として柵等を設置しなければならない。

2．4．3　観測所台帳

＜必　須＞

レーダ雨量観測所を設置した場合には、レーダ雨量観測所台帳及び付図を作成しなければならない。

レーダ雨量観測所台帳には、雨量観測所の位置や施設構造等に関する諸元を記載する。雨量計等の移設や交換等の変更が生じた場合には、台帳への記載を速やかに実施しなければならない。

様式については「水文観測業務規程細則」に従わなければならない。

レーダ雨量観測所には、レーダ雨量観測所台帳及び付図の写しを備え付けなければならない。

＜関連通知等＞

1）　水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達，第 2 章 観測所の配置及び設置.

2）　水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達，第 2 章 観測所.

2．4．4　レーダ雨量観測

（１）　レーダ雨量計の分類

＜考え方＞

レーダ雨量計は、以下に示すような幾つかの観点から分類されることが多い。

１）用いる電波（マイクロ波）の周波数

我が国では、Ｃバンド（5GHz 帯）若しくはＸバンド（10GHz 帯）が一般に用いられる。Ｃバンドは、波長が長く降雨減衰の影響が比較的少ないため、広域観測に適している。一方、Ｘバンドは、波長が短く降雨減衰の影響が大きいため広域観測には適さないが、降水量観測の感度が高く、空中線等のサイズが小さくシステム全体を小型化できるなどの利点がある。

２）単一の偏波または複数の偏波による測定

我が国では、水平若しくは垂直偏波のみの送信・受信を行う単偏波レーダ、複数の偏波（水平及び垂直偏波）での送信・受信を行う二重偏波レーダが用いられている。単偏波レーダでは、通常、偏波面に対して雨滴の後方散乱断面積が大きくなる水平偏波が採用される。二重偏波レーダは、それぞれの偏波からのパラメータに加え、偏波間の関係性に関するパラメータを測定可能であり、多数の計測パラメータが得られることからＭＰ（マルチパラメータ）レーダと呼ばれる。1990 年代前半までは、全てのＣバンドレーダ雨量計は単偏波レーダであったが、現在は、一部のＣバンドレーダ雨量計が二重偏波レーダへ更新されている。

３）測定可能なパラメータ

a)　強度を測定する機能

全てのレーダ雨量計は、雨滴の後方散乱による受信電力値を計測する機能を有する。単偏波レーダでは水平若しくは垂直偏波のみの受信電力値を計測する。二重偏波レーダでは、水平及び垂直のそれぞれの偏波に対する受信電力値を計測する。受信電力値からレーダ方程式によりレーダ反射因子を求め、Z-R 関係式により降水強度が算出される。

b)　位相を測定する機能

①　ドップラー速度を測定する機能

ドップラー速度を測定する機能とは、風に流される雨滴からの反射波の周波数がドップラー効果により変化することから、送信電波と受信電波の位相差を計測し雨滴のビーム方向における移動速度成分（ドップラー速度）を測定する機能である。ドップラー速度を測定する機能を有するレーダは、ドップラーレーダと呼ばれる。一部のＣバンドレーダ雨量計、全てのＸバンドＭＰレーダ雨量計はドップラー速度を測定する機能を有している。ドップラー速度は、大気の流れ（風）の１成分を表現しているとも考えられ、これまでに様々な大気の流れの解析手法が開発されている。

②　偏波間位相差を測定する機能

偏波間位相差を測定する機能とは、落下に伴う空気抵抗により扁平した雨滴群の中を電波が伝搬する際に、水平、垂直偏波で伝搬経路に差があるために生じる位相差（偏波間位相差）を測定する機能である。偏波間位相差のビーム方向における距離微分は偏波間位相差変化率と呼ばれ、実際の降雨強度と変換式を介して良い対応を示す。一部のＣバンドレーダ雨量計、全てのＸバンドＭＰレーダ雨量計は偏波間位相差を測定する機能を有している。

＜参考となる資料＞

レーダ雨量計による降水量観測の原理や用語の詳細及び国内外における最新の技術開発研究

の動向については、下記の資料が参考となる。

1) 中北英一：レーダーによる降雨観測と予測の最新動向について，河川，No762，pp. 20-27，2010.

2) 吉野文雄著：レーダ水文学，p. 175，森北出版，2002.

3) 深尾昌一郎，浜津亨助著：気象と大気のレーダーリモートセンシング，p. 491，京都大学学術出版会，2005.

ドップラーレーダによる大気の流れの解析法に関しては、下記の資料が参考となる。

4) 石原正仁編：ドップラー気象レーダ，日本気象学会　気象研究ノート，第 200 号，2001.

（２） 観測・運用モードの設定

＜必　須＞

観測・運用に当たっては、以下の事項を考慮して、仰角、仰角変更、アンテナ回転速度等を設定しなければならない。

１）降水量観測の時間分解能を考慮した仰角変更、アンテナ回転速度を設定すること。
２）広い観測範囲を確保した仰角を設定すること。
３）山岳等による遮蔽率が小さくなるように仰角を設定すること。
４）大地や海面等からの不要反射（グランドクラッタ等）を抑制した仰角を設定すること。
５）低い観測高度となる仰角を設定すること。
６）複数のレーダ雨量計の情報を合成する際の降水強度の不連続性を抑制すること。

＜推　奨＞

上記の条件を満たすために、必要に応じて複数の仰角による観測を行う。一般に低い仰角による観測は精度が高い一方、山岳等による遮蔽により観測範囲が狭くなるというトレードオフの関係にあり、上述の条件を同時に満たすことが困難な場合、必要に応じて複数の仰角による観測を行い、観測値の平均等による降水強度の算出、遮蔽領域の補間をすることが望ましい。

＜参考となる資料＞

レーダ雨量計による降水量観測の原理や用語の詳細及び国内外における最新の技術開発研究の動向については、下記の資料が参考となる。

1) 中北英一：レーダーによる降雨観測と予測の最新動向について，河川，No762，pp. 20-27，2010.

2) 吉野文雄著：レーダ水文学，p. 175，森北出版，2002.

3) 深尾昌一郎，浜津亨助著：気象と大気のレーダーリモートセンシング，p. 491，京都大学学術出版会，2005.

（３） レーダ雨量の算出

＜必　須＞

レーダ雨量計から得られる情報を降水強度に変換する方法については、レーダ雨量計の種類によって幾つかの方法が存在する。いずれの方法を採用する場合も、その方法で必要とされる諸定数については、地上降水量観測値との比較分析をとおして、観測対象としている降水現象の平均的な特性を代表できるように適切に設定しなければならない。

＜標　準＞

Ｃバンドレーダ雨量計の場合は、受信電力値からレーダ方程式により求められる反射因子 Z と降水強度 R との関係（Z-R 関係）を経験的なべき乗式で関係づける Bβ法により、降水強度の初期算出を行うことを標準とする。

Z-R 関係式の定数 B、βは、Z-R 関係両対数図において、ある Z 値レベル（層）ごとに R 平均値を算出した上で、そのプロット群を最適に表現する直線式の傾きから求める層別平均値法を用いることを標準とする。

ＸバンドＭＰレーダ雨量計の場合は、Z-R 関係に加え、偏波間位相差変化率（K_{dp}）と降水強度の関係（K_{dp}-R 関係）により降水強度の算出を行うことを標準とする。

＜参考となる資料＞

レーダ雨量計による降水量観測の原理や用語の詳細及び国内外における最新の技術開発研究の動向については、下記の資料が参考となる。

1) 中北英一：レーダーによる降雨観測と予測の最新動向について，河川，No762，pp. 20-27，2010.
2) 吉野文雄著：レーダ水文学，p. 175，森北出版，2002.
3) 深尾昌一郎，浜津亨助著：気象と大気のレーダーリモートセンシング，p. 491，京都大学学術出版会，2005.

（４）　合成雨量の作成

＜標　準＞

降水の状況を的確に把握できる降水情報を提供するために、複数のレーダ雨量から合成雨量を作成することを標準とする。

＜例　示＞

合成雨量の作成方法として、全国合成テーブルに基づく方法、重み付き平均による方法がある。Ｃバンドレーダ雨量計では個々のレーダ雨量を均質化補正した後に、全国合成テーブルに基づく方法により 1km メッシュの直交格子の合成雨量が作成される。ＸバンドＭＰレーダ雨量計では、内挿距離、観測高度、レーダからの距離、レーダ雨量の算出方法を考慮した重み付き平均による方法により 250m メッシュの直交格子の合成雨量が作成される。

（５）　観測精度の確保

＜標　準＞

レーダ雨量計から得られる情報を降水強度に変換する方法に必要とされる諸定数の妥当性については、原則として年１回は再確認し、必要に応じて見直しを行うことを標準とする。レーダ雨量計の更新を行った場合も同様である。

＜推　奨＞

Z-R 関係式は、降水粒子の形態の粒径分布等の変動等によって定数 B、βが変動し、降水量観測の誤差要因となるため、Z-R 関係式のみで降水強度を算出する場合は、それを抑制するために自動データ転送装置（テレメータ）による地上雨量計データを用いた補正処理を行うことが望ましい。

その場合、レーダ雨量計が直接の計測対象としている空間の平均降水量を評価する観点からは、レーダ雨量計観測値だけでなく、地上雨量計観測値にも面積雨量評価値として不確かさが

含まれていること（2.3.1 地上雨量観測所の配置 の＜例示＞を参照）を踏まえた上で、複数の地上雨量計データに適切な重みを加えた補正処理を行うことが望ましい。

＜例　示＞

地上雨量計データを用いたレーダ雨量の補正処理においては、速報性を重視し、それぞれのレーダ雨量の観測時刻において得られる最新の地上雨量計データを用いて補正するオンライン補正と、精度を重視し、レーダ雨量の観測時刻と同時刻の地上雨量計データを用いて補正する同時刻補正がある。

Cバンドレーダ雨量計では、補正処理手法としてダイナミックウィンドウ法を用い、オンライン補正を配信データに、同時刻補正を保存用のデータに適用している。

＜参考となる資料＞

レーダ雨量計による降水量観測の原理や用語の詳細及び国内外における最新の技術開発研究の動向については、下記の資料が参考となる。

1) 中北英一：レーダーによる降雨観測と予測の最新動向について，河川，No762，pp. 20-27，2010.
2) 吉野文雄著：レーダ水文学，p. 175，森北出版，2002.
3) 深尾昌一郎，浜津亨助著：気象と大気のレーダーリモートセンシング，p. 491，京都大学学術出版会，2005.

ダイナミックウィンドウ法の詳細については、下記の資料が参考となる。

4) 河川情報センター：レーダ雨量補正・配信システム，特開 2002-350560，2002-12-4.

2. 4. 5　レーダ雨量観測所の維持及び管理

＜必　須＞

レーダ雨量観測所の維持及び管理の実施に際しては、「水文観測業務規程」第 8 章 観測所の維持及び管理、「水文観測業務規程細則」第 8 章 観測所の維持管理等、電気通信施設点検基準（案） の定めに従わなければならない。

また、観測所ごとに点検や維持管理上必要な事項を記入した点検記録簿を備えなければならない。

また、レーダ雨量計システムを構成するレーダ雨量観測所、解析処理装置等の構成要素ごとに点検を実施し、維持管理上必要な事項を記入した点検記録簿を備えなければならない。

＜関連通知等＞

1) 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達，第 8 章 観測所の維持及び管理.
2) 水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達，第 8 章 観測所の維持管理等.
3) 電気通信施設点検基準（案）の一部改定について，平成 21 年 12 月 18 日，国技電第 26 号，国土交通省大臣官房技術調査課長通知.

2．5　関連気象水文要素の観測

＜標　準＞

降水量・水位や流量のほか、以下に挙げるような関連する気象水文要素について、必要に応じて選択して観測することを標準とする。

1）降雪深、積雪量
2）降水のpH、溶存成分等
3）蒸発量、蒸発散量
4）気温、湿度
5）風向・風速
6）日射量
7）気圧

＜標　準＞

関連気象水文要素の観測を行う場合においても、無人での連続的な観測を可能とするために、自動記録装置（データロガー等）を併置することを標準とする。

観測器械や自動記録装置等の収納や標識の設置、観測所台帳・点検記録簿等については、本節 2.3.3 (5) 観測小屋 及び 2.3.4 観測所台帳 と同様に行うことを標準とする。

また、点検及び維持管理については、本節 2.3.5(2) 地上雨量観測所の維持及び管理 と同様に行うことを標準とする。

＜標　準＞

観測方法については、「地上気象観測指針」に準じることを標準とする。ただし、降雪深、積雪量、蒸発量、蒸発散量については、気象学的な厳密な観測手法だけではなく、水文学的な評価手法（たとえば、蒸発散量を水収支法により推定する方法等）もあり、観測値に求められる精度と利用できるリソースを総合的に判断することで評価手法を選定するものとする。

＜推　奨＞

リアルタイムでのモニタリングが必要となる場合は、降水量観測等と同様に自動データ転送装置を併置することが望ましい。

＜関連通知等＞

1)　地上気象観測指針，平成 14 年，気象庁，気象業務支援センター，第 7 章 降水量及び積雪・降雪の深さの観測 7･2･3 観測条件 p. 53.
2)　気象観測の手引き，平成 10 年，気象庁.

＜参考となる資料＞

本項に規定していない関連気象水文要素の観測方法の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 2 章 降水量観測 2･7 降雪量の観測 2･9 その他の水文気象要素の観測，全日本建設技術協会，2002.

第２章　水文・水理観測　第３節　水位観測

令和4年6月9日改定

目　次

第３節　水位観測 1
３．１　総説 1
３．２　水位の基準面の取り方 1
３．３　水位観測の方法 2
３．４　水位観測所の配置と設置 3
３．４．１　水位観測所の配置 3
３．４．２　水位観測所の設置場所の選定 4
３．５　水位観測所が備えるべき設備 5
３．５．１　総説 5
３．５．２　自記水位計 5
３．５．３　水位標 7
３．５．４　水準基標 8
３．５．５　標識 8
３．６　観測所台帳 9
３．７　水位観測 9
３．７．１　自記水位計による観測 9
３．７．２　水位観測システムの二重化 10
３．８　水位観測所の維持及び管理 10
３．９　洪水痕跡水位調査 11
３．９．１　総説 11
３．９．２　洪水痕跡水位の測定法 11

平成 26 年 4 月　版

第2章　水文・水理観測

第3節　水位観測

3．1　総説

＜考え方＞

本節は、水位観測を実施するために必要な技術的事項を定めるものである。

水位とは、ある基準面からの水面の高さであり、河川、湖沼、貯水池、遊水地、内水、河口、及び、地下水等の水文・水理現象を把握することを目的として観測を行う。その観測結果は、当該地点における水位の把握のほか、個別地点の水深やほかの地点との関係の中での水位差・水面形・水面勾配に換算したり、本章 第 4 節 流量観測 で記述する流量や流速に変換したりすることで活用される。

水位観測は、河川・砂防に関する計画の立案、工事の実施、施設の維持管理、環境の整備及び保全、洪水や渇水等の水災害への対応等を実施するための、最も基本的な調査項目の一つである。

本節で主に扱うのは、本章第 1 節 総説 で説明した 3 つのカテゴリーのうちのカテゴリー 1 であり（表 2-1-1 参照）、特に断らない限り、本節ではカテゴリー 1 の水位観測について述べている。ただし本節 3.9 では、実務上の重要性に鑑み、カテゴリー2 に属する洪水痕跡水位調査を記載している。地下水の観測については、本章第 6 節に記載する。

得られた水位観測値の照査やデータ整理・保存については、本章 第 5 節水文資料の整理・保存と品質管理 によるものとする。

＜関連通知等＞

1） 国土調査法，昭和 26 年 6 月 1 日，法律第 180 号，最終改正：平成 25 年 6 月 14 日法律第 44 号.
2） 気象業務法，昭和 27 年 6 月 2 日，法律第 165 号，最終改正：平成 23 年 6 月 24 日法律第 74 号.
3） 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達.
4） 水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達.
5） 河川砂防技術基準計画編，平成 16 年 3 月 30 日，国河情第 13 号，国土交通省河川局長通達.
6） 河川砂防技術基準維持管理編（河川編），平成 25 年 5 月 31 日，国土交通省水管理・国土保全局.

＜参考となる資料＞

水位観測の詳細な要領については、下記の資料が参考となる。

1） 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 3 章 水位観測，全日本建設技術協会，2002.

3．2　水位の基準面の取り方

＜考え方＞

水位の測定表示単位は、m とし、読み取り最小単位は、1/100 m とする。

水位の基準面の取り方には、主に以下の 3 種類がある。

1）水位観測地点において、当該地点独自の基準面を設定し、そこからの水面の高さとする方法。

2）ある水系内の上流から下流に至る観測所間での水位の相互関係を明らかにするため、当該水系独自の基準面を設定し、そこからの水面の高さとする方法。
3）東京湾平均海面（T.P.）を基準面とし、そこからの水面の高さとする方法。

上記 1）の基準面の取り方は、水位観測の目的（水防活動の基準等）や河川断面・堤内地標高等の特性を考慮して最も適切な基準面（零点高）を地先ごとに定める方法である。
しかし、それだけでは、複数地点の水位を比較することができないことから、水系一貫の河川計画・管理を行う場合には、上記 2）、3）のように当該水系における統一基準面を設定した上での基準面の取り方が有効となる。上記 3）の基準面の取り方は、水面の標高表示といえるものであり、水系をまたがる全国統一基準面での水位となる。水系内の統一基準面を T.P. とすることが多いが、水系により独自の統一基準面を設定している例（利根川水系：Y.P.、荒川・多摩川水系：A.P.、淀川水系：O.P.等）もある。
また、水位は、河川・湖沼等における流れ、貯留量等を把握するための基本量であることから、一般には波浪の影響を受けない平均的な水面の高さを測定する必要がある。このことから、水位は、波浪の影響を受ける瞬時値ではなく、当該地点の水理特性を表す時間平均値として計測することが必要である。

＜参考となる資料＞
水位観測の基準面や表示の概念の詳細については、下記の資料が参考となる。
1） 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 3 章 水位調査 3･1 概説，全日本建設技術協会，2002.

3．3　水位観測の方法

＜標　準＞

カテゴリー１の水位観測は自記水位計または水位標によって実施する。なお、自記水位計による水位観測値は、同一横断面内に設置した水位標による水位観測値と一致していることが原則であり、必要に応じて水位標による観測によって校正もしくは補完するものとする。

＜例　示＞

河川等の調査でよく使われている水位計には次のようなものがある。

表2-3-1　主な水位計の種類

検出方式	機 器 名 称	説　明
接触型 フロート式	フロート式水位計	水面に浮かべたフロートと錘とをワイヤーで結び、そのワイヤーを滑車にかけて、回転量を記録する。設置については観測井が必要である。
	ﾘｰﾄﾞｽｲｯﾁ式水位計	水中に測定柱を立て、その中に磁石の付いたフロートと一定間隔に並んだリードスイッチを配置し、フロートの上下によるスイッチの ON/OFF により水位を測定する。設置のためにH鋼杭などの支柱が必要である。
接触型 圧力式	気泡式水位計	水深と水圧が比例することから、水中に開口した管から気泡を出すときに必要な圧力を測定し、機械的または電気的な変換により水位を測定する。気泡管を水中に固定するだけで設置は簡易である。気泡発生装置が必要である。
	水圧式水位計	水中に設置された圧力センサーの信号を電気的に変換して水位を測定する。センサーには半導体式や水晶式などの種類がある。電池で長時間作動し、データを記録するロガー付きの小型タイプのものであれば、現場に機器を取り付けるだけで、比較的簡単に水位の時間変化測定を行うことができ、簡易観測*にも用いることができる。
非接触型	超音波式水位計 電波式水位計	超音波又は電波送受波器を水面の鉛直上方に取り付け、超音波または電波が水面に当たって戻ってくるまでの時間を測定することにより、水位を測定する。非接触型であるため、流路の変動時に対処しやすい。
	ＣＣＴＶカメラ	水位標または橋脚や護岸など水面輝度の違いを認識できる場所を利用して、CCTV カメラから水面位置を認識し、水位標や事前測量データと組み合わせることで水位を観測する。CCTV カメラによる水位標等を利用した水位観測は、状況によっては自記水位計による水位観測値の校正もしくは補完に利用できる。一般に継続的な観測には適していないため、簡易観測※に用いられる。

簡易観測*：精度を確保した長期的な統計資料として活用することを主目的とせず、概略的、緊急的、若しくは臨時的に、洪水時の特定の水理・水文状況等について個別具体に設定し、それに適した簡易的な方法・センサ等で観測することを指す。本章の第１節 総論 カテゴリー２やカテゴリー３の観測において有効となる。重要区間等で水位を密に把握するために設置するデータ発信機能付きのアドホック型水位計による観測や、本節の 3.9 洪水痕跡水位調査での利用が考えられる最高水位計（洪水後に最高水位のみが把握できるように工夫された水位計）による観測は、その具体例である。

3．4　水位観測所の配置と設置

3．4．1　水位観測所の配置

＜必　須＞

水位観測所あるいは観測地点は、本章の第１節 総説 に述べた３つのカテゴリーのどれに該当するかに応じて、その配置を検討しなければならない。

本節で主対象としているカテゴリー１については、水系全体から見た適正な観測網を考慮し

て、カテゴリー１の観測趣旨にかなうように、河川等の計画、管理上、重要な地点に配置しなければならない。

＜推　奨＞

水系全体から見た適正な観測網を構成する重要な地点としては、以下の地点を選定することが望ましい。

１）重要支派川の分合流前後、堰・水門等の上下流
２）流量を観測する地点
３）狭窄部、遊水地、湖沼、貯水池、内水及び河口等の水理状況を知るために必要な地点

なお、洪水時に水位流量曲線がループを描く流量観測所では、近隣の水位観測所との水位差（水面勾配）を考慮に入れた水位流量曲線を導入することにより、流量観測精度が高くなる場合がある。その場合は、当該観測所の上下流地点にも水位観測所を別途設置することが望ましい。

一方、近年、中小河川や河川上流部・支川における水害発生が顕著となっており、従来よりもきめ細かな観測網による水位予測の精度の向上をとおして早期避難や的確な水防活動を実施するなどの危機管理体制の強化が必要となってきている。このようなカテゴリー２に属する水位観測を実施する場合は、既設の水位観測所を補完する場所に、簡易型水位計を設置し、簡易観測を実施することが望ましい。

3．4．2　水位観測所の設置場所の選定

＜標　準＞

カテゴリー１の水位観測所は次の各項に掲げる条件を考慮し、要求される精度の観測が行える場所に設置することを標準とする。

１）水流の乱れが少なく、流心が安定している場所
２）流路や河床の変動が少ない場所
３）観測所の維持管理が容易な場所
４）観測所に設置すべき自記水位計のデータ表示・記録等を担う自動記録装置や自動データ転送装置等に関しては、洪水時を含めてその設置場所へのアクセスが可能であり、観測作業を実施するに当たって危険が少なく安全である場所

＜推　奨＞

カテゴリー１の水位観測所の具体的な位置設定に当たっては、上記のほか、以下のような事項にも留意することが望ましい。

１）湖沼・貯水池、場合によっては河川においても水面の振動現象（セイシュ）が発生して水位観測の精度が低下する場合がある。そのため、事前に調査を実施し、水面の振動現象が発生しない場所に設置する、又は振動の静止点（節ともよぶ）に観測所を設置するなどの対応が必要である。
２）内水水位観測の場合には付近の地形・地物を考慮して代表性のある所を選ぶ必要がある。
３）感潮河川の感潮区間上流で、感潮区間内ではないとされている地点においても、近時の

河床低下等で潮汐の影響を受けていることがあるので、非感潮区間で観測する場合には、特に渇水期の大潮時に調査を行っておく必要がある。

＜参考となる資料＞

観測設備の配置・設置の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 3 章 水位調査 3・2 観測所の配置と位置選定，全日本建設技術協会，2002.

3．5 水位観測所が備えるべき設備

3．5．1 総説

＜標　準＞

カテゴリー1 の水位観測所は、以下の設備等を備えることを標準とする。

1）自記水位計（自動記録装置を含む。必要に応じて自動データ転送装置を含む。）
2）水位標（量水標）及び水準基標
3）標識

河川における自記水位計および水位標については、以下に示す水位の範囲を精度良く計測できるように設置することを標準とする。

計測下限：水位標については、既往の最低水位より 1m 以上低い水位。自記水位計については、既往の最低水位より 0.5m 以上低い水位。
計測上限：無堤区間の場合、計画高水位又は既往最高水位より 1m 以上高い水位。有堤区間では、堤防天端より 0.5m 以上高い水位。

河川以外に設置する水位計についても、その目的に照らして計測しておくべき範囲の水位を欠測しないように設置するものとする。

目的を低水計画・管理若しくは、高水計画・管理に明確に区別して絞り込むことができる場合は、いずれかの目的に対応する水位範囲のみを観測する設備としてもよい。

カテゴリー２やカテゴリー３等で行う簡易観測の設備は、観測目的に応じ、水位標・水準基標・標識を設置しなくてもよい。

＜参考となる資料＞

水位観測所の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 3 章 水位調査 3・4 観測施設，全日本建設技術協会，2002.

3．5．2 自記水位計

（1） 自記水位計が満たすべき要件

＜必　須＞

カテゴリー１の観測に用いる自記水位計は、水位の時間平均値を記録・出力することができなければならない。ただし、自動記録装置として自記紙のみを採用し、かつ、自動データ伝送装置を備える必要のない自記水位計については、その限りではない。

データ表示・記録等を担う自動記録装置や自動データ転送装置等に関しては、堅固な基礎の上に、洪水時にも冠水しない高さに据え付けなければならない。

水位の最小読み取り単位は 1/100 m を原則とする。高い精度を要求される場合には、必要に応じて最小読取単位を小さくするものとする。

＜標　準＞

データ表示・記録等を担う自動記録装置や自動データ転送装置等に関しては、洪水時を含めてその設置場所へのアクセスが可能な場所に設置することを標準とする。

また、水位計としての必要な性能を満たすことを証明する試験成績書が添付された水位計を使用することを標準とする。

（２）　自記水位計の選定・設置

＜標　準＞

カテゴリー１の観測に用いる自記水位計の機種の選定及び設置に当たっては、水位計設置場所の水理特性や地形等に適合していること、目的に応じ洪水や渇水のような異常時も含めて計測すべき最低水位から最高水位まで継続的に安定したデータが取れること、必要精度を満足すること、設置地点の条件下において維持管理が容易であり、設置も含めた経費が適正であること等を総合的に判断して、機種と設置位置を選定するものとする。

＜例　示＞

主要な自記水位計について、選定に当たっての参考事項を以下に例示する。

表2-3-2　主な自記水位計の比較選定時における参考事項

水位計の種類	選定における参考事項
(1) フロート式水位計	センサ本体には電子部品がないため、電源異常や中断時の対応が容易であり、長期にわたる水位観測データの収集・蓄積において歴史的に大きな役割を果たしてきた実績がある。しかし、観測井・導水路（導水管）を伴う施設整備が必要であり、河床変動・土砂輸送が激しい河川では、導水路（導水管）の水流からの隔絶や土砂堆積による閉塞への対策が必要である。
(2) リードスイッチ式水位計	観測井が不要でＨ型鋼を利用して比較的容易に設置ができ、中下流部での観測に多く用いられる。低水から高水までの観測を確保するために、一般に同一横断面に複数のセンサを設置する必要がある。流下物の影響を小さくするゴミよけ等の対策が必要である。
(3) 気泡式水位計	気泡が送気管から出るときの圧力を測る水位計である。以前に比べてシステム全体が小型化されており、海外では、適用事例は少なくない。動水圧や、水温・濁度等による水の密度変化の影響には注意が必要である。
(4) 水圧式水位計	水中にセンサ部を固定すればよく、設置が容易である。しかし、動水圧の影響や、高速流・転石等によるセンサ流出・ケーブル破断、および、水温・濁度等による水の密度変化の影響には注意が必要である。センサ部が大気圧との差圧検知型でない場合は、大気圧補正が必要である。
(5) 超音波式水位計、電波式水位計	水面と全く接触せずに計測でき、観測断面内におけるセンサの設置位置の自由度が高いことから、高流速の地点や河床変動が激しく川筋が大きく変動する場所での設置に適している。センサ本体を空中に設置することから、風による振動や、設置土台の振動を抑制する必要がある。また、超音波式の場合、気温補正が必要である。
(6) CCTV カメラ	CCTV を活用して水位標または、橋脚等での水面を抽出することにより、水位の計測が可能であり、危機管理目的やより高度な河道管理への情報収集等を目的とした水位計測に用いることができる。橋脚を水面抽出の対象とする場合、橋脚による水位の乱れ（せき上げ等）の影響に注意が必要である。

＜参考となる資料＞

自記水位計の種類ごとの特徴や留意事項については、下記の資料が参考となる。

1) 国土交通省監修,(独)土木研究所編著:水文観測,第 3 章 水位調査 3･3 水位観測器械,全日本建設技術協会,2002.

（３） 自動記録装置

＜必　須＞

水位観測所には、自記紙やデータロガー等の自動記録装置を設置しなければならない。

自動記録装置は、関連機材を収納することのできる観測小屋又は観測ボックス等の内部に設置し、無人・自動での確実な観測データ記録と定期的なデータ収集に支障のないようにしなければならない。

ただし、カテゴリー２やカテゴリー３等において実施する簡易観測を目的とした簡易水位計の場合はその限りではない。

＜標　準＞

自記水位計のうち、デジタル的に水位を表示・記録する装置の場合は、1 秒以下の時間間隔で水位の瞬時計測値を得ることができ、それらのある一定時間内で平均した値（波浪等の影響を除いた水位の観測値）について、10 分以下の時間間隔で表示・記録できる機能を有していることを標準とする。

なお、水位瞬時計測値を水位観測値とするためのサンプリング間隔（瞬時計測の時間間隔）とその平均時間については、本節 3.7.1 自記水位計による観測 によるものとする。

（４） 自動データ転送装置

＜必　須＞

リアルタイム観測が必要な水位観測所は、自動データ伝送装置（テレメータ等）を備えなければならない。

＜標　準＞

自動データ伝送装置は、10 分以下の時間間隔でデータを転送できる機能を有するものを標準とする。

自動データ伝送装置は、「電気通信施設設計要領（案）（通信編）」に基づき設計されたものを標準とする。

＜関連通知等＞

1) 電気通信施設設計要領（案）（通信編），平成 25 年 5 月 17 日，国技電第 10 号，国土交通省大臣官房技術調査課電気通信室長通知.

3. 5. 3 水位標

＜必　須＞

水位標は、量水板を用いて水位を目視観測するための設備であり、自記水位計の水位観測値を校正もしくは補完するためにも用いられる。

量水板の最小目盛の単位は原則として 1/100 m としなければならない。

ただし、高い精度が要求される場合には、必要に応じて最小読取単位を小さくするものとす

る。

水位標の零点の標高（零点高）は、水準基標を基準として測量しておかなければならない。これにより、本節 3.2 に述べた各種の水位表示法について、目的に応じていつでも相互に変換できるようにしておくものとする。

水位標の零点高は原則として既往最低水位以下としなければならない。ただし、上下流の近接する既設水位標の零点高との関連も考慮して定めるものとする。また、河床掘削計画等がある場合には、その影響を見込んで設定するものとする。

夜間や出水時の場合でも、目盛を正確に読み取ることができる箇所に水位標を設置しなければならない。

水位計測範囲を大きくとる必要がある川では、2m 程度の支柱を護岸や堤防のり面に複数本設置し、水位上昇時においても、順次上位の水位標に読取を安全に引き継げるようにしなければならない。

その際、上位・下位の水位標目盛の重複は 0.5m 以上とする。

水位標の設置後においても、その零点高は少なくとも年 1 回は測定しなければならない。その場合、水準器の読取の単位は 1mm を用いる。

＜標　準＞

零点高の変化が見られた場合、零点高の変化時点（洪水、地震等）が分かる場合にはその時点より、分からない場合は前年の測定時点より、水位観測値を補正することを原則とする。ただし、補正の単位は 1/100 m とする。

3. 5. 4　水準基標

＜必　須＞

水準基標（水準拠標）は、水位観測所（水位標）の零点高と東京湾平均海面（T.P.）及び当該水系における独自の統一基準面がある場合にはその基準面との関係を定義するために、水位観測の近くに水準点に準じて必ず設置するものとする。やむを得ず距離標等で代用する場合は堅固な構造としなければならない。

定期的な水準測量により、その標高を常に明らかにしておかなければならない。

地盤沈下・隆起のある地域では、地盤変動していないと推定される水準点を基準として水準測量しなければならない。

＜標　準＞

水準基標の測量精度は、2 級水準測量とする。

3. 5. 5　標識

＜必　須＞

水位観測所には、標識を設置し、必要に応じ観測小屋、柵を設置しなければならない。

標識には、観測所名、水系・河川名、設置者名、設置年月日、観測所所在地、緯度・経度、標高（水位標零点高）、河口又は合流点からの距離、指定水位（水防団待機水位）、警戒水位（はん濫注意水位）を記載する。

また、必要に応じて、既往最高水位、計画高水位、観測所番号等、参考となる事項を記載するものとする。

＜参考となる資料＞

標識に関わる詳細な内容については、下記の資料が参考となる。

1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 3 章 水位調査，全日本建設技術協会，2002.

3．6　観測所台帳

＜必　須＞

水位観測所を設置し水位観測を行う者は、水位観測所台帳及び付図を作成しなければならない。

台帳には、観測所の位置や施設構造等に関する諸元のほか、指定水位（水防団待機水位）、警戒水位（はん濫注意水位）及び計画高水位（はん濫危険水位）並びに水位標位置、零点高及び観測機器の変化等を記載し、観測条件の変遷を明らかにしておかなければならない。

水位観測所には、水位観測所台帳及び付図の写しを備え付けなければならない。

様式については「水文観測業務規程細則」に従わなければならない。

＜参考となる資料＞

観測所台帳に関する詳細な内容については、下記の資料が参考となる。

1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 3 章 水位調査，全日本建設技術協会，2002.

3．7　水位観測

3．7．1　自記水位計による観測

＜標　準＞

自記水位計により計測した水位は、波浪の影響を排除するために、ある一定時間にサンプリングされた水位瞬時計測値群を対象として、その一定時間で平均した値を水位観測値として記録するものとする。

＜推　奨＞

自記水位計のうち、デジタルに水位を表示・記録する装置の場合、瞬時の水位観測値のサンプリング間隔や平均値を算定するための観測対象時間は、出水特性を考慮した上で波浪等の周期性を排除できるサンプリング間隔・平均手法を検討することが望ましい。

ただし、その検討が行われていない段階では、瞬時の水位観測値のサンプリング間隔を 1 秒、平均時間を全体で 20 秒以上、と設定してもよい。

＜関連通知等＞

1) 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達，第 3 章 観測.

2) 水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達，第 3 章 観測の実施.

＜参考となる資料＞

自記水位計による観測に関わる詳細な内容については、下記の資料が参考となる。

1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 3 章 水位観測 3･5 観測，全日本建設技術協会，2002.

3．7．2　水位観測システムの二重化

＜推　奨＞

カテゴリー1 の観測において、河川計画・管理、危機管理上重要な水位観測所においては、データの欠測を極力防止し、整合性のあるデータを極力継続して取得するため、必要に応じて観測システム（センサ及び記録部）の二重化を図ることが望ましい。

センサの二重化を図る場合には、設置地点は、同一地点、少なくとも同一横断面内を原則とする。やむを得ず、縦断方向に位置がずれる場合には、相互の水位関係を把握し、水位の相関を確認しておくこととする。

また、自記水位計の機種は異機種を原則とする。

なお、主水位計と副水位計の切り替えを行う場合には、切り替えの基準を明確にしておくこととする。

＜例　示＞

観測システムのうち、観測データの伝送路についても二重化（無線テレメータと光ファイバ網の両者の活用等）を図ることで、データ欠測のリスクをさらに減らすことができる。

3．8　水位観測所の維持及び管理

＜必　須＞

観測設備の維持及び管理の実施に際しては、「水文観測業務規程」第 8 章 観測所の維持及び管理、「水文観測業務規程細則」の第 8 章 観測所の維持管理等 の定めに従わなければならない。

また、観測設備ごとに点検や維持管理上必要な事項を記入した点検記録簿を備えなければならない。

＜標　準＞

観測設備の点検は、観測設備の維持管理において最も重要である。点検は、以下に示す総合点検及び定期点検を組み合わせて実施することを基本とする。それぞれにおいて点検すべき主要な事項は以下を標準とする。なお、これらの点検においては、水位標による水位観測値と自記水位計による水位観測値を必ず記録・比較し、自記水位計の校正をその都度図ることを原則とする。

1）総合点検は、年 1 回以上（出水期前等。必要に応じて回数を増やす。）とし、対象とする施設・設備において特に器械類の内部に対して詳細点検を実施し、擬似テスト等による点検を含めた総合的な保守及び校正を行う。この点検は、測定部（センサ）、記録部、器械類の故障の有無を確認し、観測データの精度向上が図られるよう保守及び校正を行うことを主たる目的とする。

2）定期点検は、月 1 回以上（総合点検を除いた月）とし、対象とする施設・設備において特に器械類の外部（表示値を含む）から判断できる点検を中心に行う。この点検は、測定部（センサ）、記録部、器械類の機能障害等の異常を早期に発見し、観測データの欠測や異常値を生じさせないことを主たる目的とする。なお、これらの点検においては、水位標読取値と自記水位計記録値を必ず記録・比較し、自記水位計の校正をその都度図ることを原則とする。

＜関連通知等＞

1） 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達，第 8 章 観測所の及び管理.

2） 水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達，第 8 章 観測所の維持管理等.

＜参考となる資料＞

水位観測所の維持管理・点検の詳細については、下記の資料が参考となる。

1） 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 3 章 水位調査 3･6 観測所の維持管理，全日本建設技術協会，2002.

3．9　洪水痕跡水位調査

3．9．1　総説

＜考え方＞

洪水痕跡とは、堤防のり面等に繁茂する植生に付着した泥やゴミ等、当該洪水時に冠水したことを示す跡である。洪水痕跡水位は、任意の河道横断測線上において洪水痕跡が認められる最高地点の標高として測定するものである。多数の河道横断測線において痕跡水位を得ることで、当該出水時の左右岸に沿った最高水位の詳細な縦断分布を知ることができ、洪水流下のネック部（せき上げ）、河道の湾曲や砂州による左右岸の水位差、粗度係数等といった洪水の流下特性を調査するための基礎的データとして活用する。

本調査で得られる水位の精度は、本節 3．9．2 に後述するように、カテゴリー1 の水位観測に比較して低いことが一般的である。また、痕跡であることから、その地点の最高水位を表すものであり、その生起時刻や水位の時間変化に関する情報は得られない。洪水痕跡水位調査にはこのような短所がある一方、縦断方向に密な測定が可能で、縦断的な水位分布に関する詳細な情報を得られる可能性が高く、洪水時の観測の困難さから考えて、洪水痕跡調査を行うことが洪水流の特性を知る上で非常に重要と認識され、実施されてきたところである。こうした観点から、カテゴリー２の具体例として記載する。

なお近年は、表 2-3-1 に簡易観測として示したように、水位の時間変化を測定することが技術的にもコスト面でも容易になってきたことから、縦断方向に密で、かつ時間変化の情報まで得られる水位測定が可能となってきている。したがって、こうした水位測定方法を洪水痕跡水位測定の代わりに採用する、あるいは併用するという選択肢があることを考慮しておくことが望ましい。

3．9．2　洪水痕跡水位の測定法

＜標　準＞

痕跡水位の測定については、以下により実施することを標準とする。

1）ピーク水位発生後、なるべく早く痕跡の位置を測定すること。又は杭・マーカー等で印を付けて、後日測定すること。

2）痕跡の判定は、河岸・高水敷・堤防のり面の植生に付着する泥によるものを基本とする。ただし、樹木や茎の固い草本植物では、洪水流中では倒伏していたものが出水後に立ち上がり、そのため痕跡による水位が実際より高い位置になる場合があるため、その採用に当たっては、他の植物種の痕跡と比較するなど注意を要する。また、高水護岸上では一般に泥の付着による痕跡の判定が困難であり、確実な痕跡水位を得ることができない。そうした区間が左右岸とも連続する河道区間では、最高水位のみを記録する簡易な

水位計等を設置すること。

3）泥が見られずゴミで判定する場合には、測定対象地点周辺の痕跡をできるだけ多く観察し、低いものを除外し、高さがおおむね一致するほぼ直線上に位置する痕跡群を採用すること。ただし、護岸の設置された堤防や河岸のり面上には、最高水位の位置にゴミが残らず、小段等平坦面上に集積する場合がある。それらのゴミも上記のように観察した結果、痕跡群として採用される場合がある。このような護岸上（特に小段等平坦面上）における痕跡は精度が低い可能性があるので、測定する際にその旨を記録しておくこと。また、そうした区間が左右岸とも連続する河道区間では、最高水位のみを記録する簡易な水位計等を設置すること。

4）以上に基づき、左右岸で洪水痕跡水位を得る。洪水痕跡水位は少なくとも定期横断測線上で測定することとするが、低水路幅に比較して定期横断測線の間隔が大きい河川では、低水路幅と同程度の縦断間隔で少なくとも 1 個以上の洪水痕跡水位が得られるように測定すること。

＜推　奨＞

洪水痕跡水位は、流量データと並んで粗度係数の逆算等、出水に関する水理検討の結果を大きく左右するので、その水位の精度についてより精度の高い水位測定値との比較から確認することを推奨する。

図 2-3-1 は、全国の河川を対象に、洪水痕跡水位に含まれる誤差と河床勾配との関係を示したものである。なお、誤差は、洪水痕跡水位の測定を行った断面（地点）内に設置してある自記水位計、普通水位計等により得られた水位を真値と仮定し次式により求めた。

誤差＝（洪水痕跡水位）－（水位計、普通水位計等により測定した水位）　(2-3-1)

図 2-3-1 によると、河床勾配が大きいほどばらつきが大きく、またほぼ同一勾配の河川の誤差の分布特性に注目すると、零を中心にして、正負同様にばらつく傾向となった。ただし、誤差の原因についてはまだ十分には把握されていないことから、図 2-3-1 はあくまで参考とされたい。

上記を踏まえて、急勾配河川等痕跡のばらつきが大きい河川では、縦断間隔を短く、多地点で洪水痕跡水位を測定することが望ましい。

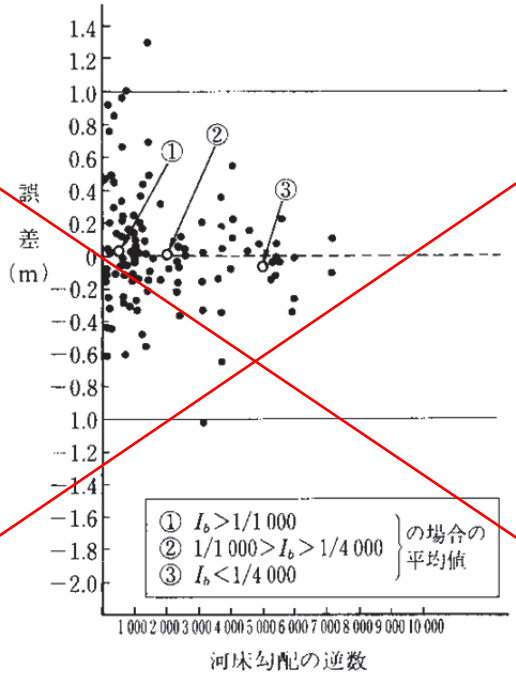


図2-3-1　洪水痕跡水位に含まれる誤差と河床勾配との関係

出典：河道特性に関する研究，建設省河川局治水課・土木研究所，第 42 回建設省技術研究会報告，1988.

第２章　水文・水理観測　第４節　流量観測

令和4年6月9日改定

目　次

第４節　流量観測 1
4．1　総説 1
4．2　流量観測の方法 2
4．2．1　流量観測手法の分類 2
4．2．2　流量観測手法の選定 4
4．3　流量観測所の配置と設置 4
4．3．1　流量観測所の配置 4
4．3．2　流量観測所の設置場所の選定 5
4．3．3　観測施設が備えるべき設備 6
4．3．4　観測所の維持及び管理 8
4．4　観測 8
4．4．1　総説 8
4．4．2　観測回数 8
4．4．3　器材の管理 9
4．4．4　流速計の検定 9
4．4．5　観測心得の交付 10
4．4．6　精度確保のための留意事項 10
4．4．7　安全確保のための留意事項 11
4．4．8　野帳への記録と保管 11
4．5　可搬式流速計による流速計測法 12
4．5．1　総説 12
4．5．2　水理条件に対応した流速計の選定に当たっての留意事項 12
4．5．3　測定回数、測線と測点（標準法） 12
4．5．4　測定回数、測線と測点（精密法） 14
4．5．5　流量算出の手順 15
4．6　浮子による流速計測法（浮子測法） 16
4．6．1　総説 16
4．6．2　付帯施設 17
4．6．3　流速測線 17
4．6．4　浮子の種類 18
4．6．5　浮子による流速の測定 19
4．6．6　浮子測法による流量の算出 20
4．7　舟に搭載した ADCP（超音波ドップラー流向流速計）による流速計測法 20
4．7．1　総説 20
4．7．2　流速分布計測の方法 21
4．7．3　流量の算出 23
4．8　非接触型流速計測法 24
4．8．1　総説 24
4．8．2　電波流速計の設置及び付帯施設 24

4．8．3　流量の算出 24
4．8．4　維持管理 25
4．9　超音波流速計測法（パルス伝播時間差法） 25
4．9．1　総説 25
4．9．2　超音波流速計測法による流速の測定 25
4．9．3　超音波流速計測法による流量の算出 26
4．9．4　維持管理 27
4．10　水理構造物を用いる方法 27
4．10．1　総説 27
4．10．2　堰測法の種類と配慮事項 28
4．10．3　可動ゲートを有する堰における要件 28
4．10．4　越流水深の測定 28
4．10．5　堰測法による流量の算出 28
4．11　流量の連続データの算出 29
4．11．1　総説 29
4．11．2　水位流量曲線の作成手法の基本 30
4．11．3　水位流量曲線の更新 31
4．11．4　曲線分離 32
4．12　特殊な場所における流量観測 32
4．12．1　結氷河川における留意事項 32
4．12．2　河口感潮域における留意事項 33

平成 26 年 4 月　版

第2章　水文・水理観測
第4節　流量観測
4．1　総説

＜考え方＞

本節は、河川での流量観測を実施するために必要な技術的事項を定めるものである。

河川流量は単位時間に河川のある横断面を通過する水の量である（土砂の流送量については、第 6 章で扱う。）。

流量観測は、河川の計画・管理を適切に行うために、流域から河道への流出過程及び河道内の流下過程を把握することを目的としており、河川･砂防に関する計画の立案、工事の実施、施設の維持管理、環境の整備及び保全、洪水や渇水等による水災害への対応等を実施するための最も基本的な調査項目の一つである。

流量観測データの具体的な活用事例としては以下が挙げられる。

1）流域の主要な地点の流量の時間的変化を正確に把握し、実現象を精度よく再現できる水文流出モデル、並びに河道流下モデルの構築に活用する。
2）河道内の流れの状況を把握し、河床変動の傾向を把握し、河床の局所洗掘や堆積を予測し、被災予防等効率的な河川管理に活用する。
3）水利権の見直し、正常流量の設定に活用する。
4）ダム・堰等の流水制御施設の計画、施設の運用管理に活用する。

本節で主に扱うのは、本章の第 1 節 総説 で説明した３つのカテゴリーのうちのカテゴリー１であり（表 2-1-1 参照）、特に断らない限り、本節ではカテゴリー１の流量観測について述べている。このことから、本節で記述する基準は、特に断らない限り、水文観測業務規程に基づき定常業務として実施する観測を前提としている。

また流量は、カテゴリー３．１、３．２にとって基本となる量であり、カテゴリー２においても対象となる可能性が高い。本節の内容は、それらのカテゴリーの観測手法の検討にも役立つ情報を含むので、カテゴリー１に限定せず適宜参考にすると良い。

得られた流量観測値の照査やデータ整理・保存については、本章 第 5 節 水文資料の整理保存と品質管理 によるものとする。

＜関連通知等＞

1) 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達.
2) 水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達.

＜参考となる資料＞

得られた流量観測値の照査やデータ整理・保存については、本章 第 5 節 水文資料の整理・保存と品質管理 を参照のこと。 本節に規定していない流量観測の詳細な要領及び国際的な流量観測技術基準との関係については、下記の資料が参考となる。

1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，全日本建設技術協会，2002.
2) 国土交通省中部地方建設局河川部河川調整課：絵で見る水文観測，(一社)中部地域づくり協会，2001.
3) WMO：Guide to Hydrological Practice，2008.
4) ISO 748 Hydrometry－Measurement of liquid flow in open channels using currentmeters or floats，2007.

4．2　流量観測の方法

4．2．1　流量観測手法の分類

＜考え方＞

流量観測手法は、次の３つの方法に大別される。

１）河川横断面において、流速計測値と、水位観測等により求めた断面積値から、（流速）×（面積）の計算を行って流量を算出する方法（流速断面積法）。

２）堰等の水理構造物において、適切な位置において水深を計測（若しくは水位観測結果より算定）し、越流公式等から流量を求める方法（水理構造物法）

３）洪水痕跡水位等を含む水位観測結果を利用し、開水路流れとしての水理学的知見に基づき流量を算出する間接計測法

本節では、主に、上記のうち、１）と２）による観測法を取り上げる。

３）は、本章 第１節 総説 で説明したカテゴリー３．１（表 2-1-1 参照）の観測から流量の解析を行う方法に属する。これについては、本章 第７節 河川の流れの総合的把握 によるものとする。

＜例　示＞

国内外で提案されている流量観測手法の主な例を表 2-4-1 に例示する。手法の特性を踏まえて、また、当該観測が本章 第１節 総説 に述べた３つのカテゴリーのどれに当たるかに応じて、観測手法の選定を行う必要がある。

なお、ここで固定式観測法とは、一定地点に無人・自動での連続観測が可能なセンサを流量観測地点のしかるべき場所に固定設置して観測する設置型の観測手法を指す。一方、非固定式観測法とは、観測作業を実施する日時に、個別に流量観測地点にて可搬型のセンサ等を活用して随時に観測する手法を指している。我が国における流量観測手法として広く知られている、低水時の可搬型流速計を用いた流速計測法や、高水時の浮子測法は、後者の非固定式観測法に分類される。したがって、非固定式流量観測法を用いる場合は、得られる流量観測データは、その観測作業を現地において実施した日時の値のみである。水文統計資料として任意の日時における連続的な流量観測データを収集する必要がある場合は、固定式流量観測法を用いるか、水位流量曲線法と組み合わせるかのいずれかの方法を一般に用いる必要がある。

表2-4-1　主要な流量観測手法の種類

分類				名　称	直接の測定対象	説　明
流速断面積法	トレーサーによる流速計測法		非固定式観測法	浮子測法	吃水部平均流速	直線上に一定の区間を定め、浮子をその区間の上流から流し、その下流までの距離を流下時間で除して流速を求める方法である。
流速断面積法	トレーサーによる流速計測法		非固定式観測法	色素投入法・希釈法等	ある代表的な流速	水深が浅く表面浮子が使用できない場合等に、フルオレッセン等の色素や化学物質を投入して代表的な流速を測定する方法である。
流速断面積法	流水にセンサを接触させる流速計測法	可搬式流速計	非固定式観測法	回転式流速計測法	横断面内点流速分布	回転する測定部を流水中に水没させ、その回転数から流速を測定する方法である。水車やプロペラを回転部に持つ横軸型（広井式流速計等）と円すい型のカップを回転部に持つ縦軸型（プライス流速計）に分類される。
流速断面積法	流水にセンサを接触させる流速計測法	可搬式流速計	非固定式観測法	可搬式電磁流速計測法		水中に電磁式の測定部を持つ流速計で、人工的に発生させた磁界の中を水が動くときに生じる起電圧から流速を測定する。
流速断面積法	流水にセンサを接触させる流速計測法	船搭載	非固定式観測法	ADCP（超音波ドップラー流向流速計）計測法	横断面内流速分布	超音波のドップラー効果を応用することによって、断面内の三次元流向・流速分布を測定する機器である。この測定器を橋上係留船等に搭載し、移動しながら測定することによって大水面、大水深領域の通過断面内流量を短時間で測定できる。また、河床等に固定した場合は、流速分布の時間変化を測定できる。
流速断面積法	流水にセンサを接触させる流速計測法	水中固定	固定式観測法（連続観測可能）	超音波流速計測法（パルス伝播時間差法）	代表深さにおける平均流速	超音波の伝播速度が流れの方向では増加し、流れと逆方向には減少することを利用して、その差を測定して流速を求めるものである。送受信装置を測定箇所の両岸に設置し、水中に送波して測定する。
流速断面積法	流水にセンサを接触させる流速計測法	水中固定	固定式観測法（連続観測可能）	H-ADCP 法		ADCP を水平方向に設置し、横断方向の流速分布を超音波の反射波におけるドップラー効果から測定する。中小河川であれば、片岸のセンサだけで測定システムを構成することが可能。
流速断面積法	流水にセンサを接触させる流速計測法	水中固定	固定式観測法（連続観測可能）	開水路電磁流量計測法	断面平均流速	両岸に設置した電極間に生じる起電力が断面平均流速に比例する原理により流量を算出するシステムである。
流速断面積法	非接触型流速計測法		固定式観測法（連続観測可能）	ドップラー型（電波式、超音波式）	表面流速	流れの表面に橋桁等に設置したセンサから電波もしくは超音波をある俯角をもって水面に向けて発射し、その反射波の周波数変化から表面流速を測定するシステムである。現状では、流速が約 0.5m/s 以上の流量観測のみに利用可能。
流速断面積法	非接触型流速計測法		固定式観測法（連続観測可能）	画像処理型（PIV 法等）	表面流速	洪水時に流下する流木やゴミあるいは波紋を河岸に設置したビデオカメラにより撮影し、画像解析から表面流速を測定するものである。局所的な流況分析に優れるが、天候・日照変化等の影響を受けやすい。
水理構造物法			固定式観測法（連続観測可能）	堰測法等	水深	三角堰や台形堰を自由越流する際の越流水深を測定し、実験等により求められた流量公式により流量換算する方法である。
水面勾配断面積法			非固定式観測法	勾配断面積法	水面勾配等	河川断面の粗度を仮定し、洪水痕跡等から推定される水位、水面勾配から流量を算出する方法である。

※　非接触型流速計測法は、センサを橋桁等に固定設置することで固定式流量観測法として利用するのが一般的であるが、可搬型の非接触型センサ（小型電波流速計やビデオカメラ）を橋上等に仮設置して用いる場合は、非固定式流量観測法として利用することも可能である。

※　表 2-4-1 に記載していない水位流量曲線法は、様々な水位における上記の手法による流量観測値を収集することで、流量の連続評価を行うための関係式を作成するものであり、上記に挙げた流量観測法（特に非固定式観測法）に依存して成立する方法である。このことから、流量観測法としては挙げていない。

※　「水面勾配断面積法」は、間接計測法のうちの最も単純な手法の１つとして例示している。本章 第１節 総説 で説明したカテゴリー３．１（表 2-1-1 参照）の観測の中で、対象河川区間の水理システムの把握と併せ流量についてより多くの情報を得ることも行われる。これについては、本章 第７節 河川の流れの総合的把握 によるものとする。
※　各点の流速計測値に代表させる区分断面ごとの区分流量を単純にそのまま足し合わせるのではなく、それらの計測値群が満足すべき水理学的条件を同時に考慮して流量を算出する方法も近年提案されている。
※　表面流速を測定対象とする手法として、洪水時航空測量により、計測原理としてカメロン効果を用いるなどしてスナップショット的に表面流速を計測する技術がある。洪水流の特性を面的に広域に把握する上で有用である。

＜参考となる資料＞

ここに紹介した各種の観測・解析手法の概要については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，pp.376 第４章 流量観測，全日本建設技術協会，2002.

2)　Herschy:Hydrometry - Principles and Practices (2nd ed.), John Wiley & Sons, p.376 , 1999.

3)　木下良作:航空写真による洪水流解析の現状と今後の課題，土木学会論文集，No.345 II-1, pp.1-19，1984.

4)　二瓶泰雄，木水啓：H-ADCP 観測と河川流計算を融合した新しい河川流量モニタリングシステムの構築，土木学会論文集 B，Vol.63 No.4，pp.295-310，2007.

4．2．2　流量観測手法の選定

＜必　須＞

流量観測手法を選定するに当たっては、流量観測所の設置目的、設置条件、流量規模、必要精度、観測頻度を勘案して、前項に挙げた各種方法の現時点での精度・信頼性・適用範囲・労力やコスト等の特性を踏まえ適切な手法を選択若しくは組み合わせることで流量観測を実施するものとする（本章 第４節 流量観測 4.5～4.10 も参照）。

4．3　流量観測所の配置と設置

4．3．1　流量観測所の配置

＜必　須＞

河川等の計画・管理上重要な地点に、必要に応じて、カテゴリー1 の流量観測のための流量観測所を設けなければならない。

＜標　準＞

流量観測所は、低水から高水に至るまで連続的に流量を把握できる地点に設置することを標準とする。

しかし、流量観測所の設置目的を低水計画・管理又は高水計画・管理に特化する場合は、その限りではない。

＜例　示＞

流量観測を行う地点には、以下に示すような地点が考えられる。

１）管理区間最上流端付近（本川・支川）
２）重要支川の合流後及び同支川の下流端（背水区間を除く）

3）重要派川の分流前後
4）遊水地、湖沼、貯水池の流出口、若しくはその下流地点
5）流水制御施設の上下流、伏没・還元、適正な取水の把握、正常流量の設定等、水収支を把握する必要のある地点
6）水面勾配や河道幅・セグメント等の河道条件が変化する地点の前後

4．3．2　流量観測所の設置場所の選定

＜標　準＞

観測所は、次の１）～５）の条件を満足する場所に設置することを標準とする。

1）水位観測施設が設置できる場所
2）流量観測を安定して行うことができる以下の場所
a）流路や河床の変動が少ない場所
b）流れに瀬や淵の部分がなく、みお筋が安定している場所
c）対岸及び観測断面周辺の見通しが良い場所
d）低水流量観測及び高水流量観測が同一場所若しくはなるべく近い場所で実施できる場所（低水又は高水のいずれかの観測目的に特化した観測所を除く）

浮子測法を用いる観測所では、更に以下の e）～h）の条件を満たす場所とする。

e）浮子の流下時間を測定する直線区間が必要な距離以上確保できる場所
f）洪水中の水平方向・鉛直方向の流速分布に大きな変化がない場所
g）浮子投下施設を設置できる場所。又は、浮子を必要な測線に安全・確実に投下できる橋がある場所
h）流れを阻害する立木・構造物等がない場所

3）観測所の維持管理がしやすい場所

4）観測作業を実施するに当たって危険が少なく安全である場所

5）その他
a）水位流量曲線法により流量の連続評価を行う観測所の場合は、大河川との合流点や堰等の水位制御施設の直上流点や感潮区間等、下流水位の影響を受ける地点は避けるべきである。
b）固定式観測法（水理構造物による方法を除く）を採用する観測所においては、非固定式観測法による観測値との同時刻流量の比較を実施することによる校正・検証作業が一般に必要となることから、固定式観測法（水理構造物による方法を除く）を採用する場所は、原則として、校正用に観測する非固定式観測法が適用可能な場所とする。

＜参考となる資料＞

流量観測所の配置・設置の詳細については、下記の資料が参考となる。

1）国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第４章 流量観測 4・2 観測所の配置と位置選定，全日本建設技術協会，2002.

4．3．3　観測施設が備えるべき設備

（1）　総説

＜必　須＞

流量観測所には以下の設備を設置しなければならない。

1）水位観測施設
2）観測断面を指定する流量観測所横断線拠標
3）標識
4）流量観測に必要となる観測装置及び付帯設備

＜必　須＞

流量観測に影響を与える河川区間内では、整正な水流を確保することを目的として、立木伐採、除草、障害物の除去、断面の保全等、必要な維持管理に努めなければならない。

浮子測法による場合、上記の区間は浮子投下断面より 50m 程度上流から、第２見通し断面より 50m 程度下流までの範囲とする。

（2）　各観測方法における留意事項

＜必　須＞

観測方法によっては、以下の事項について、留意して設置しなければならない。

1）水位観測施設については、本章 第 3 節 水位観測 3.5 水位観測所が備えるべき設備 に記載されている設備を設置しなければならない。
2）流量観測所横断線拠標については、浮子測法による計測において、夜間でも照明等により見通すことのできる見通し杭として設置しなければならない。
3）固定式観測法を用いる場合には、観測装置を現地に設置する。恒久設置をする場合だけでなく、観測期間中のみの一時的な暫定設置をする場合もある。
4）非接触型流速計測法の場合には、付帯設備として、風向風速計も設置しなければならない。

＜参考となる資料＞

流量観測所の観測設備の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 4 章 流量観測 4･3 可搬式流速計による流量観測（流速計測法） 4･4 浮子による流量観測，全日本建設技術協会，2002.

（3）　流量観測所横断線

＜必　須＞

流量観測所には、流心に直角の方向に流量観測所横断線を設定し、当該横断線の位置を示すために横断線拠標を設置しなければならない。

＜標　準＞

横断線の数及び間隔は、観測の方法に応じて、次の表 2-4-2 によることを標準とする。

表2-4-2　横断線の数及び間隔と観測の方法

方　法	横断線設置箇所数	備　　考
浮子測法	２か所	浮子測法の２か所の横断線拠標（第 1 及び第２見通し杭）間の距離については、流下時間計測における誤差を抑制する観点から、最大流速×10 秒～15 秒程度の距離（概ね 50m 以上が目安）をとることを標準とする。 ただし、その直線区間内においても高水敷・植生等による大規模な乱流や渦の存在等により適正に浮子が流下しないケースがある場合は、確保すべき直線区間の距離を短縮してもよい。その場合は、流下時間計測等による誤差を減らすため、同一測線での浮子投下・計測回数の増加等の工夫を行わなければならない。
上記以外	１か所	流量観測を実施する断面に設定する。

＜標　準＞

流量観測所に設置する水位観測施設は、流量観測所横断線（２か所の場合は、流心に直角方向の測線のうちいずれか１か所の横断線）上に設置することを標準とする。

＜参考となる資料＞

流量観測所における横断線の設置に関する詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 4 章 流量観測 4･3 可搬式流速計による流量観測（流速計測法） 4･4 浮子による流量観測，全日本建設技術協会，2002.

（４）　流量観測所横断線の横断測量

＜必　須＞

流量観測所横断線については、横断線ごとに横断測量を行い、流量観測所横断図面を作成しておかなければならない。

＜標　準＞

流量観測所の横断図面は、出水期の前に行う横断測量により修正することを標準とする。

洪水等によって河床が変化したと認められる場合には、その都度速やかに横断測量を行い、同様に修正するものとする。

水理構造物を用いる方法の場合には、構造物の変形や堆砂がない限り測量し直す必要はない。ただし、可動ゲートが設置された堰については、ゲートの開度を常に記録しておくことが必要である。

なお、河川横断面の深浅測量の一般的な方法は、第 22 章 測量・計測 によるものとする。

（５）　標　識

＜必　須＞

流量観測所の付近には観測所名、水系・河川名、設置者名、設置年月日、観測所所在地、標

高（水位標・零点高）、河口からの距離又は支川おいては合流点よりの距離及び観測所番号を記した標識を立て、必要な場合には周囲に防護のための柵等を設けるものとする。
標識は水位流量観測所とし、水位観測所と分ける必要はない。
本章 第 3 節 水位観測 3.5.5 標識 を併せて参照するものとする。

（6） 台 帳

＜必 須＞

流量観測所を設置し流量観測を行う者は、流量観測所台帳及び付図（流量観測所横断線の断面における横断測量図を含む）を作成しなければならない。
流量観測所台帳には観測所の位置や施設構造等に関する諸元を記載しなければならない。
既存の流量観測所に流量観測を委嘱した場合にも同様とする。
流量観測所には、流量観測所台帳及び付図の写しを備えつけなければならない。
本章 第 3 節 水位観測 3.6 観測所台帳 を併せて参照するものとする。

＜関連通知等＞

1） 水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日改定，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達.

4．3．4 観測所の維持及び管理

＜必 須＞

河川管理者は、観測所の維持及び管理の実施に際して「水文観測業務規程」第 8 章 観測所の維持及び管理、「水文観測業務規程細則」第 8 章 観測所の維持管理等 に従わなければならない。
また、観測所ごとに点検や維持管理上必要な事項を記入した点検記録簿を備えなければならない。

＜関連通知等＞

1） 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達，第 8 章 観測所の維持及び管理.
2） 水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日改定，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達，第 8 章 観測所の維持管理等.
3） 河川砂防技術基準維持管理編（河川編），平成 25 年 5 月改定，国土交通省水管理・国土保全局.

4．4 観測

4．4．1 総説

＜考え方＞

本節 4.4 では、カテゴリー 1 の流量観測の実施について共通となる事項について述べる。

4．4．2 観測回数

＜必 須＞

低水流量観測は、種々の水位に対してできるだけ数多く観測しなければならない。
高水流量観測は、観測値の流量規模に偏りがないように大規模のみならず、中規模の洪水も含めて、できるだけ数多くの洪水を観測しなければならない。

＜標　準＞

低水流量観測は、年間 36 回以上実施することを標準とする。

流量の連続評価が可能な固定式観測法については、観測が可能な流況の範囲において、低水時には毎正時、高水時には 10 分以下の間隔で連続観測を実施し、これを保存することを標準とする。

＜標　準＞

高水流量観測は、洪水の上昇期のみならず下降期にも行うことを標準とする。

洪水ピーク流量を水位流量曲線を介した外挿で推定する必要がないように、適切なタイミングで観測するように努力しなければならない。

非固定式観測法では、ピーク流量観測以外の観測間隔は、毎時実施することを標準とするが、観測所の出水特性、出水状況により判断する。

＜推　奨＞

非固定式観測法により急激な増減水を伴う洪水の観測を行う場合は、１時間ごとより短い観測間隔で観測することが望ましい。

＜推　奨＞

渇水時に、前年度の水位流量曲線の適用外（外挿）となるところまで水位が低下した場合は、観測頻度の確保や精密流量観測の実施等により観測精度の確保に努めることが望ましい。

＜参考となる資料＞

観測回数・頻度に関する判断については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 4 章 流量観測 4･4 浮子による流量観測(pp. 147-148) 5･6 水位流量曲線，全日本建設技術協会，2002.

4. 4. 3　器材の管理

＜必　須＞

流量観測に使用する器材は、求められる所定の機能が常に発揮・保持できるように適切に管理しなければならない。

＜参考となる資料＞

観測手法ごとに必要となる器材の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 4 章 流量観測，全日本建設技術協会，2002.

4. 4. 4　流速計の検定

＜必　須＞

流速計は、流速計が必要とする精度を確保しているかを確認するための検定（係数試験）又はそれに準じる精度検証を行い、必要な精度の確保が確認できた流速範囲のみにおいて、流速計測に使用しなければならない。検定（係数試験）結果の有効期間は１年を超えないものとする。

回転式流速計や電磁流速計等の可搬式流速計は、流速計検定所(係数試験所)において検定(係数試験）を行わなければならない。

なお、ADCP や電波流速計等のドップラー効果を原理とする流速計については、超音波や電波の送受信性能の確認をもって、上記の精度検証に代えてもよい。
流速センサが必要とする精度は、河川流量観測の目的を踏まえ、測定対象とする流速範囲において、少なくとも 5%以内を確保しなければならない。

＜標　準＞

流速計の計測特性に変化が生じたおそれのある場合は、その都度速やかに検定（係数試験）若しくはそれに準じる精度検証を受けることを標準とする。

4．4．5　観測心得の交付

＜必　須＞

流量観測責任者は、現地で流量観測作業に従事する観測員に対して、観測心得を定め、これを観測員に交付しなければならない。

＜標　準＞

観測心得には次に掲げる事項を定めることとする。

1）観測の目的と意義
2）観測施設の使用方法
3）観測機器の取扱方法
4）観測記録の整理方法
5）観測の実施に際して必要な注意事項
6）臨時観測の基準
7）その他必要な事項

なお、5）観測の実施に際して必要な注意事項 には、器材の故障時の対処方法と連絡先、異常値が観測された場合の通報先等が含まれる。
また、7）その他必要な事項 として、作業の安全対策を含めて記述する。

4．4．6　精度確保のための留意事項

＜必　須＞

カテゴリー1 の主要な流量観測法については、観測地点の水理･水文特性を十分把握した上で、断面全体での流量観測値の精度を確保する必要がある。したがって、それぞれの流量観測法の原理と運用実態、並びに、観測地点の水理・水文現象の実態の両者を踏まえ、観測精度が低下するおそれのある条件下においては、基準を柔軟に運用するなどにより流量観測値の精度を確保するように努めなければならない。
特に、洪水時に実施する高水流量観測では、急激な増減水を伴う中で、緊急かつ迅速に流量観測を行わなければならないことから、急激な水位上昇等により一連の観測作業が間に合わない等の理由で必要な流速測線数を確保することが困難と判断される場合がある。このような条件下においては、観測作業の迅速性に配慮しつつ、流量観測の時系列データをより多く取得することを優先して流量観測を実施するものとする。
また、観測地点の水理・水文特性及び周辺状況の変化により非固定式流量観測手法で観測できなくなる事態が想定される場合は、固定式流量観測機器の併設を行うなど、欠測の防止に努めなければならない。

＜例　示＞

流量値の観測精度が低下するおそれのある事例としては、以下が挙げられる。

1）可搬式流速計や浮子測法による流量観測において、洪水時等水位変動が大きい場合には、測線間隔を細かくし過ぎることにより測定に要する時間が長くなり、その間の水位の変動によって、全体としての流量観測の精度が低下する場合がある。これらの場合、複数のグループで観測作業を並行させる、橋上操作艇搭載 ADCP 法や非接触型流量計測法を有効に活用するなどの対応方法がある。

2）高水敷の広い複断面での浮子測法の適用において、測線間隔を等間隔におくことを優先することにより、洪水の主流部となる低水路部での流速分布を的確に再現することが困難となり、断面全体での洪水流量観測精度を低下させてしまう場合がある。この場合、過去の観測実績も踏まえた上で区分流量が区分断面ごとにほぼ等しい値になるように測線位置を変更する、区分流量が相対的に大きい場所で密に測線を設定する、橋上操作艇搭載 ADCP 法を有効に活用するなどの手法がある。

4．4．7　安全確保のための留意事項

＜必　須＞

現地観測員は、救命具を着用するほか、低水路満杯付近から高水敷に流水が乗る状況へ急速に変化する場合を想定し、水位の急激な上昇に備えた観測・退避体制の確保に万全を期するなど、観測時に発生する危険な状況を事前に想定し、観測員が現地で実施する作業の安全確保のための対策に万全を期さなければならない。

4．4．8　野帳への記録と保管

＜必　須＞

現地観測員は、観測の都度、観測年月日、時刻、観測流量、観測の方法、当該流量の算出方法等を野帳に記録しなければならない。野帳の様式は、各観測手法ごとに定めておくものとする。

これらの現地での計測データ等を記録した野帳は確実に保管しなければならない。野帳の保存期間等の詳細については、「水文観測業務規程細則」に従わなければならない。

＜関連通知等＞

1）水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達，第 3 章 観測の実施.

＜参考となる資料＞

観測心得としての流量観測における様々な留意事項や野帳記入の詳細については、下記の資料が参考となる。

1）国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 4 章 流量観測，全日本建設技術協会，2002.

4．5　可搬式流速計による流速計測法

4．5．1　総説

＜考え方＞

可搬式流速計による流量計測法は、河川の水面幅及び水深に応じて事前に設定した測点において流速を計測し、その流速とそれが代表する区分断面積を乗じて、区分断面ごとの流量を算定し、それらを全断面で加算することにより流量を求めるものである。したがって、１回の観測において水深測定と流速測定を組み合わせて実施する。

＜参考となる資料＞

可搬式流速計による流速計測法の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第４章 流量観測 4･3 可搬式流速計による流量観測（流速計測法），全日本建設技術協会，2002.

4．5．2　水理条件に対応した流速計の選定に当たっての留意事項

＜標　準＞

感潮河川、河口付近、河川の分合流部付近での観測や、低水位時に河床地形等に起因した廻り込み流れが無視できない場合等、逆流・斜流が生じたり、水流が乱れるなどして、流速の方向が横断線に対して垂直にならない場合がある。このような条件下において観測しなければならないときは、横断線に対して水流の流向のなす角（方位角）を測定できる流速計を用いることを標準とする。

また、可搬式流速計は、一般に、必要な精度を確保できる水深範囲（表面からの深さ及び河床からの距離）に関する制約があることに注意が必要である。計測すべき測点での計測に対応できる流速計を選定することを標準とする。

4．5．3　測定回数、測線と測点（標準法）

（１）　測定回数

＜標　準＞

水深測定については、同一横断線上を往路と復路で１回ずつ計２回実施するものとする。

流速測定については、上記の水深測定のいずれかの観測に合わせて、水深測定と同じ横断線上の各測点において実施するものとする。ただし、出水時のように、水位、流速の変化が大きいときはこの限りではない。

（２）　測線

＜標　準＞

水深測線及び流速測線は、横断方向に以下の表に示す間隔になるように設定することを標準とする。

表2-4-3　水面幅と水深測線間隔、流速測線間隔

水面幅（B）m	水深測線間隔（M）m	流速測線間隔（N）m
10 以下	水面幅の　10～15%	N＝M
10～20	1	2
20～40	2	4
40～60	3	6
60～80	4	8
80～100	5	10
100～150	6	12
150～200	10	20
200 以上	15	30

＜標　準＞

水深測線は、横断線を含む鉛直面内で流速測線上及び互いに隣り合う流速測線の中央に設けることを標準とする（図 2-4-1）。なお、両岸側においては、流速測線の外側の死水域との境界にもそれぞれ１つの水深測線を設けるものとする。

＜推　奨＞

横断面の形状や流速分布が複雑なときは、測線間隔を短縮し、より密に設定することが望ましい。

（３）　測点

＜標　準＞

流速測点は、流速測線上鉛直方向に水深の２割、８割の位置の流速を測定する２点法を採用することを標準とする。

なお、流速計（及び錘）のサイズによっては、水深が小さい場合に２割水深において流速計感部が水面上にはみ出す、８割水深で必要位置に測点を設定できない等により２点法をとることが困難な場合がある。２点法をとるために必要となる水深は以下により算定できることから、その必要水深以下の場合は水深６割における１点法を基本とする。

１）ロッドにより測定を行う場合
　２点法の必要水深＝（ロッドの最下端と流速計の中心の間の距離）×５
２）流速計に錘をつけて測定する場合
　２点法の必要水深＝（錘の最下端と流速計の中心の間の距離）×５

＜参考となる資料＞

上記の測線・測点に関する基準の妥当性の検証事例としては、下記の資料が参考となる。

1)　今村仁紀，深見和彦，天羽淳：河川における低水流量観測技術基準の再評価，土木技術資料，vol.48 No.1，pp.66-71，2006.

（４）　各測点における流速計測

＜必　須＞

流速計測に当たっては、流速計感部が所定の器深に正しく保持されていることを確認の上、計測を開始しなければならない。

各測点では、20 秒以上の有効測定時間を確保した計測を少なくとも２回繰り返さなければならない。両者に著しい相違(10%以上を目安)があった場合は、計測を１回追加し、相違の少ない２回の計測値を確保した上で、それらの平均値を算出し、当該測点における流速値とする。

なお、所定の器深とは、本節 4.5.3(3)測点 に定める深さをいう。正しく保持するとは、流速計の方向が流速方向に合致していること、ワイヤが傾いていても器深が正しい測点位置に達していることをいう。

＜標　準＞

流量観測値を算出するのに必要な各測点での流速は、測線に鉛直方向の流速成分である。したがって、流向が観測断面に対する垂直方向から大きくずれる場合は、垂直方向からずれた角度を同時に計測した上で、鉛直方向に通過する流速成分に換算することを標準とする。

＜参考となる資料＞

流速計測における留意事項の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 4 章 流量観測 4･3 可搬式流速計による流量観測（流速計測法），全日本建設技術協会，2002.

4．5．4　測定回数、測線と測点（精密法）

＜必　須＞

流速分布の不規則な乱れ等の観測地点の水理条件により、標準法では必要な精度が確保できない場合には、精密法による測定を行い、測定の精度を保持するように努めなければならない。

特に感潮区間、河口付近等で塩水浸入等の密度成層の見られる地点や、低水位時等の河床地形による廻り込み等による流速分布の不規則な乱れが無視できない条件下での流量観測は、精密法によらなければならない。

精密法による流量観測と同時に行った他の観測法による流量値との差異は、野帳、観測流量表及び水位流量曲線図にそれぞれ記入しておかなければならない。

＜標　準＞

精密法による測定は、以下のとおり実施することを標準とする。

１）測線

水深測線・流速測線の間隔について、ともに標準法の 1/2 とする。

２）測点

水面から河床までの間に等間隔に 10 点の測点をとることとする。

なお、水深 2m 未満の条件下で精密測定を実施する場合は、測定間隔を 20cm とした上で、可能な範囲で測点数を確保することとする（鉛直方向の測点数は 10 点以下となる。）。

３）各測点における流速計測

各測点において、60 秒以上の有効測定時間を確保した計測を少なくとも２回繰り返すもの

する。両者に著しい相違(10%以上を目安)があった場合は、計測を１回追加し、相違の少ない２回の計測値を確保した上で、それらの平均値を算出し、当該測点における流速値とする。

＜推　奨＞

誤差の原因が流速分布の乱れによるものと想定され、精密法を実施する場合は、以下の測点の設定で計測を行うことが望ましい。

１）水深 2m 以上の条件下では、20cm の測定間隔を下限値として、10 点以上の測点を確保すること。
２）水深 2m 未満の条件下では、小型の流速計を活用するなどして、10 点以内を目安としてできるかぎり多くの測点を確保すること。

＜参考となる資料＞

上記による精密法の適用事例として、下記の資料が参考となる。

1)　今村仁紀，深見和彦，天羽淳：河川における低水流量観測技術基準の再評価，土木技術資料，vol.48 No.1，pp.66-71，2006.

4．5．5　流量算出の手順

＜標　準＞

可搬式流速計による流速計測値から流量を算出する作業は、次の各項に従って行うことを標準とする。

１）流量観測の開始時に、水位を測定する。
２）水深は、各水深測線において往復２回測定した値を平均する。
３）水深の往路（もしくは復路）測定時に、各流速測線において、水深値に応じて鉛直方向の測点を決め、各測点毎に２回ずつ流速を測定する。鉛直方向の平均流速値は、同一測点で 2 回ずつ測定した流速を平均して求め、これを用いて各流速測線ごとに次のいずれかにより求める。
　a)　２点法にあってはそれぞれの測点の平均流速値を平均した値
　b)　１点法にあっては１点での測点の平均流速値
　c)　精密法にあっては、各測点の流速を直線で結んだ鉛直方向の流速分布曲線を描き、曲線内の面積を台形の面積計算法により計算した上で、水深値で除した値（図 2-4-2 参照)。水面の流速は水面に最も近い測点での流速値、河床の流速はゼロとおいてもよい。
４）流量観測の終了時に再度水位を測定し、開始時の水位との平均値を、流量観測時の水位とする。
５）横断面中において 1 つの流速測線の鉛直方向の平均流速値が代表する区分断面積は、これと互いに隣り合う流速測線の中央までとする。互いに隣り合う水深測線間の区分断面積は、台形近似により求めてもよい（図 2-4-1 参照)。なお、水面幅 10m 以下にあっては、水深測線と流速測線が一致している（表 2-4-3 参照）ことから、隣り合う２つの水深（流速）測線の中間点に仮想的な水深測線を配置し、両隣の水深測線における水深値の平均水深を与えることで、当該流速測線に対応する区分断面積を求める。
６）流量は、１つの流速測線における鉛直方向の平均流速値と、対応する区分断面積との積を全測線（全区分断面）について合計することによって求める。
７）なお、両岸に死水域があれば、その区分断面積の流量はゼロとする。

8）算出した流量値は直ちに前年の最終の水位流量曲線図に記入し、水位流量関係に変化があるかを確認する。固定式流量観測法によるリアルタイムの流量観測値がある場合は、その値との比較も行う。前年の水位流量関係や、固定式流量観測法によるリアルタイムの流量観測値との間に 10%程度以上の大きな差異がある場合には、原因を究明する。原因が明らかにならない場合には、確認のため再測定を行う。

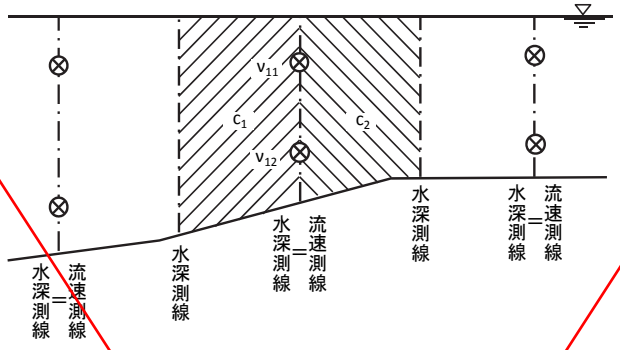


図2-4-1　標準法（２点法）における河川横断面内での測線・測点・区分断面の設定

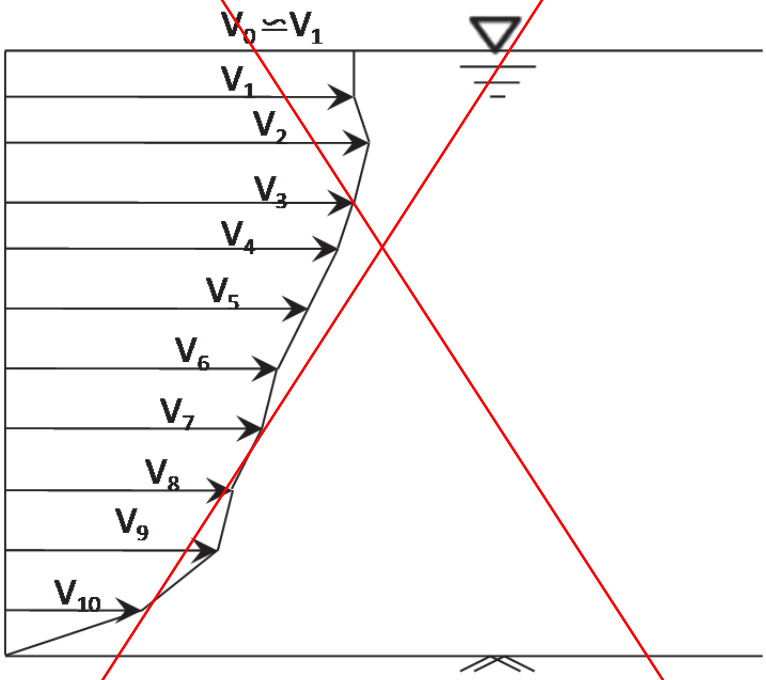


図2-4-2　精密法における河川鉛直断面内各測点の設定例と鉛直方向平均流速の算出

＜参考となる資料＞

流量算出の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 4 章 流量観測 4･3 可搬式流速計による流量観測（流速計測法），全日本建設技術協会，2002.

4．6　浮子による流速計測法（浮子測法）

4．6．1　総説

＜考え方＞

浮子測法は、浮子を投下して、ある区間を流下する時間を計測し、その区間の平均流速を求

める方法である。急峻な日本の河川は、洪水時の流速が速く、ゴミや流木等の流下物も多い。浮子測法は、このような洪水時の厳しい条件下においても河川の流速を確実に計測することができるという特長がある。

本項では浮子測法の標準的な手法を示すが、洪水時の水理条件の変動が特に大きい地点や橋脚やその周辺の構造物等の影響による流れの乱れ（橋脚後流）の影響が無視できないと想定される場合は、浮子の流下状態に注意し、適切な観測値が得られるように実施する必要がある。

＜参考となる資料＞

浮子測法の詳細については、下記の資料が参考となる。

1） 国土交通省監修，（独）土木研究所編著：水文観測，第 4 章 流量観測 4･4 浮子による流量観測，全日本建設技術協会，2002.

4. 6. 2 付帯施設

＜必　須＞

浮子測法による流量観測を行うためには、浮子のほか、次の付帯設備を備えなければならない。本節 4.3.3 観測施設が備えるべき設備 も参照すること。

1）浮子投下施設

橋梁を利用する場合と、橋梁が利用できないところでは、専用の浮子投下施設を設ける場合がある。

2）見通し杭

見通し杭（横断線拠標）は、第 1 見通し横断面及び第 2 見通し横断面に設置する。併せて、夜間でも照明等で見通すことのできる見通し杭を備えなければならない。

また、浮子投下施設として橋梁を利用する場合は、橋脚後流の影響が及ばないように第 1 見通し横断面及び第 2 見通し横断面を設置する必要がある。

3）水位標

水位標は、第 1 見通し横断面及び第 2 見通し横断面に設置する。

4. 6. 3 流速測線

＜標　準＞

流速測線は、第 1 見通し横断面と第 2 見通し横断面の間で流れに沿うよう設けるものとする。

測線間隔については、第 1 見通し横断面の水面幅に応じて、表 2-4-4 に示す測線数以上を確保することを標準とする。

表2-4-4　水面幅に対応した浮子流速測線の目標数

水　　面　　幅	20m 未満	20～100m 未満	100～200m 未満	200m 以上
浮子流速測線数	5	10	15	20

浮子流速測線数の出典：水位及び流量調査作業規程準則（昭和 29 年 10 月 9 日総理府令第 75 号）

一方、急激な増減水を伴う中で、緊急かつ迅速に流量観測を行わなければならない場合には、水面幅に応じて次の表 2-4-5 に示す測線数を下限数とし、表 2-4-4 にある測線数を目標にして、その間の測線数を確保することを標準とする。

表2-4-5　やむを得ず流量観測を緊急かつ迅速に行わなければならない場合の水面幅と最小浮子流速測線数の関係

水　　面　　幅	50m 未満	50～100m 未満	100～200m 未満	200～400m 未満	400～700m 未満	700m 以上
浮子流速測線数	3	4	5	6	7	8

浮子流速測線数の出典：水位及び流量調査作業規程準則（昭和 29 年 10 月 9 日総理府令第 75 号）

＜標　準＞

測線の配置については、観測誤差をできるだけ小さくするため、区分流量が大きい部分に密に配置することを標準とする。

なお、流線が流下方向に平行でないため、各測線上に投下した浮子が流下するにつれて左右にふれる場合においても、第１見通し横断面を基準として測線を設定することを標準とする。

＜例　示＞

測線の具体的な位置について、流速分布が未知の場合は、想定される水深分布を参考として設定する方法がある。

＜例　示＞

測線の位置を適切に設定するために、観測地点付近の洪水流の特性を事前に把握する調査を行う場合がある。そのための方法としては、1）表 2-4-4 に示す間隔よりも密に設定した測線において浮子により計測する方法、2）他の流速分布を密に把握できる観測手法を用いる方法等が考えられる。

＜関連通知等＞

1）　水位及び流量調査作業規程準則，昭和 29 年 10 月 9 日，総理府令第 75 号，総理府.

4. 6. 4　浮子の種類

＜必　須＞

浮子測法に使用する浮子は、桿浮子（棒浮子）又は表面浮子とし、水深に応じた浮子を用いなければならない。なお、夜間も確実に浮子の位置を確認できるよう発光体を付けるなど工夫された浮子を用いるものとする。

浮子の流下速度は、水面から浮子の吃水深までの間の平均流速であることから、水面から河床までの間の鉛直方向全体での平均流速に変換するために更正係数を乗じなければならない。

＜標　準＞

観測に用いる浮子は、水深に応じて、水位及び流量調査作業規程準則に与えられている表 2-4-6 に示すとおり、表面浮子、0.5m 吃水の浮子、1.0m 吃水の浮子、2.0m 吃水の浮子、4.0m 吃水の浮子のいずれかを用いることを標準とする。

表2-4-6　浮子番号と水深、吃水の適用範囲

浮子番号	1	2	3	4	5
水深（m）	0.7 以下	0.7～1.3	1.3～2.6	2.6～5.2	5.2 以上
吃水（m）	表面浮子	0.5	1.0	2.0	4.0

出典：水位及び流量調査作業規程準則（昭和 29 年 10 月 9 日総理府令第 75 号）

＜例　示＞

植生が繁茂している等により、観測に用いる浮子について表 2-4-6 に依ることが不適切な測線においては、１段階短い浮子を用いることで、当該測線の観測データを確保する手段が有効となる場合がある。

＜例　示＞

高水敷が冠水した時には、水深に応じた適切な浮子を使用するほか、可搬式流速計を用いて高水敷上の観測を行う場合がある。また、必要に応じて非接触型流量計測法による観測を行う場合がある。

4. 6. 5　浮子による流速の測定

＜標　準＞

浮子による流速測定作業は、次の各項に従って実施することを標準とする。

1）浮子は、浮子投下施設や橋梁を使って、定められた測線位置において順次投下する。
2）測線ごとに、水位と横断面図とから水深を求め、適切な吃水の浮子を投入する。
3）第１見通し横断面通過から第２見通し横断面通過までの時間 t を測定し、両横断面間の距離Ｌを t で割って浮子流下速度 v_o とする。第１、第２見通し横断面間の距離については、本節 4.3.3(3) 流量観測所横断線 を参照する。また、浮子が異常流下していないことを後から確認できるように、浮子の流下状況の記録（ポンチ絵、写真、ビデオ等）を残すものとする。
4）v_o に更正係数を掛けて測線ごとの深さ方向平均流速 v を算出する。
5）浮子の更正係数については、次表の値を標準とする。

表2-4-7　浮子番号と水深、更正係数の関係

浮子番号	1	2	3	4	5
水　深　（m）	0.7 以下	0.7～1.3	1.3～2.6	2.6～5.2	5.2 以上
更　正　係　数	0.85	0.88	0.91	0.94	0.96

出典：水位及び流量調査作業規程準則（昭和 29 年 10 月 9 日総理府令第 75 号）

但し、4.6.4 の例示に基づき、１段階短い浮子を用いる場合には、水深と浮子の吃水深に応じて更正係数値の修正を行う必要がある。その場合の修正更正係数は、流速分布式に基づき浮子吃水部の平均流速に対する全水深平均流速の比により設定することを基本とする。

6）流速測定の開始時と終了時とにおいて、第１見通し横断面及び第２見通し横断面でそれぞれの水位を観測する。

＜推　奨＞

水深が 10m 程度を超える場合は、浮子の吃水比が 0.4 以下となり、上表の更正係数の設定条件からのずれが大きくなることから、流速分布式やADCPによる流速分布実測値に基礎を置いた、更正係数の再設定を行うことが望ましい。

＜関連通知等＞

1）水位及び流量調査作業規程準則，昭和 29 年 10 月 9 日，総理府令第 75 号，総理府.

＜参考となる資料＞

浮子測法における諸基準、流速分布式・更正係数の設定根拠・手法については、下記の資料が参考となる。

1）江川太朗，竹内俊雄：浮子の更生係数，土木技術資料，vol.5 No.1，pp.18-21，1963.
2）国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 4 章 流量観測 4･4 浮子による流量観測，全日本建設技術協会，2002.

4．6．6　浮子測法による流量の算出

＜標　準＞

浮子測法による流量の算出は、次の事項に従って行うことを標準とする。

1）流量算出に用いる断面は、横断面ごとに、洪水前後の横断測量の結果から求められる洪水前及び洪水後の全断面積（洪水期間中の最高水位時）を比較して、いずれか大きい方の断面を用いる。
2）上記の断面積算出に用いる水位は、横断面ごとに、本節 4.6.5 に定めた流速計測の開始時と終了時における水位の平均値とする。
3）１つの流速測線の深さ方向平均流速が代表する区分断面は、これと相隣り合っている流速測線との中央線までの領域とする。
4）第１見通し横断面と第２見通し横断面において、１つの流速測線それぞれに対応した区分断面の面積を求め、両者の算術平均をその流速測線の受け持つ区分断面積とする。
5）流量は、測線ごとの深さ方向平均流速とその平均流速が受け持つ区分断面積との積を全測線について合計して算出する。
6）測定精度のチェックのために、算出した流量値は現場で速やかに前年の水位流量曲線図に記入し、水位流量関係を確認するとともに、固定式観測法による洪水流量観測データが存在する場合には、そのリアルタイム観測データとの比較を行う。水位流量曲線図において、水位～流量の点を時系列的につないで、観測値が反時計回り又は、時計回りのループを描いているかを確かめ、実況の水理状況に合致しているかどうかを確認する。

4．7　舟に搭載した ADCP（超音波ドップラー流向流速計）による流速計測法

4．7．1　総説

＜考え方＞

ADCP は水中に発射する超音波が、流水に乗って移動する細粒土砂やプランクトン等に当たって反射する際に生じるドップラー効果を利用して、河道断面内の３次元的な流速分布を計測す

る測器である。

ADCP を活用した流量計測法としては、舟に搭載して水面から流速分布を計測する非固定式の方法をとる場合、舟が有人か無人かにかかわらず、必ず人が現場で舟を操作する必要があるが、舟を水面上で横断方向に移動させながら観測することにより、河川流水断面内の流速分布と断面積を同時に計測できること、観測原理上水面及び川底の付近に一部の観測不能域が生じるものの、流水内の流速分布について他の手法よりも少ない仮定で積分的に流量を計測できることといった特長がある。

水面波浪が大きく、ADCP を搭載した舟の揺動が激しくなる（20 度以上が目安）場合や、流木・ゴミの流下が特に多い場合には、安全で安定した計測ができなくなることに注意が必要である。

＜参考となる資料＞

本節に記載ない ADCP による流速計測法の詳細については、下記の資料が参考となる。

1） 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 4 章 流量観測 4・7 新しい流量・流速の観測法，全日本建設技術協会，2002.

4．7．2　流速分布計測の方法

（1）　基本事項

＜標　準＞

洪水時の ADCP による非固定式の流量観測は、橋上操作艇に ADCP を搭載し、橋上からの曳航操作による横断計測を標準とする。

低水時の ADCP による非固定式の流量観測は、有人艇・無人艇（橋上操作艇若しくはラジコン艇）のいずれに搭載する方法でもよい。

いずれの場合においても、観測中は上流からのゴミや流木の監視を行い、それらを迅速に回避する体制をとるものとし、安全管理を十分に行う。

また、ADCP による流量観測については、観測地点において以下のような水理・水文現象が生じている場合には実施しないものとする。

1）（波浪の波長が舟の長さよりも十分長い場合を除き）水面の波高が 50cm を超え、舟を浮かべたときに揺動が激しく転覆のおそれがある場合

2）洪水時の流木が舟に頻繁に引っかかるなどにより観測に危険が生じる場合

上記の場合は浮子による観測等を含め、観測方法を別途検討する必要がある。

（2）　使用する計測機器等

＜標　準＞

計測機器等は、下記のものを用いることを標準とする。

1）ADCP

2）高精度位置標定装置（RTK（Real Time Kinematic)-GPS 等）

3）ADCP を搭載する舟

4）遠隔操作装置（無人艇の場合）

5）橋上から舟を安全に係留操作するための架台（曳航観測の場合）

＜推　奨＞

1）観測所の状況に応じて下記の機能を有する計測機器を使用又は併用することが望ましい。

a）音響測深器（高濁度下での観測や河床の凹凸が複雑かつ顕著な場合）
b）VTG（進行方向対地移動速度）情報を取得できる（RTK- GPS）の使用、又は、トータルステーション
c）磁場の影響を受けない外部コンパス（GPS コンパス）（観測断面周辺の鋼構造物等による磁場の変化を受けて流向流速ベクトルの算出に影響が及ぶ場合）

2）洪水時の計測に使用する舟は高速流に対応できるトリマラン型（三胴艇）の橋上操作艇を用いることが望ましい。

＜参考となる資料＞

ADCP に併せて用いる計測機器の利用目的・原理・留意事項の詳細については、下記の資料が参考となる。

1）菅野裕也，萬矢敦啓，橘田隆史，井上拓也，深見和彦：外部コンパスを併用した ADCP 観測に関する提案，河川技術論文集，vol.17，pp.35-40，2011.
2）萬矢敦啓，岡田将治，橘田隆史，菅野裕也，深見和彦：高速流における ADCP 観測のための橋上操作艇に関する提案，河川技術論文集，vol.16，pp.59-64，2010.
3）萬矢敦啓，菅野裕也，深見和彦：河川実務者の観点から見た ADCP による流量観測技術開発の論点，河川流量観測の新時代，第 1 巻，p.46，2010.

（3）　計測機器等の点検準備

＜必　須＞

使用する計測機器等は、舟への固定方法、ケーブル類の配線方法等を検討するとともに、計測前に十分な点検を行わなければならない。

計測時は、ADCP のほかに観測所の状況に応じた計測機器等が必要となる。計測機器等のトラブルは、洪水時の流量観測データを取り逃すことにつながるため、舟への搭載に当たっては、各機器の固定方法やケーブル類の配線方法を検討し、計測時の揺動においても機器の脱落、ケーブルの切断等が生じないようにしなければならない。また、観測時に必要となる発電機等も含め、観測前には十分な点検を行うものとし、特に機器のバッテリーや発電機の燃料等は十分な予備を携帯する必要がある。

（4）　横断計測の範囲

＜標　準＞

横断計測の範囲は、水際部を除き、河道断面内の流速分布（死水域を含む）について可能な限り計測できる範囲とし、水際部は計測範囲内の流速分布データにより適正な補間処理を行うことを標準とする。

また、横断計測では、水際部に近づくにつれて水深が浅くなるため、近づきすぎると波の影響等で舟が河岸や河床に接触して破損する危険が伴う。このため、水際付近の計測には十分注意するとともに、リアルタイムの計測データにより水深を確認しながら計測を行うことを標準とする。

＜例　示＞

高水敷における計測では、樹木等の影響や地形により、横断計測の途中で橋上操作艇の曳航ができなくなる場合がある。地形により曳航が不可能となった場合は、一度、舟を水面から撤去し、再び観測可能な箇所へ着水させることで、横断計測を継続することが可能となる。

（５）　横断計測の速度

＜推　奨＞

横断計測の速度については、計測原理上は遅い方が望ましいが、出水時に特に急激な水位変動が見られる場合には、流況の変化に影響がない時間内での観測が望まれる。観測データの精度を安定させるためには両者のバランスが必要となる。

低水流量観測においては、流速が舟の横断速度に比べて極端に遅い場合に、RTK-GPS 等から得られる横断計測の速度が流速値に与える影響が大きくなるため、計測に使用する舟の制御可能な範囲において、できるだけ舟の横断速度を遅くすることが望ましい。

高水流量観測において橋上操作艇を使用する場合は、横断計測の速度を 1m/s 程度とすることが望ましい。

（６）　計測状況の記録

＜必　須＞

現地計測の状況に係る下記の項目は、必ず現地において野帳に記録しなければならない。

1）計測年月日
2）観測開始時刻と終了時刻
3）舟と左右岸の水際線までの距離（データ補間処理が必要な距離）
4）計測を開始した河岸（左岸または右岸）
5）その他、ADCP 観測時の河道状況等で明記すべき事項（浅瀬の存在等）

4．7．3　流量の算出

＜標　準＞

流量の算出は下記の手順によることを標準とする。

なお、低水路、高水敷を分けて算出するとともに、それぞれ直接計測部と観測不可能領域での補完部の流量も更に分けて算出しておくことを標準とする。

1）各セル（流速分布計測単位）の流速に各セルの面積を乗じて各セルにおける流量を算出する。
2）各セルの流量を合計し、横断計測における各細分化区分断面ごとの計測部流量を算出する。
3）観測不可能領域の流量については、直接計測部より得られる鉛直方向若しくは横断方向の流速分布を適切に活用しながら補完するものとする。
4）各細分化区分断面の流量及び観測不可能領域の全合計値を全断面流量として算出する。
5）全断面平均流速の算出は、全断面流量を全断面積で除して算出する。

4．8　非接触型流速計測法

4．8．1　総説

＜考え方＞

非接触型流速計は、流水に直接触れることなく河川の表面流速を計測する器械である。このことから、非接触型流速計を活用することで、洪水時の河川の流量を無人で安全かつ自動的に連続観測するシステムの構築が可能である。

ここでは、非接触型流速計の中でも適用事例の多いドップラー型の電波流速計の事例を中心として、適用手法を記述する。

＜参考となる資料＞

非接触型流速計による流量観測システムの詳細については、下記の資料が参考となる。

1）国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 4 章 流量観測 4・7 新しい流量・流速観測法，全日本建設技術協会，2002.

4．8．2　電波流速計の設置及び付帯施設

＜標　準＞

電波流速計は、可搬型流速計による流速計測法や浮子測法と同様に、複数測線（複数区分断面）を設定し、その区分断面ごとの表面流速代表値を計測できるように、電波流速計を橋桁等に設置する。測線の設定に当たっては、橋上操作艇に搭載した ADCP や浮子測法等による現地観測結果等により、洪水時の横断方向流速分布を事前に把握した上で、それぞれの区分流量がほぼ均一になるように設定する。必要測線数は、浮子測法の基準に準じる(4.6.3 参照)。

横断方向流速分布から流量演算処理を行うためには、事前に区分断面ごとの水深－断面積（H-A）の関係を算出しておく必要がある。このため、流速観測を開始する前に電波照射域を設定し、その中に流量観測断面を設定する。電波流速計は、その流量観測断面に垂直な方向に向けて計測を実施するものとし、同断面における水位も流速と同時に計測するものとする。また、流量観測断面の横断測量を実施して、区分断面ごとの水深－断面積（H-A）の関係を事前に把握しておくことを標準とする。

また、出水時には河床が変化する場合があることから、流量観測断面の横断測量を洪水前後に実施し、流量演算処理に反映させることを標準とする。

電波流速計が計測する表面流速は、風による吹送流の影響を受けるため、観測所の近傍に併せて設置する風向風速計のデータを用いて吹送流の影響を除去することを標準とする。

4．8．3　流量の算出

＜標　準＞

流量は、区分断面ごとの平均流速を算定し、それに区分断面積を乗じて区分断面ごとの流量を算出し、全断面での総和により算出する。

電波流速計は河川表面の水流上に存在する微小振幅波を直接の計測対象としており、電波照射範囲内にある波の任意方向への伝播速度によるドップラー効果を総体として捉えた結果として、表面流速成分を卓越成分として検出していると考えられる。したがって、電波流速計から得られる表面流速計測値をその測線に対応した区分断面での平均流速に変換するため、鉛直方向及び横断方向の流速補正係数を求めておき、これを用いて区分断面ごとの流量を算出することを標準とする。

流速補正係数は、ADCP による様々な規模の洪水時の鉛直方向並びに横断方向の流速分布に関する観測結果から算出した値を用いることを標準とする。

＜参考となる資料＞

電波流速計による流量観測システムの詳細や適用事例については、下記の資料が参考となる。

1) 萬矢敦啓，菅野裕也，深見和彦，葭澤広好，宮本孝行：流量観測高度化に関する富士川南部観測所における取組，土木技術資料，vol.52 No.3，pp.40-43，2010.

2) 深見和彦，今村仁紀，田代洋一，児玉勇人，中島洋一，後藤啓介：ドップラー式非接触型流速計（電波・超音波）を用いた洪水流量の連続観測手法の現地検証～浮子測法との比較～，河川技術論文集，vol.14，pp.307-312，2008.

3) 土木研究所，土木研究センター，アジア航測，小糸工業，拓和，横河電子機器，東京建設コンサルタント：非接触型流速計を用いた開水路流量観測方法及びその装置，特開2004-219179，2004-8-5.

4．8．4　維持管理

＜必　須＞

電波流速計の計測断面では、流下断面の変化を反映させて計測精度を確保するため、設置後においても出水期前に横断測量を実施しなければならない。

＜標　準＞

電波流速計は、現地への設置の前に、流速検定施設において検定を行い、設置後は現地において観測精度を確認することを標準とする。

＜標　準＞

電波流速計の計測断面にH-A関係、H-V関係に影響を与えるような変化が生じた場合には、電波流速計の計測結果をADCP等による観測結果と比較し、演算処理装置内の係数（流速補正係数）を更新することを標準とする。

4．9　超音波流速計測法（パルス伝播時間差法）

4．9．1　総説

＜考え方＞

超音波流速計測法（パルス伝播時間差法）は、対となる超音波送受波器を河川の水中両岸に斜めに対向して設置し、上流側から下流側へ超音波が伝播するのに要する時間と、反対に下流側から上流側へ伝播するのに要する時間の差が、超音波伝播線上の平均流速に比例することを利用した流速計測法である。

＜参考となる資料＞

超音波流速計測法の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第4章 流量観測 4・6 超音波流速計による流量観測，全日本建設技術協会，2002.

4．9．2　超音波流速計測法による流速の測定

＜標　準＞

超音波流速計測法による流速の測定は、次の各項に従って行うことを標準とする。

1）適切な観測位置とシステムを選定する。

2）流量を観測する位置に、流向に対して斜めにかつ水平に流速測線を設け、その両端（水

中）に対向させて超音波送受波器を設置する。あわせて断面積算定のための水位計も設置する。

3）送受波器は、流速測線上にある堅固な杭又は護岸等の水中部に取り付ける。

4）横断面の形状・河川の水理・水質特性に応じて、流速測線は１本又は複数設置し、それに応じた超音波制御・処理システムを選定する。

5）測定・演算等のため超音波機器設備は陸上に局舎を設け、設置する。

なお、観測位置については本節 4.3 流量観測所の配置と設置 に従うものとするが、位置の選定とシステムの選定は相互関連があるので、下記の点にも留意して位置を設定する必要がある。

1）川幅：標準的には、100～200m 程度まで対応が可能であり、それより川幅が広い場合、断面を分割して計測する方法をとるなどの工夫が必要である。

2）水深：水深が浅いと、超音波が水面・底面に当たり多重反射を起こす場合があるので注意が必要である。中州がある地点は避ける。

3）流速：高流速時の気泡、乱流等によるノイズや、洪水時の濁度上昇による減衰の影響を受けることに注意する必要がある。

4）流向：流向の変化の影響は、送受波器を V 字型に配置することで解決できるが、著しい流況の変化があるところは避ける必要がある。

5）水温・塩分の鉛直分布：躍層は、超音波屈折の原因となるので、多層での計測や断面分割等の対策が必要となる場合がある。

6）水温・塩分の時間変動：速い変動により流速計測に影響を与える場合には、上流方向と下流方向の超音波の同時送波が必要である。

＜推　奨＞

水温変化や塩分変化が流速計測に影響を与えていると想定される場合には、水温計・塩分計を設置することで水温・塩分の鉛直分布を監視することが望ましい。

4．9．3　超音波流速計測法による流量の算出

＜標　準＞

複数の流速測線を持つ場合の流量の算出は、次の各項に従って行うことを標準とする。

1）流量を測定する横断面において１つの流速測線の受け持つ区分横断面積は、上下の流速測線との中間までとする（流速測線が一つの場合は、全横断面を受け持つことになる。）。なお、横断面は、超音波送受波器の方向にかかわらず、流水に直角方向の横断面を用いる。

2）最上段及び最下段に設定された流速測線の受け持つ区分横断面の最上限及び最下限は、それぞれ水面及び底面とする。

3）流量は、平均流速とそれの受け持つ区分横断面積との積を全測線について合計して求める。

なお、非固定式観測法や ADCP の計測結果との比較により、流速補正係数を用いる必要が明らかになれば、その流速補正係数を用いることを標準とする。

３測線の場合を数式に表わすと、

$$Q = a_1 \cdot v_1 + a_2 \cdot v_2 + a_3(H) \cdot v_3 \qquad (2\text{-}4\text{-}1)$$

Q　：求められる流量
v_1, v_2, v_3　：超音波による平均流速（3 測線）
a_1, a_2　：断面積（一定）
$a_3(H)$　：断面積（水位の関数）

である。

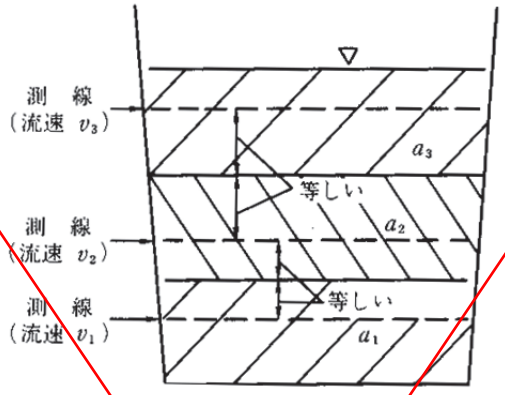


図2-4-3　パルス伝播時間差法における測線・区間横断断面積の考え方

4）超音波機器設備としては、この流量観測システムに要求される目標、たとえば流量管理に適した情報が表示されるように測定・演算・表示することを標準とする。

＜推　奨＞

観測データについては、水位流量曲線を介さずに直ちに流量を算出・表示できるメリットを最大限生かすため、テレメータ設備を用いて、事務所、管理所等で即時利用できる自動演算処理・表示システムを導入することが望ましい。

4．9．4　維持管理

＜必　須＞

超音波の伝播経路となる斜め横断面内に、超音波伝播の障害物が生じないように、河道の維持管理に努めるものとする。

4．10　水理構造物を用いる方法

4．10．1　総説

＜考え方＞

堰や限界流フリュームは、常流から射流に遷移する流れを発生させることにより支配断面を形成することで、水位（越流水深）と流量との間に１対１の関係をつくり、水位から流量を換算することのできる水理構造物である。比較的小流量の河川（小規模な渓流等）における流量観測に用いられる。また、ダムや水門等の構造物についても、流れを拘束するなどして水位と流量との関係を単純化し、水理実験によって通過流量を把握するための流量換算式を作成することが行われる。

本節では、流量観測を目的とした水理構造物として代表的な堰を活用した流量計測法（堰測法）を中心に記載する。

＜参考となる資料＞

本節に記載ない水理構造物を用いる方法の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 4 章 流量観測 4・5 堰等による流量観測，全日本建設技術協会，2002.

4. 10. 2 堰測法の種類と配慮事項

＜考え方＞

流量観測が可能な堰は、堰の形状によって次の３種に分類される。

1）刃型堰：精度が良い。小規模な河川で一般に利用される。

2）越流頂：ダムの余水吐等で自由ナップの形状が採り入れてあれば、大流量でも利用できる。

3）広頂堰：一般の落差工等を利用した流量観測所に見られる。ただし、流量係数は複雑である。

＜必　須＞

堰によって流量を観測する場合には、堰上流の堆砂及び堰下流の洗掘に対して十分な対策を立てておかなければならない。

また、特に刃型堰では、流木、ゴミ等により観測の精度が著しく低下することがあるので、これに対する対策を講じなければならない。

堰測法においては、いずれも越流深を測定するのであるが、堰上流側の堆砂は、上流側の堆砂ポケットの大きいダム等を除いては問題となる。堆砂は堰測法の精度に影響するため、堆砂が問題となる場所に設置した場合には、排砂装置をつけて精度確保に努めておかなければならない。

また、下流側の洗掘に対しては、河床保護工を行うなど対策を立てておかなければならない。

＜例　示＞

一般の落差工を用いる堰測法では、低水時には越流水深が極めて小さくなることがあるので、精度を上げるために複断面の堰とする例がある。

4. 10. 3 可動ゲートを有する堰における要件

＜必　須＞

可動ゲートを有する堰に流量観測所を設ける場合には、ゲートの開度を水位と同時に記録しておかなければならない。

4. 10. 4 越流水深の測定

＜標　準＞

堰測法によって流量を観測する場合には、堰に近く、流速の小さい位置に水位観測施設を設置し、これにより越流水深を観測することを標準とする。

水位観測については、本章 第 3 節 水位観測 によるものとする。

4. 10. 5 堰測法による流量の算出

＜標　準＞

堰測法において、完全越流の矩形堰の場合には、次の公式を用いて流量を算出することを標

準とする。

$$Q = CBH^{3/2} \qquad (2\text{-}4\text{-}2)$$

Q：流　量（m^3/s）
C：堰の越流係数
B：堰　幅（m）
H：越流水深（m）　である。

越流係数については、堰形状・適用範囲が、堰に関する公式（石原・井田の式、板谷・手島の式等）の適用条件を満たすものであれば、それらの公式をそのまま用いることができる。そうでない場合は、模型実験による越流水深と流量の関係式を求める必要がある。

その他の形状の堰、不完全越流又は、潜り越流の堰及び可動ゲートを有する堰については、その形状等に最も適した公式を用いるか、又は観測、模型実験等により水位と流量との関係を求めることを標準とする。

＜参考となる資料＞

越流係数の求め方を含む越流公式の詳細については、下記の資料が参考となる。

1）土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，第 3 編 ダム・発電編，第 1 章せきと越流頂，丸善，1999.

4. 11　流量の連続データの算出

4. 11. 1　総説

＜考え方＞

観測された水位(H)と流量(Q)との関係を示す曲線を水位流量曲線（H-Q 曲線）と呼ぶ。連続的に得られている水位観測値から 365 日 24 時間の連続した流量を算出できることから、長年にわたり、流量を連続的に算出する手法として幅広く用いられてきている。

ここで、水位から流量が 1 対 1 に求まる条件は、エネルギー勾配（又は河床勾配）に対して水面勾配の変化の影響を無視できる場合であり、ある程度以上の河床勾配を有し、かつ、ゆっくりとした水位変動の場合には、水位と流量はほぼ 1 対 1 に対応する。ただし、当該流量観測地点を含む河道区間が、河積や粗度（特に樹木群の繁茂状況）の縦断方向の急変等により、河床勾配が急な割に一ハイドログラフ内での水面勾配の変化の影響が出やすい条件を有している場合にはこの限りではない。ここでは、流量観測所が本節 4. 3. 2 に示された条件を満足することが標準であり、また本節 4. 3. 3(1)に記した維持管理が流量観測所においてなされていることを前提に、水位と流量がほぼ 1 対 1 に対応するための条件を広目に記述している。こうしたことから、当該流量観測所が、河積や粗度の縦断方向の急変等の特性を有していないかをチェックすることは、水位と流量がほぼ 1 対 1 の関係を持つことを前提にデータの処理を行って良いかを確認する上で重要である。

本節では、この原理を活用した水位流量曲線による連続的な流量データの算出手法について規定する。

なお、本節 4. 8～4. 10 で解説した固定式流量観測手法を用いることにより、水面勾配の変化にかかわらず、ある範囲の河川流量において、流量の連続データの算出を行うこともできる。

＜必　須＞

本節で用いる流量の観測資料は、後述の第 2 章水文・水理観測 第 5 節 水文資料の整理・保存と品質管理　5. 3 照査 5. 3. 2 異常値補正 に述べる現地補正を済ませた後の観測資料を用い

なければならない。

＜推　奨＞

緩流河川においては、下流側における潮汐や合流、堰操作等による背水の影響による水面勾配の変化の影響が無視できないため、水位流量曲線を水位のみの一価関数として表現することはできない。したがって、このような地点においては水位流量曲線法を用いないことが望ましい。緩流河川でなくとも、上述のように、河積や粗度（特に樹木群の繁茂状況）の縦断方向の急変が見られる場合も、水位流量曲線法の採用を再検討することが望ましい.

このような地点で流量の連続評価を行う場合は、こういった水理条件下でも利用可能な固定式流量観測手法を活用することが望ましい。

固定式観測手法を適用し、必ずしも水位流量曲線を作成する必要のない流量観測所においても、本章 第５節 水文資料の整理・保存と品質管理 5.3 照査 5.3.2 異常値照査（2）流量の異常値補正（流量の現地照査）及び水位流量曲線の作成、ならびに、5.3.3 標準照査（3）その他に記述する水位流量関係の照査を併せて行うことが望ましい。

＜例　示＞

河川の合流点付近の流量観測所では、近傍の流量観測所のデータに基づく水収支より連続評価を行う事例もある。

＜参考となる資料＞

水位流量曲線法の詳細については、下記の資料が参考となる。

1）国土交通省監修,（独）土木研究所編著：水文観測，第５章 観測記録の整理と保存 5･6 水位流量曲線，全日本建設技術協会，2002.

4．11．2　水位流量曲線の作成手法の基本

＜標　準＞

水位流量曲線式の作成は、水位を縦軸として流量を横軸とする座標上に、水位及び流量の値をプロットし、最小二乗法等によって関係式を求めることを標準とする。

水位流量曲線式には、２次式を用いることを標準とする。２次式の場合、曲線式は、水位をH(m)、流量をQ(m³/s)として、以下のようになる。

$$Q = a\,(H + b\,)^2 \qquad (2\text{-}4\text{-}3)$$

a, b：観測断面、作成対象となる期間・水位範囲によって決まる定数

水位流量曲線を用いて流量の算出を行う場合、当該期間中の流量観測値の範囲内において流量を算出することとし、当該期間中の流量観測範囲を超えた外挿領域への曲線式の適用は行わないことを標準とする。

また、水位流量曲線式の定数を求める際には、低水位部分で流量値がマイナスとならない制限を設けて同定することを標準とする。

縦断勾配が緩やかな河川では、水位流量曲線は、洪水時（特にハイドログラフが急激に変化し非定常効果が大きくなる洪水時）に水面勾配の変化等の影響を受けて、単純な一価関数とならずに、時系列的に反時計回りのループを描く場合がある。緩流河川でなくても、縦断方向の河積の急変等により、場合によっては同様の特性が出現する可能性がある。この場合、近隣の水位観測所との水位差（水面勾配）を考慮した水位流量曲線の導入を検討することを標準とす

る。これは、表 2-4-1 に示した水面勾配断面積法の原理を応用するものである。

＜推　奨＞

水位及び水面勾配から流量を得ようとしても、必要な精度が満足されない場合も考えられる。その原因としては、当該河川区間の流れが、水位流量曲線はもちろん水面勾配断面積法を採用しても適切に再現できない水理的特性を本来的に有していることが考えられる。そうした状況においては、流量と相関の高い水理量の組合せを形式上見いだそうと、更に作業を進めるのではなく、本章の第 1 節 総論 に述べたカテゴリー３．１の観測を通じて（その内容は本章 第 7 節 河川の流れの総合的把握 に記述している）、当該区間の流れの総合的把握を行い、そこでの流れを支配する水理システムを理解し、流量を算出する合理的な方法を個々に見いだしていくことが望ましい。

＜推　奨＞

自記水位計の記録から得られる当該地点での最高水位・最低水位において、現地での流量観測が行われていなかったり、前年の H-Q 式をベースにした洪水予測等の日々の河川管理の目的のために、水位流量曲線をその流量観測範囲を超えて左下方（渇水）と右上方（洪水）にやむを得ず外挿して適用しなければならない場合も想定される。その場合は、観測範囲の水位流量曲線を単純に延長するのではなく、マニング式等を活用し断面特性を加味した水理学的な水位流量曲線とする方法をとることが望ましい。

＜例　示＞

水位流量曲線式として２次式により精度を確保できない場合は、べき乗値を 2 と固定しない一般の n 次式を用いてもよい。この場合、未知定数が３つとなるが、特に n の同定値について、一般に見られる開水路の断面形状においてマニング式から理論的に想定される 1～3 の範囲を超えるような不合理な値をとることのないように注意する必要がある。

＜参考となる資料＞

水面勾配による水位流量曲線の補正や、マニング式を用いた水位流量曲線の作成、ｎ次式における n の取り得る範囲、等の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 5 章 観測記録の整理と保存 5･6･4 水位流量曲線式の選定，全日本建設技術協会，2002.

2)　ISO 1100-2 Hydrometry - Determination of the stage-discharge relationship, 2012.

4. 11. 3　水位流量曲線の更新

＜標　準＞

水位流量曲線は一水文年をひとつの有効期間として曲線式を作成するのが一般的であるが、洪水による河床変動等を契機として水位流量関係が変化した場合は、その変化時を区切りとして曲線式を更新する。

一つの水位流量曲線について有効な期間から、別の異なる水位流量曲線について有効な期間に移行する境界（有効期間を一水文年とする場合は、年界）において、同じ水位に対する流量算出値が極力不連続にならないようにすることを標準とする。

4. 11. 4　曲線分離

＜標　準＞

複断面等の複雑な断面形状を有する河川では、低水から高水までを一つの曲線式で表すことができないことが多い。この場合、一つの曲線式で回帰できる水位区間群に分割し、水位区間ごとの水位流量曲線式を求めることを標準とする（曲線分離）。

これらの曲線分離においては、分離して同定された水位流量曲線同士の境界周辺の日時若しくは水位において、流量が不連続にならないようにするものとする。

＜推　奨＞

水位流量曲線の作成に当たっては、以下のことに注意することが望ましい。

1）高水部分を曲線分離する水位は、断面形状（又はH－A関係）の変曲点等を参照しながら設定する。

2）高水流量観測においては、一連の観測値を時刻順に結ぶことによって、水面勾配等の影響による水深－流量関係のループ効果をH－Q関係のばらつきや観測誤差と区別しながら水位流量曲線の検討を行う。

4. 12　特殊な場所における流量観測

＜考え方＞

流量観測手法に関する事項は、結氷することがなく、かつ、上流から下流に向かって全断面で常に順流状態で流水が流れる地点での流量観測手法を基本に記述したものである。このため、寒冷地における結氷時の流量観測や、河口感潮域等の全断面で順流状態が確保されるとは限らない地点での流量観測においては、別途留意が必要となる。

4. 12. 1　結氷河川における留意事項

＜考え方＞

結氷河川での流量観測は、厳しい気象条件下での作業であるとともに、流水が氷で覆われていることから観測自体も困難となる。このため、本節 4.5 以下に述べた観測手法を結氷河川に適用する場合、非結氷河川における流量観測と比べると観測機材や観測方法等に別途留意が必要となる。

＜参考となる資料＞

結氷河川における留意事項の詳細、河川結氷時の連続的な流量評価の新しい手法の研究開発成果、結氷河川の感潮域での流量観測の事例、及び、海外における検討事例については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 4 章　流量観測　4.8　特殊な場所での流量観測，全日本建設技術協会，2002.

2)　吉川泰弘，渡邊康玄，早川博，平井康幸：河川結氷時の観測流量影響要因と新たな流量推定手法，水工学論文集，第 54 巻，pp.1075-1080，2010.

3)　吉川泰弘，平井康幸：結氷河川における感潮域の流量観測手法に関する検討－常呂川河口観測所における結氷時と開水時の流量観測－，北海道開発局技術研究発表会，第 54 回　技 18，2010 年度.

4)　ISO 9196 Hydrometry - Flow measurement under ice conditions, 1992.

＜標　準＞

結氷河川での流量観測は、以下の事項に留意して実施することを標準とする。

1）降雪、降雨、暴風、気温等の天候の変化に留意して観測計画を立てる。
2）氷上作業を行う際は、事前に氷板の厚さを確認し、特に水際部分の氷板は不安定であるため氷上に乗る際は十分に注意するなどの安全対策に配慮する。
3）流速計の凍結防止対策として、できる限り空気中に出さないなどの対策を行い、凍結した場合には固形燃料等を用いて、流速計に着氷した氷を融解させる対策も必要である。
4）水位標に着氷している氷を除去する場合は、水位標の目盛板の損傷に十分に留意して氷を除去する。
5）結氷時は氷板や晶氷（モロミ）により流積が変化するため、流速分布が複雑となる場合や流量が偏在している場合は、標準よりも密に測線を設ける必要がある。
6）結氷下の断面における流積、積雪面積、氷板面積及び晶氷面積を的確に把握するために、各測線で水深測定を行う場合、以下の事項についても測定する。
　a）氷板（結氷）上の積雪の厚さ
　b）氷板の厚さ
　c）氷板下に滞留する晶氷（モロミ）の厚さ
　d）実質的な流積を形成する河床から流水上面までの厚さ

4. 12. 2　河口感潮域における留意事項

＜考え方＞

河口感潮域における低水時の調査については、本節 4.5 以下に詳述した流量観測手法が原則的に用いられる。しかし、潮汐の影響で時々刻々水位と流量が変動するので、特に可搬式流速計による流速計測法の適用に当たっては、特別な配慮が必要となる。また、本節 4.11 に記述するような、水位から一意的に流量を連続的に評価する水位流量曲線法が使えないことに注意が必要である。さらに、複雑な流動を示すことが多い河口感潮域において、流動に関わるどのような水理量の継続観測が必要か、それと流量との関係はどうかに留意し、目的と当該区間の流動の特徴を踏まえた上で観測内容を定めていくことが重要である。

＜参考となる資料＞

河口感潮域における流量観測での留意事項の詳細については、下記の資料が参考となる。

1）国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 4 章 流量観測 4･8 特殊な場所での流量観測 4･8･2 河口感潮部における流量観測，全日本建設技術協会，2002.
2）ISO 2425 Hydrometry - Measurement of liquid flow in open channels under tidal conditons, 2010.

＜標　準＞

河口感潮域での低水時の流量観測は、以下の事項に留意して実施することを標準とする。

1）潮汐等対象区間の流動特性をよく考慮して観測計画を立てる。
2）水位・流速の変動があるため、観測の同時性確保の必要性に応じて、迅速に計測作業を行う。
3）順流・逆流が入れ替わる前後の時間帯等、流水内の流速分布が複雑となるため、代表的な流速値を適切に把握できるように流速計測を行う。可搬式流速計による流速計測法に

おいては、流向を測定できる流速計を用いるとともに、必要に応じて、精密法等により多くの測点での流速計測を行うことを標準とする。

＜推　奨＞

流況が時々刻々変動するため、固定式観測法を採用することで、流速・流量を連続的に観測できる手法を導入することが望ましい。

＜例　示＞

可搬式流速計による流速計測法の適用に当たっては、代表的な潮汐条件のときに精密法で流速分布を把握しておき、いかなる深さでその測線上の平均流速を把握できるかを事前に調べておくことで、一般的な方法からの流速測点数の増加を抑制することができる場合がある。

第２章　水文・水理観測　第５節　水文資料の整理・保存と品質管理

令和4年6月9日改定

目　次

第５節　水文資料の整理・保存と品質管理 1
5．1　総説 1
5．2　データ整理 1
5．3　照査 2
5．3．1　総説 2
5．3．2　異常値補正 3
5．3．3　標準照査 9
5．3．4　高度照査 10
5．4　保存 13

平成 26 年 4 月　版

第2章　水文・水理観測
第5節　水文資料の整理・保存と品質管理
5．1　総説

＜考え方＞

本節では、カテゴリー1 の観測によって得られた水文資料の整理・保存と品質管理の内容について定めるものである。第 2 節 降水量観測、第 3 節 水位観測、第 4 節 流量観測 で述べた方法により得られた、カテゴリー１に属する水文観測データは、長期にわたる安定した品質を保証した上で、所定の様式によりデータベース化され、いつでも必要に応じて参照することができる状況を確保することにより基礎データ（水文資料）として有効に活用することが可能となる。

＜必　須＞

取得された水文観測データは、以下の水文観測業務規程及び同細則に定められた手続・作業分担によって十分な照査を行うことにより、品質を管理しなければならない。

また、照査を完了した水文観測データは、水文観測業務規程及び同細則に定められた手続・様式により整理・保存し、水文資料としてデータベース化を実施しなければならない。その際、水文資料の確実な保存や、水文資料の参照・利用・公開のための作業の効率化について、特に配慮しなければならない。

＜必　須＞

現地における観測作業から、水文観測データの整理・照査・保存に至る一連の作業は、極めて多岐にわたる作業を伴う。これらの作業の分担は、水文資料整理の一連の作業が円滑にできるように、事前に関係者間（地方整備局等、河川事務所）で定めておかなければならない。

＜関連通知等＞

1) 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達.
2) 水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達.
3) 水文観測データ品質照査要領，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 10 号，国土交通省河川局河川環境課長通知.
4) 水文観測データ統計処理要領，平成 14 年 7 月 24 日，国河環第 39 号，国土交通省河川環境課長通知.

＜参考となる資料＞

水文資料の整理・保存・品質管理の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 5 章 観測記録の整理と保存，全日本建設技術協会，2002.

5．2　データ整理

＜必　須＞

水文観測データの整理は、水文観測業務規程及び同細則に定められた手続・様式に従って、実施しなければならない。

5．3　照査

5．3．1　総説

＜必　須＞

水文観測データの照査は、観測データの異常値の検出、正常値、仮値及び欠測の処理並びに水位観測データの流量換算方法の妥当性の評価及び修正を行うものであり、水文資料の品質を確保するために重要なプロセスである。

水文観測の実施責任者は、品質管理するための組織を設置するなど照査の体制を確保し、以下に示す段階に従って照査を行い、品質確保に万全を期さなければならない。

照査の結果、誤りを見いだした場合は、所定の手続を経て修正しなければならない。

＜標　準＞

水文観測データの照査は、一般に以下の３つの段階から成る。

１）異常値補正（流量資料については、「現地照査」と呼ぶ。）

観測機器を設置・計測値の回収等を行う事務所等が、観測機器の点検報告やデータ回収の整理結果を受けて、異常値の検出と修正を随時行うものである。

２）標準照査

観測機器を設置・計測値の回収等を行う事務所等が、対象とする当該水文観測所ごとの水文観測データを用いて行う照査であり、異常値補正では検知できない異常値を検出し、修正するものである。

３）高度照査

高度照査は、原則として、地方整備局等、広域の水文観測資料を取りまとめる立場の組織が、当該水文観測所の観測データを対象に、周辺近傍の複数の水文観測所の観測データを用いて行う照査である。高度照査は、水文資料を河川の計画・管理に具体的に活用する観点から、水文資料（雨量・水位・流量）が相互に大きな矛盾がなく、河川流域全体の降雨～流出現象を精度よく把握し、信頼性の高い資料となっていることを確認する。

これらの照査の作業分担と方法については、事前に定めておくものとする。

なお、流量観測データの照査については、流量観測時に観測の錯誤の可能性を検出し適切なデータを取り直す現地照査が異常値補正に相当する。水位流量曲線等を用いて連続的な流量資料を得る段階で実施すべき流量観測データの照査が、高度照査に相当する。

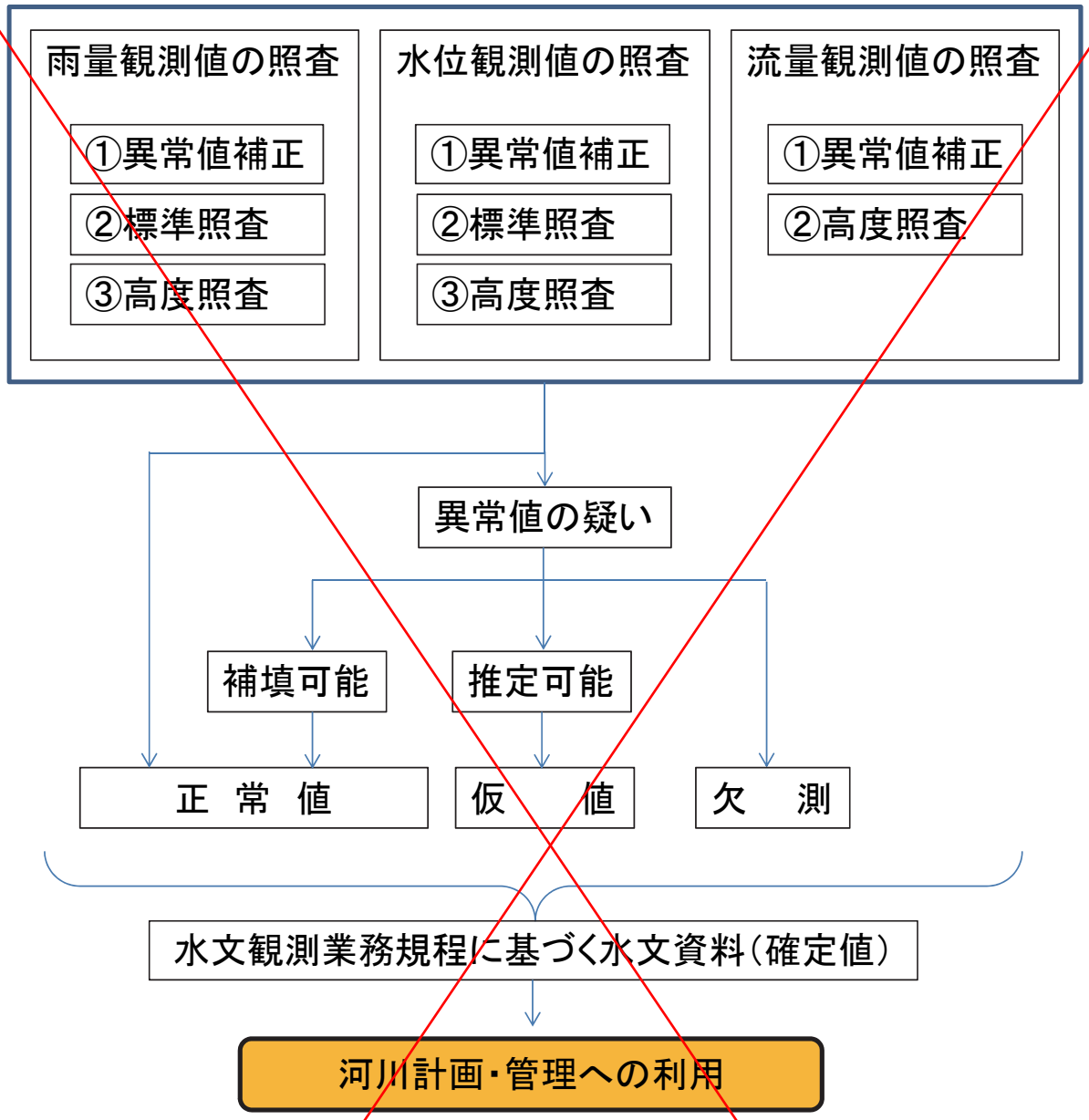


図2-5-1　水文観測データの現行の照査フロー

5．3．2　異常値補正

＜標　準＞

異常値の補正は、観測機器の点検報告、電子ロガーによる記録や自動記録紙の回収結果の整理報告を受けて、定期的に実施することを標準とする。

また、テレメータの水文観測データを監視する上で、リアルタイムで異常値が確認された場合も、異常値の補正を実施することを標準とする。

（１）　雨量の異常値補正

＜必　須＞

降水量の観測値は、観測機器の点検結果により、受水器や転倒マスの変形、ゴミの堆積、自動記録装置内の内蔵時計のずれ等が確認された場合には、各器械と観測値の異常に応じて観測

値の補正を行わなければならない。

＜関連通知等＞

1) 水文観測データ品質照査の手引き(案)，平成 16 年 9 月 17 日，国土交通省河川局河川環境課課長補佐事務連絡.

（２） 水位の異常値補正

＜必　須＞

水位の観測値は、観測機器の点検結果により、水位計の動作エラー等のセンサー異常、水位標読み値とセンサー値のズレ、地盤沈下等による零点高の変化、自動記録装置内の内蔵時計のズレ、伝送経路（テレメータ）の異常等が確認された場合には、各器械と観測値の異常に応じて観測値の補正を行わなければならない。

＜関連通知等＞

1) 水文観測データ品質照査の手引き(案)，平成 16 年 9 月 17 日，国土交通省河川局河川環境課課長補佐事務連絡.

（３） 流量の異常値補正（流量の現地照査）及び水位流量曲線の作成

＜必　須＞

現地において観測された個別の流量観測値は、水位・水深や流速分布等の計測値を基に算出される。このため、それらの計測値に誤りや異常がないか、流量の算出過程に誤りがないか、その観測の都度速やかに異常値補正（以下、流量においては、“現地照査”という。）を行い、品質の確保・向上に努めなければならない。

＜必　須＞

流量の現地照査により、現地観測の時点で誤りや異常が疑われる観測値が含まれていることが判明した場合には、その観測値について現地にて再測定をしなければならない。

ただし、観測手法の適用等における明らかな誤りを除き、個別の流量観測の時点で誤りや異常が疑われた場合には、その観測値を簡単に除外せず、必ず再測定値と併せて観測野帳に記録し保存しておかなければならない。

異常値かどうかの判断については、その後の断面再測量結果や低水・高水の流量観測結果、水位流量曲線作成過程等を併せて参照し、最終的に総合判断しなければならない。

＜標　準＞

流量の現地照査は、現地における流量観測作業の終了直後（高水流量観測に当たっては、その作業中又は作業終了直後）に行うことを標準とする。

① 準備

＜標　準＞

流量の現地照査に当たっては、以下の資料（写しでもよい）を事前に収集し、照査作業に備えることを標準とする。

観測流量表、流量観測野帳、流量計算書、断面計算書、横断面図

水位流量（H-Q）関係資料、水位断面積（H-A）関係資料、及び、水位流速（H-V）関係資料

② 照査方法

＜必　須＞

流量の現地照査は、下記の４つの照査図を用いて行わなければならない。

１）「横断図～流速・流量図」
２）「観測水位流量図（Ｈ－Ｑ図若しくはＨ－√Ｑ図）」
３）Ｈ－Ａ図
４）Ｈ－Ｖ図

これらの当該照査図上に、観測値を速やかにプロットし、大きな外れがないかどうか、前回までの観測時に作成した照査図との変化がないかどうかを確認し、観測時点における水理水文条件に照らし、誤りや異常が含まれるかどうかを迅速に総合判断しなければならない。

本照査作業により、当該時点の水理水文条件によるものとは確定できず、流量観測の誤りや異常による可能性を否定できない観測値が含まれていることを確認した場合は、速やかに異常が疑われる観測値の再測定作業を行わなければならない。

＜標　準＞

固定式流量観測手法による流量観測値については、主要な洪水発生の直後に現地照査作業を行うことを標準とする。

１）流量算出に影響を与える河床変動等が生じたことが本章の第 4 節 4.3.3 流量観測所横断線に定める観測断面の横断測量の結果明らかになった場合には、流速補正係数の見直しや断面積情報の更新を迅速に行い、リアルタイムでの連続的な流量観測値の品質の確保・向上に努める必要がある。

③ 「横断図～流速・流量図」による照査図の作成

＜必　須＞

流速測定における誤りや異常の有無を確認するため、流量観測作業のたびに、最新の横断測量成果を描いた横断図の上半部の縦軸に、流量観測作業による各測線の流速値（測定値及び測線の平均流速値）をプロットしてこれを線で結ぶものとする（図 2-5-2 参照）。水深分布と流速分布との関係に不自然な部分がある場合は、その測線における観測の異常によるものである可能性がある。

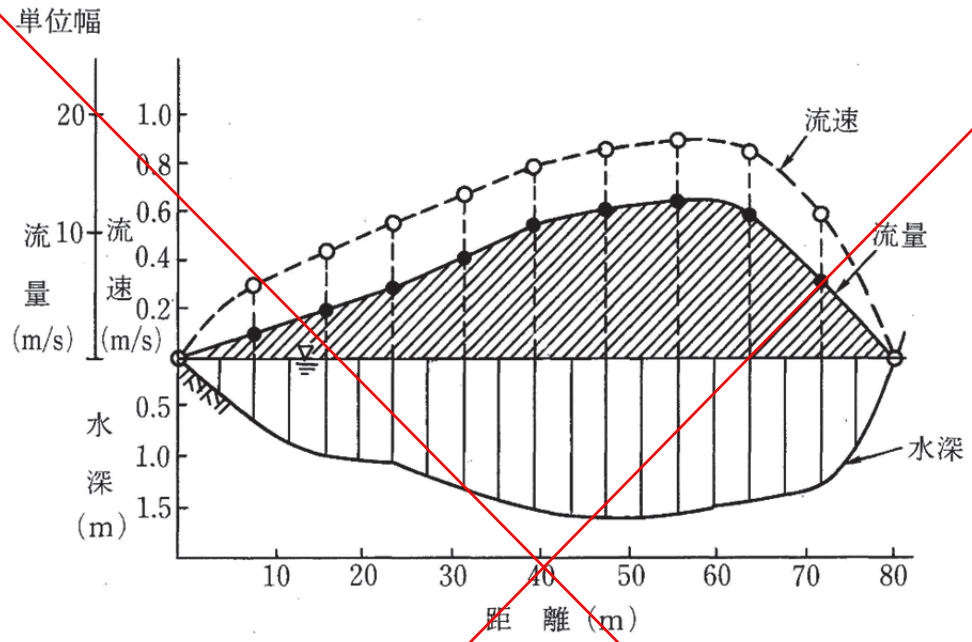


図2-5-2　横断図～流速・流量図

④　「観測水位流量図（Ｈ－Ｑ図若しくはＨ－√Ｑ図）」による照査図の作成

＜必　須＞

流量観測や流量算出過程における誤りや異常の有無を確認するため、観測水位と計算流量を前年の水位流量曲線図（水位流量曲線を作成していない場合は前年の水位流量関係をプロットした図）にプロットするものとする（図 2-5-3）。

高水流量観測に当たっては、更に一連のイベントにおける観測値群のプロットを時刻順に線で結ぶものとする。Ｑの代わりに√Ｑ（２次式の場合。図 2-5-4）若しくは$Q^{1/n}$（ｎ次式の場合）を横軸にとった図でもよい。

これらの観測水位流量図上にプロットされた新しい流量観測値が、既往の水位流量関係から大きく外れる場合は、河床変動や下流水位条件等の水理条件の変化の可能性とともに、観測又は流量算出過程の異常によるものである可能性がある。

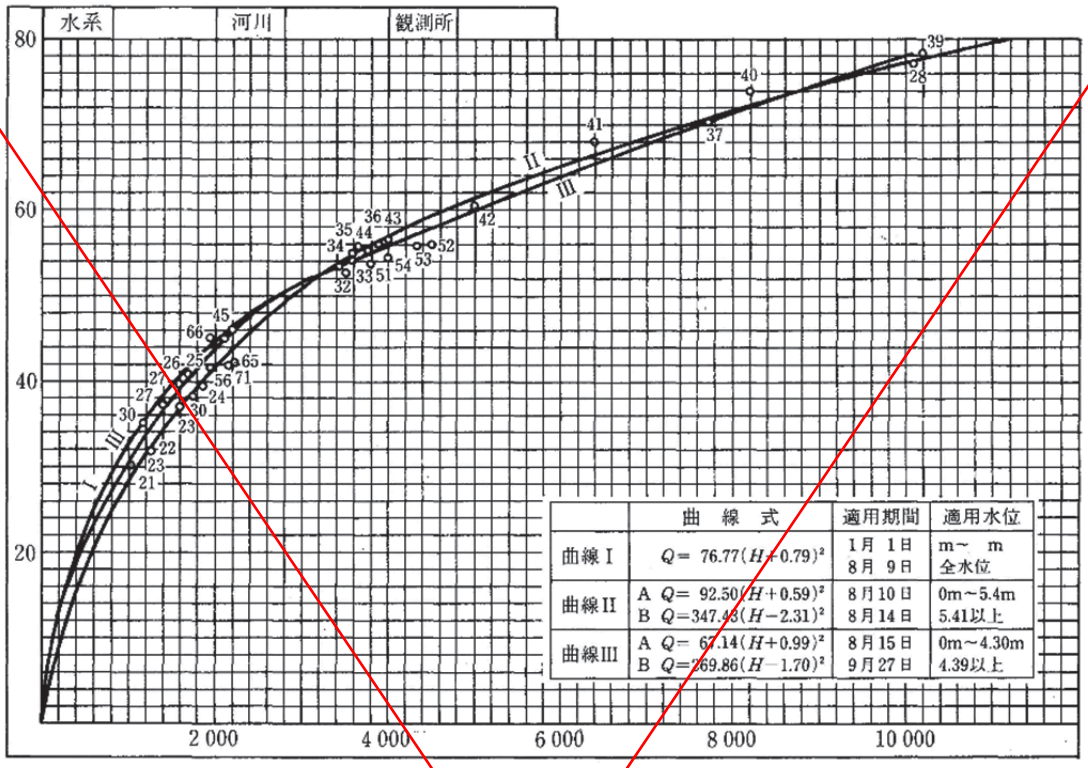


図2-5-3　観測水位流量図（Ｈ－Ｑ図）

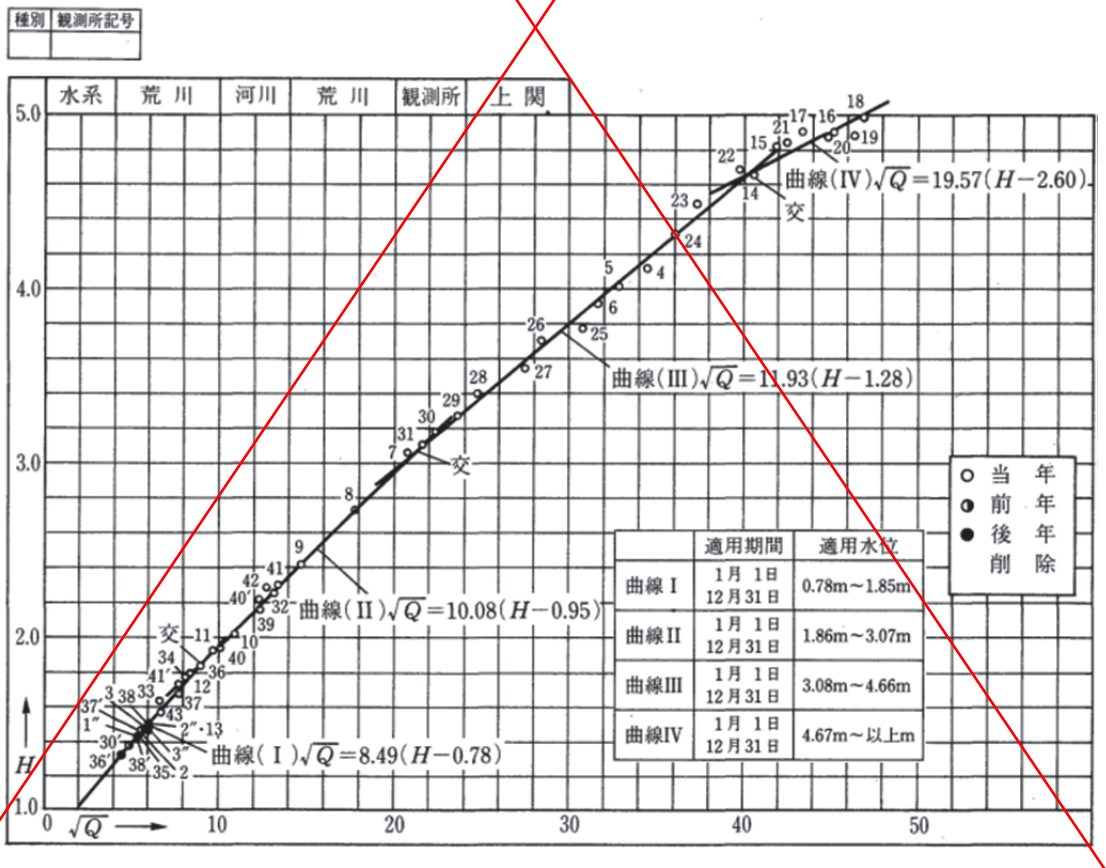


図2-5-4　観測水位流量図（Ｈ－$\sqrt{Q}$ 図）

⑤　Ｈ－Ａ図、Ｈ－Ｖ図による照査図の作成

＜必　須＞

流量観測や流量算出過程における誤りや異常の有無を確認するため、直近の横断測量結果に基づくＨ－Ａ図（水位断面積関係図）、及び、直近の流量観測におけるＨ－Ｖ図（水位流速関係図）に対して、現地での水位や水深観測結果に基づく断面積算出結果や、現地での流速観測結果をプロットする。

これらの図上にプロットされた新しい流量観測値が、既往の関係から大きく外れる場合は、河床変動や下流水位条件等の水理条件の変化の可能性とともに、観測又は流速・断面積算出過程の異常によるものである可能性がある。

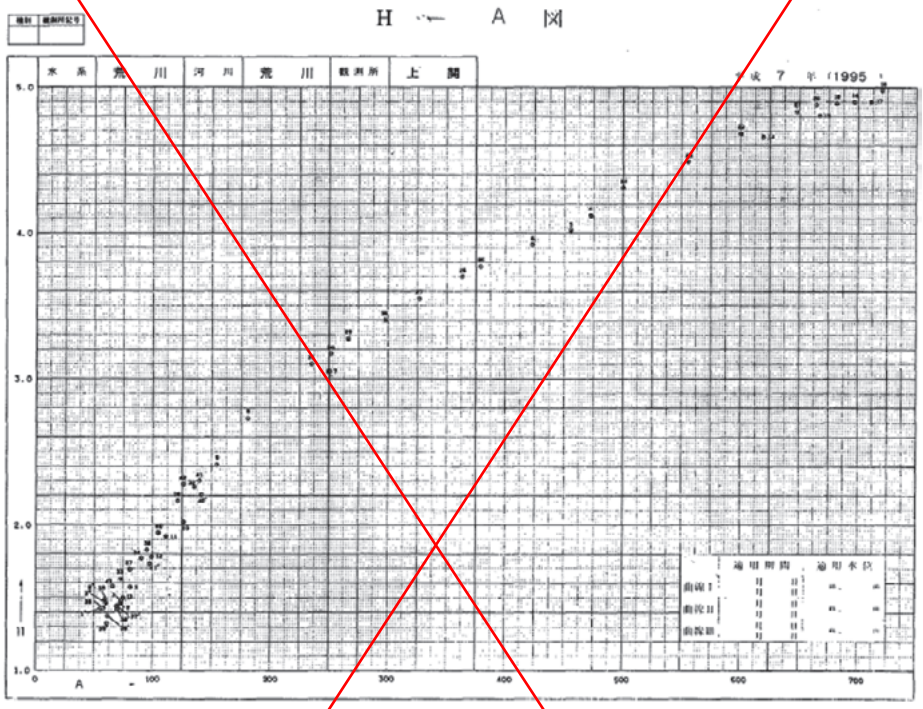


図2-5-5　水位断面積関係図（Ｈ－Ａ図）の例

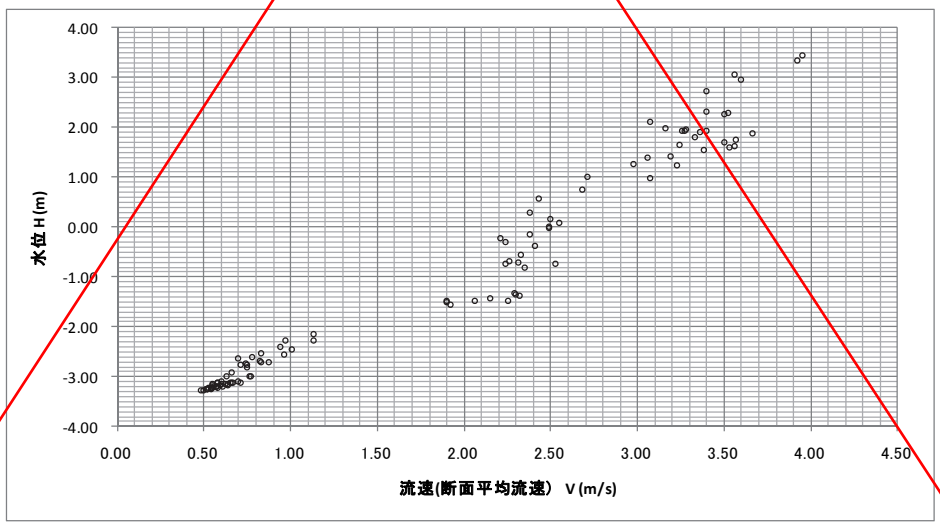


図2-5-6　水位流速関係図（Ｈ－Ｖ図）の例

＜推　奨＞

なお、Ｈ－Ｖ図において、Ｖとしては全断面での平均流速について作成するだけではなく、測線ごと（区分断面ごと）の平均流速についても作成することが望ましい。この図を活用することで、具体的にどの測線（区分断面）の水理条件の変化又は観測・算出の異常によるものであるかを特定することができる。

＜参考となる資料＞

その他、水位流量曲線の精度に影響を与える要素の確認手法については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省監修,(独)土木研究所編著:水文観測,第 5 章　観測記録の整理と保存　5･6　水位流量曲線,　全日本建設技術協会,　2002.

5. 3. 3　　標準照査

＜標　準＞

標準照査は、観測機器を設置・計測値の回収等を行う事務所等が、照査の対象とする当該水文観測所ごとの水文観測データを用いて行う照査であり、「水文観測データ品質照査要領」に基づき、異常値補正では検知できない異常値を検出し、修正することを標準とする。

標準照査によって正常値と判断された観測値及び修正を実施した観測値については、「水文観測業務規程」第 14 条の各事務所長が地方整備局長に報告する水文観測データとなる。

＜関連通知等＞

1)　水文観測データ品質照査要領,　平成 14 年 4 月 22 日,　国河環第 10 号,　国土交通省河川局河川環境課長通知.

（1）　雨量の標準照査

＜必　須＞

雨量について、以下のような極端な値が観測されていないか、照査を行わなければならない。

1）雨量観測所ごとに時間雨量上限値を定め、それを超過する時間雨量記録を検出する。
2）雨量観測所ごとに月ごとの最大時間雨量の平均と標準偏差を求め、統計的に極端に大きい時間雨量記録を検出する。
3）雨量観測所ごとに日雨量上限値を定め、それを超過する日雨量記録を検出する。
4）雨量観測所ごとに月ごとの最大日雨量の平均と標準偏差を求め、統計的に極端に大きい日雨量記録を検出する。

上記により抽出された極端に大きい観測値について、正常値か異常値かを判断する。異常値の場合は、欠測とするか仮値で補填するかを判断する。これらの判断基準・方法については、下記関連通知によるものとする。

＜関連通知等＞

1)　水文観測データ品質照査要領,　平成 14 年 4 月 22 日,　国河環第 10 号,　国土交通省河川局河川環境課長通知.
2)　水文観測データ品質照査の手引き(案),　平成 16 年 9 月 17 日,　国土交通省河川局河川環境課課長補佐事務連絡.

（２）　水位の標準照査

＜必　須＞

水位について、以下のような極端な値が観測されていないか、照査を行わなければならない。

1）水位観測設備ごとにその観測所でとり得る値の上・下限値を設定しておき、それらを超過する水位記録を検出する。
2）水位観測設備ごとに１時間当たりの水位変動量の上・下限値を定めておき、それらを超過する水位変動記録を検出する。
3）水位観測設備ごとに同じ水位が継続する時間の上限値を定めておき、それを超過する同一水位継続時間記録を検出する。

上記により抽出された極端な観測値について、正常値か異常値かを判断する。異常値の場合は、欠測とするか仮値で補填するかを判断する。これらの判断基準・方法については、下記関連通知によるものとする。

＜関連通知等＞

1)　水文観測データ品質照査要領，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 10 号，国土交通省河川局河川環境課長通知.
2)　水文観測データ品質照査の手引き(案)，平成 16 年 9 月 17 日，国土交通省河川局河川環境課課長補佐事務連絡.

（３）　その他

＜推　奨＞

流量観測データについても、観測機器を設置・計測値の回収等を行う事務所等が、当該流量観測所ごとの水文観測データを用いて、水位流量曲線式の水理水文学的な妥当性について照査を行い、その品質の確保・向上に万全を期すことが望ましい。

具体的には、水位流量曲線の基となった水文観測データや流量算出過程等の妥当性（現地照査で異常可能性を指摘されたデータの扱いの最終判定を含む)、水位流量曲線式の更新・分離・選定・作成過程の妥当性について再確認を行う。その際、5.3.2(3)に紹介した図群に加えて、年間横断面図や水位流量曲線～横断面図を活用する。これにより水位流量曲線の作成過程全般を照査し、不適切な計測値や算定値の採用、不適切な作成過程がある場合には、それらを除き適切に作成し直すことで、水位流量曲線の補正を図り、流量算出値の精度確保を図ることが望ましい。

＜参考となる資料＞

水位流量曲線の精度改善方策の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 5 章　観測記録の整理と保存　5･6　水位流量曲線，全日本建設技術協会，2002.

5．3．4　高度照査

＜標　準＞

高度照査は、原則として、地方整備局等、広域の水文観測資料を取りまとめる立場の組織が、当該水文観測所の観測データを対象に、周辺近傍の複数の水文観測所の観測データを用いて行

う照査である。
高度照査は、水文観測データ品質照査要領に基づき、標準照査を経ても検知できない異常値を検出し、修正することを標準とする。

（１） 雨量の高度照査

＜必　須＞

雨量について、以下の観点から異常な値が観測されていないか、照査を行わなければならない。

１）近隣雨量の相関（日雨量）
２）近隣雨量の相関（総雨量）
　総雨量をとる期間は、１か月とする。

詳細は下記関連通知によるものとする。

＜関連通知等＞

1) 水文観測データ品質照査要領，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 10 号，国土交通省河川局河川環境課長通知.
2) 水文観測データ品質照査の手引き(案)，平成 16 年 9 月 17 日，国土交通省河川局河川環境課課長補佐事務連絡.

（２） 水位の高度照査

＜必　須＞

水位について、以下の観点から異常な値が観測されていないか、照査を行わなければならない。

１）水位の上下流相関
上下流２地点の水位観測設備について、時差を考慮した相関を確認する。
２）水位の急激な増減
上流域の雨量との関係で、水位の増減が異常でないかを確認する。
３）ピーク水位の発生順序
上下流の水位を比較して、ピークが妥当な順序で生起しているかを確認する。

詳細は下記関連通知によるものとする。

＜関連通知等＞

1) 水文観測データ品質照査要領，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 10 号，国土交通省河川局河川環境課長通知.
2) 水文観測データ品質照査の手引き(案)，平成 16 年 9 月 17 日，国土交通省河川局河川環境課課長補佐事務連絡.

（３） 流量の高度照査

＜標　準＞

流量について、以下の観点から異常な値が観測されていないか、照査を行わなければならな

い。

1）ピーク流量の発生順序

上下流の流量を比較して、ピークが妥当な順序で生起しているかを確認する。

2）水位流量曲線の妥当性

水位流量曲線の水理水文学的な妥当性を判定する。

詳細は下記関連通知によるものとする。

＜関連通知等＞

1) 水文観測データ品質照査要領，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 10 号，国土交通省河川局河川環境課長通知.

2) 水文観測データ品質照査の手引き(案)，平成 16 年 9 月 17 日，国土交通省河川局河川環境課課長補佐事務連絡.

＜推　奨＞

高度照査は、得られた水文資料を河川の計画・管理に幅広く活用する観点から、水文資料（雨量・水位・流量）が相互に大きな矛盾がなく、河川流域全体の降雨～流出現象を精度良く把握し、信頼性の高い資料となっていることを確認する水文資料の相互比較照査も含めて実施しておくことが望ましい。

＜例　示＞

水文資料の相互比較による照査は、以下に示す照査項目を参考に実施する。

1）降雨・流出ハイドログラフの時系列の関係

2）短時間降雨強度と流出ピーク流量の関係

3）降雨（流域平均累加雨量）と流出高（累加流出高）の関係

4）同一河川の上下流にある複数の流量観測所の年間総流量・比流量の比較

5）水収支解析や流出解析による照査

＜例　示＞

下記に示す水系時間流量図（図 2-5-7）は、流量における高度照査の一つの例である。

同一グラフ上に水系の上流～中流～下流に存する複数の流量観測所の洪水流量ハイドログラフを描いて、各流量観測所の流量ハイドログラフを相互に比較対照する。これにより、ピーク流量の発生順序だけではなく、その形状・変化や総流量等が水収支を含めた総合的な観点から不合理でないかを概観し、各流量観測所の流量を算出したそれぞれの水位流量曲線の良否、その不具合な部分を点検する。

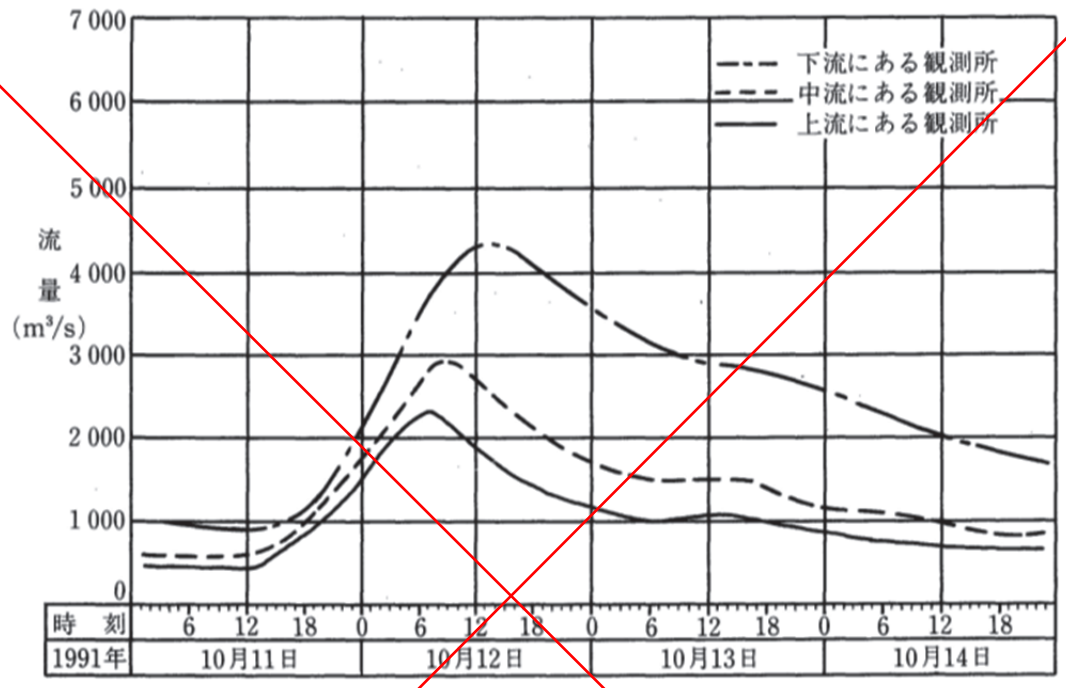


図2-5-7　水系時間流量図

5．4　保存

＜必　須＞

観測され、照査を経た水文資料は、水文観測業務規程及び同細則に定められた様式に基づき整理し、保存しなければならない。

＜関連通知等＞

1）水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達，第 4 章 観測成果の整理，報告，保存及び公表.

2）水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達，第 4 章 観測成果.

第２章　水文・水理観測　第６節　地下水観測

令和4年6月9日改定

目　次

第６節　地下水観測 1
6．1　総説 1
6．2　地下水調査の目的 2
6．3　予備調査項目 3
6．3．1　予備調査項目 3
6．3．2　地形・土地利用調査 4
6．3．3　地下水利用実態調査 4
6．3．4　水文調査 4
6．4　本調査項目 5
6．4．1　地下水位調査 5
6．4．2　地質調査 6
6．4．3　地下水水質調査 6
6．4．4　地下水流動調査 7
6．4．5　地下水涵養量調査 7
6．4．6　地盤沈下量調査 8

平成 26 年 4 月　版

第2章　水文・水理観測
第6節　地下水観測
6．1　総説

＜考え方＞

本節では、地下水に関連した調査に必要な基礎的事項と現地調査の標準的な手法を定めるものである。

＜必　須＞

地下水調査は、対象地域の特性を十分把握した上で、所期の目的が達成できるよう、系統的かつ効率的に実施しなければならない。

＜関連通知等＞

1) 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達.
2) 水文観測業務規程細則，平成 26 年 3 月 20 日，国水情第 45 号，国土交通省水・管理保全局通達.

＜参考となる資料＞

地下水調査を実施する際には、下記の法規・図書類がある。地盤沈下対策としての地下水揚水規制については、以下の法律に規定されている。

1) 工業用水法，昭和 31 年 6 月 11 日，法律第 146 号，最終改正：平成 12 年 5 月 31 日法律第 91 号.
2) 建築物用地下水の採取の規制に関する法律，昭和 37 年 5 月 1 日，法律第 100 号，最終改正：平成 12 年 5 月 31 日法律第 91 号.

地下水汚染、土壌汚染に関する有害物質の基準値については、以下の法律に規定されている。

3) 環境基本法，平成 5 年 11 月 19 日，法律第 91 号，最終改正：平成 24 年 6 月 27 日法律第 47 号.
4) 土壌汚染対策法，平成 14 年 5 月 29 日，法律第 53 号，最終改正：平成 23 年 6 月 24 日法律第 74 号.

上記のほか、わが国における地下水に関する規制としては、以下のものがある。

5) 地盤沈下防止等対策要綱.
   濃尾平野地盤沈下防止等対策要綱，昭和 60 年 4 月 26 日，最終改正：平成 7 年 9 月 5 日.
   筑後・佐賀平野地盤沈下防止等対策要綱，昭和 60 年 4 月 26 日，最終改正：平成 7 年 9 月 5 日.
   関東平野北部地盤沈下防止等対策要綱，平成 3 年 11 月 29 日.
6) 調査対象地域の地方自治体が定める条例・要綱等（地下水の採取の適正化に関する条例，地下水保全条例等）.

詳細な調査方法については、下記の資料が参考となる。

7) 建設省河川局監修，(財)国土開発技術研究センター編集：地下水調査および観測指針(案)，山海堂，1993.

＜例　示＞

地下水調査を行うに当たっての一般的な手順を以下に示す。

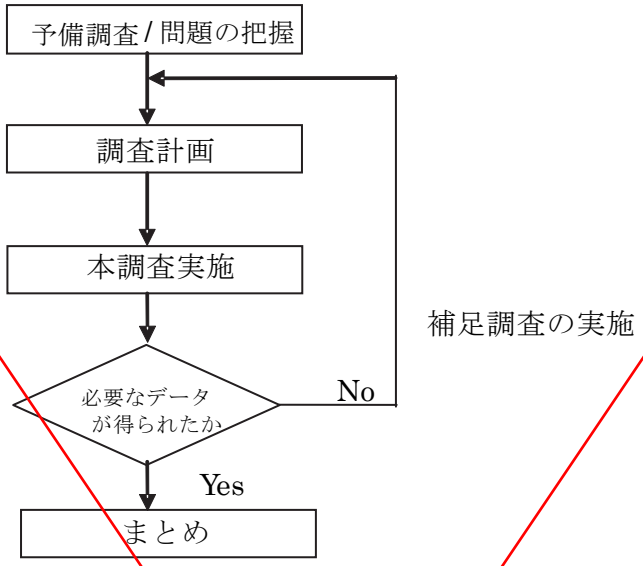


図2-6-1　地下水調査の一般的な手順

（「地下水調査及び観測指針（案）」に加筆）

6．2　地下水調査の目的

＜考え方＞

過去多く実施されてきた地下水調査は、以下のとおりである。

１）地下水賦存量の把握

地下水賦存量の把握は、地下水の資源としての量と質を評価し、開発可能量を把握するために実施する。特に、地下水枯渇といった障害を発生させずに持続的に地下水を利用するために、地下水の適正採取量を把握し、地下水の保全・利用に関する計画を策定・運用することが重要である。

２）河川水と地下水の関係把握

河川水と地下水の関係把握は、両者の定量的な相互関係を把握し、河川のある区間、地下空間又は河川流域での水収支を検討することを主な目的として実施する。なお、正常流量の設定においても、地下水への影響を考慮して検討を行うことが必要である。

３）地盤沈下の実態把握

地盤沈下の実態の把握、原因の追求、沈下量の予測及び地盤沈下による障害の防止対策の検討を目的として実施する。

４）地下水汚染状況の把握

地下水汚染の実態の把握、汚染原因の特定、汚染防止対策・汚染地下水の浄化方法の検討等を目的として実施する。

５）地下掘削工事に関わる影響評価

遮水構造物の設置など、その規模が長大で地下水流動の大半を遮断するおそれがある場合、

上流側で地下水位の上昇、下流側で地下水位の低下が生じるおそれがある場合などに構造物による地下水障害の防止を目的として実施する。

6）河川堤防及び周辺基礎地盤の地下水状況の把握
堤防の安全性評価、被災原因等の解明とその対策工の検討を目的として実施する。

7）斜面の地下水状況の把握
地すべりあるいは斜面崩壊の原因を特定し、対策工法並びに予測方法の検討を目的として実施する。

8）ダム周辺の地下水調査
ダム基礎地盤及び貯水池周辺地山の遮水性や浸透破壊抵抗性等の水理地質構造の把握を目的として実施する。

各種地下水調査の目的に応じて、予備調査項目(6.3)、本調査項目(6.4)の中から必要な項目を選定し、実施する。事業の環境影響評価においても、必要に応じて地下水調査を行う必要がある。
なお、「6)河川堤防及び周辺基礎地盤の地下水状況の把握」及び「8)ダム周辺の地下水調査」については、第15章 土質地質調査、「7)斜面の地下水状況の把握」については、第18章 地すべり調査 及び 第19章 急傾斜地調査 によるものとする。

6．3　予備調査項目

6．3．1　予備調査項目

＜考え方＞

予備調査は、本調査を効率的に遂行するために実施するものであり、調査地域周辺の地形地質、土地利用・植生、気象・水文、地下水利用実態等の情報を収集・整理し、本調査の効率的遂行に資することを目的とする。

＜標　準＞

本調査に先立ち、予備調査を実施することを標準とする。予備調査は大きく資料調査と現地予察調査に分類される。資料調査で収集・整理する資料は、①地形図・地形分類図、②地質図・表層地質図・水文地質図、③周辺地盤情報（ボーリングデータなど）、④土壌図、⑤空中写真、⑥衛星画像、⑦土地利用、⑧気象・水文、⑨地下水とその利用状況、⑩地下水障害、⑪地下水質などが挙げられる。また、現地予察調査は、資料調査の成果を確認・吟味・補完することを目的として実施する。

＜参考となる資料＞

予備調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　建設省河川局監修,(財)国土開発技術研究センター編集:地下水調査および観測指針(案), pp.59-72, 山海堂, 1993.
2)　地下水ハンドブック編集委員会：地下水ハンドブック, pp.223-387, 建設産業調査会, 1998.

6．3．2　地形・土地利用調査

＜考え方＞

地形・土地利用調査は、地形から地下水流動系あるいは地下水の湧出の状況を推定するとともに、土地利用の実態から水の利用、表流水の浸透・涵養を把握し、地下水と表流水との関係を検討するために実施する。

＜標　準＞

地下水面は、地形と密接な関係を持つため、既存資料の利用、空中写真、現地調査等を通じて実施することを標準とする。

＜参考となる資料＞

地形・土地利用調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　建設省河川局監修,(財)国土開発技術研究センター編集:地下水調査および観測指針(案), pp. 73-84, 山海堂, 1993.

2)　地下水ハンドブック編集委員会：地下水ハンドブック, pp. 223-387, 建設産業調査会, 1998.

6．3．3　地下水利用実態調査

＜考え方＞

地下水利用実態調査は、地下水利用施設の分布、規模、取水量実績を把握することにより、地下水賦存量や流動、水収支、地下水の開発・保全策等の検討に利用することを目的として実施する。

＜標　準＞

地下水は、井戸をはじめとした揚水施設により利用され、また、自然的に流出し形成されている湧水池等においても利用される。対象地域の地下水賦存・流動状況は、これらの地下水利用の影響を受けるため、地下水の適切な管理を実施するためにはその対象地域の取水位置分布や地下水取水量の把握が重要である。地下水利用実態調査は、既存資料調査、アンケート調査・訪問調査などを通じて行うことを標準とする。

資料調査では、条例によって地下水利用の届出義務が制定されている自治体では地下水利用の実態に関する報告書が作成されており、これにより地下水利用の現状が把握できる。

＜参考となる資料＞

1)　建設省河川局監修,(財)国土開発技術研究センター編集:地下水調査および観測指針(案), pp. 85-93, 山海堂, 1993.

6．3．4　水文調査

＜考え方＞

水文調査は、水循環の量的把握に必要な資料を得ることを目的とし、必要に応じて、水文気象、表流水・伏流水流量、蒸発散量、土壌水分量、浸透量等の項目について実施する。

＜標　準＞

地下水は河川水、湖沼等の表流水及び不飽和帯に存在する水としての土壌水とは相互依存関

係にあるため、水循環を量的に把握するためには地下水そのもののを把握するだけでなく、降水量、蒸発散量、表流水流量、土壌水分等の水文要素を把握することも重要である。水文調査は、水文気象調査、表流水流量調査、蒸発散量調査、土壌水分調査等の実施を標準とする。

＜参考となる資料＞

調査方法の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 建設省河川局監修,(財)国土開発技術研究センター編集:地下水調査および観測指針(案), pp.95-119, 山海堂, 1993.

6. 4 本調査項目

6. 4. 1 地下水位調査

＜考え方＞

地下水位調査は、地下水調査の基礎として、地下水位の空間的分布及び経時変化を把握し、地下水の賦存量や流動系を明らかにするために実施する。

（1） 観測所と観測井

＜必　須＞

地下水位観測所は、観測対象地下水域の特性を考慮し、所期の目的が達成できるように適切に配置しなければならない。

＜考え方＞

地下水流動系の範囲や地質条件は、調査対象地域によって異なり、また、調査の目的によって明らかにすべき地下水現象の内容や精度も大きく異なってくる。よって、地下水位調査における観測所の配置計画に当たっては、このような条件の違いを考慮して適切な数や配置を決定することを標準とする。

（2） 一斉観測と長期観測

＜考え方＞

地下水位調査には、大きく分けて一斉観測と長期観測の二つの種類があり、この違いにより調査の方法が異なる。

一斉観測は一般に、地下水流動系の動水勾配を求めるために、観測所をできるだけ密な間隔で配置し、主に可搬式の水位測定器を用いて短期間に一斉に水位観測を行うことにより、その地域の地下水体の賦存状況や地下水流動を知ろうとするものである。特定の地域の地下水収支の把握、建設工事の地下水への影響の予測、地下水汚染の経路の追跡等、種々の目的のために実施される。

長期観測では、原則的に 1 年以上の観測を専用の観測井で自記水位計により行うのが一般的である。この結果は、地下水位変動曲線等の形式で整理され、建設工事の影響調査、地盤沈下調査をはじめとした地下水変動要因の解析等に役立てられる。

（3） 地下水位等高線図、地下水位変動図等の作成

＜標　準＞

観測データは、地下水解析の用に供されるほか、必要に応じて予備調査項目(6.3)で述べた地形・土地利用あるいは水文調査等のデータを加えて、地下水位等高線図、地下水位変動図等を作成し、変動原因の分析等に利用することを標準とする。

＜参考となる資料＞

地下水位調査に関する詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 建設省河川局監修,(財)国土開発技術研究センター編集:地下水調査および観測指針(案), pp.121-138, 山海堂, 1993.

2) 地下水ハンドブック編集委員会:地下水ハンドブック, pp. 223-387, 建設産業調査会, 1998.

6. 4. 2 地質調査

＜考え方＞

地質調査は、地層の空間的分布とその水理特性を把握し、地下水の賦存状況、流動状況等を明らかにすることを目的とするものである。

リモートセンシングは、広域の水文地質構造調査や水資源調査及び、土地利用状況などの変化を把握するものである。

物理探査は、地盤の物理特性を利用して地質状況を把握するものである。

ボーリングは、水理地質構造や地質を直接的に確認するものである。

現場透水試験は、地層の透水係数を原位置で把握するものである。

揚水試験（帯水層試験）は地下水調査において帯水層の水理定数（透水係数、貯留係数）あるいは揚水井の性能（適正揚水量）を求めるものである。

土質試験は帯水層の物性値（透水性等）を把握するものである。

地質調査については、第 15 章 土質地質調査 によるものとする。

＜必　須＞

現地踏査、リモートセンシング、物理探査、ボーリング、現場透水試験、揚水試験（帯水層試験）及び土質試験等から、現場の状況に応じて適切な調査項目を選択して実施しなければならない。

6. 4. 3 地下水水質調査

＜考え方＞

地下水水質調査は、 特定の汚染源による地下水汚染状況調査、長期的な水質変化を調べるための調査、地下水流動調査に伴う水質調査などに分けられる。

地下水水質調査については、第 12 章 水質・底質調査 によるものとする。

＜標　準＞

水質型の分類、基準との照合、その他調査目的の達成に必要な項目を選び、試験目的に応じてそれぞれ定められた基準等に準拠して実施することを標準とする。

地下水水質調査のうち地下水汚染状況調査については、予備調査・現地踏査により、地形・土地利用及び地下水利用実態を把握する。地下水汚染源になり得る土地利用及び活用可能な既設井戸の位置等の情報を基に、詳細な地下水汚染状況の調査計画を立案、実施することを標準とする。

帯水層別に調査を実施する必要がある場合は、既存資料や必要に応じて実施する地質調査の結果を利用し、水理地質構造を十分把握する。なお、水質調査のための井戸を新たに掘削する場合には、掘削によって未汚染の帯水層を汚染することがないよう、十分留意することを標準とする。

＜参考となる資料＞

地下水汚染は土壌汚染と密接な関係があるので、地下水汚染調査を実施する場合は、下記の資料が参考となる。

1) 土木研究所編集：建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル（暫定版），鹿島出版会，2004.

2) 建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（暫定版），平成22年3月，国土交通省，建設工事における自然由来重金属等含有土砂への対応マニュアル検討委員会.

6. 4. 4　地下水流動調査

＜考え方＞

地下水流動調査は、地下水の流れを水循環の一環として捉え、空間的な広がりを持つ連続した系として認識し、地下水流動の実態を解明することを目的として実施する。地下水流動系調査においては、直接計測だけで流動系を推定することは困難であるため、直接計測と併せて地下水流動方程式に基づく解析的な手法が適用される。

＜必　須＞

地下水の流動は、涵養－流動－流出が一つの流動系として三次元的な広がりを持って生じるものである。よって調査はこの一つの流動系の規模を勘案し、その他の現地の条件等も考慮しながら所期の目的が達成できるように適切な方法で実施しなければならない。

＜標　準＞

対象地域の三次元的な地下水流動系の実態を明らかにする方法としては、(1)私有の井戸を含めた既存の井戸やピエゾメータ群によって地下水のポテンシャル分布を直接測定する方法、(2)数値シミュレーションによって地下水の流動方程式を境界値問題として解き、地下水のポテンシャル分布を得る方法、(3)同位体や水温・水質をトレーサとして地下水の流れを推定する方法などが挙げられる。しかし、広域にわたる解析においては、解析に必要な十分な基礎的データを得ることが困難である場合が多いので、どれか一つの方法だけで広域地下水流動の実態を明らかにすることは難しい。したがって、(1)と(2)による調査を基本とし、場合によって(3)を実施するなど、複数の方法を併用し、結果を相互にクロスチェックすることによってより正確な地下水流動系の実態を把握することを標準とする。

＜参考となる資料＞

地下水ポテンシャルの概念、ダルシーの法則、地下水流動系の概念及び地下水流動の調査方法の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 建設省河川局監修，(財)国土開発技術研究センター編集：地下水調査および観測指針(案)，pp. 215-238，山海堂，1993.

6. 4. 5　地下水涵養量調査

＜考え方＞

地下水涵養量調査は、気象条件、地盤条件等から、地下水涵養の機構と涵養量を把握するために実施する。

＜標　準＞

地下水の涵養量調査は、水収支による方法を標準とし、調査対象地域の規模、目的、現場条

件等に応じて、土壌水分フラックスを測定する方法、ライシメータによる方法、土壌水をトレーサで追跡する方法などを必要に応じて実施することを標準とする。これらの調査は、比較的時間を費やすため、事前に調査対象地域の既存の調査結果や研究例を十分に調べることが必要である。

＜参考となる資料＞

参考となる資料には、下記の資料が参考となる。

1) 建設省河川局監修,(財)国土開発技術研究センター編集:地下水調査および観測指針(案), pp. 239-245, 山海堂, 1993.

6. 4. 6 地盤沈下量調査

＜考え方＞

地盤沈下量調査は、地盤沈下地域及び地盤沈下が予想される地域における沈下動向を把握することを目的に実施する。地盤沈下量調査には、地下水揚水等を主因とする広域な地盤沈下と堤防新設や拡築などに伴う地盤沈下を対象としたものに分けられる。ここでの地盤沈下とは、地下水揚水等を主因とする広域な地盤沈下を指す。

なお堤防新設や拡築などに伴う地盤沈下については、第 15 章 土質地質調査 による。

＜標　準＞

原則として、地下水揚水等を主因とする広域な地盤沈下の状況については、資料調査を行い把握する。また、現地における調査が必要な場合は、沈下観測井あるいは一級水準測量による観測を標準とする。

（1） 沈下観測井による観測

＜標　準＞

地盤沈下観測井は、原則として一等水準測線の近くに配置し、地域を代表する地点を選定することを標準とする。観測は、効果的かつ経済的な配置計画の下で、所期の目的が達成できる構造と性能を有することを標準とする。

観測は原則として自記記録計により連続的に行い、観測値は必要な補正を行い累加沈下量として整理することを標準とする。

（2） 測量による観測

＜標　準＞

水準点は、沈下区域又は、沈下が予想される区域の周辺部を含む調査地域に、原則として 1km メッシュの密度で設けるものとし、沈下の状況や土質・地質、土地利用状況等の地域特性等に配慮して配置の増減を図ることを標準とする。観測は、効果的かつ経済的な観測計画の下で、所定の精度を期待できる機器と方法とすることを標準とする。

測量結果は、必要な補正・計算を施し、標高として整理することを標準とする。

＜参考となる資料＞

地盤沈下量調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 全国の地盤沈下地域の概況, 環境省.

2) 地盤沈下監視ガイドラインについて, 平成 17 年 6 月 29 日, 環水土発第 050629007 号, 環境省環境管理局水環境部長通知.

3)　2)に基づく各自治体のガイドライン.
4)　全国地盤環境情報ディレクトリ，平成 23 年度版，環境省.
5)　大西博文，山田俊哉，江橋英治，大野順通，脇坂安彦，佐々木靖人，三木博史，小橋秀俊，近藤升，他５名：道路環境影響評価の技術手法（その３），土木研究所資料，第 3744 号，10.地盤，2000.

第２章　水文・水理観測　第７節 河川の流れの総合的把握

令和4年6月9日改定

目　次

第７節　河川の流れの総合的把握 1
７．１　総説 1
７．２　流れの総合的把握の実施例 2

平成 26 年 4 月　版

第2章　水文・水理観測
第7節　河川の流れの総合的把握
7．1　総説

＜考え方＞

本節では、本章 第１節で述べたカテゴリー３．１の観測について概説する。

流れの総合的把握とは、水位、流量など個別単独での観測ではその一部しか捉えられない洪水流の挙動を、それらを連携させた観測と解析により全体像を捉え、そこから必要な情報や知見を得ることを目的として実施するものである。

以下、その要諦を段階を追って説明する。

１）水理システムへの力学的な理解に基づく柔軟な未知数設定

次に示す最も単純な流れの抵抗則を用いて、このことを説明する。なお実際は、必要なレベルの（状況によってはより高度の）流れの基礎方程式が用いられる。

$$q = \frac{1}{n}(H - z)^{\frac{5}{3}} \cdot \sqrt{\frac{H_1 - H_2}{\Delta x}} \qquad (2\text{-}7\text{-}1)$$

ここで、q：単位幅当たりの流量、H：水位、z：河床高、n：マニングの粗度係数、H_1：地点 1（上流側）の水位、H_2：地点 2（下流側）の水位、Δx：地点 1、2 間の縦断距離、である。

a)　上式で、河床高 z、粗度係数 n が既知で、ある時刻の水位（H，H_1，H_2）が観測されれば、流量 q を得ることができる。これは、本章 第４節 流量観測 の表 2-4-1 に示した水面勾配断面積法の原理である。

b)　河床高 z が既知で、ある時刻の水位（H，H_1，H_2）と流量 q が観測されれば、粗度係数 n を得ることができる。これが、第５章 河川における洪水流の水理解析 第５節 パラメータの設定 5.2 に示されている粗度係数の逆算（同定）法の原理である。

c)　粗度係数 n が既知で、ある時刻の水位（H，H_1，H_2）と流量 q が観測されれば、河床高 z に関する情報を得ることができる。

d)　このようにして、水理システムの解析と観測項目との組合せの中で、目的や状況に応じ、得たい水理量を柔軟に設定する。

２）水理量による観測精度の違いを踏まえた戦略

観測精度は水理量によって異なり、一般に、水位（水深）の測定精度は流量観測精度に比べて高い。このことから、z と n が既知とできる条件では、流量の直接観測の精度向上を目指すこととは別に、相対的に精度の高い水位測定結果を用いて、上記１）a)のアプローチで流量を求めるという考え方が出てくる。また、やはり測定が容易ではない洪水中の河床高について、それを直接測定する努力とは別に、q と n を既知とできる条件で、水位測定結果から上記１）c)のアプローチで河床高の情報を得ようとする考え方が出てくる。このように、得たい水理量の直接観測だけにこだわらず、水理システムと関連付けられ、相対的に高い精度での測定が可能な水理量及び設定しやすい水理量を経由して、最終的に求めたい水理量を得るという方法を、必要に応じ積極的に採用する。

３）水位の縦断方向多点観測及びその繰り返し実施

縦断方向に細かいピッチで水位の同時観測を行えば、式(2-7-1)を河川縦断方向についての流れの運動方程式などに置き換えることで、未知とおいた水理量の縦断分布に関する情報を得ることができる。たとえば、粗度係数（より一般的には抵抗特性）の縦断的な変化が明らかになれば、その原因を河道状況（河道形状や樹木群など）から特定することで、河道状況の管理に

資する個別具体の情報を得ることができる。また、非定常流れに対して、こうした観測を繰り返し連続的に行い、非定常流れの基礎方程式を導入することで、流量の縦断分布とその時間変化が、粗度係数あるいは河床高の時空間変化に関する一定の情報とともに得られると期待できる。こうして得られる情報は、河道内の洪水流量の下流への伝播特性などについて、直接流量観測だけによるよりも多くの情報を相対的に高い精度で示すものと期待できる。さらに、こうした観測を、(自然) 分流地点や遊水地等を含む河川区間などに適用することで、分流特性や洪水流量の縦断方向変化などについて詳細かつ精度の高い情報が得られると期待される。こうした手法は，一種の同化手法の適用と位置付けられ，河川の流れの総合的把握においては、水位測定データを充実させることで、得られる情報量が大幅に増えるという以上の特性を、必要に応じ積極的に活かす。

４）河床変動や流砂量に関する情報把握への展開

上記３）までの積み上げを前提に、流れの計算に加えて河床変動計算（第６章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析 に記述）を組み合わせて実施するなどして、実測値を説明できるための水理量算出というアプローチを流砂量にまで展開して、洪水中の流砂量に関する情報を得ようとする方法があり、第 16 章 総合的な土砂管理のための調査 第 2 節 調査の基本的組立て方 2.3.6(1)4) で紹介し,またこの方法の土砂流送特性把握における位置付けを 第4章 河道特性調査 第 6 節 土砂流送特性 6.5 で説明している。こうした観測と解析の組合せは、洪水中に有意な河床変動が起こると考えられる河川区間（たとえば砂床の河口付近、分合流地点など）において、特にその意義が大きくなると期待される。このように、必要に応じて、「水理システム」に流砂と河床変動に関するシステムも取り込み、獲得する情報、知見の範囲を広げていく。

「河川の流れの総合的把握」においては、水理システムを具体的に表現する流れに関するモデル（場合によっては流砂と河床変動も合わせて）のレベルと実測対象となる水理量の種類・量・質とのバランス及び適合性が重要となる。モデルのレベルには幅があるので、このバランスと適合性が取れている限り、目的や状況に応じた柔軟な実施法が選択できるとも言える。

以上に説明した「河川の流れの総合的把握」は、河川の流れ（必要に応じて流砂と河床変動を含む）のシステムに関する理解や技術の進展の成果を円滑に実務に反映させる上での、また多くの扱うべき水理量がある中で総合的・戦略的視点からより合理的な観測を実施する手法を見いだす上での基本フレームとなるものであり、カテゴリー１、２の観測との相互補完性（図 2-1-1 参照）も意識しつつ、必要な局面での積極的な実施を図っていくことが大事である。

7. 2　流れの総合的把握の実施例

＜例　示＞

１）水位多点連続観測と非定常流解析による洪水伝播特性の把握

簡易自記式水位計を用いて水位縦断分布の時間変化を観測し、水位観測結果を境界条件として与えた非定常準二次元流解析又は非定常平面流解析を実施する。相対的に観測精度の高い水位縦断分布と一致させることを優先しつつ、かつ基準点における流量観測結果と大きく乖離することなくかつその変化特性を再現できるように粗度係数を設定する。以上の結果から、最大流量の流れ方向の変化や基準点における洪水流量の時間変化（ハイドログラフ）等の洪水伝播特性を把握する。

２）流速観測と抵抗則式による粗度係数の時空間的変化特性の把握

航空写真やビデオなどの画像解析により洪水流の平面流速分布を測定し、流速と水位の観測

結果を抵抗則式（求められる精度に応じて、一次元又は平面流解析を使用してもよい）に与えて粗度係数を逆算する。逆算粗度を得た地点における地被（植生など）の抵抗特性を把握する。

３）山地河川における支川合流を取り込んだ洪水伝播特性の把握

本川に設置された複数の水位観測所データを用いて支川合流点や本川上下流端において近接する水位観測所の水位との関係式として流量を与える境界条件式を設定し、本節 7.1 1）a)と同様に一次元非定常流解析を実施する。以上の結果から、基準点における洪水流量の時間変化（ハイドログラフ）等の洪水伝播特性を把握する。なお、この手法は河川の横流入出量の境界条件として応用でき、支川からの合流量、派川への分派量、遊水地への流入量、破堤点における氾濫流量を把握する上でも活用できる。

４）洪水流と河床変動の一体解析による洪水中の河床変動の把握

多点に設置された水位計を用いて洪水中の水面縦断形の時間変化を記録するとともに、流量ハイドログラフ、洪水前後の河床高を測定し、洪水中はほぼ一定の粗度係数及び樹木群透過係数を用いて、洪水流と河床変動を支配する二つの基礎方程式を同時に解いて、流量、水面縦断形及び洪水後の河床高が一致するように洪水中の河床高を算定する。以上の結果から、流量ピーク時の河床高、洪水中の最大洗掘深等の洪水中の河床変動を把握する。

＜参考となる資料＞

下記の資料が参考となる。

1） 土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，第 2 編 河川 第 2 章 洪水流の解析 p. 117，丸善，1999.

2） 福岡捷二，渡辺明英，原俊彦，秋山正人：水面形の時間変化と非定常二次元解析を用いた洪水流量ハイドログラフと貯留量の高精度推算，土木学会論文集，No. 761 Ⅱ-67，pp. 45-56，2004.

3） 福岡捷二，佐藤宏明，出口桂輔：洪水流の非定常準二次元解析法の研究，土木学会論文集 B，Vol. 65 No. 2，pp. 95-105，2009.

4） 内田龍彦，福岡捷二，工藤美紀男：河川上流域における本川・支川流量ハイドログラフの合理的推定法，河川技術論文集，第 15 巻，pp. 309-314，2009.

5） 福岡捷二，永井慎也，佐藤宏明：河川合流部を含む本・支川の流量ハイドログラフ貯留量の評価―利根川・渡良瀬川の平成 13 年 9 月洪水を例として―，水工学論文集，第 49 巻，pp. 625-630，2005.

6） 福岡捷二，渡邊明英，田端幸輔，風間聡，牛膓宏：利根川・江戸川分派点を含む区間における流量ハイドログラフと粗度係数・樹木群透過係数の評価，水工学論文集，第 50 巻，pp. 1165-1170，2006.

7） 福岡捷二，昆敏之，岡村誠司：鶴見川多目的遊水地の洪水調節効果の評価―河道の水面形の時間変化を考慮した非定常二次元解析法の適用―，土木学会論文集，pp. 238-248，2007.

8） 安倍友則，福岡捷二，塚本洋祐：破堤による氾濫流量ハイドログラフ計算法の構築と河川への適用方法の研究，土木学会論文集 B，第 65 巻 No. 3，pp. 166-178，2009.

9） 岡村誠司，岡部和憲，福岡捷二：洪水流の縦断水面形変化と準三次流解析法を用いた石狩川河口部の洪水中の河床変動解析，河川技術論文集，第 16 巻，pp. 125-130，2010.

10） 岡村誠司，福岡捷二，竹本隆之：利根川河口部の河床形状と洪水中の河床変動，水工学論文集，第 54 巻，pp. 751-756，2010.

11) 鈴木健太，島元尚徳，久保世紀，福岡捷二：筑後川感潮域の洪水中の河床変動解析，水工学論文集，第 55 巻，pp.877-882，2011.
12) 福岡捷二：河道設計のための基本は何かー水面形時系列観測値と洪水流－土砂流の解析を組み合わせた河道水理システムとその見える化，河川技術論文集，第 17 巻，pp.83-88，2011.

第２章　水文・水理観測　第８節　河川・流域の水循環の観測

令和3年4月28日改定

目　次

第８節　河川・流域の水循環の観測 1
８．１　総説 1
８．２　健全な水循環系の確保の観点からみた流域水循環の観測 1
８．３　気候変化による気象・水文データの変化の検知・把握 4
８．３．１　モニタリングによる検知・把握 4
８．３．２　気候予測モデルの予測結果の利用による検知・把握 6

平成 26 年 4 月　版

第2章 水文・水理観測

第8節　河川・流域の水循環の観測

8．1　総説

＜考え方＞

水は、地球上の限りある資源であり、生物の命を育み、私たちの生活や産業に不可欠な基本要素である。水は、海や河川等の水面や植物・湿った地面から大気へ蒸発し、雲から降水が形成され、地表面に水が供給される。一部は雪氷や土壌水として保持されるものの、その他は河川水や地下水となって河川流域を流下し、再び海そして大気へと戻る、いわゆる一連の「水循環系（水循環システム）」を構成している。このような水循環系には、地球・大陸規模の大循環も含まれるが、河川管理者にとっては、河川流域内における水循環系（流域水循環）が特に重要である。河川水や地下水はこの水循環の一部であり、我々はこれを継続的に利用することができる。河川・水資源の計画・管理にとって、水のストックの把握だけでは不十分であり、水循環のフローを把握しなければならない。また、現代においては、農業用水・都市用水・発電用水等の取水や下水、農業排水等の排水による人工の水循環系も、河川流域における水循環系において大きな影響を与えており、それらの把握も重要となる。また、流域内の個々の水循環過程は、上流域からのゆっくりとした地下水流出が間欠的な降雨を貯留して水資源の重要な要素を構成する一方で、地下水の過剰な汲み上げが地盤沈下や治水・利水・環境面での様々な弊害をもたらすなど、自然的側面のみならず社会的側面も含めて深く互いに密接に関連しあっていることを理解することが重要である。

水循環系の把握は、カテゴリー１の既存の観測網のみから行うのは事実上不可能であるため、必要に応じてカテゴリー２および３．２の追加的な観測を行い、最終的にはこれら全ての観測値を用いた解析（水収支解析や水循環シミュレーション等）により推定するのが一般的手法である。したがって、追加観測の対象（浸透能、地下水位等）や観測場所、観測時期等は、既存の観測網と用いる解析手法を考慮して決められる。

本節は、河川・流域での水循環を総合的に把握する典型的な事例として、健全な水循環系確保のための調査及び気候変化の影響調査で必要となる観測を取り上げて、その目的に応じた留意事項を記述する。

8．2　健全な水循環系の確保の観点からみた流域水循環の観測

＜考え方＞

1960 年代後半以降急速に進んだ都市への人口や産業の集中、都市域の拡大、産業構造の変化、その一方での中山間地や農村での過疎化、高齢化等の進行、更に近年の気候変化等を背景に、平常時の河川流量の減少、湧水の枯渇、各種排水による水質汚濁、不浸透面積の拡大による都市型水害等の問題が顕著となってきている。

これらの問題は、保水・遊水機能の低下、地表水と地下水の連続性の阻害等に起因しており、流域全体を視野に入れた水循環系の健全化への早急な対応が求められる事例が増えてきている。

上記の背景の下で、健全な水循環系、すなわち、「流域を中心とした一連の水の流れの過程において、人間社会の営みと環境の保全に果たす水の機能が、適切なバランスの下に、ともに確保されている状態」を保全・構築するための計画策定と実行が、都市河川流域を中心として必要となる場合がある。その計画策定には、水循環系に関係する多くの主体（住民、NPO、事業者、国や地方自治体の関係行政機関等）が参画することが望まれ、流域水循環の把握はここでの共通認識・目標を醸成し共有するための基礎的情報として必要とされる。

流域の水循環系は、降水、蒸発散、浸透、地下水流動、河川流出といった素過程から成る自然の水循環系と、上水道、工業用水道、下水道、農業用排水路等を経由して流れる人工の水循

環系に大きく分けることができる。対象とする河川流域内に存在するこれらの水循環過程やそれら相互の関連性について、過去から現在に至る変化の実態や経緯及び将来動向の把握が求められることが多い(図 2-8-1)。たとえば、自然の水循環系に着目した場合、都市化等の流域の改変以前に流域に備わっていた保水・遊水機能の把握は計画策定において重要な基礎情報となる。

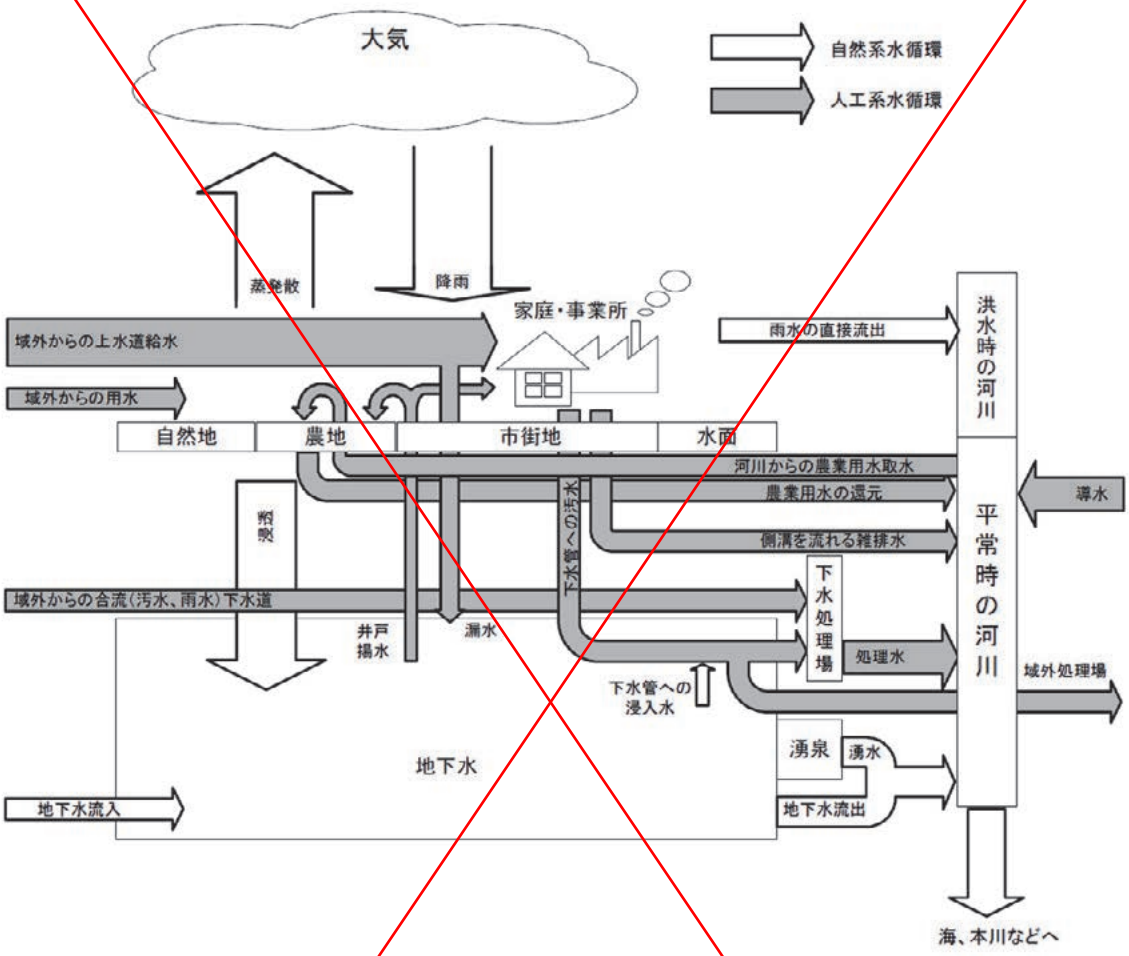


図 2-8-1　流域水循環系を構成する水循環要素の分類例

出典：健全な水循環系構築に関する関係省庁連絡会議：
健全な水循環系構築のための計画づくりに向けて、2003.

＜標　準＞

保水・遊水機能等の流域規模での直接的な観測が困難な機能の把握や、それらを含む様々な自然・人工の水循環系を総合的かつ客観的に把握するための手段としては、既存の気象水文観測、地形・地質、土壌等の資料を用いた年間水収支法、若しくは、水循環シミュレーション（第3章 第2節 流出解析 参照）により総合的に把握し分析することを標準とする。

＜推　奨＞

雨水浸透施設による流域での平均浸透強度を精度よく設定する必要があるときは、現地浸透試験(カテゴリー２：特定目的観測)を実施し、得られた結果から平均浸透強度を設定することが望ましい。

＜例　示＞

対象とする河川流域内に存在するこれらの水循環過程やそれら相互の関連性を示すことを目的として、年間水収支法若しくは水循環シミュレーションによる解析結果について、図 2-8-2 に示すように、各構成要素の定量的な年間水収支関係を図示する方法がある。この水収支の関係図について、過去から現在、将来にわたって変化する状況を示すことで、健全な水循環系の確保における課題を把握する手段とすることができる。

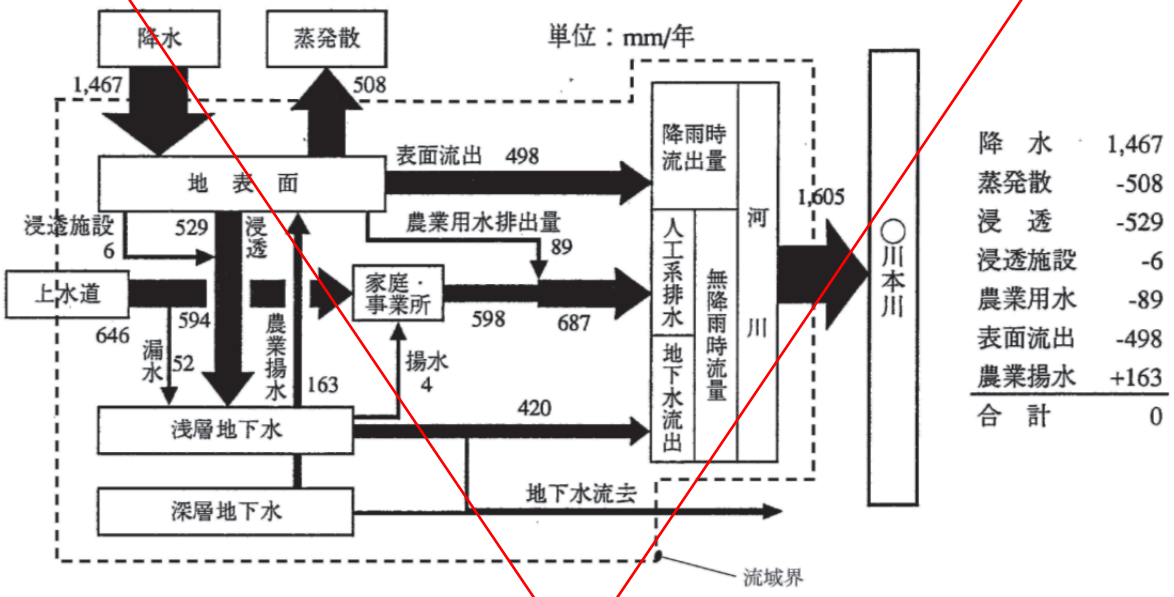


図 2-8-2　流域水循環系の構成要素間の相互関係を示す年間水収支図の例

出典：健全な水循環系構築に関する関係省庁連絡会議：
健全な水循環系構築のための計画づくりに向けて、2003.

＜関連通知等＞

1)　特定都市河川浸水被害対策法，平成 15 年 6 月 11 日，法律第 77 号，最終改正：平成 23 年 8 月 30 日法律第 105 号.

2)　健全な水循環系構築のための計画づくりに向けて，平成 15 年 10 月，健全な水循環系構築に関する関係省庁連絡会議.

＜参考となる資料＞

特に都市域における健全な水循環系の確保に資する具体的な技術の詳細、たとえば、雨水貯留浸透施設の設計のための詳細な調査手法、浸透能力やその効果（平均浸透強度）を概算する簡便法、並びに、都市域における流域水循環系のシミュレーション手法については、下記の資料が参考となる。

1)　(社)雨水貯留浸透技術協会：増補改訂雨水浸透施設技術指針（案）調査・計画編，2006.

2)　雨水浸透施設の整備促進に関する手引き（案）～浸透能力の低減を見込んだ効果把握及び維持管理の考え方について～，平成 22 年 4 月，国土交通省都市・地域整備局下水道部，同河川局治水課.

3)　「都市小流域における雨水浸透，流出機構の定量的解明」研究会：都市域における水循環系の定量化手法：水環境系の再生に向けて，（社）雨水貯留浸透技術協会，2000.

8．3　気候変化による気象・水文データの変化の検知・把握

＜考え方＞

気候変化には、数年スケールで発生を繰り返しているエルニーニョ・ラニーニャ現象や北極振動等、様々な自然的要因によるものが含まれる一方、ヒートアイランドや地球温暖化等、人為的要因による影響が大きいものも存在する。特に、地球温暖化は不可逆性と予想される影響の大きさ・深刻さから、地球規模で人間社会・経済にも大きな影響を与える重要な課題である。沿岸域や洪水氾濫原、急傾斜地は、海面水位の上昇、大雨の頻度増加、台風の激化等により、水害、土砂災害、高潮災害等が頻発・激甚化するとともに、降雨の変動幅が拡大することに伴う渇水の頻発や深刻化が懸念されている。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第４次評価報告書では、温暖化の緩和策には限界があり、緩和策を行ったとしても気温の上昇は数世紀続くことから、温暖化に伴う様々な影響への適応策を講じていくことが緩和策と同様に重要であるということが指摘されている。一方、緩和策への取組や社会条件の変化等不確実性がある中で、外力変化の予測値にも大きな幅が存在する。このように、気候変化の予測等に不確実性がある中で適応策を検討するためには、今後の観測データや知見の蓄積に応じて適応策の内容や組合せを適切に見直していく順応的な対応が必要不可欠である。

気候変化による気象・水文データの変化を検知・把握するため、モニタリングによる手法と、気候予測モデルの予測結果を利用する手法等が考えられる。

＜参考となる資料＞

1)　気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第４次評価報告書統合報告書，平成 19 年，UNEP，WMO.

2)　洪水に関する気候変化の適応策検討ガイドライン【日本語版】，平成 22 年，国土交通省河川局.

8．3．1　モニタリングによる検知・把握

（１）モニタリングする気象・水文データの項目

＜標　準＞

モニタリングは、観測値を用いることを原則とし、対象とする気象・水文データの項目は、気温、降水量、降雪量・積雪量、河川流量、潮位、蒸発散量等より、流域特性や観測状況に応じて適切に選択することを基本とする。

これらの項目をモニタリングするに当たっては、カテゴリー１に求められる観測データの長期にわたる一定レベル以上の品質の確保を標準とする。これらの項目の観測手法や最低限確保すべき品質とそのためのデータ照査の手法については、本章 第２節～第５節に詳述されているので、その基準に従って観測・照査を行うことを標準とする。

＜例　示＞

積雪・融雪変化のモニタリングは、ダム管理用観測等、カテゴリー2 特定目的観測に分類される積雪深・密度観測や衛星リモートセンシングによる積雪域変化図等を用いることができる。精度の高い観測値が得られない場合は、地上気温の観測値と現在気候条件下での大気大循環モデル（以下、GCM という。）出力値から第３章 水文解析 第２節 2.3.4 積雪・融雪量の推定 に記載した手法で計算することで仮想的な観測値を得た上で、将来気候条件下での計算結果と比較することにより、積雪・融雪変化を評価したり、長期流出への影響を予測する手法が用いられることがある。

（２） モニタリング検討地点の選定

＜標　準＞

モニタリング検討地点は、次の各項を考慮して選定することを標準とする。

１）解析による変化の有無の検知のため、極力、長期間の観測資料があり、かつデータの品質が高いと考えられる観測所を選定すること。

２）人為的影響ができるだけ少ない観測所を選定すること。
例えば河川流量については、取排水、流況調節、土地利用・植被変化等の人為的影響ができるだけ少ない上流域での観測所を含めて選定しておくことで、気候変化の影響を検知しやすくすることができる。

（３） モニタリングした気象・水文データの分析

＜標　準＞

モニタリングした気象・水文データの分析に当たっては、一般に次の事項について検討することを標準とする。

１）時系列の傾向（経年変化）

２）ある閾値以上の生起回数

１）、２）の検討を行う際には、統計処理に十分なサンプル数を確保した上で、統計的な有意性を検定することを標準とする。なお、統計学的な分析を行うに当たっては、第 3 章 水文解析 第 1 節 水文統計解析 の基準に従うものとする。

＜例　示＞

年最大流量等の極値の経年変化を分析する場合において、統計的に有意な関係を把握するための工夫を例示する。

単独の観測点における年最大流量のみを分析対象としてしまうと、仮に温暖化により年最大流量が増加傾向にあったとしても、温暖化による増加傾向が、年最大流量の年ごとの変動に対して極めて微小であることと観測年数の少なさから、統計的には有意性が検出されないことが想定される。このような事態を避けるため、複数の観測点を対象にすることでサンプル数を増やしたり、観測期間を分割しその期間内で一定以上の流量が発生した年数を分析したり、年最大流量の順位を分析したりする等の工夫を用いることが多い。

年最大流量等の極値以外の統計値を分析する場合においても、統計的に有意な経年変化を把握するために、その特性に応じた工夫を用いることが多い。

なお、短期間でのデータによる統計解析結果の信頼性に限界があることを考慮し、その解析結果の定量的な評価については十分慎重に吟味するのがよい。

＜関連通知等＞

1)　洪水に関する気候変化の適応策検討ガイドライン【日本語版】，平成 22 年，国土交通省河川局.

＜参考となる資料＞

具体的な河川流域における気候変化影響の検知・把握の検討事例として、下記の資料が参考

となる。

1) 四国地方の気候変動レポート 2010，平成 23 年 9 月，国土交通省四国地方整備局，p. 42.
2) 国土交通省国土技術政策総合研究所気候変動適応研究本部：気候変動適応策に関する研究（中間報告），国土技術政策総合研究所資料，第 749 号，2013.

8. 3. 2 気候予測モデルの予測結果の利用による検知・把握

＜考え方＞

気候予測は、物理法則を定式化した気候予測モデルを用いて、空気中の温室効果ガスやエアロゾルなどの濃度が今後どのように変化するかというシナリオを基に数値シミュレーションを行うことが一般的である。気候予測モデルの予測結果の利用にあたっては不確実性が大きいことに留意して取り扱う必要がある。特に、大雨や渇水等の極端現象を取り扱う場合には、現況再現性がより低くなることから、不確実性がさらに大きくなることを踏まえた分析が必要となる。

これらの気候予測モデルの予測結果の利用に当たっては、気候予測モデルの開発状況や、温暖化に関連する将来のシナリオの想定について最新の動向に留意する必要がある。また、単一の気候予測モデルの予測結果のみを用いるのではなく、複数の異なる気候予測モデルの予測結果を用いたり、同一気候予測モデルでも条件を変えて計算した複数の予測結果を用いたりする等、予測結果の不確実性を評価することが必要である。

将来の降雨の予測を行うためにはシナリオの特徴を把握しておくことが重要であり、温暖化に関連するシナリオは、予測の不確実性が大きなことや、今後の温室効果ガスの排出量の動向に依存することに留意が必要である。

＜例　示＞

１）気候予測モデル

気候予測モデルには、全球を対象として計算する大気大循環モデル（GCM）がある。現状では、気候予測モデルの空間分解能は、気象研究所が開発した最も緻密なモデル（気象研究所 MRI-AGCM3.2S）であっても、20km 四方の分解能となっている。

GCM の粗い空間分解能で表された予測結果から、特定の地域を対象とし、地形や土地利用などの地域特性を詳細に考慮し、より細かい空間分解能の予測結果を求める「ダウンスケーリング」が行われている。ダウンスケールした予測結果として既に一般に公開されているものには、日本付近の領域を対象とし、5km 四方の分解能を有した気象庁地域気候予測モデル(RCM5)による事例等がある。河川流域スケールにおける予測では細かな空間分解能が必要となるため、これらを活用して河川流域の影響予測を実施する場合もある。

気候予測モデルの予測結果には、現在気候（地球温暖化の影響なしの気候）を再現したときに見られる系統誤差（バイアス）の存在がある。このバイアスの影響を少なくするため、現在気候の再現結果と観測値との相違から系統誤差を分析し、その結果をもって将来気候の予測値の補正（バイアス補正）を実施することが多い。

河川流域での大雨を対象とした将来気候の予測では、気候予測モデルによる予測と過去水文資料から求めた現在気候の流域平均降雨発生頻度から系統誤差を求める場合がある。このとき用いる観測資料は、一般にカテゴリー１の観測資料を用いればよい。

２）温暖化に関するシナリオ

温室効果ガスの排出量の予測には社会的・経済的な側面の将来予測が必要であり、将来社会についていくつかの典型的なパターンを想定した上でシナリオが定められている。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が平成 19 年の第 4 次報告書において「排出シナリオに関する特別

報告書」としてとりまとめたSRESシナリオは、これまでの気候変化の予測で多く用いられてきた。将来の社会経済変化を考慮して、A1（高成長型社会シナリオ）、A2（多元化社会シナリオ）、B1（持続発展型社会シナリオ）、B2（地域共存型地域シナリオ）が検討に用いられている。A1シナリオは化石エネルギーのバランスによって、A1FI（化石エネルギー源を重視）、A1T（非化石エネルギー源を重視）、A1B（各エネルギー源のバランスを重視）の３つに分類されている。これまで多くの予測実験ではB1、A1B、A2の各シナリオが主に用いられており、特にA1Bが用いられることが多い。

IPCC第5次評価報告書第1作業部会報告書では、SRESシナリオに変わる気候変化の予測のための新たなシナリオとして、RCP（代表的濃度経路）シナリオを用いた予測結果が示された。RCPシナリオは4つの温室効果ガス濃度に対応したシナリオで、それぞれRCP8.5、RCP6.0、RCP4.5、RCP2.6と呼ばれる。複数のモデルによる産業革命前と比較した2100年時点での全球平均気温の上昇予測によると、最も上昇が大きいRCP8.5シナリオで2.6℃～4.8℃の範囲に入る可能性が高いという結果になっている。

＜関連通知等＞

1) 洪水に関する気候変化の適応策検討ガイドライン【日本語版】，平成22年，国土交通省河川局.

2) 気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第5次評価報告書第1作業部会報告書，平成25年，UNEP， WMO.

第３章　水文解析　第１節　水文統計解析

目　次

第１節　水文統計解析 1
１．１　総説 1
１．２　資料の収集及び解析手法の前提条件の検討 1
１．２．１　水文資料の周期性の検討 2
１．２．２　水文資料のジャンプの検討 2
１．２．３　水文資料のトレンドの検討 3
１．３　定常な水文量の頻度解析 4
１．３．１　候補確率分布モデルの列挙 4
１．３．２　確率分布モデルの母数推定 6
１．３．３　候補確率分布モデルのスクリーニング 9
１．３．４　確率水文量のバイアス補正と安定性の評価 10
１．３．５　確率分布モデルの決定 11
１．３．６　確率分布モデルの決定に関する補足事項 13
１．４　非定常な水文量の頻度解析 13
１．５　時系列変化特性の解析 14

平成 26 年 4 月　版

第3章　水文解析

第1節　水文統計解析

1．1　総説

＜考え方＞

本節は、第２章 水文・水理観測 第２節 降水量観測、第３節 水位観測、第４節 流量観測で規定されている方法等により得られ、第５節 水文資料の整理・保存と品質管理で規定されている方法により蓄積・管理された水文資料等の統計的解析についての技術的事項を定める。

一般に河川計画及びそれを実現するための河川管理施設等の設計や管理のよりどころとなる目標としては、既往の事象の中で厳しいもの又は既往の事象の頻度解析によって計画規模若しくは目標とする規模の値を推定したものが選ばれる。本節で規定する水文頻度解析手法は、計画規模の頻度で生起すると想定される事象を既往の水文資料から推定する際に用いられ、また、あわせて、任意の事象の発生頻度を既往の水文資料から推定する際にも用いられる。

従来、水文頻度解析においては、水文資料の定常性等を仮定することが多かったが、地球温暖化に伴う気候変化が予測されており、その吟味も重要となってきているので解析の前提条件の確認手法について述べる。

水文統計解析には、資料の収集及び解析手法の前提条件の検討、水文頻度解析、時系列変化特性の解析等が含まれる。

資料の収集及び解析手法の前提条件の検討では、水文統計解析を行うに当たり基本的な事項を述べるとともに、水文頻度解析の前提条件を満たしているかどうかの検討の方法について述べる。また、水文頻度解析において、次に述べる定常解析又は非定常解析のどちらを適用すべきかを選択する際のよりどころとなる水文資料の定常性の検討の方法について述べる。

水文頻度解析は、水文諸量の規模とその発生頻度の関係を統計的な方法により推定するものであり、前述の定常性の検討結果に応じて、定常な水文量の頻度解析又は非定常な水文量の頻度解析を適用する方法について述べる。

時系列変化特性の解析において、周期性等の時間変化特性の解析を行う方法について述べる。

1．2　資料の収集及び解析手法の前提条件の検討

＜考え方＞

水文統計解析の基となる水文資料は、解析の目的、解析方法、資料収集・整理の難易等を考慮して選定する。水文資料の選定、収集に当たっては次の各項目について調査・検討を行う。

１）水文資料の存在状態
２）観測又は記録の方法、水文資料の精度、代表性等の特性
３）水文資料収集に関する時間、費用等の作業の程度
４）他の調査成果資料

年最大値資料はその変動が大きいので水文資料の特性から吟味することは容易ではないが、平均値に比べ異常に大きいものや小さいもの等を見つけた場合は、その年の気象条件を吟味し、水文資料の妥当性を調べ、測定時の野帳等に戻って観測値の徹底的な吟味を行う。

また、水文資料を水文頻度解析に用いる際の検討項目として、１）ランダム性、２）独立性、３）均質性、４）定常性が考えられる。

１）ランダム性(Randomness)

ランダムとは、標本の変動が自然由来であることである。例えば、人為的に調節された流量データはランダムとはみなされないので調節効果を除去する必要がある。

２）独立性(Independence)
独立とは、標本の各データがそれぞれ他のデータの影響を受けていないことである。例えば、本日の流量は昨日の流量の影響を受けている（昨日の流量が大きければ、本日の流量も大きい）ので独立とはいえず、双方を水文資料に含めることはできない。通常、データのサンプリング間隔を大きくすれば独立とみなせる。

３）均質性(Homogeneity)
均質とは、標本が一つの母集団からのものとみなせることである。

４）定常性(Stationarity)
定常とは、標本からランダムな変動を除いた後の成分が時間的に変化していないことである。非定常なデータは、トレンド（長期的傾向変化）、ジャンプ（急激な変化）又は周期を持つ。例えば、トレンドは徐々に進む流域の改変等、ジャンプは自然的、人為的な条件の急変等と関係する。
定常性が満たされない場合は、水文資料から周期成分やジャンプの影響を排除した資料についてトレンドの有意性について検討し、有意と認められない場合は周期成分やジャンプの影響を排除した資料について定常性を前提とした水文頻度解析を適用する。そうでない場合は水文頻度解析にトレンド成分を内包する非定常な水文量の頻度解析を行う方法が考えられる。

1．2．1　水文資料の周期性の検討

＜例　示＞

水文資料の周期性の有無は、標本自己相関係数を用いたコレログラム（時系列相関図）で評価することができる。水文資料が独立同一分布からの標本かどうかを検定する手法として、有意水準を 5%とするとき、標本$\{X_1, X_2, \cdots, X_n\}$ の自己相関係数が信頼限界$\pm 1.96/\sqrt{n}$ の範囲に入るかどうかで判断できる。もし、想定される周期の 2～3 倍程度（または 40 タイムステップ程度）までの標本自己相関係数を求めて、そのうち 2、3 個以上が信頼限界外となるか、1 個が信頼限界のはるか外になれば、独立同一分布であるという仮説を棄却する。棄却された場合、調和解析等により周期成分を除去して水文頻度解析を行う必要がある。

1．2．2　水文資料のジャンプの検討

＜例　示＞

水文時系列資料がジャンプを有するかどうかの判断には、t-検定や Mann-Whitney 検定を用いることができる。なお、ジャンプは観測期間の長短により検出されなかったり、検出されたりするので、水文資料が十分な観測期間を有しているかどうかも併せて検討する必要がある。十分な観測期間の長さについては、水文資料の特性により異なる。水文資料が十分な観測期間を有していない場合は、ジャンプを有していないとみなす。また、ジャンプの原因が明確な場合、観測期間を分けた検討が必要である。
例えば、年降水量、洪水期降水量、月降水量、年最大日雨量、年最大時間雨量等の水文時系列資料を収集した場合、これらのうち最も安定的と考えられるのは年降水量である。日降水量や時間降水量等の年最大値は変動が激しく、ジャンプを検出することが難しい。このため、たとえ年最大値の解析が目的とするところであっても年降水量等の平均的特性を表すものによる検討を行うことが望ましく、そこで有意なジャンプが検出されれば、観測期間を分けた検討を行う。

1．2．3　水文資料のトレンドの検討

＜例　示＞

水文時系列資料がトレンドを有するかどうかの判断に使える手法として、Mann-Kendall 検定や新記録数検定等がある。ただし、検出力がそれぞれ異なり、必ずしも水文資料が単調なトレンドを有していることは少ないことから、複数の方法や対象期間等により評価する必要がある。

１）Mann-Kendall 検定

Mann-Kendall 検定は、トレンドが線形か非線形かを問わずに水文時系列資料のトレンドを検定するノンパラメトリックな手法である。本検定の帰無仮説 H_0 と、対立仮説 H_1 は、以下に示すとおりである。

H_0 ： n 個のデータ $\{X_1, X_2, \cdots, X_n\}$ が独立で同一の確率分布に従う。

H_1 ： n 個のデータ $\{X_1, X_2, \cdots, X_n\}$ が同一の確率分布に従わない。

Mann-Kendall 検定においては、式（3-1-4）で与えられる統計量 Z を定義する。

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} \mathrm{sign}\left(X_j - X_k\right) \tag{3-1-1}$$

$$\mathrm{sign}(\theta) = \begin{cases} 1 & \theta > 0 \\ 0 & \theta = 0 \\ -1 & \theta < 0 \end{cases} \tag{3-1-2}$$

$$\mathrm{Var}(S) = \frac{1}{18}\left(n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{n} e_i(e_i - 1)(2e_i + 5)\right) \tag{3-1-3}$$

$$Z = \begin{cases} \dfrac{S-1}{\sqrt{\mathrm{Var}(s)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \dfrac{S+1}{\sqrt{\mathrm{Var}(s)}} & S < 0 \end{cases} \tag{3-1-4}$$

ここに、e_i はデータ $\{X_1, X_2, \cdots, X_n\}$ を昇順に並べたとき、同じ値が連続して出現する個数を表し、n はその組数を表す。ここで、有意水準をαとしたとき、標準正規変量Z が $|Z| > z_{1-\alpha/2}$ のとき仮説 H_0 は棄却される。ここに、$z_{1-\alpha/2}$ は標準正規分布の超過確率$\alpha/2$ に相当するクォンタイルである。また、$S > 0$ のとき、水文時系列資料X_iは上昇傾向であることを示し、$S < 0$ のときは下降傾向であることを示す。

２）新記録数検定

水文時系列資料が定常で独立同一分布に従う場合、最初の記録を新記録として、以降この新記録が更新される回数を数える。この数は理論的に次式で表されるので、観測値から得られる新記録の回数と比較することにより定常性を評価できる。

$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \ldots + \frac{1}{\mathrm{n}} \approx 1\mathrm{ogn} + \gamma \tag{3-1-5}$$

ここにn は観測回数（年最大値を対象とする場合観測年数）、γ はオイラー定数であり、約 0.577216 である。時系列が増加傾向であれば、観測値から得られる新記録の数は理論値を上回り、減少傾向であれば逆に下回ることになる。例えば、有意水準 5%のとき、n =25、50、100 に対する新記録の個数の上限値はそれぞれ 7、8、9 である。

＜参考となる資料＞

水文時系列資料の定常性の解析の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 徐宗学，竹内邦良，石平博：日本の平均気温・降水量時系列におけるジャンプ及びトレンドに関する研究，水工学論文集，第46巻，pp.121-126，2002.

2) Salas, Jose R. : Analysis and Modeling of Hydrologic Time Series, Chap. 19, Handbook of Hydrology, (Ed.) D. R. Maidment, McGraw-Hill, New York, pp.19.1-19.72, 1993.

3) 飯山由利子，西村和夫，渋谷政昭：新記録数検定の検出力，応用統計学，Vol.24 No.1, pp.13-26，1995.

4) 関静香，加藤琢朗，志村光一，山田正：荒川水系における大雨の新記録出現理論に基づいた発生頻度に関する研究，土木学会第55回年次学術講演会，Ⅱ-155，2000.

5) 竹内啓，藤野和建：スポーツの数理科学―もっと楽しむための数字の読み方（応用統計数学シリーズ)，p.181，共立出版，1988.

6) P.J. Blockwell・R. A. Davis 著者，逸見功・田中稔・宇佐美嘉弘・渡辺則生訳：入門時系列解析と予測，p.431，シーエーピー出版，2004.

1．3　定常な水文量の頻度解析

＜標　準＞

定常性を前提とした水文量の生起頻度の解析は以下の手順による。

１）候補確率分布モデルの列挙
２）確率分布モデルの母数推定
３）候補モデルのスクリーニング
４）確率水文量のバイアス補正と安定性の評価
５）確率分布モデルの決定

1．3．1　候補確率分布モデルの列挙

＜例　示＞

水文頻度解析に用いるモデルの候補を解析対象水文資料に応じて列挙する方法がある。

＜例　示＞

１）水文時系列資料を一定の区間に分割し、それぞれの区間に含まれる最大値を収集した水文資料を区分最大値という。一般に極値資料とも呼ばれる。極値資料は 3 つの型の極値分布で表されることが証明されており、これらを一つの式で表したものが一般極値分布（GEV）である。一般極値分布の形状母数が 0 の場合が Gumbel 分布であり、x を変量とするときそれぞれ確率密度関数$f(x)$、確率分布関数$F(x)$は次のように表される。

a)　Gumbel 分布

$$f(x) = \frac{\exp\left\{-\frac{x-\xi}{\alpha}\right\}}{\alpha}\exp\left[-\exp\left\{-\frac{x-\xi}{\alpha}\right\}\right] \tag{3-1-6}$$

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left\{-\frac{x-\xi}{\alpha}\right\}\right] \tag{3-1-7}$$

b)　一般極値分布

$$f(x)=\frac{1}{\alpha}\left\{1-\frac{k(x-\xi)}{\alpha}\right\}^{\frac{1}{k}-1}\exp\left[-\left\{1-\frac{k(x-\xi)}{\alpha}\right\}^{1/k}\right] \tag{3-1-8}$$

$$F(x)=\exp\left[-\left(1-k\frac{x-\xi}{\alpha}\right)^{1/k}\right] \tag{3-1-9}$$

ここにξ：位置母数、α：尺度母数、k：形状母数であり、k=0 の場合が Gumbel 分布である。なお、一般極値分布はk >0 の場合、上限値を有する。

$$x\leq\xi+\alpha/k \tag{3-1-10}$$

2）閾値超過資料（POT：peaks over threshold）は、閾値を超過する独立なピーク値を全て取り出した資料である。年最大値資料が他の年の年最大値より大きな年間第 2 位や 3 位などのデータを使わず、また、年によっては洪水とみなせないような事象を含むのに対し、適切に閾値を選べばこのように特性の異なる水文資料を含むことを回避できる利点がある。閾値の選定によく用いられる手法としては、標本平均超過関数を用いる手法がある。以下に指数分布、一般 Pareto 分布を例示する。
一般 Pareto 分布の形状母数が 0 の場合が指数分布であり、xを変量とするとき、それぞれ確率密度関数$f(x)$、確率分布関数$F(x)$は次のように表される。

a） 指数分布

$$f(x)=\frac{\exp\left\{-\frac{x-\xi}{\alpha}\right\}}{\alpha} \tag{3-1-11}$$

$$F(x)=1-\exp\left\{-\frac{x-\xi}{\alpha}\right\} \tag{3-1-12}$$

b） 一般 Pareto 分布

$$f(x)=\frac{1}{\alpha}\left\{1-k\frac{x-\xi}{\alpha}\right\}^{\frac{1}{k}-1} \tag{3-1-13}$$

$$F(x)=1-\left(1-k\frac{x-\xi}{\alpha}\right)^{1/k} \tag{3-1-14}$$

ここに、ξ：位置母数、α：尺度母数、k：形状母数であり、k=0 の場合が指数分布である。なお、一般 Pareto 分布はk >0 の場合、上限値を有する。

$$x\leq\xi+\alpha/k \tag{3-1-15}$$

3）よく知られているように、誤差は正規分布に従う。また、一定期間内の日降水量等の短時間降水量は指数分布で表される場合が多い。指数分布に従う二つの変量の和はガンマ分布で表される。このように各分布の特徴や既往の事例などを踏まえ、対象とする水文資料の解析においては適切と考えられる分布を列挙する。以下に正規分布、Pearson Ⅲ型分布の確率密度関数$f(x)$、確率分布関数$F(x)$を例示する。

a） 正規分布

$$f(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right\} \tag{3-1-16}$$

$$F(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\int_{-\infty}^{x}\exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right\}dt \qquad (3\text{-}1\text{-}17)$$

ここにμ：平均、σ：標準偏差である。特に、μ＝0、σ＝1 の場合を標準正規分布と呼び、これに対する確率分布関数の数表が用意されている。

b） Pearson Ⅲ型分布

形状母数 γが 0 でなければ次の変数変換を行うと、

$$\alpha=\frac{4}{\gamma^2},\qquad \beta=\frac{1}{2}\sigma|\gamma|,\qquad \xi=\mu-\frac{2\sigma}{\gamma},\qquad \gamma\neq 0 \qquad (3\text{-}1\text{-}18)$$

γの正負ごとにx の分布範囲，確率密度関数$f(x)$及び確率分布関数$F(x)$が以下のように表される。

γ ＞0 の場合、xの分布範囲： $\xi\leq x<\infty$

$$f(x)=\frac{(x-\xi)^{\alpha-1}\exp\{-(x-\xi)/\beta\}}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} \qquad (3\text{-}1\text{-}19)$$

$$F(x)=G\left(\alpha,\frac{x-\xi}{\beta}\right)/\Gamma(\alpha) \qquad (3\text{-}1\text{-}20)$$

γ ＜0 の場合、x の分布範囲：$-\infty<x<\xi$

$$f(x)=\frac{(\xi-x)^{\alpha-1}\exp\{-(\xi-x)/\beta\}}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} \qquad (3\text{-}1\text{-}21)$$

$$F(x)=1-G\left(\alpha,\frac{\xi-x}{\beta}\right)/\Gamma(\alpha) \qquad (3\text{-}1\text{-}22)$$

ここに、$G(\alpha,z)$ は不完全ガンマ関数

$$G(\alpha,z)=\int_0^z t^{\alpha-1}\exp(-t)\,dt \qquad (3\text{-}1\text{-}23)$$

である。

Pearson Ⅲ型分布はγ が 0 に近づくとき、正規分布に漸近し、γ=2 の場合、指数分布となる。

1．3．2　確率分布モデルの母数推定

＜例　示＞

解析対象水文資料を用いて候補モデルの母数を求める際には、標本の大きさに応じて適切な推定法を用いるなどの手法があり、積率法、L 積率法、最尤法等の手法が用いられている。なお、小標本（標本サイズ＜30）については、L 積率法がよく用いられている。

１）積率法

従来、確率分布モデルの母数推定に当たってはその原点及び平均値まわりの積率、すなわち、平均値、分散、歪みをそれぞれ標本から得られる標本平均、不偏分散、不偏歪み等に等しいとおいて分布モデルの母数を推定する積率法を用いて、分布モデルの母数を求めてきた。

確率分布モデルの確率密度関数を$f(x)$とするとき、この平均μ、分散σ^2及び歪みγはそれぞれ、

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx \tag{3-1-24}$$

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 f(x) dx - \mu^2 \tag{3-1-25}$$

$$\gamma = \int_{-\infty}^{\infty} x^3 f(x) dx / \sigma^3 \tag{3-1-26}$$

と表される。一方、標本$\{X_1, X_2, \cdots, X_n\}$から得られる標本平均$\hat{\mu}_X$、不偏分散$\hat{\sigma}_X{}^2$、不偏歪み$\hat{\gamma}_X$は、

$$\hat{\mu}_x = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i \tag{3-1-27}$$

$$\hat{\sigma}_X{}^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}} (X_i - \bar{X})^2 \tag{3-1-28}$$

$$\hat{\gamma}_X = \frac{n}{(n-1)(n-2)\hat{\sigma}_X{}^3}\sum_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})^3 \tag{3-1-29}$$

と表される。$f(x)$が 2 母数の場合、(3-1-24)と(3-1-25)の左辺を(3-1-27)と(3-1-28)に置き換えて連立方程式を解くことにより、母数を求めることができる。3 母数の場合、(3-1-24)、(3-1-25)及び(3-1-26)の左辺を(3-1-27)、(3-1-28)及び(3-1-29)に置き換えて連立方程式を解くことにより、母数を求めることができる。なお、3 母数の場合、種々の歪みの補正が提案されている。

２）L 積率法

大きく外れたデータが含まれ歪んだ水文資料に対処するために考案された手法が PWM(probability-weighted moments)や L 積率（L Moments）を用いる手法である。L 積率は順序統計量の線形和で表される特徴を持つ(L は linear combinations に由来する)。

$X_j (j = 1,2,\cdots,n)$ を標本から得られた順序統計量$(X_1 \geq X_2 \geq X_3, \cdots, \geq X_n)$とするとき、PWM は次式で定義される。

$$\beta_r = \mathrm{E}\{X[F(X)]^r\} = \int_0^1 x F^r dt \tag{3-1-30}$$

PWM の標本推定値を算定するには 2 つの方法がある。最も単純な方法は確率分布関数$F(x)$にプロッティング・ポジションを使う方法である。

$$\hat{\beta}_r = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} X_j \left[1 - \frac{j - 0.35}{n}\right]^r \tag{3-1-31}$$

もう一つの方法は不偏推定値を求める方法であり、次式で表される。

$$\hat{\beta}_r = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n-r}\frac{\binom{n-j}{r}X_j}{\binom{n-1}{r}} = \frac{1}{r+1}\sum_{j=1}^{n-r}\frac{\binom{n-j}{r}X_j}{\binom{n}{r+1}} \tag{3-1-32}$$

この式をr ＝0、1、2、3 について具体的に書くと次のようになる。

$$\hat{\beta}_0 = \bar{X} \tag{3-1-33}$$

$$\hat{\beta}_1 = \sum_{j=1}^{n-1}\frac{(n-j)X_j}{n(n-1)} \tag{3-1-34}$$

$$\hat{\beta}_2 = \sum_{j=1}^{n-2}\frac{(n-j)(n-j-1)X_j}{n(n-1)(n-2)} \tag{3-1-35}$$

$$\hat{\beta}_3 = \sum_{j=1}^{n-3}\frac{(n-j)(n-j-1)(n-j-2)X_j}{n(n-1)(n-2)(n-3)} \tag{3-1-36}$$

このようにして求めた PWM を用いて L 積率は、次式で求めることができる。

$$\lambda_1 = \beta_0 \tag{3-1-37}$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0 \tag{3-1-38}$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 \tag{3-1-39}$$

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \tag{3-1-40}$$

$$\tau_2 = \lambda_2/\lambda_1 \quad (\mathrm{L-CV}) \tag{3-1-41}$$

$$\tau_3 = \lambda_3/\lambda_2 \quad (\mathrm{L-skewness}) \tag{3-1-42}$$

$$\tau_4 = \lambda_4/\lambda_2 \quad (\mathrm{L-kurtosis}) \tag{3-1-43}$$

これらの L 積率を各確率分布モデルの母数と L 積率の関係を表す連立方程式に代入することにより各確率分布モデルの母数を求めることができる。

a） Gumbel 分布

$$\alpha = \lambda_2/\log 2 \ , \quad \xi = \lambda_1 - \alpha\gamma \tag{3-1-44}$$

ここにγ：オイラーの定数であり、約 0.577216 である。

b） 一般極値分布（GEV）

$$k \approx 7.8590c + 2.9554c^2 \ , \quad c = \frac{2}{3+\tau_3} - \frac{\log 2}{\log 3} \tag{3-1-45}$$

$$\alpha = \frac{\lambda_2 k}{(1-2^{-k})\Gamma(1+k)} \tag{3-1-46}$$

$$\xi = \lambda_1 - \alpha\{1-\Gamma(1+k)\}/k \tag{3-1-47}$$

c） 指数分布

$$\alpha = 2\lambda_2 \ , \quad \xi = \lambda_1 - \alpha \tag{3-1-48}$$

下限値ξ が既知の場合

$$\alpha = \lambda_1 - \xi \tag{3-1-49}$$

d） 一般 Pareto 分布

$$k = \frac{1 - 3\tau_3}{1 + \tau_3} \tag{3-1-50}$$

$$\alpha = (1 + k)(2 + k)\lambda_2 \tag{3-1-51}$$

$$\xi = \lambda_1 - (2 + k)\lambda_2 \tag{3-1-52}$$

下限値ξが既知の場合

$$k = \frac{(\lambda_1 - \xi)}{\lambda_2} - 2 \tag{3-1-53}$$

$$\alpha = (1 + k)(\lambda_1 - \xi) \tag{3-1-54}$$

e） 正規分布

$$\mu = \lambda_1 \ , \quad \sigma = \sqrt{\pi}\lambda_2 \tag{3-1-55}$$

f） Pearson Ⅲ型分布

$$\alpha \approx \frac{1 + 0.2906z}{z + 0.1882z^2 + 0.0442z^3}, z = 3\pi{\tau_3}^2, \text{for } 0 < |\tau_3| < \frac{1}{3} \tag{3-1-56}$$

$$\alpha \approx \frac{0.36067z - 0.59567z^2 + 0.25361z^3}{1 - 2.78861z + 2.56096z^2 - 0.77045z^3}, z = 1 - |\tau_3|, \text{for } \frac{1}{3} < |\tau_3| < 1 \tag{3-1-57}$$

α が与えられる場合には次式の方がよい。

$$\gamma = \frac{2}{\sqrt{\alpha}}\text{sign}(\tau_3)\lambda_1 \ , \quad \sigma = \lambda_2\sqrt{\alpha\pi}\Gamma(\alpha)/\Gamma\left(\alpha + \frac{1}{2}\right), \ \mu = \lambda_1 \tag{3-1-58}$$

３）最尤法

確率密度関数が$f(x) = f(x;\theta)$で与えられ、母数ベクトルをθとするとき、次式で表される尤度関数

$$L(\theta) = L(\theta, X_1, X_2, \cdots, X_n) = \prod_{j=1}^{n} f(X_j, \theta) \tag{3-1-59}$$

を最大にする母数ベクトル

$$L(\hat{\theta}) = \max_{\theta} L(\theta) \tag{3-1-60}$$

を推定値とする手法が最尤法である。通常は尤度関数の自然対数をとった対数尤度関数を最大にすることにより最尤推定量を求める。

1．3．3　候補確率分布モデルのスクリーニング

＜例　示＞

候補モデルの解析対象水文資料への適合度を評価する手法として SLSC(Standard Least Square Criterion)が用いられてきている。SLSC は次式で定義される。

$$\text{SLSC} = \frac{\sqrt{\xi^2}}{|S_{99} - S_{01}|} \ , \ \xi^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(s_i - {s_i}^*)^2 \tag{3-1-61}$$

ここに、s_{99} 及びs_{01} はそれぞれ非超過確率 0.99 と 0.01 に対する当該確率分布の標準変量、n：標本の大きさ、s_i：順序統計量を推定母数で変換した標準変量、s_i^*：確率分布モデルで求めたプ

ロッティング・ポジションに対応するクォンタイルを推定母数によって変換した標準変量である。

SLSC は値が小さいほど適合度が良いと判断される規準であり、これが一定の水準を満たすことによりスクリーニングを行なう。SLSC は 0.04 以下であれば適合度を満足するとして用いられてきている場合が多い。

プロッティング・ポジションとしてはこれまでにいろいろな式が提案されている。水文資料から得られた順序統計量($X_1 \geq X_2 \geq X_3, \cdots, \geq X_n$)の i 番目の値の超過確率p_i は次式により、統一的に表すことができる。

$$p_i = \frac{i - \alpha}{n - 2\alpha + 1} \qquad (3\text{-}1\text{-}62)$$

ここに、n：標本サイズ、α：プロッティング・ポジションを決める定数であり、提案者により異なる。Weibull:0、Blom:0.375、Cunnane:0.4、Gringorten:0.44、Hazen:0.5 等がある。

SLSC を求める際にはプロッティング・ポジションとして多くの分布によく適合する Cunnane プロットがよく用いられている。なお、小標本の場合は、Weibull プロットを用いる手法がある。

なお、SLSC による適合度の評価と併せて適切な確率紙にプロットしてモデルの適合度を確認する手法が用いられている。

＜例　示＞

確率分布モデルの適合度を確認する手法として、Gumbel 確率紙及び指数確率紙を用いた例を示す。

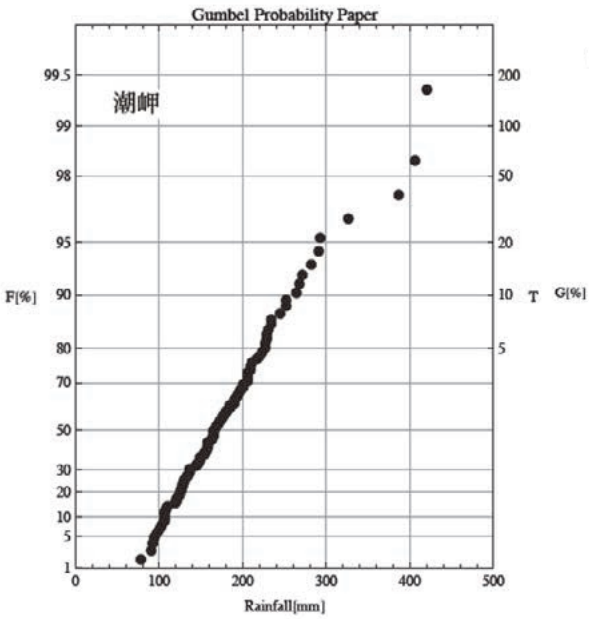


図3-1-1　Gumbel 確率紙の事例
（極値資料）

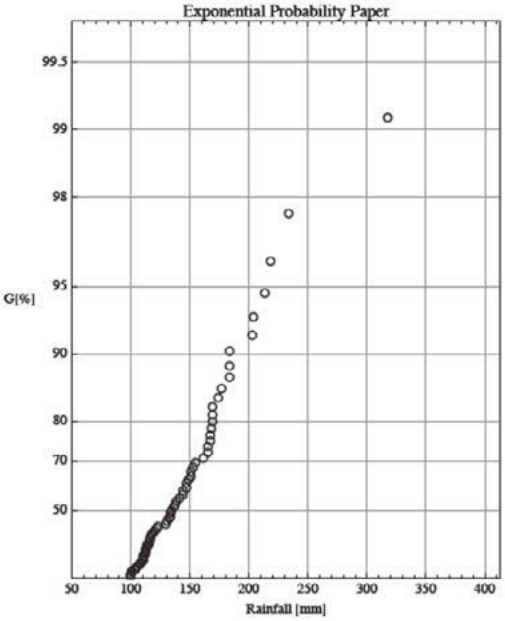


図3-1-2　指数確率紙の事例
（POT 資料）

1. 3. 4　確率水文量のバイアス補正と安定性の評価

＜例　示＞

一定レベルの適合度を満足する確率分布モデルを対象に、必要に応じてリサンプリング手法を用いることにより、確率分布モデルの確率水文量のバイアスを補正するとともにその安定性

を評価する手法として jackknife 法や bootstrap 法がある。

jackknife 法は大きさn個の標本のうちi番目の１データのみを欠いたデータ数$n-1$個の標本を全てのiについて作成し（n セット作成することになる）、これらの標本から求めた統計量をもとに不偏推定値及びそのまわりの推定誤差を算定する手法である。

一方、bootstrap 法は大きさn 個の標本から重複を許して任意にn個取り出した標本を複数作成し、これらの標本から求めた統計量を基に不偏推定値及びそのまわりの推定誤差を算定する手法である。

jackknife 法は計算回数が少なく、作成する標本数、不偏推定値及び推定誤差が一意的に定まるのに対し、bootstrap 法は作成する標本数が任意に設定でき、作成する標本数によって不偏推定値や推定誤差が異なる。両手法によるバイアス（偏倚）補正量は、bootstrap 法のバイアス補正量が jackknife 法のバイアス補正量の$(n-1)/n$ となるが、n が極端に小さくなければこの差は小さい。

jackknife 法の具体的手順は以下のとおりである。大きさnの標本の各データを$X_1, X_2, \cdots, X_n$とする。これを用いて求める母集団の特性を推定する統計量を

$$\hat{\psi} = \psi(X_1, X_2, \cdots, X_n) \tag{3-1-63}$$

とする。大きさn個の標本のうちi番目の１データのみを欠いたデータ数$n-1$個の標本を用いた統計量を

$$\hat{\psi}_{(i)} = \psi(X_1, X_2, \cdots, X_{i-1}, X_{i+1}, \cdots, X_n) \tag{3-1-64}$$

とする。$\hat{\psi}_{(i)}$は$i = 1,2,\cdots n$に対して求まるのでn個求まることになる。

$\hat{\psi}_{(i)}$の平均値を

$$\hat{\psi}_{(\cdot)} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\hat{\psi}_{(i)} \tag{3-1-65}$$

により求める。バイアス推定値は次式で与えられる。

$$\widehat{\mathrm{BIAS}} = (n-1)\left(\hat{\psi}_{(\cdot)} - \hat{\psi}\right) \tag{3-1-66}$$

これを用いて統計量のバイアスを補正した jackknife 推定値は次式で与えられる。

$$\tilde{\psi} = \hat{\psi} - \widehat{\mathrm{BIAS}} = n\hat{\psi} - (n-1)\hat{\psi}_{(\cdot)} \tag{3-1-67}$$

また、jackknife 法による推定誤差分散は、

$$\widehat{\mathrm{VAR}} = \frac{n-1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\hat{\psi}_{(i)} - \hat{\psi}_{(\cdot)}\right)^2 \tag{3-1-68}$$

で求められる。

jackknife 法を適用しない場合の統計量が$1/n$のオーダーのバイアスを有しているのに対し、(3-1-67)で示される jackknife 推定値のバイアスは$1/n^2$のオーダーであり、jackknife 法によるバイアスの補正が有効である。

1．3．5　確率分布モデルの決定

＜例　示＞

適合度の基準を満足する確率分布モデルを用いる方法がある。

確率分布モデルを選択する場合には、適合度の基準を満足するものの中から安定性の良好な

確率分布モデルを採用する方法がある。この場合、本節の 1.3.4 で求められた確率水文量の推定誤差分散の平方根である推定誤差を指標とし、相対的にこれが小さい確率分布モデルを選択する方法が考えられる。

超過確率若しくは非超過確率に対応する確率水文量又は任意の規模の変量に対応する超過確率若しくは非超過確率は、用いることとした確率分布モデルから推定する。

任意の規模の変量xに対応する非超過確率Fを求めるには確率分布関数$F(x)$のxに単に代入すればよい。超過確率は$1-F$で求めることができる。超過確率の逆数が再現期間（return period）である。

$$\text{Return Period} = \frac{1}{1-F} \tag{3-1-69}$$

確率水文量を求めるには、用いることとした分布の確率分布関数$F(x)$を変量xについて解いた式に、非超過確率Fを代入して確率水文量を求める。年最大値等の極値資料を対象とする分布の確率水文量を求めるための例を以下に示す。

１）Gumbel 分布

$$x(F) = \xi - \alpha \cdot \log(-\log(F)) \tag{3-1-70}$$

２）一般極値分布

$$x(F) = \xi + \alpha\{1-(-\log(F))^k\}/k \qquad (k \neq 0) \tag{3-1-71}$$

POT の閾値を超える変量、その非超過確率を表す確率分布関数$G(x)$及び年最大値資料の確率分布関数$F(x)$の間には次式の関係がある。

$$F(x) = \exp\{-\lambda(1-G(x))\} \tag{3-1-72}$$

ここに、λは閾値を超える事象の年間発生率である。この式を$G(x)$について解き、年最大値資料の非超過確率Fに対応する非超過確率Gを次式で求め、これを(3-1-12)や(3-1-14)の$F(x)$の代わりに置き換えてxついて解けば、(3-1-74)や(3-1-75)になり、年最大値資料を対象とした再現期間に対応する確率水文量を求めることができる。

$$G = 1 + \frac{\log(F)}{\lambda} \tag{3-1-73}$$

３）指数分布

$$x(F) = \xi - \alpha \cdot \log\left(-\frac{\log(F)}{\lambda}\right) \tag{3-1-74}$$

４）一般 Pareto 分布

$$x(F) = \xi + \alpha\left\{1-\left(-\frac{\log(F)}{\lambda}\right)^k\right\}\Big/k \qquad (k \neq 0) \tag{3-1-75}$$

５）正規分布

正規分布の確率分布関数の逆関数は陽には表せないので、標準正規分布表を用いるか、誤差関数の逆関数を用いるなどして確率水文量を求める。

1．3．6　確率分布モデルの決定に関する補足事項

＜例　示＞

本節の 1.3.5 の確率分布モデル選定において判断が難しい場合は、赤池の情報量基準(AIC)による評価も併せて用いる手法が考えられる。

AIC は次式で定義される。

$$\mathrm{AIC} = 2m - 2\mathrm{MLL} \tag{3-1-76}$$

ここにmは母数ベクトルの次元数（母数の数）である。MLL は最大対数尤度

$$\mathrm{MLL} = \sum_{i=1}^{n} \log\left[f\left(X_i, \hat{\theta}\right)\right] \tag{3-1-77}$$

であり、母数ベクトル$\hat{\theta}$は最尤推定量であるが、L 積率を用いて母数推定した場合にはその母数ベクトルを代わりに用いる。

一般に母数の数が多くなると分布の適合度はよくなる。AIC は母数の数を考慮していることが適合度のみを評価する他の規準とは異なる。AIC の値が小さいほどよいモデルであると判断される。

＜参考となる資料＞

本基準に従い水文頻度解析を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1)　岩井重久，石黒政儀：応用水文統計学，森北出版，1970.

2)　角屋睦：水文統計論，土木学会水理委員会 水工学シリーズ，64-02，p.59，1964.

3)　高橋倫也：極値統計学，統計数理研究所公開講座，p.57，2008.

4)　宝馨：水文頻度解析の進歩と将来展望，水文・水資源学会誌，Vol.11 No.7，pp.740-756，1998.

5)　水文・水資源学会編集：水文・水資源ハンドブック，pp.238-248 7.3　水文頻度解析，朝倉書店，1997.

6)　Stedinger，J.R.，R.M. Vogel，and E. Foufoula-Georgiou：Frequency Analysis of Extreme Events，Chap. 18，Handbook of Hydrology，(Ed.) D. R. Maidment，McGraw-Hill，New York，pp.18.1-18.66，1993.

7)　林敬大，立川康人，椎葉充晴，萬和明，Kim Sunmin：SLSC による水文頻度解析モデル適合度評価への統計的仮説検定の導入，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.68 No.4，pp.1381-1386，2012.

8)　葛葉泰久：治水計画策定における統計的手法－SLSC 及び費用便益分析に関する考察－，土木学会論文集，Vol.66 No.1，pp.66-75，2010.

1．4　非定常な水文量の頻度解析

＜例　示＞

定常とみなせない場合の水文量の頻度解析として、以下の手順による方法が考えられる。

1）水文資料の周期性やジャンプの有無を検討し、これらを含まない水文資料とする。

2）水文時系列資料の統計特性の時間的変化がモデルの中に組み込まれた確率分布モデルの母数を推定し、確率評価を行う。例えば、年最大値等の極値資料を扱う一般極値分布の場合や POT 資料を扱う一般 Pareto 分布の場合、位置母数、尺度母数及び形状母数の 3 母数で表されるが、そのうち、位置母数及び尺度母数が時間的に変化するモデルを考える。

$$\xi(t) = \beta_0 + \beta_1 t \quad \text{又は} \quad \xi(t) = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 \tag{3-1-78}$$

$$\alpha(t) = \exp(\beta_3 + \beta_4 t) \qquad (3\text{-}1\text{-}79)$$

このような母数の中のパラメータを最尤法で解くことにより、時系列変化を表す確率分布モデルを推定する。

＜参考となる資料＞

時系列資料の統計特性の時間的変化をモデルの中に組み込んだ確率分布モデルの詳細については、下記の資料が参考となる。

1） Coles, S. : An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values, Springer, p.208, 2001.

2） 高橋倫也：極値統計学，統計数理研究所公開講座，p.57，2008.

1．5　時系列変化特性の解析

＜考え方＞

水文現象には時間的にある程度規則性を持ちつつかつ徐々に平均や分散等の統計的特性が変化すると考えられるものが多い。時系列解析はこの時間変化の特性を定量的に明らかにすることを目的とした解析法を総称したものであり、以下の方法が考えられる。

時系列現象の変化状態を大別すると、一般に長期的傾向変化（トレンド)、周期性変化、持続性変化及び偶然性の変化に分けられる。これらの特性を定量的に明らかにする場合には、それぞれに対応した解析方法が必要である。

気候変化等の影響を受け解析対象水文資料の統計的特性が経年的に変化していると判断される場合の水文頻度解析には、本節の 1.4 の非定常性を考慮した検討を行う。

なお、水文資料の統計的特性は観測期間により経年的な変化の有意性が異なるため、観測期間の取り方を変えた評価を行うなど慎重な検討が必要である。

＜例　示＞

水文時系列資料の時間経過に対する状態の傾向を把握する方法として、次に示す事項のいずれかの方法又はこれらを組み合わせた方法が考えられる。

1）経過時間と、対応する水文資料の値を図化整理（時系列図）して、直接その変化状態を見る。

2）資料の値について移動平均値を求め、その時間的な変化傾向を見る。

3）任意の時間区分によって資料を数群に分け、それぞれの群についての観測値の平均値、分散、系列相関係数等の統計量を求め、それから推定される母集団の特性値について、各群の値を比較する。

4）コレログラム（時系列相関図）を作成して、周期性変化及び持続性変化の傾向の有無を見る。

図 3-1-3 に 1876 年から 2010 年までの東京の年降水量とこれを 11 年で移動平均したものを示す。

この事例について全期間を対象に Mann-Kendall 検定を行うと Z =-0.36 となり、定常であるという仮説は有意水準 5%で判断すると棄却されないので有意な減少傾向とはいえない。

図 3-1-4 は同期間の年最大日雨量の推移を示したものである。

図 3-1-4 の水文資料について観測開始から 25 年経過した 1900 年から 2010 年までを対象に Mann-Kendall 検定を行った結果を図 3-1-5 に示す。

この図から横軸が 1950 年付近にZ＞1.96 となっている部分が見られる。この部分は 1876 年から 1950 年ごろまでのデータで判断すると有意水準 5%で判断すると定常であるという仮説は棄却されることを示している。しかし、その後のデータの蓄積で、2010 年までの全てのデータを用いるとZ=1.18 となり、同仮説は棄却されない。

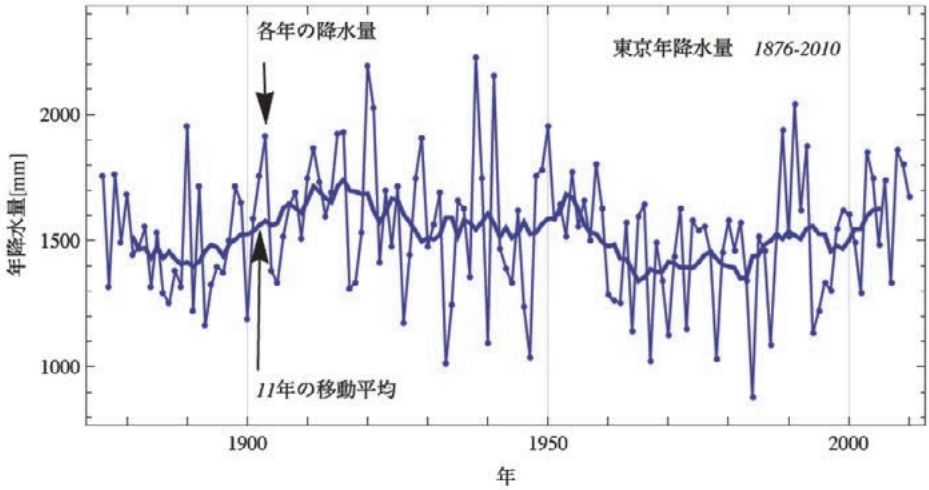


図3-1-3　東京の 1876-2010 の年降水量と 11 年の移動平均（太線）

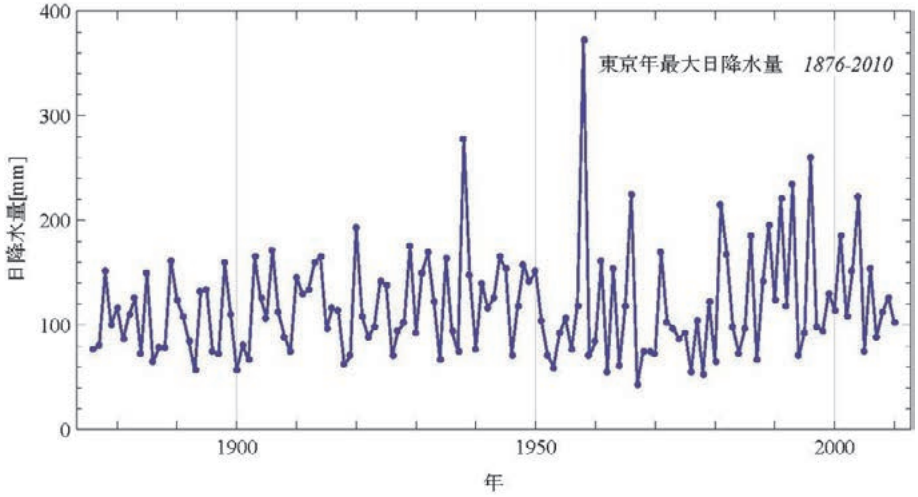


図3-1-4　東京の 1876-2010 の年最大日降水量

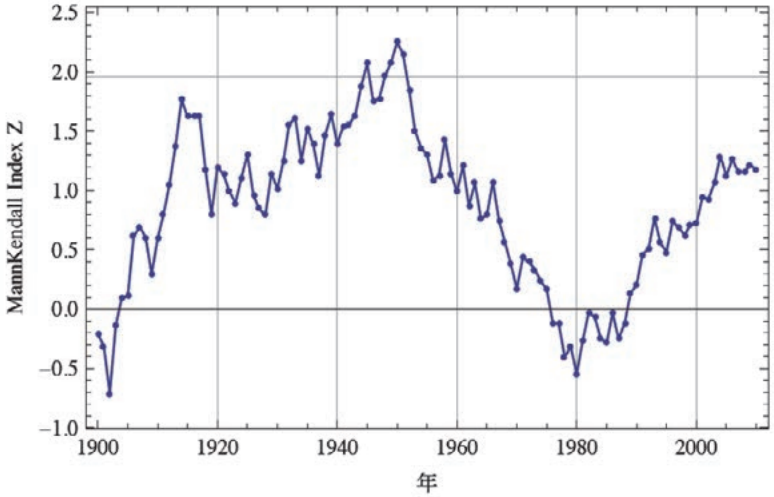


図3-1-5　東京の 1876-2010 の年最大日降水量のトレンド評価

図 3-1-6 は東京の 1876 年から 2010 年までの月降水量のコレログラムを示したものであり、12 か月の周期性がはっきり現れているのが分かる。

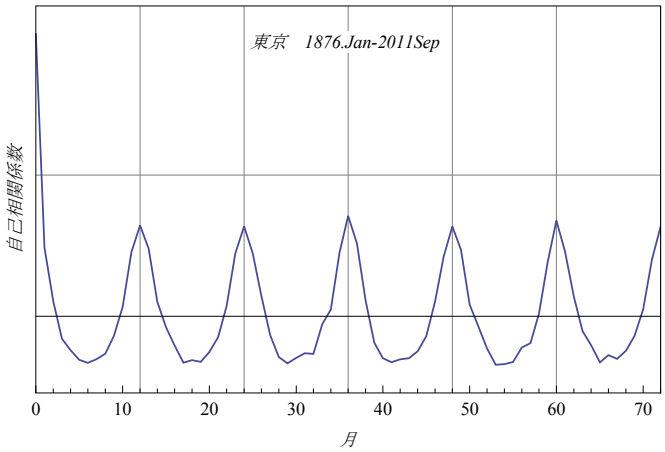


図3-1-6　東京の 1876-2010 の月降水量のコレログラム

コレログラムのパターン形状の特徴、すなわち時系列変化の特徴はおおよそ図 3-1-7 のように分類することができる。

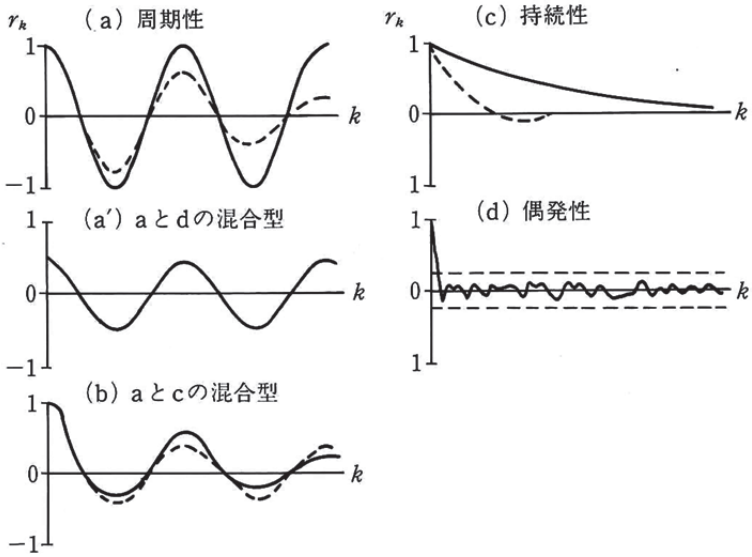


図3-1-7　時系列変化のパターン

① ほとんど完全な周期性（a）　② 持続性（減衰傾向）（c）
周期性と偶発性の混合型（a’）　③ 純偶発性（d）
周期性と持続性の混合型（b）

なお、周期性の理由が明確でない場合、コレログラムによる完全な周期性の判断基準としては、水文資料全期間の中に数サイクル以上周期が含まれていること等が考えられる。

更に、詳細に時系列変化の特性を求める場合には、おおよそ以下に示す方法の 1 つ又はそれらを組み合わせた方法によって基本的な解析を行ってもよい。

1）時間に関する 1 次式又は多次式をあてはめた回帰分析によって傾向変化曲線（トレンド）

を推定する。

２）周期解析（又はピリオドグラム解析）等の方法によって、周期変化成分の特性を求める。

３）コレログラム解析その他の方法によって、周期成分の変化及び持続性変化の特性を求める。

４）もとの時系列変化を上記１）ないし３）で求められる規則的変化成分と残りの不確定な変化成分に分ける。後者についてはその分布特性及び生起特性についての解析を行う。

第３章　水文解析　第２節　流出解析

目　次

第２節　　流出解析 1
２．１　　総説 1
２．１．１　流出解析の目的 1
２．１．２　流出モデルの種類と特徴 1
２．２　　洪水流出計算 2
２．２．１　総説 2
２．２．２　洪水流出モデルの選定 3
２．２．３　水文資料及び流域特性資料の収集と整理 3
２．２．４　洪水流出モデル構造の決定と入力する降雨の算出 4
２．２．５　洪水流出モデルの定数解析と検証 6
２．２．６　洪水流量の計算 7
２．３　　低水流出計算 7
２．３．１　総説 7
２．３．２　蒸発散量の計算 7
２．３．３　取水・還元量等の推定 8
２．３．４　積雪・融雪量の推定 9
２．４　　主要な流出モデルの事例 10

平成 26 年 4 月　版

第3章　水文解析
第2節　流出解析

＜考え方＞

本節は、河川等の調査で行う流出解析に必要な技術的事項を定めるものである。

流出解析に用いる流出モデルは多種多様であり、また、次々と新たな流出モデルや解析手法が考案されている。そのため、本節は、河川等の調査で行う流出解析に共通する技術的事項について記載するとともに、河川等の調査で適用実績のある代表的な流出モデルを例示する。

2．1　総説

2．1．1　流出解析の目的

＜考え方＞

河川等の調査で行う流出解析の目的は、一般に、以下のように大別できる。

１）河川等の計画や河川管理施設等の設計のための河川流量の計算
２）実時間での河川流量（特に洪水時の流量）の予測
３）長期の河川流量の計算
４）流域や気候の変化に伴う水循環の変化の予測
５）水文観測が十分でない流域の長期又は洪水時の河川流量の計算
６）流出現象のより深い理解のための解析

本節では、特に断りのない限り、１）河川等の計画や河川管理施設等の設計のための河川流量の計算、又は３）長期の河川流量の計算の目的での流出解析について記述する。

＜参考となる資料＞

流出解析の目的分類とその解説の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　池淵周一，椎葉充晴，宝馨，立川康人：エース 水文学（エース土木工学シリーズ），pp.125-126，朝倉書店，2006.
2)　日本学術会議:回答　河川流出モデル･基本高水の検証に関する学術的な評価,p.3,2010.

＜必　須＞

流出解析の方法・手順は、流出解析の目的や利用可能な資料等に応じて適切に設定しなければならない。

2．1．2　流出モデルの種類と特徴

＜例　示＞

流出モデルは視点ごとにさまざまな分類が可能である。代表的な分類例とそれぞれの特徴を以下に示す。

１）予測期間からみた分類
- 短期流出モデル
- 長期流出モデル

短期流出モデルは、洪水流出モデルとも呼ばれ、数時間から数日の流出現象を計算するモデルである。数日の河川流量を 1 時間単位又はそれよりも短い時間単位で計算する。この場合の流出モデルは、斜面流出過程と河道網での流れのモデル化が流出モデルの主要部分となり、蒸

発散過程は短期流出モデルに導入しないことが多い。一方、長期流出モデルでは、積雪・融雪や蒸発散の過程を適切にモデルに反映させることが重要となる。

２）降雨―流出の応答の考え方からみた分類

- 応答モデル
- 概念モデル
- 物理モデル

応答モデルは、入出力の応答関係から降雨流出の関係式を構成するモデルである。

概念モデルは、現象を概念的に捉え降雨流出の関係式を構成するモデルである。過去の長期間の降雨と河川流量の水文資料が存在し適切にモデルの定数を設定できれば、比較的精度よく河川流量を予測できる。また、計算負荷が小さいという特徴を有する。

物理モデルは、物理的な法則性に基づいた基礎式から降雨流出の関係式を構成するモデルである。土地利用や流域環境の変化をモデルに表現することができる。

３）モデルの空間的な構成方法からみた分類

- 集中定数系モデル（集中型モデル）
- 分布定数系モデル（分布型モデル）

集中定数系モデルは、ある対象地点の流量の計算を行うとき、対象地点上流の流域を単位としての流出過程を流域全体で平均化するモデルである。

分布定数系モデルは、降雨時の時空間観測データを取り込み、地形・地質・地被等の地域情報の分布を考慮し、水文量の時空間分布を計算できるような構造のモデルである。

＜参考となる資料＞

流出モデルの分類と特徴の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 池淵周一，椎葉充晴，宝馨，立川康人：エース 水文学（エース土木工学シリーズ），pp. 188-191，朝倉書店，2006.

2) 日本学術会議:回答　河川流出モデル･基本高水の検証に関する学術的な評価, p. 3, 2010.

2. 2　洪水流出計算

2. 2. 1　総説

＜考え方＞

洪水流出計算は、一般的に以下の手順で実施される。

１）流出モデルの選定
２）水文資料及び流域特性資料の収集と整理
３）流出モデル構造の決定及び入力する降雨の算出
４）流出モデルの定数解析と検証
５）流量の計算

ただし、洪水流出解析の目的や利用できる水文観測資料の制約、用いる流出モデル等により、この手順は簡略化される場合もある。例えば、合理式を用いる場合は、３）、４）が省略されることがある。

2．2．2　洪水流出モデルの選定

＜標　準＞

洪水流出モデルは、洪水流出解析の目的や必要とされる水文資料の有無等に応じて、適切な流出モデルを選定し、必要に応じて改良を加えることを標準とする。

例えば、水循環健全化の検討で流域の都市化が流量に与える影響の予測が必要となる場合、流域変化前後の流出特性を表現できる流出モデルを選定する。

＜例　示＞

洪水流出モデルの選定に当たり、モデルの頑健性（異なる洪水事象におけるモデルの適用性）や十分な適用実績を考慮している例が多い。

合理式は、土地利用に応じた定数の標準値の調査事例が豊富であり、過去の流量資料がない小さな流域での洪水のピーク流量の計算手法として長年の適用実績を有する。

貯留関数法は、我が国における洪水流出に対し高い再現性を有し、広く利用されている。

タンクモデルは、世界の多様な気候条件や流域特性を持つ流域での流出予測に適用された実績を有する一方、多くの定数を過去の水文資料から試行錯誤で求めなければならない。

一般的に、モデル定数の数が多いと再現性は高まる一方で、頑健性が低下する。数多く開発されている分布定数系モデルは、運動方程式に物理式を適用することにより頑健性を損なわない工夫がなされている。

2．2．3　水文資料及び流域特性資料の収集と整理

＜考え方＞

洪水を対象とする水文資料及び流域特性資料は、流出解析の精度を高める観点から、できる限り収集する。また、収集した資料の整理は、用いる流出モデルの構造に適合するように行う。

＜標　準＞

解析対象地域内とその近傍の雨量、水位、流量観測記録をできる限り収集し、洪水ごとに資料の存否を整理することを基本とする。

雨量資料については、対象河川流域内の雨量資料だけでは雨量の時空間分布を適切に再現できない場合もあり得ることから、その周辺近傍地域において得られる全ての雨量資料を降雨原因を含めて収集することを基本とする。

流量資料については、流量の観測方法を明示するものとする。

＜標　準＞

観測流量が貯水池での調節等の人為的影響や洪水時の外水氾濫等の偶発的影響を受ける場合、流出解析の目的に応じた適切な方法でこれらの影響を考慮することを標準とする。

＜例　示＞

流域平均雨量と観測流出高の時系列変化図を作成することで、洪水事象ごとの降雨と流出の関係の特徴を把握する方法がある。

＜推　奨＞

必要に応じ、水文資料の照査に利用可能な関連資料を整理する。

天気図等の気象情報、レーダ雨量、浸水被害や土砂災害等の災害記録は雨量資料の精度の把握に、また、観測所以外の地点で特定の期間に調査された水位、流量、水位痕跡等は観測所で

の流量資料の精度の把握に役立つことが多い。

＜推　奨＞

必要に応じ、当該流域の地形、地質、土地利用、土地被覆等の資料を収集、整理し、流域分割の妥当性の検討や流出モデルの定数解析、流出計算結果の分析等に活用することを推奨する。

2. 2. 4　洪水流出モデル構造の決定と入力する降雨の算出

＜標　準＞

洪水流出計算では、当該河川流域を流出計算の基本単位（小流域や小区画など）に分割し、河道モデルにより連結し計算することを基本とする。その際には、洪水流の伝播や河道貯留の影響等の取扱いに留意しなければならない。

＜標　準＞

洪水流出計算における河道の洪水波を追跡する場合の河道計算方法は、流域の基本単位の流出モデルの精度と整合のとれた手法を、河川における洪水波の伝播に伴う水理量の変化を知ることを目的とした一次元の解析手法から選定することを標準とする。

＜例　示＞

洪水流出計算における河道計算方法は、水理学的追跡法と水文学的追跡法に大別できる。

水理学的追跡法は、一次元開水路流れの運動方程式を、差分法や特性曲線法などの数値計算法により数値解を得る手法であり、河川の断面の水理学的特性に関する情報が必要となる。開水路流れの運動方程式においてどの項まで考慮するかによって、いわゆる不定流計算であるダイナミック・ウェーブモデルから、拡散波モデル、キネマティック・ウェーブモデルまでの選択肢がある。

水文学的追跡方法は、河道区間への流入と流出の応答関係を数式化する手法であり、更に以下のように分類できる。

１）ある河道区間内の水体の連続方程式と運動方程式（貯留関数）を用いる方法
２）洪水波の伝播速度（遅れ時間）を設定する方法
３）洪水流の水位の相関を利用する方法

１)の方法としては、貯留関数法、Muskingum 法等がある。貯水池内の洪水追跡法として、河道区間の水体の水面が一様に昇降する場合の貯留関数法に相当する貯水池モデルがある。これらの定数は、河道区間の横断面形状等の水理学的情報から求めることができる。

２)の方法としては、Manning 式や Chezy 式といった等流式を用いる方法、合理式の洪水到達時間を求める式を用いる方法、貯水池などにおける長波の伝播速度を用いる方法がある。水理・水文学的情報が限定された条件下において簡易的に計算を行いたい場合に有用である。

３)は、洪水流出計算の対象地点以外の地点で水位予測を行う場合や、実時間洪水予測等で用いられる方法である。

＜参考となる資料＞

集中定数系モデルによる洪水流出計算での河道計算方法は、下記の資料が参考となる。

1)　土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］, pp.119-125, 丸善, 1999.

貯留関数法及びMuskingum法による河道計算における定数の水理学的推定法は、下記の資料が参考となる。

2) 橋本宏，藤田光一：洪水追跡法（その２）―洪水追跡モデルの適用限界と未知パラメータの推定法―，土木技術資料，28-8，pp.442-448，1986.

河道計算方法の詳細については、下記の資料が参考となる。

3) 池淵周一，椎葉充晴，宝馨，立川康人：エース 水文学（エース土木工学シリーズ），pp.125-126，朝倉書店，2006.

＜必　須＞

流出モデルに入力する雨量は、流出モデルの流域の基本単位ごとの面積平均雨量とする。面積平均雨量の算出に当たっては、流域内の地形性降雨の地域分布特性、年代により異なる降雨観測所網、欠測状況等を考慮し、最も適切と考えられる方法により行うものとする。

＜例　示＞

面積平均雨量を算出する方法としては、等雨量線法、ティーセン法、算術平均法、支配圏法、高度法、代表係数法等がある。

＜参考となる資料＞

等雨量線法、ティーセン法、算術平均法、支配圏法、高度法については、下記の資料が参考となる。

1) 日本学術会議:回答　河川流出モデル･基本高水の検証に関する学術的な評価,pp.27-28,2010.

代表係数法については、下記の資料が参考となる。

2) 木村俊晃：相関関係の解析を基礎とした流域平均雨量の算定法，土木技術資料，2-5，pp.173-179，1960.

＜例　示＞

レーダ雨量計解析処理データが地上雨量計による観測雨量から算出される雨量より高精度と判断できる場合、これを幾何補正して入力値とする方法がある。

また、過去観測された気象情報と気象数値モデルを用いて過去の気象を詳しく解析する同化解析の結果である「再解析データ」から降雨量を抽出し利用する方法も研究されている。

＜例　示＞

実時間洪水予測において流出モデルに入力する予測雨量が必要な場合、地点での降雨予測値から面積平均雨量を算出し入力する方法や気象数値予測結果を入力する方法がある。

＜参考となる資料＞

実時間洪水予測については、下記の資料が参考となる。

1) (財)河川情報センター：中小河川における洪水予測の手引き，2002.

＜標　準＞

洪水流出計算では、流域での雨水の損失・保留機能を内蔵するものは別として、直接流出（表

面流出＋中間流出）成分を計算対象とすることを標準とする。一つの洪水事象での総有効降雨量は、直接流出成分の総量に等しくなる。直接流出成分は、観測ハイドログラフの基底流出成分の分離により求めることを標準とする。流出成分の分離方法として、洪水立ち上り点で水平に分離する方法、ハイドログラフ逓減部の折曲点と洪水立ち上り点を結んだ線で分離する方法等がある。

＜参考となる資料＞

流出成分の分離の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，p.36，丸善，1999.

＜例　示＞

有効降雨に関する定数は、観測資料から得られる洪水期間の水収支に基づき求めることができる。

また、降雨の初期に凹地等に貯留される効果が水収支等から認められる場合、これを有効降雨の算出に組み入れた計算法を用いることができる。

＜参考となる資料＞

有効降雨の算出手順の考え方については、下記の資料が参考となる。

1)　日本学術会議：回答　河川流出モデル・基本高水の検証に関する学術的な評価，pp.5-6，2010.

2．2．5　洪水流出モデルの定数解析と検証

＜考え方＞

洪水流出モデルの定数解析、検証のための洪水事象は、過去の記録を超える洪水のピーク流量の予測、大洪水から中小洪水までのハイドログラフの再現等の流出計算の目的や利用できる観測資料等を勘案して選定する。

定数解析が適切に行われたことは、観測流量と計算流量を比較することで確認する。

検証用の洪水事象は、定数解析用と異なる洪水事象を選定することが望ましいが、大洪水等の事象数が限られる場合、当該流出モデルが様々な流域で検証された実績を有することをもって検証を省略し、より多くの洪水事象を定数解析に用いることによりその精度を向上させるものとする。

＜必　須＞

洪水流出モデルの定数解析は、観測資料の精度に大きく依存するので、流域平均雨量等の入力値又は観測流量の精度が著しく低いと判断される場合、定数解析対象から除外するものとする。

＜標　準＞

洪水流出モデルの定数解析に当たっては、例えば大洪水のピーク流量の再現といった流出計算で再現しようとする事象について、複数の洪水事象のピーク流量を適切に再現できるよう対象洪水を選定することを標準とする。ただし、個別の洪水事象の現象の理解など特定の目的の場合はその限りではない。

＜推　奨＞

洪水流出モデルの定数解析に当たっては、できるだけ多くの洪水事象を対象とすることが望ましい。

＜例　示＞

計算流量と観測流量との適合度を定量的に示す数値指標としては、ピーク流量付近の誤差に重みをおく評価基準、相対基準、相対2乗基準、Nash-Sutcliffe 効率等がある。

＜参考となる資料＞

適合度を示す各数値指標については、下記の資料が参考となる。

1) 望月邦夫：淀川の治水計画とそのシステム工学的研究，京都大学博士論文，1970.

2) 角屋睦,永井明博:流出解析手法(その11),農業土木学会誌,第48巻 第11号,pp.851-856, 1980.

3) Nash J. E. and Sutcliffe, J. V. : River Flow Forecasting Through Conceptual Models Part I - A Discussion of Principles, Journal of Hydrology, 10, pp. 282-290, 1970.

2. 2. 6　洪水流量の計算

＜考え方＞

流量の計算は、同定された流出モデルに降雨を入力して行う。

2. 3　低水流出計算

2. 3. 1　総説

＜考え方＞

低水流出解析の一般的手順は、基本的に洪水流出解析の手順と同じである。以下、洪水流出解析とは異なる項目について記述する。

＜考え方＞

流量は1950年代以降の記録が多いが、雨量の記録は相当長期にわたって存在する。低水流出計算は、流量未観測期間の流量資料の補完（復元）の目的で利用されることが多い。

＜標　準＞

低水流出解析は、通常、日単位あるいは半旬単位で行うことを標準とする。

＜標　準＞

日平均流量(m^3/s)を流出高(mm/day)に変換する際、日雨量、日流量の日界を把握し、流出計算時の留意事項として記録する。例えば、日流量は、自記水位記録の観測所の場合は1時から24時までの毎正時の流量の平均、水位標の観測所の場合は通常6時及び18時の流量の平均である。

2. 3. 2　蒸発散量の計算

＜標　準＞

低水流出計算では、降雨及び融雪を入力し、これから損失を差し引いた量が時間をかけて流出すると考え、これを追跡計算するのが一般的である。損失は、蒸発散による大気への水移動、流域貯留量変化、深層地下水帯水層を通した流域外への流失である。河川流域を対象とする場

合は、通常、最後の流失は無視できると考えるのが一般的である。また、1 水文年の始まりと終りでは、流域貯留量変化は無視できると考え、この間の損失はすべて蒸発散であるとし、1 水文年の水収支に合うように蒸発散量を推定する方法を基本とする。

＜標　準＞

蒸発散量は、可能蒸発散量又は観測蒸発量に水収支から求めた係数を掛けて算出することを基本とする。

水収支が不明な場合は、過去の調査事例から、当該流域への適用が妥当と考えられる係数を適用する。

ただし、上記より精度が高いと考えられる観測が行われている場合は、これも利用する。

＜例　示＞

地表への水分の供給が十分になされると仮定した場合の可能蒸発散量を推定する方法として、多くの式が提案されている。気温と緯度で決まる日照量から推定する Hamon 公式、Thornthwaite 公式といった経験的な公式や、より詳しい微気象観測情報を必要とする Penman 公式、Penman-Monteith 公式などが提案されている。

観測蒸発量は、気象庁等が観測するパン蒸発量が利用できる。

＜参考となる資料＞

可能蒸発散量の推定法の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，pp.16-18，丸善，1999.

＜例　示＞

河川流域の水収支から求めた日本の平均的な年降雨損失量は、全国平均で約 500mm、北海道で約 400mm、瀬戸内・九州で約 600mm 程度という調査結果が得られた事例がある。

＜参考となる資料＞

河川流域の水収支から求めた全国の平均的な年降雨損失量の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　建設省技術研究会（編集）：利水計画における流況把握の研究，第 23 回建設省技術研究会報告，p.4，1970.

2. 3. 3　取水・還元量等の推定

＜考え方＞

利水計算目的での低水流出計算を行う際には、貯水池による調節や上流での取水・還元等の人為的影響がない場合の自然流量をあらかじめ算出し、この自然流量を予測する流出モデルを構築する。

＜標　準＞

貯水池による調節、取水・還元量は観測値を利用することを基本とする。

観測資料がない場合は、許可水利権量や河川区域での水収支等の情報から推定するものとする。その情報も利用できない場合は、他河川での調査事例の準用等を行う。

＜推　奨＞

農業用水の取水量の実測値がない場合、以下に挙げる方法等で取水量を推定することが望ましい。

１）水収支法

農業用水取水がないと仮定し計算した河川流量と同一地点での観測流量の差を正味の農業用水取水量（＝農業用水取水量－還元水量）として求める方法。

２）減水深法

水田その他の農耕地の減水深にその面積を乗じて農業用水量を求め、これを取水量とする方法。

＜参考となる資料＞

土地改良事業における減水深の計画値に関しては、下記の資料が参考となる。

1)　土地改良事業計画設計基準「計画　農業用水(水田)」，平成５年５月，農林水産省構造改善局，pp.33-56.

2. 3. 4　積雪・融雪量の推定

＜考え方＞

融雪流出が認められる河川流域では、降雪・積雪・融雪量を推定し、融雪が降雨に加算されると考え、流出計算を行うのが一般的である。

＜標　準＞

降水観測は、一般には、降雪・降雨を区別せずに観測されているため、降水時の地上気温観測値から当該地点での地上気温を推定し、降雪・降雨の判別を行うことを基本とする。

積雪量は、降雪量から融雪量を差し引いた量を積算して求める。

融雪量は、気温のみから融雪量を推定する簡易的な方法である積算暖度法（degree-day 法）で求める。より精度を求める場合は、積雪量の熱収支から求める方法等がある。

＜参考となる資料＞

積算暖度法の詳細については，下記の資料が参考となる。

1)　土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，p.27，丸善，1999.

＜例　示＞

積雪量分布は、衛星や航空機等からのリモートセンシング情報から積雪域を推定し、推定積雪密度から積雪量を推定方法もある。この方法は、降水量から計算した積雪量分布・融雪量推定の妥当性を検証する手段として用いることができる。

積雪層の熱収支から推定される融雪量は、積雪表面での放射収支、顕熱・潜熱収支、降雨により与えられる熱量、積雪底面での土壌からの熱伝導から算出される。これらを気象庁アメダス等の気象観測値から推定する簡易的な熱収支法である「日射量・気温・降水量を用いた融雪モデル」も提案されている。

＜参考となる資料＞

「日射量・気温・降水量を用いた融雪モデル」の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，pp.27-28，丸善，1999.

2．4　主要な流出モデルの事例

＜例　示＞

流出モデルは利用者により適宜改良されることが多くあり、同一名称の流出モデルであっても異なる計算方法をとることもあるため、ここでは河川等の調査で利用実績のある流出モデルについて例示する。さらに、近年開発が進められ実用例も増えつつある分布定数系モデルの一つを例示する。ここに例示した流出モデル以外にも、国内外で多くの流出モデルが提案されている。

１）合理式

合理式は洪水のピーク流量を推算するための簡便な方法であって、貯留現象を考慮する必要のない河川でピーク流量のみが必要とされる場合に広く用いられている。ピーク流量を推定する諸公式は、一般に流域面積の関数としたものが多い。比流量法の Creager 曲線もその一つであるが、最大流量はもとより流域面積のみの関数ではないから、他のいろいろな要素、例えば降雨強度や流域の植生、傾斜の度合いなどを考慮した流出計算法が必要とされ、また、洪水頻度をも要因の中に入れられれば河川等の計画に当たって更に有用となる。このような点を考慮した簡単な流出計算式として合理式が提案された。これは流域の形を河道に対して対称な長方形と考え、雨水は流域斜面を一定速度で流下し、河道に入るものと考える。そして流域の最遠点に降った雨が流域の出口に達するまでの時間を洪水到達時間と呼び、時間内の降雨強度に流域の土地利用に応じた流出係数を乗じて流出量を計算する。

合理式によるピーク流量は次式で与えられる。

$$Q_p = \frac{1}{3.6} fRA \qquad (3\text{-}2\text{-}1)$$

ここに、Q_pはピーク流量(m^3/s)、fは流出係数、Rは洪水到達時間内の雨量強度(mm/h)、Aは流域面積(km^2)である。

合理式は、次の仮定の上に作成されたものであるので、適用に当たっては、これらの仮定にできるだけ近い流出特性を示す流域に用いるように注意しなければならない。

a)　ある降雨強度 R の降雨による流出量 Q は、その強度の降雨が洪水到達時間かそれ以上の時間継続するとき最大になる。
b)　降雨の継続時間が洪水到達時間に等しいか、それ以上長い、ある降雨強度 R による最大流出量 Q_pはその降雨強度 R と直線関係にある。
c)　最大流出量 Q_pの生起確率は、与えられた洪水到達時間に対する降雨強度 R の生起確率に等しい。
d)　流出係数 f はどの確率の降雨に対しても同じである。
e)　流出係数 f は与えられた流域に降る全ての降雨に対して同じである。

これまでの試験地などにおける調査結果によれば、これらの前提条件に比較的近い流出特性を示す流域として、降雨の浸透や貯留の少ない市街化された流域が挙げられる。一般に流域面積が大きくなると貯留効果が大きくなり、合理式の線形仮定が成立しなくなるので注意しなければならない。適用すべき流域の大きさは 100km^2 程度以下であることが多い。

当該流域特有の流出係数及び洪水到達時間は、過去の水文観測資料から求めることができる。洪水到達時間は降雨強度が最大となる時刻と流出が最大となる時刻の時間差の２倍として求め

る場合がある。

過去の水文資料がない流域では、流出係数と洪水到達時間を流域の地被、植生、形状、開発状況などを勘案して決定する必要がある。流出係数と洪水到達時間についてはいろいろな値が提案されているが、その一部を示すと次のようである。なお、計画に用いられる流出係数の値については、計画編 第２章も参照することができる。

a)　物部による日本河川の流出係数(物部、1933)

表3-2-1　日本内地河川の流出係数

地形の状態	Fp
急しゅんな山地	0.75～0.90
三紀層山地	0.70～0.80
起伏のある土地および樹林地	0.50～0.75
平らな耕地	0.45～0.60
灌漑中の水田	0.70～0.80
山地河川	0.75～0.85
平地小河川	0.45～0.75
流域の半ば以上が平地である大河川	0.50～0.75

b)　「下水道施設計画・設計指針と解説」の流出係数

表3-2-2　工種別基礎流出係数の標準値（日本下水道協会、2009）

工種	流出係数
屋根	0.85-0.95
道路	0.80-0.90
その他の不透面	0.75-0.85
水面	1.00
間地	0.10-0.30
芝，樹木の多い公園	0.05-0.25
こう配の緩い山地	0.20-0.40
こう配の急な山地	0.40-0.60

基礎流出係数：細分化された基礎工種ごとの流出係数

表3-2-3　用途別総括流出係数の標準値（日本下水道協会、2009）

用途	総括流出係数
敷地内に間地が非常に少ない商業地域及び類似の住宅地域	0.80
浸透面の屋外作業等の間地を若干もつ工場地域及び若干庭がある住宅地域	0.65
住宅公団団地等の中層住宅団地及び１戸建て住宅の多い地域	0.50
庭園を多くもつ高級住宅地域及び畑地等が割合残っている郊外地域	0.35

総括流出係数：工種ごとの基礎流出係数を工種面積比で重付けして平均した流出係数

c)　アメリカ土木学会の流出係数（ASCE、1993）

表3-2-4　アメリカ土木学会の流出係数

土地利用別の総括流出係数*

地域の記述	流出係数
商業地	
商業区域	0.70～0.95
商業地区の近隣	0.50～0.70
住居地域	
１家族住宅	0.30～0.50
複合住宅、一戸建て	0.40～0.60
複合住宅、連棟	0.60～0.75
住居（郊外）	0.25～0.40
アパート	0.50～0.70
工業区域	
准工業地域	0.50～0.80
重工業地域	0.60～0.90
公園、墓地	0.10～0.25
プレイグランド	0.20～0.35
鉄道駅構内	0.20～0.35
未改良地域	0.10～0.30

流出係数の一般的範囲*

地表面の特徴	流出係数
舗装	
アスファルトとコンクリート	0.70～0.95
レンガ	0.70～0.85
屋根	0.75～0.95
砂質土の芝生	
平坦（2%）	0.05～0.10
標準（2-7%）	0.10～0.15
急こう配（7%より大）	0.15～0.20
重粘土の芝生	
平坦（2%）	0.13～0.17
標準（2-7%）	0.18～0.22
急こう配（7%より大）	0.25～0.35

*ここに示す流出係数の値の範囲は、リターンピリオド 2-10 年に対して典型的である。
大きい側の数値は、より大きな設計降雨に適用される。

d)　特定都市河川浸水被害対策法施行規則で規定する流出雨水量の最大値を算定する際に用いる土地利用形態ごとの流出係数

表3-2-5　特定都市河川浸水被害対策法（平成 15 年法律第 77 号。以下「法」という。）第 2 条第 9 項に規定する「宅地等」に該当する土地（法第 9 条第 1 号関係）

土地利用の形態	流出係数
宅地	0.90
池沼	1.00
水路	1.00
ため池	1.00
道路（法面を有しないものに限る。）	0.90
道路（法面を有するものに限る。）	法面（コンクリート等の不浸透性の材料により覆われた法面の流出係数は1.00、人工的に造成され植生に覆われた法面の流出係数は0.40とする。）及び法面以外の土地（流出係数は0.90とする。）の面積により加重平均して算出される値
鉄道線路（法面を有しないものに限る。）	0.90
鉄道線路（法面を有するものに限る。）	法面（コンクリート等の不浸透性の材料により覆われた法面の流出係数は1.00、人工的に造成され植生に覆われた法面の流出係数は0.40とする。）及び法面以外の土地（流出係数は0.90とする。）の面積により加重平均して算出される値
飛行場（法面を有しないものに限る。）	0.90
飛行場（法面を有するものに限る。）	法面（コンクリート等の不浸透性の材料により覆われた法面の流出係数は1.00、人工的に造成され植生に覆われた法面の流出係数は0.40とする。）及び法面以外の土地（流出係数は0.90とする。）の面積により加重平均して算出される値

表3-2-6　舗装された土地（法第 9 条第 2 号関係）

土地利用の形態	流出係数
コンクリート等の不浸透性の材料により覆われた土地（法面を除く。）	0.95
コンクリート等の不浸透性の材料により覆われた法面	1.00

表3-2-7　その他土地からの流出雨水量を増加させるおそれのある行為に係る土地
（法第 9 条第 3 号関係）

土地利用の形態	流出係数
ゴルフ場（雨水を排除するための排水施設を伴うものに限る。）	0.50
運動場その他これに類する施設（雨水を排除するための排水施設を伴うものに限る。）	0.80
ローラーその他これに類する建設機械を用いて締め固められた土地	0.50

表3-2-8　表 3-2-5 から表 3-2-7 までに掲げる土地以外の土地

土地利用の形態	流出係数
山地	0.30
人工的に造成され植生に覆われた法面	0.40
林地、耕地、原野その他ローラーその他これに類する建設機械を用いて締め固められていない土地	0.20

合理式に用いられる洪水到達時間は、流域の最遠点に降った雨がその流域の出口に達するまでに要する時間として定義される。洪水到達時間は当該流域の特性を調査して決定する定数であるが、通常次の 2 方法で求められている。

a)　降雨が水路に入るまでの時間（流入時間）と水路の中を下流端に達するまでに要する時間（流下時間）の和として求める方法

これは、都市下水道の設計に用いられてきた方法で、山地や小河川で準用されることもある。

①　流入時間

流入時間は流路に達するまでの排水区の形状や面積の大小、地表面勾配、地被状態、流下距離、降雨強度など多くの要素に支配される。現在、下水道の設計には一般に表 3-2-9 のような値が用いられている。

表3-2-9　日本とアメリカの流入時間（土木学会、1968）

我が国で一般に用いられている値		アメリカ土木学会
人口密度大なる地区　：5 分	幹線　：5 分	全舗装下水道完備の密集地区　：　5 分
人口密度疎なる地区　：10 分	枝線　：7～10 分	比較的勾配の小さい発展地区　：10～15 分
平均　：7 分		平地な住宅地区　：20～30 分

②　流下時間

雨水が流路上流端に流入し、流量算出地点まで達するに要する時間が流下時間である。河道においては通常 Manning の平均流速公式が流下速度を与えると仮定して計算されている。下水道においては、管内の平均流速が用いられるが、平坦地では 0.9～1.0m/s、勾配のとれる地域では 1.15～1.26m/s、枝線では 0.6～0.9m/s が一応の目安として用いられている（土木学会、1968）。

b)　経験式を用いる方法

洪水到達時間を求める経験式は、いろいろ提案されてきているが、その多くは流路長と

勾配を用いた表現となっている。

① 洪水到達時間 T を、流路長 L と洪水流出速度 W から求める方法

$$T=L/W \tag{3-2-2}$$

ここで、

L：流路長(m)

T：洪水到達時間 (s)

W:洪水流出速度(m/s)であり、表 3-2-10 や式（3-2-3）等から求められる。

・河谷を流れ下る水の速度（井口，1957）

表3-2-10　河谷を流れ下る水の速度の表

I	1/100 以上	1/100～1/200	1/200 以下
W	3.5m/s	3.0m/s	2.1m/s

ここで、I は流路勾配である。

・バイエルン地方で使い慣らされた式（井口，1957）

$$W=20\,(h/L)^{0.6} \tag{3-2-3}$$

ここで、

h：落差 (m)

② 土木研究所での調査による洪水到達時間の式（吉野・米田，1973）

都市流域では、

$$T = 2.40\times10^{-4}\left(L/\sqrt{S}\right)^{0.7} \tag{3-2-4}$$

自然流域では、

$$T = 1.67\times10^{-3}\left(L/\sqrt{S}\right)^{0.7} \tag{3-2-5}$$

で表されると報告されている。ここで、T: 洪水到達時間(h)、L: 流域最遠点から流量計算地点までの流路長(m)、S: 流域最遠点から流量計算地点までの平均勾配である。

この公式の適用範囲は都市流域で流域面積 A<10km² 、S >1/300 、自然流域で A<50km² 、S>1/500 である。

２）貯留関数法

貯留関数法は流域ないし河道をひとつの貯水池と考え、貯留量と流出量の関係（貯留関数）を運動方程式とし、これを連続方程式と組み合わせて、流出量を追跡する方法である。我が国では、1961 年木村によって提案された、浸透域と流出域に分割し流出計算を行う貯留関数法（木村，1961；木村 1975；建設省水文研究会編，1962）が広く利用されている。また、浸透域と流出域に分割せず有効降雨を設定して流出計算を行う貯留関数法も用いられている。以上のとおり、貯留関数法は我が国でこれまで多数の流域で適用実績を持っていて信頼性がある方法であ

る。

まず、木村の貯留関数法を説明する。

流域の貯留関数及び連続方程式は、それぞれ下式で表される。

$$s_\ell = kq_\ell{}^p \tag{3-2-6}$$

$$\frac{ds_\ell}{dt} = r_{ave} - q_\ell \tag{3-2-7}$$

ここで、

s_ℓ　：みかけの流域貯留高(mm)

q_ℓ　：遅滞時間を考慮した流域からの直接流出高(mm/h)

r_{ave}　：流域平均降雨強度(mm/h)

k、p　：流域による定数

を表す。

河道区間の貯留関数及び連続方程式は、それぞれ下式で表される。

$$S_\ell = KQ_\ell{}^P - T_\ell Q_\ell \quad \text{又は} \quad S_\ell = KQ_\ell{}^P \tag{3-2-8}$$

$$\frac{dS_\ell}{dt} = \sum_{j=1}^{n} f_j I_j - Q_\ell \tag{3-2-9}$$

ここで、

S_ℓ　：みかけの河道貯留量((m^3/s)h)

Q_ℓ　：遅滞時間を考慮した河道区間下流端流量(m^3/s)

T_ℓ　：遅滞時間 (h)

I_j　：流入量群(m^3/s)、流域、支川等から対象河道区間に流入する量又は河道区間上流端流量

K、P　：河道による定数

f_j　：流入係数

を表す。

式(3-2-7)の貯留高 s と流出高 q との関係は既往の洪水流出資料から求められる。一般に流出ハイドログラフの増水部と減水部では s と q の関係は異なるが、遅滞時間 T_ℓ を導入してこれを一価関数に近似できるように修正するところに貯留関数法の特色がある。

貯留関数法では流域に対する一つの貯留関数の適用限界で流域面積が決定される。木村は流域面積 10～1,000km^2、流路長で 10～100km 程度ならば十分な精度が得られるとしている。これまでの実例ではおおむね 300km^2 以下の小流域に分割して計算を行っている例が多い。小流域が大きすぎると流域内の地形や地質に相違が生じたり、河道が長くなることによる河道流下の影響が現れるので、流域での貯留関数の適用に無理が生じる。したがって、対象とする流域面積としては 100km^2 前後のものが望ましい。なお、流量検証地点が多く望めない流域では分割を多くすると変動要素を増やすことになるので、結果の妥当性の検証が難しい場合もあることに注意を要する。

木村の貯留関数法では、f は降雨量 r_{ave} に係る係数ではなく、流域面積 A に係る係数である

と考える。すなわち、降雨初期には $f=f_1$ (1 次流出率という)として f_1A の面積(流出域という)だけで流出が発生するとし、累加雨量が R_{sa}(飽和雨量)を超えると f=1(飽和流出率)となって残りの(1-f_1)A の部分(浸透域)からも流出が発生すると考える。ただし、流出域と浸透域とは洪水の終わりまで別個に流出計算を行うものとし、流出域からの流出量と浸透域からの流出量の和に基底流量を加えた値をもって流域流出量とする。流域からの計算流出量 Q(m^3/s)は基底流量を加えて次の式で与えられる。

$$Q=\frac{1}{3.6}f_1Aq_1+\frac{1}{3.6}(1-f_1)Aq_{sa,1}+Q_i \qquad (3\text{-}2\text{-}10)$$

ここで、

f_1 ：1 次流出率
A ：流域面積（km^2）
q_1 ：全降雨による流出高(mm/h)
$q_{sa,1}$ ：飽和点以後の降雨による流出高（mm/h）
Q_i ：基底流量（m^3/s）

である。

浸透域と流出域に分割せず有効降雨を設定する貯留関数法の計算式は次のとおりである（角屋・永井、1980)。流域の貯留関数は(3-2-6)と同じ式である一方、流域の連続方程式は下式となる。

$$\frac{ds_\ell}{dt}=r_e-q_\ell \qquad (3\text{-}2\text{-}11)$$

ここで、

s_ℓ ：みかけの流域貯留高(mm)
r_e ：流域平均有効降雨強度（mm/h）
q_ℓ ：遅滞時間を考慮した流域からの直接流出高(mm/h)

有効降雨の算出はいかなる手法の適用も可能であるが、木村の貯留関数法における一次流出率と飽和雨量の考え方を踏襲し、累加雨量が R_{sa}(mm)に達するまでは流出率を f_1として、それを超えると流出率は 1 として、r_eを算出する計算方法をとる場合が多い。流域からの計算流出量 Q(m^3/s)は基底流量を加えて次の式で与えられる。

$$Q=\frac{1}{3.6}Aq+Q_i \qquad (3\text{-}2\text{-}12)$$

ここで、

q ：計算流出高（mm/h）
Q_i ：基底流量（m^3/s）

３）等価粗度法(Kinematic Wave 法)

Kinematic Wave 法（キネマティック・ウェーブモデル）（末石、1955）とは、河川流路におけ

る洪水流下現象を水流の運動法則と連続の関係を用いて水理学的に追跡するものである。この手法を流域斜面における雨水流下現象にも適用したものが、ここで説明する等価粗度法である。すなわち、流域をいくつかの矩形斜面と流路が組み合わされたものとみなし、これらの斜面からの流出現象を Manning 型の平均流速公式で表現し、この斜面と流路を組み合わせた流域からの流出ハイドログラフが実測ハイドログラフに近づくように粗度係数を決定する。このことから、流域に適用した Kinematic Wave 法は等価粗度法とも呼ばれる。

複雑な流域斜面からの流出現象はモデル化して取り扱えるが、等価粗度法(Kinematic Wave 法)を実河川に適用するには、対象とする河川が比較的急勾配で、かつ、降雨強度が大きく流出現象が洪水流出により生じていることが必要である。中間流や地下水流出が支配的な洪水では、逓減特性を近似することが難しく、妥当な結果を得られない場合がある。また、支川の合流点その他で河道をある区間ごとに分割したとき、その区間内では横断面、勾配、粗度、横からの流入量などが流路に沿って一様に近いものと仮定できる必要がある。

以下、等価粗度法による流出計算の基本式について簡単に紹介しておく。

山腹斜面に降った雨の一部は浸透し、一部は地表を流れて小さな水路からやがては大きな水路へと集められていく。この過程を模式的に図示したものが図 3-2-1 である。流出計算は有効降雨による斜面からの流出量 q を求め、これを横流入量とする河道内の流量 Q を計算することにより行われる。考えている流域外から水路上流端へ供給される水量、あるいは降雨の始まる前から河道に既に流れていた流量などがある場合には、それぞれ境界条件及び初期条件として考慮に入れる。

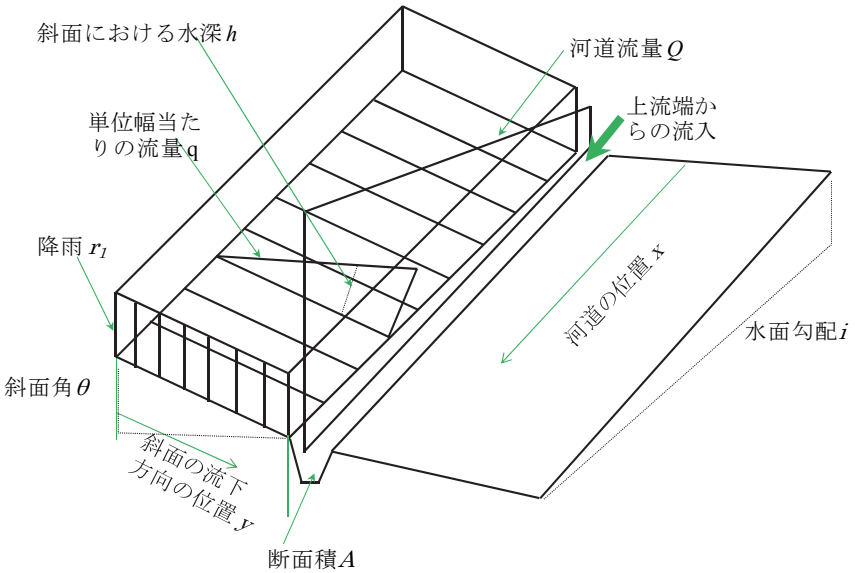


図3-2-1　等価粗度法における流域斜面及び河道のモデル

いま、図 3-2-1 のように斜面から河道へ時間的に変動する横流入量 $q(t)$がある場合、流れが定常に近いものと仮定すれば、河道内の運動方程式と連続方程式はそれぞれ次のように表現される。

$$i - i_f = 0 \tag{3-2-13}$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q(t) \tag{3-2-14}$$

ここで、i は水面勾配、i_fは摩擦勾配、A は流水断面積、Q は断面平均流量、x は河道の流下方向の位置である。運動方程式の解として定常等流における抵抗法則、例えば Manning の式を代用すれば式(3-2-13)から、

$$Q = Av = AR^{2/3} i^{1/2} / n \qquad (3\text{-}2\text{-}15)$$

が得られる。

流路における径深 R と断面積 A との関係が、K'、Z を定数として、

$$R = K' A^{Z} \qquad (3\text{-}2\text{-}16)$$

と表されると仮定すれば、式(3-2-15)は次のように書き換えられる。

$$A = KQ^{P} \qquad (3\text{-}2\text{-}17)$$

ここに、

$$P = 3/(2Z+3)\text{、}\ K = (n / i^{1/2} K'^{2/3})^{P} \qquad (3\text{-}2\text{-}18)$$

である。

このように河道内の流れをモデル化すれば、式(3-2-14)と式(3-2-17)を適当な境界条件、初期条件の下に解けばよいことになる。

これと同様な考えをモデル化された流域斜面にも適用すれば、その流れは次式で表現できることになる。

$$h = kq^{p} \qquad (3\text{-}2\text{-}19)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial y} = ar_1 \qquad (3\text{-}2\text{-}20)$$

ここに、h は水深、q は単位幅当たりの流量、y は斜面の流下方向の位置、r_1は有効降雨強度、a は単位変換定数で r_1 を mm/h、q を m^2/s とすると 、a=(1/3.6)×10^{-6}、p と k は定数で、流れに対して Manning 則が成立するときは、

$$k = (N / \sin\theta)^{p}\text{、}p=3/5 \qquad (3\text{-}2\text{-}21)$$

ここに、N は等価粗度、θ は斜面傾斜角である。式(3-2-19)、式(3-2-20)は式(3-2-17)、式(3-2-14)と同じ式形であって、これをこのままの形で差分化して数値計算するか、特性方程式上で数値積分すれば解が得られる。

実際の計算に際しては、斜面の粗度係数 N を変化させて計算を行い、実測と計算値がよく一

致するとみなされるときの N 値をその流域の等価粗度係数とする。等価粗度係数は流域の分割の仕方によるが 10^0～10^{-2} の値($m^{-1/3}s$)をとるものが多い。流域の特性による等価粗度の値としては表 3-2-11 の値が挙げられている。

表3-2-11　流域特性と等価粗度（田岡・日野、1965）

流域の状態	等価粗度N ($m^{-1/3}$ s)
階段状に宅地造成を行った丘陵地帯	0.05
流域の一部(15%)に宅地を含む丘陵地帯	0.1～0.2
階段状田畑主体流域	0.2～0.4
上流山地、中下流に市街地を含む階段状田畑主体流域	0.3～0.5
主として林相のかなりよい山地流域	0.4～0.8
上流丘陵地50%、中流市街地20%、下流低平水田30%の流域	0.6～1.1
排水改良の行なわれていない水田地帯	1～3

等価粗度法は、流域を複数の矩形斜面に区分することから、斜面要素型の分布モデルとみなすことができる。また、上記のとおり、降雨時に生じる表面流出又は早い中間流出を含む直接流出の流れを追跡することが基本である。しかしながら、最近では、山地森林土壌中への浸透に起因した降雨損失や、中間流出や基底流出を含む、様々な遅い流出成分を考慮できるように改良したキネマティック・ウェーブモデルが開発されてきている。

４）準線形貯留型モデル（土研、1979）

都市化等による土地利用の変化が流出にどのような変化をもたらすかという観点から検討された初期の流出モデルとして準線形貯留型モデルがある。準線形貯留型モデルは、有効降雨モデル、斜面モデル(準線形貯留型モデル)及び河道モデル(貯留関数法等)の 3 つより構成されている。

有効降雨モデルとしては、1 次流出率（f_1）～飽和雨量(R_{sa})～飽和流出率（f_{sa}）モデル等がある。有効降雨モデルでは、損失雨量が土地利用状況ごと(山林、水田、畑、市街地)に異なることを想定し、それぞれ対象流域においてあらかじめ最適化しておく必要がある。

斜面モデルの基本式は、次のように表される。

$$S = Kq \qquad (3\text{-}2\text{-}22)$$

$$r_e - q = \frac{dS}{dt} \qquad (3\text{-}2\text{-}23)$$

ただし、$K = \dfrac{t_C}{2}$　(3-2-24)

ここで、S：貯留高(mm)、q：流出高(mm/h)、 t_c：洪水到達時間(h)である。 t_cは、角屋らによる洪水到達時間の経験式と実績の有効降雨強度曲線から決定される。

$$t_p = CA^{0.22} r_e^{-0.35} \qquad (3\text{-}2\text{-}25)$$

ここで、t_p:式(3-2-24)の t_cを分で表示した洪水到達時間、r_e：降雨継続時間内の最大平均有

効降雨強度(mm/h)、A：流域面積(km^2)、C：土地利用形態によって定まる定数である。

このようなモデル構成により、1) t_c を通じて斜面上の流れの非線形性が表現できる、2)土地利用形態の差異による流出の差異を表現できる、3)当該河川流域内の他の排水計画(下水道、中小河川等)に使われるモデル（合理式）と共通性がある、という特徴がある。ただし、土地利用形態の差異による流出の差異をよりよくしていくためには、土地利用別の有効降雨及び洪水到達時間の評価に係わる資料を蓄積し、それぞれのモデルを改良していく必要がある。

５）タンクモデル

タンクモデルは図 3-2-2 に示すように、流域を側面にいくつかの流出孔を持つ容器で置き換えて考える流出計算法である（菅原、1972；菅原、1979)。世界気象機関の概念モデルの比較プロジェクトで、世界の多様な気候下でも高い適用性がある流出モデルと評価され、世界的に多く用いられている（木下、2001)。

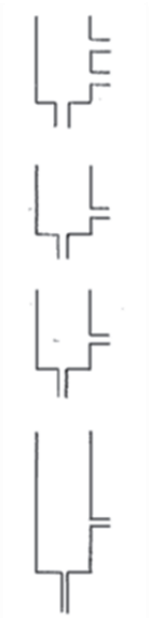


図3-2-2　一般的なタンクモデルの構造

雨はタンクモデルの最上段の容器に注入される。2 段目以下の容器は、1 段上の容器の底面の孔から水を受ける。各容器内の一部の水は側面の孔から外部に流出し、一部は底面の孔から直下の容器に移行する。各段の容器の側面の孔からの流出の和が河川の流量となる。

一般的なタンクモデルの構造は直列４段の容器から成り、各段の容器からの流出は、最上段が洪水の表面流出、第 2 段が表層浸透流出、第 3～4 段が地下水流出に対応すると概念的に考えられている。融雪がある又は乾季が続くといった地域特性を、容器を増やしたりその配置を変更することにより、高い再現性を有する（WMO、1975）

しかし、斜面や河道を通して水が集水する過程を、横方向に一つの容器の構造を持ち、河道モデルを有しないタンクモデルでは表現できないので、各流出孔の定数は、河道における洪水の伝播を含めた当該流域の集中過程等の様々な影響を含んだ定数で、物理モデルと異なり流域の物理特性と関連付けられるものではない。

したがって、タンクモデルの定数（各孔の大きさ及び側面の孔の高さ）は、過去の水文資料を用いて、試行錯誤で求めることが必要となる。

タンクモデル法の特徴を要約すると次のとおりである。

a)　初期損失とその損失雨量が降雨履歴によって変化する現象を自動的にモデル中に含んでいること。

b) 大洪水と小洪水とで、流出の仕方が自動的に切り換わる構造（非線形性をモデル中に含んでいる構造）であること。
c) 洪水と小洪水とで、流出率が自動的に切り換わる構造であること。
d) 各段のタンクからの流出は、それぞれ固有の逓減曲線を示すので、流出量が固有の逓減を持ついくつかの流出成分の和で表されること。
e) 水がタンクを通過して下方に移行する間に自動的に時間遅れが与えられること。
f) 洪水流出にも低水流出にも用いることができること。ただし、一般には、それぞれの目的に最適化したモデル構造と定数により使い分けられることが多い。

６）土研分布モデル

1980年代にヨーロッパでSHEモデルやIHDMモデルといった分布定数系モデルが相次いで開発されたが、当時はモデル化の手間や計算時間の制約から流域面積10km^{2}程度までの適用が限界とされ、またヨーロッパ特有の流域以外への適用性に疑問が持たれていた。このことから、我が国の河川流域で主要な流出の水文過程を組み込み、それ以外をある程度簡略化し、大流域にも適用できる実用的なグリッド型の分布定数系モデルである「土研分布モデル」を土木研究所が開発した。長期・短期流出解析両用のVer.1、短期流出解析用にモデルを簡略化したVer.2、長期流出解析用に蒸発散等の地表面水文過程を高度化したVer.3の3種類がある。以下、最も広く用いられているVer.2について解説する（鈴木ら、1996）。

土研分布モデルVer.2の河川流域での基本構成は図3-2-3のとおりであり、流域をグリッドで分割し、それぞれの小区画からの流出を連結する構造としている。

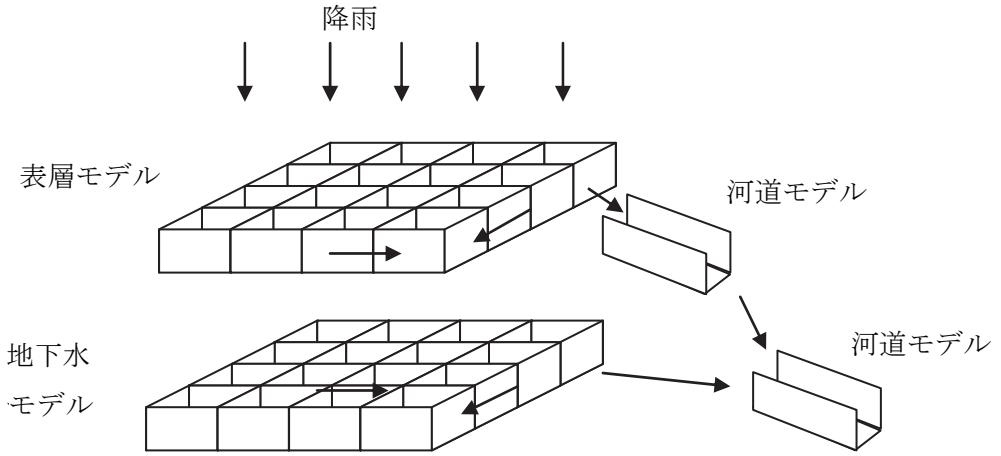


図3-2-3　土研分布モデルVer.2の構成図

それぞれの小区画に2段のタンク（表層モデル、地下水モデル）を設定し、それぞれらからの流出を、その小区画における土壌の透水係数等の物理特性を考慮して計算する。各小区画からの流出は、落水線網に従って、隣接する小区画に流入させる。

表層モデルの構造を図3-2-4に示す。

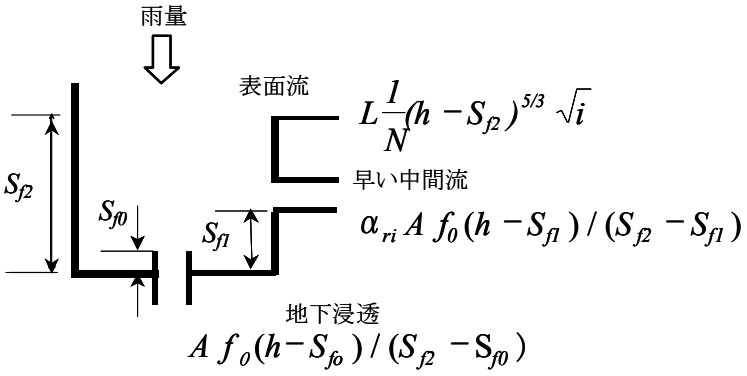


図3-2-4　各小区画の表層モデルの構造

ここに、S_{f2}：表面流の発生する高さ(m)、S_{f1}：中間流の発生する高さ(m)、S_{f0}：地下浸透の発生する高さ(m)、h：貯留高(m)、L：グリッド長(m)、N：粗度係数($m^{-1/3}/s$)、i：落水線勾配(無次元)、α_{ri}：地下浸透に対する横方向浸透能の比（無次元)、A:小区画の面積(m^2)、f_0：最終浸透能(cm/s)である。地形、土地利用、土壌の違いや土壌水分量の多寡による表面流や浸透、中間流、降下浸透の発生の変化を物理定数や内部貯留高を通して表現できるようにしている。

地下水モデルの構造は、図 3-2-5 のとおりである。

図3-2-5　各小区画の地下水モデルの構造

ここに、S_g：不圧地下水流出が発生する高さ(m)、A_u：不圧地下水位流出量に係る係数($(1/mm/day)^{1/2}$)、A_g：被圧地下水位流出量に係る係数(1/day)である。

表面流、早い中間流、不圧地下水流、被圧地下水流の合計が斜面からの流出量であり、河道モデルに入力される。

河道モデルは、ある閾値（上流側の小区画数）を超えて真に河道が形成されていると考えられる小区画から下流に設定し、キネマティック・ウェーブモデルにより洪水追跡を行う。下流部の緩流河道区間のために不定流モジュールも準備されている。

本モデルは、CommonMP に標準搭載されている。また、発展途上国での水文資料が乏しい河川流域での洪水予測への適用を主目的として開発された、グラフィカルなユーザーインターフェースを搭載する総合洪水解析システム(Integrated Flood Analysis System: IFAS)のコアとなる流出モデルとしても活用されている（土研、2009)。

＜関連通知等＞

1)　(財)河川情報センター：中小河川における洪水予測の手引き，2002.

2) 流出雨水量の最大値を算定する際に用いる土地利用形態ごとの流出係数を定める告示，平成 16 年，告示第 521 号，国土交通省.

＜参考となる資料＞

下記の資料が参考となる。

1) 物部長穂：水理学，p.350，岩波書店，1933.
2) 日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説　前編　-2009 年度版-，p.71，2009.
3) Task Committee of the Urban Water Resources Research Council of ASCE：Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems (ASCE)，ASCE Manuals and Reports of Engineering Practice，No.77 (MOP77)，pp.91-92，1993.
4) 土木学会：下水道雨水流出量に関する研究報告書，昭和４２年度巻，p.84，1968.
5) 井口昌平:コウ水の到達速度に関するいわゆる Rziha の公式と Kraven の表の由来について，土木学会誌，42-1，pp.25-27，1957.
6) 吉野文雄，米田耕蔵：合理式の洪水到達時間と流出係数，土木技術資料，第 15 巻 第 8 巻，pp.3-6，1973.
7) 木村俊晃：貯留関数法による洪水流出追跡法，建設省土木研究所，1961.
8) 木村俊晃：貯留関数法，河鍋書店，1975.
9) 建設省水文研究会編集：流出計算例題集 II，(社)全日本建設技術協会，1962.
10) 角屋睦，永井明博：流出解析手法（その 10)，農業土木学会誌，第 48 巻 第 10 号，4. 貯留法一貯留関数法による洪水流出解析，1980.
11) 日本学術会議：回答　河川流出モデル・基本高水の検証に関する学術的な評価，p.11，2010.
12) 末石冨太郎:特性曲線法による出水解析について，土木学会論文集，第 29 号，pp.74-87，1955.
13) 田岡穣，日野峻栄：特性曲線法による山科川内水調査について，第 19 回建設省技術研究会報告，pp.585-588，1965.
14) 石崎勝義，佐合純造，他１名：土地利用変化を評価する流出モデル，土木研究所資料，第 1499 号，1979.
15) 菅原正巳：水文学講座 7 流出解析法，共立出版，1972.
16) 菅原正巳：水文学講座 別巻 続・流出解析法，共立出版，1979.
17) 木下武雄：水害の日本で生まれ世界に広まったタンクモデル，土木学会誌，第 86 巻第 5 号，pp.69-73，2001.
18) World Meteorological Organization (WMO)：Intercomparison of conceptual models used in operational hydrological forecasting，WMO-No.429，1975.
19) 鈴木俊朗，寺川陽，松浦達郎：実時間洪水予測のための分布型流出モデルの開発（特集水は巡る)，土木技術資料，38-10，1996.
20) 深見和彦，杉浦友宣，馬籠純，川上貴宏 ：総合洪水解析システム(IFAS Version1.2)ユーザーズマニュアル，土木研究所資料，第 4149 号，2009.

第 3 章　水文解析　第 3 節　地下水解析

目　次

第 3 節　　地下水解析 1
3．1　　総説 1
3．2　　水収支解析 1
3．3　　地下水流動解析 3
3．4　　地下水汚染解析 8
3．5　　地盤沈下解析 9

平成 26 年 4 月　版

第3章　水文解析
第3節　地下水解析
3．1　総説

＜考え方＞

地下水解析は、対象地域における地下水の状態や予測を、調査・観測データを用いた数値解析等により行うものである。

数値解析の一般的な手法は、目的や取り扱う検討項目によって、①水収支解析、②地下水流動解析、③地下水汚染解析、④地盤沈下解析に区分される。

＜必　須＞

地下水解析は、目的や取り扱う検討項目に応じた解析手法により、実施しなければならない。

＜標　準＞

低水流出解析、河川と地下水の関係を解析する場合については、第 3 章 第 2 節 2.3 低水流出計算 によることを標準とする。

＜参考となる資料＞

地下水解析の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 建設省河川局監修,(財)国土開発技術研究センター編集:地下水調査および観測指針(案), pp.257-289, 山海堂, 1993.

2) 日本地下水学会 地下水流動解析基礎理論のとりまとめに関する研究グループ編集:地下水シミュレーション, 技報堂出版, 2010.

3) 地下水ハンドブック編集委員会：地下水ハンドブック, pp.980-994, 建設産業調査会, 1998.

3．2　水収支解析

＜考え方＞

水収支解析は、広域における水循環の主として地下水に関わる問題を、検討することを目的として実施する。

＜必　須＞

対象領域、対象期間は、対象地域の特性、利用可能なデータ等を考慮して、所期の目的が達成できるように、それぞれ適切に選定しなければならない。

＜標　準＞

水収支解析は、水収支モデルによる解析方法と、タンクモデルによる解析方法を標準とする。

＜例　示＞

１）水収支モデルによる解析

地下水の水収支式は、不圧地下水と被圧地下水の別等により異なる。以下に不圧地下水の水収支式の例を示す。

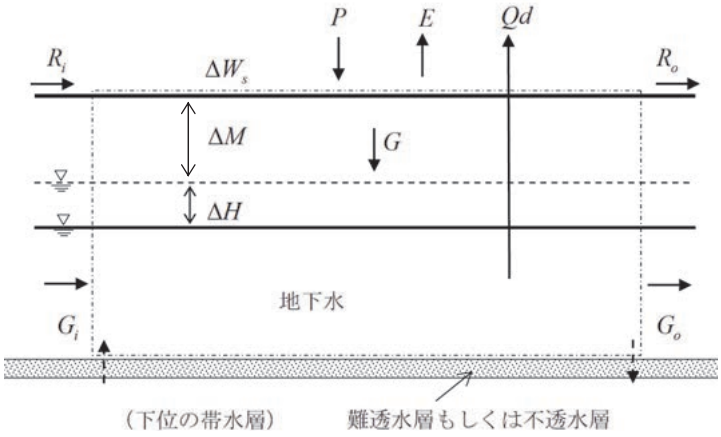


図3-3-1　不圧地下水の水収支概念図

（「地下水調査及び観測指針（案）」に加筆）

・水収支式

地表水　$$\Delta W_s = P - E + R_i - R_o - G \qquad (3\text{-}3\text{-}1)$$

地下水　$$\Delta H + \Delta M = G + G_i - G_o - Q_d \qquad (3\text{-}3\text{-}2)$$

ここに、

P　：降雨量
R_i　：表流水流入量（上流域からの地表水、かんがい水等の流入量）
R_o　：表流水流出量（下流域への地表水、かんがい水等の流出量）
G_i　：地下水流入量（上流域からの地下水、異なる帯水層等からの流入量）
G_o　：地下水流出量（下流域への地下水、異なる帯水層等への流出量）
E　：蒸発散量
ΔW_s：地表における貯留量変化（表流水の水位変化等）
Q_d　：地下水揚水量・地下水湧水量
ΔM：不飽和帯の土壌水分量変化
（地表から帯水層上端までの土壌中の水分量の変化）
ΔH：地下水位変化量（対象領域の面積×貯留係数×地下水位変化）
G　：地下水かん養量（地表から浸透する水量）

である。

対象期間を長期（たとえば１水文年）とすることにより、地表における貯留量変化や、不飽和帯の土壌水分量変化をゼロとみなせる場合がある。短い時間単位や対象領域を細分化した水収支解析は多くのデータを要し、水収支解析は困難になることが多い。その場合、地下水流動解析を行い、その計算結果を集約し水収支を推定することが可能である。

２）タンクモデルによる方法

地下水涵養量の算出や中小河川流域を対象とする水収支の検討のため、河川の流出解析法として開発されたタンクモデルを地下水に適用する。全域を１か所のタンクモデルで表現する場合や、流出特性に応じてタンクを連結する場合などがある。

3．3　地下水流動解析

＜考え方＞

地下水流動解析は、広域的又は局所的な地下水流動状況の把握あるいは予測を目的として実施する。

＜必　須＞

地下水流動解析の手法は、目的、対象地域の特性、利用可能なデータ等を考慮して適切に選定しなければならない。

＜標　準＞

解析結果は、調査対象域の地下水状況が把握できるように、調査目的に応じてデータの整理を行い、地下水位等高線図、地下水位変動図等、適切な図表等を用いてわかりやすく表現することを基本とする。

＜例　示＞

地下水流動解析の一般的な手順としては、図 3-3-2　に示すように、目的に応じた解析対象地域を設定し、解析モデルを作成する。モデルは、各種条件の下で検証を行い、妥当性を検討した上で、将来計画の条件による予測計算を行う。

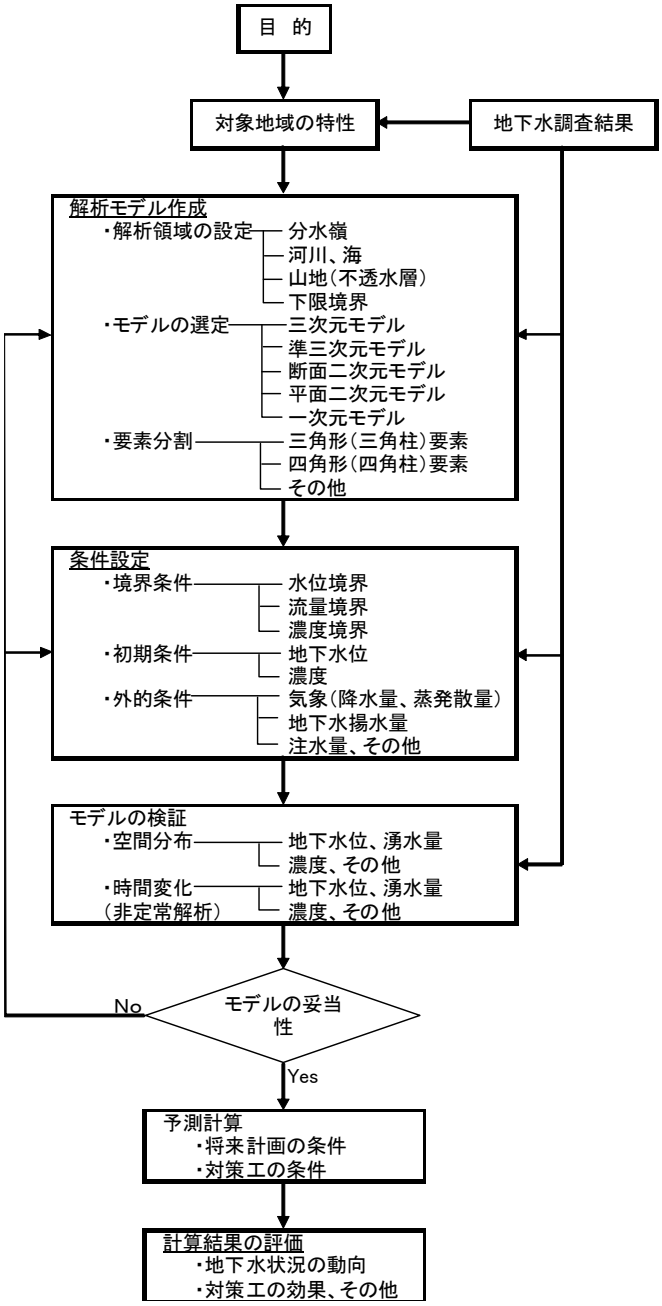


図3-3-2　地下水流動解析の流れ

（「地下水調査及び観測指針（案）」に加筆）

飽和層中の地下水の流動は、ダルシー則と連続式を組み合わせて、次の地下水流動方程式で示される。

$$\frac{\partial}{\partial x_i}\left(K_{ii}\frac{\partial h}{\partial x_i}\right)-q=Ss\frac{\partial h}{\partial t} \qquad (3\text{-}3\text{-}3)$$

ここに、

i、j　：x、y、又は z 方向（i=1、2、3）

K_{ii}　：x_i 方向の透水係数〔L/T〕

h　：水頭〔L〕

Ss　：比貯留係数〔$1/L$〕
q　：単位体積あたりの吸い込み、注水〔$1/T$〕
x　：空間座標〔L〕
t　：時間〔T〕

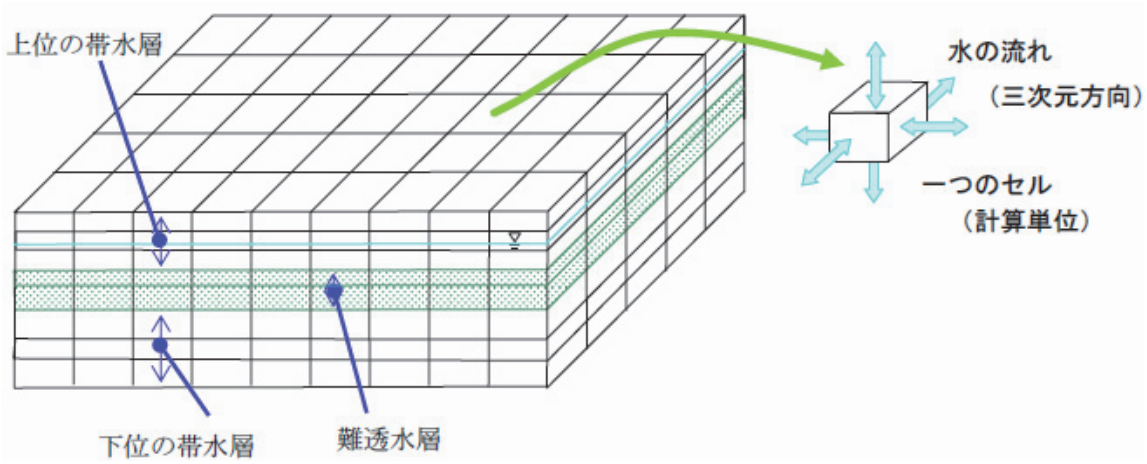
である。

上記で示した地下水流動方程式は三次元であるが、対象とする流域の特性や目的によって次元を下げることが可能である。地下水流動解析の手法には、表 3-3-1　に示されるものがある。

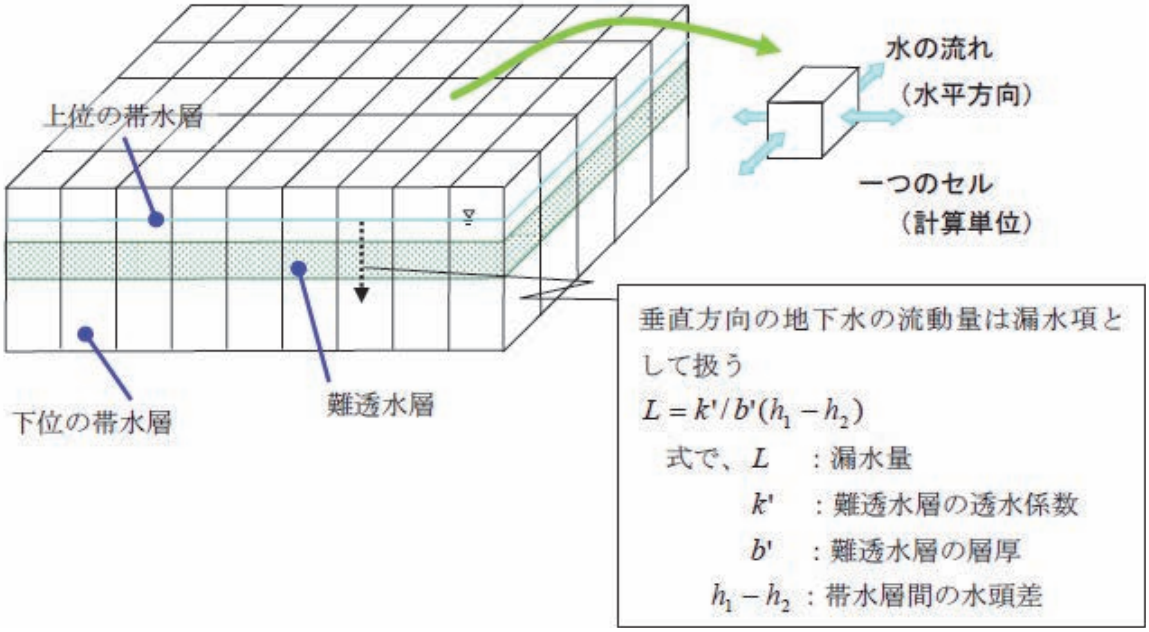
表3-3-1　地下水流動解析モデルの特性と適用条件

（「地下水調査及び観測指針（案）」に加筆）

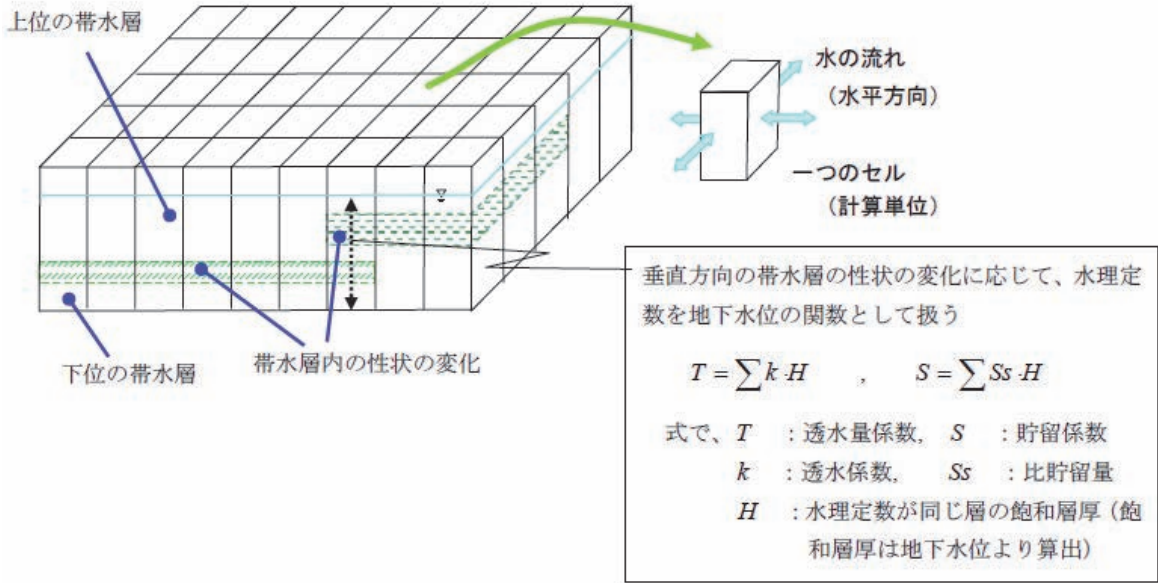
モデル	特性と適用条件
三次元モデル	三次元方向の地下水の流動を計算するものである。多くの情報を必要とするが、透水層と難透水層の複雑な地層の形状や、透水係数等の水理定数が方向によって異なる異方性を反映できるなど、他のモデルに比べて地下水流動を正確に取り扱うことができる。 飽和のみを扱うモデルだけでなく、地下水位に応じた被圧条件と不圧条件の変化、飽和―不飽和を解析するモデルなどがある。また、地下水の流動に加えて、溶解した物質や密度の異なる液体や空気、熱などの移動を組み合わせたモデルも開発されている。狭い範囲から広域にわたる様々な問題に適用できる。
準三次元モデル① 半透水性の加圧層を考慮した多層構造を取り扱う方法	複数の帯水層と半透水性の難透水層からなる地盤構成の地下水の流動を解析するときに用いられる。水平方向の地下水の流動を計算し、鉛直方向への流動量は、帯水層間の漏水量として、帯水層間の水頭差と帯水層間に挟在する難透水層の透水係数及び層厚より算出する。三次元モデルに比べて計算量が少なく、擬似的に三次元の地下水流動を取り扱うことができる。地下水位が大きく低下せず、帯水層が被圧状態での地盤沈下や、地下水揚水時の影響を検討する場合等に適用される。
準三次元モデル② 地盤水理定数を地下水位の関数として多層構造を取り扱う方法	複数の透水層の水理定数(透水量係数、貯留係数)を地下水位の関数として求め、解析を行う方法であり、準三次元モデル①に比べて多層構造の水理定数を考慮する点で優れている。広域の地下水流動を平面的に捉え、しかも地下水位の変動量が大きい場合、たとえば地下水位が低下し、被圧帯水層から不圧帯水層になったり、基盤まで地下水位が低下したりする場合に適している。
準三次元モデル③ 鉛直スライス法	三次元の領域を断面二次元で鉛直に分割し、それぞれ独立に飽和－不飽和断面二次元解析法により解析を行う方法である。断面間はダルシー則に従った二次元要素を用いて流量を求め、その流動を用いて断面二次元解析に反映させ、交互に計算を繰り返す。 断面二次元モデルに比べて、三次元的に地下水流動を考慮する点で優れており、岩盤の割れ目が卓越している場合や断層破砕帯が存在する場での地下水流動を取り扱う場合にこのモデルの特徴が生かされる。トンネル掘削や開削に伴う影響範囲や工法の検討等に適用される。
断面二次元モデル	断面方向の地下水の流動を二次元で計算するものである。岩盤の割れ目が少ない、あるいは、断層破砕帯が存在しないなど、断面を直行する方向に地下水は流動しないものと仮定できる場合に適用する。複雑な地質構造の中で、鉛直方向の地下水流動や地層の圧密収縮等を解析することに適している。トンネル掘削や開削に伴う影響範囲や工法の検討等に適用される。
平面二次元モデル	水平方向の地下水の流動が卓越し、鉛直方向の流動は微小である場合に用いられる。帯水層が１層の地域において、地下水揚水の影響範囲の検討を行う場合に適用される。
一次元モデル	１方向のみの地下水の流動を計算するものである。鉛直方向に物性が異なる粘土層内の水頭変化や圧密収縮（地盤沈下）、あるいは、実験室での流れの検討等に適用される。平面的な不均質性を検討する場合には、複数の地点に一次元モデルを適用する。



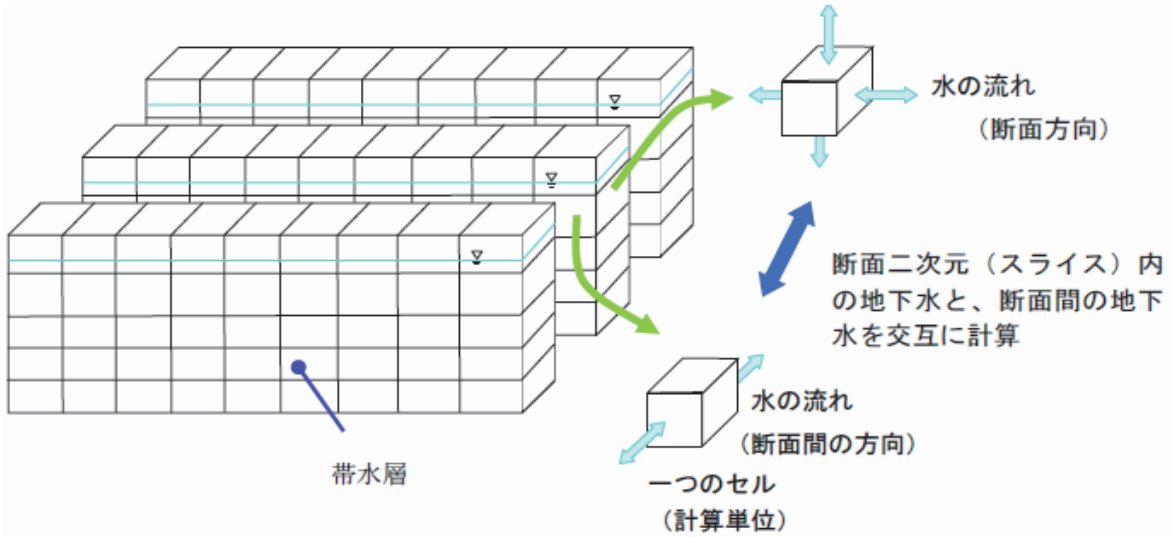
a　三次元モデル



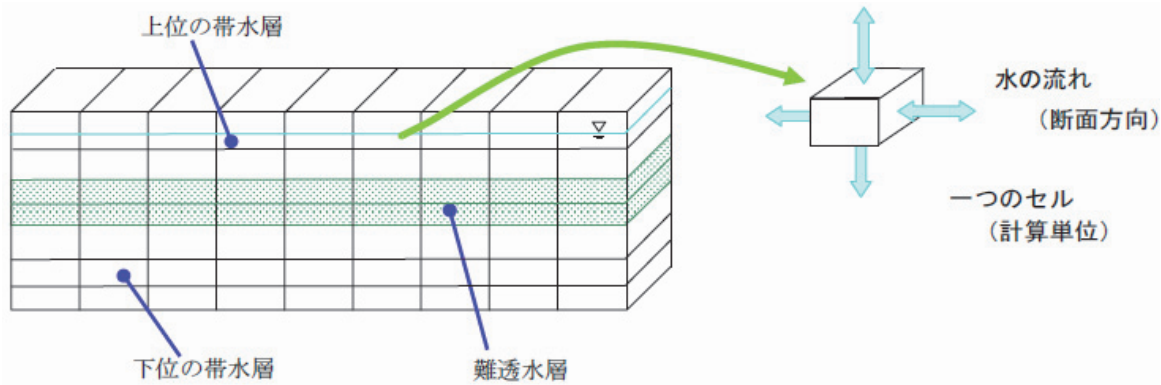
b　準三次元モデル①



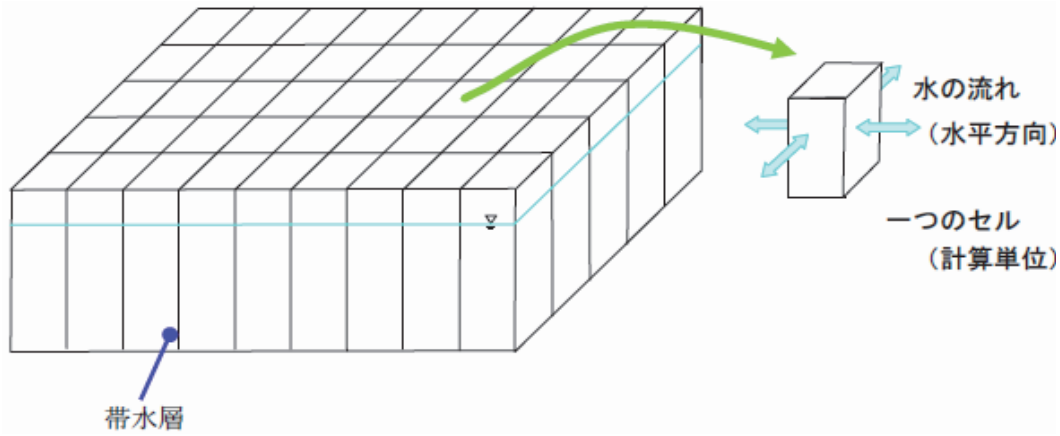
c　準三次元モデル②



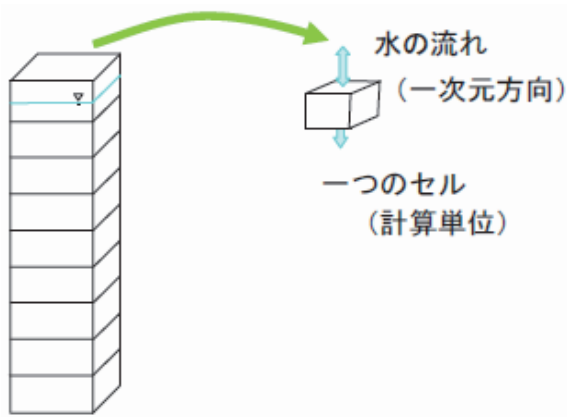
d　準三次元モデル③



e　断面二次元モデル



f　平面二次元モデル



g　一次元モデル

図3-3-3　各地下水流動解析モデルの概念図

＜例　示＞

近年は、地下水流動や地下水汚染の問題を解析するためのプログラムが多く公表されている。

解析に用いるプログラムの選定に当たっては、対象とする地域あるいは目的に合致するかどうかはもちろんのこと、経済性、解析に要する時間効率等も勘案することが重要である。

以下に公開されている主なプログラムの一部を参考として示す。

表3-3-2　地下水解析プログラムの事例

プログラム名※	次 元	解析対象	開発機関
GWAP	準三次元	飽和浸透流	岡山地下水研究会
UNSAF	三次元	飽和・不飽和浸透流	岡山地下水研究会
Dtransu	三次元	飽和・不飽和浸透流、物質輸送	岡山大学、他
MODFLOW	三次元	飽和浸透流、物質輸送（MT3Dとの組合せ）	アメリカ合衆国地質調査所

※　ソースコードがインターネット等で公開され、比較的、適用事例の多いもの

＜参考となる資料＞

各プログラムについては、下記のサイトが参考となる。

1）GWAP, UNSAF, Dtransu.
http://gw.civil.okayama-u.ac.jp/gel_home/download/index.html

2）MODFLOW.
http://water.usgs.gov/nrp/gwsoftware/modflow.html

3．4　地下水汚染解析

＜標　準＞

地下水汚染解析については、第12章 水質・底質調査 第2節 水質調査 2.13によることを標準とする。

3．5　地盤沈下解析

＜考え方＞

地盤沈下解析は、地盤沈下が進行するあるいは予想される地域において、地盤沈下量の予測及び沈下量と揚水量との関係の把握のために実施する。

地下水の揚水に伴う広域的な地盤沈下は、粘性土の圧縮により発生するものと、砂層や礫層などの弾性変形によって生じるものとがあり、前者の方が沈下量は大きい。帯水層中の水圧が低下すると、粘性土中の水圧も徐々に低下し、土粒子構造が収縮する、いわゆる脱水圧密現象が生じる。各地層の収縮量が地表に累積され、地盤沈下となって現れる。

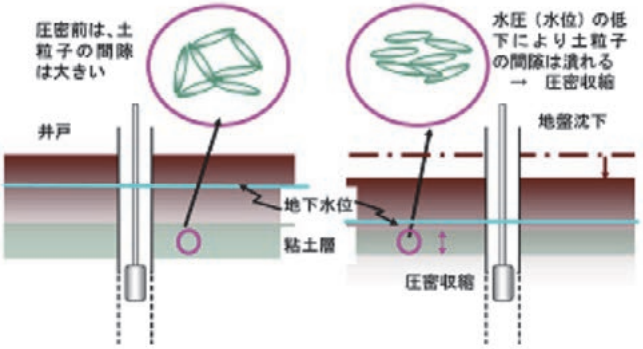


図3-3-4　粘土層の圧密収縮

（佐藤、岩佐「地下水理学」（2002）、丸善による）

地盤沈下解析の手法には、時系列的な予測手法、圧密理論による予測手法及び地盤沈下シミュレーション等が用いられている。

＜必　須＞

解析の手法は、目的、対象地域の特性などを考慮して適切に選定しなければならない。

＜例　示＞

１）時系列的な予測手法

１地点における地盤沈下の観測結果を時系列に整理し、直線あるいは曲線で近似させて、沈下量及び沈下時間を予測する方法である。

２）圧密理論による予測手法

盛土の載荷によって生じる地盤の形状変化にともなう沈下及びゆるい砂層に生じる沈下を無視し、盛土中央下の軟弱層の一次元圧密沈下のみを求めて全沈下量とする。

すなわち、層区分された圧密層ごとに次式から一次圧密沈下量S_c〔cm〕を求めた後、軟弱層全体について合計して全沈下量とする。

$$S_c = \frac{e_0 - e_i}{1 + e_0} \cdot H \qquad (3\text{-}3\text{-}4)$$

ここに、

S_c　：一次圧密沈下量〔cm〕

e_0　：圧密層の初期間隙比

e_i　：圧密層の圧密後間隙比で、e-logP 曲線に層中央深度の P0+ΔP を適用して求める。この場合、現場における e-logP 曲線の推定は一般に困難なので、試験による e-logP 曲線から求めた値を用いてもよい。

H　：圧密層の層厚〔cm〕

である。

なお、正規圧密土からなる軟弱層の場合で、区分された圧密層ごとに圧縮指数 Cc 又は体積圧縮係数 m_v〔m²/kN〕が求められている場合には、それぞれ次式によって圧密層毎の一次元圧密沈下量を求めることができる。

$$S_c = \frac{C_c}{1+e_0} \cdot \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \cdot H \qquad (3\text{-}3\text{-}5)$$

$$S_c = m_v \cdot \Delta P \cdot H \qquad (3\text{-}3\text{-}6)$$

ここに,

S_c　：一次圧密沈下量〔cm〕

P_0　：盛土前土かぶり応力〔kN/m²〕

ΔP　：盛土荷重による増加応力〔kN/m²〕

H　：圧密層の層厚〔cm〕

である。

３）地盤沈下シミュレーション

平面的な地盤沈下量の分布、あるいは、断面線上の地盤沈下量を予測する方法である。地下水流動解析モデルでは帯水層内の地下水頭変化量が算出される。また、断面二次元モデルあるいは三次元モデルを用いることで、粘土層内の水圧が計算される。帯水層の水頭変化量、あるいは、粘土層内の水圧（間隙水圧）変化量より、圧密理論により地盤沈下量を解析することができる。

第４章　河道特性調査

目　次

第１節　総説 1
１．１　河道特性調査の目的と位置付け 1
１．２　河道特性調査の全体構成と本章の構成 2
１．３　河道特性調査の意義と活用 3
１．４　河道を構成する河川堤防に関わる各調査の相互関係 3
第２節　河道特性調査に際しての基本的捉え方 6
２．１　河道の階層構造と類型区分 6
２．１．１　河道の階層構造 6
２．１．２　河道の類型区分 7
２．１．３　沖積河道のセグメント区分とセグメントの類型 9
２．２　河道構成材料の粒径分類と呼称 10
２．３　粒径集団に着目した土砂動態の捉え方 12
２．４　沖積河川の河床材料の捉え方 12
２．４．１　河道構成材料の大局的分類 12
２．４．２　代表粒径の設定 13
２．４．３　混合粒径河床材料の整理・分析について 15
第３節　各時点の河道状況 16
３．１　河道の形状 16
３．１．１　河川の地形測量 16
３．１．２　河口における地形測量 17
３．２　構造物の設置状況 17
３．３　河床形態 17
３．３．１　中規模河床形態 17
３．３．２　小規模河床形態 19
３．３．３　局所洗掘 19
３．４　表面・表層の状態 19
３．４．１　総説 19
３．４．２　河床材料の調査 20
３．４．３　河岸・高水敷の構成材料調査 21
３．４．４　岩盤、軟岩など固結物・半固結物の調査 21
３．４．５　粘着性を有する材料の調査 21
３．４．６　河口の河床材料調査 22
３．４．７　植物繁茂状況の調査 23
３．４．８　その他堆積物等の調査 23
３．５　平常時の水理環境 23
第４節　河道状況の時間的変化 24
４．１　時間的変化の捉え方 24
４．２　基本的な調査の進め方 25
４．３　着目する河道変化を起点にした調査の拡充 26

4．4　経年変化の整理 28
4．5　洪水による変化の調査 28
4．5．1　洪水前後の河道状況の比較による場合 28
4．5．2　洪水中の河床変化等の追跡による場合 29
第5節　洪水の作用 30
5．1　基本水理量の整理 30
5．2　洪水流観測による特性把握 31
第6節　土砂流送特性 32
6．1　調査の組立ての基本 32
6．2　基本水理量に基づく土砂流送形態の分析 33
6．3　土砂流送観測 34
6．3．1　総論 34
6．3．2　掃流土砂量調査 34
6．3．3　浮遊土砂量調査 35
6．3．4　水理量と土砂流送量観測結果の関係の整理 36
6．4　土砂収支による調査 36
6．5　総合観測による調査 36
第7節　河道を取り巻く諸状況 37
7．1　流域・水系環境及びその変遷の整理 37
7．1．1　流域の概要 37
7．1．2　流域平面図と主要諸元 37
7．1．3　流域の地形･地質 37
7．1．4　水文特性 38
7．1．5　ダム・砂防堰堤等の整備状況 38
7．2　河川整備及びその他の河道状況の整理 39
7．2．1　主たる出水と河道計画・河川改修履歴 39
7．2．2　河道変遷 39
7．2．3　河道掘削・砂利採取 40
7．2．4　河道表層下の土層構造調査 40
第8節　調査結果の取りまとめ及び包括分析 40
8．1　河道特性調査結果の整理 40
8．2　河道特性調査結果の包括分析 42

平成26年4月　版

第4章　河道特性調査

第1節　総説

1．1　河道特性調査の目的と位置付け

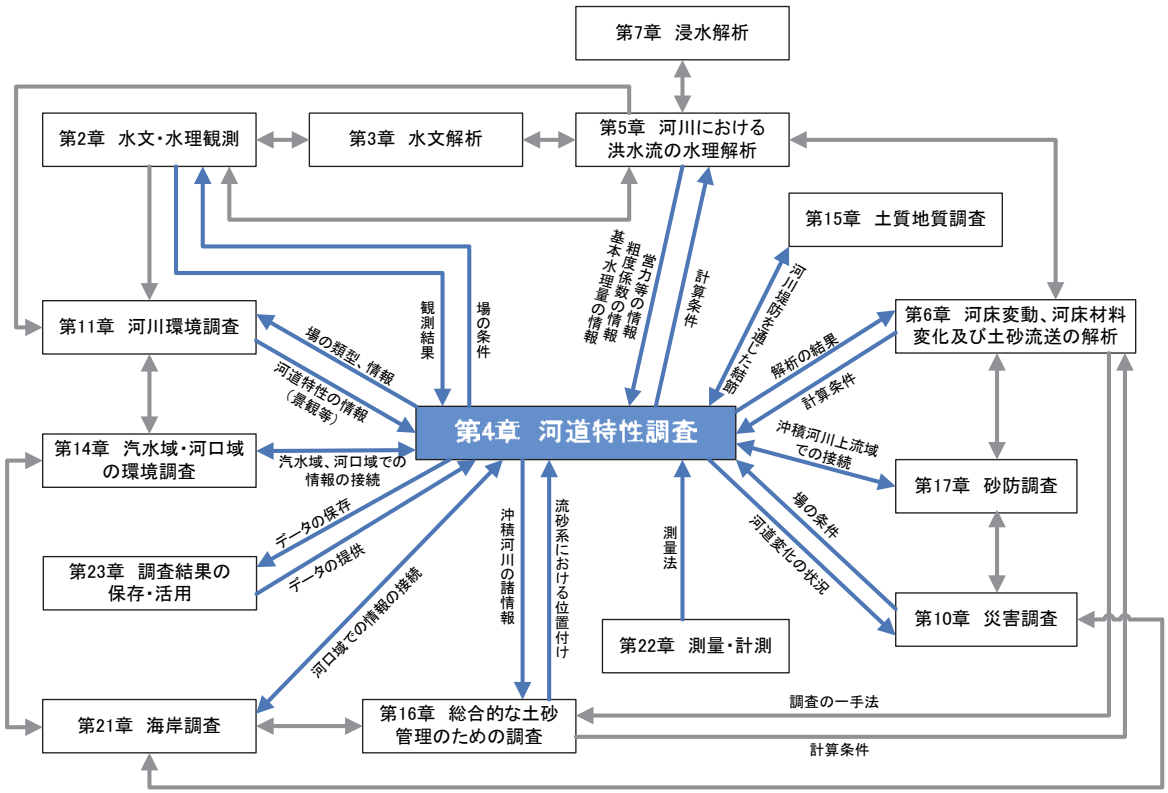
＜考え方＞

本章は、河道特性を構成する個々の要素の調査法と、それらの調査結果を組み合わせて対象河道の特性を総体的に理解するための枠組みについて述べる。ここで河道特性とは、河川等の計画、設計及び維持管理等の適正な実施を図る上で把握しておくべき「沖積河川の種々の姿の全体像」を指す。河道特性調査の全体構成とその活用については本節の 1.2 に示している。

沖積河川の姿には多くの側面があり、河道特性を構成する諸要素は、個々にばらばらに存在しているのではなく、相互に密接に関連し合って河道という１つのシステムを形成している。このため、計画、設計、維持管理等の検討を通じて河川へ様々な働きかけを行う際には、当該目的に直接関係する機能や特性、場所に限定して河川を調べることに加えて、あらかじめ対象河川の河道特性を把握し理解しておくことが重要である。

通常、河道特性の構成要素としては、河道自体及びそれと直接的関わりを持つ事象等が対象となる。本章においては、河道特性調査を幅広く捉え、流域や水系環境など沖積河川を取り巻く諸状況とその変遷も調査対象に含めて考えていく。また、河道形状や河床材料など河道に関する基本事項の調査手法についても本章で一体的に説明する。

上述の河道特性調査の性格から明らかなように、本章で記述する調査は対象河川の状況に関する基盤的な情報を得るものであり、その内容は、図 4-1-1 に示すとおり、他章の調査と密接な関係を持つ。本章の調査内容を起点とした調査体系の全体像も考慮しつつ、調査編で扱う河道に関わる諸調査を有機的に連携させながら適切かつ効率的に進めていくことが重要である。



※矢印は各章間での情報の受け渡しを表す

図4-1-1　河道特性調査と調査編各章との関係の俯瞰図

＜参考となる資料＞

河道特性の概念、その河川技術への体系的展開及び河道特性調査の基本論については、下記の資料が参考となる。

1)　山本晃一，(財)河川環境管理財団企画：沖積河川－構造と動態－，技報堂出版，2010.

1．2　　河道特性調査の全体構成と本章の構成

＜考え方＞

図 4-1-2 に、河道特性調査の全体構成と本章の構成を示す。

まず第 2 節において、本章の調査に際して押さえておくべき共通的事項を述べる。この節は、たとえば「2.1 河道の階層構造と類型区分」が、第 11 章 河川環境調査 における河道形状に関わる河川環境要素の抽出にも適用されるなど、他章の調査における道具ともなる内容を持つ。

第 3～7 節が河道特性調査を構成する個々の事項の説明であり、したがって、この部分が河道特性調査の全体構成に当たる。その内容は、各時点の河道状況に関する調査（第 3 節）、河道状況の時間的変化に関する調査（第 4 節）、河道の形成や変化の営力である洪水の作用に関わる調査（第 5 節）、河道のシステムにおいて重要な役割を担う土砂流送特性に関する調査（第 6 節）、河道を取り巻く諸状況に関する調査（第 7 節）からなる。これらの節は、調査内容という面で相互に密接な関係を持ち、また互いの調査結果を利用する関係ともなっている。

第 8 節は、第 3～7 節に述べた調査の結果を河道に関する基盤的情報としての取りまとめと蓄積について述べ、また得られた調査結果の横断的、包括的な分析について記述したものである。

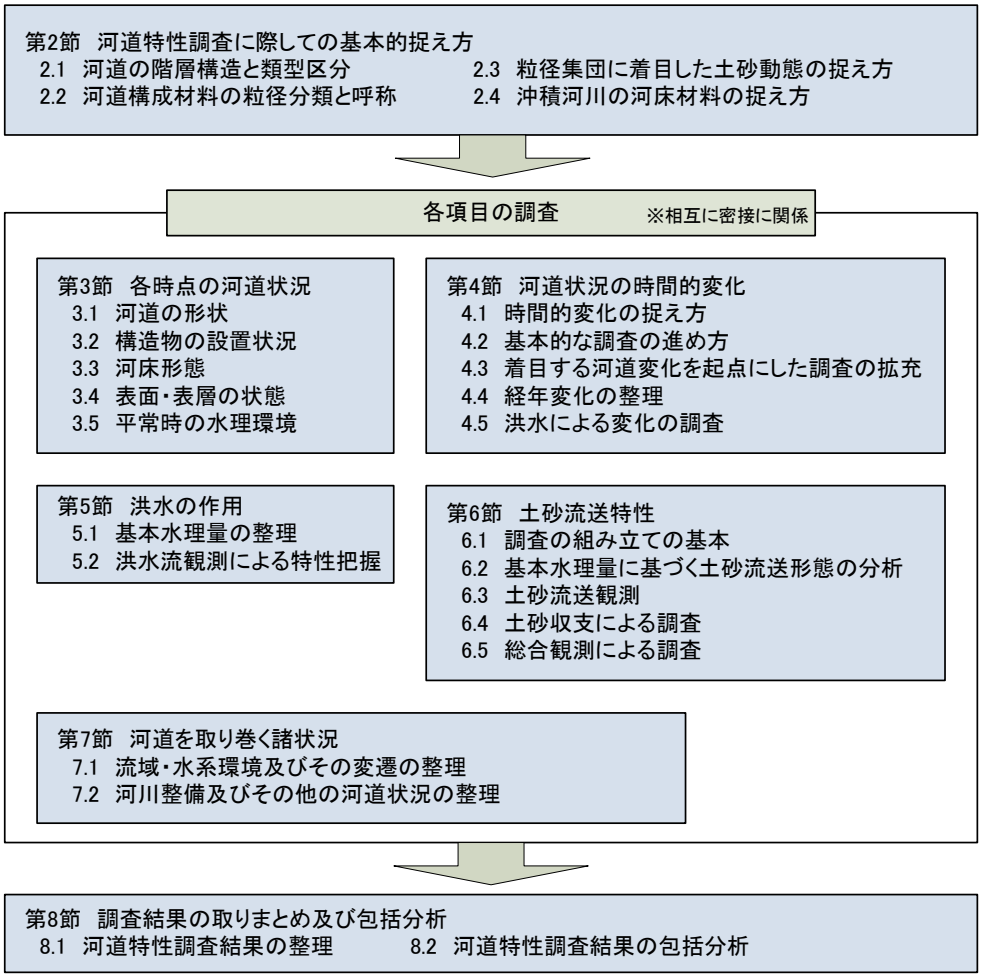


図4-1-2　河道特性調査の全体構成と本章の構成

1．3　河道特性調査の意義と活用

＜考え方＞

河道特性調査は、河道の基本的な性質と特性を様々な側面について総体的に把握するものであり、

1）流下能力確保などのための河道計画、
2）洪水流に対する氾濫の危険性や堤防の安全性の評価、
3）洪水を受けた際の河道の挙動と安定性の評価、
4）種々の河道変化を見据えた河道管理の検討、
5）河道の動きや土砂流送と関わりの深い河川構造物の設計とその維持管理、
6）河道の物理環境や土砂流送の制御を基軸にした河川環境の保全と管理、
7）流域・水系環境の変化を踏まえた河道管理、
8）これらの検討を包括した治水･利水・環境保全・維持管理にわたる統合的視点からの河道の在り方の検討

など、河川等の計画、設計及び維持管理等の適正な実施を図るための種々の技術検討を行う際に用意しておくべき共通的、基盤的な情報を提供するものである。

それだけに、河道特性調査の実施と、取りまとめは、一貫した方針の下、管理対象とする河川についてできるかぎり悉皆的に実施し、統一的な方式で取りまとめ、蓄積していくことが重要であり、そのために必要な事項を本章の 8.1 に述べる。

1．4　河道を構成する河川堤防に関わる各調査の相互関係

＜考え方＞

河川堤防は、河川に関わる多くの事象に関わりを有しており、調査編における位置付けを理解しておくことは重要である。そこで、河川堤防に関わる各調査の相互関係についてここでまとめて記載する。

1）河川堤防に関わる諸調査間の相互関係を理解することの重要性

河川堤防は河道を構成する主構成要素の 1 つではあるものの、原則として盛土により築造され、通常、維持管理が高頻度でなされる構造物であり、営力により変動することが常態である河床や河岸とは性質を異にする。このため、本章の第 3 節 各時点の河道状況 以降において河川堤防を直接的に取り上げることはしていない。しかし、河川堤防は、河道を構成し、洪水氾濫からの堤内地防御において直接的な役割を担う河川構造物であり、その本来的成り立ちから、河川に関わる多くの事象に関わりを有している。

このため、河川砂防技術基準全般（計画編、調査編、設計編、維持管理編）において河川堤防に関係する多くの調査・検討事項が存在し、調査編も、直接・間接を含めると数多くの河川堤防に関係する調査内容を含む。

このような河川堤防の技術的特徴を踏まえると、河川堤防に関係する個々の、あるいは各分野（地盤工学、水工学、地形学など）の調査結果の活用を図ることはもちろん、各調査の位置付けや相互関係をよく理解し、それらを有機的につなげ、河川堤防の本来的、総体的役割に立脚した総合技術判断に結び付けるという基本スタンスが重要となる。

調査編は、第 1 章 総論 に記述しているとおり、「河川等の計画、設計及び維持管理等の適正な実施」のために、他編（計画編、設計編、維持管理編）を介して、あるいは直接的に生じる必要性に応じて、適切な技術手法等を提供する役割を負っており、河川堤防に関係する多様な内容を含む（第 1 章 総論 の表 1-3-1 参照）。

こうしたことから、河川堤防に関して、ここで、調査内容の相互関係について述べておくものである。

２）河川堤防に関わる諸事象

河川堤防は、堤体と基盤を主構成要素とし、堤防近くの河道、堤防と一体的に設置される構造物（護岸、水制、水門、樋門・樋管など）も構成要素となる。また、基盤と空間的に連続する堤内地も、必要に応じて関連要素に含めて考える。

河川堤防は、場合によっては堤体－基盤－河道の相互作用も内包しつつ、種々の機構及びプロセスの下、所定の機能を発揮し、また変化・変状を起こし、更に過度の外力を受けた場合に破壊に至ることもある。機構及びプロセスの代表的類型としては、地盤工学、水工学それぞれにより分析されるものがあり、一般に、浸透や地震動による変化・変状・破壊は前者により、浸食による変化・変状・破壊は後者により扱われる。ただし、このような類型ごとのアプローチだけでは実現象を十分には分析できず、学際的なアプローチの充実が望まれる境界領域的現象が重要となる場合も考えられる。

河川堤防の機能発揮にしても、変化･変状・破壊にしても、それらは堤防自体の状況と堤防に対する諸作用等との関わりの中で決まってくる。したがって、調査の主なターゲットもそれに対応したものとなる。堤防の状況は諸元、特性、構造、状態（表面、内部）などで表される。堤防の状況に加えて、河道（堤外地）や周辺の堤内地の状況が関係してくる場合がある。一方、堤防に関わる作用や事象等には、以下に示すように様々な種類のものがあり、中には堤防と双方向作用の関係を持つものもある。

a） 洪水

洪水は、水位、流速、流水によるせん断力、水圧などの形で、堤防に対する外力として作用し、作用継続時間と相まって、場合によっては変更、更には破壊の原因となる。所定の洪水の作用に耐えることが、堤防が持つべき最も重要な機能である（河川管理施設等構造令第18条参照）。

一方、堤防は、堤内地を洪水氾濫から防ぐという本来的機能ゆえに、堤防がない場合に比較して洪水流を制御する。この制御の強さが大きくなれば、一般に、堤防に作用する洪水の作用も大きくなる。この点において、洪水と堤防は双方向的に作用し合う関係にある。このことは、たとえば、堤間幅と洪水時の水理量との関係という「川幅」の切り口から、更には堤防法線と洪水流との関係という「平面形」の切り口からの検討につながっていく。

b） 地下水の流れ

周辺の地下水の流れが、堤防の水分条件を規定する１要素になる可能性がある。逆に、地盤対策などが施された場合、対策工法によっては堤防が地下水の流れに影響を与えることもある。

c） 地震動、地殻変動

外的作用として堤防に影響する。地震動に対する安全性は、条件によって、堤防が持つべき重要な機能の１つとなる。

d） 河床変動

洪水流や氾濫流を介して土砂流送が起こり、それがしばしば地形変化を生じさせる。その地形変化が堤防の近傍に生じる場合には、堤防に対する外的作用となる。上記ａ）と合わせると、ここにおいて、堤防→洪水流→土砂流送→地形変化→堤防への外的作用という一連の相互作用系という視点の必要性が示唆される。そして、この視点は、河川堤防が洪水の作用を介して河道形成を一定程度支配し、そのことがひいては、物理環境形成を通じて河川環境形成とも関わりを持つという捉え方につながり得る(第11章 河川環境調査 の1.4 を参照)。

e） 時間の経過

外的作用には当たらないが、種々の堤防に内包されている変化・変状等の機構のうち、多くのものは、時間の経過に従って発揮される。代表的な事例として、堤体の荷重による沈下及びそれに付随する事象が挙げられる。

f） 生物的作用

堤防表面に生育する植物は、葉茎や根毛による被覆作用により降雨や流水による表面浸食からの防護機能をもたらす一方、時間経過とともに増大すると考えられる根毛層の状態によっては、堤防機能の減耗につながるとの懸念も考えられる。動物については、モグラが代表的な考慮対象となる。これら生物的作用は、逆に、堤体の土質等の影響を受けると考えられ、この点で、生物的作用と堤防は双方向的関係にあると考えられる。

g） 気象など

降水、日射、気温などの気象条件、河口近くの堤防には影響する潮位などの海象条件、平水位の状況、更に広域地盤沈下などは、堤防に対しての外的作用あるいは環境条件と捉えることができる。このうち、たとえば、降水や平水位、潮位は通常時の堤防内の水分状況を規定し、洪水発生と同期した降雨は、浸透に起因する堤防破壊や変状を引き起こす外力を規定する有力なファクターとなる。日射の状況はｆ）における植物の生育に影響する。

h） 堤内地の状況

堤内地の内水や流下してきた洪水氾濫流が、たとえば支川や本川の堤防に遮られる状況となり、堤内地側からの浸透や浸食作用が生じることも考えられる。そのような場合には、堤内地に生じる浸水、氾濫の状況は堤防の安定に直接関連する検討事項になる。また、堤内地の土地利用の状況は、パイピングや浸透に直接的に影響を及ぼすことがある。堤内地の状況は、堤防の機能の様々な面に関係を持つので留意が必要である。

i） 人間活動、社会的インパクト

河川の利用は、その形態によっては堤防に影響を及ぼすことがある。

これらの作用等は互いに独立しているとは限らず、ｄ）についてａ）との関連を説明したように、相互に関連しながら作用することがあり、更には堤防との相互作用も交えつつ、堤防の機能発揮や変化･変状・破壊に関わる様々な現象が生じることがある。

堤防は、堤防の強化、補修、維持管理等によっても直接改変を受け、河川改修等の堤防周辺の改変からも影響を受ける。これらは、河川等の計画、設計及び維持管理等の適正な実施という目的に従って必要な技術的検討を経て実施されるものであり、上記のａ）～ｉ）とは「作用」の性格が根本的に異なるが、その履歴を把握しておくべきことについては同様である。

３）調査編の各調査との関係

第１章 総論 表 1-3-1 の堤防の欄及び上記 ２）より、河川堤防に関連する調査が、調査編においても多岐に及んでいることが理解される。堤防の諸元、特性、構造、状態（表面、内部）については、土質・地質的側面での調査を中心に 第 15 章 土質地質調査の第２節 河川堤防の土質地質調査、第３節 河川構造物の土質・地質調査 に詳述されており、諸元（形状）の調査は本章の 第３節 各時点の河道状況 や 第 22 章 測量・計測 で触れられている。基盤及び周辺の堤内地（氾濫原）や河道（堤外地）の地形・地質的特性については、第 15 章 土質地調査 第２節 河川堤防の土質地質調査 と本章 第２節 河道特性調査に際しての基本的捉え方 、第３節 各時点の河道状況 で、その捉え方や調査法が述べられている。

上記のａ）～ｉ）の中で、ｂ）は第２章 水文・水理観測の第６節 地下水観測、第３章 水文解析の第３節 地下水解析と関連性を持ち、ａ）とｄ）には、豪雨からの洪水生起と河道を流下する洪水流に関する調査手法を示す第２章 水文・水理観測、第３章 水文解析、第５章 河川に

おける洪水流の水理解析が、また、洪水流による土砂流送と河床変動を扱う 第 6 章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析 が密接に関係する。

洪水流の作用を含む河道特性と堤防との間の相互作用を検討するに際しては、本章の第 5 節 洪水の作用、第 6 節 土砂流送特性 の内容が役立つ。

h）に関しては 第 7 章 浸水解析 が関係する。

さらに g）に関係する調査の多くには 第 2 章 水文・水理観測 の内容が役立つ。

i）は 第 11 章 河川環境調査 第 14 節 河川空間利用実態調査 と関わりを持つ。

堤防の強化、補修、維持管理等については、既往の履歴を把握し蓄積保存するという点で、本章の 第 7 節 河道を取り巻く諸状況 と 第 23 章 調査結果の保存・活用 が関係する。

災害調査は河川堤防の技術に関しても重要な知見を提供し、また河川堤防の復旧等は重要な技術的判断の場であるので、第 10 章 災害調査の 2.1 と 第 15 章 土質地質調査の 2.3 は河川堤防とも密接に関係する。

調査編以外に、河川砂防技術基準維持管理編においては、基本データの収集、河川巡視、点検等による状態把握の内容が示されている。こうした調査の結果を踏まえ、必要に応じて、堤防の機能発揮に関わる診断、評価、照査、起こり得る事象の想定を所定の手法に基づき行い、技術的吟味を経て判断し、計画、設計、維持管理、水防・危機管理等の適正な実施につなげていくことが重要である。

以上に示してきたように、河川堤防に関する調査は多岐にわたり、それらが適切に組み合わされて、河川堤防に関する総体的な技術的判断につながっていく。したがって、個別分野の調査を適切に実施し積み上げることはもちろん、河川堤防に関わる各調査の位置付けと相互の関係を理解しながら、各調査を有機的に連携させること、こうしたことの前提として、河川堤防に関係する調査を十分幅広く捉えておくことが重要である。

その際には、種々の事象及び要素が相互に影響し合い、堤防と双方向的に影響し合う関係を持つ場合もあることから、河川堤防に関わる技術体系を、河道特性を扱う場合と同様にシステム的に捉えることが重要である。

第2節　河道特性調査に際しての基本的捉え方

2. 1　河道の階層構造と類型区分

2. 1. 1　河道の階層構造

＜考え方＞

河道は、以下の階層構造を持つとする考え方がある。

- 河道を空間的スケール及び形成・変化に要する時間スケールが異なる種々の構成要素（たとえば表 4-2-1 の類型）の集合体として捉える。
- その集合体は代表スケールがオーダー単位で異なる階層に区分される。
- 下位階層の構成要素群の形成･変化に対して､上位階層は所与の条件として取り扱える。

調査編では、この考えに基づいて、種々の類型をこの階層構造の下に設定する。

河川に関する調査の中でも、「場」に着目した調査を行う際には、様々な調査結果を共通的に活用できるようにするため、あるいは当該調査の位置付けが容易に理解されるように、対象とする場の類型を明確にしておくことが有用である。

一般に場の類型は、階層が異なれば、また、それが属する 1 つ上位の階層の類型によって、類型区分の構成も異なってくる。このことから、場の類型区分に際しては、河道の階層構造をあらかじめ考慮しておくことが必要である。

なお、同一階層の場であっても、着目した代表的事象により類型の呼称が異なる場合がある（たとえば、本節 2.1.2 に後述する河口域と汽水域）。同様に、着目した事象によってそれを捉えるのに適した代表長が異なるため、同一階層内でも異なる類型区分が採用される場合がある

（たとえば、本節 2.1.2 に後述する沖積河道区間とセグメント区分）。

表4-2-1　河道の階層構造の説明

階層	スケール		類型の例	当該階層・スケールの類型出現に関わる代表的事象
	種別	代表長 ※nの目安は1～10		
上位	大規模 （セグメント）	平野幅 流域幅	地形区分，セグメント区分	河道縦断形形成，地殻変動，海水面変動
	中規模 （リーチ）	川幅×n	砂州に伴う瀬・淵	砂州形成，蛇行
	小規模 （ユニット）	出水時水深あるいは河岸高×n	階段状河床に伴う瀬・淵，構造物等の周りの淵，河岸・水際・水域，渓畔林，河畔林，ワンド，たまり，潮上帯・潮間帯・潮下帯	階段状河床の形成，障害物周りの局所洗掘，河岸・高水敷形成，砂州・分岐流路の形成，潮位変動
下位	微小規模 （マイクロ）	数cm～数十cm	浮き石・沈み石，表層礫の空隙構造や細粒土砂充填度に関するもの，小規模河床波が規定するもの	小規模河床波の消長，混合粒径土砂の流送

2．1．2　河道の類型区分

＜標　準＞

調査編では、河道の階層（表 4-2-1 参照）のうち大規模スケールについて、以下の類型区分を設定し、これを共通して用いることを標準とする。

1）渓流区間
2）山地河道区間
3）沖積河道区間（更にセグメント区分を行う）
4）河口域
5）汽水域

なお3）の沖積河道区間については、同一階層の区分との位置付けで、さらにセグメント区分を行う。セグメント区分については 本節 2.1.3 に記載する。1）～5）の定義等は次のとおりである。

1）渓流区間
山地部を流下する河川で、生産され当該区間に供給された土砂が土石流など高濃度・集合的な形態で移動が生じ得る河床縦断勾配が大きい区間である。あるいは、土石流区域と、掃流区域のうち山腹・沢からの土砂供給の影響が卓越する区間の河川である。

2）山地河道区間
山地部を流下する河川で、生産され当該区間に供給された土砂が、土石流など高濃度・集合的な移動によってではなく、出水時に掃流・浮遊形態で流送される場であり、それが河床に堆積する状況となる。河岸の一定割合が山体を構成する岩により、又は支渓流や斜面崩壊により供給された巨岩によって構成され、それによって河岸位置や川幅が規定されている区間である。

本節 2.1.3 で述べるように、山地河道区間と渓流区間とを併せてセグメント分類Mと総称する。

３）沖積河道区間

沖積平野、谷底平野、盆地を貫流する河道区間である。ここで、谷底平野とは、河川の流路幅に比べて数倍以上の幅を有する谷間に河川の運搬した砂礫で形成された低地である。これらの河道区間は、堤防や谷壁による洪水流の流下幅の制約や狭窄部での水位せき上げによる湛水など洪水流の流下特性には差異があるが、河岸が河成の堆積物で構成されており、河岸位置や川幅がその浸食・堆積作用のバランスの下で変動・調節される区間である。本節 2.1.3 で述べるように、セグメント区分に応じて、河床勾配、河床材料、川幅などの河道諸量が同様の幾つかのグループに分けることができる。

４）河口域

地形形成に波浪、潮位、河川流の相互作用が卓越する河道～海岸領域である。河口域のうち河道側は、河口砂州のフラッシュ又は潮位変動に応じて出水時の河川水位にせき上げ・低下背水が現れる区間まで、海岸側は、岸沖方向では河口テラスの舌状に伸びた最遠点（移動限界水深に相当する等高線が目安）まで、汀線方向には河口テラスの幅、また、河口砂州がある場合には砂州のフラッシュ後、砂州再形成のための底質供給源となる範囲を目安とする。

５）汽水域

潮位変動による塩水浸入によって塩分濃度の変化が生じる河道区間、及び河口からの淡水の流出によって塩分濃度の変化が顕在化している海岸側の領域である。４）の河口域や感潮区間と範囲が重なる場合が多いが、平時における水位変動、主に塩分濃度などの水質及び生物生息環境の観点を重視した区分である。

本章では、これらのうち主として３)、４）を扱い、一部２）もカバーする。５）は３)、４）に含まれ、本章では汽水環境を取り上げることはしないので、５）を直接の対象とはしていない。調査編の各章とこの類型区分との関係はおおむね以下のとおりである。

１）渓流区間：第 17 章
２）山地河道区間：第 4 章、第 5 章、第 6 章、第 11 章、第 17 章
３）沖積河道：第 4 章、第 5 章、第 6 章、第 11 章
４）河口域：第 4 章、第 14 章、第 21 章
５）汽水域：第 14 章

※なお、第 16 章では、１）～４）を包含している。

＜推　奨＞

以上に示した大規模スケールで区分されたそれぞれの類型の下に、中規模、更には小規模、微小規模の類型区分がなされることになる。

河道に関わる調査を行う際には、河川環境が主対象となる場合も含め、表 4-2-1 に示す階層構造を考慮しつつ、中規模以下の類型区分についても必要な共通化を図れるよう、場の類型の記述を適切に行い、蓄積する情報に一貫した方法で表記していくことが望ましい。

2．1．3　沖積河道のセグメント区分とセグメントの類型

＜標　準＞

河道特性調査に際しては、本節の 2.1.2 に示した沖積河道区間について、

1）河床勾配がほぼ同じで、似たような特徴を持つ区間ごとに河道を縦断的に区分すること、
2）この区分をセグメント区分と呼び、区分された各河道区間に「セグメントー◎△」のようにセグメントを冠した識別のための呼称を与えること、
3）この区分を整理･分析において活用すること

を標準とする。

なお、セグメント区分は、地形区分のために行うのではなく、あくまで、河川等の計画・設計・維持管理等を目的とした河道特性把握のための合理的な整理法として行うものである。

＜推　奨＞

複数の河川を横断する視点から吟味するため、河川ごとに区分された各セグメントについて類型化を行い、各セグメントが有する一般的特徴と個別性を整理しておくことが望ましい。

＜例　示＞

区分された各セグメントの類型化については、以下に示す代表的手法がある。

河川におけるセグメントの数は、河川によって、また、河川をセグメント区分する目的（河道特性の違いを細かく見れば見るほどセグメントの数は多くなる）によって異なるが、比較的単純な河川の場合（山間部から堆積空間に出て、そのまま海に流れる河川で、大きな支川が入り込まない河川）には、山間部を出てからは、次の３つの類型のセグメントに分かれることが多い。

扇状地を持つ河川の場合は、扇状地を流下する河道区間に当たるセグメント類型１、その下流で粗砂あるいは中砂を河床材料に持つ自然堤防帯あるいはデルタに相当するセグメント類型２－２、その下流で細砂～シルトを河床材料に持つセグメント３類型に分かれる。

扇状地を持たない河川では、山間部から出た河川は、直接自然堤防帯に入るが、河床材料が砂利であるセグメント類型 2-1、その下流で粗砂・中砂を河床材料に持つセグメント類型 2-2、その下流で細砂～シルトを河床材料に持つセグメント類型 3 に分かれる。

なお、扇状地を持たない河川の中には、粒径が 1cm 以下の河床材料からなるセグメントが優占的に存在する場合がある（風化花崗岩を流域に持つ河川など）。これはセグメント類型 2-2 の中に含まれるものとする。

また、下流における堆積空間の有無や大きさによって、セグメント類型 1 で終わる（海に到達する）、セグメント類型 2-1 で終わる河川もあることに留意する。

表 4-2-2 には上記のセグメント類型と地形区分との関係、また各セグメント類型と河床材料、河岸の構成材料、勾配、蛇行速度、河岸侵食程度、水路の深さとの概略の関係を示す。なお、本表では、セグメント類型 1、2-1、2-2、3 に加えて、渓流区間と山地河道区間を包含する区間をセグメント類型Mと総称し、河川水系全体を俯瞰できるようにしている。

対象とする河川についてセグメント区分を行った結果、得られた各セグメントが上記の類型のいずれかに当てはまる場合は、類型名をそのまま当該セグメントの呼称に用い、セグメント区分とその類型化の結果が一括して把握できる方式としてもよい。たとえば、あるセグメントがセグメント類型 2-2 に属すると判断できる場合、そのセグメントを「セグメント 2-2」と呼称するという方式である。

区分されたセグメントは、表 4-2-2 に示すように、地形区分と良い対応を示す場合が多い。ただし、セグメント区分は、前述のように、地形区分のために行うのではなく、あくまで、河川整備や管理を目的とした河道特性把握のための合理的な整理法として行うことが本旨である。このことから、必要に応じて、地形区分にこだわらず、適切な区分を行う。たとえば、扇状地河川において、セグメント 1 の類型を持つセグメントを２つあるいは３つの小セグメントに分けることが必要な場合もある。また、セグメントMについては、その中を複数のセグメントに区分すべき場合がほとんどである。

表4-2-2　沖積河道区間についての代表的なセグメント類型とその特徴

	セグメントM	セグメント1	セグメント2		セグメント3
			2－1	2－2	
地形区分	←山　間　地→←　扇　状　地　→ ←　谷　底　平　野　→ ←　自然堤防帯　→ ←　デルタ　→				
河床材料の代表粒径 d_R	多種多様	2cm 以上	3cm～1cm	1cm～0.3mm	0.3mm 以下
河岸の構成材料	河床河岸に岩が出ていることが多い	表層に砂、シルトが乗ることがあるが、薄く、河床材料と同一物質が占める	細砂、シルト、粘土の混合材料。ただし下部では河床材料と同一		シルト、粘土
勾配の目安	多種多様	1/60～1/400	1/400～1/5,000		1/5,000～水平
蛇行程度	多種多様	曲がりが少ない	蛇行が激しいが、川幅水深比が大きいところでは８字蛇行又は島の発生		蛇行が大きいものもあるが、小さいものもある
河岸浸食程度	非常に激しい	非常に激しい	中 （河床材料が大きいほうが、水路がよく動く）		弱 （ほとんどの水路の位置は動かない）
低水路の平均深さ	多種多様	0.5～3m	2～8m		3～8m

※セグメントMは、沖積河道区間には当たらず、渓流区間と山地河道区間を包含するものであるが、河川水系全の状況を俯瞰するため、付け加えている。

＜参考となる資料＞

沖積河道区間のセグメント区分及び表 4-2-2 の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　山本晃一，(財)河川環境管理財団企画：沖積河川－構造と動態－，技報堂出版，2010.

2. 2　　河道構成材料の粒径分類と呼称

＜標　準＞

調査編においては、河道構成材料の粒径分類と呼称については、表 4-2-3 に従うことを標準とする。

表中で、左から二列目における中礫と細礫の境界（4mm）と三列目における中礫と小礫の境界（16mm）だけがずれている。このため、中礫の定義を厳密にする必要がある場合は、どちらに従った中礫の定義かが判別できるように「中礫（□mm～）」と記すことを、標準とする。

また、幾つかの粒径分類を束ねて表現する呼称のうち、表 4-2-3 にないものについては、以

下に従うことを標準とする。

「礫」　：粒径が 2mm 以上の材料の総称。したがって、「礫」という場合、細礫あるいは小礫から巨礫までを含み得る。

「石礫」：上記に定義される「礫」の範疇にあり、かつ、大礫以上の粒径分類を有意に含む幅広い粒径で構成される材料。特に、大礫以上の粒径範囲の存在が河床変動に支配的な影響を及ぼし得る粒径分類であることを明示する場合に用いられる呼称である。

「砂礫」：上記に定義される「礫」と砂からなる材料。ただし実質上、砂から中礫までを含む材料の総称に使われることが多い。

表4-2-3　粒径の分類と呼称

日本で使用されている名称*		Udden-wentworth scale**	AGUの分類		粒径範囲(mm)		φ尺度***
巨　礫	巨　礫	巨　礫	boulders	very large boulders large boulders medium boulders small boulders		4096～2048 2048～1024 1024～512 512～256	-11 -10 -9 -8
玉　石	大　礫	大　礫	cobbles	large cobbles small cobbles		256～128 128～64	-7 -6
砂　利	中　礫 (pebbles)	中　礫 (pebble)	gravel	very coarse gravel coarse gravel medium gravel fine gravel very fine gravel		64～32 32～16 16～8 8～4 4～2	-5 -4 -3 -2 -1
	細　礫	小　礫 (gravel)					
砂	極　粗　砂 粗　砂 中　砂 細　砂 微　細　砂	極　粗　砂 粗　砂 中　砂 細　砂 微　細　砂	sand	very coarse sand coarse sand medium sand fine sand very fine sand	2～1 1～1/2 1/2～1/4 1/4～1/8 1/8～1/16	2～1 1～0.5 0.5～0.25 0.25～0.125 0.125～0.062	0 1 2 3 4
シ ル ト	粗 粒 シ ル ト 中 粒 シ ル ト 細 粒 シ ル ト 微 細 粒 シ ル ト	シ　ル　ト	silt	coarse silt medium silt fine silt very fine silt	1/16～1/32 1/32～1/64 1/64～1/128 1/128～1/256	0.062～0.031 0.031～0.016 0.016～0.008 0.008～0.004	5 6 7 8
粘　土	粗 粒 粘 土 中 粒 粘 土 細 粒 粘 土 微 細 粒 粘 土	粘　土	clay	coarse clay medium clay fine clay very fine clay	1/256～1/512 1/512～1/1024 1/1024～1/2048 1/2048～1/4096	0.004～0.002 0.002～0.001 0.001～0.0005 0.0005～0.00024	9 10 11

* 主として河川工学の分野で使用されている．土質工学の分野では，礫(2.0mm以上)，粗砂(2.0～0.42mm)，細砂(0.42～0.074mm)，シルト(0.074～0.005mm)，粘土(0.005～001mm)，コロイド(0.001mm以下)として分類している．

** 元々は地質学の分野で使用されていたが，Cummins(1962)が河川生態学の分野に採用した．

*** φ尺度　$\varphi = -\log_2 d$　(d:土砂粒子の大きさ(mm))

＜参考となる資料＞

表 4-2-3 の作成に当たっての参考文献は下記のとおりである。

1)　河村三郎：土砂水理学１，p.3，森北出版，1982.

2)　Cummins, K. W. : An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic water, American Midnald Naturalist, 67, pp.477-504, 1962.

＜推　奨＞

河道を、河川工学的視点から調査する場合と、生物の生息・生育場の物理環境という視点から調べる場合とで、異なる粒径分類・呼称が用いられてしまうと、同じ河道を調査したにもかかわらず、互いの結果の比較や統合が困難になり、河道特性の解釈や分析に不効率を招くおそれがあるので、極力同じ粒径分類・呼称を採用することが望ましい。

2．3　粒径集団に着目した土砂動態の捉え方

＜推　奨＞

河道特性調査においては、広域的に土砂動態を捉えるための技術的枠組みの１つである「粒径集団」、「有効粒径集団」、「混合型」、「通過型」の概念を必要に応じて具体化して用いることが望ましい。

これらの定義と技術的意味については、第 16 章 総合的な土砂管理のための調査 第 2 節 調査の基本的組立て方 2.2.1 土砂動態の捉え方 の沖積河川についての例示の記述内容を参照のこと。

2．4　沖積河川の河床材料の捉え方

2．4．1　河道構成材料の大局的分類

＜推　奨＞

河道構成材料の調査や整理・分析は、対象とする河道を構成する材料の大局的分類である材料 m、s、t のいずれに当たるかを明確にした上で行うことを推奨する。

それぞれの定義は以下のとおりである。併せて、図 4-2-1 が参考となる。

１）材料 m（main）

洪水営力を頻繁に受ける、主流路で相対的に低い河床領域を構成する材料である。通常、低水路の河床材料がこれに当たり、特に断りなく「河床材料」と言うときは一般に材料 m を指す。材料 m は、本節 2.4.2、2.4.3 に述べるように粒度範囲を大きく３つに区分（A,B,C 集団）して、移動しやすさや流送形態について分析することができる。

２）材料 s（sub）

材料 m が存在する主流路の脇の高い河床部分に存在する材料であり、その粒径範囲は材料 m の粒径範囲と重なる部分がないか又は小さく、材料 m の平均粒径より１オーダー以上小さい成分を多く含む。主流路内では浮遊形態で流送されるのが一般的である。

材料 s は、本節の 2.1.3 で述べたセグメント類型 2 と 3 では高水敷の本体を構成する。その材料がシルト・粘土を含み粘着力を発揮する場合には、河床材料とは異なる流送特性を示す。そのため材料 s に関する情報は、低水路河岸の浸食形態・速度の予測や護岸の必要性の判断、低水路川幅拡幅後の土砂堆積による川幅縮小の推定などに必要となる。

セグメント類型 1 での材料 s の堆積は、あっても一般に薄い。しかしそこでは、材料 m である礫が露出している場所に比べ植物がより生育しやすいので、植物の状況などを分析する際にも材料 s に関する情報が重要となる。

３）材料 t（transient）

平水時に水面下となる河床部分（材料 m）の上に（多くの場合薄く）乗った材料であり、その粒径範囲は材料 s 程度あるいは更に細かい成分を含むことさえある。材料 t は、一時的で不安定なことが多く、ごく小規模の出水があるとフラッシュされ、あるいは増減する性質を持つ。

材料 m が一時的にせよ部分的にせよ材料 t に覆われることは、微小規模のハビタット構造の変化として重要となる場合があり、平水状況が長く続くときの物質循環にも影響を与え得る。粒状有機物の堆積も材料 t に分類される。

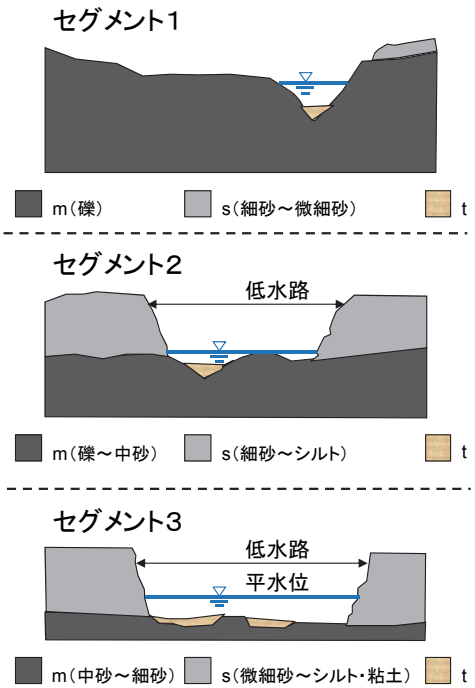


図4-2-1　各セグメント類型における材料 m、s、t の典型的な存在状況

以上のように、材料 m、s、t の基本的性格や河道特性との関わりは大きく異なるので、調査や整理･分析の対象が、これらのうちどれに分類されるかを把握することが望ましい。

＜参考となる資料＞

河道構成材料の大局的分類（材料m、s、t）の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　国土技術政策総合研究所環境研究部，(独)土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方，国土技術政策総合研究所資料，第 521 号，土木研究所資料，第 4140 号，第 2 章 2 節，2009.

2. 4. 2　代表粒径の設定

＜標　準＞

河道特性の整理・分析においては、材料 m を対象とした河床材料調査の結果に基づき、河床材料の動きやすさや流送される量を規定する河床材料粒径の代表値として、代表粒径 d_R をセグメントごとに設定することを標準とする。

＜例　示＞

代表粒径 d_R は、以下の手法により設定することができる。

材料 m が砂主体であるセグメントの場合には、代表粒径に河床材料の d_{60} を用いることができる。

材料 m が砂礫や石礫であるセグメントの場合には、河床材料を以下の手順によりA、B、C集団に区分した上で、代表粒径を設定することができる。河床材料の区分については、図 4-2-2 が参考となる。

1）容積法による河床材料の調査（本章 3.4.2 参照）によって得た当該セグメントの粒径分布を、横軸に粒径を対数表示し、縦軸に通過重量又は体積百分率を取った図面に、粒径

加積曲線として描く（図 4-2-2 参照）。

2）粒径 2mm を区分粒径とし、粒径 2mm 以下の砂成分をＢ集団とする。ただし、この付近の粒径加積曲線上に勾配の急変点が生じていれば（通常 1.0～2.0mm 辺り）、それを区分粒径とする。

3）粒径加積曲線上で、もっとも大粒径よりの直線状（勾配一定）部分をＣ集団とする。

4）Ｂ集団とＣ集団の間をA'集団と仮置きする。Ｂ集団とA’集団、 A’集団とＣ集団は、通常、粒径加積曲線の勾配急変点を隔てて接続することになる。

5）A’集団の粒径加積曲線の中に勾配急変点が存在する場合には、仮置きしたA’集団を、そこでA’集団とA”集団に分割する。場合によっては、この勾配急変点が明確でないことがある。この場合は、当該セグメントの澪筋部の表層材料の粒度分布（Ｃ集団とA’集団からなることが多い）により判断するか、Ｃ集団とA’集団の区分粒径の 8 分の 1 程度の粒径をA’集団とA”集団の区分粒径として、仮置きしたA’集団をA’集団とA”集団に分割する。更に、新設したA”集団の最大・最小粒径比が 15 を超える場合は、下流のセグメントの粒度分布形も参考にしながら、Ｂ集団と隣接するA’”集団を新たに挿入し、粒径の大きな順にA’、A”、A’”集団とする。

6）最後に対象河川の各小セグメントの区分粒径が、上下流で一致するように区分粒径を微調整する。

7）こうして得られた河床材料区分に基づき、Ｃ集団とA’集団のみから成る粒径加積曲線を新たに作成し、その 60％通過粒径 d_{60} を求め、これを代表粒径 d_R とする。

A”集団以下の含有率が 20～30%以下の場合には、河床材料調査によって得た粒径分布の d_{60} とその粒度分布に上記手順を適用してA’、Ｃ集団から求めた代表粒径との差違が一般に小さい。そのため、A”集団以下の含有率が 20～30%以下の場合には、河床材料調査によって得た粒径分布の d_{60} を代表粒径とすることができる（すなわち、材料 m が砂主体であるセグメントの場合と同様に代表粒径の設定を行うこととなる）。

線格子法・面格子法による河床材料の調査（本章 3.4.2 参照）を行った場合には、A”集団以下の含有率が 20～30%以下となる場合が多く、そのため上記手順を踏まずに河床材料の調査によって得た粒径分布の d_{60} として代表粒径を求めてよい。

なお、河口や堰の上流等の中小出水では掃流力が相対的に小さい箇所では、A’、Ｃ集団より細粒の材料が多く堆積し、その箇所を含むセグメント内の他箇所に比べて細粒化している場合がある。そうした箇所を含むセグメントの代表粒径の設定においては、細粒化した箇所における河床材料の調査のデータは参考程度にとどめ、他箇所でのデータをより重視する。

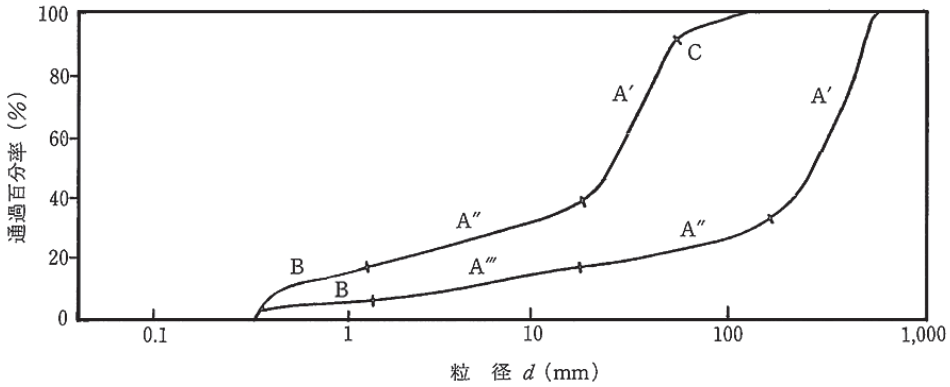


図4-2-2　粒径加積曲線に基づく河床材料の区分の例

＜参考となる資料＞

河床材料のＡ、Ｂ、Ｃ集団への区分の手法及び代表粒径の設定については、下記の資料が参考となる。

1) 山本晃一，(財)河川環境管理財団企画：沖積河川－構造と動態－，技報堂出版，2010.

2. 4. 3 混合粒径河床材料の整理・分析について

＜考え方＞

本節の 2.4.2 に示した代表粒径の設定手順 で用いている材料ｍのＡ、Ｂ、Ｃ集団への区分という手法は、以下に示すように、混合粒径河床材料の捉え方にも資するものである。すなわち、Ａ’集団は河床材料の主モード（主構成材料）であり、それより粒径の大きいＣ集団は、Ａ’集団に比べ移動速度が遅く、河床に取り残されているような状況を呈するものである。河床変動に関係するのは主にＣとＡ’集団であり、材料ｍ全体の動きやすさを規定する主材料であることが一般的である。一方、Ｂ集団やＡ”’、Ａ”集団は、大粒径間に存在するマトリクス集団で、河床変動にはあまり寄与しないことが一般的である。

以上から、本節の 2.4.2 において代表粒径 d_R をＣとＡ’集団から算出することとしている。

各集団は、それぞれ異なる流送形態又は移動速度を持っている可能性が高く、したがって、集団ごとに移動性や移動量を評価することを通じて、当該セグメントの土砂動態や河床変動の特性についての理解を深めることにつながると期待される（本章 6.3 参照）。代表粒径 d_R 設定の手順もこの考え方の一環である。

また、近年は、比較的粒径分布の狭い十分混合された混合粒径材料に対して、砂礫から石礫までを含む材料で構成される河川については、掃流力によって流砂や河床変動を記述する従来の枠組みを修正・改良する必要があるという観点からの知見の蓄積が活発になっている。粒径分布の幅が広い、更には、その平面的不均一性も高いような河床材料については、従来の整理・分析・解析法の有効性が、比較的粒径分布の幅が狭い十分混合された材料を対象にする場合と異なり得ることに配慮しておくことが望まれる。

＜参考となる資料＞

河床材料の各集団の流送形態については、下記の資料が参考となる。

1) 山本晃一，(財)河川環境管理財団企画：沖積河川－構造と動態－，技報堂出版，2010.

粒径分布の幅が広く、その平面的不均一性も高いような砂礫から石礫にわたる河床材料の流送については、下記の資料が参考となる。

2) 福岡捷二：石礫河川の移動床水理の諸問題と解決への道筋，土木学会水工学委員会・海岸工学委員会 水工学シリーズ，08-A-1，2008.
3) 藤田正治，Sulaiman M. ，Ikhsan J. ，堤大三：河床材料の空隙率の変化を考慮した河床変動モデルとその適用，河川技術論文集，第 14 巻，pp.13-18，2008.
4) 長田健吾,福岡捷二:石礫河川の土砂移動機構に着目した 1 次元河床変動解析法の開発，水工学論文集，第 52 巻，pp.625-630，2008.

河床の主構成材が礫であり、礫が移動しない状況下での礫間からの微細土砂の抜けだし・充填については、下記の資料が参考となる。

5) 芦田和男，藤田正治：平衡及び非平衡浮遊砂量算定の確率モデル，土木学会論文集，第 375 号 Ⅱ-6 ，pp.107-116，1986.

第3節　各時点の河道状況

3．1　河道の形状

3．1．1　河川の地形測量

＜標　準＞

河道形状の測量は、河川定期縦横断測量と空中写真測量により行い、第 22 章 測量・計測 に基づいて実施することを標準とする。

定期横断測線は河川ごとにある一定間隔で配置されており、この既定の測線に沿って河道横断測量を行うのを標準とする。

河川定期縦横断測量から以下を把握することを標準とする。

- 平均河床縦断形
- 最深河床縦断形
- 河川縦断沿い各地点の河床横断形
- 横断面内での最深河床の相対位置に関する縦断分布
- 低水路川幅、堤間幅の縦断変化

また、空中写真測量から以下の図・写真を得ることを標準とする。

- 河道平面図
- 河川垂直空中写真

＜推　奨＞

測線間隔が低水路幅に比較して大きくなるほど、縦断方向変化の測定密度が相対的に小さくなるために解像度が低くなる。特に、局所洗掘域などのスケールの小さい河道地形については、その発生範囲に掛かる測線本数が少なくなる。

このような場合には、測量の目的・用途に応じて横断測線の適宜追加など面的に河道形状を把握できる測量を行うことを推奨する。

＜例　示＞

河床高を面的に把握する測量手法として、サイドスキャンソナーなど高解像度で河床面の凹凸が捉えられる一部の水中計測技術（第 22 章 測量・計測 3.5 参照）を利用することができる。

サイドスキャンソナーでは、小規模河床波、難侵食層の侵食に伴う特異な形状、乱積みされた根固ブロックなどをおおむね識別することができ、地形とともに河床表面の構成材の推定も可能な場合がある。

また、過去に測量実績がないか不足していて、定期横断測量の新規の実施が難しい河川では、航空レーザ測量（第 22 章 測量・計測 3.2 参照）を用いた河川測量が用いられる場合がある。この方法は、地上部に計測範囲が限られるが、調査が定期測量に比べ安価で早いことから、一部の平地河川において採用されている。

なお、航空レーザ測量は以下の点で課題が残されている。

- 樹林が繁茂する山間渓谷部の横断形状把握が難しいこと。
- 水面下の形状が把握できないこと（ただし、山地河道では水深がさほど大きくないので、その点では有利である）
- 河道内植生をある程度認識できるが、その精度にばらつきがあること

これらについては、今後一層の技術開発が必要となる。

＜参考となる資料＞

航空レーザ測量の河川測量への適用例として、下記の資料が参考となる。

1） 白井正孝，藤田光一：LP 計測データによる中小河川の河道特性把握，年次学術講演会講演概要集第 2 部，第 64 巻，pp. 401-402，2009.

3．1．2　河口における地形測量

＜考え方＞

河口部の地形測量は、河道縦横断測量、深浅測量、海浜測量、低潮線測量、河口部縦横断測量などにより構成される。深浅測量は汀線より沖側の海底地形の測量、海浜測量はほぼ平均干潮面汀線から後浜の範囲の地形測量、汀線測量は平均潮位における汀線位置の測量、河口部縦断測量は河口砂州の変動範囲における河床、海底、砂州の変化状況の測量である。

深浅測量、海浜測量、低潮線測量については 第 21 章 海岸調査、第 22 章 測量・計測 に基づいて実施する。

河口部縦横断測量によって出水その他による河口砂州流失直後の測量を行う場合、流失した砂州の回復が早い場合があるため、回復する前のできるだけ早い時期に実施することが重要である。

航空レーザ測量による河口砂州の測量は、データが得られる範囲が水面上に限られる反面、空間的な解像度の高さと迅速性において優れているため、特に流下能力の評価に関わる砂州高や洪水によるフラッシュの発生頻度の把握を目的とした適用事例が多い。

なお、河川からの土砂供給量の把握を目的とした河口テラスの測量については、第 21 章 海岸調査の 7.5.3 に基づいて実施する。

3．2　構造物の設置状況

＜標　準＞

護岸、水制、堰、床固工、落差工、帯工、及び河川堤防等について、河川管理施設台帳などに基づいて以下の事項について整理することを標準とする。

- 各種構造物の設置位置と構造諸元
- 堤防の整備状況（完成・暫定・無堤等に区分して）と点検結果（浸透に対する安全性の照査結果等）

3．3　河床形態

3．3．1　中規模河床形態

＜考え方＞

中規模河床波（砂州）の調査においては、局所洗掘の形成と河岸浸食の発生との関連性を把握することが重要である。また、瀬淵は砂州の形態・形状と密接に関係していることが多く、そのため 第 11 章 河川環境調査 4.2 水域調査 で述べる瀬淵に関する調査において、以下に示す砂州調査と関連づけて整理することが、瀬淵の形成・変化について理解を深める上で効果的である。それらの実施に当たって踏まえるべき基本的観点として、以下が挙げられる。

１）砂州形態の変化

交互、複列、多列及び非発生等に区分できる砂州形態は、出水規模や河道形状に応じて経時的に変化する場合がある。たとえば、大出水時には、多列・複列であった砂州の前縁線を包絡するように複列・交互砂州が共存するようになる場合がある。さらには、複列・交互砂州に移行することもある。その逆に、元々川幅水深比の小さい単断面の河道区間では、水深の増加に伴って交互砂州が不明瞭となる場合がある。また、複断面の場合には、高水敷を冠水させて堤間幅にわたって洪水が流下する場合には、低水路満杯規模の洪水時とは流況が異なるなどのために砂州形態・形状に変化が現れるとも考え得る。

２）砂州の下流への移動に伴う局所洗掘・河岸浸食の位置の変化

砂州上での洪水時の平面的流況の特徴として、砂州形状の高低に応じた流れの集散が挙げられる。流れの集まる箇所が河岸際に形成されると、そこが水衝部となり、その付近において局所洗掘や河岸浸食が生じる。砂州の下流への移動に伴う水衝部の位置の変化に応じて、これまで局所洗掘や河岸侵食が生じていなかった、又は顕著でなかった箇所でそれらが顕在化し、進行する場合がある。

３）流量の時間的変化に対する砂州の応答

上記した変化の現れ方は、河床材料の動きやすさや砂州スケールによって異なる。一般に、砂州の長さ、高さが大きく、又流砂量（又は掃流力）が小さい出水時ほど、砂州の形態・形状の変化や移動が緩慢となる。

礫床区間では、砂州の流量に追随した変化が一般に緩慢である。そのため、砂州が最大流量時の水理量に応じた砂州形態・形状まで十分に発達せず、また、減水期において流量の減少に砂州の変化が完全には追随しない。

砂床区間では、礫床区間に比較して流量変化に応じた砂州変化が一般により生じやすく、洪水流量変化に対する砂州の追随性が高い。特に、河床勾配が比較的大きい砂床区間では、出水後の砂州形状は減水期の影響を受けて変化しており、出水中の形状を保っていない。

＜標　準＞

砂州形状とその配置を本節の 3.1.1 で取得した河川垂直空中写真から判読し、砂州前縁の平面分布を得るのを標準とする。砂州形態の判読に当たっては、砂州平面分布のみでなく河床横断形状を併せて参照するなど総合的に判別する。

＜推　奨＞

上記で得た各時点での砂州の平面形状・配置を時系列に沿ってつなぎ合わせて、時間変化について分析することが望ましい。なお、その際には次のことに留意するとよい。

砂州が同一の形態のまま、形状を大きく変えずに下流方向に徐々に進行する場合には、各時点での砂州の平面形状・配置には時間的対応関係（時間を隔てていても同一の砂州を見ているという意味）があると捉えることができる。この場合、たとえば、対応する二時点の砂州前縁線の位置を比較することによって砂州の移動速度を見積もることができ、その間に発生した出水状況と比較することで、砂州の移動速度と洪水流量・継続時間との関係性などを検討することができる。

一方、二時点間で、砂州形態の遷移や砂州形状の大きな変化が生じている場合には、両時点での砂州の平面形状・配置に時間的対応関係が存在しなくなる。たとえば二時点で複列砂州が交互砂州に変化している場合、あるいは、同じ複列砂州であるが途中で交互砂州への遷移が起こっており、両時点の複列砂州の配置に直接的なつながりがない場合などが、こうしたケースに該当する。このように砂州形態の遷移あるいは大きな形状変化を起こす出水等のイベント（本章 4.1 参照）が生じた場合には、出水中の河床変動を追跡する調査（本章 4.5.2 参照）等を通じて、出水が砂州形態・形状に与えた影響を直接的に把握する必要性が増す。

＜参考となる資料＞

中規模河床波の挙動と局所洗掘・河岸浸食の関係については、下記の資料が参考となる。

1)　山本晃一，(財)河川環境管理財団企画：沖積河川－構造と動態－，技報堂出版，2010.

3．3．2　小規模河床形態

＜例　示＞

小規模河床波は、基本的に出水期間中の発達・変形が重要であり、その挙動と粗度係数や深掘れ（特に砂堆の発達に伴うもの）との関係把握を目的とした出水中観測（本章 4.5.2 の＜例示＞参照）を積極的に行うことが重要である。

出水後に残存した河床波は、必ずしも出水中の形状を表していないため、それを推測するための補助的な情報にとどまる。

ただし、礫床河川では比較的大きな出水後に砂堆が残存する場合があり、砂堆発達に伴う粗度係数の増加について検討する上で有効な情報となる場合がある。

また、山地河川では階段状河床波が形成される場合があり、その波長や段差について計測した事例がある。

砂床河川では、河口部近くの勾配の小さい河道区間等では、水位のせき上げによって減水期における小規模河床波の変形が比較的抑えられる場合がある。その場合には、出水により形成される小規模河床波の形態・形状に関する情報を得ることができる。

＜参考となる資料＞

小規模河床波の挙動と粗度係数及び深掘れの関係については、下記の資料が参考となる。

1）山本晃一，(財)河川環境管理財団企画：沖積河川－構造と動態－，技報堂出版，2010.

小規模河床波の発達に伴う粗度係数の変化、階段状河床に関する調査研究論文は、下記の資料が参考となる。

2）芦田和男，道上正規：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究，土木学会論文集，第 206 号，pp.59-69，1972.
3）長谷川和義，藤田睦博：ステップ・プールに視点をおいた山地河川の流れの抵抗，第 30 回水理講演会論文集，pp.79-84，1986.
4）長谷川和義：河川上流域の河道地形，日本流体力学会誌「ながれ」，第 24 巻，pp.15-26，2005.

3．3．3　局所洗掘

＜標　準＞

局所洗掘は、最深河床高の縦断分布において部分的に下に凸となる河床低下箇所として把握し、その箇所を中心とした上下流を含む一連の河道横断図を併せて用いて、局所洗掘の位置と深さに関する以下について把握することを標準とする。

- 局所洗掘位置の平面分布
- 洗掘深（平均河床高と最深河床高の差）の縦断分布

＜推　奨＞

堰、床止工、水制、橋脚等の構造物周辺の局所洗掘については、洗掘の位置と深さの平面分布、河床の縦横断形状等について把握することが望ましい。

3．4　表面・表層の状態

3．4．1　総説

＜考え方＞

表面・表層の状態の調査は、河床表面の構成材料（3.4.2～3.4.6）、植物の繁茂状況（3.4.7）

及びその他堆積物等（3.4.8）により構成される。河床表面の構成材料については、以下の３種類の調査がある。

- 非粘着性の材料：粒度分布によってその流送特性が表される非粘着性の材料
- 粘着性を有する材料：粒度分布も関係するがそれのみでは流送特性を評価できない材料
- 岩盤、軟岩など難侵食性の材料：土粒子単位への分離が困難な固結・半固結堆積物

3. 4. 2　河床材料の調査

＜標　準＞

主に材料mを対象とする河床材料調査は、以下の方法で粒度分布調査を実施することを標準とする。

１）試験方法

河床表面の材料を対象として、材料 m が砂の場合には容積法、礫の場合には線格子法又は面格子法により粒度分布調査を行うのを標準とする。

ただし、必要に応じて河床表面を対象とした線格子法又は面格子法による粒度分布に加えて、表層を取り除いた下層を対象とした容積法による粒度分布調査を行う。そうした調査を行う場合として以下が挙げられる。

- 過去に河床材料調査を行っていて、その調査方法が容積法による調査であり、その調査結果と比較して経年的な変化等を把握したい場合
- アーマリングの進行度合いなどを把握するため、表層とその下の粒度分布を比較したい場合
- 礫床河道区間を対象とした河床変動等解析（第６章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析）を行うに際して、表面に加えてその下の粒度分布の情報も必要な場合

なお、100mm 以上の粒径を含有する河床材料を対象とした試料採取の場合には、大礫を含む容積法により実施することを標準とする。

河床材料に含まれる大粒径成分は、その含有率が小さい場合であっても、粒度分布調査の対象とすることを標準とする。ただし、大礫を含めた調査が著しく困難な場合には、調査地点の大礫の分布状況を写真などにおいて記録した資料と大粒径成分を除いた調査である旨を調査結果に必ず併記しなければならない。

２）調査地点の選定

測定地点は、河床変動と関連させて粒径変化等についての検討を行えるように、河道定期横断測量測線上に設定することを標準とする。既往調査結果や現地概査により河道縦横断方向の分級などについて把握し、その状況を捉えられるように河道縦横断方向の測点間隔を設定する。一般的には、縦断方向 1km 間隔、横断方向に３箇所を目安とする。低水路幅が比較的狭い場合やセグメント長が短い場合、ダムの堆砂区域、 支川の合流点など、局部的に河床材料の変化の激しい所では状況に応じて測定地点間隔（地点数）を増減させる。

３）河床材料調査の整理

代表粒径の縦断分布及び試料採取地点ごとの粒径分布等を整理することを標準とする。

＜関連通知等＞

・容積法による粒度調査手法

1) JIS A 1204 土の粒度試験方法.

＜参考となる資料＞

各種の粒度分布試験については、下記の資料が参考となる。

・線格子・面格子法による粒度調査手法

1) (財)国土技術研究センター：河道計画検討の手引き，山海堂，2002.

・大礫を含む場合の容積法による粒度調査手法

2) 山本晃一，高橋晃 ：扇状地河川の河道特性と河道処理，土木研究所資料，第 3159 号，pp. 27-31，1993.

＜推　奨＞

河床材料の平面分布について更に詳細な情報が必要となる場合には、例えば対象地域にメッシュ状に河床縦横断測線を設定し、それに沿って地形測量と河道構成材料調査を行うなど、平面的にきめ細かな調査を行うことが望ましい。

＜参考となる資料＞

平面的な河床材料調査については、下記の資料が参考となる。

1) 国土技術政策総合研究所環境研究部，(独)土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方，国土技術政策総合研究所資料，第 521 号，土木研究所資料，第 4140 号，第 5 章 3 節，2009.

3. 4. 3　河岸・高水敷の構成材料調査

＜推　奨＞

主に材料 s を対象とする河岸・高水敷の構成材料調査は、本節 3. 4. 2 の河床材料の調査の手法に準じて粒度分布調査を実施することを推奨する。

3. 4. 4　岩盤、軟岩など固結物・半固結物の調査

＜標　準＞

河床材料調査やその他現地踏査によって確認した河床、河岸、高水敷の表面に岩盤、固結・半固結物が露出している範囲について、河道平面図、平均・最深河床高縦断図、河床横断形状図に整理することを標準とする。

＜参考となる資料＞

調査成果の整理については、下記の資料が参考となる。

1) (財)河川環境管理財団河川環境総合研究所：河道特性に及ぼす粘性土・軟岩の影響と河川技術，河川環境総合研究所資料，第 29 号，p. 489，2010.

3. 4. 5　粘着性を有する材料の調査

＜例　示＞

セグメント類型２、３の河岸や高水敷を構成する粘着性土、また河口域やセグメント類型３の河床に堆積している場合がある高含水の粘着性土について、その耐浸食性（浸食限界流速、浸食速度と掃流力の関係等）を把握する場合には、それぞれの土質に適した種々の耐浸食性の

調査手法を用いた試験を行うことができる。

＜参考となる資料＞

粘性土の耐浸食性の調査手法については、下記の資料が参考となる。

高含水比の底泥の耐浸食性

1) 大坪国順，村岡浩爾：流れによる底泥の飛び出し率，土木学会論文集，第 375 号 Ⅱ-6 ，pp.43-52，1985.
2) 関根正人，西森研一郎，藤尾健太，片桐康博：粘着性土の浸食進行過程と浸食速度式に関する考察，水工学論文集，第 47 巻，pp.541-546，2003.
3) 西森研一郎，関根正人：粘着性土の浸食過程と浸食速度式に関する研究，土木学会論文集 B，Vol.65 No.2，pp.127-140，2009.

礫間土砂が粘着力を有する場合の砂礫の耐浸食性

4) 澤井健二，芦田和男：粘着性流路の浸食と横断形状に関する研究，土木学会論文報告集，第 266 号，pp.73-86，1977.

高水敷・河岸を構成する粘着性土の耐浸食性

5) 福岡捷二：洪水の水理と河道の設計法，pp.195-220，森北出版，2005.
6) 宇多高明，望月達也，藤田光一，平林桂，佐々木克也，服部敦，藤井政人，深谷渉，平舘治 ：洪水流を受けた時の多自然型河岸防御工・粘性土・植生の挙動 －流水に対する安定性・耐侵食性を判断するために－，土木研究所資料，第 3489 号，1997.

3．4．6 河口の河床材料調査

（1） 河口砂州部の粒度分布調査

＜標 準＞

河口砂州部においては、採取地点として汀線付近、波の打上げ部、砂州頂部、川側の 4 点を選ぶものとし、断面数は砂州の大きさに応じて決めるが少なくとも 3 断面以上とする。また深さ方向に分級が生じている場合には、表面と表面下とを対象とする二層の調査を行うことを標準とする。

＜推 奨＞

砂州部において砂州が季節的に大きく変動する場合には、年に数回程度行うことが望ましい。また、河道内においても、洪水などによって状況が変化した場合には洪水後に調査を行うことが望ましい。

（2） 河口テラスの底質材料調査

＜推 奨＞

河口テラスの底質材料調査は、砂州の形成要因を把握し、また、流出土砂量の算定のための基礎資料とするものである。底質材料調査の調査範囲は、河口中央を中心に左右岸方向にそれぞれ河幅程度の距離をとった範囲を、沖方向には水深 10m程度までの範囲を含めることを推奨する。

海域では底質採取が容易でないが、波による砂移動に関する多くの有効な情報を知る上で重要である。底質は表層のものを採取すればよいが、引き上げるときに採取器からの流失を防除

することに努める。なお、底質粒径の水深方向分布を求めると、移動限界水深の推定などに役立つ。

3．4．7　植物繁茂状況の調査

＜標　準＞

第 11 章 河川環境調査の第 7 節 植物調査 による植生図を用いて、植物群落及び樹木群の平面分布を得ることを標準とする。

＜推　奨＞

その際、河道横断図や平面図と重ね合わせるための各群落の位置情報と、粗度特性に関わる樹高、草丈、繁茂密度に関する情報を併せて整理することを推奨する。

3．4．8　その他堆積物等の調査

＜例　示＞

有機性の堆積物、礫面上への砂堆積等、以下に例示する種々の堆積物、堆積状況の重要性を明らかにする知見が近年蓄積されつつあるので、必要に応じて調査を実施することができる。

- デブリ、流木などの固形有機物
- 表面細粒土層（材料 m の礫を覆う材料 s、t の土砂で構成される表層）
- 浮石、はまり石等の河床礫の状態

3．5　平常時の水理環境

＜考え方＞

平常時の水位、流速等の水理環境は、砂州上への植物群落の形成、堰等の湛水範囲での土砂の挙動、河口域での潮位変化に伴う入退潮による土砂流送と細粒土砂の堆積、河口砂州を有する河口の開口幅、波浪による河口砂州の再形成等を調査する上で、物理的環境を表す基本的項目の一つである。

植生調査、河床材料調査、河口域の調査においては、本章の第 5 節 洪水の作用 で述べる出水時の営力や基本条件と併せて、平常時の水理環境に関わる基本的な水理量を整理しておくことは重要である。

＜例　示＞

河川域と河口域において以下に例示する事項について整理する場合がある。

1）河川域

- 河状係数（年最大流量と年最小流量の比）
- 水位観測所地点における位況
- 平水時の代表的流量での水際線位置及び流量変化に応じた変動幅
- 瀬淵や湛水範囲等での流速、水深（1 次元、平面）

2）河口域

a）波浪及び潮位

当該河口付近における海岸において波高、周期、波向、潮位について調査する。第 21 章 第 4 節 海面変動調査 により実施する。

b）水位

大潮、中潮、小潮時等の潮汐による水位変動や出水時水位等について調査する。自記水位計による通年観測については、第 2 章 水文・水理観測の第 3 節 水位観測 によるものとする。

c） 流量

河口域の流量は、河口域に流入する河川流量と河口からの入退潮量の影響を受けて時間的に変動している。河口域における流量調査についての一般的方法は、第 2 章 水文・水理観測の第 4 節 流量観測 によるものとする。

d） 砂州や干潟等での流速、水深（1 次元、平面）

河口域での調査項目や手法等の選定において、第 14 章 汽水域・河口域の環境調査 の第 2 節 汽水域・河口域の環境調査 を参考にすることができる。

第4節　河道状況の時間的変化

4．1　時間的変化の捉え方

＜考え方＞

沖積河川の本質的特徴の 1 つは河道状況が変化することであり、その実態把握は河道特性調査の根幹の 1 つをなす。本章の第 3 節 各時点の河道状況 に関する調査結果に基づき、また、必要な調査を加えながら、河道の時間変化を適切に把握することが重要である。

図 4-4-1 に示すように、河道状況の変化には複数のパターンがあり、対象とする変化のパターンを考慮して調査を組み立てることが求められる。

たとえば、同図の a)のように、変化が持続的に起こる場合は、一定時間間隔での河道状況把握に基づき経時変化を追跡することが基本となる。

b)のように、洪水などのイベント時に変化が進行する場合は、イベント前後の河道状況把握と比較が重要になる。ここでいうイベントとは、洪水のほか高潮・高波浪などの自然事象のほか、河道の掘削、維持浚渫や構造物の設置・改築などの人為的作用を含む。

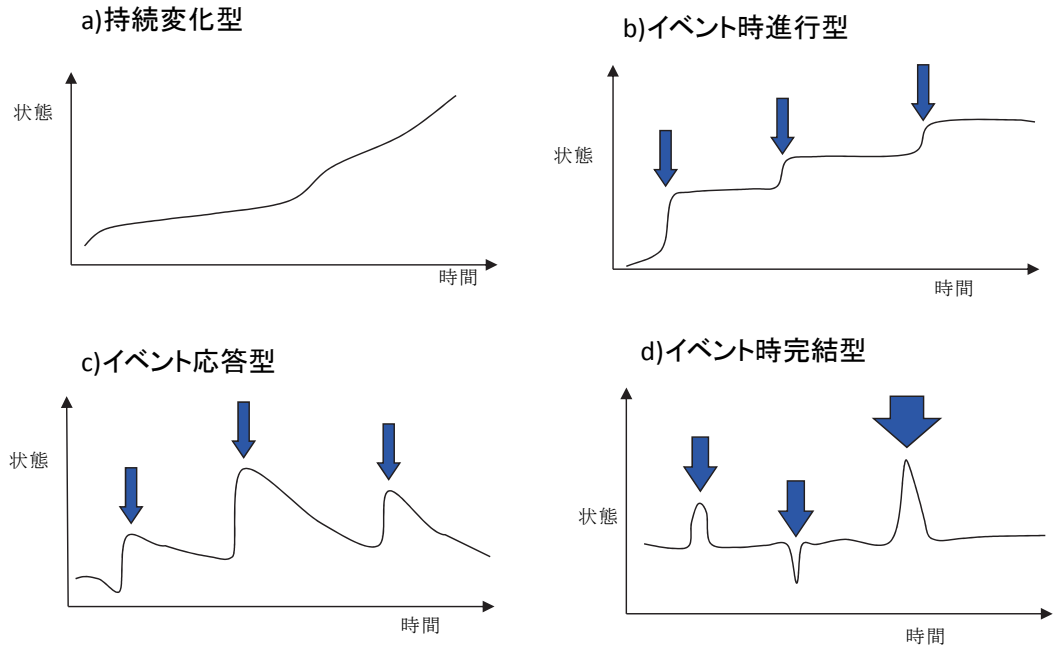
c)のように、イベントに応答するタイプを扱う場合には、経時的追跡とイベント前後の河道状況把握・比較を組み合わせる必要がある。

d)のように、洪水中に変化が生じ、しかもその変化の大部分が洪水中に完結する（元に戻る）場合には、変化を洪水中に追跡することが求められる。

実際には、図 4-4-1 に示したパターンの幾つかが共存したり、パターンが時期により入れ替わるなど、典型的なパターンとはならない場合も考えられる。特に堰・床固工等の構造物の周辺では、周囲の河道状況の変化やそれに応じた補強の履歴によって、パターンの共存や入れ替わりが起こり得ると考えられる。

また、同じセグメントであっても、着目する項目によって変化パターンが異なることも考えられる。さらに、同一のパターンであっても、イベントの大きさやその発生からの経過時間によってある一定期間内での変化進行の度合いが異なることも考えられる。

こうしたことも踏まえつつ、対象とする河道区間及び項目が示し得る変化の特徴を適切に想定し、それに見合った頻度・タイミング等での調査実施により時間変化把握を行うことが重要である。



※縦軸の状態とは、たとえば河床高、川幅、河床材料粒径等といった河道状況を表す状態量と解釈されたい。

図4-4-1　河道状況の変化パターンの代表例

4．2　基本的な調査の進め方

＜標　準＞

河道状況の時間的変化の調査は、以下によることを標準とする。

1）調査対象とする河道区間及び項目について、起こり得る河道状況変化パターンを踏まえつつ、ア)適切な時間間隔で把握した河道状況の比較、イ)洪水等のイベントの前後で把握された河道状況の比較、ウ)洪水等イベント生起中の変化等の追跡、のいずれか、あるいは、これらを必要に応じて組み合わせて行う。

2）上記の基となる各時点の河道状況の把握は 本章 第 3 節 各時点の河道状況 の内容による。比較対象とする項目については、本章 第 3 節 各時点の河道状況 の内容に従い以下に関するものとする。

- 河道の形状
- 構造物の設置状況
- 河床形態
- 表面・表層の状態
- 平常時の水理環境

比較対象項目についての各時点の調査法には、比較が適切に行える手法を一貫して選択する。

3）上記のうちア)にある「適切な時間間隔」については、年単位を標準として変化進行の度合いに応じて適切に設定する。また、イ)にある「洪水等のイベント」については、対象としている項目について有意な変化を生じさせる規模のものを取り上げる。これらに併せて、本章の第 3 節 各時点の河道状況 の内容による河道状況把握の調査のタイミングを適切に設定する。

4）洪水等のイベントがもたらす河道状況変化に着目する場合には、当該イベントの特性（洪水については、洪水の状況を表す基本的な水理・水文諸量）の把握を併せて行い、変化

とそれを起こしたイベントとの関係を分析できるようにする。この把握に際しては、第2章 水文・水理観測 及び本節 5.2 の内容を必要に応じ用いる。

5）上記イ)に関して、当該イベントで災害が発生した場合には、必要に応じ、第10章 災害調査の 第2節 対象とする区域等に応じた災害調査 に記述されている災害調査と連携させる。

6）各時点の河道状況の比較は、図化等を含む適切な整理・分析・表示法によるものとし、必要に応じて、洪水等のイベントの諸特性との関係を吟味できるようにする。

4. 3　着目する河道変化を起点にした調査の拡充

＜推　奨＞

本節の 4.2 に従い、時間を隔てた河道状況比較の対象項目は、本章の第3節 各時点の河道状況 の内容により調査された河道状況の項目に対応させることが基本となる。

ただし、河道状況の時間的変化を把握するという観点から、逆に、各時点の河道状況の中でも特に着目・重視すべき事項が出てくる場合もある。

したがって、本章の第3節 各時点の河道状況 による河道状況の把握結果から変化を整理・分析するという一方向的手順だけでなく、実際に起こった河道変化の観察などを通じて把握すべき重要な変化項目を見いだし、それを、河道状況の把握やその結果の整理・分析の方法に反映させるという手順も必要に応じて採用していくことが望ましい。

こうした意味で、河道に変化を起こす最も重要なイベントである洪水等によって生じた状況変化を掴むための現地調査等を適切に行うことが望ましい。

＜例　示＞

上記の観点を理解する助けとなるように、以下に、河道変化を起点にした河道状況把握という手順の具体例を示す。

1）河岸浸食、河岸線の移動状況

低水路河岸などの浸食は、重要な河道特性の1つである。出水前後の定期横断測量や空中写真から低水路河岸の位置を読み取って、河岸浸食の生じた区間長、及び最大浸食幅について整理することなどが必要になる場合がある。

河岸浸食は、大出水時に大きくなるという関係性が必ずしも認められないので、様々な洪水規模について整理をすることが望ましい。また、定期横断測線が必ずしも最大浸食幅が生じる断面に位置しないことから、空中写真を併用することが望ましい。

2）川幅の変化

上記の河岸線移動は、浸食（後退）だけでなく堆積（前進）も起こり得る。また、低水路川幅の変化（拡大、縮小）と捉えられる系統性を持って生じることもある。

川幅変化も把握すべき重要な項目であり、対象河道区間において川幅変化が有意に生じている場合には、その変化が適切に把握できるような河道状況把握（たとえば、低水路川幅を規定する河岸線位置の特性など）と時間的比較を行うことになる。

3）河床材料の粒径変化及び置き換わり

河床材料の経年的変化は、以下の例のように河道の地形変化を規定し得るため、地形の経年的変化と対応させて把握すべき重要な項目である。

- 供給土砂量の減少による礫床河道での河床低下に伴う粗粒化（アーマリング）
- 局所洗掘や河床低下の進行に伴う岩盤や固結物・半固結物の露出

・　礫床河道区間における局所洗掘の進行に伴う礫層の喪失、砂層への置き換わりによる洗掘の進行

対象河道区間において河床材料変化が有意に生じている場合には、経時的追跡調査とイベント前後での調査とを組み合わせて、その変化が適切に把握できるような河床材料調査を行うことになる。

４）洪水流に対する植生等の変化

洪水時の河床材料の移動や植物体に作用する流体力による植物の破壊・流失、樹木の倒伏・流失等、それによる群落の流失や縮小は、場合によって把握すべき重要な項目となる。

流木に代表される植物体の集積なども同様である。出水前後の空中写真や河道内植物群落調査等から、植物群落の流失や変状の実態を整理することが基本になるが、実際に生じた変化と課題・目的を踏まえ、より詳細な変化状況を関連事象と併せて把握できるように、調査法を工夫・拡充する必要が出てくる場合もある。

これには、たとえば、個々の樹木等の変化まで追跡できるような調査の詳細度、位置精度の向上、洪水中の変状を探知する工夫、これらを含め、洪水生起前からの調査及び機器設置等の工夫・充実等がある。

５）河口砂州のフラッシュ及びその後の回復

河口砂州については、洪水によるフラッシュの度合いと洪水規模等との関連性を把握すること、また、フラッシュ後の河口砂州の回復状況と海象や周辺初期地形を含む諸条件との関係を掴むことが重要であり、これらを各時点の砂州状況調査にも反映することが重要である。

これには、たとえば、形状把握の詳細度、形状調査の頻度とタイミング、河口テラスなど周辺地形の測量の範囲や詳細度の設定がある。

６）河口開口部の変化・河口閉塞

河口砂州による開口部の縮小や河口閉塞は、平時・洪水時における水位のせき上げや汽水域の水質等の環境変化等に関連し、これらの観点から河道特性として把握すべき重要な事項となる場合がある。

平常時における河口開口幅（又は河口の最狭部断面の面積）については、河口部における河川の固有流量と入退潮量（潮汐プリズム）を合わせた河口流量（又は開口部の流速）、河口域の波浪等といった平常時の水理環境（本章 3.5）との関係が把握できるように、調査法を工夫・拡充する必要が出てくる場合もある。

これには、たとえば、平常時の水理環境に関わる各観測と合わせた河口部地形測量等の実施、その頻度と調査の範囲・詳細度の設定がある。

＜参考となる資料＞

上記に例示した具体例については、下記の資料が参考となる。

1)　末次忠司，藤田光一，服部敦，瀬崎智之，伊藤政彦，榎本真二　：礫床河川に繁茂する植生の洪水撹乱に対する応答・遷移及び群落拡大の特性-多摩川と千曲川の礫河原を対象として-，国土技術政策総合研究所資料，第 161 号，2004.

2)　山本晃一，藤田光一，佐々木克也，有澤俊治：低水路川幅変化における土砂と植生の役割，河道の水理と河川環境シンポジウム論文集，第 1 回，pp. 233-238，1993.

3)　山本晃一：河口処理論〔Ｉ〕－主に河口砂州を持つ河川の場合－，土木研究所資料，第 1394 号，1978.

4) 田中仁：河口域のながれと地形，日本流体力学会誌「ながれ」，第 24 巻，pp.37-46，2005.

4．4　経年変化の整理

＜標　準＞

河道状況の経年変化の整理は、当該河道の変化の特徴を把握するための土台となるものである。以下の基本項目について、各時点のデータを図化し、経年変化が把握しやすい表示法を採用して重ね書きするなどして、河道状況の経年変化を容易に把握できるようにしておくことを標準とする。

- 平均河床縦断形
- 最深河床縦断形
- 河川縦断沿い各地点の河床横断形
- 横断面内での最深河床の相対位置に関する縦断分布
- 垂直空中写真
- 河道平面形状
- 代表粒径 d_R の縦断分布（河床材料）
- 各調査地点の粒径分布（河床材料）
- 低水路川幅、堤間幅の縦断分布
- 砂州前縁の平面分布
- 局所洗掘位置の平面分布
- 洗掘深の縦断分布
- 植物群落の平面分布
- 樹木群の平面分布
- 構造物の設置位置

以上は、当該河川の河道変化に関する基本的な整理の段階に当たる。これに他の調査結果を加え、整理・分析を拡充して行うことにより、把握すべき河道変化の全体状況を明らかにしていくことになる。

＜例　示＞

上記の整理結果を複数の項目について適切に組み合わせて表示することで、河道変化に関わる河道管理上の課題を比較的簡便かつ俯瞰的に把握できる道具として役立てることができる。

＜参考となる資料＞

調査結果の組合せとそれに基づく河道管理については、下記の資料が参考となる。

1) 藤田光一，田上敏博，天野邦彦，服部敦，浦山洋一，大沼克弘，武内慶了：現場での実践を通して河道管理技術を向上させる先駆的取り組み，河川技術論文集，第 17 巻，pp.539-544，2011.

4．5　洪水による変化の調査

4．5．1　洪水前後の河道状況の比較による場合

＜標　準＞

図 4-4-1 の b)、c)に当たるような場合は、洪水前後の河道状況の比較によって、洪水によって生じた変化についての基本的な情報を得ることができる。このような河道変化について概括的情報を得る際には、本節の 4.4 に示した内容を、当該洪水の前後の比較に適用することを標準とする。

ただし、この方法では、変化の過程を把握することはできず、それも知る必要がある場合に

は、次項 4.5.2 の方法を取り入れるなどの検討が必要になってくる。

4. 5. 2　洪水中の河床変化等の追跡による場合

＜推　奨＞

対象とする河道変化が図 4-4-1 の d)のような特性を一定程度以上有している場合には、本節の 4.5.1 に示した方法によっては河道変化を把握することができず、洪水中の河道変化を追跡する調査が必要となってくる。

このような河道変化を特に起こしやすい条件としては、

- 洪水流量が増大すると、土砂流送を起こす掃流力等の空間的不均衡が急激に出現し、その度合いが急増あるいは急変する。
- 洪水流量の増大に伴い、河床波（中規模河床形態、小規模河床形態）のモードが急変する。

のいずれかの条件を満たし、かつ、

- 洪水流量の変化に対する河床形状変化の追随性が高く、洪水流量が比較的小さい場合にも一定の土砂流送とそれに伴う河床地形形成が起こる

という条件を満たすことが挙げられる。

具体的には、1 番目の観点からは、橋脚、水制、堰、水門などの河川構造物の周りや水衝部など洪水中に局所洗掘が発達しやすい場所あるいは河口部付近で洪水時だけに低下背水が強く出現するような状況又は河口砂州のある河口部、更には分・合流地点などが、2 番目の観点からは、洪水の発生に伴い複列砂州から単列砂州へ中規模河床形態のモード変化が起こるような河道区間が、こうした特性を持ちやすいと言える。

また、3 点目の観点からは、洪水流量ハイドロが緩やかであること、河床材料（材料m）が砂である河道区間（セグメント類型で言うと 2-2 や 3）であることが、そうでない場合よりも図 4-4-1 の d)の特性を持ちやすいと言える。

たとえば、洪水中においてのみ局所洗掘が進行し、洪水後にはそれが元に戻ってしまう場合、その実態を把握していないと、構造物の安定性に関する判断が危険側になることも考えられる。こうしたことから、対象とする河道区間が起こし得る洪水中の河床変化の特性が、河道管理等にとってどのような意味を持つかを判断することが重要である。

洪水中の河道変化を追跡する調査は必ずしも容易なものではないが、それを把握する重要度が高いと判断される場合には、以下に示すような調査手法を活用するなどして、洪水中の河道変化を把握するよう努めることが望ましい。

＜例　示＞

洪水中の河床変動を測定する方法としては、河床にマーカーや計測器を埋め込むタイプ、音響測深機などの河床高計を用いるタイプがある。

最大洗掘深と埋め戻り深さは、リング法、埋設法などのマーカーを埋め込むタイプで調査できる。洗掘の時間的進行を調べる場合には、埋め込んだセンサーが洗掘深の増加に伴い反応する計測器を用いて調査できる。更に埋め戻りも含めた洗掘の時間的変化についても調べる場合には、音響測深機など河床高計を用いて調査できる。

いずれのタイプとも計測位置を固定する場合には、測定対象位置が明確である反面、その地点での変動調査にとどまる。したがって、調査対象地点を特定できる場合には有効である。

洗掘域が移動するなど、それに併せて調査対象地点を柔軟に変えていく必要がある調査や、面的に広い範囲で洗掘域の挙動を観測するためには、水面から計測する河床高計をラジコン船やフロートに搭載して水面を移動させる手法が有効である。

この場合、作業員の安全性確保や送受波器をのせるフロートの操作などに熟練を要し、その適用に当たっては十分な検討が必要である。

これらの方法の適用に当たっては、近年蓄積が進んできている調査・観測事例を踏まえつつ、当該河道の状況を考慮しながら、目的に応じて適切な手法を選択し、調査・観測の内容を組み立てていくことが重要である。

なお、洪水中の河床変動の把握については、ここで取り上げている直接的な観測法だけでなく、本章の 6.5 や第 16 章 総合的な土砂管理のための調査 の 2.3.6(1) の４）で述べている「一定区間の水理量の詳細な時間・空間変化データと河床変動に関する情報を活用するアプローチ」の活用も考えられる。

＜参考となる資料＞

洪水中の河床変化の調査・観測手法については、下記の資料が参考となる。

1) 土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，第 2 編 河川編 第 1 章 1.2.4 洪水中の河床高変化 pp.78-80，丸善，1999.

第5節　洪水の作用

5．1　基本水理量の整理

＜標　準＞

河道に変化を引き起こす、また、河道を形成する営力として、洪水の作用に関わる基本的な水理量を整理しておくことは重要である。ここでは、以下に示す方法に従って、洪水に関する基本水理量を整理することを標準とする。

１）対象区間

沖積河道区間～河口域を対象とする。必要に応じて、山地河道区間あるいはその一部を含める。

２）整理対象の洪水規模

平均年最大流量を対象とすることを標準とする。その上で、計画高水流量に対応する洪水流量を対象に加え、また、必要に応じ、この洪水流量と平均年最大流量との間の洪水規模を数段階設定する。

さらに、平均年最大流量より小さい規模の出水の影響を考慮すべき場合には、平均年最大流量より小さい出水規模を１～２段階設定する。

ここで、平均年最大流量の下での水理量は、いわゆる河道形成代表流量時の状況把握に、計画高水流量に対応する洪水流量の下での水理量は、河川整備で対象とする洪水発生時の状況把握に、平均年最大流量より小さな規模の出水流量の下での水理量は、主として、平常時から洪水時にかけての河床形態のモード変化特性などの把握に、役立つものである。

３）算出する水理量

以下の項目を、河道縦断方向の各点で算出することを標準とする。

- 低水路内平均水深 h：複断面流れとなっている場合、必要に応じて高水敷平均水深 h_{fp}
- 低水路内平均流速 v：複断面流れとなっている場合、必要に応じて高水敷平均流速 v_{fp}
- 低水路内の流れについてのフルード数 F_r
- 低水路に関する摩擦速度 u_*：複断面流れとなっている場合、必要に応じて高水敷での摩擦速度 u_{*fp}
- 低水路に関する無次元掃流力 τ_{*R}：算出の際、粒径には代表粒径 d_R を用いる。

- 低水路幅を B としたとき、B/h：複断面流れの場合、B_T/h も必要に応じ算出。ここで B_T は堤間幅。
- B/B_T（複断面流れの場合、必要に応じ算出）
- h/d_R
- 相対水深 Dr=h_{fp}/h（複断面でありかつ蛇行する河道区間の場合、必要に応じて算出）

４）算出法

基本水理量の算出には、第 5 章 河川における洪水流の水理解析 の表 5-3-1 に示した河道特性の把握のための水理環境・水理条件の算定を目的とした計算手法を用いるものとする。

５）整理法

算出した水理量は、本章の 2.1.3 で説明しているセグメント区分を示す形で、河川沿いの縦断分布として整理・図化することを標準とする。

また、セグメント区分ごとに各諸量の平均値を整理する。複数の基本水理量を適切に組み合わせて図化するなどして、目的にあった分析が行えるように、更に整理を進めるものとする。

６）特定の場所についての留意事項

河口部や分合流地点、河川構造物等による堰上げの影響が及ぶ区間及びその周辺においては、水理量が洪水流量と一意の関係を持たず、同じ流量の下でも他の条件によって水理量が有意に変わり得る。

このことが、河道特性に与える洪水の作用の分析において重要となる場合がある。

このため、上記のような場所を対象にする場合には、水理量に影響を与える洪水流量以外の他の条件を複数設定するなどして、起こり得る洪水の作用を適切に検討できるようにするものとする。

この例として、河口部付近の水理量算定において潮位変動幅に応じて河口出発水位を複数設定する、合流地点において流量合流パターンを複数設定する、水門等の操作のパターンを加味した水理量算定を行うなどがある。

＜参考となる資料＞

基本水理量のそれぞれの技術的意味等については、下記の資料が参考となる。

1) (財)国土技術研究センター：河道計画検討の手引き，山海堂，2002.
2) 土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，丸善，1999.
3) 山本晃一，(財)河川環境管理財団企画：沖積河川－構造と動態－，技報堂出版，2010.

5. 2　洪水流観測による特性把握

＜考え方＞

洪水流の観測については、第 2 章 水文・水理観測の第 3 節 水位観測及び第 4 節 流量観測で述べているカテゴリー１（基盤・汎用観測）として行われる流量及び水位についての種々の観測と、同章の 3.9 で述べているカテゴリー２（特定目的観測）として行われる洪水痕跡水位調査が、河道特性調査において洪水の作用を把握するための基盤となる情報を提供する。

本節の 5.1 に述べている基本水理量の整理は、これらの情報と第 5 章 河川における洪水流の水理解析に記述されている洪水流の水理解析手法によって成されるものである。

したがって、河道特性調査を適切に行うという観点からは、まず、上記のような洪水流に関する基本的情報が提供される状況にあることを確認する、あるいはそうした状況を確保することが必要となる。

その上で、基本的な情報だけでは不十分と判断される場合には、河道特性を適切に把握するという目的で、洪水流に関して行うべき観測を能動的に組み立て実施することも求められる。そのようなことが生じる場合の代表として、以下の２つが考えられる。

第一は、水位観測を時間・空間の両面で短い間隔で行うことが必要となる場合である。第 2 章 水文・水理観測でカテゴリー１として記述している水位観測は、時間変化は細かいピッチで追うものの、その設置間隔は数 km 以上と一般に大きい。洪水痕跡水位は、縦断方向ピッチは数百 m と細かいものの、高い精度は期待できない場合があり、また、最高水位の情報しか得られないという大きな制約がある。

したがって、水位観測について、これらが提供する基本的情報だけでは不十分と判断される場合には、第 2 章 水文・水理観測の第 7 節 河川の流れの総合的把握 で記述しているカテゴリー３（総合観測）の「河川の流れの総合的把握」のための洪水観測を適切に実施することが必要となる。

つまり、ここにおいて、河川の流れの総合的把握の実施が、河道特性調査から必要となる場合があると理解される。こうした検討が必要となる可能性がある場所として、本章の 4.5.2 で例示した、また、本節の 5.1 で「特定の場所」として例示した河道区間等が挙げられる。

第二は、水位や流量観測以外の水理量を詳細に把握すべき場合であり、その代表的事例として、表面流速の平面分布が挙げられる。

水位の縦断分布とともに表面流速の平面分布は、洪水流を介して、その時点の河道の諸状況を直接的、包括的に反映するものであり、河道特性に関わる諸事項を検討する上で有用な情報である。表面流速の平面分布の観測については、必要に応じて適切な手法を用いて実施するとよい。

以上のように、通常の洪水観測実施体系で得られる情報が、対象とする河川の河道特性の調査にとって十分かどうかを吟味し、不十分な場合には、河道特性調査という観点から付加すべき洪水流観測内容を見いだし、適切な手法で実施していくというスタンスが重要である。

＜参考となる資料＞

洪水流の表面流速の平面分布の観測手法については、下記の資料が参考となる。

1) 土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，第 2 編　河川編 第 1 章 4 節　高度画像解析技術を用いた洪水流況の分析，丸善，1999.
2) 藤田一郎，河村三郎：ビデオ画像解析による河川表面流計測の試み，水工学論文集，第 38 巻，pp.733-738，1994.
3) 藤田一郎：実河川を対象とした画像計測技術，2003 年度（第 39 回）水工学に関する夏期研修会講義集，A コース，pp.A-2-1 - A-2-20，2003.
4) 木下良作，宇民正，上野鉄男：画像処理による洪水流解析-阿賀野川における並列らせん流について-，水工学論文集，第 36 巻，pp.181-186，1992.
5) 宇民正，上野鉄男：複断面蛇行河道における洪水流況と土砂輸送，水工学論文集，第 40 巻，pp.933-940，1996.

第6節　土砂流送特性

6．1　調査の組立ての基本

＜考え方＞

土砂流送特性に関する調査として、河道における土砂収支や上流からの流入土砂量、基準点など代表地点における通過土砂量等の把握のために、必要に応じて以下の調査を行うものとする。

1）基本水理量に基づく土砂流送形態の分析
2）流砂量観測による調査
3）土砂収支による調査
4）総合観測による調査

1）は河床材料の移動が生じる流量規模と流送形態（掃流・浮遊等）を基本水理量から推定し、出水時における河床材料の動き方の特徴を捉えるものである。

2）は出水時に流送土砂を捕捉することで単位時間あたりの流送量（流砂量）を観測するものであり、観測時の水理量との関係として整理するものである。

3）はある調査対象とした河道区間における、所定の期間内における河床変動、掘削などによる河道外搬出、土砂流入など各量の収支を計算するものであり、年当たりの平均的な土砂移動量や河床変動を引き起こした要因の把握を行うものである。

4）は出水期間中における水位の時間変化の観測を河道縦断方向の複数点で実施し、これら水位の経時変化を河床変動の影響も考慮して一致するように実施した河床変動等解析法（第 6 章）により土砂移動量を明らかにするものである。

1）は、図 4-4-1 に示した各変化パターンに共通して適用される基礎的情報として用いられる。2）、4）は、変化パターンｂ）～ｄ）の出水等イベント単位での変化に関する調査として用いられる。また、3）は変化パターンａ）～ｃ）の中～長期的な変化に関する調査として用いられる。なお、2）、4）において土砂流送量と流量等の洪水時における水理量との関係が得られた場合（6.3.4 参照）には、3）と同様にある一定期間における土砂量を算出できるため、中～長期的な変化に関する調査としても用いられる。

上記の各種方法は、得られる情報の質と実施に当たっての労力が異なる。流送土砂量調査は、必ずしも現地観測に限定することはなく、目的に応じて上記方法から選択又は組み合わせて実施することが重要である。

6. 2　基本水理量に基づく土砂流送形態の分析

＜標　準＞

河床材料（材料ｍ）を対象に、A、B、C集団（本章 2.4.2、2.4.3 参照）ごとに出水時における流送形態を推定するものである。その手順としては以下に示すものを標準とする。

1）対象区間
各セグメント区分を対象とする。

2）整理対象の洪水規模
平均年最大流量を対象とする。その上で、計画高水流量に対応する洪水流量を対象に加え、また、必要に応じ、この洪水流量と平均年最大流量との間の洪水規模を数段階設定する。

3）推定対象とする流送形態
- 移動の有無（A、C集団のみ）
  掃流・浮遊（濃度分布あり、一様）の判別

4）推定法
- 本章 5.1 により基本水理量を算出する。
- 材料ｍを本章の 2.4.2 に述べた方法でA、B、C集団に区分する。
- 各集団の粒径範囲が 100%となるように粒度分布を引き延ばし、d_{60} に相当する粒径を得

る。

- 各集団の d_{60} 相当粒径を用いて、各出水規模における基本水理量から各集団の流送形態を以下に基づいて推定する。

移動の有無の判定（A、C集団のみ）

- A（又はA′）集団：一様粒径の場合には岩垣式（第6章の式(6-3-15)）により評価した限界掃流力と基本水理量として算定した掃流力を比較して、移動の有無を判定
- C集団：修正 Egiazaroff 式（第6章の式(6-3-25)）により評価した限界掃流力と基本水理量として算定した掃流力とを比較して、移動の有無を判定

掃流・浮遊（濃度分布あり、一様）の判定

- 各集団の d_{60} 相当粒径の沈降速度 w_0 を Rubey 式（第6章の式(6-3-33)）又は鶴見式（同じく式(6-3-34)）により評価し、基本水理量として算定した摩擦速度と比較して、以下のように流送形態を判定

掃流のみ	：$u_*/w_0<1$
掃流と浮遊（水深方向濃度分布あり）	：$u_*/w_0<15$
掃流と浮遊（水深方向の浮遊土砂濃度分布がほぼ一様）	：$u_*/w_0\geqq 15$

5）整理法

評価した移動の有無、流送形態は、各流量に対して算定した掃流力（摩擦速度）の縦断分布に移動判定に用いた限界掃流力及び掃流・浮遊の判定に用いた沈降速度を重ね書きした図として整理する。

なお、d_{84}/d_{16} が大きいなど粒径範囲が広い河床材料、二峰性の粒度分布を有する河床材料、及び石礫で構成される河床材料などへの修正Egiazaroff式の適用性について知見が蓄積されてきている。このような知見も適宜参考として、各セグメント区分に適した判定手法を用いることが重要である。

6．3　土砂流送観測

6．3．1　総論

＜考え方＞

土砂流送観測は、洪水時に洪水流によって流送されている土砂を直接採取し、代表的な試料を選定して粒度分析を行い、その結果から洪水時に流送される土砂量を粒径集団別に推定するものである。

この調査の位置付け、基本的考え方、調査の組立てについては 第16章 総合的な土砂管理のための調査 の2.3.6に記載されており、これらを踏まえて調査を実施する。

ここでは、調査に用いる観測機器とそれを用いた観測の方法、及び水理量と土砂流送量観測結果の関係の整理の仕方について示す。

6．3．2　掃流土砂量調査

＜推　奨＞

掃流土砂量調査は、掃流土砂量を観測して、掃流砂量と掃流力との関係を把握することを目的とするものであり、以下に基づき実施することが望ましい。

掃流採砂器は、掃流土砂量の観測目的に応じて適当なものを使用するものとし、また、掃流砂量と掃流力との関係を求めるため、水深、水面勾配、流速、流量、横断面形状等の測定及び河床材料調査を行う。

採砂器の具備すべき条件は、 流れを乱さずに掃流砂の移動状況を変えないで採砂できることであり、このためには、流入口でできるだけ抵抗の小さいことと採取口が河床にうまく接地す

ることが重要である。
観測記録より単位時間当たりの土砂流送量（掃流砂量）などについて整理するものとする。また、採取した試料を乾燥器で乾燥させた後秤量し、更に、代表的な試料を選定して粒度分析を行う。

・　掃流土砂量調査の観測回数、 調査断面

平水時には、同一流量同一地点で原則として 10 回以上、洪水時には横断方向に２点以上の測点を設けて、できる限り多数回、それぞれ採取を行う。
調査断面の選定においては、採砂器の操作が容易なことや、水理量の観測も同時に行える地点であることなども考慮する。

6．3．3　浮遊土砂量調査

＜推　奨＞

浮遊土砂量調査は、浮遊砂量を観測して浮遊砂量と掃流力や流量との関係を把握しようとするものであり、以下に基づき実施することが望ましい。
浮遊土砂量の観測に当たっては、適当な採水器を使用する。また、浮遊砂量と掃流力や流量との関係を求めるため、水深、水面勾配、 流速分布、流量、横断面形状等を測定する。
採水器の具備すべき条件は、乱されない資料が採取できること、流れの乱れの規模に応じ、ある程度平均的な土砂濃度で採取できるように採水時間の長いこと、採取口径は浮遊土砂最大粒径の少なくとも５倍以上であることなどである。また、資料を資料ビンに移すときに採砂器内に砂粒が残らないようにする必要があり、資料ビンから取り出すときにも同様な注意が必要である。
浮遊土砂の観測は、 採水器による鉛直方向の濃度分布の測定により行うものとし、同時に鉛直方向の流速分布を測定しておくものとする。なお、水深方向の濃度分布が一様とみなせる水理量（本節 6.2 参照）の下では、水深方向分布の測定を簡略化することができる。

・　浮遊土砂の観測、 調査断面

横断方向の測線数は、河川の状況に応じて選定するものとするが、原則として３測線以上とする。
観測に当たって、流砂の濃度が大きくなる河床付近の測定は、河床からの高さ、流速測定とともに特に精度の確保に努める。なお、測定においては、採水時刻、採水量、採水時間、採水点の流速、水深、水面勾配、水温等を記録し、採取した資料を全量採水ビンに移しかえる。調査地点においては、河床材料調査を実施する。
観測記録から単位幅当たりの浮遊土砂量（浮遊砂量）を整理する。まず、採水した資料からその含砂率を測定する。含砂率を求めるには、たとえば、採取した水の重量を測定し、水が澄むまで最小限 24 時間静置し、次に上澄液を排除し、後に残った沈澱物を乾燥し秤量する。浮遊土砂量は、各点における含砂率と流速の積を算定し、それを水深方向に積分することで求める。

＜参考となる資料＞

流砂量観測を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1)　国土技術政策総合研究所環境研究部，(独)土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方，国土技術政策総合研究所資料，第 521 号，土木研究所資料，第 4140 号，第 5 章 調査・分析に関する事項 pp. 5-50－5-53，2009.

6．3．4　水理量と土砂流送量観測結果の関係の整理

＜例　示＞

各観測地点における水理量(掃流力、摩擦速度)と掃流砂量及び浮遊砂量との関係を第6章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析の3.5、3.7に例示した式から算定される掃流砂量及び浮遊砂量と比較できるように整理し、流砂量の直接観測結果の補完を行うための流砂量式の設定のための参考データとすることができる。

なお、通過型の土砂を扱う場合、その場所の河床に作用する力に関わる水理量及び河床材料と土砂流送量との対応関係は薄くなるので、上記の関係整理に代えて流量と土砂流送量の関係として整理する。

6．4　土砂収支による調査

＜例　示＞

土砂収支による調査は、セグメントスケールの一連の河道区間を対象として、その区間への流入土砂量、区間内での河床変動量及び河道掘削等による土砂の河道内外への搬入・搬出量について収支を計算し、その差分として区間下流への粒径集団別の土砂流送量を推算するものである。

本調査では、セグメントスケールでの地形変化が有意に生じると期待される10年オーダーの期間にわたる河床変動等に関するデータを用いて、その期間内の平均的な年当たり土砂流送量を粒径集団別に推算するのが一般的である。ただし、大規模出水によりセグメントスケールで顕著な河床変動が生じた場合には、その出水前後の河床形状等データから当該出水による土砂流送状況を推定することにも適用できる。

流入土砂量は、たとえば当該区間の上流域に設置されたダム貯水池などへの土砂堆積量に、その施設上流の流域面積と残流域の面積の比を乗じることにより推定することができる。施設などへの土砂堆積量、区間内の河床変動量、河道内外への搬入・搬出量といった各項目の調査の基本的な考え方等については、第16章 総合的な土砂管理のための調査 の2.3.2、2.3.3、2.3.5に記載している。

＜参考となる資料＞

大規模出水による土砂流送状況の推定の事例として下記の資料が参考となる。

1)　高橋邦治，服部敦，藤田光一，宇多高明：大規模洪水による粒径集団別の水系内土砂移動，土木学会第51回年次講演会，pp.624-625，1996.

6．5　総合観測による調査

＜考え方＞

カテゴリ-3.1「河川の流れの総合的把握」(第2章 水文・水理観測 第1節 総説 参照）に属する調査であり、水位の簡易観測(第2章 第3節 水位観測 参照)により得た多点での水位連続観測データと河床変動等の解析手法（第6章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析 参照）とを組み合わせて流送土砂量の推定を行うものである。その手法の概略は以下のとおりである。

使用する現地観測データは、多点に設置された水位計による水位縦断分布の時間変化、その観測区間内又は近傍において同期間に観測した流量の時間変化、及び出水前後の河床形状である。そのほかに必要な情報として、流れの解析に用いる粗度係数及び樹木群等の配置等、及び河床変動等の解析に用いる河床材料等の各解析に入力するデータ一式である。

これらデータ・情報に基づいて、対象河道の河床変動特性に応じた適切な河床変動等の解析手法を選定し、出水前の河床形状を初期河床形状として、水位・流量の観測データを境界条件

として河床変動等の計算を実施する。また、出水中の各時点における水位縦断分布と出水後の河床形状とを比較し、十分な再現性が得られるよう、必要に応じて河床変動等の解析の較正を行う。

これら手順を経た解析結果は、出水中の河床変動、土砂流送についてもある一定の水準で再現しているとの考え方に基づいて、解析結果として得た流送土砂量を整理する。

この手法から推定される土砂流送量は、混合型（河床材料起源の流送土砂）のみである。

本手法は主に水位縦断分布の時間変化を介して河床状況を推定するものであるため、流れの解析においては特に粗度係数を適切に設定することが重要である。

また、河床変動等の解析について直接的に再現性を検証しているのは出水後の河床形状のみであるため、必要に応じて出水中の河床変動及び土砂流送量を観測して検証に加えることで、土砂流送量の推定精度を確認し、さらに向上につなげていくことが望ましい（第 6 章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析 5.3 参照）。

第7節　河道を取り巻く諸状況

7．1　流域・水系環境及びその変遷の整理

7．1．1　流域の概要

＜考え方＞

調査対象とする河川の全体像を俯瞰的に把握するためには、その流域に関する基礎情報を収集・整理することが有用である。そのような情報として以下の項目が挙げられる。

1）流域平面図と主要諸元
2）流域の地形・地質
3）水文特性
4）ダム・砂防堰堤等の整備状況

7．1．2　流域平面図と主要諸元

＜標　準＞

調査対象とする河道区間の流域全体の河道網における位置とその区間に接続する支川を把握するために流域平面図を活用するとともに、各川からの降雨流出や土砂供給に関わる影響の大きさを推定するに当たっての基礎情報となる以下の事項について整理することを標準とする。

1）本支川の流域面積と山地が占める割合（又は面積）・幹線流路延長
2）想定氾濫区域の面積と人口
3）既設ダムの流域面積とそれが各川の山地面積に占める割合
4）流域の土地利用状況

7．1．3　流域の地形･地質

＜標　準＞

流域の山地部からの降雨流出及び土砂供給の相対的な大きさについて定性的に把握するために以下の事項について整理することを標準とする。

1）地盤高
2）表層地質（地質分類）

また、平野部については、洪水氾濫特性や河道変遷に伴う微地形等を把握するために有用な以下の事項について整理することを標準とする。

1）治水地形分類
2）推定氾濫域

＜参考となる資料＞

流域の地形・地質等の把握には、下記の資料が参考となる。

・国土地理院監修：地形図，メッシュ情報（国土細密数値情報）.
・経済企画庁監修：土木地質図（各都道府県）.
・経済企画庁監修：表層地質図（各都道府県）.
・国土地理院：治水地形分類図.

7．1．4　水文特性

＜推　奨＞

調査対象とした河道区間に接続する各流域からの出水をもたらした既往の降雨イベントごとの寄与の大きさについて大まかに把握するための基礎情報として、既往最大の流量・降水量を記録した出水等の主たる出水を対象として、以下の事項について整理することを推奨する。

- 各降雨イベントの総雨量等の平面分布図
- 主要基準点やダム流域等のハイエトグラフ

また、各河川の流量観測地点の年最大流量の経年変化について整理する。

以上の整理に当たっては、第 2 章 水文・水理観測の第 2 節 降水量観測によるデータを用いる。なお、流量観測データが存在しない場合は、流出計算に基づき算出した値をもって整理することが望ましい。

7．1．5　ダム・砂防堰堤等の整備状況

＜推　奨＞

ダム、砂防堰堤の整備進捗に伴って山地部からの土砂供給量や出水規模による土砂供給量の変動を平準化するなどの供給パターンの変化に対して河道が応答することも考えられる。

これらに対する検討のための基礎情報として以下の事項について整理することを推奨する。

- 砂防堰堤（不透過型、透過型）
- 既設ダム（貯留型ダム、流水型ダム）
- 利水用取水施設（農・工・上水用、発電用）

（1）　砂防堰堤（不透過型・透過型）

＜推　奨＞

調査対象区間の河道区間上流等に設置されている砂防堰堤は、現在の土砂供給特性を把握するために重要な情報であることから、以下について調査を行うことが望ましい。

- 堰堤の構造
- 堆砂の状況（堆積する土砂粒径、堆砂形状、堆砂量）

・　堰堤上下流（いずれも流水区間）の河床材料
・　砂防指定区域の状況

（２）　既設ダム（貯留型ダム、流水型ダム）

＜推　奨＞

調査対象の河道区間上流にダムが存在する場合、ダム供用年数にもよるが、既にその河道区間は既設ダムの影響を受けた区間である場合が考えられる。既設ダムが存在する場合は、以下について調査を行うことが望ましい。

・　既設ダムの建設年、供用期間
・　既設ダムの洪水調節方式（計画）及び流量調節実績
・　既設ダムの平常時放流量及び減水区間の有無とその延長
・　既設ダムの堆砂状況

（３）　利水用取水施設

＜推　奨＞

利水用取水施設は、大きく「ダム型」と「堰堤型」に分けられる。このうちダム型は、主に農業用ダムや水力発電用ダムとして供用されており、堤高 15m 以上の貯留型構造である。

ダム型は土砂を止めるという観点で見れば、基本的に前出の（2）既設ダム と同じインパクトであることから、（2）既設ダム と同様に調査を行うことが望ましい。「堰堤型」については、以下では「利水堰」と呼ぶこととし、存在する場合には、以下の状況について調査することが望ましい。

・　利水堰の建設年、使用期間
・　利水堰の構造(ゲート敷高と河床高の関係)
・　利水堰の運用方法（開閉操作規定）
・　湛水池の堆砂状況（湛水池河床高、堆砂量と経年変化）
・　湛水池の河床材料
・　湛水池上下流（いずれも流水区間）の河床材料

7．2　　河川整備及びその他の河道状況の整理

7．2．1　　主たる出水と河道計画・河川改修履歴

＜推　奨＞

河川等の計画の改定の契機となった出水、浸水被害の大きな出水等と河道計画・河川改修に関する基礎情報として、以下の事項について年表形式等で整理することを推奨する。

・　主たる出水の最大流量、被害の概略（7.2.2 に述べる主たる出水時の破堤地点と氾濫浸水域に関する情報と併せて整理することが望ましい）
・　河道計画の変遷史（計画改定の時期と概要）
・　河川改修履歴（ダム竣工や河道改修の竣工年）

7．2．2　　河道変遷

＜推　奨＞

現況河道に至るまでの河道の幅や平面形状の人的改変の度合いや、河道の位置が長期間にわたって動きが少なく安定している箇所等について河道変遷を把握するための基礎情報として、

地形発達史、歴史的記録、治水地形分類図、迅速図や空中写真などに基づいて河道平面形状の変遷について図化して整理することを推奨する。
　また、歴史的大出水について歴史的記録を収集し、被害の状況や破堤地点及び氾濫範囲等について整理するのが望ましい。

7．2．3　河道掘削・砂利採取

＜推　奨＞

　河道掘削、砂利採取などの影響について把握することを目的として、以下の調査を行うことが望ましい。

- 工事範囲及びその工法（仮設工法を含む）
- 過去（近年）の工事実施の有無
- 土砂掘削位置及びその期間
- 土砂掘削量及びその時期
- 掘削した材料の粒径

7．2．4　河道表層下の土層構造調査

＜推　奨＞

　表層の河床材料の層厚、及び表層下の岩盤、軟岩など固結物・半固結物、粘性土、砂層など表層とは異なる材料で構成される層の上面の深さと層厚について河道縦断方向の分布を把握するため、表層下の土層構造について調査することを推奨する。
　一般的には、河川堤防の基礎地盤ボーリング調査結果など既存資料を活用して地質縦断分布を左右岸に分けて整理するのが望ましい。その際、岩盤等の露出箇所（本章の 3.4.4 参照）を地質縦断分布図に記載し、露出している層を特定することを推奨する。

第8節　調査結果の取りまとめ及び包括分析

8．1　河道特性調査結果の整理

＜標　準＞

　河道特性調査の結果は調査項目ごとに整理し、各種調査の実施に併せて適宜更新することを標準とする。その書式については統一しておき、空間的変化（縦断方向の変化）・時間的変化の分析が容易なように整理する。それらの実施に当たっては 第 23 章 調査結果の保存・活用 に基づくことを標準とする。

＜例　示＞

　河道特性調査の整理項目を以下に例示する。
①河道状況に関する基礎データ（測量・調査データの蓄積）

- 河道形状（横断測量、平面測量、空中写真）
- 河口部の地形（深浅測量、海浜測量、汀線測量、河口部縦横断測量）
- 河床材料
- 河岸・高水敷材料
- 岩盤・軟岸など固形物・半固形物、粘着性材料調査
- 河口の河床・底質材料
- 植生繁茂状況
- 平常時の水理環境

・　土砂流送（土砂流送観測、土砂収支調査、総合観測調査）
・　河道表層下の土層構造
・　構造物の設置状況
・　その他

②河道の現況と経年変化に関する情報（基礎データの整理）

・　河床高縦断形（平均・最深）
・　各地点の河道横断形状
・　最深河床の位置を示した平面分布
・　低水路川幅、堤間幅の縦断変化
・　河道平面図
・　河川垂直空中写真
・　河口砂州の平面形状
・　河口砂州の最高部に沿った横断形状
・　中規模河床波の平面分布
・　局所洗掘位置の平面分布
・　洗掘深（平均と最深の差）の縦断分布
・　河床材料の代表粒径縦断分布・各地点の粒度分布
・　河口砂州・河口テラスの粒度分布
・　河口砂州のフラッシュ
・　河口開口幅（河口閉塞）
・　その他

③洪水の営力・土砂流送に関する情報

・　平均水深 h（低水路・高水敷）
・　平均流速 v（低水路・高水敷）
・　フルード数 F_r（低水路）
・　摩擦速度 u_*（低水路・高水敷）
・　河床代表粒径に対する無次元掃流力 τ_{*R}
・　エネルギー勾配 I_e
・　低水路の幅と平均水深の比、堤間の幅と堤間平均水深の比
・　水深と代表粒径の比（低水路）
・　相対水深 Dr（複断面でありかつ蛇行する河道区間が対象）
・　掃流力（摩擦速度）に河床材料の限界掃流力及び沈降速度の比較図
・　その他

④流域・河道の変遷・水文特性に関する情報

・　流域概要（流域の主要諸元、地形・地質、ダム・砂防堰堤の整備状況等）
・　水文特性（主たる出水の降水量、流量と水位等）
・　河川整備及び河道状況（主たる出水及び河道計画・河川改修の履歴、河道変遷、河道掘削・砂利採取、堤防・河川構造物の整備状況等）
・　その他

＜参考となる資料＞

河道特性調査の整理については、下記の資料が参考となる。

1)　(財)河川環境管理財団河川環境総合研究所：河川環境特性情報情報編集とその展開，河川環境総合研究所資料，第 22 号，2007.

8．2　河道特性調査結果の包括分析

＜考え方＞

河道特性に関する第 3～7 節の調査結果を総合して、以下の包括分析を行う。

１）現況河道に関する分析

現況の河道を対象として、河道の各構成要素の諸元（本節 8.1 の①、②）と基本水理量（同じく③）との関連性について分析する。この場合、基本水理量としては、いわゆる河道形成に関わる代表値として、平均年最大流量時の値を用いてよい。なお、多様な流量規模の影響については、２）において別途検討する。

関連性の把握は、河道の階層構造の考え方（本章 2.1.1 参照）に基づいて階層単位で行うこととする。すなわち、同一階層に属する構成要素を一つのグループとして、それら相互作用も考慮して、各要素と基本水理量との関係について調べる。その際、より上位階層に属する構成要素の諸元については所与の条件として取り扱ってよい。

２）出水の規模・履歴に応じた河道変化に関する分析

洪水に起因する河道の変化に関する調査結果（たとえば本章 4.3 の調査）を対象として、出水前後の各諸元と当該出水時の基本水理量との関係について分析する。その際、１）の関係と重ね合わせて、各諸元が現況での関係からどのような方向・大きさで変化が生じるのか、出水の大きさに応じて把握することが重要である。さらに、その変化を既往出水の履歴に沿って追跡することで、どのような経路で現況の関係に到達したのか理解することは、今後の中長期の河道応答を予測する上で役に立つ。

３）河道の経年変化に関する分析

流域の変遷や河川整備等（本節 8.1 の③）に付随して河道特性に経年的な変化が生じている。まず、その実態を明らかにする目的で、河床高、河床材料、川幅、河道平面形状、砂州等の個々の経年変化と、それらを組み合わせた河道の全体的な変化履歴を整理することが重要である。さらに、この変化履歴に関する情報を用いて、２）の出水規模・履歴に応じた河道変化の分析において、流域の変遷や河川整備等の影響についても一体的に検討することが望ましい。

４）他河川との比較

こうして得た情報について、他河川の同一セグメント類型に属する河道区間と比較することにより、複数河川で共通する特性と当該河川のみに見られる個別の特性に区分することができる。共通する特性について複数河川の情報と総合することは、より普遍的な特性把握とそれに基づくより確度の高い技術的判断に繋がるため、積極的に実施することが重要である。また、個別の特性については、それを生じせしめる原因や規定している要因を見いだすことが、当該河川に適合した計画・設計・維持管理等を行っていく上で重要である。

上記の包括分析の具体の手法については、各河川の河道特性や既得の情報レベルに応じて変化するので、定型的な手法の整理には馴染まず、それらに応じて分析手法を適宜設定する。

包括分析によって得た情報について、洪水流・流砂に関する水理的知見に基づいて解釈を深めて普遍性を高めること、さらに解析モデル化して定量的に再現・予測を行うことが必要とされる場合がある。その際には、第 6 章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析 に基づいて検討するとよい。

＜参考となる資料＞

河道特性調査の包括的分析については、下記の資料が参考となる。

1) 山本晃一，(財)河川環境管理財団企画：沖積河川－構造と動態－，技報堂出版，2010.

2) 福岡捷二：治水と環境の調和した治水適用策としての河幅,断面形の検討方法，河川技術論文集，第16巻，pp.5-10，2010.

3) Biedenharn, D.S., Watson, C.C. and Thorne, C.R. : Fundamentals of Fluvial Geomorphology, Sedimentation Engineering, No.110, Chapter6 ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice pp.355-386 , 2007.

第５章　河川における洪水流の水理解析

目　次

第１節　総説 1
第２節　洪水流解析の目的 1
第３節　目的に応じた洪水流解析手法の選定 3
３．１　目的に応じた選定 3
３．２　最高水位の算定における定常・非定常流解析の使い分け 4
第４節　計算手法の説明 6
４．１　一次元不等流計算 6
４．１．１　定義 6
４．１．２　計算方法 7
４．２　一次元不定流計算 9
４．２．１　定義 9
４．２．２　計算方法 9
４．２．３　一次元不定流計算の近似解法 10
４．３　準二次元不等流計算 10
４．３．１　定義 10
４．３．２　計算方法 11
４．４　準二次元不定流計算 12
４．４．１　定義 12
４．４．２　計算方法 12
４．５　平面二次元流解析 12
４．５．１　定義 12
４．５．２　計算方法 13
４．６　準三次元流解析 14
４．６．１　定義 14
４．６．２　計算方法 15
４．７　三次元流解析 16
４．７．１　定義 16
４．７．２　計算方法 16
第５節　パラメータの設定 18
５．１　パラメータの種類と設定の基本的な考え方 18
５．２　粗度係数の設定 18
５．３　逆算による同定の方法 19
５．３．１　逆算に用いるデータセットの種類 19
５．３．２　データセットに応じた同定 19
５．４　粗度状況による推定の方法 21
５．４．１　推定の基本的な考え方 21
５．４．２　出水中の河床変化が顕著でない場合の粗度係数の推定法 21
５．４．３　小規模河床波の発生を伴う場合の粗度係数の推定法 22
５．４．４　河川構造物の流体力の推定法 22

平成 26 年 4 月　版

第5章　河川における洪水流の水理解析

第1節　総説

＜考え方＞

洪水流の水理解析は、所定の流下能力や侵食・洗掘に対する安全性を確保するための河道設計、流下能力を維持するための樹木群管理や河積の確保等の維持管理、遊水地の施設計画等、河川等の計画・設計・維持管理のために実施するものである。

洪水流の水理解析とは、ある形状及び粗度状況を持つ河道に、上流端において流量又は水位を、下流端において水位を設定し、その河道内で生じる水位・流量・流速などの水理量の空間的な分布及びその時間変化を算定するものである。ここで、粗度状況は、河床表層の凹凸の状態のことであり、高水敷の地被状況、低水路の河床材料の粒径、河床波の形状等がその一例である。なお、背の高い植物の倒伏や河床波の消長などに見られるように、流水の作用を受けて粗度状況が変化することもあり、検討対象とする流量時の粗度状況を的確に表現することが重要である。

解析手法の選定に当たっては、各種解析手法の原理と特徴、その適用限界などを理解した上で、目的を達成するための適切な解析手法を選択する。また、計算を実施するに当たって、必要となる各種パラメータ、初期条件及び境界条件を設定する。

なお、洪水流の水理解析は、実河川で生じる現象を対象としているため、一般的に以下のような制約の下で行われる。

1）計算に用いる初期条件及び境界条件が必要な時空間解像度及び精度で得られていない場合がある。
2）洪水流の発生頻度が高くないため、解析結果を検証する機会が限られる。
3）洪水流の作用により粗度状況（河床波、植生の倒伏・破壊状況等）や河道形状が変化し、またその影響が洪水流に及ぶことについて、今後とも知見を拡充し、解析の信頼性をより高めていくことが必要である。

本章では、洪水流解析の目的及び目的に応じた洪水流解析手法の選定、各解析手法、及びパラメータの設定手法について標準的な方法を示す。

第2節　洪水流解析の目的

＜考え方＞

河川計画・設計・維持管理における洪水流の解析の主な目的は、以下のように整理される。

1）所与の出水条件の下での最高水位等の洪水位の算定
2）構造物等（河岸や樹木を含む）に作用する外力の算定
3）水防関係水位の算定
4）河道特性の把握・河川環境管理・河川利用空間管理のための水理量・水理環境の算定
5）氾濫計算のための外水氾濫条件の算定
6）水位・流量の伝播特性の把握
7）河道変化予測のための水理量の算定

1）所与の出水条件の下での最高水位等の洪水位の算定

堤防又は河岸（掘込河道の場合）近傍の最高水位は、流下能力に直接に関わるため重要である。

最高水位は、一般に流出解析や流量観測等によって得た最大流量を与えた定常流解析により算定する。ただし、対象河川の洪水伝播に関わる本来的特性や、下流端水位の時間変化特性、分合流あるいは遊水地等による対象河道区間での流量の出入りの状況等によっては、最高水位に与える非定常的特性の影響が無視できなくなる場合がある。このような場合には、非定常流解析を用いる。その具体的な判断法については本章 第 3 節 目的に応じた洪水流解析手法の選定 3.2 を参照のこと。

２）構造物等（河岸や樹木を含む）に作用する外力の算定

流れによって生じる抗力・揚力・せん断力といった外力の算定に当たっては、構造物の表面に作用する応力分布を定常流解析によって算定し、その分布を構造物表面にわたって積分することにより求める方法や抗力係数又は揚力係数を用いた経験式を用いて構造物近傍の代表流速から求める方法等を用いる。この定常流解析から得られる外力は、流れ場の時間変動を均した平均値である。目的によっては外力の時間変動（又は変動の最大値）が必要であり、その場合には非定常流解析を用いる。

３）水防関係水位の算定

水防関係水位とは、氾濫危険水位、避難判断水位、氾濫注意水位、水防団待機水位の総称とする。これらの水位は、築堤状況や堤内地盤高と計画高水位の関係等によって地先ごとに設定される値である。水防関係水位の算定とは、地先で設定された値と洪水予報観測所での水位を対応付けることであり、具体の方法は「危険水位の設定要領について」、「特別警戒水位の設定要領について」による。

水防関係水位の算定のためには等流計算、不等流計算、不定流計算等、各河川の状況に応じた適正な計算手法により行う。

４）河道特性の把握、河川環境管理、河川空間管理のための水理量・水理環境の算定

河道特性の把握のための水理量として、河道地形の形成・変化特性を考察する上で重要な指標である摩擦速度、川幅水深比など水理量の縦断分布を算定する。それら算定結果を用いた分析の詳細については第 4 章 河道特性調査 第 5 節 洪水の作用 5.1 基本水理量の整理を参照のこと。

河川環境管理、河川空間管理のための水理環境として、たとえば動植物にとってのハビタット、景観等の形成、変化に関わる水理量を算定する。

たとえば植物群落の冠水頻度や河床の攪乱頻度については、生起確率が異なる複数の流量に対する水位や掃流力等が挙げられる。算定する水理量の選定に当たっては、第 11 章 河川環境調査 第 2 節 河川における環境調査の手法について、及び第 16 節 河川環境の総合的な分析を参照のこと。

５）氾濫計算のための外水氾濫条件（氾濫の生じる流量）の算定

氾濫計算のための外水氾濫条件として、越流地点や堤防の決壊点における氾濫流量の算定に用いる河道内水位等を算定する。その際、第 7 章 浸水解析 浸水解析における堤内地の浸水解析と連動させて洪水流の解析を行うことで、氾濫に伴う河川流量の増減を考慮できる。ここで、浸水解析に必要とされる水理量は浸水解析の手法によって異なるため、洪水流の解析手法の選定に当たっては第 7 章 浸水解析 を参照のこと。

６）水位・流量の伝播特性の把握

水位・流量の伝播特性の把握とは、河道の上流端で与えられた水位ハイドロや流量ハイドロ

が洪水流の流下に伴って変形する過程を再現するものである。洪水流は、河道内に存在する狭窄部、樹木群などの影響を受けて、流量に比べて水位の伝播が遅れる場合がある。このような水位と流量の伝播特性の違いを表現するためには、非定常流解析を用いる。

７）河道変化予測のための水理量の算定
流砂量の算定に必要な掃流力など水理量を算定するものである。河床変動計算の詳細については、第６章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析を参照のこと。

＜関連通知等＞

1) 危険水位の設定要領について（通知），平成 17 年 5 月，国河都第 3 号，国土交通省河川局治水課都市河川室長.
2) 特別警戒水位の設定要領について（通知），平成 17 年 5 月，国河都第 4 号，国土交通省河川局治水課都市河川室長.
3) 洪水予報河川における避難判断水位の設定要領について，平成 18 年 12 月，国河都第 4 号，国土交通省河川局治水課都市河川室長.
4) 浸水想定区域図作成マニュアル（改訂版），平成 26 年 3 月，国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室，国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター水害研究室.

第3節　目的に応じた洪水流解析手法の選定

3．1　目的に応じた選定

＜考え方＞

洪水流解析として、表 5-3-1 に示す計算手法を用いる。
一次元解析[1DF]とは、河道横断面内で平均した水理量（水深、流速、河床せん断力など）の縦断分布を算定するものである。
準二次元解析[2DF’]とは、河道横断面を粗度状況や水深等が同一と見なせる区間ごとに分割して等流近似の下で横断方向流速分布を算定し、この分布を反映した運動量補正係数とせん断力の算定式を一次元解析に組み込んで断面平均流速や水位等の縦断分布を算定するものである。
二次元解析[2DF]とは、水深方向に平均した水理量を対象として、水理量の平面分布を算定するものである。
準三次元解析[3DF’]とは、二次元解析を拡張して水深方向に平均した水理量のほか、静水圧分布の仮定の下で二次流を含めた水深方向の流速分布を算定するものである。
三次元解析[3DF]とは、非静水圧分布となる流れ場にも適用でき、流水中の任意の位置における水理量を対象として、その平面及び水深方向の分布を算定するものである。
各解析には、流れ場の空間的分布を算定する定常計算とさらにその時間変化も計算対象とする非定常計算がある。
洪水流解析の目的　１）～６）に応じて、表 5-3-2 に従って計算手法を選定する。なお、目的７）の計算手法の選定については、第６章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析で述べる。
表 5-3-2 において＜推奨＞とした計算手法は、＜標準＞として示す手法では解析対象とした事象を十分に再現することができず、＜推奨＞として示す高度な手法を採用する必要がある場合に選定する。また＜例示＞とした計算手法は、＜標準＞として示す手法より流れ場の記述レベルが低い手法でも目的を十分に満たす再現性が得られ、＜例示＞として示す比較的簡便な手法を採用することができる場合に選定する。
計算手法の選定に当たっては、計算に必要とされる情報の取得可能性についても併せて検討することが重要である。なお、目的１）～７）以外の目的で洪水流解析を活用する場合でも、表

5-3-2 の「目的に対して必要となる物理量」を参考にして適切な解析手法を目的に合わせて選定する。

表5-3-1　洪水流解析に用いる計算手法の一覧（記号は表 5-3-2 の凡例参照）

解析レベル	記号	H	Δh	U	u_{ave}	v_{ave}	u	v	w	Δp
一次元解析	1DF	○		○						
準二次元解析	2DF'	○		○	△*					
二次元解析	2DF	○	○	○	○	○				
準三次元解析	3DF'	○	○	○	○	○	△	△	△	
三次元解析	3DF	○	○	○	○	○	○	○	○	○

凡例 ○:計算できる項目
△:近似的に計算できる項目
△*:近似的に計算できる項目（断面区分単位の流速分布）

表5-3-2　目的に対して必要となる物理量と洪水流解析手法の選定

目的		非定常性考慮の有無		目的に対して必要となる物理量（計算で扱う水理量はこれよりも多いことが一般的）										計算方法		
		定常	非定常	H	Δh	U	u_{ave}	v_{ave}	u	v	w	Δp	時間変動	標準	推奨	例示
所与の出水条件の下での最高水位等の洪水位の算定	下記以外の河道区間	●	○	●	●※1	－	－	－	－	－	－	－	－	2DF'不等流	2DF 3DF'	1DF不等流※4
	流量が出入りする地点を含まず、最大流量と最高水位時の流量に有意な差（ズレ）が生じる、または最大流量が河川沿いに有意に変化する区間	○	●	●	●※1	－	－	－	－	－	－	－	－	1DF不定流 2DF'不定流	2DF 3DF'	－
	流量が出入りする地点を含み、出入りする流量を予め与えることができない、または流量の出入りにより最大流量と最高水位の発生タイミングに有意な差（ズレ）が生じる区間															
構造物等（河岸や樹木を含む）に作用する外力の算定※2		●	○	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	2DF'不等流 2DF	2DF'不定流 2DF 3DF' 3DF	1DF不等流
水防関係水位の算定		●	○	●	●※1	－	－	－	－	－	－	－	－	2DF'不等流	1DF不定流 2DF'不定流	1DF不等流
河道特性の把握のための水理環境・水理量の算定		●	－	●	－	●	－	－	－	－	－	－	－	2DF'不等流	2DF	1DF不等流※4
河川環境管理・河川利用空間管理のための水理環境・水理量の算定		●	－	●	－	●	－	－	－	－	－	－	－	2DF'不等流	2DF	1DF不等流※4
氾濫計算のための外水氾濫条件の算定※3		－	●	●	●※1	○	○	○	－	－	－	－	－	1DF不定流 2DF'不定流	2DF	－
水位・流量の伝播特性の把握		－	●	●	－	●	－	－	－	－	－	－	－	2DF'不定流	2DF	1DF不定流

凡例
H　:横断方向平均水深
Δh　:Hからの横断方向偏差
U　:断面平均流速
u_{ave}　:水深平均流速
v_{ave}　:水深平均流速（横断方向）
●　:目的に対して必須の水理量
u　:流下方向流速
v　:横断方向流速
w　:水深方向流速
Δp　:静水圧分布からの偏差
時間変動　:流速・水深・圧力の時間的変動成分
○　:条件によっては必要となる水理量
※1　堤防もしくは河岸近傍（堀込河道の場合）における水位
※2　構造物周辺における河床変動については第6章 河床変動、河床材料変化および土砂流送の解析を参照
※3　第7章 浸水解析の第3節において標準とした外水浸水解析モデルとの組み合わせを前提としている
※4　目的を十分に満たす場合には、計算に用いる情報の取得状況に鑑みて等流計算を採用することができる

3．2　最高水位の算定における定常・非定常流解析の使い分け

＜考え方＞

下記１）～４）のいずれにも当たらない場合には、流出解析や流量観測等により得た最大流量をあらかじめ与えた定常流解析を用いることが基本となる。下記１）～４）のいずれかに該当する場合は、非定常流的特性を解析において考慮する必要性が高まるので、非定常流解析を用いることが基本となる。

１）分合流や遊水地等による流量の出入りの影響がないとできる河道区間において、最大流量と最高水位時の流量に有意な差（ズレ）が生じる。
２）分合流や遊水地等による流量の出入りの影響がないとできる河道区間において、各地点の最大流量が河川沿いに有意に変化し、それをあらかじめ与えることが難しい。

3）対象とする河道に、分合流や遊水地等による流量の出入りが存在する区間が含まれ、その出入りの量をあらかじめ与えることができず、非定常流解析によって一体的に計算する必要がある。

4）対象とする河道に、分合流や遊水地等による流量の出入りが存在する区間が含まれ、その出入りの流量をあらかじめ与えることができる場合において、その流量の出入りが、最大流量と最高水位発生のタイミングに有意な差（ズレ）を生じさせる。

1）については、河口付近での潮位変化、支川を対象とする場合の本川との合流点付近での水位変化、水門操作による水位制御の影響を受ける場合など、解析の境界条件である下流端水位の時間変化に起因する場合と、対象河川の洪水伝播に関わる本来的特性による場合がある。このうち後者に該当するかどうかを判別する考え方について及び２）（これも洪水伝播にかかわる本来的特性に起因する）に該当するかどうかを判別する考え方について以下に述べる。

一様の川幅、勾配の単断面河道を対象とした一波の洪水波の流下に伴う水位・流量変化に関する水理特性（非定常性）の要点は、下記のとおりである。

- 流下距離の増加に伴って最大水深は低減するが、水深の増大が生じている期間は長くなる（洪水波形の偏平化）
- 最大水深の低減は、流下距離が大きくなるほど、水深の時間変化を表す曲線のピーク部形状が尖鋭であるほど、また、河床勾配及び断面平均流速（又は洪水波の伝播速度）が小さいほど顕著となる。

実河川では、上記特性に河道横断形状（複断面）や粗度・河積の縦断的な変化（たとえば樹木群や狭窄部等）等の影響が加わる。非定常性が顕在化すると、任意の河道断面においては、流量と水深の関係が図 5-3-1a)に一例を示すように明瞭なループを描くようになり、流量と水深のピークが現れる時間差が大きくなる。また、流下方向には、図 5-3-2 に示すように、洪水流の流下に伴って水深・流量の低減が顕著となる。こうした特性を踏まえて、洪水伝播にかかわる本来的特性のために非定常流解析を使う必要があるかどうかの判断の材料は、以下の 2 点に集約される。

① 最大流量と最高水位時の流量との差（ズレ）の大きさ（図 5-3-1a),b）参照）

② 河道内流量の出入りのない一連区間の上下流端での最大流量の差（ズレ）の大きさ（図 5-3-2 参照）

流量の差（ズレ）は第 2 章 水文・水理観測に基づく水位・流量観測結果（カテゴリー1 の観測等）を用いて評価することができる。①②のいずれかに有意な差（ズレ）がある場合には、最大流量を与えた定常流解析による最高水位の算定に一定の誤差が含まれる。その場合、同一の粗度係数を用いた非定常流解析に比べて最高水位が大きめに算定される傾向を示す。こうした傾向を加味した上で、解析の目的を満たす精度で最高水位を得るため、非定常流解析の適用の必要性について検討する。なお、②の差（ズレ）については、図 5-3-2 に示すように一連区間を更に細分し、各区間ごとに最大流量を適切に与えることで小さくすることができる。こうした区間割と最大流量の再設定が可能な場合には、①の観点から非定常流解析の適用の必要性について検討することでよい。

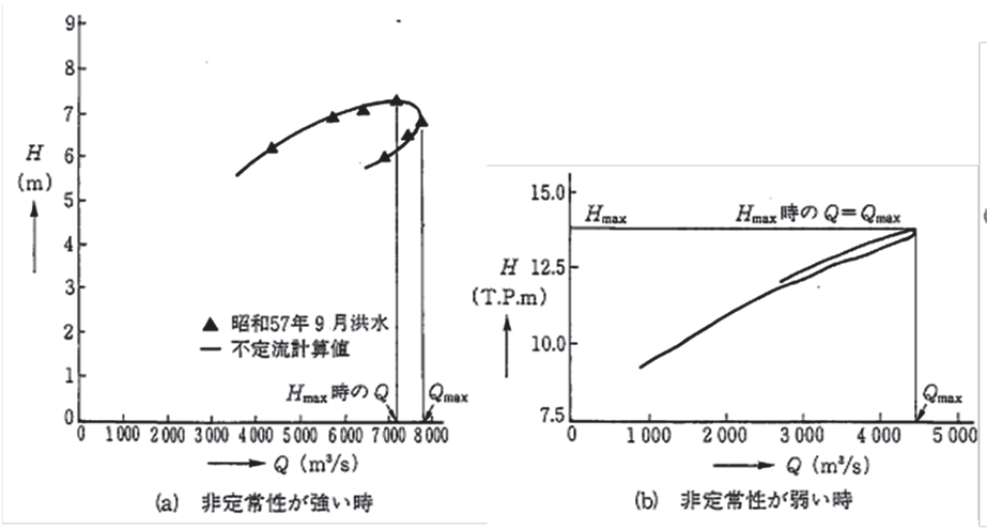


図5-3-1　水位流量曲線図の例

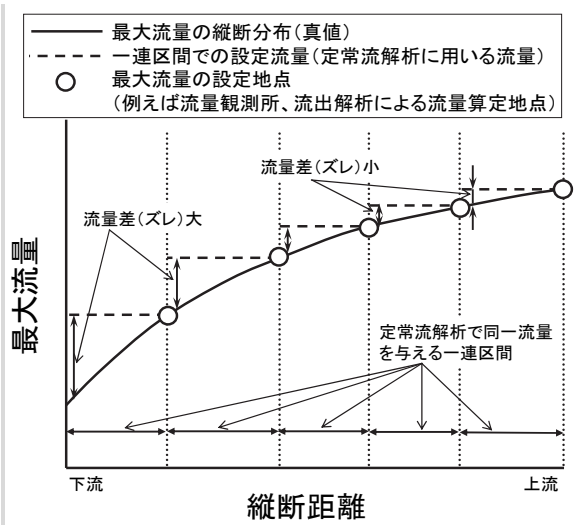


図5-3-2　流下方向への最大流量の低減と区間別の最大流量設定例

第4節　計算手法の説明

4．1　一次元不等流計算

4．1．1　定義

＜考え方＞

一次元不等流計算[1DF 不等流]は、流量 Q を一定とし、基礎式として運動方程式に基づく漸変開水路流れを対象とした式(5-4-1)を用いる。

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\int u^2 dA\right)+gA\frac{\partial H}{\partial x}+\frac{T_r}{\rho}=0 \qquad (5\text{-}4\text{-}1)$$

ここで、A は流れの断面積、x は流下方向に沿った座標、H は水位、T_r は単位長さの河道の河床に作用する力、u はある点での流速、ρ は水の密度、g は重力加速度である。ここで、左辺第1項の括弧内は運動量補正係数 β を用いて式(5-4-2)のように置き換えられる。

$$\int u^2 dA = \beta U^2 A \tag{5-4-2}$$

ここで、Uは断面平均流速である。

一次元不等流計算は、断面内の粗度状況が一様及び変化する単断面河道に適用するのを標準とする。この場合、βは一定値（1.0～1.1 程度）とする近似的な取扱いを行う。

T_rの算定に当たっては、式(5-4-3)に示すManningの平均流速公式を適用するのを標準とする。

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} I_b^{1/2} \tag{5-4-3}$$

ここで、I_bは河床勾配、R（＝A/S）は径深である。平均流速公式とは、縦断方向に一様な河道断面における等流を想定し、河道断面形と河床勾配が与えられたときに、平均流速を粗度係数及び径深と関係づける式である。

断面内の粗度状況が一様又は図 5-4-1 に示すように変化する場合、T_rは式(5-4-4)、(5-4-5)により算定する。

$$\frac{T_r}{\rho} = \frac{gAn^2U^2}{R^{4/3}} \tag{5-4-4}$$

$$\frac{T_r}{\rho} = \frac{gU^2}{A^{1/3}} \cdot \left(\sum S_i \cdot n_i^{3/2}\right)^{4/3} \tag{5-4-5}$$

ここで、S_iは同一の粗度を有する i 番目の潤辺部の長さ、n_iはその潤辺部での粗度係数である。

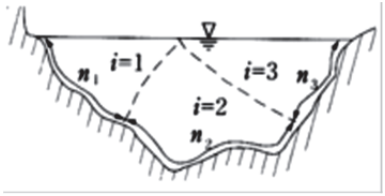


図5-4-1　複数の粗度係数を有する河道横断面

＜関連通知等＞

1)　土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］, pp.111-114, 丸善, 1999.

4. 1. 2　計算方法

＜標　準＞

式(5-4-1)を差分化し、河道形状、粗度係数、境界条件を適切に与え、標準逐次計算法により数値計算を行うのを標準とする。

計算断面については、距離標ごとに設定するのを標準とする。

支配断面が現れる断面の近傍あるいは大きなエネルギー勾配が現れる断面の近傍では、必要に応じて内挿断面を挿入するのを標準とする。

河道形状、河川構造物や樹木群繁茂領域等については、河川定期横断測量、河道平面図、航

空写真、植生図、樹木群調査の結果（第 4 章 河道特性調査 第 3 節 各時点の河道状況 参照）を用いて設定するのを標準とする。

樹木群、河道の急拡・急縮等により死水域が形成される場合には、該当する計算断面において死水域に相当する部分を河積から除く。以上の設定手法については、河道計画の検討の手引き、及び河川における樹木管理の手引きによる。

粗度係数については、本章 第 5 節 に基づいて適切に設定する。

分合流点、跳水発生地点、段落ち部及び橋脚設置地点を含む河道区間においては、式(5-4-1)に代えて、これら地点を間に挟む上下流の計算断面間をコントロールボリュームとしてこれら事象に即した運動量式（又はエネルギー方程式）に基づいて水位を算定する。
また、河道湾曲区間や砂州の発達する区間における左右岸水際部の水位は、河道形状や水理量等に基づいて横断方向偏差 ΔH の算定式を別途用意し、これにより算定した ΔH を式(5-4-1)により算定した平均水位に付加することにより得る。
以上の算定手法については、水理公式集[平成 11 年版]および河道計画検討の手引きによる。

河口部において下流端境界条件を与える場合には、潮位、河川水と塩水との密度差、河口砂州などを考慮し、下流端水位を設定する。

＜推　奨＞

解析の精度・解像度の向上の観点から、航空レーザ測量やサイドスキャンソナーを用いた音響測深等による高解像度の連続的な河道地形測量成果を用いて河道形状を設定するのを推奨する。
常流と射流が混在した流れ場を対象とする場合には、本節 4.2.2＜推奨＞に記載する一次元不定流計算を流量及び水位一定の境界条件の下で実施し、水位や流速等の水理量が時間的に安定した定常状態の解を得るのが望ましい。

＜例　示＞

標準逐次計算法により常流と射流が混在した流れ場の計算を行う場合には、支配断面の位置を予測して常流と射流の発生区間を判別する方法が適用できる。
また、河川水と海水の密度差を考慮した下流端水位の簡易的な設定法として、潮位から求めた河口部水深 h_0 と（ρ_2/ρ_1-1）（ここで ρ_2、ρ_1 は海水と河川水の密度）の積として求めた値を河口部の潮位に加える方法を用いることができる。

＜関連通知等＞

1) 土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］, pp. 93-98, 丸善, 1999.
2) (財)国土技術研究センター：河道計画検討の手引き, pp. 84-97, pp. 109-114, pp. 119-124, pp. 142-144, 山海堂, 2002.
3) (財)リバーフロント整備センター：河川における樹木管理の手引き, pp. 93-96, 山海堂, 1999.

＜参考となる資料＞

支配断面の位置を予測する手法については下記の資料が参考となる。

1) 石川忠晴,林正男:常流・射流が混在する区間の不等流計算法,土木技術資料,Vol.25 No.3, pp.39-44, 1983.

4.2 一次元不定流計算

4.2.1 定義

＜考え方＞

一次元不定流計算[1DF 不定流]は、基礎方程式として連続方程式及び運動方程式に基づく漸変開水路流れを対象とした式(5-4-6)、式(5-4-7)を用いる。

$$\frac{\partial A}{\partial t}+\frac{\partial Q}{\partial x}=0 \qquad (5\text{-}4\text{-}6)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\int u^2 dA\right)+gA\frac{\partial H}{\partial x}+\frac{T_r}{\rho}=0 \qquad (5\text{-}4\text{-}7)$$

ここで、t は時間である。一次元不定流計算は、断面内の粗度状況が一様及び変化する単断面河道に適用することを標準とする。式(5-4-7)の左辺第 2 項及び第 4 項は、本節 4.1.1 に示した一次元不等流計算と同様に式(5-4-2)、(5-4-4)、(5-4-5)により算定する。

＜関連通知等＞

1) 土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］, p.120, 丸善, 1999.

4.2.2 計算方法

＜標　準＞

式(5-4-6)、式(5-4-7)を差分化し、河道形状、粗度係数、境界条件を適切に与え、数値計算を行うのを標準とする。

計算時間間隔については、計算が安定的に進められ、かつ所定の精度及び解像度が得られるように設定するのを標準とする。

計算断面、河道形状、粗度係数、樹木群や死水域、河口部における下流端境界条件等については、本節 4.1.2 と同様に設定する。

河道湾曲部、砂州の発達する区間における左右岸水際部の水位は、本節 4.1.2 と同様に算定する。

＜推　奨＞

常流と射流が混在する流れ場を対象とする場合には、跳水や段波などの不連続的な流れや常流から射流への遷移流れといった急変流に適応した計算手法を用いることが望ましい。

＜参考となる資料＞

常流と射流が混在した流れ場に適応した計算手法の一例として流束差分離法（FDS 法）が挙げられ、下記の資料が参考となる。

1) 西本直史, 森明巨, 板倉忠興, 金澤克己：FDS 法による 1 次元開水路流れの数値解析, 土木学会論文集, No.670 Ⅱ-54, pp.25-36, 2001.
2) 秋山壽一郎, 浦勝, 重枝未玲, アキレス K. ジャ：1 次元浅水流方程式の FDS に基づく数値解析法, 水工学論文集, 第 44 巻, pp.473-478, 2000.

4. 2. 3　一次元不定流計算の近似解法

＜考え方＞

一次元不定流計算の近似解法とは、運動方程式の運動量の時間変化に関する項、運動量や水深の縦断方向変化に関する項の全て又は一部を省略した近似式を用いて解析を行うものである。このような近似解法として、Kinematic wave モデル、Diffusion wave モデル等があり、本節 4.2.1 に示した計算法と併せて水理学的追跡法と呼ばれる（第 3 章 水文解析 2.2.4 参照）。計算方法については、本節 4.2.2 に準ずる。

＜関連通知等＞

1)　土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］, pp.120-125, 丸善, 1999.

4. 3　準二次元不等流計算

4. 3. 1　定義

＜考え方＞

準二次元不等流計算[2DF'不等流]は、流量 Q を一定とし、基礎式として式(5-4-1)と β 及び T_r の算定式である式(5-4-8)～(5-4-13)を用いる。

$$\beta = \frac{\int u^2 dA}{U^2 A} = \frac{\beta_1 \sum_i \left(U_i^2 A_i\right)}{U^2 A} \tag{5-4-8}$$

$$\frac{T_r}{\rho} = \sum_i \left\{ \frac{g n_i^2 U_i^2 S_{bi}}{R_i^{1/3}} + \sum_{ji} \left(f U_i^2 S_{wji} \right) \right\} \tag{5-4-9}$$

$$\frac{n_i^2 U_i^2}{R_i^{1/3}} S_{bi} + \frac{\sum_{ji} \left(\tau'_{ji} S'_{wji} \right)}{\rho g} + \frac{\sum_{ji} \left(\tau_{ji} S_{wji} \right)}{\rho g} = A_i \cdot I_b \tag{5-4-10}$$

$$\tau_{ji} = \rho f U_i^2 \tag{5-4-11}$$

$$\tau'_{ji} = \rho f\left(\Delta U_{ji}\right)\left|\Delta U_{ji}\right| \tag{5-4-12}$$

$$Q = \sum_i \left(A_i U_i \right) \tag{5-4-13}$$

ここで、S_b は壁面せん断力が働く潤辺長、S_w は樹木群境界の潤辺長、S'_w は分割断面境界の潤辺長、τ と τ' は樹木群境界及び分割断面境界に作用するせん断力、ΔU_j は境界面を介して隣り合う分割断面間での断面平均流速差、f は境界混合係数、β_1 は各分割断面内の運動量補正係数（1.1 又は 1 が標準）である。なお、添え字 i は i 番目の分割断面についての量であることを、添え字 j は j 番目の分割断面境界あるいは樹木群境界についての量であることを表す（ただし、i 番目の分割断面に関わる境界のみが対象）。

準二次元不等流計算は、断面内の粗度状況が一様又は変化する複断面河道に適用することを標準とする。

式(5-4-8)～(5-4-13)は、f を導入して隣り合う断面間での干渉効果を考慮したものである。ここで、干渉効果とは河道横断方向に急な流速変化が生じ、そこで生じる横断方向の組織的流

体混合・運動量輸送により流れ全体の抵抗が増大する効果のことである。

断面分割と境界混合係数の設定に当たっては、一般に急な流速変化をもたらす地形・粗度状況の条件に基づいて行う。河道断面形状及び粗度状況（一般的には樹木群境界）の急変点において分割断面境界を設定する。また、境界混合係数についても、断面急変部と樹木群境界に分けて設定手法を使い分ける。

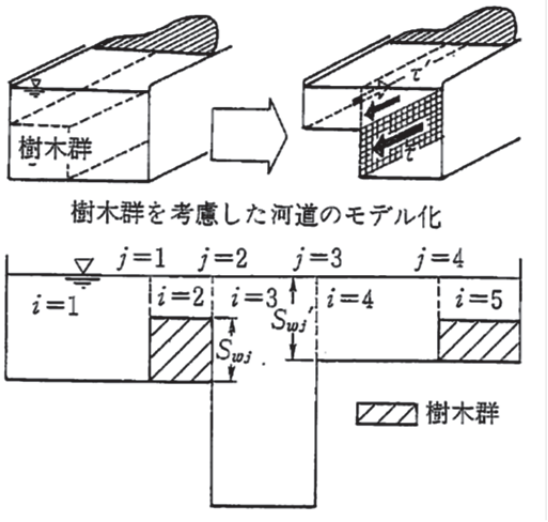


図5-4-2　準二次元不等流計算での断面分割の一例

＜関連通知等＞

1)　土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，pp. 111-116，丸善，1999.

2)　(財)国土技術研究センター：河道計画検討の手引き，pp. 79-81，山海堂，2002.

4. 3. 2　計算方法

＜標　準＞

本節 4. 1. 2 と同様に式(5-4-1)を差分化し、数値計算を行うのを標準とする。

境界混合係数については、水理公式集[平成 11 年版]、河道計画の検討の手引き及び河川における樹木管理の手引きを参考にして適切に設定する。

計算断面、河道形状、粗度係数、樹木群や死水域、河口部における下流端境界条件等については、本節 4. 1. 2 と同様に設定する。

分合流点、跳水発生地点、段落ち部、橋脚設置地点、河道湾曲部、砂州の発達する区間における水位変化については、本節 4. 1. 2 と同様に算定する。

＜関連通知等＞

1)　土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，pp. 98-106，丸善，1999.

2)　(財)国土技術研究センター：河道計画検討の手引き，pp. 81-84，山海堂，2002.

3)　(財)リバーフロント整備センター：河川における樹木管理の手引き，pp. 104-108，山海堂，1999.

4. 4　準二次元不定流計算

4. 4. 1　定義

＜考え方＞

準二次元不定流計算[2DF'不定流]は、基礎式として式(5-4-6),(5-4-7)を用い、β及びT_rは本節 4.3.1 に示した準二次元不等流計算と同様に式(5-4-8)～(5-4-13)により算定する。

準二次元不定流計算は、断面内の粗度状況が一様又は変化する複断面河道に適用するのを標準とする。

4. 4. 2　計算方法

＜標　準＞

本節 4.2.2 と同様に式(5-4-6)、式(5-4-7)について数値計算を行うことを標準とする。

計算断面、断面分割、河道形状、粗度係数、樹木群や死水域の配置、境界混合係数、河口部における下流端境界条件等については、本節 4.3.2 と同様に設定する。

また、河道湾曲部、砂州の発達する区間における水位変化については、本節 4.1.2 と同様に算定する。

＜参考となる資料＞

準二次元不定流計算の計算方法の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　福岡捷二，佐藤宏明，出口桂輔：洪水流の非定常準二次元解析法の研究，土木学会論文集 B，Vol.65 No.2，pp. 95-105，2009.

4. 5　平面二次元流解析

4. 5. 1　定義

＜考え方＞

平面二次元流解析[2DF]は、基礎式として連続方程式及び運動方程式に基づく漸変開水路流れを対象とした式(5-4-14)～(5-4-17)を用いる。

$$\frac{\partial H}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left[h\bar{u}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[h\bar{v}\right]=0 \tag{5-4-14}$$

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t}+\bar{u}\frac{\partial \bar{u}}{\partial x}+\bar{v}\frac{\partial \bar{u}}{\partial y}=F_x-g\frac{\partial H}{\partial x}+\frac{1}{h}\frac{\partial}{\partial x}\left[-h\overline{u'^2}\right]+\frac{1}{h}\frac{\partial}{\partial y}\left(-h\overline{u'v'}\right)-\frac{\tau_{bx}}{\rho h} \tag{5-4-15}$$

$$\frac{\partial \bar{v}}{\partial t}+\bar{u}\frac{\partial \bar{v}}{\partial x}+\bar{v}\frac{\partial \bar{v}}{\partial y}=F_y-g\frac{\partial H}{\partial y}+\frac{1}{h}\frac{\partial}{\partial x}\left[-h\overline{u'v'}\right]+\frac{1}{h}\frac{\partial}{\partial y}\left(-h\overline{v'^2}\right)-\frac{\tau_{by}}{\rho h} \tag{5-4-16}$$

$$\begin{pmatrix} -\overline{u'^2} & -\overline{u'v'} \\ -\overline{u'v'} & -\overline{v'^2} \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 2\nu_{txx}\dfrac{\partial \bar{u}}{\partial x}-\dfrac{2}{3}K & \nu_{txy}\left(\dfrac{\partial \bar{u}}{\partial y}+\dfrac{\partial \bar{v}}{\partial x}\right) \\ \nu_{tyx}\left(\dfrac{\partial \bar{u}}{\partial y}+\dfrac{\partial \bar{v}}{\partial x}\right) & 2\nu_{tyy}\dfrac{\partial \bar{v}}{\partial y}-\dfrac{2}{3}K \end{pmatrix} \tag{5-4-17}$$

ここで、x, yは水平面又は河床面に平行な直交座標軸、u、vはある点での各座標軸方向の流速（乱れ成分を平均化したもの）、F_x, F_yは外力（質量力）、Hは水位、$\bar{u}, \bar{v}$は水深平均の u、v、hは水深、τ_bは河床せん断力、ν_tは渦動粘性係数、Kは乱れエネルギーである。添え字 x、yは

それぞれ作用方向の座標軸を表す。
平面二次元流解析は、静水圧分布の近似が成り立つ流れ場に適用するのを標準とする。ただし、曲率半径の小さい湾曲流れ、構造物近傍の局所的な流れ等といった二次流による運動量輸送が卓越する場合や非静水圧分布となる場合には、本節 4.6、4.7 に示す準三次元流解析、三次元流解析を適用する。

＜関連通知等＞

1） 土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，pp.118-119，丸善，1999.

4. 5. 2　計算方法

＜標　準＞

式(5-4-14)～式(5-4-17)を差分化し、河道形状、粗度状況、境界条件を適切に設定し、数値計算を行うのを標準とする。
計算格子の設定に当たっては一般座標系を用い、河岸法線形状、堤防法線形状、定期横断測線の位置を考慮して座標を設定するのを標準とする。
河道形状、河川構造物や樹木群繁茂領域等については本節 4.1.2 に示した資料に基づいて設定する。
計算時間間隔については、計算が安定的に進められることはもちろんのこと、所定の精度及び空間解像度が得られるように設定する。
河床せん断力については、Manning の式若しくは対数則などを用いて算定するのを標準とする。粗度係数については、本章 第 5 節に基づいて適切に設定する。
式(5.4.17)には、式(5.4.18)に示す渦動粘性モデルを適用するのを標準とする。

$$\nu_t = a u_* h \qquad K = 0 \tag{5-4-18}$$

ここで、u_*は摩擦速度、a は定数である。
式(5-4-18)は、水深スケールの乱れが卓越する流れ場での平面的な流体混合のモデルであり、水深や粗度が空間的に漸変する河道の場合、a は 0.13～0.15 程度の値をとる。

＜推　奨＞

高水敷・低水路間等での河道横断形状の急変部や樹木群等の植物群落を含む流れ場であり、かつ平面せん断流に伴う大規模平面渦など組織的流体混合による河道平面方向の運動量輸送が卓越して発生する場合には、以下の二通りのアプローチで解析を行うことが望ましい。

１）平面せん断流の平均的な効果を渦動粘性係数により評価するアプローチ
２）平面スケールの組織的流体混合現象を平面二次元流解析の直接の対象とするアプローチ
（本アプローチでは、渦の動きを表す流速の時空間的な変化を計算結果として得る。実務上は、こうした流速の変動を直接必要とすることは少なく、渦による混合の効果を受けた平均的な流速（例えば断面平均流速、横断方向流速分布等）に関する情報を用いるのが一般的である。平均的な流速は、本アプローチで得た流速の変動を時空間的に平均することで得られる。）

１）のアプローチでは、平面せん断流に関する水理量、河道形状、植物群落の粗度・形状等に基づいて、組織的流体混合現象に即した渦動粘性係数を設定する。２）では、解析によって

平面渦に伴う流れが直接計算されるので、渦動粘性係数については、大規模平面渦よりスケールが小さく、直接の解析対象外となる流体混合に即した値を設定する。そのような設定の一例として、水深スケール以下の流体混合を式(5-4-18)と同様に摩擦速度と水深の関数として与えることが挙げられる。

また、解析の精度及び空間解像度の向上の観点から、航空レーザ測量やサイドスキャンソナーを用いた音響測深等による高解像度の連続的な河道地形測量成果を用いて河道形状を設定することを推奨する。

＜例　示＞

渦動粘性係数 ν_t と乱れエネルギー K の算定方法として、k- ε モデル等の乱流モデルの方程式に基づいて計算する方法を用いることができる。

＜関連通知等＞

1)　土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，pp.98-99・pp.106-107，丸善，1999.

＜参考となる資料＞

一般座標系については下記の資料 1)，2)、同様に乱流モデルについては資料 3）が参考となる。

1)　長田信寿，細田尚，村本嘉雄，Md Munsur Rahman：移動一般座標系による側岸侵食を伴う河床変動の数値解析，水工学論文集，第 40 巻，pp.927-932，1996.
2)　細田尚，長田信寿，村本嘉雄：移動一般座標による開水路非定常流の数値解析，土木学会論文集，No.533 Ⅱ-34，pp.267-272，1996.
3)　灘岡和夫，八木宏：SDS＆2DH モデルを用いた開水路水平せん断乱流の数値シミュレーション，土木学会論文集，No.273 Ⅱ-24，pp.35-44，1993.

4．6　準三次元流解析

4．6．1　定義

＜考え方＞

準三次元流解析[3DF']は、基礎式として連続方程式及び運動方程式に基づく漸変開水路流れを対象とした式(5-4-19)～(5-4-23)を用いる。

$$\frac{\partial H}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\int_{z_b}^{H} u dz+\frac{\partial}{\partial y}\int_{z_b}^{H} v dz=0 \qquad (5\text{-}4\text{-}19)$$

$$w=-\frac{\partial}{\partial x}\int_{z_b}^{z} u dz-\frac{\partial}{\partial y}\int_{z_b}^{z} v dz \qquad (5\text{-}4\text{-}20)$$

$$\frac{Du}{Dt}=F_x-g\frac{\partial H}{\partial x}-\frac{\partial}{\partial x}\overline{u'^2}-\frac{\partial}{\partial y}\overline{u'v'}-\frac{\partial}{\partial z}\overline{u'w'} \qquad (5\text{-}4\text{-}21)$$

$$\frac{Dv}{Dt}=F_y-g\frac{\partial H}{\partial y}-\frac{\partial}{\partial x}\overline{u'v'}-\frac{\partial}{\partial y}\overline{v'^2}-\frac{\partial}{\partial z}\overline{v'w'} \qquad (5\text{-}4\text{-}22)$$

$$\begin{pmatrix} -\overline{u'^2} & -\overline{u'v'} & -\overline{u'w'} \\ -\overline{u'v'} & -\overline{v'^2} & -\overline{v'w'} \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 2\nu_{txx}\frac{\partial u}{\partial x}-\frac{2}{3}K & \nu_{txy}\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right) & \nu_{txz}\left(\frac{\partial u}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial x}\right) \\ \nu_{tyx}\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right) & 2\nu_{tyy}\frac{\partial v}{\partial y}-\frac{2}{3}K & \nu_{tyz}\left(\frac{\partial v}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial y}\right) \end{pmatrix} \qquad (5\text{-}4\text{-}23)$$

ここで、z は xy 平面に対して垂直上向きの直交座標軸、w はある点での z 座標軸方向の流速（乱れ成分を平均化したもの）、z_b は河床面の z 座標である。

準三次元流解析は、$w \ll \bar{u}, \bar{v}$ であり静水圧分布の近似が成立する場合に適用するのを標準とする。

＜関連通知等＞

1) 土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，pp. 118-119，丸善，1999.

＜参考となる資料＞

準三次元流解析については、下記の資料が参考となる。

1) 石川忠晴，鈴木研二，田中昌宏：開水路流の準三次元計算法に関する基礎的研究，土木学会論文集，第 375 号 Ⅱ-6 ，pp. 181-189，1986.

4. 6. 2 計算方法

＜例　示＞

式(5-4-19)～(5-4-23)を差分化し、河道形状、粗度係数、境界条件を適切に設定し、数値計算を行う。

計算格子、河道形状、粗度係数、河川構造物や樹木群繁茂領域等や河床せん断力については、本節 4.5.2 と同様に設定できる。

＜参考となる資料＞

準三次元不定流計算を実施するに当たって、鉛直方向の流速分布式を与えて 2 次流による運動量輸送を算定する方法は資料 1)～4)、渦度方程式を用いた方法については資料 5)が参考となる。また、大規模平面渦の算定については資料 6)が参考となる。

1) 福岡捷二，五十嵐崇博，西村達也，宮崎節夫：河川合流部の洪水流と河床変動の非定常三次元解析，水工学論文集，第 39 巻，pp. 435-440，1995.
2) 細田尚，長田信寿，岩田通明，木村一郎：一般座標系での主流と 2 次流の遅れを考慮した平面 2 次元流モデル，水工学論文集，第 44 巻，pp. 587-592，2000.
3) 音田慎一郎，細田尚，木村一郎：一般座標系での湾曲流の水深積分モデルの改良とその検証について，水工学論文集，第 50 巻，pp. 769-774，2006.
4) 吉田圭介，石川忠晴：円筒座標 CIP-Soroban 法と境界適合座標法を組み合わせた蛇行河川の準 3 次元計算法，水工学論文集，第 52 巻，pp. 997-1002，2008.
5) 内田龍彦，福岡捷二：浅水流方程式と渦度方程式を連立した準三次元モデルの提案と開水路合流部への適用，水工学論文集，第 53 巻，pp. 1081-1086，2009.

6) 吉田圭介，石川忠晴，箕浦靖久：準 3 次元 CIP-Soroban モデルによる利根川洪水流の大規模数値計算，水工学論文集，第 53 巻，pp.877-882，2009.

4. 7 三次元流解析

4. 7. 1 定義

＜考え方＞

三次元流解析[3DF]は、基礎式として式(5-4-24)～(5-4-28)を用いる。

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0 \tag{5-4-24}$$

$$\frac{Du}{Dt}=F_x-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}-\frac{\partial}{\partial x}\overline{u'^2}-\frac{\partial}{\partial y}\overline{u'v'}-\frac{\partial}{\partial z}\overline{u'w'} \tag{5-4-25}$$

$$\frac{Dv}{Dt}=F_y-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}-\frac{\partial}{\partial x}\overline{u'v'}-\frac{\partial}{\partial y}\overline{v'^2}-\frac{\partial}{\partial z}\overline{v'w'} \tag{5-4-26}$$

$$\frac{Dw}{Dt}=F_z-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z}-\frac{\partial}{\partial x}\overline{u'v'}-\frac{\partial}{\partial y}\overline{v'w'}-\frac{\partial}{\partial z}\overline{w'^2} \tag{5-4-27}$$

$$\begin{pmatrix} -\overline{u'^2} & -\overline{u'v'} & -\overline{u'w'} \\ -\overline{u'v'} & -\overline{v'^2} & -\overline{v'w'} \\ -\overline{u'w'} & -\overline{v'w'} & -\overline{w'^2} \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 2\nu_{txx}\frac{\partial u}{\partial x}-\frac{2}{3}K & \nu_{txy}\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right) & \nu_{txz}\left(\frac{\partial u}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial x}\right) \\ \nu_{tyx}\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right) & 2\nu_{tyy}\frac{\partial v}{\partial y}-\frac{2}{3}K & \nu_{tyz}\left(\frac{\partial v}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial y}\right) \\ \nu_{tzx}\left(\frac{\partial u}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial x}\right) & \nu_{tzy}\left(\frac{\partial v}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial y}\right) & 2\nu_{tzz}\frac{\partial w}{\partial z}-\frac{2}{3}K \end{pmatrix} \tag{5-4-28}$$

ここで、F_zは外力（質量力）である。添え字 z は作用方向の座標軸を表す。

三次元流解析は計算負荷が大きく、そのため広範囲にわたる実河川での適用事例が少ない。三次元流解析の適用に当たっては、水制等の構造物周辺の流況を再現する場合など局所的かつ非静水圧分布となる流れ場であるか、かつ解析の目的に照らし合わせて三次元流解析の必要性が高いか、前もって十分に吟味することが重要である。

＜関連通知等＞

1) 土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，pp.118-119，丸善，1999.

4. 7. 2 計算方法

＜例　示＞

式(5-4-24)～式(5-4-28)を差分化し、河道形状、粗度係数、境界条件を適切に設定し、数値計算を行うことを標準とする。

河道形状、粗度係数、河川構造物や樹木群繁茂領域等や河床せん断力については、本節 4.5.2 と同様に設定できる。

＜参考となる資料＞

乱流モデルについては、下記の資料が参考となる。

1) 河原能久，彭静，藤井和之：越流型水制工を有する河道内の流れの３次元数値解析，河川技術論文集，第 3 巻，pp.17-22，1997.

2) 長田信寿，細田尚，村本嘉雄，中藤達昭：3 次元移動座標系・非平衡流砂モデルによる水制周辺の河床変動解析，土木学会論文集，No.684 Ⅱ-56，pp.21-34，2001.

第5節　パラメータの設定

5．1　パラメータの種類と設定の基本的な考え方

＜考え方＞

水理解析におけるパラメータとしては、各解析法に内在したパラメータと河道の粗度状況に依存したパラメータが存在する。

前者は、準二次元流解析の境界混合係数、平面二次元流解析の渦動粘性係数等である。一方、後者の粗度状況に依存したパラメータとは基本的に粗度係数を指す。

計算手法に内在したパラメータは、既往の知見から水理条件等に応じて設定されることが多く、その設定方法を本章 第4節 計算手法の説明 に記載している。したがって、本節では粗度係数の設定法について述べる。

なお、計算手法に内在したパラメータについては、実洪水の観測結果から逆算等によって検証されることが少なからず行われてきたが、観測技術の進歩に伴ってデータの空間分解能や時間分解能が向上してきたことも考慮して、今後とも積極的に検証を試みることが重要である。

5．2　粗度係数の設定

＜考え方＞

粗度係数の設定方法としては、逆算によって粗度係数を同定する方法、河道の粗度状況から物理的に粗度係数を推定する方法の大きく分けて二つが存在する。

粗度係数の逆算による同定法とは、適切な平均流速公式を用いた洪水流の計算手法に実測の河道形状、水位、流量あるいは流速を与えて、粗度係数を算定することである。逆算粗度係数には、その洪水発生時の種々の情報が集約されており、実績と言う意味で重みがある。設定対象とする粗度状況、河道形状、洪水規模が、粗度係数逆算対象のそれらと余り変わらない場合には、妥当な設定を行うことができる。逆にそうでない場合、この設定が妥当ではなくなる可能性がある。質が良く十分な数の粗度係数逆算が行われていることが前提となり、また、設定結果の成否が洪水データの精度に依存する。

物理的な推定による方法とは、推定法の原理、特徴、適用範囲を理解した上で、対象となる場の特性を踏まえた適切な推定法に基づき粗度係数を算定するものである。粗度状況による粗度係数の推定は、一般性、応用性が高く、原理的には任意の断面形状、洪水規模及び粗度状況に適用できる。したがって、任意の粗度状況、河道形状、洪水規模を想定した粗度係数設定を行うことができる。その一方で、粗度係数の物理性が保たれるような平均流速公式の使用が前提となる。また、粗度係数の推定精度や推定法の適用範囲に限界や不確定要素が残る。

粗度係数の設定に当たっては、逆算による同定法と粗度状況による推定法の弱点を補完するように、両方の設定法を併用することが現実的な選択である。すなわち、河道の粗度状況から物理的に粗度係数を設定し、その一方で、その設定により既往代表洪水の逆算粗度係数あるいは洪水位を再現できるかを確認し、必要に応じて、逆算粗度係数値を踏まえて粗度係数を修正するというものである。あるいは、逆算粗度係数に基づき粗度係数を設定することを試み、その一方で、逆算対象の洪水規模・河道状況と粗度係数設定対象のそれらとの違いを踏まえ、物理的な粗度係数推定法を加味して、最終的に粗度係数を設定するというものである。

なお、物理的な粗度係数推定法の適用が難しい河道については、粗度係数逆算結果を重視した粗度係数設定を行うこととなる。この例として、岩河道、土丹が露出した河道などが挙げられる。逆に、逆算のためのデータが存在しないまま設定せざるを得ない場合は、物理的な推定法のみの適用や、それが難しい場合には、類似の河川の粗度係数を十分に吟味した上で適用することも現実的な選択肢となる。

粗度係数を支配する要因とその影響度が複雑で、精度の良い洪水観測が必ずしも容易でない実河川を対象としていることから、適切な粗度係数設定を行った場合でも、種々の誤差、不明

確な要素を粗度係数から完全に除去することは困難と考えるべきであり、一般的には粗度係数の有効数字は２桁が限度である。粗度係数の設定や設定した流れ場の解析結果の解釈と利用においては、粗度係数が含みうるこのような誤差、不確実性を十分考慮しなければならない。

＜関連通知等＞

1) 土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］, pp. 87-92・p. 117・pp. 182-184・pp. 206-209,・pp. 212-218, 丸善, 1999.
2) (財)国土技術研究センター：河道計画検討の手引き, pp. 97-118, 山海堂, 2002.
3) (財)リバーフロント整備センター：河川における樹木管理の手引き, pp. 98-103, pp. 118-120, 山海堂, 1999.

5. 3 逆算による同定の方法

5. 3. 1 逆算に用いるデータセットの種類

＜考え方＞

粗度係数の逆算に用いるデータセットとして、以下の３種類を用いる。データセット１)、２)は、第２章 水文・水理観測 第１節 総説 で述べたカテゴリー１．２による観測データ群であり、３）はカテゴリー３．１の河川の流れの総合的把握のための観測データ群である。

１）時間的には疎であるが、空間的に密に計測された水位データ

代表的なデータとしては、第２章 水文・水理観測 第３節 水位観測 3.9 に示す洪水痕跡水位が挙げられる。

２）空間的には疎であるが、時間的には密に計測された水位データ

代表的なデータとしては、第２章 水文・水理観測 第３節 水位観測 3.4 に示す水位観測所の水位データが挙げられる。

３）時間的・空間的に密に計測された水位データ

代表的なデータとしては、第２章 水文・水理観測 第７節 河川の流れの総合的把握 に示す水位時間変化の縦断方向多点観測結果が挙げられる。

5. 3. 2 データセットに応じた同定

＜標 準＞

１）共通事項

１断面内に複数の粗度係数（低水路と高水敷など）を設定する場合には、１回の逆算で１断面内の全ての粗度係数を逆算することはできない。そのような場合には、次のように算定するのを標準とする。

種々の規模の洪水について逆算を行い、実測値に合う粗度係数の組合せを見いだす。たとえば、低水路満杯時の洪水で低水路粗度係数を逆算し、それよりも高い水位の洪水から高水敷上の樹木や草本植物の粗度係数を求める。この場合は、洪水規模による粗度係数の変化、対象とした各洪水発生時の粗度状況の違いを無視できることが適用条件となる。

また、水位に対する影響が支配的でなく、粗度状況からの物理的推定の信頼性が比較的高い粗度係数の値を逆算時に既知として与え、この条件に該当せず逆算する必要性が高い１つの粗度係数だけを対象に逆算を行う。たとえば、高水敷の粗度係数値を植生地被からの推定により与え、低水路粗度係数だけを逆算の対象とする場合等がこれに当たる。この場合は、既知として与える粗度係数値の誤差によって、逆算した粗度係数の精度が決まる。

２）データセット１を用いた同定法

この同定法では、河道の長い区間の平均的な粗度係数が得られる。「河道の長い区間」の一つの目安としては河道特性が同一と見なせる単位であるセグメント区間が挙げられる。逆算においては、平均的な粗度係数を算定する本同定法が用いられることが多いが、これは対象区間の平均的な粗度係数を設定することにより、河道計画の策定などに使用できる精度で水位計算を行うことができるからである。

長い河道区間の平均的な粗度係数を逆算する場合、河道及び洪水流の特徴に応じて、本章 第3節 3.2 に述べたように不定流計算と不等流計算を使い分ける。なお、一次元・準二次元流解析によって逆算する場合には、左右岸の痕跡水位の平均値と水位計算値を比較する。

３）データセット２を用いた同定法

この同定法では、水位観測所の水位データを用いるのが一般的であり、その場合、水位観測所地点間の平均的な粗度係数が得られる。

河道の長い区間内に多地点の水位観測所が設置されている場合には、各観測所の最高水位に対して、上記 2)で述べた痕跡水位に対する手法によって粗度係数の逆算を行う。

また、同一のセグメント区間内に近接した 2 地点で水位観測所等により水位データが得られる場合には、等流計算又は不等流計算によって粗度係数を逆算できる。「近接した 2 地点」の一つの目安としては 2 地点間の流量が同一と見なせることが挙げられる。この場合、最高水位のみならず水位の時間変化にも適用できるため、粗度係数の時間変化が把握できる。

この逆算において、大きな誤差をもたらす可能性が高いのは水面勾配である。水位測定精度（又は誤差）に比べて 2 地点間の水位差を十分に大きくとれない場合には、水面勾配の精度を確保することが難しく、逆算粗度係数の誤差が大きくなる。

上記の観点からは、水位差を大きくするためにより離れた水位観測所間で粗度係数の逆算を行うことが望ましい。ただし、2 地点間の距離を増すと粗度状況や河道形状の一様性が保ち難くなり、等流計算では逆算粗度係数の精度が低下する場合がある。その際には、不等流計算を適用することで原理的には精度低下が抑えられるが、距離を増すことで 2 地点間の流量が同一とはみなせなくなった場合には、その限りではない。

一般に上記した要件を全て満たすのは、特に河床勾配の緩い河道区間において困難であり、そのため一定の誤差が含まれ得る。

なお、本手法で同定した粗度係数をより長い区間の平均的な粗度係数として用いる場合、上下流の長い区間をも代表し得るか十分に吟味し、その適用を慎重に行う必要がある。

＜例　示＞

４）データセット３を用いた同定法

この同定法では、解析の対象とする洪水時の水面形を不定流計算によって再現計算し、水面形の時空間的な変化を多地点かつ高頻度の水位観測結果とできるだけ一致するように粗度係数を逆算することで、粗度状況別に粗度係数の同定を行うことができる。

＜関連通知等＞

1)　土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，p. 117，丸善，1999.
2)　(財)国土技術研究センター：河道計画検討の手引き，pp. 97-118，山海堂，2002.

＜参考となる資料＞

データセット１、２を用いた粗度係数の逆算については資料 1)が、データセット３）を用い

た解析事例については資料 2)が参考となる。

1) 建設省河川局治水課，建設省土木研究所：河道特性に関する研究，第 42 回建設省技術研究会報告，pp. 761-791，1988.

2) 福岡捷二，渡邊明英，田端幸輔，風間聡，牛膓宏：利根川・江戸川分派点を含む区間における流量ハイドログラフと粗度係数・樹木群透過係数の評価，水工学論文集，第 50 巻，pp. 1165-1170，2006.

5. 4　粗度状況による推定の方法

5. 4. 1　推定の基本的な考え方

＜考え方＞

移動床に洪水が作用すると、小規模河床波の消長により粗度係数が大きく変化することがある。この傾向は砂床河川で顕著であるが、礫床河川でも無視できない場合がある。以下では、出水中の河床変化が顕著でない場合の粗度係数の推定法と小規模河床波の発生を伴う場合の粗度係数の推定法に分けて記述する。また、河川構造物の抵抗の推定法についても併せて記載する。

5. 4. 2　出水中の河床変化が顕著でない場合の粗度係数の推定法

＜標　準＞

１）河床等の裸地面における粗度係数

河床材料の移動が生じず平坦な固定床として取り扱える場合には、河床材料の粒径、水深等に基づいて粗度係数を推定するのを標準とする。固定床として扱える場合の粗度係数の推定は水理公式集[平成 11 年版]による。

２）人工水路等の粗度係数

人工水路においては、固定床面の凹凸等の粗度状況に応じて粗度係数を推定するのを標準とする。推定に当たっては、水理公式集[平成 11 年版]による。

３）草本植物・樹木の粗度係数

河床や高水敷が草本植物・樹木により覆われている場合、草丈等の繁茂状況と水深等の水理量に基づいて粗度係数を推定するのを標準とする。推定に当たっては、河道計画の検討の手引き及び河川における樹木管理の手引きによる。

４）護岸等の粗度係数

のり覆工、根固工の主構成材料（ブロック、礫等）の相当粗度等の粗度状況に基づいて、粗度係数を推定するのを標準とする。推定に当たっては、護岸の力学設計法による。

＜関連通知等＞

1) 土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，pp. 87-91・pp. 206-209・pp. 214-215，丸善，1999.

2) (財)国土技術研究センター：河道計画検討の手引き，pp. 114-118，山海堂，2002.

3) (財)リバーフロント整備センター：河川における樹木管理の手引き，pp. 99-100，pp. 118-120，山海堂，1999.

4) (財)国土技術研究センター：護岸の力学設計法，pp132-133，山海堂，1999.

5．4．3　小規模河床波の発生を伴う場合の粗度係数の推定法

＜標　準＞

小規模河床波（平坦河床を含む）を伴う河床の粗度係数の推定には、実用的な観点からは、次元解析や土砂水理学の知見を用いつつ、実験や観測結果から何らかの法則性を導き出すというアプローチが主流である。これには主として実験結果に基づき小規模河床形態の領域区分ごとに抵抗則を示した方法、実験結果に河川の観測データを加え、河川に生じ得る幅広い水理条件、河床材料の粒径範囲について流速係数、無次元掃流力、水深粒径比の関係を示した方法がある。小規模河床波を伴う河床の粗度係数の推定は、これら方法を用いるのを標準とする。

＜関連通知等＞

1)　土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，pp. 91-92・pp. 182-184，丸善，1999.
2)　(財)国土技術研究センター：河道計画検討の手引き，pp. 97-109，山海堂，2002.

5．4．4　河川構造物の流体力の推定法

＜標　準＞

水制や橋脚等の河川構造物が河道縦横断方向の水位・流速分布に与える影響を評価する場合、洪水流の解析においては河川構造物の具体の形状は与えずに流体力としてのみ反映する手法を用いる（たとえば、式(5-4-15)、(5-4-16)、(5-4-21)、(5-4-22)の Fx、Fy がこれに該当）。その際、各種構造物の諸元に応じた適切な抗力係数、揚力係数を用いた経験則に基づいて推定するのを標準とする。推定に当たっては、水理公式集[平成 11 年版]による。

＜関連通知等＞

1)　土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，pp. 212-218，丸善，1999.

第６章　河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析

目　次

第１節　総説 1
　１．１　位置付けと目的 1
　１．２　解析法の基本フレーム 1
　１．３　解析レベル 2
　１．４　解析の実施手順 3
第２節　目的に応じた解析レベルの設定 4
第３節　計算法の設定 7
　３．１　解析レベルに応じた計算法の選定 7
　３．２　流れの計算法の設定 7
　３．３　河床形状の計算法の設定 7
　３．４　粒度分布の計算法の設定 8
　３．５　掃流砂の計算法の設定 10
　　３．５．１　一様粒径の掃流砂 10
　　３．５．２　混合粒径の掃流砂 14
　３．６　巻き上げ量（又は基準面濃度）の計算法の設定 15
　３．７　土砂濃度分布の計算法の設定 17
第４節　各種条件等の設定 19
　４．１　解析レベルに応じた条件等の設定 19
　４．２　河岸・高水敷・堤防等の河道地形の設定 20
　４．３　植物・構造物等の水理作用の設定 20
　４．４　構造物や河岸等での流砂の計算条件の設定 21
　４．５　水位・流量に関する境界条件の設定 22
　４．６　供給土砂と河道外搬出・搬入の条件設定 22
　　４．６．１　供給土砂の設定 22
　　４．６．２　河道外搬出・搬入の設定 24
　４．７　河床高・河床材料の初期条件の設定 25
第５節　解析の実施と検証・調整 25
　５．１　解析の実施 25
　５．２　解析の検証・調整 25
　５．３　解析と調査を並行して実施する場合の検証・調整 26

平成 26 年 4 月　版

第6章　河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析

第1節　総説

1．1　位置付けと目的

＜考え方＞

本章は、沖積河川（セグメント 1、2、3）を主対象として、河川等の計画・設計・維持管理、河川環境の保全、総合的な土砂管理などのために必要となる河床形状や河床材料の変化及び土砂流送の解析に関する基本的な事項を示す。

解析対象であるこれらの事象の実態を把握するための調査は第 4 章 河道特性調査に記述されている。本章では、第 4 章に示した調査の成果及び第 5 章 河川における洪水流の水理解析に示した水理解析手法を利用しつつ、実態把握では得られない将来の事象、河川等の計画・設計・維持管理等の種々の案の下での事象、更にデータや情報が不足し必要なレベルの実態把握ができていない既往の事象について、予測、シナリオ・感度分析、現象の再現、観測及び調査情報の補完等を行うための解析法を提示するものである。

解析対象のうち、河床形状の変化は、流下能力の把握や河川構造物の管理に必須であり、河床材料（特に表層）の変化は、河川における生物の生息・生育状況の検討の際に役立つ。

また、土砂流送は、河床変動及び河床材料変化とともに一連の河道形成システムを構成する主たる要素であり、解析に際して、これら 3 つの要素と変化を起こす主な要因である洪水の状況に着目しておくことが、解析の実施と結果の活用を適切に行う上で重要である。

1．2　解析法の基本フレーム

＜考え方＞

図 6-1-1 に解析法の基本フレームを示す。

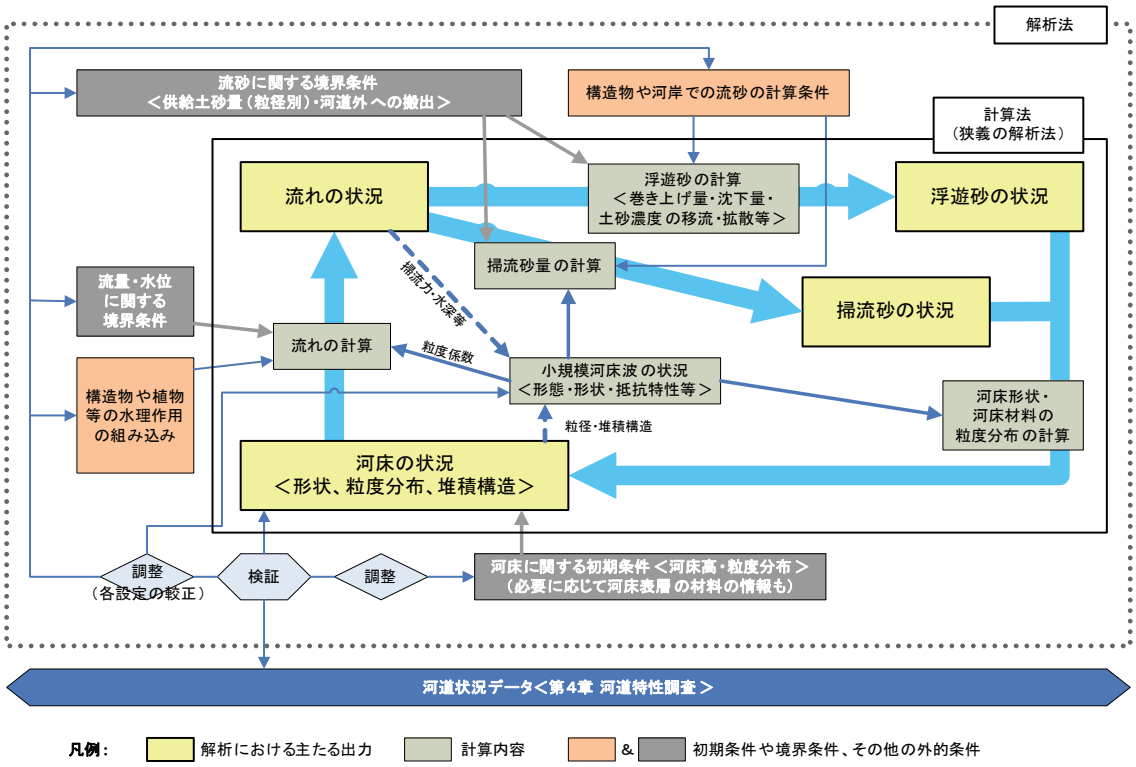


図6-1-1　河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析法の基本フレーム

解析においては、まず河道特性調査（第 4 章）等による調査結果を用いて解析の対象とする河床部の川幅や平面形状とそれを取り囲む高水敷等の形状を設定し、河床部に初期条件に従っ

て河床状況を組み込んで、与えられた流量、水位に関する境界条件の下で流れの計算を行う。
流れや土砂流送に影響を与える構造物や植物等を考慮する必要がある場合には、その作用を流れ、掃流砂、浮遊砂、河床の各計算において考慮する。
また、流砂と流れの相互作用により形成される小規模河床波（第 4 章 河道特性調査 3.3.2、本章 3.5 参照）が流砂量や粗度等に与える影響を考慮する。
こうして得られた流れの状況と河床の状況から、掃流砂と浮遊砂の計算を行う。ここで、供給土砂や河道への土砂搬出・搬入等の流砂に関する境界条件等を反映させる。
なお、河床面の粗度設定は、特に掃流砂量の計算において有意な影響を与える（本章の 3.5 で後述）。
それぞれの計算から得られる掃流砂と浮遊砂の状況に基づき、それらがもたらす河床形状の変化や河床材料の粒度分布等の変化を計算する。この際、河床形状や河床材料粒径の変化を規定する構造物や河床等の条件がある場合には、それを組み込む。
以上により、流砂現象を一定時間経験した後の新たな河床の状況が得られる。こうしたプロセスを、現象を支配する基本方程式群に基づく数値計算手法を用いて必要時間分たどっていくことにより、流れ、掃流砂、浮遊砂、河床の各状況の時間変化を連続的に得ることができる。
河床の状況について計算対象となる項目は河床形状と粒度分布である。また、初期条件で与えられる又は堆積過程で計算される（本章 3.4 で後述）粒度分布の鉛直変化は、河床の状況についてのもう一つの計算対象である「堆積構造」の定量的解析法の 1 つとなる。
これらの計算結果に対して検証を行い、必要に応じて各設定の調整を行う。
以上の全体像を「解析法」と呼び、その内、基本方程式群とそれによる出力で構成されるいわゆる数値計算モデルの部分を「計算法」と呼び、区別する。
本章は、計算法のみでなく、初期・境界条件等の設定及び検証・調整を含めた解析法を取り扱うものである。

1．3　解析レベル

＜考え方＞

解析レベルとは、流れ、流砂（掃流・浮遊）、河床の形状・粒径変化といった各事象を記述する解像度又は範囲であり、以下の 4 項目のレベルの組合せとして解析法のカテゴリーを表すのに用いる。

１）河床高の解析レベル
河床形状に関する解析レベルは、1 次元／2 次元の 2 レベルで設定する。
1 次元は、平均河床高の河道縦断方向分布の時間変化を得るものである。2 次元は、河道縦横断方向の河床高の平面分布の時間変化を得るものである。

２）粒径の解析レベル
河床材料の粒度分布に関する解析レベルは、一様粒径／混合粒径の 2 レベルで設定する。
一様粒径は、河床材料を単一粒径で構成するとして、場所的・時間的に粒径が一定として解析するものである。混合粒径は、河床材料を別途設定するある一定の粒径範囲内の粒径成分で構成されるとして、場所的・時間的な粒度分布の変化について解析するものである。

３）流砂の解析レベル
流砂の流送形態に関する解析レベルは、掃流砂のみ／掃流砂と浮遊砂（混合型・通過型）の 2 レベルで設定する。
掃流砂のみは、流砂量として掃流形態のみを取り扱うものである。掃流砂と浮遊砂は、掃流・

浮遊の両形態を取り扱うものである。

なお、浮遊形態の流砂を混合型と通過型（いわゆるウォッシュロード）に区分したが(第 4 章 河道特性調査の 2.3 参照)、ここでのレベル設定では、それらの内の一つ、又は両方を含むものを総じて浮遊砂とする。

4）流れ場の解析レベル

流れ場の空間的な解像度に関する解析レベルの区分は、第 5 章 河川における洪水流の水理解析 の第 4 節 計算手法の説明 に示した解析手法の分類である 1 次元、準 2 次元、2 次元、準 3 次元、3 次元に、2 次元（2 次流付加）を加えた 6 レベルで設定する。

ここで、2 次元（2 次流付加）は、第 5 章 河川における洪水流の水理解析 4.5 に示した 2 次元流れの運動方程式・連続方程式に基づいて算定した流速を主流として、別途用意した式により 2 次流成分の流速を算定し、主流に付加する解析手法である。

以後、説明を簡潔に行うため、表 6-1-1 のように略記する。

表6-1-1　各解析レベルの略記号

河床高の解析レベル	
1次元	2次元
1DB	2DB

粒径の解析レベル	
一様粒径	混合粒径
U	M

流砂の解析レベル	
掃流砂のみ	掃流砂と浮遊砂 （混合型・通過型）
BL	BSL

流れ場の解析レベル					
1次元	準2次元	2次元	2次元 2次流付加	準3次元	3次元
1DF	2DF'	2DF	2DF+	3DF'	3DF

1. 4　解析の実施手順

＜考え方＞

本章の構成と解析の手順を図 6-1-2 に示す。

まず、解析レベルの設定として、本節の 1.3 に記述した河床高、粒径、流送形態、流れ場の解析レベルを設定する。その際に踏まえておくべき事項について本章の第 2 節に述べる。

次の解析法の設定では、計算法と各種条件等の設定を行う。計算法の設定では、流れ、河床形状、粒度分布、掃流砂、浮遊砂（巻き上げ量と土砂濃度分布）の計算に用いる基礎方程式の設定を行う。

本章の第 3 節では、各計算に用いる基礎方程式を事象の記述レベルが異なる種別に区分して示すとともに(3.2～3.7)、解析レベルに応じた種別の選定について述べる（3.1)。

各種条件等の設定では、計算法に与える境界条件や初期条件等の設定を行う。その内容は本章の第 4 節に示すように、解析対象の河床部を取り囲む河岸・高水敷・堤防等の形状の設定(4.2)、構造物や植生等の地被・地物の粗度や抵抗等としての流れ場の計算への組込み（4.3)、床止工、根固工等の構造物や露岩部といった河床の固定箇所及び河岸侵食箇所における流砂・河床の計算法での取扱い(4.4)、計算対象区間の上下流端における水位・流量及び土砂の供給と搬入・搬出（量と粒度分布）の時系列変化の設定(4.5、4.6)、そして計算開始時点の河床の形状・粒径の設定（4.7）から成る。

また、土砂供給と河床の形状・粒径については、解析レベルに応じて設定を行う（4.1）。

最後に、解析の実施と検証・調整を行う。本章の第5節では、数値計算による解析（5.1）と、第4章の河道特性調査等により得た河道状況データ（第4章の第3節）を用いた検証・調整（5.2）について述べる。

また解析に用いるデータを得るための調査という一方向的な関係でなく、調査内容の吟味に解析を利用して効率的、効果的に検証・調整を行うといったように、調査と解析を有機的に組み合わせた検討について述べる（5.3）。

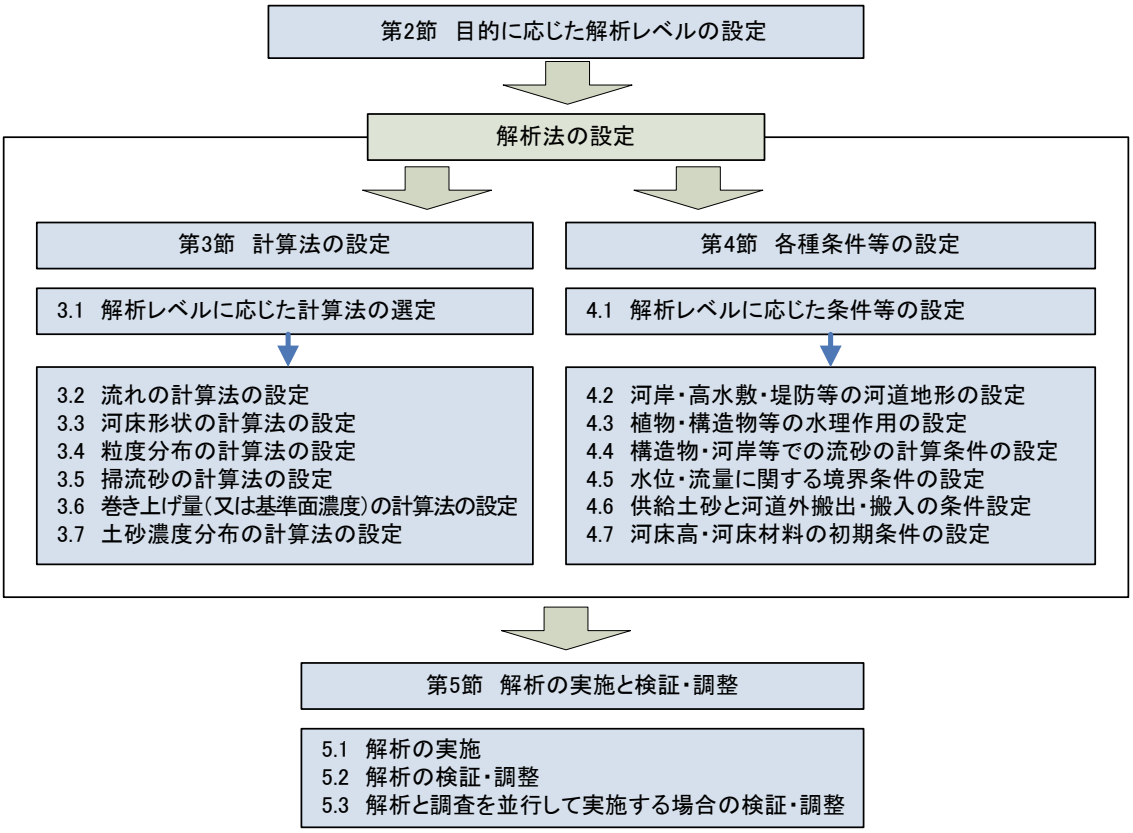


図6-1-2　本章の構成と解析の実施手順

第2節　目的に応じた解析レベルの設定

＜標　準＞

本章の1.1 位置付けと目的 で述べた解析の目的・用途と解析対象とする河道区間の河道特性等について、本章の1.3 解析レベル に示した流れ、流砂（掃流・浮遊）、河床高・粒径変化を記述する解像度又は範囲の観点から整理するなどにより、目的等に応じて解析レベルを適切に設定することを標準とする。

＜例　示＞

河床高の解析レベルは、目的・用途を満たす観点から設定することができる。

たとえば、流下能力の評価の目的では、平均河床高が得られるレベル[1DB]、また局所洗掘深の予測の用途では、河床高の平面分布が得られるレベル[2DB]と設定できる。

ただし、直接必要とする情報が平均河床高（又は河積）である目的・用途の場合でも、たとえば河口砂州のフラッシュのように河床形状の平面的変動が卓越する事象を対象とする場合に

は[2DB]として設定してよい。
また、全体的には平均河床高が得られるレベル[1DB]で十分であるが、一部に平面的変動が卓越する事象が含まれている場合には、その事象を特に重視する目的・用途の場合を除いて、その部分に適した流れ・流砂・河床高の計算法を組み込むなど（本章の 4.3、4.4 参照）の適切な対応を行った上で、レベル[1DB]として設定することができる。

粒径の解析レベルは、対象河道区間の河床材料粒径、すなわち材料 m（第 4 章 河道特性調査 2.4 参照）に関する以下の観点を踏まえた設定とすることができる。

１）空間的な構成材料の一様性
対象区間の全域で材料 m の粒径範囲が同一であり、場所により材料 m の粒径範囲に相違が認められない場合は、一様性が高い。

２）粒径の均一性
材料 m の粒度分布の淘汰がよく（たとえば d_{84}/d_{16} が小さい）、ある特定の粒径を中心に粒径範囲が狭い範囲に集中している場合は均一性が高く、淘汰が悪く、広い粒径範囲にわたって偏りない粒度分布となっている場合は、均一性が低い。
一様性と均一性が共に高い場合には一様粒径として扱うレベル[U]、それ以外を混合粒径として扱うレベル[M]とすることができる。

流砂の解析レベルは、以下の観点等を踏まえて総合的に設定することができる。

a) 解析条件とした水理量の下で浮遊形態となる粒径成分の有無（第 4 章の 6.2 参照）
b) 掃流砂との対比として浮遊砂が河床の形状・粒径の変化に及ぼす影響の大きさ
c) 目的・用途において（たとえば総合的な土砂管理等）浮遊砂量が直接的に必要とされる情報であるか

セグメント類型が適用できる沖積河川の場合では、礫を対象とする場合には[BL]を、砂又は砂礫を対象とする場合には[BSL]と設定することができる。

流れ場の解析レベルは、河床高の解析レベルと対応させて、[1DB]では流れ場のレベル[1DF]と[2DF’]、[2DB]では[2DF]～[3DF]から設定することができる。
更にレベルを絞り込むに当たっては、着目した河床変動に深く関わる流速分布を適切に算定する視点から行うことができる。
まず[1DB]については、河道横断方向の流速分布に着目し、単断面河道のように一様流速として取り扱える流れ場は[1DF]、複断面河道のように河床部と高水敷等で断面平均流速に有意な差がある流れ場は[2DF’]として設定することができる。
[2DB]では平面・水深方向の流速分布に着目して設定することができる。その際、非静水圧分布となるなど[3DF’]では取り扱えない強い 3 次元性を示す流れ場に用いる 3 次元解析[3DF]は、河川管理の実務における実用性を高めていく段階である。
こうした状況を踏まえ、平面的流速分布を主要因とする場合には[2DF]、それに加えて 2 次流を含む水深方向の流速分布も考慮する必要がある場合には[2DF+]又は [3DF’]として設定することができる。[2DF+]として設定する際には、別途用意する 2 次流成分の算定式の適用性について吟味する。
[3DF]については、水理模型実験と一体的に実施するなど、対象とした事象への適用性につい

て吟味するためのデータ取得の見込みも併せて検討した上で、設定の適否について判断するのがよい。

＜参考となる資料＞

レベル[3DF]の 3 次元性の強い流れであり、かつ砂礫粒子の運動の非平衡性を考慮して河床変動計算を行った事例として、下記の資料が参考となる。

1) 長田信寿，細田尚，村本嘉雄，中藤達昭：3 次元移動座標系・非平衡流砂モデルによる水制周辺の河床変動解析，土木学会論文集，No.684 Ⅱ-56，pp.21-34，2001.

2) 福岡捷二，富田邦裕，掘田哲夫，宮川朝浩：橋脚まわりの局所洗掘深推定のための実用的数値シミュレーションの開発，土木学会論文集，No.497 Ⅱ-28，pp.71-79，1994.

第3節　計算法の設定

3．1　解析レベルに応じた計算法の選定

＜考え方＞

計算法の設定項目は、表 6-3-1 に示す河床形状、粒度分布、掃流砂、巻き上げ量（基準面濃度）、土砂濃度分布として構成する。

表中の英数字記号は、計算法の【種別】を表しており、その内容について本節の 3.2～3.7 において説明している。各計算法の種別は、第 2 節で設定した解析レベルに応じて表 6-3-1 に基づいて選定するのを標準とする。

表中の各欄は、各レベルにおいて＜標準＞とする計算法である。一部の欄には括弧書きとして＜推奨＞とする計算法を示している。

ここで＜推奨＞は、標準として示す計算法では解析対象とした事象を十分に再現することができず、＜推奨＞として示す高度な計算法を用いる必要がある場合に選定する。

表 6-3-1　解析レベルに応じた計算法の選定（標準：種別については 3.3～3.7 参照）

解析レベル				計算法の設定（標準：()内は推奨）				
河床高	粒径	流送形態	流れ場	河床形状	粒度分布	掃流砂	巻き上げ量または基準面濃度	濃度分布
1DB	U	BL	1DF	1B	—	BaBL	—	—
		BSL		1BS	—		BaE	1DC
	M	BL		1B	1fB	BaBLM	—	—
		BSL		1BS	1fBS		BaEM	1DCM
	U	BL	2DF'	1B	—	BaBL	—	—
		BSL		1BS	—		BaE	1DC
	M	BL		1B	1fB	BaBLM	—	—
		BSL		1BS	1fBS		BaEM	1DCM
2DB	U	BL	2DF 2DF+	2B	—	2'BL	—	—
		BSL		2BS	—		BaE	2DC
	M	BL		2B	2fB	2'BLM	—	—
		BSL		2BS	2fBS		BaEM	2DCM
	U	BL	3DF'	2B	—	2'BL (2BL)	—	—
		BSL		2BS	—		BaE	2DC (3DC)
	M	BL		2B	2fB	2'BLM (2BLM)	—	—
		BSL		2BS	2fBS		BaEM	2DCM (3DCM)

凡例）英数字記号：列「解析レベル」は表6-1-1に示す解析レベル
列「計算法の設定」は種別を表す。種別記号の説明は3.3～3.7に示す。

3．2　流れの計算法の設定

＜標　準＞

流れの計算法のレベル[1DF][2DF'][2DF][3DF']については、第 5 章 河川における洪水流の水理解析 の 4.1 と 4.2、4.3 と 4.4、4.5、4.6 に基づいて設定することを標準とする。

[2DF+]は[2DF]と別途用意する 2 次流の算定式を組み合わせた流れ場の計算法である。

3．3　河床形状の計算法の設定

＜標　準＞

河床形状 z_B は流砂の連続方程式により算定する。

種別【1B】【2B】【1BS】【2BS】の流砂の連続方程式は式(6-3-1)～(6-3-4)を標準とする。

1）種別【1B】の計算法（一次元・掃流のみ）

$$\frac{\partial \bar{z}_B}{\partial t}+\frac{1}{(1-\lambda)B}\frac{\partial}{\partial x}\left(\bar{q}_{Bx}B\right)=0 \qquad (6\text{-}3\text{-}1)$$

種別【2B】の計算法（二次元・掃流のみ）

$$\frac{\partial z_B}{\partial t}+\frac{1}{(1-\lambda)}\left\{\frac{\partial q_{Bx}}{\partial x}+\frac{\partial q_{By}}{\partial y}\right\}=0 \qquad (6\text{-}3\text{-}2)$$

2）種別【1BS】の計算法（一次元・掃流と浮遊）

$$\frac{\partial \bar{z}_B}{\partial t}+\frac{1}{(1-\lambda)B}\left\{\frac{\partial}{\partial x}\left(\bar{q}_{Bx}B\right)+\left(\bar{q}_{su}-\bar{c}_0 w_0\right)B\right\}=0 \qquad (6\text{-}3\text{-}3)$$

3）種別【2BS】の計算法（二次元・掃流と浮遊）

$$\frac{\partial z_B}{\partial t}+\frac{1}{(1-\lambda)}\left\{\frac{\partial q_{Bx}}{\partial x}+\frac{\partial q_{By}}{\partial y}+\left(q_{su}-c_0 w_0\right)\right\}=0 \qquad (6\text{-}3\text{-}4)$$

ここに、z_Bは河床高、q_{Bx}、q_{By}は河道縦横断方向の掃流砂量、q_{su}は浮遊土砂の巻き上げ量、c_0は浮遊土砂の底面濃度、λは河床構成材料の空隙率、w_0は浮遊土砂の沈降速度、Bは河床部の幅、x、yは河道縦横断方向の座標軸、tは時刻である。

また、記号「¯」は河床の幅Bにわたっての平均値を表し、たとえば$\bar{z}_B$は平均河床高である。式(6-3-1)～(6-3-4)を混合粒径に適用する場合のq_B、q_{su}、c_0、w_0の計算法は本節の3.5～3.7に示す。

式(6-3-1)～(6-3-4)に各時点の掃流砂量、巻き上げ量、底面濃度を与えて時間積分することにより、任意の時刻tにおける河床高を算定する。その際、λは定数とするのを標準とする。

3. 4　粒度分布の計算法の設定

＜考え方＞

混合粒径の粒度分布の算定手法として、沖積河川での適用事例が多い交換層の枠組みを用いるのを標準とする。

この枠組みに基づく粒度分布・流砂量の計算の概要は以下のとおりである。

- 河床材料の粒度分布を、n種類の一様粒径d_iを含有率f_iで混合した混合粒径材料として近似する。以下、粒径の種類を粒径階d_iと呼ぶ。ここに、nは整数でありiは1からnまでの整数値をとる。各粒径階d_iの間隔は、第4章2.4.3に述べた各ポピューションの移動性や流送量が適切に評価されるように設定することが重要である。
- 混合粒径の流砂量式を用いて、各粒径階の流砂量を算定する（本節の3.5.2、3.6、3.7参照）。
- 各粒径階の連続方程式を用いてf_iを算定する(式(6-3-5)～(6-3-8)参照)。
- 河床高は式(6-3-1)～(6-3-4)の流砂の連続方程式により算定するが、その際、q_B、q_{su}、$c_0 w_o$には各粒径階q_{Bi}、q_{sui}、$c_{0i}w_{0i}$の合算した値Σq_{Bi}、Σq_{sui}、$\Sigma c_{0i}w_{0i}$を用いる。

交換層の枠組みを用いた計算法（各種の流砂量式を含む）については、d_{84}/d_{16} が大きいなど粒径範囲が広い河床材料、2 峰性の粒度分布を有する河床材料、及び石礫で構成される河床材料等への適用性について知見が蓄積されてきている。

蓄積されつつある知見も適宜参考として、本枠組みの適用性について検証・吟味することが重要である。

＜参考となる資料＞

交換層の枠組みに関する基本的考え方については資料 1)が参考となる。その修正の一例として資料 2)が参考となる。流送形態が異なる 2 つの粒径集団の取り扱う場合及び礫間への砂の堆積・抜け出しについては資料 3)～5)が参考となる。大礫等が流れ場や砂礫の流送に支配的な影響を及ぼす場合については資料 6)～9)が参考となる。

1) 平野宗夫：Armoring をともなう河床低下について，土木学会論文報告集，第 195 号，pp.55-65，1971.

2) 芦田和男，江頭進治，劉柄義：二層モデルによる複断面河道の流れ及び河床変動の数値解析，京都大学防災研究所年報，第 35 号 B-2，pp.42-62，1992.

3) 芦田和男，藤田正治：平衡及び非平衡浮遊砂量算定の確率モデル，土木学会論文集，第 375 号 Ⅱ-6 ，pp.107-116，1986.

4) 藤田光一，山原康嗣，富田陽子，伊藤嘉奈子，小路剛志：大礫床表面における砂の堆積状況と浮遊砂量との関係についての実験的研究，水工学論文集，第 52 巻，pp.547-552，2008.

5) 関根正人，林将宏：礫・シルト充填河床モデルを用いた礫河道の準二次元河床変動解析，水工学論文集，第 51 巻，pp.973-978，2007.

6) 辻本哲郎，細川迭男：急勾配水路のおける礫の限界掃流力と流砂量，土木学会論文集，No.411 Ⅱ-12，pp.127-134，2007.

7) 芦田和男，大同淳之，高橋保，水山高久：急勾配流れの抵抗と限界掃流力に関する研究，京都大学防災研究所年報，16(B)，pp.481-494，1973.

8) 岡部健士，肥本一郎：大径礫を伴う山地河川における流砂の有効掃流力に関する研究，第 30 回水理講演会論文集，pp.247-252，1986.

9) 長田健吾，福岡捷二：石礫河川の土砂移動機構に着目した 1 次元河床変動解析法の開発，水工学論文集，第 52 巻，pp.625-630，2008.

＜標　準＞

河床の各粒径階の含有率 f_{bi} は、各粒径階の連続方程式により算定する。種別【1fB】【2fB】【1fBS】【2fBS】の f_i の連続方程式は式(6-3-5)～(6-3-8)を標準とする。

1）種別【1fB】の計算法（一次元・掃流のみ）

$$\frac{\partial \overline{f}_{bi}}{\partial t}-\frac{1}{a}\left(\overline{f}_{Bi}-\overline{\hat{f}}_{bi}\right)\frac{\partial \overline{z}_B}{\partial t}+\frac{1}{a(1-\lambda)}\left(\overline{q}_{Bx}\frac{\partial \overline{f}_{Bi}}{\partial x}\right)=0$$

$$\frac{\partial \overline{z}_B}{\partial t}\geq 0\text{の場合（河床上昇）}:\overline{\hat{f}}_{bi}=\overline{f}_{bi} \qquad (6\text{-}3\text{-}5)$$

$$\frac{\partial \overline{z}_B}{\partial t}<0\text{の場合（河床低下）}:\overline{\hat{f}}_{bi}=\overline{f}_{b0i}$$

２）種別【2fB】の計算法（二次元・掃流のみ）

$$\frac{\partial f_{bi}}{\partial t}-\frac{1}{a}\left(f_{Bi}-\hat{f}_{bi}\right)\frac{\partial z_B}{\partial t}+\frac{1}{a(1-\lambda)}\left(q_{Bx}\frac{\partial f_{Bi}}{\partial x}+q_{By}\frac{\partial f_{Bi}}{\partial y}\right)=0$$

$$\frac{\partial z_B}{\partial t}\geq 0\text{の場合（河床上昇）}:\hat{f}_{bi}=f_{bi} \qquad (6\text{-}3\text{-}6)$$

$$\frac{\partial z_B}{\partial t}<0\text{の場合（河床低下）}:\hat{f}_{bi}=f_{b0i}$$

３）種別【1fBS】の計算法（一次元・掃流と浮遊）

$$\frac{\partial \overline{f}_{bi}}{\partial t}-\frac{1}{a}\left(\overline{f}_{Bi}-\overline{\hat{f}}_{bi}\right)\frac{\partial \overline{z}_B}{\partial t}+\frac{1}{a(1-\lambda)}\left(\overline{q}_{Bx}\frac{\partial \overline{f}_{Bi}}{\partial x}\right)+\overline{q}_{sui}-\overline{c}_{0i}w_{0i}=0 \qquad (6\text{-}3\text{-}7)$$

$$\frac{\partial \overline{z}_B}{\partial t}\geq 0\text{の場合（河床上昇）}:\overline{\hat{f}}_{bi}=\overline{f}_{bi}$$

$$\frac{\partial \overline{z}_B}{\partial t}<0\text{の場合（河床低下）}:\overline{\hat{f}}_{bi}=\overline{f}_{b0i}$$

４）種別【2fBS】の計算法（二次元・掃流と浮遊）

$$\frac{\partial f_{bi}}{\partial t}-\frac{1}{a}\left(f_{Bi}-\hat{f}_{bi}\right)\frac{\partial z_B}{\partial t}+\frac{1}{a(1-\lambda)}\left(q_{Bx}\frac{\partial f_{Bi}}{\partial x}+q_{By}\frac{\partial f_{Bi}}{\partial y}\right)+q_{sui}-c_{0i}w_{0i}=0 \qquad (6\text{-}3\text{-}8)$$

$$\frac{\partial z_B}{\partial t}\geq 0\text{の場合（河床上昇）}:\hat{f}_{bi}=f_{bi}$$

$$\frac{\partial z_B}{\partial t}<0\text{の場合（河床低下）}:\hat{f}_{bi}=f_{b0i}$$

ここに、z_B は河床高、q_{Bx}、q_{By} は河道縦横断方向の掃流砂量、λ は河床構成材料の空隙率、a は交換層厚、f_{bi}、f_{b0i}、f_{Bi} はそれぞれ河床表面の交換層、交換層の下部の河床及び掃流砂における粒径階 d_i の含有率、q_{sui}、c_{0i}、w_{0i} は粒径階 d_i の浮遊土砂の巻き上げ量、底面濃度、沈降速度 x、y は河道縦横断方向の座標軸、t は時刻である。f_{Bi}、c_{0i} の算定手法については本節の 3.5.2、3.7 に示す。

式(6-3-5)～(6-3-8)に各時点の掃流砂量、巻き上げ量、底面濃度、掃流砂の含有率を与えて時間積分することにより、任意の時刻 t における含有率を算定する。その際、a、λ は定数とするのを標準とする。

a は、平坦河床では最大粒径程度、小規模河床波が形成される場合には河床波の波高程度を目安として設定する。

3.5　掃流砂の計算法の設定

3.5.1　一様粒径の掃流砂

（1）　一次元解析の掃流砂量式

＜標　準＞

掃流砂量 q_B は、ある単位幅の断面を単位時間当たりに通過する砂礫粒子群の総体積として算定する。種別【BaBL】（一次元・一様粒径）の掃流砂量式としては、粒径 d、掃流力 τ、限界掃

流力 τ_c、水の密度 ρ、砂礫粒子の密度 σ、重力加速度 g を必ず含む関数である式(6-3-9)を用いることを標準とする。

$$q_B = f\ (d, \tau, \tau_c, \rho, \sigma, g, etc) \qquad (6\text{-}3\text{-}9)$$

ここに、etc は q_B の関数に必ずしも含まれない上記以外の水理量や小規模河床波に関わる特性量である。

式(6-3-9)は、河床波の形態や流水に対する抵抗（粗度）などの小規模河床波の諸特性を用いて、掃流砂量に小規模河床波が及ぼす影響を評価できるものを標準とする。

＜例　示＞

種別【BaBL】の掃流砂量式として、以下の分類に属する式を用いることができる。

１）掃流力 τ を小規模河床波の形状抵抗と河床表面との摩擦力による成分に分割し、後者の摩擦が掃流砂の営力としての有効成分である有効掃流力 τ_e とする考え方を採用した式。この場合、式(6-3-9)のほかに τ_e の算定式を別途用意し、式(6-3-9)の τ として τ_e を用いる。

２）粗度係数など小規模河床波に関わる特性量を、式(6-3-9)の etc とした変数として関数に組み込んだ式。この場合、粒径や水理量から用いた特性量を算定するための式を別途用意する。

３）小規模河床波の形態に応じて適用範囲が定められた式。この場合、小規模河床波の形態区分を定義し、各形態が生じる条件を粒径や水理量により判定できる手法を別途用意し、形態区分に応じて掃流砂量式を選定する。

種別【BaBL】の掃流砂量式として、１）の分類である芦田・道上の式と Meyer･Peter-Müller 式、２）の分類である佐藤・吉川・芦田の式を用いてもよい。

・芦田・道上の式

$$q_{B*} \equiv \frac{q_B}{\sqrt{(\sigma/\rho - 1) g d^3}} = 17 \tau_*^{3/2} \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}\right)\left(1 - \sqrt{\frac{\tau_{*c}}{\tau_*}}\right) \qquad (6\text{-}3\text{-}10)$$

$$\mathrm{u}/\mathrm{u}_{*e} = 6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{\mathrm{R}}{d(1 + 2\tau_*)} \qquad (6\text{-}3\text{-}11)$$

・Meyer･Peter-Müller 式

$$q_{B*} = 8(\tau_* - 0.047)^{3/2} \qquad (6\text{-}3\text{-}12)$$

$$u_{*e} = \left(\frac{n_b}{n}\right)^{\frac{3}{4}} u_* \qquad n_b = 0.0192 d_{90}^2 \quad (d_{90}\text{ は cm 単位}) \qquad (6\text{-}3\text{-}13)$$

ここに、q_{B*} は無次元化した掃流砂量、τ_* は無次元掃流力、τ_{*c} は無次元限界掃流力、$u_*(=(\tau/\rho)0.5)$ は摩擦速度、$u_{*e}(=(\tau_e/\rho)0.5)$ は有効摩擦速度、R は径深、ρ は水の密度である。

・佐藤・吉川・芦田の式

$$q_B = \frac{u_*^{\ 3}}{\left(\frac{\sigma}{\rho}-1\right)g}\varphi F(\tau_0/\tau_c)qB \qquad (6\text{-}3\text{-}14)$$

n≧0.025 で ϕ ＝0.623

n＜0.025 で ϕ ＝0.623(40n)$^{-3.5}$

ここに、nはマニングの粗度係数、Fは図 6-3-1 に示す τ_0/τ_c の関数である。

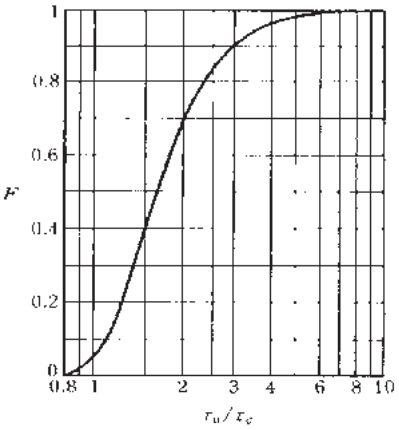


図6-3-1　佐藤，吉川，芦田の式におけるＦと τ_0/τ_c との関係

無次元限界掃流力 τ_{*c} は、式(6-3-15)に示す岩垣式により算定することができる。

$$\begin{aligned}
&0.303 \le d \Rightarrow u_{*c}^{\ 2} = 80.9d \\
&0.118 \le d \le 0.303 \Rightarrow u_{*c}^{\ 2} = 134.6d^{31/22} \\
&0.0565 \le d \le 0.118 \Rightarrow u_{*c}^{\ 2} = 55d \\
&0.0065 \le d \le 0.0565 \Rightarrow u_{*c}^{\ 2} = 8.41d^{11/32} \\
&d \le 0.0065 \Rightarrow u_{*c}^{\ 2} = 226d
\end{aligned} \qquad (6\text{-}3\text{-}15)$$

（水温 20℃の場合）

＜考え方＞

掃流砂の計算法設定の位置付けを図 6-1-1 の基本フレームに立ち返って俯瞰すると、小規模河床波を起点として流砂量式を設定するが、その他に粗度係数、更にレベル[M]の場合には交換層厚の設定を行い、流れ、流砂、河床状況の各計算を繰り返し行う中で、それら設定の影響が合わさった形で計算結果である河床状況に反映される。

したがって、河床状況の再現性を向上するに当たっては、流砂量式の選定は全体の一部であり、粗度係数等のパラメータの設定や他の計算法の設定と併せて総合的に行うことが重要である。

以上の設定は、図 6-1-2 に示した作業手順の「検証・調整」段階における調整項目の一つであり、その他に各種条件等も調整項目となる。

これらの調整は、図 6-1-1 に矢印で示したように計算法の内側と外側に分かれているが、流れ、流砂、河床の状況の計算に受け渡され、最終的にそれらが合わさって流れ、流砂、河床の状況として調整の結果が現れる。

したがって、流砂量式の調整のみにこだわらず、各々の調整が各状況にどのように現れ、相互にどのように関係しているかをよく理解し、その知見と調整の根拠を固める上で利用できる検証データの質・量とを対置させて、各調整項目の合理的な再設定に結び付けるというスタンスで取り組むことが重要である。

（２） 二次元解析の掃流砂量式

＜標　準＞

二次元解析で用いる掃流砂量は、掃流砂量の大きさとその流送方向の組合せである流砂量ベクトル$\vec{q}_B=(q_{Bx},q_{By})$として算定する。

種別【2BL】（二次元・一様粒径）の掃流砂量式としては、粒径 d、掃流力ベクトル$\vec{\tau}=(\tau_x,\tau_y)$、限界掃流力$\tau_c$、水の密度$\rho$、砂礫粒子の密度$\sigma$、重力加速度 g、河床の最急勾配の大きさとその方向を表すベクトル$\vec{i}_b=(i_{bx},i_{by})$を必ず含む関数である式(6-3-16)を用いるのを標準とする。

$$\vec{q}_B = f\left(d,\vec{\tau},\tau_c,\rho,\sigma,g,\vec{i}_b,etc\right) \qquad (6\text{-}3\text{-}16)$$

ここに、i_{bx}、i_{by}は河道縦横断方向の勾配、etcは$\vec{q}_B$の関数に必ずしも含まれない上記以外の水理量や小規模河床波に関わる特性量である。式(6-3-16)は、式(6-3-9)と同様に小規模河床波の諸特性を用いて掃流砂量ベクトルに小規模河床波が及ぼす影響を評価できる式であるものとする。

種別【2'BL】（二次元・一様粒径・線型近似）の掃流砂量式としては、河床近傍の主流の流速成分に比べて二次流成分が十分に小さく、かつ河床勾配が安息角に比べて十分に小さいという条件の下で式(6-3-16)の近似式として適用できる式(6-3-17)を用いるのを標準とする。

$$\vec{q}_B = |\vec{q}_B|\left(\frac{\vec{\tau}}{|\vec{\tau}|}+\alpha\left(\frac{\tau_c}{|\vec{\tau}|}\right)^m\vec{i}_b\right) \qquad (6\text{-}3\text{-}17)$$

ここで、α、mは定数である。

＜例　示＞

種別【2BL】の掃流砂量式は、河床勾配が砂礫の水中安息角と同程度となる河岸や砂州前縁部等の地形変化を取り扱う場合に用いることができる。

種別【2'BL】の掃流砂量式として、以下を適用することができる。

１）掃流砂量の大きさ$|\vec{q}_B|$

種別【BaBL】の掃流砂量式である式(6-3-10)～(6-3-14)より算定する。ただし、τ_{*C}として式(6-3-18)の斜面上の無次元限界掃流力$\tau_{*c\theta}$を用いる。

$$\tau_{*c\theta} = \tau_{*c}\cos\theta\sqrt{1-\frac{\tan^2\theta}{\tan^2\phi}} \qquad (6\text{-}3\text{-}18)$$

ここに、tanθは河床勾配の大きさ（＝$\left|\vec{i}_b\right|$）、φは河床材料の水中安息角である。

２）掃流力ベクトルを用いた掃流砂量ベクトルの計算手法

$$\vec{q}_B = \left|\vec{q}_B\right|\left(\frac{\vec{\tau}}{\left|\vec{\tau}\right|} + \vec{i}_b\sqrt{\frac{1}{\mu_d \mu_f \cos\theta}\left(\frac{\tau_c}{\left|\vec{\tau}\right|}\right)}\right) \qquad (6\text{-}3\text{-}19)$$

ここで、μ_d, μ_fは砂礫粒子の動摩擦係数と静止摩擦係数で0.4程度、0.8～1.0程度の値をとる。

３）河床近傍流速ベクトルを用いた掃流砂量ベクトルの計算手法

流れの運動方程式・連続方程式に基づいて主流 u_s (=$(u^2+v^2)0.5$) を算定し、別途用意した式により2次流 u_{bn} を算定する流れの解析レベル【2DF+】に適用する手法である。式(6-3-19)を用いる手法の傍流として位置付けられ、$\left|\vec{q}_B\right|$を主流、2次流方向成分 q_{bs}、q_{bn} に振り分ける式として河床近傍の主流速成分 u_{sb} と二次流成分 u_{nb} から成る河床近傍流速ベクトル(u_{sb} , u_{nb})を用いる。

$$q_{bn} = q_{bs}\left[\frac{u_{nb}}{u_{sb}} + \sqrt{\frac{1}{\mu_d \mu_f \cos\theta}\frac{\tau_{*c}}{\tau_*}}\tan\theta\right] \qquad (6\text{-}3\text{-}20)$$

ここに、q_{Bs}=$\left|\vec{q}_B\right|$であり、上記した式(6-3-10)～(6-3-14)より算定することができる。

＜参考となる資料＞

種別【2BL】の流砂量ベクトルの計算については、下記の資料が参考となる。

1) Kovacs, A., Parker, G. : A new vectorial bedload formulation and its application to the time evolution of straight river, Journal of Fluid Mechanics, Vol.267, pp.153-183, 1994.

3. 5. 2　混合粒径の掃流砂

＜標　準＞

混合粒径の掃流砂量は、各粒径階 d_i に分けて掃流砂量 q_{Bi} を算定するものである。

種別【BaBLM】（一次元・混合粒径）の掃流砂式としては、式(6-3-9)の d を粒径 d_i に、τ_c を粒径 d_i の限界掃流力 τ_{ci} に置き換えた上で、粒径階 d_i が河床面に占める割合、すなわち交換層における粒径階 d_i の含有率 f_{bi} を乗じた式(6-3-21)を用いるのを標準とする。

$$q_{Bi} = f_{bi} f(d_i, \tau, \tau_{ci}, \rho, \sigma, g, etc) \qquad (6\text{-}3\text{-}21)$$

ここに、etc は q_{Bi} の関数に必ずしも含まれない上記以外の水理量や小規模河床波に関わる特性量である。

種別【2BLM】（二次元・混合粒径）【2’BLM】（二次元・混合粒径・線形近似）の掃流砂式としては、式(6-3-16),(6-3-17)について上記の種別【BaBLM】と同様に置き換えと f_{bi} を乗じることで得られる式(6-3-22),(6-3-23)を用いるのを標準とする。

$$\vec{q}_{Bi} = f_{bi} f\left(d_i, \vec{\tau}, \tau_{ci}, \rho, \sigma, g, \vec{i}_b, etc\right) \tag{6-3-22}$$

$$\vec{q}_{Bi} = \left|\vec{q}_{Bi}\right| \left(\frac{\vec{\tau}}{\left|\vec{\tau}\right|} + \alpha \left(\frac{\tau_{ci}}{\left|\vec{\tau}\right|} \right)^m \vec{i}_b \right) \tag{6-3-23}$$

なお、etc として表した特性量で粒径に応じて変化するものは、上記と同様な置き換えを行う。
掃流砂量における各粒径階の含有率 f_{Bi} は、式(6-3-24)により算定する。

$$f_{Bi} = q_{Bi} / \sum q_{Bi} \tag{6-3-24}$$

ここに、Σq_{Bi} は q_{Bi} の全粒径階にわたる総和として算定する掃流砂量（q_B）である。

＜例　示＞

種別【BaBLM】【2'BLM】の掃流砂量式として、式(6-3-10)～(6-3-14)及び式(6-3-19)、(6-3-20)に上記＜標準＞に示したように置き換えを行った上で f_{bi} を乗じた式を用いることができる。その際、各粒径階の無次元限界掃流力 τ_{*ci} として式(6-3-25)を用いることができる。

・芦田・道上による修正 Egiazaroff 式

$$\begin{aligned} &\frac{d_i}{d_m} \geq 0.4 : \frac{\tau_{ci}}{\tau_{cm}} = \left\{ \frac{\log_{10} 19}{\log_{10}\left(19 d_i / d_m\right)} \right\}^2 \frac{d_i}{d_m} \\ &\frac{d_i}{d_m} < 0.4 : \frac{\tau_{ci}}{\tau_{cm}} = 0.85 \end{aligned} \tag{6-3-25}$$

ここに、d_m は交換層の平均粒径、τ_{ci}、τ_{cm} は粒径 d_i、d_m の限界掃流力である。τ_{cm} は、式(6-3-15)に示した岩垣式から算定できる。

なお、d_{84}/d_{16} が大きいなど粒径範囲が広い河床材料、2 峰性の粒度分布を有する河床材料、及び石礫で構成される河床材料等への式(6-3-25)の適用性について知見が蓄積されてきており、このような知見も適宜参考として、それぞれの河床材料に適した式を用いることが重要である。

3．6　巻き上げ量（又は基準面濃度）の計算法の設定

＜標　準＞

巻き上げ量 q_{su} は、単位面積当たりの河床面から単位時間当たりに浮上する砂など非粘着性の粒子群の総体積として算定する。巻き上げ量は、式(6-3-26)により基準面濃度 Ca から算定する。

$$q_{su} = c_a w_0 \tag{6-3-26}$$

C_a は基準面高さ a（河床面からの高さ）における見かけの濃度である。ただし、平衡状態(q_{su} - $c_0 w_0$)=0 では、底面濃度 c_0 が基準面濃度と同値となる。

種別【BaE】（一様粒径）の基準面濃度式としては、沈降速度 w_0、摩擦速度 u_* を必ず含む関数である式(6-3-27)を用いるのを標準とする。

$$C_a = f(w_0, u_*, etc) \tag{6-3-27}$$

ここに、etc は C_a の関数に必ずしも含まれない上記以外の水理量や土砂粒子の特性量である。

混合粒径の基準面濃度式は、各粒径階 d_i に分けて基準面濃度 C_{ai} を算定するものである。

種別【BaEM】（混合粒径）の基準面濃度式としては、式(6-3-27)の w_0 を粒径 d_i の沈降速度 w_{0i} に置き換えた上で、粒径階 d_i が河床面に占める割合、すなわち交換層における粒径階 d_i の含有率 f_{bi} を乗じた式(6-3-28)を用いるのを標準とする。

$$C_{ai} = f_{bi} f(w_{0i}, u_*, etc) \tag{6-3-28}$$

なお、etc として表した特性量で粒径に応じて変化するものは、上記と同様な置き換えを行う。

＜例　示＞

種別【BaE】の基準面濃度式として、式(6-3-29)～(6-3-31)を用いることができる。

・ Lane-Kalinske 式

$$C_b = 5.55\left[\frac{1}{2}\left(\frac{u_*}{w_0}\right)\exp\left\{-\left(\frac{w_0}{u_*}\right)^2\right\}\right]^{1.61} \tag{6-3-29}$$

ここに，C_b は河床面における基準面濃度である。

・ 板倉・岸の式

$$C_a = K\left(\alpha_* \frac{1}{\tau_*}\frac{\rho}{\sigma}\frac{u_*}{w_0}\Omega - 1\right) \tag{6-3-30}$$

$$\Omega = \frac{\tau_*}{B_*}\frac{\int_{a'}^{\infty}\xi\frac{1}{\sqrt{\pi}}\exp\left(-\xi^2\right)d\xi}{\int_{a'}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{\pi}}\exp\left(-\xi^2\right)d\xi} + \frac{B_*\eta_0}{\tau_*} - 1 \qquad a' = \frac{\tau_*}{B_*} - \frac{1}{\eta_0} \tag{6-3-31}$$

$$\Omega = 14\tau_* - 0.9 \qquad (\tau * > 10\text{-}1) \tag{6-3-32}$$

ここに、C_a は基準面高さ a＝0.05h における基準面濃度、α_*=0.14、K=0.008、B_*=0.143、η_0=0.5、σ は砂礫の密度、ρ は水の密度である。

式(6-3-32) は $\tau^* > 10^{-1}$ において式(6-3-31) の Ω の近似式として用いることができる。

沈降速度 w_0 は、式(6-3-33)、(6-3-34)に示す Rubey の式及び鶴見式により算定することができる。

$$w_0 = \sqrt{\frac{2}{3}\left(\frac{\sigma}{\rho} - 1\right)gd + \frac{36\nu^2}{d^2}} - \frac{6\nu}{d} \tag{6-3-33}$$

$$
\begin{cases}
d < 0.015\text{cm} & w_0 = 11940 d^2 (\text{cm/s}) \\
0.015\text{cm} < d < 0.11\text{cm} & w_0 = 171.5 d \\
0.11\text{cm} < d < 0.58\text{cm} & w_0 = 81.5 d^{0.667} \\
0.58\text{cm} < d & w_0 = 73.2 d^{0.5}
\end{cases}
\qquad (6\text{-}3\text{-}34)
$$

ここに、dは粒径、σは砂礫の密度、ρは水の密度、gは重力加速度、νは水の動粘性係数である。式(6-3-34)に示した鶴見公式はσ＝2.65，水温25℃に対して求めたものである

種別【BaEM】の基準面濃度式として、式(6-3-29)～(6-3-32)に上記＜標準＞に示したように置き換えを行った上でf_{bi}を乗じた式を用いることができる。

＜参考となる資料＞

微細粒子の沈降における凝集や巻き上げにおける粘着力の影響については、下記の資料が参考となる。

1) 鈴木健太，島元尚徳，久保世紀，福岡捷二：筑後川感潮域の洪水中の河床変動解析，水工学論文集，第55巻，pp.877-882，2011.
2) 山本晃一，長沼宏一，渡邊明英，大森徹治：鶴見川河口部の土砂堆積と浚渫計画 - 細粒物質を河床材料に持つ河川の河床変動モデルの開発 - ，建設省関東地方建設局京浜工事事務所，1993.
3) 角哲也，井口真生子：貯水池に堆積した微細粒土砂の浸食特性に関する研究，水工学論文集，第51巻，pp.871-876，2007.
4) 小暮和史,首藤伸夫:貯水池における濁質物質の堆積と洗掘,第24回水理講演会論文集，pp.265-270，1980.
5) 海田輝之，楠田哲也，二渡了，粟谷陽一：柔らかい底泥の巻き上げ過程に関する研究，土木学会論文集，第393号 Ⅱ-9，pp.33-42，1988.

3．7　土砂濃度分布の計算法の設定

＜標　準＞

土砂濃度分布Cは浮遊土砂の移流拡散方程式により算定する。

種別【1DC】【2DC】【3DC】の移流拡散方程式は式(6-3-35)～(6-3-37)を標準とする。

１）種別【1DC】の計算法（一次元）

$$
\frac{\partial A\bar{\bar{c}}}{\partial t} + \frac{\partial Q\bar{\bar{c}}}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}\left(A\bar{\bar{\varepsilon}}_x \frac{\partial \bar{\bar{c}}}{\partial x} \right) + B\left(\overline{q_{su}} - \overline{c_0} w_0 \right) \qquad (6\text{-}3\text{-}35)
$$

ここに、Aは流れの断面積、Qは流量、$\bar{\bar{c}}$は浮遊砂濃度の流下断面平均値、$\bar{q}_{su}$、$\bar{c}_0$は巻き上げ量と底面濃度の川幅Bにわたる平均値、$\bar{\bar{\varepsilon}}_x$は一次元の土砂濃度拡散係数である。

２）種別【2DC】の計算法（二次元）

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(h\bar{c}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(h\bar{c}\bar{u}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(h\bar{c}\bar{v}\right)=\frac{\partial}{\partial x}\left(h\bar{\varepsilon}_x\frac{\partial\bar{c}}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(h\bar{\varepsilon}_y\frac{\partial\bar{c}}{\partial y}\right)+q_{su}-c_0w_0 \qquad (6\text{-}3\text{-}36)$$

ここに、$\bar{u}$、$\bar{v}$は別途、洪水流の解析により算定する x、y 軸方向の水深平均流速、$\bar{c}$ は水深方向の平均土砂濃度、$\bar{\varepsilon}$は二次元の土砂濃度拡散係数である。

３）種別【3DC】の計算法（三次元）

$$\frac{\partial c}{\partial t}+\frac{\partial uc}{\partial x}+\frac{\partial vc}{\partial y}+\frac{\partial(w-w_0)c}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left(\varepsilon_x\frac{\partial c}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\varepsilon_y\frac{\partial c}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\varepsilon_z\frac{\partial c}{\partial z}\right) \qquad (6\text{-}3\text{-}37)$$

ここに、u、v、wは別途、洪水流の解析により算定する x、y、z 軸方向の流速、ε は土砂濃度拡散係数、z は鉛直方向の座標軸である。

式(6-3-35)～(6-3-37)に各時点の流速・水深等と巻き上げ量（又は基準面濃度と沈降速度の積）を与えて時間積分することにより、任意の時刻 t における底面濃度 c_0を算定する。その際、式(6-3-35)、(6-3-36)では、$\bar{\bar{c}}$ と $\bar{c}_0$ 及び $\bar{c}$ と c_0 の関係を定めるため、濃度 c の z 軸方向分布式を別途与える。この濃度分布式として、式(6-3-38)に示す関数形の式を用いる。

$$c=c_0g(z',h,a,\frac{w_0}{u_*}) \qquad (6\text{-}3\text{-}38)$$

ここに、Z' は河床面を基準とした水深方向の座標軸、a は土砂濃度が底面濃度 c_0をとる高さである。式（6-3-38）の水深方向に平均することで $\bar{c}$ と c_0の関係を与える。なお $\bar{\bar{c}}$ と $\bar{c}_0$ の関係を定める際には、式(6-3-38)右辺の変数に川幅方向の平均値を用いる。

混合粒径の浮遊土砂の移流拡散方程式は、各粒径階 d_iに分けて濃度 c_iを算定するものである。種別【1DCM】【2DCM】【3DCM】の移流拡散方程式としては、式(6-3-35)～(6-3-38)の c_0、w_0、q_{su} を各粒径 d_iの c_{0i}、w_{0i}、q_{usi}に置き換えた式を用いるのを標準とする。

＜例　示＞

式(6-3-38)の濃度分布式として、式(6-3-39)、(6-3-40)を用いることができる。

・Rouse 式

$$\frac{c}{c_0}=\left(\frac{h-z'}{z'}\frac{a}{h-a}\right)^Z \qquad Z=\frac{w_0}{\beta\kappa u_*} \qquad (6\text{-}3\text{-}39)$$

・Lane-Kalinske 式

$$\frac{c}{c_0}=\exp\left(-6Z\frac{z'-a}{h}\right) \qquad (6\text{-}3\text{-}40)$$

ここに、κ はカルマン定数、β は砂の拡散係数と渦動粘性係数との比である。β は、既往の

実験との比較から 1.2 程度とするが、式(6-3-41)に示す w_0/u_*の関数も用いることができる。

$$\beta = 1 + k_1 \left(\frac{w_0}{u_*} \right)^{k_2} \tag{6-3-41}$$

ここに、k_1、k_2は定数であり 1.56、2.0 である。

＜例　示＞

種別【1BS】において、河床縦断形状の長期変化等の土砂濃度分布の非平衡性が無視できる事象を対象とした場合には、土砂濃度分布 C を式(6-3-35)により計算するのに換えて、$\left(\overline{q_{su}} - \overline{c_0} w_0\right)$を式(6-3-42)により算定し、これを式（6-3-3)、(6-3-7)に代入して河床高及び粒度分布を計算することができる。

$$\left(\overline{q_{su}} - \overline{c_0} w_0\right) = \frac{1}{B} \frac{\partial B \overline{q_s}}{\partial x} \tag{6-3-42}$$

ここで q_s は浮遊砂量であり、ある単位幅の断面を単位時間当たりに通過する浮遊粒子群の総体積である。$\overline{q_s}$ は q_s の河床幅 B にわたっての平均値である。

浮遊砂量 q_s は、鉛直方向の流速分布 u(z)、式(6-3-27),(6-3-28)の基準面濃度 c_a、及び式(6-3-38）の鉛直方向の濃度分布 C(z)を用いて、式（6-3-43）により算定できる。

$$q_s = \int_a^h ucdz' = \int_a^h u(z') c_a g(z', h, a, \frac{w_0}{u_*}) dz' \tag{6-3-43}$$

なお、$\overline{q_s}$ を算定する際には、式(6-3-43)右辺の変数に川幅方向の平均値を用いる。

第4節　各種条件等の設定

4．1　解析レベルに応じた条件等の設定

＜考え方＞

各種条件などの設定項目は、表 6-4-1 に示すように、河岸・高水敷・堤防等の河道地形(4.2)、植物・構造物の水理作用(4.3)、構造物や河岸等での流砂の計算条件(4.4)、水位・流量に関する境界条件(4.5)、供給土砂・河道外搬出等の条件(4.6)、河床に関する初期条件(4.7)で構成する。

表中の英数字記号は、設定の【種別】を表しており、その内容について本節の 4.6、4.7 に示す。各設定の種別は、本章の第 2 節で設定した解析レベルに応じて表 6-3-1 に基づいて選定するのを標準とする。

なお、表中の「○」は、種別はない設定項目であり、4.2～4.5 に示す各レベル共通の方法で設定する。

表 6-4-1　解析レベルに応じた各種条件の設定（種別については 4.6、4.7 参照）

<table>
<tr><th colspan="4">解析レベル</th><th colspan="6">各種条件の設定（標準）</th></tr>
<tr><th>河床高</th><th>粒径</th><th>流送形態</th><th>流れ場</th><th>河岸高水敷等形状</th><th>構造物等水理作用</th><th>構造物等流砂条件</th><th>流量水位境界条件</th><th>土砂供給条件</th><th>河床初期条件</th></tr>
<tr><td rowspan="8">1DB</td><td rowspan="2">U</td><td>BL</td><td rowspan="4">1DF</td><td rowspan="16">○</td><td rowspan="16">○</td><td rowspan="16">○</td><td rowspan="16">○</td><td rowspan="2">UM</td><td rowspan="2">U</td></tr>
<tr><td>BSL</td></tr>
<tr><td rowspan="2">M</td><td>BL</td><td rowspan="2">M</td></tr>
<tr><td>BSL</td><td>MSL</td></tr>
<tr><td rowspan="2">U</td><td>BL</td><td rowspan="4">2DF’</td><td rowspan="2">UM</td><td rowspan="2">U</td></tr>
<tr><td>BSL</td></tr>
<tr><td rowspan="2">M</td><td>BL</td><td rowspan="2">M</td></tr>
<tr><td>BSL</td><td>MSL</td></tr>
<tr><td rowspan="8">2DB</td><td rowspan="2">U</td><td>BL</td><td rowspan="4">2DF
2DF+</td><td rowspan="2">UM</td><td rowspan="2">U</td></tr>
<tr><td>BSL</td></tr>
<tr><td rowspan="2">M</td><td>BL</td><td rowspan="2">M</td></tr>
<tr><td>BSL</td><td>MSL</td></tr>
<tr><td rowspan="2">U</td><td>BL</td><td rowspan="4">3DF’</td><td rowspan="2">UM</td><td rowspan="2">U</td></tr>
<tr><td>BSL</td></tr>
<tr><td rowspan="2">M</td><td>BL</td><td rowspan="2">M</td></tr>
<tr><td>BSL</td><td>MSL</td></tr>
</table>

凡例）英数字記号：列「解析レベル」は表6-1-1に示すレベル
列「各種条件の設定」は種別を表す。種別記号の説明は4.6,4.7に示す。
○：設定実施（種別なし）

4. 2　河岸・高水敷・堤防等の河道地形の設定

＜標　準＞

解析の対象である河床部を取り囲む河岸・高水敷・堤防・分合流部等の河道地形は、レベル[1DB]では河道横断方向の地形、[2DB]では河道横断方向及び平面の地形について定期横断測量及び河道平面測量の成果等を用いて設定するのを標準とする。

また、レベル[2DB]では一般座標系を用い、河岸法線形状、堤防法線形状、定期横断測線の位置を考慮して座標を設定するのを標準とする。

＜推　奨＞

レベル【2DB】の解析では、解析の精度・解像度の向上の観点から、航空レーザ測量等による高解像度の連続的な河道地形測量成果を用いて河道形状を設定することを推奨する。

4. 3　植物・構造物等の水理作用の設定

＜標　準＞

解析対象区間における植生繁茂等の表面状況に応じた粗度、河川管理施設など構造物の水理作用について設定するものとする。植生等の表面状況に応じた粗度については、表面状況を草丈など粗度の大きさに関わる諸元に基づいて種別し、各種別の河道上での配置を植生図等により与え、配置ごとに第 5 章 河川における洪水流の水理解析 の第 5 節に基づいて粗度係数を設定するのを標準とする。

河川管理施設等構造物の水理作用については、河川構造物台帳や河道平面測量等に基づいて配置するとともに、個々の構造諸元と流れ場の解析レベル[1DF][2DF’][2DF][3DF’]を考慮して各構造物に適用する水理作用の設定法を適切に選定・設定するのを標準とする。

＜例　示＞

水理作用の設定法としては、

1）河床面を覆うタイプの構造物を主対象として粗度要素と見立てて粗度係数として与える方式（例：のり覆工、根固工、護床工等）
2）個々の構造物を粗度要素と見立てて抗力係数を用いた抵抗則を適用する方式（橋脚、ベーン工等）
3）一連の構造物を多孔質の透水性粗度要素と見立てて透過係数を用いた抵抗則を適用する方式（透過式水制群、樹木群等）
4）構造物周辺の水位と流量の関係を別途定めた式（たとえば堰の越流量式）を適用する方式（各種横断構造物等）
5）構造物本体の形状を計算格子に組み込んで流れ場の解析を行う方式

等があり、構造物の構造や流れ場の解析の種別に応じて使い分けることができる。

＜推　奨＞

各種構造物及び植物群落を含む流れ場における境界混合係数や渦動粘性係数等については、解析対象とする水理量や構造物と植物群落の粗度・形状等に応じて設定することが望ましい。

4．4　構造物や河岸等での流砂の計算条件の設定

＜標　準＞

床止工、置換工、護岸、根固工、分流堰等は、特に掃流砂の挙動に直接・間接に作用を及ぼして河床高・河床材料粒度を変化させ得るので、その作用を流砂量や河床高等の計算に適切に組み込むことを標準とする。

床止工や置換工等の河床面をコンクリートや礫で被覆する構造物や岩盤が露出した河床面では、その表面位置より河床高は低下しないが、砂礫の堆積による河床上昇は生じ得る条件を付与して、流砂量及び河床高の計算を行うことを標準とする。

また、半固結堆積物や粘性土等が露出した河床面でありその場の水理量や掃流砂量に応じて侵食が生じる場合には、侵食の進行に伴って表面位置を低下させ、かつ砂礫の堆積による河床上昇は生じ得る条件を付与して計算を行うことを標準とする。

護岸工、根固工を設けた河岸及び侵食が非発生と設定した河岸では、その高さや法線形状により流れ場に制約を与え、それに応じた応答が河岸近傍の局所洗掘や砂州形状等として現れるため、特にレベル[2DB]では河岸法線形状・高水敷高の設定に当たり本節の4.1に従って適切に行うことを標準とする。

＜推　奨＞

河岸侵食によって河岸が後退する場合には、河岸近傍の流況変化、侵食された土砂の河床部への供給等により河岸の位置を固定した場合と局所洗掘等の河床高・河床材料粒径の応答が一般に異なる。

これら応答を解析対象に加える必要がある場合には、目的に応じたレベルで河岸侵食を計算に適切に組み込むことを推奨する。

＜参考となる資料＞

非粘着性土砂の河岸侵食については資料 1)が参考となる。粘性土河岸の侵食については資料 2)～4)が参考となる。軟岸の侵食については資料 5)が参考となる。

1) 長谷川和義：非平衡性を考慮した側岸侵食量式に関する研究，土木学会論文集，No.316，pp.37-50，1981.

2) Darby，S.E. and Thorne，C.R. ：Numerical Simulation of Widening and Bed Deformation of Straight Sand-Bed Rivers. Ⅰ:Model Development，Journal of Hydraulics Engineering，ASCE，pp.184-193，1996.

3) 服部敦，藤田光一，平舘治，赤川正一，湯川茂夫：粘性土からなる自然河岸の侵食に関する現地観測とその予測計算について，水工論文集，第 43 号，pp.713-718，1999.

4) 宇多高明，望月達也，藤田光一，平林桂，佐々木克也，服部敦，藤井政人，深谷渉，平舘治 ：洪水流を受けた時の多自然型河岸防御工・粘性土・植生の挙動 －流水に対する安定性・耐侵食性を判断するために－，土木研究所資料，第 3489 号，1997.

5) 井上卓也，泉典洋，米元光明，旭一岳：軟岩上の限界掃流力と軟岩の洗掘速度に関する実験，河川技術論文集，第 17 巻，pp.77-82，2011.

4. 5 水位・流量に関する境界条件の設定

＜標 準＞

流れの解析のレベル、定常・非定常流れ、条件設定に活用できる水文観測データの有無を踏まえて、解析対象領域の上流端において流量又は水位、下流端において水位を与えることを標準とする。

計算対象とする出水期間は、解析対象区間の全域にわたり流砂量がごく小さく、そのため河床高・河床材料粒度の変化が微小と見なせる、ある一定の流量以下の期間を省略して設定することを標準とする。

4. 6 供給土砂と河道外搬出・搬入の条件設定

4. 6. 1 供給土砂の設定

＜標 準＞

供給土砂の設定として、計算対象領域とした本川及び支川の上流端から流入させる土砂量（又は粒径階別の土砂量）を、領域境界部における流量など水理量に応じて与えるのを標準とする。

供給土砂は、表 6-4-1 に「土砂供給条件」の各欄に示した種別、すなわち一様粒径と掃流砂のみの混合粒径【UM】、混合型・通過型の浮遊砂を含む混合粒径【MSL】ごとに記述した以下の事項を踏まえて、適切に設定する。なお、混合型・通過型については、第 16 章 総合的な土砂管理のための調査 の 2.2.1 土砂動態のとらえ方 の沖積河川についての例示の記述内容を参照のこと。

1）種別【UM】

a) 土砂流送と土砂供給がマクロには平衡状態と見なせる場合

巨視的には河床が動的平衡状態にあり、かつ流量規模によらず掃流力など水理量が縦断的に概ね一様な区間は、この区間の土砂流送量をもって供給土砂量に置き換えられることから、供給土砂の設定対象区間として選定する。

そのような区間として、解析対象とする河道区間の上流において、河床形状と河床材料が経年的に大きく変化せず安定しており、かつ河道縦断方向に概ね一様な状況を呈する河道区間を選定するのを標準とする。

このような区間を見いだすことができた場合、当該区間を助走区間として計算対象領域に

含め、助走区間の上流端において動的平衡条件を満足するように供給土砂を与える。具体的には、本章 3.2 において設定した流れの計算法に基づいて助走区間の上流端の水理量を計算し、以下により設定する河床材料粒径に応じた掃流砂量と浮遊砂量（表 6-4-1 において流送形態が種別【BSL】に該当する場合のみ）を算定し、これらを供給土砂量として与える。助走区間の上流端に与える河床材料粒径は、助走区間における河床材料調査の成果を用いて設定し、時間的に不変として扱う。ただし、助走区間とその下流の河道区間が同一のセグメント区分（第 4 章 河道特性調査 2.1.3 沖積河道のセグメント区分とセグメントの類型 を参照）に属する場合には、下流河道区間における河床材料調査の成果を併せて用いて設定することができる。

以上に説明した供給土砂の設定の下で河床変動計算を行った結果、助走区間の下流端およびその付近において、有意な河床変動あるいは河床材料変化が計算された場合には、次のうちから適切と判断される方法を選択して、供給土砂の設定を修正する。

・助走区間の設定に修正の必要があるとの観点から
　助走区間の位置や区間長等、および上流端に与えた河床材料粒径を修正する。
・活発な河道変化が生じる河道区間と助走区間とが十分離れていないとの観点から
　計算対象領域をさらに上流に広げ、それに伴い助走区間もより上流に設定し直す。

上記の修正によっても、助走区間の下流端およびその付近において、有意な河床高あるいは河床材料変化が計算される場合には、「土砂流送と土砂供給がマクロには平衡状態」と見なすのは難しいと判断し、当該解析がある土砂供給の下での河道変化を表すものと捉えて計算結果を整理する（本章 5.2 解析の検証と較正 の「目的としたレベルまで再現性が向上しない場合」に関する記載を参照のこと）。その際、計算結果として助走区間下流端における土砂流送量（必要な場合には粒径階毎の量）を併せて整理しておく。

b)　土砂流送と土砂供給が平衡状態にあるとしうる河道区間が見いだせない場合

a)で述べた要件を満たす河道区間が見いだせない場合には、a)に示した助走区間に換えて仮想の河道区間を用いて供給土砂を与える。仮想の河道区間は、縦断勾配一定で、縦断方向に一様な河道形状と河床材料粒径を初期に持ち、それら諸元を与えるべき供給土砂に相当する流砂を生み出すように設定するのを標準とする。具体的には、仮想の河道区間の河道形状等の諸元を、例えば計算対象領域の上流端境界周辺における諸元等を参考として仮設定し、その河道に対して以下に示すいずれか適切な方法で供給土砂を求めて、計算対象領域における既往の河床変動の再現計算を行い、所定の再現性が得られるように各諸元の修正を必要回数繰り返すことで諸元を決定する（本章 5.2 解析の検証と較正 を参照のこと）。

・仮想的助走区間を用いる与え方
　計算対象領域の上流端に仮想の河道区間を接続し、これを仮想的助走区間として新たに計算対象領域に加えて、a)と同様の方法で仮想的助走区間の上流端で動的平衡条件を満足するように供給土砂を与える。
・仮想の河道区間を流砂量計算のみを行う“樋”と見立てた与え方
　仮想の河道区間での計算を計算対象領域の河床変動計算本体と切り離し、河道形状等の諸元を時間的に不変として等流計算に基づく流砂量計算のみを行い、その結果を計算対象領域の上流端から供給土砂として与える。

以上に説明した供給土砂の設定の下で実施した河床変動計算結果の整理にあたっては、仮想的助走区間の下流端における流送土砂量、また“樋”と見立てて算定した供給土砂量（いずれも必要な場合には粒径階毎の量）を併せて整理しておく。

なお、上記の修正を繰り返しても、所定の再現性が得られない場合には、本章 5.2 解析の検証と較正 の「目的としたレベルまで再現性が向上しない場合」に関する記載により、計算

結果の整理等を行う。

c)　土砂供給状況の変化を反映させた供給条件設定を行う場合

一定規模以上の流域地被状態の変化あるいは斜面崩壊、ダム建設、ダムからの排砂などがあると、流量と供給土砂量との関係に有意な変化が生じうる。このような土砂供給状況の変化を反映させた解析を行う際には、取り上げる変化要因に応じて適切な供給土砂を設定するこのための標準的な方法として､a)またはb)によって設定した供給土砂を比較の基準として、対象とする変化要因に応じて、それを適切に増減させるというものがある。具体的には、b)に記載した「仮想の河道区間を流砂量計算のみを行う“樋”と見立てた与え方」を採用し、変化要因作用後については、この“樋”の河道形状等の諸元を適宜調整することで、当該要因に見合う流量と供給土砂量との関係等を設定するという方法を適用する。

d)　土砂流送と土砂供給がマクロには平衡状態と見なせる河道区間が存在することを前提にする必要がない場合

短区間に生じている局所洗掘や河口砂州フラッシュなど、ある特定地点とその周辺における土砂流送量の不均衡を主因とした一出水程度の短期的な河床の変化を対象とする場合がこれに該当する。

この場合、a)、b)に示したように助走区間や仮想的助走区間等を設ける必要はなく、上流端の位置設定による供給土砂量の差違が特定地点には及ばないように、上流端を特定地点から十分に離れた位置に設置し、a)と同様に上流端において動的平衡条件を満足するように供給土砂を与えればよい。

２）種別【MSL】

混合型の送流砂・浮遊砂については、上記 １）種別【UM】の設定 と同一の方法により供給土砂を設定するのを標準とする。

供給土砂に通過型の浮遊砂（ウォッシュロードもこれに含まれる）を含む場合には、その供給については流量と供給土砂量との関係として設定するのを標準とする。一定規模以上の流域地被状態の変化あるいは斜面崩壊、ダム建設、ダムからの排砂などによる供給量の変化を見込んだ供給土砂量の設定も、同様に行う。

通過型の浮遊砂は、計算対象領域の上流端付近の河床材料から流砂量式などにより水理的に算定・設定する方法では十分な精度が得られないことに留意し、供給土砂量がマクロに適切に表されるように、流量と供給土砂量との関係を設定するなどの手法を重視する。

＜推　奨＞

種別【MSL】の供給土砂量は、第４章 6節の流送土砂量観測の結果に基づいて設定することが望ましい。

＜例　示＞

洪水流による侵食によって高水敷や河岸等が土砂の供給源となる場合には、その侵食特性を適切に反映した流砂量式を用いるなど、土砂供給量の条件設定に組み込むことができる。

4. 6. 2　河道外搬出・搬入の設定

＜標　準＞

河道外搬出・搬入の設定として、搬出・搬入する土砂の量と粒径、実施範囲、実施時期につ

いて時系列で設定することを標準とする。

4．7　河床高・河床材料の初期条件の設定

＜標　準＞

河床高の初期条件の設定として、レベル[1DB]では平均河床高の河道縦断方向分布、[2DB]では平面的な河床高分布を、定期横断測量及び河道平面測量の成果を用いて設定することを標準とする。

河床材料の初期条件の設定として、河床材料調査の成果を用いて河床の表層及びその下層の構成材料の粒度分布を与えることを標準とする。

表 6-4-1 に示した「河床初期条件」の種別、すなわち一様粒径【U】と混合粒径【M】ごとに記述した以下の事項を踏まえて、適切に設定する。

１）種別【U】

解析対象領域の全域及び深さ方向にわたって単一の粒径を与える。

２）種別【M】

粒度分布の河道縦断方向及び深さ方向の均一性に応じて、適切に設定するのを標準とする。

＜推　奨＞

種別【M】において、以下のように設定するのを推奨する。

１）粒度分布が河道縦断方向に均一と見なせる場合

第 4 章 河道特性調査 の第 2 節に示した「河床材料の見方」に基づいて設定した一連区間の代表的な粒度分布を解析対象領域の全域及び深さ方向にわたって与えることが望ましい。

２）粒度分布が河道縦断方向又は深さ方向に不均一である場合

その状況に応じて以下のとおり設定することを推奨する。

表層河床材料が分級しており河道縦断方向に粒度分布が不均一であり、１）の与え方では必ずしもよい解析結果をもたらさない場合には、河道縦断方向に異なる粒度分布を与えることが望ましい。この場合、河床の表層と下層は同一の粒度分布とする。

河床低下を伴う河床表層の粗粒化（アーマリング）等のため、河床表層とその下層の粒度分布が著しく異なる場合には、設定においては交換層とその下層に異なる粒度分布を与えるのが望ましい。

第5節　解析の実施と検証・調整

5．1　解析の実施

＜標　準＞

流れ、流砂、河床状況の計算は、時間項について逐次数値積分することによって行い、解を得ることを標準とする。

その際、流れに対して河床の時間的変化は一般に遅いため、流れを解く際には各時間ステップ内での河床の時間的変化は無視する「準定常」の条件で計算を行う。

5．2　解析の検証・調整

＜考え方＞

検証は、種々の設定を経て構築した解析法が目的とした技術的判断や予測を行えるレベルに達しているか見極めることを目的として、解析結果と調査データとの比較を行って再現性について評価するものである。

調整は、再現性の改善を目的として、種々の設定項目の変更に対する解析結果の変化幅と利用できるデータや関連技術情報とを比較して、データによる裏付けと技術的合理性を兼ね備えて再現性を向上しうる設定項目を見極めて、各設定項目について総合的に調整を行うものである。

解析結果と調査データとの比較として、対象河道区間においてある期間に生じた河床高・河床材料粒径の変化の再現計算を行い、その期間末及び期間内に取得された調査データ（主に第 4 章河道特性調査の第 3 節 各時点の河道状況 に記載した調査データ）との比較を行う。一般的に調査データは「一つ又は複数の出水を受けた後のある一時点の河床状況」をとらえたものである。したがって、この比較では、ある出水を受けた「結果」である河床状況の再現性評価を行うにとどまり、出水中の河床状況の「変化過程」を経時的に追って再現性の評価を行うものではない。

こうした特徴から、「出水によって一方向的に変化が進行し、出水後にも変化が残るパターン」（第 4 章 河道特性調査の図 4-4-1 に示したパターン a)、b)、c)）の検証としては有効である。

それに対して「出水中にのみ変化が現れ、出水後には元に戻るパターン」（第 4 章 河道特性調査の図 4-4-1 に示したパターン d)）の検証としては不足があり、出水中の変化過程を捉える特定目的調査が重要となる。

実際の検証では上記パターンを完全に区別できないので、たとえば平均河床高の長期的な縦断分布変化の場合では河床上昇・低下が経年的に持続して生じた区間を、また一出水程度の短期的な変化の場合では出水前後で大きな変化を示している箇所を「出水によって一方向的に変化が進行し出水後にも変化が残るパターン」となった区間・箇所と見なし、他の区間・箇所より重点を置いて解析結果との比較を行う。

また、再現性の評価のためには、上記の比較から極力多くの情報を引き出すことが重要である。

たとえば、できるだけ長期にわたる再現計算を行って調査データと比較する時点を極力多くする、痕跡水位を検証対象に加える、複数地点における水位時系列データを用いた総合的把握を行う（第 2 章 水文・水理観測 の第 7 節 河川の流れの総合的把握）ことが望ましい。

更に必要に応じて本節の 5.3 に述べるように解析と並行して調査を実施することも効果的である。

調整は、粗度係数の設定、交換層厚の設定（3.4）、各種流砂量式の設定(3.5、3.6、3.7)、及び初期条件・境界条件等の設定(第 4 節)が対象となる。

流砂式の補正（パラメータの補正等）も必要に応じて調整に含めてよい。

これら項目に対して、冒頭に示した基本的考え方に基づいて適切に調整を行うこととする。

なお、各種設定を繰り返し調整してもなお、目的としたレベルまで再現性が向上しない場合がある。

その場合には、改めて実事象との類似点と相違点の抽出・整理を行い、その結果に基づいて技術的判断や予測においてどこまでの情報が使えるか、具体の目的・要件と照らし合わせて個別事例ごとに判断していくスタンスに切り替えることが重要である。

その上でなお、レベルの不足を補う必要がある場合には、適宜追加調査を行い、再現性を向上させることが重要である。

5. 3　解析と調査を並行して実施する場合の検証・調整

＜考え方＞

解析と調査を並行して実施する場合の一般的な手順は以下のとおりである。なお、この場合の調査は、調査と検証・調整を有機的に連携させた特定目的の調査と位置付けられる。

1）解析法を用いて計算結果を相対的に大きく変える設定項目等を見いだすことを目的とした感度分析を実施する。
2）その解析結果を参考にして観測の項目、実施地点と必要な精度等を設定して調査を実施する。
3）この調査結果を用いて再度解析を行い、求められるレベルの再現性を得るべく検証と調整を行う。

必要に応じて上記１）～３）を繰り返す。

調査としては、第 4 章 河道特性調査 第 3 節 各時点の河道状況 に述べる河道地形測量などの共通基盤的な調査をベースとしつつ、第 2 章 水文・水理観測 第 7 節 河川の流れの総合的把握 の水位同時多点観測や第 4 章 河道特性調査 の第 6 節 土砂流送特性 の流送土砂量調査など、出水中の「変化過程」を逐次追うことのできる観測を組み合わせて実施するのが効果的である。

こうした観測を再現性の改善に的確につなげるためには、解析による予測を行い、検証すべき事項とその実施に必要なデータの精度を明確にしておくことが重要である。

第７章　浸水解析

令和4年6月9日改定

目　次

第１節　　総説 ･･･ 1
第２節　　浸水域調査 ･･･ 2
第３節　　外水浸水解析 ･･･ 3
　３．１　　総説 ･･･ 3
　３．２　　外水浸水解析モデルの選定 ･･･････････････････････････････････ 3
　３．３　　外水浸水の計算条件の設定 ･･･････････････････････････････････ 4
第４節　　内水浸水解析 ･･･ 9
　４．１　　総説 ･･･ 9
　４．２　　内水浸水解析モデルの選定 ･･･････････････････････････････････ 10
　４．３　　内水浸水の計算条件の設定 ･･･････････････････････････････････ 10
第５節　　浸水解析結果の活用 ･･･ 11
　５．１　　総説 ･･･ 11
　５．２　　浸水想定区域図 ･･･ 11
　５．３　　リアルタイム浸水シミュレーション ･････････････････････････ 12
　５．４　　内水処理計画の策定 ･･･ 12

平成 26 年 4 月　版

第7章　浸水解析

第1節　総説

＜考え方＞

本章では、浸水解析に必要な技術的事項を定める。

浸水解析は、河川からの氾濫水や降雨・流出水等により生じる浸水現象（浸水範囲や浸水深・浸水流速等）を再現・予測することにより、被害の想定や水害対策、避難方法、盛土構造等流域内地形の氾濫流制御効果等の検討に資することを目的とするものである。

従来より、浸水現象については、堤防の決壊や越流により生じた河川氾濫水が地形等の影響を受けながら流下・拡大する現象と、堤内地に集まった雨水や下水等が排水機能を上回り堪水する現象に分類され、前者を「外水浸水」、後者を「内水浸水」とする。

＜参考となる資料＞

「外水」、「内水」の定義については「河川用語集」，国土技術政策総合研究所の下記のサイト・資料が参考となる。

URL:http://www.nilim.go.jp/lab/rcg/newhp/yougo/.

＜考え方＞

浸水解析は、河川からの氾濫水（外水）や降雨・流出水等（内水）により生じる浸水範囲や浸水深・浸水流速等を再現・予測するものであり、以下の項目より構成される。

1）浸水域調査
2）外水浸水解析
3）内水浸水解析

＜標　準＞

浸水解析に当たっては、浸水現象の特徴や検討目的に適した解析モデルの選定及び計算条件の設定を行うとともに、解析モデルの検定や設定した計算条件による再現性に関する検証を行い、精度を確認した上で、解析を実施することを標準とする。

解析モデルの検定としては、理論解との比較や水収支の確認等から、また、再現性に関しては既往の研究や過去の浸水実績との比較から検証する。

＜推　奨＞

実際の浸水現象においては、外水浸水と内水浸水、降雨流出、下水道排水等の現象が複合しているのが一般的である。このため、浸水解析においては、解析対象とする実現象の本質的特徴を捉えるという方向で解析モデル（要素モデル）を組み合わせることにより、実務上可能な限り実現象に忠実な解析を行うことを推奨する。

浸水を含め降雨流出、河川内洪水流、下水道管路内の水理現象等は、近年要素モデルとして開発が進むとともに、オブジェクト指向のプログラム言語やそれらを利用したプラットフォームの普及により、これら要素モデルを組み合わせた統合化モデルの構築が比較的容易になってきている。

＜参考となる資料＞

たとえば、CommonMP については、国土技術政策総合研究所の下記のサイト・資料が参考となる。

URL:http://framework.nilim.go.jp/.

第2節　浸水域調査

＜考え方＞

浸水域調査は、浸水解析モデルの選定、計算条件の設定、再現性の検証等に必要なデータの収集を目的としたものである。

＜標　準＞

浸水域調査では、河川における洪水の水理解析に用いる資料（水文資料を含む）のほか、主に地盤高（線的地形、構造物）、土地利用、下水道・排水路、地下空間・流域貯留施設、浸水実績等について、検討目的に応じて調査項目、調査範囲、調査方法を適切に設定するとともに、必要に応じて施設管理者の協力を得ることにより効率的に実施することを標準とする。

なお、河川における洪水の水理解析に用いる資料については、第 3 章 水文解析 2 節 流出解析 及び第 5 章 河川における洪水流の水理解析 に従うものとする。

＜参考となる資料＞

洪水の水理解析については、下記の資料が参考となる。

1）（財）国土技術研究センター：河道計画検討の手引き，山海堂，2002.

＜推　奨＞

浸水解析の精度向上を図るためには、浸水域や浸水深・流速の時間変化についても再現性を検証できることが望ましい。このため、浸水深計の設置による浸水深の時間変化の計測、画像解析による流速の計測、衛星データ等を利用した浸水域の時間変化の把握等、検証データの収集についても検討することを推奨する。

＜例　示＞

主な調査項目について、調査方法を以下に例示する。

1）地盤高

地盤高データについては氾濫水の挙動を的確に予測・再現できるよう、想定される浸水域全体を包含する範囲においてデータを読み取る。地盤高については、都市計画図、国土基本図、数値地図 50m メッシュデータや活用できる場合は LP（航空レーザ測量）データを利用して、計算格子点の地盤高として設定する。また、道路や鉄道、二線堤等連続した盛土地形や、これらに設けられたボックスカルバートやアンダーパス等通路も氾濫水の挙動に大きく影響するため、連続盛土地形の線形や地盤高さ、ボックスカルバート等の位置、諸元（幅、高さ）について把握する。

2）土地利用

土地利用データは、浸水解析における摩擦粗度や氾濫水の透過率等を設定する上で必要なデータであり、土地利用図等信頼性の高い資料を活用する。また、近年の土地利用に関する資料が得られない場合は空中写真や現地調査により把握する。

3）下水道・排水路

下水道・排水路は、氾濫水や内水を排除するものであり、特に内水浸水においては、これらが浸水現象に大きく影響する。下水道・排水路の施設特性や排水能力を把握するためには、マンホールの位置・諸元、管路や側溝等の諸元・敷設位置、排水ポンプの諸元・操作規則・排水

先河川等の諸元等について調査し、排水系統として総合的に把握する。

４）地下空間・流域貯留施設

浸水区域内に地下空間や流域貯留施設等があり、これら施設への流出入を考慮する場合は、氾濫区域内に存在する地下空間等の規模、出入口等氾濫水の流出入位置や流出入口の諸元を把握する。

５）浸水実績

浸水実績の調査では、痕跡調査や聞き取り調査から過去に生じた浸水の範囲や浸水深等の把握を行う。なお、調査結果については、当該浸水を再現するための発生時の地形、降雨、河川水位等のデータを併せて整理しておく。

＜参考となる資料＞

土地利用図については、下記の資料が参考となる。

1) 国土交通省国土地理院：土地利用図.

2) (財)日本建設情報総合センター：100m四方メッシュ延床面積データ.

第3節　外水浸水解析

3．1　総説

＜考え方＞

外水浸水は、堤防の決壊や越流により生じた氾濫水が地形等の影響を受けながら流下する現象であり、氾濫水の運動方程式を解くことが浸水解析の主要な課題となる。このため、解析に当たっては、解析目的や対象とする浸水現象の特徴を踏まえて基礎方程式、離散化手法を選定するとともに、浸水域特性に応じた計算条件を設定することが重要である。また、浸水解析においては、河道内の流況計算と浸水解析を並行して行うことにより、河道と堤内地において氾濫流量をやり取りし、互いに整合性を確保する。

計算の精度は空間メッシュのサイズの細かさや計算時間間隔に依存するが、これらは計算時間とトレードオフの関係になるため、解析目的に必要な精度や利用できる計算機の能力等を踏まえた上で適切な組合せを設定することが重要である。

3．2　外水浸水解析モデルの選定

＜標　準＞

外水浸水解析モデルの選定においては、以下を標準とする。

１）基礎方程式

外水浸水は基本的に運動量を有する氾濫水が二次元的に流下・拡散していく現象であり、また浸水深とともに流速ベクトルも重要な情報となるため、基礎方程式には移流項を含む２次元不定流方程式(7-3-1)を用いることを標準とする。この方程式は、浅海域における高潮や津波の解析と同じ基礎方程式であり、海面のせん断力や海底地形変化を設定することにより、高潮や津波の解析に使用することができる。

ただし、谷底平野における河川氾濫による一次元性の強い浸水の場合に一次元方程式を用いること、浸水形態が窪地への貯留等で流速が問題にならない場合に移流項を含まない線形方程式を用いること等、浸水の形態に応じて他の基礎方程式を用いることを妨げない。

$$\frac{\partial Q_x}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q_x{}^2}{h}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{Q_xQ_y}{h}\right)+gh\frac{\partial(h+z)}{\partial x}+gn_x{}^2\frac{\sqrt{Q_x{}^2+Q_y{}^2}}{h^{7/3}}Q_x=0$$

$$\frac{\partial Q_y}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q_xQ_y}{h}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{Q_y{}^2}{h}\right)+gh\frac{\partial(h+z)}{\partial y}+gn_y{}^2\frac{\sqrt{Q_x{}^2+Q_y{}^2}}{h^{7/3}}Q_y=0$$

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial Q_x}{\partial x}+\frac{\partial Q_y}{\partial y}=q_{in}-q_{out}$$

(7-3-1)

Q_x，Q_y：x 方向及び y 方向の単位幅流量、h：浸水深、z：地盤高、n_x，n_y：x 方向及び y 方向の底面粗度、q_{in}：降雨、マンホールからの逆流等、q_{out}：下水道・排水路への排水等、g：重力加速度

２）離散化手法

浸水解析の離散化については、差分法、有限体積法、有限要素法等を使用することを標準とする。特に複雑な地形や家屋・構造物の配置等を反映する必要がある場合には、非構造格子による離散化手法（有限体積法、有限要素法等）を使用するか、地形等に応じて十分小さく設定した空間メッシュにより差分法を使用することとする。

＜参考となる資料＞

基礎方程式については、下記の資料が参考となる。

1） 土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，pp. 126-133，丸善，1999.

離散化手法については、下記の資料が参考となる。

2） 小林敏夫 編：数値流体力学ハンドブック，丸善，2003.

3．3　外水浸水の計算条件の設定

＜標　準＞

計算条件の設定においては、検討目的や対象とする浸水現象の特徴に応じてモデル定数や流入条件等を設定することを標準とする。

＜例　示＞

計算条件の設定方法を以下に例示する。

１）流入条件

流入条件については、越流・堤防決壊による流入地点、流入幅を設定するとともに、河川流況条件から流入流量や流向を設定する。河川流況については、河道と浸水域との流量のやり取りを考慮した一次元不定流解析もしくは準二次元不定流解析により行う方法や、二次元不定流解析による浸水域との一体的解析による手法がある。前者の場合は下記等により a)～d)を設定し、後者の場合は、d)流量ベクトルは一連の解析の過程で求められるが、それ以外の条件については下記等に従い、適切に設定することができる。河川流況の具体的計算方法については第 5 章 河川における洪水流の水理解析 を参照されたい。

a） 越流・決壊地点

決壊箇所については、発生可能性が高い箇所、危機管理上重要な箇所等検討目的に応じて

設定する。なお、発生可能性の高い地点の設定においては、決壊実績から設定するほか、重要水防箇所のうち危険性が高い箇所、地形特性等から見て越流・決壊の危険性が高い箇所（流下能力が低い、旧川締切り箇所、落堀、旧扇状地面と現扇状地面が交差する箇所など）を設定する。また、越流地点については検討対象の洪水位と堤防高を比較し、水位が堤防高を越える箇所及び越流範囲を特定する。

b） 決壊幅・越流幅

決壊幅については過去の実績等から設定するが、実績等がない場合は式(7-3-2)の方法で設定することができる。また、越流幅については、河川水位と堤防天端高の関係から設定する。

＜合流点の場合＞　$B_b = 2.0\ (\log_{10}B)^{3.8} + 77$

＜合流点以外の場合＞　$B_b = 1.6\ (\log_{10}B)^{3.8} + 62$　(7-3-2)

ここで，B_b：最終決壊幅(m)，B：川幅(m)である。

決壊幅の時間的変化についても実績等を参考として設定することを基本とするが、データがない場合は、以下の式(7-3-3)を使用することができる。

$t = 0$　$B_b' = 0.5B_b$

$0 < t \leqq 60$ 分　$B_b' = 0.5\ (1 + t/60)\ B_b$　(7-3-3)

$t > 60$ 分　$B_b' = B_b$

ここで、t：決壊後の経過時間(分)、B_b'：ある時刻 t における決壊幅(m)、B_b：最終決壊幅(m)である。

c） 決壊部の敷高

堤防決壊部の敷高については実績に従うことを基本とするが、実績値がない場合はその地点の高水敷高若しくは背後地盤高の高い方の値とすることができる。また、決壊後瞬時にその敷高まで決壊するものとして設定できる。

d） 流入地点の流量ベクトル

流入地点の流量ベクトルについては、河道内洪水モデルと浸水解析モデルを二次元不定流による一体的な解析の過程の中で求める方法のほか、河道内水位と堤内地の浸水位との関係から、本間公式（7-3-4）や河道の平均河床勾配（I）を考慮した式(7-3-5)を用いて流入量（Q）及び流向（θ）を設定することができる。

流入量（Q）：越流堰における越流量 Q_0 は本間公式(7-3-4)により与えられるが、栗城等はさらに河床勾配がある場合の横越流量を本間公式を補正する形で与えている。この場合、式(7-3-4)の h_1，h_2 は盛土地盤高からの水位とし、h_1 の方が高いものとする。

$h_2/h_1 < 2/3$ のとき　$Q_0 = 0.35 h_1 B_b \sqrt{2gh_1}$　：　完全越流

$h_2/h_1 \geq 2/3$ のとき　$Q_0 = 0.91 h_2 B_b \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$：　潜り越流　(7-3-4)

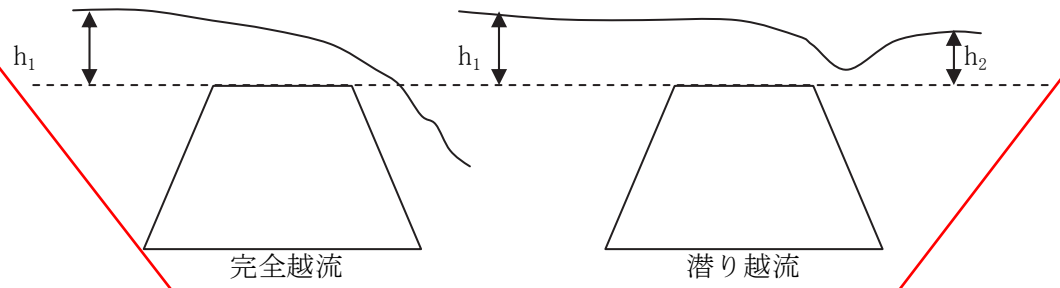


図7-3-1　越流と本公式の諸元の関係

堤防決壊に伴う氾濫流量

$I > 1/33600$　の場合　$Q = \{0.14 + 0.19\log_{10}(1/I)\}Q_0$

$1/33600 \geq I$　の場合　$Q = Q_0$　(7-3-5)

越流に伴う越流量　$Q = Q_0$　(7-3-6)

また、横越流堰の越流量については、多くの研究者が実験と理論から越流量式を提案しており、たとえば、鬼束等(2007)は、堤防を考慮した台形断面水路での実験結果から以下の式を提案している。ここで、q：単位幅越流量、C_M：流量係数、h：堰上流河川水位、S：堰高、T：水面幅、L：堰長、m：側壁勾配、Fr_1：上流側フルード数、g：重力加速度である。

$$q = \frac{2}{3}C_M\sqrt{2g(h-S)^3}、C_M = 0.479 - 0.351m - 0.36Fr_1 + 0.089\frac{L}{T} + 0.12\frac{h}{L}$$

$$0.2 \leq Fr_1 \leq 0.8、0.45 \leq \frac{L}{T} \leq 1.74、0.125 \leq \frac{h}{L} \leq 0.905、0 \leq m \leq 0.7$$

流向(θ)：流向については、栗城等が式(7-3-7),(7-3-8)のとおり河床勾配から設定する方法を提案している。

$I > 1/1580$　の場合　$\theta = 48° - 15\log_{10}(1/I)$

$1/1580 \geq I$　の場合　$\theta = 0°$　(7-3-7)

越流に伴う越流量と流向

$I > 1/12000$　の場合　$\theta = 155° - 38\log_{10}(1/I)$

$12000 \geq I$　の場合　$\theta = 0°$　(7-3-8)

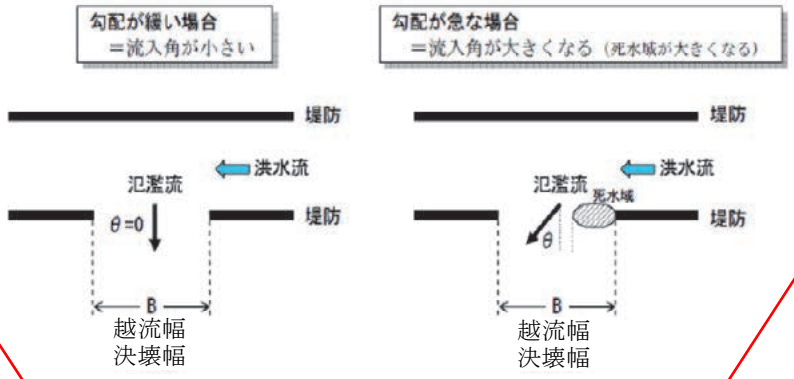


図7-3-2　河床勾配と越流量、流向の関係

２）粗度係数・透過係数

避難経路の浸水状況のように、比較的狭い範囲の浸水現象を詳細に解析する場合は、地表の性状に応じて粗度係数を設定するとともに、家屋や構造物等については領域内の境界条件として扱う。一方、広域的な浸水現象の把握においては、家屋占有率を粗度に換算する、若しくは透過率で表現するなどのほか、計算格子内の異なる土地利用を合成粗度で代表させるなどの簡略化を行うことができる。家屋占有率の粗度換算及び合成粗度の考え方としては式(7-3-9)がある。

なお、土地利用に応じた粗度係数については、モデルの特性を踏まえた上で設定する。

$$n_o^2 = \frac{n_1^2 A_1 + n_2^2 A_2 + n_3^2 A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad 、\quad n^2 = n_0^2 + 0.02\left(\frac{\theta}{100-\theta}\right)h^{4/3} \qquad (7\text{-}3\text{-}9)$$

n_0：合成粗度、$A_1, A_2, A_3, n_1, n_2, n_3$：メッシュ内の占有面積率とそのエリアの粗度
n：建物占有率を考慮した合成粗度、θ：建物占有率（%）

３）連続盛土地形条件

道路や鉄道、二線堤等の連続的な盛土地形も氾濫水の挙動に大きく影響するため、このような地形については境界条件として計算に反映する。当該地点の水深が盛土地盤高を超えない範囲では不透過境界とし、超えた場合は式(7-3-4)に従い越流が生じるものとする。また、道路盛土等にボックスカルバート等通路が設けられている場合は、そこから氾濫水の流出が可能となるため、境界条件に反映する。ボックスカルバート等からの流出量の算定方法については、式(7-3-10)を用いることができる。ここで，Q：流出量(m³/s)、B：樋門・カルバートの幅（m)、H：樋門・カルバートの高さ(m)、h_1：高いほうの水位（m)、h_2：低い方の水位（m)、g：重力加速度である。

$$\begin{array}{lll} h_2 \geq H & & Q = 0.75BH\sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad \text{：潜り流出} \\ h_2 < H & h_1/H \geq 3/2 & Q = 0.51BH\sqrt{2gh_1} \quad \text{：中間流出} \\ & h_1/H < 3/2 & Q = 0.79Bh_2\sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad \text{：自由流出} \end{array} \qquad (7\text{-}3\text{-}10)$$

ただし、$h_1/h_2 \geqq 3/2$の場合は、$h_2 = 2/3h_1$と置き換える。

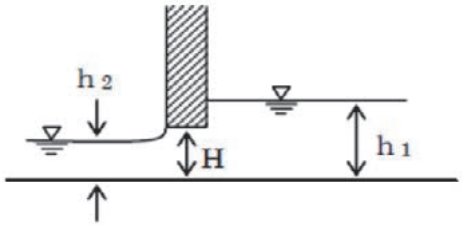


図7-3-3　樋門等における流出形態と諸元

４）下水道・ポンプ

比較的小規模な氾濫の場合や、ピーク流量後の浸水域の縮小に関しては、下水道やそれに接続するポンプ施設が大きく影響する場合がある。

下水道管路のモデルについては、汎用的なモデルも普及し、管路の大きさやネットワーク等の現地の条件を取り込み、氾濫計算と接続することも可能であるが、下水道データの収集、モデルへの反映、計算時間等に係るコストに対して、計算結果の精度が有意に向上するとは必ずしも言えないため、検討目的に応じて適宜簡略化（ランピング）する。

また、排水ポンプについては、排水先の河川水位等による排水能力の変化、操作ルールにより排水規制を受ける場合があるほか、電気系統や操作室の浸水、燃料切れ等による運転停止等も考えられるため、施設特性や操作規則を把握した上で適宜現実的なシナリオを設定し、計算条件に反映する。

５）河川・排水路等

計算対象領域内の主要な河川については、不定流計算モデル等により排水機能を明示的にモデル化する一方、明示的なモデル化が困難な多数の小河川・排水路等の集水域について、堤内排水が正しく表現されないことにより、計算結果において、実現象としてあり得ないような長期間の浸水が続く場合は、氾濫水が適宜主要河川を通じて又は直接に海に排水されるよう仮想的な排水路を設定する。

６）地下空間・貯留施設

浸水区域内に貯留施設等が存在する場合は、流入敷高や貯留量等施設特性を把握した上で、貯留効果を浸水解析に反映する。同様に、地下空間への流入が生じる場合も、その流入規模によっては地表面の浸水状況に大きく影響する可能性があるため、必要に応じて地下空間への流入等を計算に反映させる。

７）降雨分布

外水浸水解析においては、計算対象エリアの降雨量に比べて氾濫流の規模が大きいため、計算対象エリアの降雨を無視する場合が多い。

しかし、避難方法の検討等においては、氾濫流が到達する以前の内水浸水の状況や避難途中の降雨状況を把握し、避難経路の安全性等を評価することも重要であるため、解析の目的に応じて計算対象エリアの降雨分布を考慮する必要がある。この場合レーダ雨量計のデータを、精度の確認や補正をした上で適宜活用する。

８）その他

浸水現象においては、上記以外にも水防活動やポンプ車の稼働等様々な要因が影響するため、検討目的に応じて考慮すべき要因を抽出し、それらに係るシナリオを作成した上で計算に反映する。

＜関連通知等＞

1) 土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，pp.125-132，丸善，1999.

＜参考となる資料＞

流入条件の設定、合成粗度、線的盛土地形の計算条件設定方法については、下記の資料が参考となる。

1) 栗城稔，末次忠司，海野仁，田中義人，小林裕昭：氾濫シミュレーション・マニュアル(案)ーシミュレーションの手引き及び新モデルの検証ー，土木研究所資料，第 3400 号，1996.

越流・氾濫時の流量・流向の設定方法については、下記の資料が参考となる。

2) 栗城稔，末次忠司，海野仁，田中義人，小林裕昭：氾濫シミュレーション・マニュアル(案)ーシミュレーションの手引き及び新モデルの検証ー，土木研究所資料，第 3400 号，1996.
3) 栗城稔，末次忠司，小林裕明，田中義人：横越流特性を考慮した破堤氾濫流公式の検討，土木技術資料，38-11，pp.56-61，1996.
4) 鬼束幸樹，秋山嘉一郎，井田千尋，保賀円：台形断面水路に設置された横越流式及び流量係数，応用力学論文集，Vol10，2007.

透過係数の設定方法については、下記の資料が参考となる。

5) 榊山勉，阿部宣行，鹿島遼一：ポーラスモデルによる透過性構造物周辺の非線形波動解析，海岸工学論文集，第 37 巻，pp.554-558，1990.

下水道・ポンプの計算条件設定については、下記の資料が参考となる。

6) (財)下水道新技術推進機構：流出解析モデル利用活用マニュアル（雨水対策における流出解析モデルの運用手引き），(財) 下水道新技術推進機構，2006.
7) 国土技術政策総合研究所水害研究室：都市域氾濫解析モデル（NILIM2.0），2008.

河川と浸水域の一体的解析については、下記の資料が参考となる。

8) 重枝未玲，秋山壽一郎，梅木雄大，伊藤雄亮：破堤氾濫流の横越流特性と河道・氾濫域包括解析の適用性の検討，水工学論文集，第 54 巻，CD-ROM，2010.
9) 辻本哲郎，北村忠紀，岸本雅彦：砂質堤防の破堤口拡大過程のシミュレーションと破堤水理，河川技術論文集，Vol8，pp.31-36，2002.

第4節　内水浸水解析

4．1　総説

＜考え方＞

内水浸水は、降雨や降雨流出による流入量が排水量を上回るために生じる比較的静的な浸水現象であり、流入量、排水量の設定が主要な課題となる。このため、流出解析モデル、下水道モデル、河川内洪水モデル等を組み合わせることにより、浸水と併せて一連の現象を解析の対象とするのが一般的である。

なお、内水浸水については、①内水の排水元河川（以下、「内水河川」という。）と比べて排水先河川（以下、「外水河川」という。）の水位が高いために生じる排水不良が原因となる場合と、②豪雨によりもたらされた降雨や流出量が下水道施設等による排水機能等を大きく上回ることが原因となる場合とがあり、主に前者①が河川事業の対象とされてきた。しかし、これらは流入量、流出量の設定方法が異なるものの、現象のメカニズムとしては同様であるため、以

下では一体的に記述する。

＜参考となる資料＞

内水現象の一般的解説については、下記の資料が参考となる。

1） 内水ハザードマップ作成の手引き（案），平成 21 年 3 月，国土交通省都市・地域整備局下水道部.

4．2　内水浸水解析モデルの選定

＜標　準＞

内水浸水解析における解析モデルの選定については以下を標準とする。

１）基礎方程式

内水浸水解析は、浸水区域内の流速や水面勾配等が問題とならない場合の解析については、運動方程式を考慮せず池モデルで解析することを標準とする。

式(7-4-1)で示すとおり浸水現象を一つの浸水域で表現する場合は１池モデル、また、浸水域を多数の池で代表させ、湛水状況をある程度細かく表現しようとする場合は多池モデルと呼ばれる。

$$\frac{\partial V(h)}{\partial t} = Q_{in} - Q_{out} \qquad (7\text{-}4\text{-}1)$$

V：浸水ボリューム（浸水深の関数として表される）、Q_{in}：流域流出水、降雨、水路氾濫水等、Q_{out}：下水道・排水路への流出量

なお、浸水区域内の流速や流速ベクトルの算定が必要な場合は、運動方程式を導入する必要があり、この場合は、本章 第 3 節 外水浸水解析の方法を標準とする。

２）離散化手法

池モデルを使用する場合は、離散化手法は特に問題とならない。運動方程式を導入する場合は、本章 第 3 節 外水浸水解析を標準とする。

＜参考となる資料＞

内水解析の基礎方程式については、下記の資料が参考となる。

1） 建設省河川局治水課監修，(財)国土開発技術研究センター編集：内水処理計画策定の手引き，山海堂，1993.

4．3　内水浸水の計算条件の設定

＜標　準＞

内水浸水の計算条件の設定においては、検討目的や解析モデルに応じて適切なモデル定数や流入条件を設定することを標準とする。

＜例　示＞

計算条件の設定方法を以下に例示する。

１）池モデルにおける浸水域諸元（H－V－A 曲線）

池モデルにおける浸水域諸元としては、浸水位と湛水量と湛水面積の関係式を適切に与える必要がある。H－V－A 曲線の作成方法については、地形図、測量成果等より等高線を描き、H（浸

水位）とV(湛水量)、A（湛水面積）の関係を整理する。
なお、池モデルでなく運動方程式を導入する場合は、外水浸水の計算条件の設定(3.3)を参照する。

２）流入条件・流出条件
内水浸水の計算においては、式(7-4-1)右辺の流入量、流出量を与える必要があるが、浸水解析モデルと流出モデル、河道モデル、下水道モデル等を組み合わせて、流入条件や流出条件の設定と浸水解析を一体的に行うことが一般的である。流出モデル、河道モデルの計算条件の設定については、第3章 水文解析 第2節 流出解析、第5章 河川における洪水流の水理解析 を参照する。
特に都市域での浸水解析において重要となる下水道モデルについては、雨水等の流入（又は流出）地点であるマンホールと流下現象の生じる管路、排水ポンプとの組合せとしてモデル化されるが、複雑な管路網にも対応できるモデルが開発されており、これらを利用することができる。

＜参考となる資料＞
池モデルに関する計算条件の設定については、下記の資料が参考となる。
1） 建設省河川局治水課監修，(財)国土開発技術研究センター編集：内水処理計画策定の手引き，山海堂，1993.

下水道の解析については、下記の資料が参考となる。
2） (財)下水道新技術推進機構：流出解析モデル利用活用マニュアル（雨水対策における流出解析モデルの運用手引き），(財) 下水道新技術推進機構，2003.
3） 国土技術政策総合研究所水害研究室：都市域氾濫解析モデル（NILIM2.0），2008.

第5節　浸水解析結果の活用

5．1　総説

＜考え方＞
浸水解析結果の活用においては、目的に応じて表現方法を工夫するなど、活用がより効果的になるよう適宜加工することが重要である。

5．2　浸水想定区域図

＜例　示＞
浸水想定区域とは、洪水防御に関する計画の基本となる降雨により当該河川が氾濫した場合に浸水が想定される区域を指すものであり、想定される浸水区域と浸水深を着色で示したものを浸水想定区域図と呼ぶ。
浸水想定区域図は、様々な危険性を考慮して複数の堤防決壊地点や越流地点を設定して浸水解析を行い、算定された浸水域や浸水深の最大値を包含する区域及び浸水深を表す。
市町村長は、浸水想定区域図をもとに河川堤防の決壊、越流等による浸水情報及び避難に関する情報を住民に分かりやすく提供することにより人的被害を防ぐことを主な目的とした「洪水ハザードマップ」を作成し、住民へ公表・周知を行うこととなっている。
洪水ハザードマップは、住民にとって、平常時には、自分の住んでいる地域の浸水履歴、浸水の可能性について認識を深める、水害に備えて非常持ち出し品の準備等被害軽減の工夫をする、土地の水害危険度に見合った土地利用や建築様式をとる等のほか、災害時には、洪水ハザードマップに盛り込まれた情報と気象情報、市町村からの避難情報を基に的確な避難行動をとる

といった活用を期待されるものである。

＜参考となる資料＞

浸水想定区域図の作成方法については、下記の資料が参考となる。

1) 浸水想定区域図作成マニュアル（改訂版），平成 26 年 3 月，国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室，国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター水害研究室.

洪水ハザードマップの作成については、下記の資料が参考となる。

2) 洪水ハザードマップ作成の手引き（改定版），平成 25 年 3 月，国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室.

5. 3　リアルタイム浸水シミュレーション

＜例　示＞

堤防の決壊等に伴う浸水発生時において、その後の浸水域の拡大状況等を予測し、避難誘導や危機管理対策に資するものをリアルタイム浸水シミュレーションと呼ぶ。

浸水域が広大若しくは地形勾配が緩やか等により、人口や資産の密集地域への浸水到達時間に一定程度以上の時間を要する場合は、浸水の到達域、到達時刻等に関する予測を行うことにより、浸水到達時間を避難等のためのリードタイムとして有効に活用することが可能となる。

＜参考となる資料＞

リアルタイム浸水予測シミュレーションについては、下記の資料が参考となる。

1) リアルタイム浸水予測シミュレーションの手引き(案)，平成 19 年，国土交通省河川局.

5. 4　内水処理計画の策定

＜例　示＞

内水浸水解析の活用事例としては、治水事業における内水処理計画の策定が挙げられる。内水河川の水位上昇は、内水河川と外水河川のハイドロの規模・波形及びこれらの相対関係によるものであり、内水処理計画とは、内水河川の水位上昇が内水浸水の直接の原因となる場合の対策を図るものである。対策としては、合流点に水門等を設置し外水位と内水位のピーク時間差を考慮した水門操作を行うことにより外水位の上昇が内水位に及ばないようにするか、若しくは上記による内水位上昇の回避が困難な場合は、ポンプ施設を設置し内水を排水することにより、内水位の低下を図ることが一般的である。

このため、内水処理計画の策定に当たっては外水河川及び内水河川の水理条件と堤内地の浸水解析モデルを適切に接続することにより、当該内水現象及び対策を講じた場合の効果を、所要の精度で再現できる解析モデルを構築する必要がある。

＜参考となる資料＞

内水処理計画の策定については、下記の資料が参考となる。

1) 建設省河川局治水課監修，(財)国土開発技術研究センター編集：内水処理計画策定の手引き，山海堂，1993.

第 8 章　河川経済調査

目　次

第 1 節　総説 1
第 2 節　治水経済調査 1
2．1　便益の算定 2
2．2　費用の算定 2
2．3　総費用と総便益の比較 2
第 3 節　河川環境経済調査 3
3．1　便益の算定 4
3．2　費用の算定、総費用と総便益の比較 5

平成 26 年 4 月　版

第8章　河川経済調査

第1節　総説

＜考え方＞

本章では、河川経済調査を実施するために必要な技術的事項を定めるものである。

河川経済調査は、河川事業等に係る費用便益分析等を行うことを目的として実施されるものである。

国土交通省では、公共事業の効率性及びその実施過程の透明性の一層の向上を図るため、新規事業採択時等において事業評価を実施することとしており、費用便益分析をはじめとする評価項目により総合的に事業評価を実施している。

費用便益分析は事業の投資効率性を評価する項目であり、国土交通省では、所管公共事業について費用便益分析の実施に係る計測手法、考え方等に関して共通的に考慮すべき事項を定めた技術指針を策定するとともに、河川関係の事業についても、当該指針との整合性を図りつつ、それぞれの事業の特性を踏まえた基準を策定しているところである。

費用便益分析は、一般に①便益の算定、②費用の算定、③総費用と総便益の比較、により構成されるため、本章では、治水を目的とした事業及び河川環境整備を目的とした事業を対象に、①～③について解説する。

＜関連通知等＞

1) 国土交通省所管公共事業の新規事業採択時評価実施要領，平成 23 年 4 月 1 日，国土交通省.
2) 国土交通省所管公共事業の再評価実施要領，平成 23 年 4 月 1 日，国土交通省.
3) 河川及びダム事業の新規事業採択時評価実施要領細目，平成 21 年 12 月 24 日，国土交通省河川局.
4) 河川及びダム事業の再評価実施要領細目，平成 22 年 4 月 1 日，国土交通省河川局.
5) 公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針（共通編），平成 21 年 6 月，国土交通省.
6) 治水経済調査マニュアル(案)，平成 17 年 4 月，国土交通省河川局.
7) 河川に係る環境整備の経済評価の手引き【本編】，平成 22 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
8) 河川に係る環境整備の経済評価の手引き【別冊】，平成 22 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.

第2節　治水経済調査

＜考え方＞

本節では、治水経済調査を実施するに当たっての必要な技術的事項を定めるものである。

治水経済調査は、堤防やダム等の治水施設の整備に係る費用便益分析等を行うことを目的として実施されるものであり、その実施に当たっては、下記の点に十分留意するものとする。

- 治水施設の便益として算定対象としている被害防止便益は、一定の想定の下に算定される推計値であり、かつ、治水施設の整備によって得られる便益の一部しか評価していないこと
- 事業の実施に際しては、効率性という観点だけでなく、公平性の観点も必要となり、総合的な評価指標の一つとして治水経済調査を利用すること

＜関連通知等＞

1) 治水経済調査マニュアル(案)，平成 17 年 4 月，国土交通省河川局.

2．1　便益の算定

＜標　準＞

治水施設の整備による便益としては、水害によって生じる人命被害と直接的又は間接的な資産被害を軽減することによって生じる可処分所得の増加（便益）、水害が減少することによる土地の生産性向上に伴う便益、治水安全度の向上に伴う精神的な安心感などが考えられるが、計測することが困難なものが多くあり、それらの一部分である被害防止便益（水害によって生じる直接的又は間接的な資産被害を軽減することによって生じる可処分所得の増加）の一部を治水事業の便益として算定することを標準とする。具体的には、洪水氾濫による直接的・間接的な被害防止効果のうち、現段階で経済的に評価可能な被害の防止効果として、直接的な資産の被害（家屋、公共土木施設等の被害等）と一部の間接被害（営業停止損失等）の防止効果を便益とすることを標準とする。

ただし、その他の便益についても、個々の河川での調査により計測可能なものについては便益として評価することを妨げるものではなく、この場合、評価に当たっては重複のないよう留意することを基本とする。

また、治水事業の便益の算定手順については、対象氾濫原の分割、流下能力の把握、破堤地点の想定等を行った上で流量規模・氾濫ブロックごとに浸水シミュレーションを実施することにより流量規模別の被害軽減額を求め、これに流量規模に応じた洪水の生起確率を乗じて求めた流量規模別年平均被害額を累計し、もって年平均被害軽減期待額を算定することを標準とする。

＜関連通知等＞

1）　治水経済調査マニュアル(案)，平成 17 年 4 月，国土交通省河川局.

2．2　費用の算定

＜標　準＞

費用便益分析の対象とする費用については、治水事業着手時点から治水施設の完成に至るまでの総建設費と、評価対象期間内での維持管理費を対象とすることを標準とする。

＜関連通知等＞

1）　治水経済調査マニュアル(案)，平成 17 年 4 月，国土交通省河川局.

2．3　総費用と総便益の比較

＜標　準＞

治水施設の整備及び維持管理に要する総費用と、治水施設整備によってもたらされる総便益（被害軽減）を、社会的割引率を用いて現在価値化して比較する（図 8-2-1 参照）ことを標準とする。

このため、評価時点を現在価値化の基準点とし、

- 治水施設の整備期間と治水施設の完成から 50 年間までを評価対象期間にして、治水施設の完成に要する費用と治水施設の完成から 50 年間の維持管理費を現在価値化したものの総和から総費用（C）
- 年平均被害軽減期待額（2．1 で求めた各年の便益）と評価期間末における施設の残存価値を現在価値化したものの総和から総便益（B）

を、それぞれ算定し、費用便益比（B／C）を算出することを標準とする。

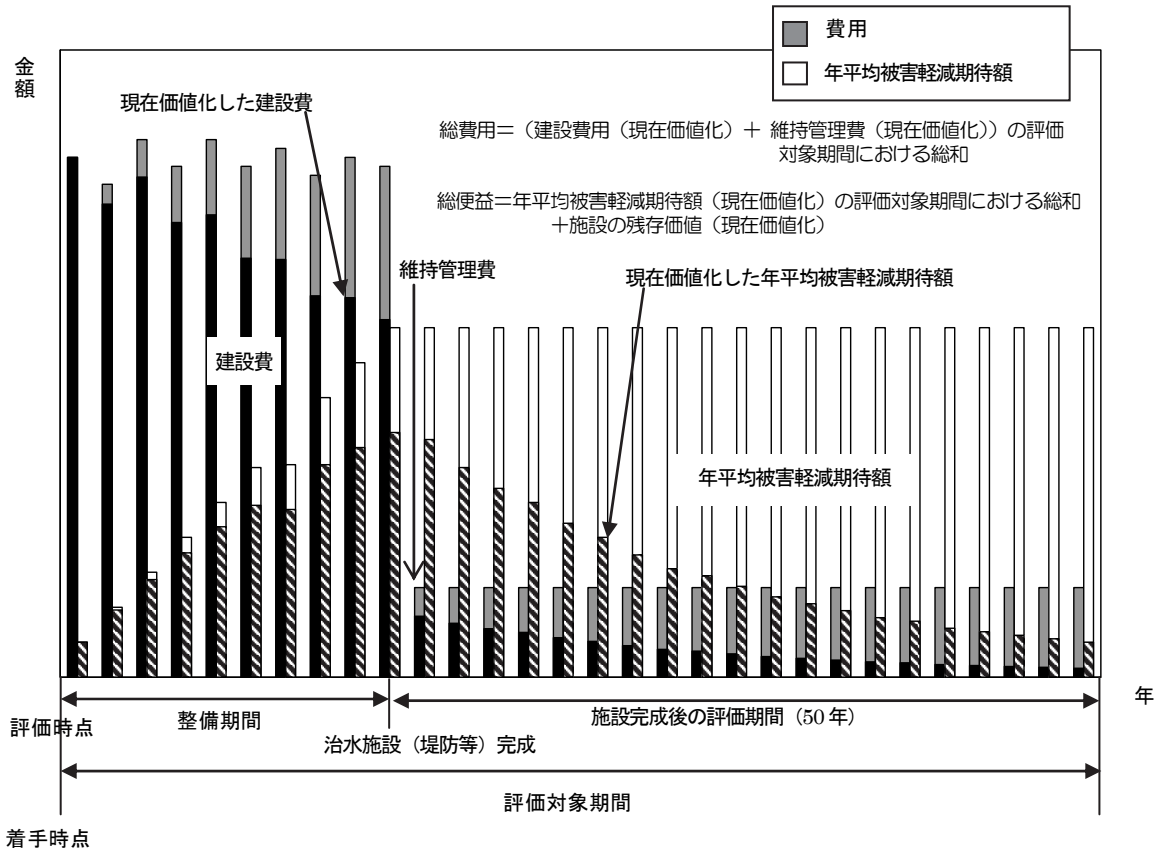


図8-2-1　総費用、総便益の考え方

＜関連通知等＞

1）　治水経済調査マニュアル(案)，平成 17 年 4 月，国土交通省河川局.

第3節　河川環境経済調査

＜考え方＞

本節では、河川環境整備の経済調査を実施するに当たっての必要な技術的事項を定めるものである。

河川法に示されているように、「河川環境の整備と保全」は河川管理の目的の一つである。現在、河川に係る環境の整備や保全を主目的あるいは複合目的のひとつとした河川整備が進められており、このような事業についても、経済評価を適切に実施していくことが重要である。

一方、市場が存在しない環境はいわゆる非市場財であり、かつ、公共財としての性格も有するため、その評価には間接的手法を用いざるを得ない。また、その具体的作業においては現在までに様々な評価手法が提案されてはいるが、確立されたものはなく、各手法はそれぞれ技術的課題を有しているのが現状である。

河川環境整備の経済調査の実施に当たっては、以下の事項に十分留意するものとする。

- 河川環境は、水量・水質、生態系、人と自然との豊かなふれあいの場、景観、河川にまつわる祭り、伝統行事等極めて複雑かつ多岐にわたる要素から構成されており、その中には、必ずしも経済評価になじまないものもある。
- 環境の経済評価については、幾つかの手法が提案されているが、いまだ確立された手法はなく、様々な検討が進められている段階である。
- 経済評価の結果については、総合的な観点から妥当性を吟味する必要がある。

＜関連通知等＞

1) 河川に係る環境整備の経済評価の手引き【本編】，平成 22 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.

2) 河川に係る環境整備の経済評価の手引き【別冊】，平成 22 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.

3) 治水経済調査マニュアル(案)，平成 17 年 4 月，国土交通省河川局.

3．1　便益の算定

＜標　準＞

河川環境整備の便益は、事業実施によって変化する効用の変化を貨幣換算したものとしてとらえられる。

河川環境は、河川に係る複数の環境要素によって１つの環境を形成している。環境整備の便益は、評価の対象となるこの環境を財として捉え事業実施による効用の変化分を、貨幣換算して把握するものである。

便益の計測は、１）計測対象とする便益の特定化、２）手法の選定、３）便益の計測、４）妥当性の検証、というステップを踏んで行うことを標準とする。

１）計測対象とする便益の特定化

環境整備は、水量・水質、生態系、人と自然との豊かなふれあい、景観など非常に多くの面で人間生活と関わっている。これらの様々な面で生じる便益を、全て正確に計測することは現状ではほとんど不可能であり、またその精度の検証も困難であるため、経済評価が可能な範囲は限定されていることに留意した上で、評価対象となる事業における効果要素を明確にする必要がある。

２）手法の選定

環境便益の代表的な計測手法としては、ＣＶＭ、ＴＣＭ、代替法等があり、これらの手法の選定に当たっては、評価対象となる事業において抽出された効果要素に対し、表 8-3-1 の各手法の長所・短所を踏まえて、総合的にどの手法を用いるかを判断する。

３）便益の計測

便益の計測に当たっては、計測対象とする効果要素にどのような変化が生じるのか、できるだけ正確に予測し、選定した手法の特性に十分留意して実施するものとする。

４）妥当性の検証

計測結果については、類似の環境財に関する既往の便益計測結果と比較すること等により、その妥当性について検証を行うものとする。

表8-3-1　各手法の特徴

手法	内容	各手法の一般的な特徴	
		長所	短所
仮想的市場評価法（CVM）	アンケート調査により事業の効果に対する回答者の支払意思額を尋ね、これをもとに便益を計測する方法	・適用範囲が広く、歴史的・文化的に貴重な施設の存在価値をはじめとして、原則的にあらゆる効果を対象にできる。	・アンケートにおいて価格を直接的に質問するため、適切な手順・アンケート内容としないとバイアスが発生し、推計精度が低下する。 ・仮想的な状況に対する回答であるため、結果の妥当性の確認が難しい。 ・回答者の予算に制約があることを認識してもらう必要がある。 ・負の支払意思額を推計することができない。
旅行費用法（TCM）	施設を訪れる人が支出する交通費や費やす時間をもとに便益を計測する方法	・客観的なデータ（来訪者数、旅行費用など）を用いて分析を行うため、分析方法や結果の妥当性を確認しやすい。 ・レクリエーション行動に基づく分析手法であるため、観光地などのレクリエーションに関する価値の分析に適する。	・利用実態に関するデータ（事業がある場合とない場合の出発地別の来訪者数等）の入手が困難な場合がある。 ・レクリエーション行動に結びつかない価値（歴史的・文化的に貴重な施設の存在価値）の計測は困難。 ・複数の目的地を有する旅行者や長期滞在者の扱い、代替施設の設定などの分析が困難。
代替法	評価対象とする事業と同様の便益をもたらす他の市場財の価格をもとに便益を計測する方法	・計算方法が理解しやすく、比較的簡易に分析が可能。	・適切な代替財が設定できない場合は適用できない。

3．2　費用の算定、総費用と総便益の比較

＜標　準＞

河川環境経済調査の費用の算定、総費用と総便益の比較については、治水経済調査と同様に、本章の 2.2 費用の算定 及び 2.3 総費用と総便益の比較 に準じて行うことを標準とする。

第９章　水害リスク評価

目　次

第１節　　総説 1
第２節　　水害リスク評価の枠組みと手順 2
　２．１　　水害リスク評価に当たっての基本的な考え方 2
　２．２　　水害リスクの評価手順 2
　２．３　　リスク評価の対象項目と評価手法 4

平成 26 年 4 月　版

第9章　水害リスク評価

第1節　総説

＜考え方＞

本章は、水害リスク評価を実施するために必要な基本的な考え方を記載するものである。

１）水害リスク評価とは

水害リスクは、一般に、河川氾濫や内水氾濫等による水害の「発生確率」とその「被害規模」の組合せによって表現される。「被害規模」は災害外力（ハザード）と人口、資産、社会経済活動といった被害対象（エクスポージャ）及び被害対象のハザードに対する脆弱性によって決定される。水害リスク評価は、河川整備計画等の策定や治水事業の事業評価、施設の維持管理や運用、避難誘導や水防活動等の検討に活用することを目的に、大小様々な規模や特性を有する洪水ハザードについて実施するものである。

２）水害リスク評価の必要性と活用

近年、世界的に大規模な水害が多発しており、我が国においても、想定を上回るような水害が発生している。また、地球温暖化による集中豪雨の頻発・激甚化から、治水施設の能力の相対的な低下が懸念される状況にあり、以前にも増して水害リスク評価が重要となっている。これまで、水害対策の実施の前提となる被害想定やリスク評価については、第８章 河川経済調査で述べた貨幣換算が可能な項目による評価が中心であったが、近年では人的被害やライフライン停止による影響、交通途絶の影響等の算定手法について研究・開発が進められている。

これにより、今までは分析することができなかった、地域に潜在するさまざまなリスク（人的被害リスク、ライフライン停止リスク、交通途絶リスク等）について分析することが可能となっている。

水害リスクの全体像を明らかにすることによって、より効率的な事業の実施が可能となるのに加え、リスクに応じた危機管理対策（警戒避難体制の整備、水害発生時の応急対策活動計画の策定、住まい方の誘導、防災教育・防災訓練等）の検討を行うことが可能となる。また、流域リスク情報を公開することで、自助・共助の意識の向上や、自主的な浸水対策の促進が期待される。

なお、水害リスク評価は、今後の研究や水害実態の蓄積等を通じて、充実を図っていくものである。

＜参考となる資料＞

本章において標記した「リスク」「ハザード」「エクスポージャ」「脆弱性」の定義は、下記の資料に準拠しており、定義の確認を行う場合には、下記の資料が参考になる。

1） Terminology on Disaster Risk Reduction,国連・国際防災戦略（UNISDR）, 2009.

※本章におけるリスク等の用語については、参考となる資料 1)に従い、以下の定義を用いた。

ハザード (Hazard)	人命の損失、負傷、健康被害、財産への損害、生活やサービスの低下、社会的・経済的崩壊、環境破壊を引き起こす可能性のある危険な自然現象、物質、人間の活動や状態
暴露(エクスポージャ) (Exposure)	ハザードの影響を受ける地帯に存在し、その影響により損失を被る可能性のある人々、財産、システム、その他の要素
脆弱性 (Vulnerability)	地域社会、システム及び資産が有する、危険要素（Hazard）の悪影響を受けやすくさせるような特徴及び状況
リスク (Risk)	ある事象が起こる可能性とその悪影響の組合せ
災害リスク	将来のある一定の期間において、特定の地域社会あるいは社会に起こる可能性がある、生命、健康、生活、資産、サービス面の潜在的な災害損失
災害リスク管理	ハザードの負の影響と災害の可能性を軽減するために、行政命令、組織並びに運用上の技能及び体制を利用して、戦略や政策の推進及び対処能力の向上を図ろうとする体系的な過程

第2節　水害リスク評価の枠組みと手順

2．1　水害リスク評価に当たっての基本的な考え方

＜考え方＞

水害リスク評価に当たっては、表 9-2-1 に示すような幅広い被害リスク項目を設定するとともに、評価項目ごとに既往文献等から被害発生のメカニズムやハザードとの関係を明確にした上で、可能な限り定量的に、またそれが困難な場合には定性的に評価を行い、水害の全体像を具体的に把握することを心がける。なお、被害発生のメカニズムについて知見が十分でない点については、仮定やシナリオ等により補完せざるを得ないが、使用した仮定等については、評価の前提条件として明示する。また、第 10 章 災害調査 により蓄積された知見を被害発生メカニズムに逐次反映していくことが重要である。

2．2　水害リスクの評価手順

＜推　奨＞

リスクの評価手順を図 9-2-1 に示す。

はじめに降雨データの収集・整理を行い、あわせて流域、河川、氾濫域に関するデータの収集・整理を行う。この結果を基に、降雨等の外力、評価対象年次、治水施設の整備状況等の条件を設定し、第 3 章 水文解析、第 5 章 河川における洪水流の水理解析、第 7 章 浸水解析 等を行い、河川の流量、水位、氾濫域内の浸水範囲、浸水深の時間的変化や浸水継続時間等のハザードの規模と発生確率を分析する。

次に、評価対象年次に合わせた社会経済条件を設定し、氾濫域における人口、資産、重要施設等を把握する。これらの結果を踏まえ、「治水経済調査マニュアル（案)」や「水害の被害指標分析の手引（H25 試行版)」に基づき、対象とする洪水の発生可能性と、氾濫ブロックごとの一般資産被害額、人的被害（想定死者数等)、経済被害、重要施設被害等の影響について把握し、評価を行う。

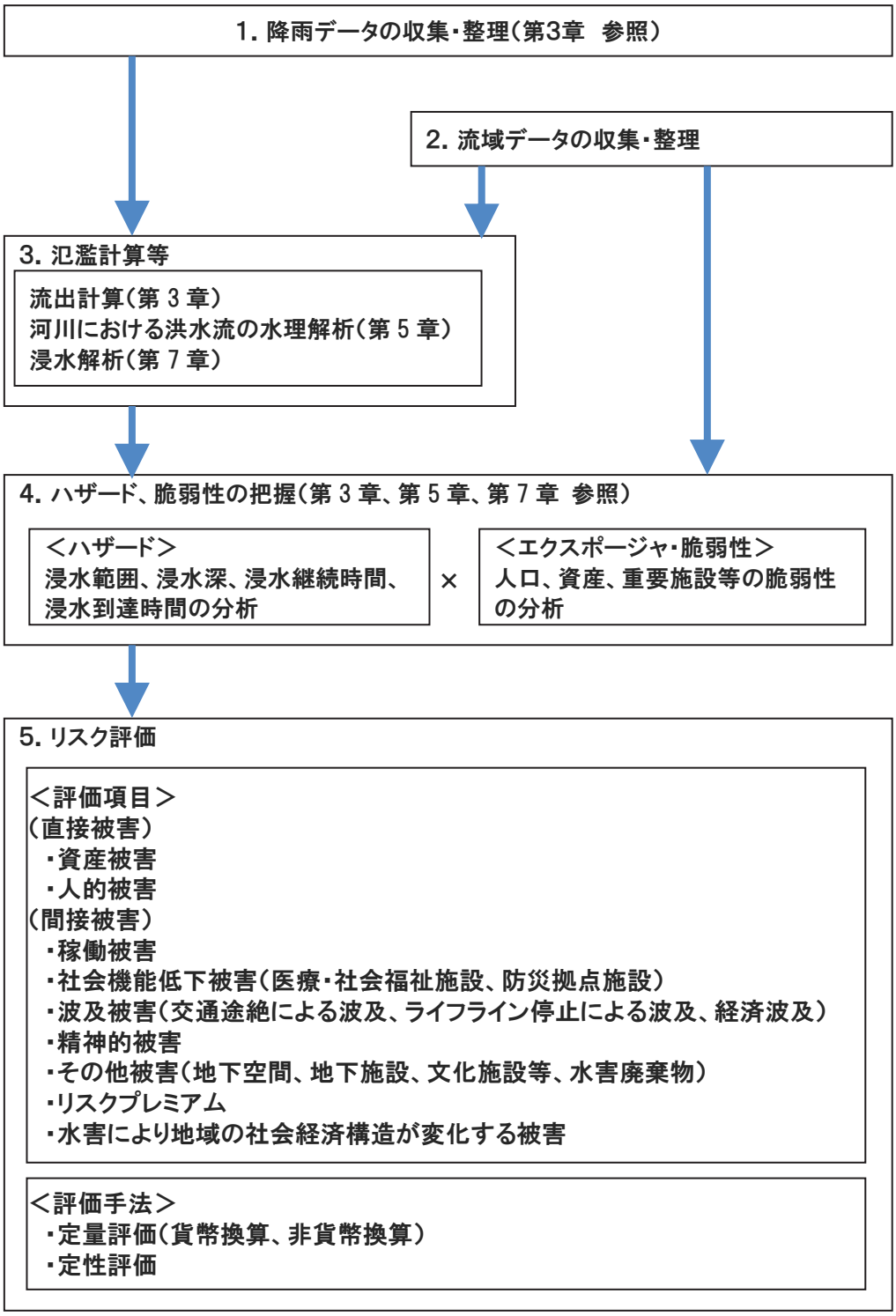


図9-2-1 水害リスク評価の手順

＜関連通知等＞

1）　治水経済調査マニュアル（案），平成 17 年 4 月，国土交通省河川局.

2）　水害の被害指標分析の手引（H25 試行版），平成 25 年 7 月，国土交通省水管理・国土保全局.

2．3　リスク評価の対象項目と評価手法

＜推　奨＞

水害により生じる被害の評価については、第８章 の「治水経済調査マニュアル（案）」により貨幣換算した被害額で評価する他、「水害の被害指標分析の手引（H25 試行版）」により定量的または定性的に評価することが望ましい。

水害リスクの主な評価項目は図 9-2-2 のとおりである。図 9-2-2 の凡例における「被害額として算出する項目」が「治水経済調査マニュアル（案）」で算定可能な項目、「貨幣換算以外の方法で定量化する評価項目」は「水害の被害指標分析の手引（H25 試行版）」で算定可能な項目である。なお、「水害の被害指標分析の手引（H25 試行版）」で対象としている評価項目をさらに細分化した被害指標の一覧は表 9-2-1 に示すとおりである。

長期間の孤立者数などの人的被害のリスク評価をする場合や、避難計画を検討する場合などにおいては、浸水継続時間が重要な要因となることから、図 9-2-3、表 9-2-2 に示すように排水条件の違いによって、人的被害等のリスクが大きく異なる。このことから、流域内の排水施設等を把握し、適切に排水条件を設定することが望ましい。

また、図 9-2-4、図 9-2-5、図-9-2-6 に示すように、想定死者数や孤立者数等は、必ずしも浸水範囲に比例して大きくはならず、氾濫形態によって大きく異なる。このように水害リスクは必ずしも浸水範囲からだけでは評価できないことから、「水害の被害指標分析の手引（H25 試行版）」に基づき、氾濫形態等に応じたリスク評価を行うことが望ましい。

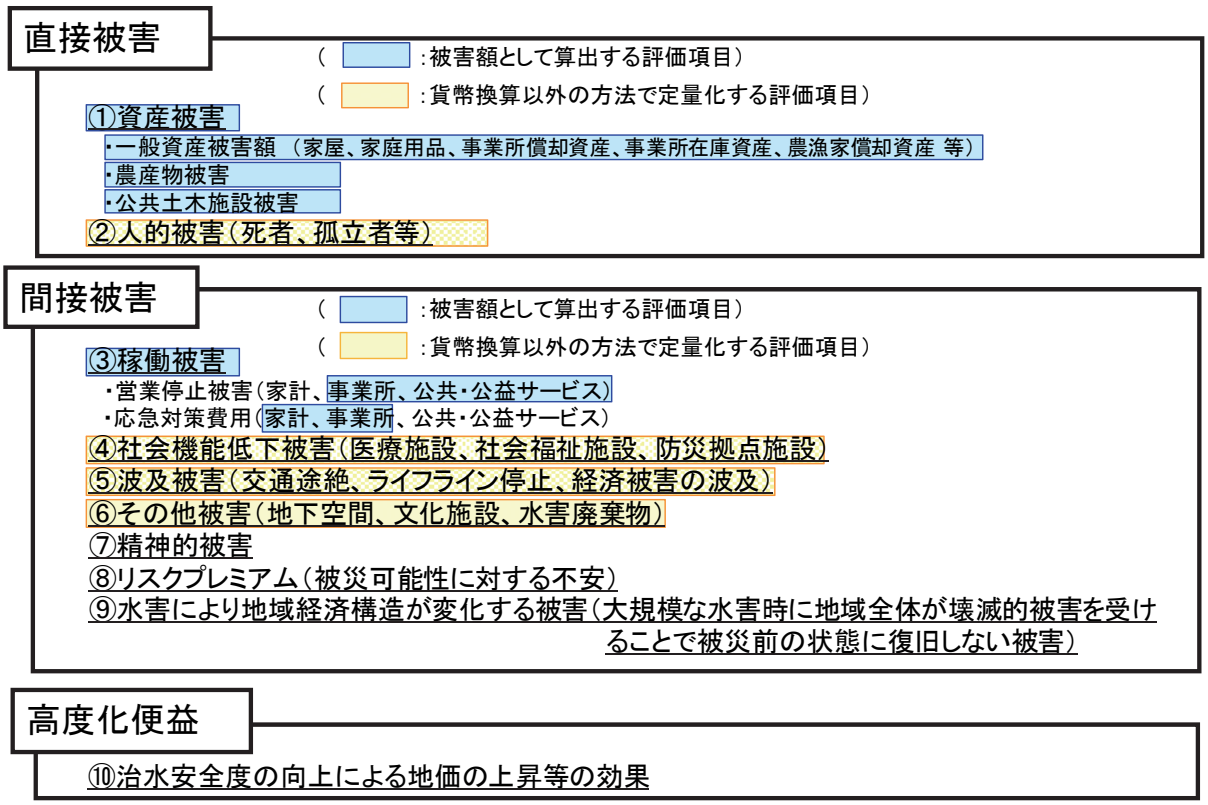


図9-2-2 水害リスクの主な評価項目

表9-2-1 貨幣換算化以外の方法で定量化する評価項目と被害指標

評価項目	被害指標
１．人的被害.	浸水区域内人口 浸水区域内の災害時要援護者数 想定死者数 最大孤立者数 3 日以上孤立者数 10 年あたり避難回数 10 年あたり総避難者数
２．医療・社会福祉施設等の機能低下による被害	機能低下する医療施設数 機能低下する医療施設で治療している入院患者数 機能低下する医療施設で治療している人工透析患者数 機能低下する社会福祉施設数 機能低下する社会福祉施設の利用者数
３．防災拠点施設の機能低下による被害	機能低下する主要な防災拠点施設数 機能低下する防災拠点施設の管轄区域内人口（警察・消防・役所等）
４．交通途絶による波及被害	途絶する主要な道路 道路途絶により影響を受ける通行台数 道路途絶（交通迂回）により増加する走行時間、経費等 途絶する主要な鉄道 鉄道途絶により影響を受ける利用者数
５．ライフラインの停止による波及被害	電力の停止による影響人口 ガスの停止による影響人口 上水道の停止による影響人口 下水道の停止による影響人口 通信（固定）の停止による影響人口 通信（携帯）の停止による影響人口
６．経済被害の域内・域外への波及被害	産業連関分析等の経済モデルを用いた経済波及被害額 高い市場占有率を有する企業の被災に伴うサプライチェーンへの影響 浸水により被災する上場企業数 浸水により被災する事業所の従業者数
７．地下空間の被害	浸水する地下鉄等の路線、駅等 地下鉄の浸水により影響を受ける利用者数 浸水する地下街・地下施設 地下街・地下施設の浸水により影響を受ける利用者数
８．文化財の被害	浸水する文化施設等
９．水害廃棄物の発生	水害廃棄物の発生量 水害廃棄物の処理費用

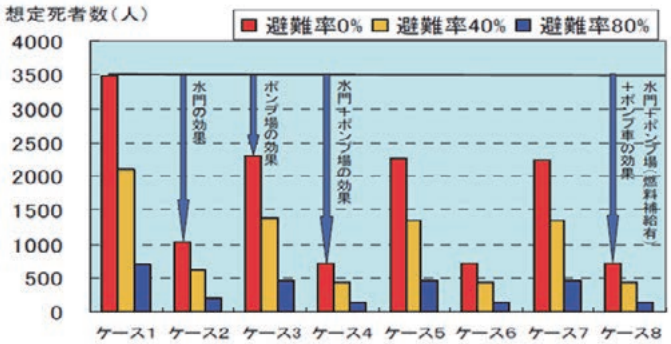


図9-2-3 排水条件の違いによる人的被害の比較

表9-2-2 対策シナリオ

ケース	洪水の発生確率	排水ポンプ場		水門操作	排水ポンプ車の稼働
		運転(浸水しない場合)	燃料補給		
1	1/200	できない	－	できない	できない
2	1/200	できない	－	できる	できない
3	1/200	できる	できない	できない	できない
4	1/200	できる	できない	できる	できない
5	1/200	できる	できない	できない	できる
6	1/200	できる	できない	できる	できる
7	1/200	できる	できる	できない	できる
8	1/200	できる	できる	できる	できる

出典：内閣府・中央防災会議・大規模水害対策に関する専門調査会資料

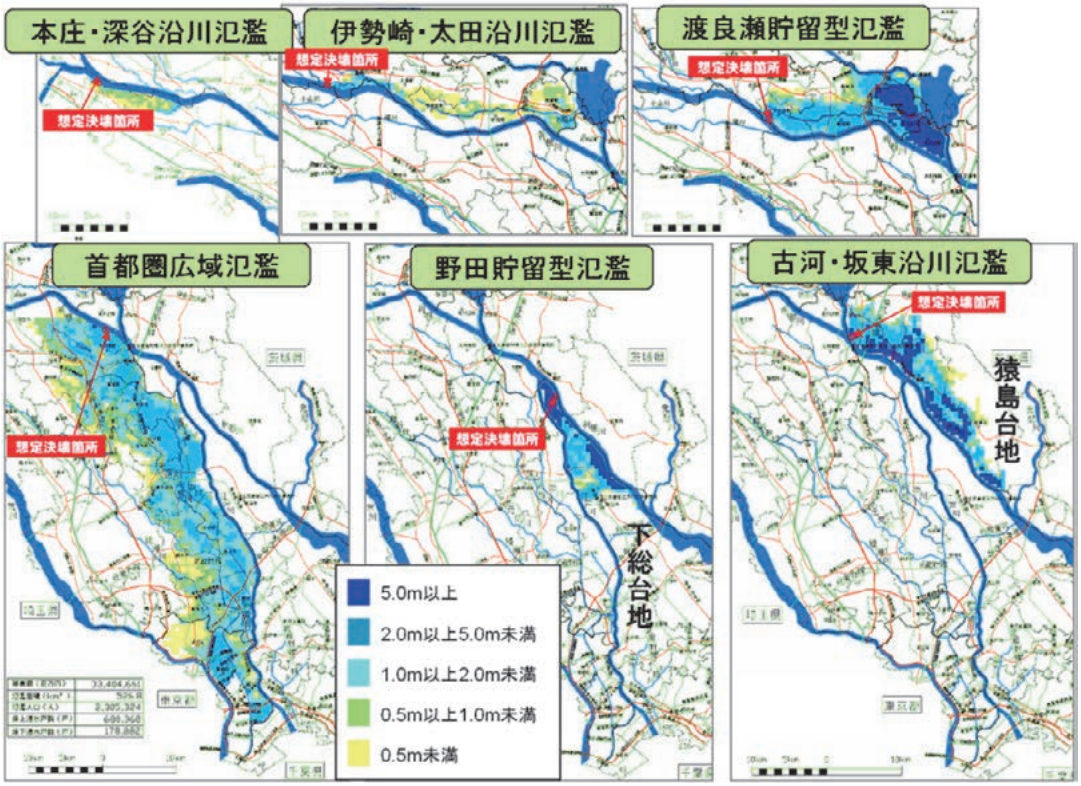


図9-2-4 利根川における各類型の代表ケースの浸水想定　1/200

出典：内閣府・中央防災会議・大規模水害対策に関する専門調査会資料

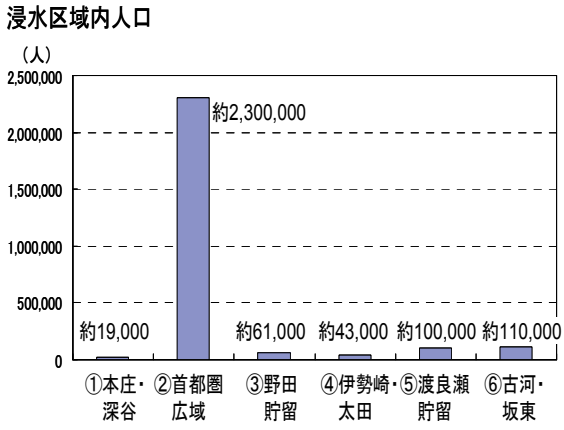


図9-2-5 浸水区域内人口

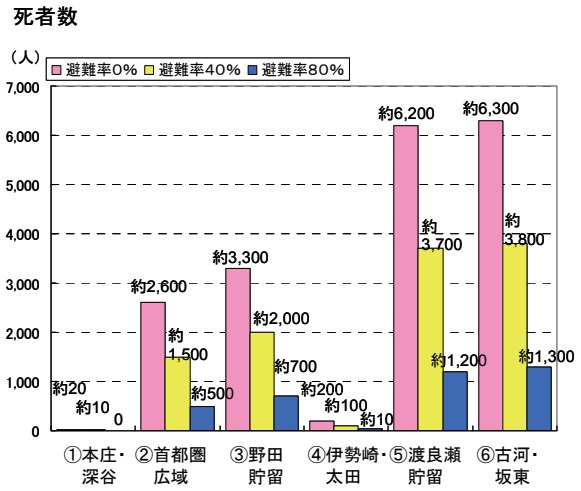


図9-2-6 想定死者数

出典：内閣府・中央防災会議・大規模水害対策に関する専門調査会資料

＜関連通知等＞

1) 治水経済調査マニュアル(案)，平成 17 年 4 月，国土交通省河川局.

2) 水害の被害指標分析の手引（H25 試行版），平成 25 年 7 月，国土交通省水管理・国土保全局.

第 10 章　災害調査

目　次

第 1 節　総説 1
1．1　本章の位置付け 1
1．2　目的の明確化 1
1．3　分類 2
1．4　基本的留意事項 2
第 2 節　対象とする区域等に応じた災害調査 3
2．1　河川区域及びその周辺を対象にした災害調査 3
2．1．1　目的の設定 3
2．1．2　調査内容 4
2．2　河川氾濫域等を対象にした災害調査 5
2．2．1　目的の設定 5
2．2．2　調査内容 5
2．3　砂防域及び急傾斜地等を対象にした災害調査 6
2．3．1　目的の設定 6
2．3．2　調査内容 6
2．4　海岸及び海岸低地を対象にした災害調査 7
第 3 節　災害調査成果の蓄積と共有化 7

平成 26 年 4 月　版

第10章　災害調査

第1節　　総説

1．1　　本章の位置付け

＜考え方＞

本章は、暴風、豪雨、洪水、高潮、地震、津波、噴火その他の異常な自然現象が原因となって生じた災害を主対象に、災害後に施設等の被災状況、浸水被害等一般被害の状況、災害に伴う社会的な影響等について事実関係を調査し、必要な分析を行う災害調査について、その目的の設定、分類と基本的留意事項を第１節で、対象とする区域等に応じた調査内容を第２節で示す。また、第３節では調査結果の蓄積と共有化について示す。

本基準において調査の対象としている主な区域等は、河川区域及びその周辺、河川氾濫域、砂防関係事業実施区域(以下、「砂防域」)及び急傾斜地等、海岸及び海岸低地等である。

第１章 総論 1.3 改定の要点 と 3.3 激甚化する災害への対応 で述べているように、激甚な災害が頻発する状況下、災害が起こった際に、その内容を適切に調査することの重要性はますます高まっている。その一方、災害の態様は様々で、複雑な状況を呈することも多く、災害の調査を行うことは重要という一般論だけをもって、災害現場で調査を行い、関連情報を収集しても、必ずしも有用な知見が獲得できるとは限らない。

このことを踏まえ、本章では、上述の区域等で災害が発生し、災害調査の実施が検討される際に、考慮すべき事項と役立つ事項を述べ、当該災害調査が「災害の内容から有益な知見を得る」ものになるための助けとする。

1．2　　目的の明確化

＜考え方＞

災害調査に取りかかる際には、具体的な目的を明確にすることが重要である。このことは、調査から有益な知見を得る上で必須であり、また、調査の有効性や実施の要否を判断する際の尺度にもなる。

以下に、目的となり得る代表的な事項を列記する。

災害調査の実施検討に当たっては、当該災害の内容を踏まえ、これらの目的設定の代表例を参考に、適切かつ具体的な目的設定を行う。なお、当該災害調査について、あらかじめ具体の目的が与えられている場合には、それに従う。

1）災害事象に関わる事実関係を調査し分析することにより、たとえば当該災害からの適切かつ迅速な復旧に用いるべき技術的方法の検討に役立てる。
2）調査分析を通じて、災害の起こり方をできるだけ定量的、客観的、論理的に説明できるようにすることにより、技術基準の改訂などにいかす。
3）災害調査等から得られた知見を、体系的な形で蓄積・共有化することにより、計画・設計・管理などに幅広く着実に反映させる。
4）災害事象は、実スケールの現象であることから、その調査を通じて、従来採られてきた施策等について、ソフト・ハードにかかわらず、有効性や課題を具体的に明らかにすることにより、施策等の改善・見直しを図ることに役立てる。
5）災害事象の解析や設計、評価手法についても，それらの結果と実態との適合度や用いられてきたパラメータ値等について新しい情報を得ることにより、手法の精度向上やパラメータ等の設定法の合理化に役立てる。
6）社会・経済的状況との接点に関わる事象を含む新たな課題をいち早く特定することにより、行政政策として取り組むべき事項を先行的に見いだし、政策の企画・立案に役立てる。

７）中長期的に取り組むべき新たな技術開発課題を得る。

1．3　分類

＜考え方＞

災害調査は、

１）災害を引き起こした事象、
２）災害が生じた区域等、
３）被災対象、
４）災害調査の段階

の４つの観点から分類することができる。

これらのうち、３）の観点からは、河川区域や海岸保全区域、砂防域などに設置された施設等や、防災・減災機能等に密接に関係する地形・地被・地物の変化等、人的被害をはじめ生活、社会、文化、経済活動に関するものなどに分けられる。4)の観点からは、たとえば，（緊急復旧対応のための）初動・即応段階、（本復旧に向けた）原因究明・現象解析段階、技術基準等や政策への反映段階などに分けられる。

これから行おうとする災害調査が、上述の分類に照らして、どのような性格を有するのかあらかじめ整理し、関係する先行調査等の情報を集めることにより、当該災害調査の留意点や適用範囲等を把握することに役立つ。

なお、環境保全上の観点から，主として攪乱及び場の形成作用に着目して行う河川における洪水等の自然インパクトの影響に関する調査については、第 11 章 河川環境調査 による（調査の基本的な考え方は第 11 章 河川環境調査 1.3 と 1.4 を、分析に際しての基本事項は同章の 16.1 を参照する）。

1．4　基本的留意事項

＜考え方＞

調査に当たっては、本節の 1.2 目的の明確化 に示すように明確化した具体の目的に応じて、また、1.3 分類に示す４つの観点からの分類などによる類型に応じて、調査対象ごとに適切な方法を採用する。

なお、種類の異なる外力が複合的に作用したり、連鎖的な事象が起こって、より大きな災害が発生することがあり、そのような場合には、災害の全体状況を把握できるように総合的な観点から調査を組み立てる。

また、調査に当たっては、必要に応じ、本技術基準調査編の他章で提示された調査・解析・計算など個別の検討手法を適切に組み合わせて用いる。その上で、調査に際しては、次の事項に十分留意する。

１）「調査対象とするかどうか」「どの程度の規模の調査を実施するか」に関する適切な判断

災害発生を早期に把握した上で、調査実施の必要性の有無や優先順位、調査を行う場合の規模・体制について、設定した目的に照らし、当該災害の技術的重要度、社会的影響の程度、期待される効果と制限要因（コスト、人的資源、時間、支援体制の確保など）を比較検討し、適切かつ迅速な判断を行う。

２）適確な調査時期の設定

災害の実態をいち早く掴むことが必要な災害調査においては、災害状況ができるだけそのま

ま把握できる段階で現場調査を実施する。ただし、こうした対応を行うに際しては、被災者・被災地への配慮や復旧活動への影響等（現地の状況）について十分考慮する。
　また、社会的影響を調査する社会調査については、被災地の行政機関にある程度の余裕ができ、被災者の心情が落ち着くまで調査は控えるべきである。

３）調査に求められる技術レベルの明確化と必要な専門性の確保
　特に原因究明・現象解析段階において、調査結果から、具体的な技術判断や施策検討に資する情報を得るには、災害の起こり方を極力定量的、客観的、論理的に説明できる情報を災害調査から引き出すことが必要となる。このために調査において投入すべき技術のレベル（現象把握や解析の詳細度や精度，調査・解析手法の難易度，これらに応じた専門分化度など）を明確にし、そのレベルに見合った専門性を確保した上で調査を進める。また、災害に関わる事象が複数の専門分野にわたる場合には、個々の分野における分析を行うだけでなく、それらを横断的に統合する分析も行う体制とする。

４）現場情報・データの収集・整理に関する適確な支援
　災害調査においては、様々な情報を必要とし、特に、災害が生じた現場に関する諸情報が調査の効率性と有効性にとって重要となる。被災者・被災地への配慮や復旧活動への影響等を十分考慮した上で、当該現場の管理者等と連携を図りつつ、こうした現場情報・データを効率的に収集・整理・提供する支援体制を整える。

＜推　奨＞

　上記２）に関して、被災地に様々な機関による調査が集中しないよう、関係機関と共同調査を行うなど、調査実施について調整を行うことが望ましい。また、状況が許す範囲で、被災した施設等を調査時まで極力存置するような処置を検討することが望ましい。
　上記３）に関して、直接的災害事象だけでなく、それが生じた背景も分析対象に組み込むことが望ましい。また、アンケート調査など社会調査を実施する場合には、調査方法や分析方法の妥当性を確保するため、調査票の作成、現地調査の実施等に当たり、社会調査の専門家の意見を聴いて行うことが望ましい。

＜参考となる資料＞

　社会調査に関する留意事項については、下記の資料が参考となる。
　1)　日本災害情報学会：東日本大震災における調査ガイドライン，2011.

第2節　対象とする区域等に応じた災害調査

2．1　河川区域及びその周辺を対象にした災害調査

2．1．1　目的の設定

＜考え方＞

　河川区域及びその周辺を対象とした災害調査は、(第 10 章 災害調査 1.2 に示すように) 明確化した目的を達成するため、河川管理施設を主対象とし、洪水、地震等の異常な自然現象やそれがもたらす河道等の地形変化が原因となって、治水・利水などに関わる所定の機能が喪失又は一部不全に陥った、あるいはそれが懸念される変状・損傷の状況を把握するものである。許可工作物についても、災害の程度と影響度、その災害を調査することで得られる技術的知見のほか事例への活用度等を勘案して、必要に応じ対象に含める。
　なお、難侵食性の土層が露出した河床域、堤防の対侵食安全性に密接に関わる高水敷、洪水流や氾濫流の減勢効果を有する堤防近傍の樹木群や高水敷など、防災・減災に関わる有意な機

能や影響が認められる地形、地被、地物等についても、その重要性と変状・損傷の規模等に応じて、適宜、災害調査の対象に加える。

2．1．2　調査内容

＜推　奨＞

河川区域及びその周辺を対象とした災害調査は、変状・被災発生の把握後から調査内容と結果活用を段階的に充実させる方式とすることが望ましい。段階としては以下の３つが目安となる。

なお、全ての災害について最終段階まで進める必要があるとは限らず、対象とする災害の内容や設定した目的に応じて、どの段階まで調査を進めるかを適切に判断することも重要である。

１）初動・即応段階（おおむね１週間以内が目安）

原則として現地調査を実施した上で、災害の状況を概括的に把握する。発生場所、施設等の名称と種類、範囲・延長など規模、被災形態、想定される被災原因及び所見などについて調査を行い、写真・図等と合わせて整理する。この段階の調査から得られた災害の程度・重要性などの情報を総合的に勘案し、災害調査全体の構成（次に示すどの段階までの調査を実施すべきかなどを含む）を確認する。なお、被災の痕跡調査等については、降雨や次の出水や、仮締切等の応急措置の前にできる限り速やかに実施することが望ましい。

２）原因究明・現象解析段階

a)　情報整理段階（おおむね３か月以内が目安：災害の規模、災害復旧等の緊急性に応じて適切に設定）

下記項目について整理し、出水時の外力、河道特性、被災形態などから推定される被災の機構とプロセスについて整理する。地震動による災害を対象にする場合、震動に関する情報を把握する。

①　被災時の雨量、水位、流量、雨量確率規模など気象・水文・水理情報
②　被災場所の河床縦断形状、横断形状、平面形状、河道構成材料の粒度分布など河道特性
③　調査対象の被災前の構造諸元、点検・補修履歴など管理状況に関する基礎的情報
④　調査対象の被災後の形状や隣接する周辺河道地形の測量、河床材料など土質分析、調査対象を構成する材料強度、目視観察等による変状の調査結果

なお、堤防の被災後調査については、第 15 章 土質地質調査 第 2 節 河川堤防の土質地質調査 を参照すること。

b)　詳細分析段階（１～2 年以内が目安：災害の規模、災害復旧等の緊急性、技術的な重要性、分析の難易度に応じて適切に設定）

上記 b)の段階で推定した被災の機構とプロセスについて、流れ、土砂移動、地形変化、地震動、構造物の応答・変形・破壊に関する解析を用いた検証などを通じて、定量的・具体的な説明を得るべく検討する。この解析は、被災の直接的な原因となった外力や地形変化の評価を行い、それに対する調査対象の許容変形度、抵抗力、耐力等の比較を定量的に行うことが基本となる。なお、調査量の制約や投入できる技術水準の限界などの理由によって客観的

手法により十分な検討が行えない場合であっても、今後の技術改善につなげていくための課題をできるだけ具体的に抽出する。

３）技術基準等や技術政策への反映段階

以上の検討から得られる知見に基づいて、施設や河道等の設計やこれらの管理技術の改善、見直しなど技術政策への反映の方法を検討するとともに、更に検討すべき技術課題を整理する。ただし、この段階の検討は、必要に応じ、上記２）と並行して行い、結果の活用も最終取りまとめ後だけでなく逐次的に行っていく。

2．2　河川氾濫域等を対象にした災害調査

2．2．1　目的の設定

＜考え方＞

河川氾濫域を対象とした災害調査では、浸水現象（浸水範囲、浸水深、氾濫流速、これらの時間変化等）及び浸水と人的被害、直接被害、間接被害の関係を把握し、浸水解析の精度向上、治水経済調査・水害リスク評価手法の高度化、危機管理対策の高度化に資する情報・知見を得ることが有力な目的候補となり、目的設定において、このことを考慮する。なお、調査の時期・方法については、被災者・被災地への配慮や復旧活動への影響を十分考慮して適切に設定する。

2．2．2　調査内容

＜推　奨＞

災害調査は、対象とする災害の内容や設定した目的を踏まえつつ、以下６項目について、河川氾濫に伴う災害に関する様々な角度からの調査をバランス良く組み立てることが望ましい。

１）浸水現象の把握

あらかじめ浸水範囲の全体をおおまかに把握した上で、適切に調査ポイントを設定し、痕跡や住民への聞き取り等から、浸水深、流速、時刻等を把握する。調査結果は、地図上に整理し、必要に応じて再現計算結果等とも併せて浸水の時空間的な広がりを把握する。

２）人的被害

自治体等への聞き取り調査等から、人的被害の発生場所、時刻、発生状況等及び自治体で行った防災情報の把握・意思決定・提供等の危機管理対応の状況を把握するとともに、必要に応じて現場調査や関係者への聞き取り調査を実施する。また、アンケート調査等により住民の避難行動（避難した理由・しなかった理由、避難情報取得の方法、避難の時期・手段等）について把握する。これらを浸水現象と併せて時系列に整理することにより、人的被害の発生要因や教訓等を整理する。

３）直接被害

家屋・建物・事業所や道路、交通・電力・水道等インフラ施設について被災状況を把握し、浸水状況と被害状況の関連性を整理する。

４）間接被害

インフラ施設を含む被災地の復旧までの期間とその間の市民生活、産業活動、社会活動への影響を、当該氾濫域以外の波及被害を含めて定量的・定性的に把握・整理する。

５）避難状況

避難勧告・指示等の発出状況、避難人数、避難率等の実際の避難状況、避難場所の配置など避難に関係する情報を把握・整理する。

６）ハード・ソフト施策との関連に関する分析

被災区域でのソフト施策の実施及び効果発揮状況を把握し、また河川区域及びその周辺を対象にした災害調査(2.1)に示す調査により把握した治水に関わる施設等の被災や機能発揮状況を活用し、これらを上記１）～４）の調査結果と比較することにより、被害状況とハード及びソフト施策との関連について分析を行い、効果の確認と課題の整理を行う。

2．3　砂防域及び急傾斜地等を対象にした災害調査

2．3．1　目的の設定

＜考え方＞

土砂災害を対象とする災害調査では、災害に至る土砂移動現象を把握し、災害の再発及び拡大防止と復旧事業を安全に進めるための知見・情報を得ること、また、長期的には土砂災害に関する新しい知見を得ることにより、より高度な対策手法を検討するための資料とすることが有力な目的候補となる。

特に、多くの場合、初動・即応段階から原因究明・現象解析段階にかけての調査において、次の事柄を適切なタイミングで実施・提供することが重要となる。

- 土砂災害の危険度(再発及び上下流・側方等への拡大による再度災害の可能性)判断
- 土砂災害の再発防止に向けた応急対策方法に関する検討
- 予防・恒久対策に向けた適切な災害発生の機構解析

災害調査の結果は、住民の警戒避難、施設管理者の応急復旧などに反映させることが必要であるので、調査結果につき、土砂災害防止法に基づく緊急情報等の形式により自治体、施設管理者に早期・確実に情報提供することが必要である。

目的設定においては、以上のことを考慮する。

2．3．2　調査内容

＜推　奨＞

調査は、対象とする災害の内容や設定した目的を踏まえつつ、現状の危険度判定のための初動・即応段階、対策計画の検討のための原因究明・現象解析段階それぞれで行うべき以下の調査内容を踏まえて実施することを推奨する。

両者は独立したものではなく相互に強く関係し重複する内容が多く含まれていることを理解し、両段階の調査を可能な範囲で並行して連携させつつ進めることが望ましい。

また、続行する調査で資料を追加、補強しやすい方式で調査を進めることに留意する。

１）初動・即応段階の調査

a)　災害概要の把握：被災状況、災害範囲、保全対象、被害拡大の可能性等

b)　広域調査：地形、地質、災害分布等

c)　現地調査：災害規模、発生要因、土砂移動現象等

２）対策計画検討のための原因究明・現象解析段階の調査

a)　誘因・素因の調査

b)　機構解析

c)　法指定等の確認

なお、調査の細部に関しては第 17 章 砂防調査 から第 20 章 雪崩調査 によるものとする。

2．4　海岸及び海岸低地を対象にした災害調査

＜標　準＞

海岸及び海岸低地を対象とする災害調査については、第 21 章 海岸調査 第 12 節 海岸災害調査 によることを標準とする。

第3節　災害調査成果の蓄積と共有化

＜標　準＞

災害調査の成果は、適切な形で蓄積し、河川等の計画、設計及び維持管理等のための技術情報として共有化できるようにすることを標準とする。

＜参考となる資料＞

災害調査成果の蓄積と共有化については、下記の資料が参考となる。

1)　「美しい山河を守る災害復旧基本方針」【ガイドライン】の改定について，平成 26 年 3 月 31 日，国水防第 660 号，国土交通省水管理・国土保全局防災課長通知.

第 11 章　河川環境調査

目　次

第 1 節　総説 1
1．1　総論 1
1．2　河川環境調査の目的 1
1．3　調査計画立案における留意点 2
1．4　河川環境の要素 5
1．5　生物関連調査の基本 9
第 2 節　河川における環境調査の手法 について 10
2．1　概要 10
2．2　環境要素別の調査方法 10
2．3　調査項目と河川環境把握のための工夫 11
第 3 節　河川流量調査 12
3．1　概要 12
3．2　正常流量の検討 13
第 4 節　河道形状調査 13
4．1　概要 13
4．2　水域調査 14
第 5 節　河道構成材料調査 15
第 6 節　河川水質 15
第 7 節　植物調査 15
7．1　植物相調査の概要 15
7．2　植物相調査の事前調査 16
7．3　植物相調査の現地調査計画の策定 17
7．4　植物相調査の現地調査 17
7．5　植物相調査の調査結果取りまとめ 17
7．6　植物相調査の考察・評価 17
7．7　植生調査の概要 18
7．8　植生調査の事前調査 20
7．9　植生調査の現地調査計画の策定 20
7．10　植生調査の現地調査 21
7．11　植生調査の調査結果の整理 24
7．12　植生調査結果の考察・評価 24
第 8 節　付着藻類調査 25
8．1　付着藻類の概要 25
8．2　付着藻類調査地点 25
8．3　付着藻類調査の実施時期 26
8．4　調査方法 26
8．4．1　試料の採取 26
8．4．2　試料の固定 28

8．5　室内分析 28
8．5．1　試料の調整 28
8．5．2　同定・計数 28
8．6　その他の調査方法 29
第 9 節　魚類調査 29
9．1　概要 29
9．2　事前調査 31
9．3　現地調査計画の策定 31
9．4　現地調査 31
9．5　調査結果取りまとめ 33
9．6　考察・評価 33
第 10 節　底生動物調査 33
10．1　概要 33
10．2　事前調査 34
10．3　現地調査計画の策定 35
10．4　現地調査 35
10．5　調査結果取りまとめ 39
10．6　考察・評価 39
第 11 節　鳥類調査 39
11．1　概要 39
11．2　事前調査 41
11．3　現地調査計画の策定 41
11．4　現地調査 45
11．5　調査結果取りまとめ 47
11．6　考察・評価 47
第 12 節　両生類・爬虫類・哺乳類調査 47
12．1　概要 47
12．2　事前調査 49
12．3　現地調査計画の策定 49
12．4　現地調査 49
12．5　調査結果取りまとめ 51
12．6　考察・評価 51
第 13 節　陸上昆虫類等調査 51
13．1　概要 51
13．2　事前調査 52
13．3　現地調査計画の策定 53
13．4　現地調査 53
13．5　調査結果取りまとめ 54
13．6　考察・評価 54
第 14 節　河川空間利用実態調査 54
14．1　概要 54
14．2　河川空間利用者数調査 54
14．3　「川の通信簿」調査 56
第 15 節　河川景観調査 56

第 16 節　河川環境の総合的な分析 57
16．1　環境調査結果を取りまとめる際の視点 57
16．2　『河川環境検討シート』を利用した環境調査結果の取りまとめ 58
16．3　河川環境調査結果から作成される主な資料 58
16．4　河川環境資料の活用法について 68
16．5　河川環境資料の使用上の注意について 68
第 17 節　新しい技術の利用 69
17．1　総論 69
17．2　安定同位体比計測 69
17．3　遺伝子解析 70
17．4　テレメトリ計測 70
第 18 節　環境影響評価 71
18．1　概要 71
18．2　環境影響評価法に定める対象事業 72
18．3　ダム事業 72
18．4　堰事業 73
18．5　湖沼開発事業 73
18．6　放水路事業 73
第 19 節　戦略的環境アセスメント 74

平成 26 年 4 月　版

第11章　河川環境調査

第1節　総説

1．1　総論

＜考え方＞

本章は、河川環境調査を実施するために必要な技術的事項を定めるものである。ただし、河川環境という概念により包括される調査対象範囲は極めて広範囲であり各河川固有の多様な環境が存在するため、まずは共通概念を明らかにする必要がある。

そこで本章では、河川環境調査の目的(1.2)について最初に言及した後、調査計画立案における留意点(1.3)、河川環境の要素(1.4)、調査対象に応じた調査手法及び取りまとめ方（第3～15節）について整理し、河川環境の総合的な分析から河川整備の計画段階から管理までの各局面での活用方法について（第16節）記載する。

1．2　河川環境調査の目的

＜考え方＞

平成9年の河川法改正により、治水・利水に加えて「河川環境の整備と保全」が河川管理の目的の一つに加えられた。「河川環境の整備と保全に関する基本的事項は、動植物の良好な生息・生育環境の保全・復元、良好な景観の維持・形成、人と河川との豊かなふれあい活動の場の維持・形成、良好な水質の保全について総合的に考慮して定める」ものであり、河川環境調査は、これらの項目について河川環境の実態を把握することを目的として実施されるものである（ただし、「良好な水質の保全」に関する調査については、第12章 水質・底質調査 に記載する)。

河川は、水域と陸域が接する場であるとともに、流量や地形の変動が大きく、かく乱の激しい環境である。また、現代においては、土地の高度利用の進展にともない、流域の湿地環境が減少する中、河川区域に湿地環境が残っており、その限られた空間に貴重な生息・生育環境が維持されている場合が多い。河川環境調査は、このような河川の特徴を踏まえて実施する。

河川環境調査は、１）河川整備計画等の策定、２）改修事業等の河川環境への影響あるいは効果の把握、３）自然再生事業の評価、４）河川維持管理、５）河川環境の評価のための系統立ったデータの蓄積、６）大規模出水による影響把握を目的とする場合、等を行うに当たって、河川環境の観点から必要な情報を得るために実施するものである。

河川環境調査は上記　１）～６）の場面において、具体的には以下のように活用される。

１）河川整備計画等の策定

河川整備基本方針や河川整備計画を策定するに当たり、河川環境調査を適切に実施することにより、流域の環境を把握し、河川環境の整備と保全を図りながら、治水・利水事業の河川環境に与える影響を最小化することができる。

２）改修事業等の河川環境への影響あるいは効果の把握

改修事業は、規模等によって「通常の事業」、「大規模事業」、「環境影響評価対象事業」に大別される。環境影響評価対象事業に関しては、省令に基づいた調査を行うが、それ以外の事業においても、事業前後の環境調査を実施することで、人為的インパクトに対する環境変化（レスポンス）を把握し、改修の影響の最小化及び改修による河川環境の改善効果を明らかにすることができる。事業においては、これらの結果を活用して順応的（アダプティブ）に河川環境を管理することが重要である。

３）自然再生事業の評価

レキ河原の再生や干潟の再生等の自然再生事業に伴う環境再生の効果を事前事後調査から評価することができる。

４）河川維持管理

河川環境調査を適切に実施することにより、河川整備計画等に基づく河川環境の整備と保全を目的とした維持管理が可能となる。河川環境の維持管理対策については、維持管理編（河川編） 第８章 河川環境の維持管理対策 によるものとする。

５）河川環境の評価のための系統立ったデータの蓄積

調査項目や調査手法を統一することで、全国の河川間でのデータ比較や同一の河川で過去と現在のデータを比較するなどといった河川環境変化の評価が可能となる。たとえば気候変化による生物分布の変化や近年問題となっている外来種、移入種の拡大傾向等はこれらの情報から把握することが可能となり、次の段階である対応・管理にとって貴重な情報となる。また、事業の構想段階から環境への影響を考慮しつつ事業計画を策定する戦略的環境アセスメント（第19節）は既存の資料等を基に環境への影響を評価するため、これらの系統立って蓄積されたデータは重要な基礎資料となる。

６）大規模出水による影響把握を目的とする場合

大規模な出水が生じると、河川環境が激変する。河川環境の管理においては、大規模出水に伴う環境変化について理解することが重要であり、既往調査結果の整理を行うとともに、大規模出水が生じた際には、環境調査を実施することで、貴重な情報が得られる可能性が高い。

上記１）～６）を行う上で既存の調査結果や関係者間の議論を通じて、該当する河川環境の目指すべき方向性を明らかにすることが重要である。その上で、本章に記載されている調査や分析法を通じて河川環境の実態を把握し、その他の社会的制約条件を考慮した上で、関係者の議論を通じて目標を設定して、事業等を実施することが重要である。

1．3　調査計画立案における留意点

＜推　奨＞

河川環境の実態を把握するという河川環境調査の目的を満たすためには、調査計画立案に際して、以下の項目に留意することが望ましい。

１）環境要素間の関連性

総合的に河川環境を捉えることを目指した調査計画とすることが望ましい（個別環境要素調査のみを独自に設定するものではない）。個別環境要素調査（たとえば生物調査）の実施に当たっては当該環境要素調査とその他の河川環境要素調査（たとえば水質調査）と同一あるいは近傍に調査地点を設けたり、調査時期を調整したりすることで調査結果の関連性検討を可能とするよう努める。

２）空間的関連づけ

河川環境調査結果について、空間的情報を必ず記録するが、その際、地理空間情報システムでの利用を念頭に置いて、調査場所の正確な情報を記録しておくことが重要である。また、調査地点の選定に当たっては、河川環境の物理的基盤となる情報（河川地形、景観、植生など）の空間的配置に基づいて決定することが重要である。

３）時間的関連付け

現在実施している河川環境調査は、現状を把握する上で重要であるだけではなく、将来の河川環境管理において比較対象となりうる重要な情報である。河川環境については、時間的変化を捉えることが重要であり、将来における利用を念頭において長期的な調査計画を立案するよう努める。

河川環境は、出水による攪乱に伴う急進的変化と平水時の漸進的変化を含め、常に変動するものとして特徴づけられるため、調査を実施した時点における河川環境を形成するまでの変動の履歴を考慮した調査を行うよう努める。たとえば数十年に一度といった大出水が生じた後に調査を実施すれば、前後の調査結果と照らし合わせることで、出水に伴う急激な河川環境変化や、その後の変化過程を把握することができる。

既往情報（たとえば過去の航空写真など）から得られる、あるいは推定される河川環境情報と現在の河川環境調査結果を比較することで、河川環境変化の傾向を読み取ることができる。この傾向を知ることで、河川環境管理に活かすことが可能となる。

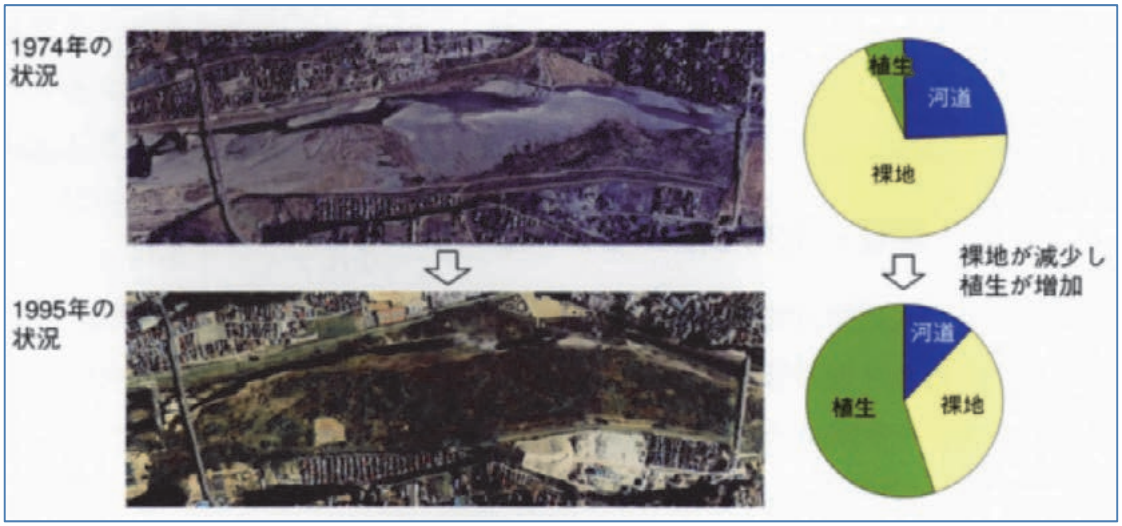


図11-1-1　航空写真を用いた歴史的変遷の整理事例

出典：河川環境目標検討委員会編：川の環境目標を考える，pp. 66，技報堂出版，2008.

４）調査結果の管理への反映

河川環境調査については、個別の河川環境要素の調査結果を機械的に整理するだけでなく、各種調査間の調査結果を総合した整理や分析を行い河川環境管理に反映することが重要である。調査結果の活用を念頭に置いた分析を行うことで、河川環境管理のために必要な情報が明確になると考えられる。

このように河川環境管理のために必要な情報が明確になってくれば、適切な情報を得るために必要な調査を再度計画するといったように、管理に必要な情報を主眼とした調査計画を作成することが可能になる。

このような過程をまとめると、「調査」→「結果の整理・分析」→「管理への反映」、そして再び管理に必要な「調査」といった形で、継続的に調査を管理へ反映させるサイクルになる。このようなサイクルを明確に意識することで、調査結果の管理への反映が可能となる。

５）調査計画の見直し

時間的関連付けの部分で述べたように、環境変化を把握するために行う継続的な調査は重要であるが、調査を管理に反映するために、必要に応じて調査計画を見直すよう努める。

６）調査結果の整理

調査結果については、系統的に整理してデータベースとしてストックするが、この際に、データを解析することを念頭において、所定の統一した書式で電子データとして保管するよう努める（様式については後述の各節を参照のこと）。

定期調査と事業アセスメント的な個別調査結果の一括管理（データベース化）ができることが重要である。このため、工事実施に伴う事業アセスメント等、個別随時行われる環境調査の結果も、極力統一書式での保管を行うことが望ましい。

７）利用目的に応じた調査

調査結果の利用目的に応じて、用いるべき手法や注意すべきポイントは異なる。

a)　河川整備計画等の策定

計画段階においては、既存の資料やデータを幅広く収集するよう努める。特に、河川水辺の国勢調査等、定期的かつ広域な既存データを活用し、調査することが重要である。また、計画内容の必要性に応じて、より詳細な調査を追加で実施することが望ましい。

b)　改修事業の河川環境への影響あるいは効果の把握

①「通常の事業」

計画段階においては、河川水辺の国勢調査等、既存のデータを活用し影響を調査するが、実施段階においては、必要に応じて、事業箇所に関する調査を実施するよう努める。

②「大規模事業」及び「環境影響評価対象事業」

事業実施箇所及びその周辺において、保全対象となる重要種を把握できる調査を実施するが、調査区域の中でも重要な種が確認される可能性の高い重要な箇所については、努力量が大きくなったとしても十分な調査を実施するよう努める。なお、環境影響評価法に定める対象事業の場合には、法で定められた環境影響評価を実施するために必要な調査を行わなければならない。

また、いずれの事業規模においても、改修事業実施後の影響を把握するための「事後調査」が行われることがある。前述の『河川の評価のための系統だったデータの蓄積を目的とする場合』（本節 1.2 河川環境調査の目的，P.2）と同様、標準化された調査手法で系統立ったデータの蓄積ができれば、個別の当該事業のみならず同種事業全体の評価に対しても有益なデータとなる。代表例としては、「ダム等管理のフォローアップ制度」に基づくフォローアップ調査が挙げられる。

③「河川環境の改善効果を把握する場合」

改修事業後のインパクトレスポンスを想定した調査を実施するよう努める。計画段階においては、既存のデータ等（必要に応じて現地調査を実施）を活用し、現在の生物存在状況を物理環境との関連性が評価できるように調査するが、改修事業後の河道状況を想定しどのような生物が存在しうるかを類推することが望ましい。また、実施段階においては、事前及び事後に現地調査を行い、事業効果のモニタリングを行うことが望ましい。

c)　河川維持管理

河川整備計画等に定められた河川環境の目標が維持管理によりどの程度満たされているかを明らかにすることが望ましい。基本的には河川水辺の国勢調査などの定期的な調査で確認しつつ、必要に応じて更に詳細な検討を行うことが望ましい。

d)　自然再生事業の実施のための評価を目的とする場合

①「絶滅危惧種の保全」

保全対象種及び保全対象種の生息に関連の深い種の調査を実施することが望ましい。さらに、保全対象種の生息に関連の深い生息場（餌場や産卵環境など）の調査を実施することが望ましい。

②「失われつつある場（干潟・湿地・レキ河原等）の再生」

環境の指標種を設定し、指標種の数の推移の調査を実施することが望ましい。また、生息場自体の再生状況の調査を同時に実施することが望ましい。

e)　河川の評価のための系統立ったデータの蓄積を目的とする場合

多くの箇所の相対的な比較が可能な手法で調査を定期的に実施することが望ましい。

また、注意すべきポイントとしては、継続性が確保できる手法であること、標準化(一定の調査努力量等の規格化)された手法であること、広範囲を行えるよう比較的安価な手法であることが望ましい。代表例としては、「河川水辺の国勢調査」が挙げられる。

f)　大規模出水による影響把握を目的とする場合

後述するように大規模な出水は河道内や河川敷の地形、生物や植物の生息に大きな影響を及ぼすため、その影響を把握するための調査を行うことが望ましい。

1．4　河川環境の要素

＜考え方＞

河川環境として考慮すべき要素は以下の項目を含む多くのものが考えられる。

１）河川流量（高水、低水、変動特性）

河川流量（類似概念として水位）は、河川環境を規定する最も重要な要素の一つである。

高水に関しては、発生頻度は低いが大規模な出水ほどより上位のスケールにおける川のかたちを変えうることが知られている。また、平均年最大流量がほぼ低水路満杯流量に相当し河道形成に関する検討において代表値とされているなど、河川流量は河川地形を形成する要因であるとみなすことができる。

低水の状況は、河畔植生や水生生物の生息場特性を規定する上に、水温や水質に影響を与えることから、生態系への影響が大きい。

このように河川流量は河川環境のあらゆる特性を規定している。さらに流量の変動特性は、出水後の物理環境（砂州の形成等）の安定化特性に影響を与える。物理環境の安定度は、そこに生息する生物種を規定している。一例として、河川環境においては、流量変動が小さくなると、環境が安定化しすぎて、その環境に強く適応した種のみが増加して、生物多様性が損なわれるという理論（中規模攪乱仮説）がある。実際、攪乱頻度や強度が減少して従来のレキ河原が減少するといった現象が全国的に顕在化している。攪乱を表現するためには、流量だけでなく、河道形状との関係から評価される冠水頻度や冠水時の攪乱強度という指標で評価する必要があるが、流量変動は、河川環境の要素として重要な攪乱を規定するものであり、攪乱の程度を表す指標としても重要である。河川流量調査手法については、第２章 水文・水理観測 によるものとする。

変動を含む河川流量特性（河川流況）は、河川に生息する生物の生育・生息状況を強く規定する。Bunn and Arthington(2002)は、河川流況が河川における水生生物の多様性に影響する観点として、以下のような４つの原理を提示しており、流況の持つ環境上の意味合いを評価する際に参考になる。

原理１：流れは河川の物理的な生物生息場を強く規定するもので、この作用により生物構成を規定する。物理的な生物生息場のスケールは、流域スケール（河道網規模）、リーチスケール（瀬や淵の分布）、パッチスケール（個々の河床材料に対する水理条件）にわたる。

原理２：水生生物は主として自然の流況に直接反応する形で生活史戦略を進化させてきている。

原理３：水域の縦横断方向の連結性が自然なパターンにより維持されることが、多くの河川に生息する種の生育にとって重要である。

原理４：流況の改変は、外来種や移入種の定着を促進させる。

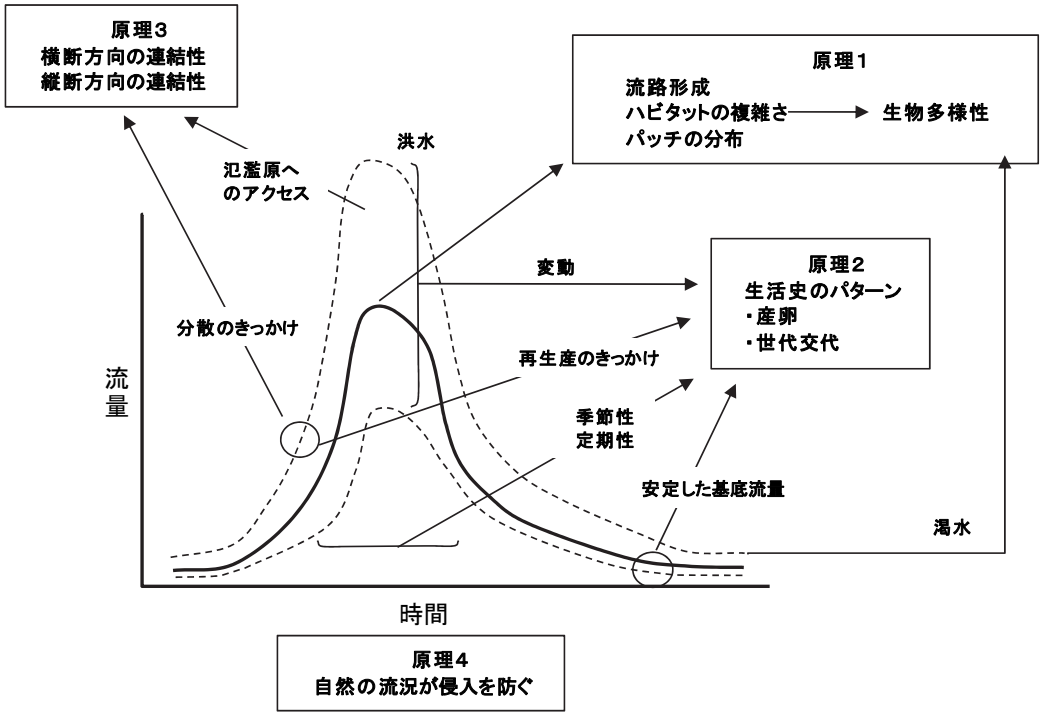


図11-1-2　水生生物の多様性と河川の自然の流況

出典:Bunn and Arthington(2002), A. H.: Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity, Environmental Management, v. 30, n. 4, pp.492-507,2002.より訳出

２）川のかたち

川のかたちは、水深、流速、河床材料、冠水頻度といった河川に生育生息する生物にとって重要な河川の物理環境に大きな影響を与える要素であり、河川環境を把握する上で重要な基盤的要素である。河川環境調査において川のかたちは、評価のしやすさという観点から、瀬や淵のようにひとまとめに把握しやすい単位で評価・把握するのが便利であるが、川のかたちを把握するに当たっては、その空間構造の階層性に留意することが大事である。これは、河川環境に図 11-1-3 に示す階層性が認められ、より大きなスケールの階層の環境がその下のスケールの階層の環境を規定するとともに、下のスケールの階層の環境の集まりが上のスケールの階層の環境を形成しており、その階層と川の空間構造の階層とを関連付けることが有用なためである。

川の空間構造の階層については、第 4 章 河道特性調査 第 2 節 河道特性調査に際しての基本的捉え方 2.1 河道の階層構造と類型区分 に述べるように、流域のスケール→セグメントのスケール→河川蛇行の一区間程度のスケール→瀬淵のスケールというようにスケールを段階的に区分して考える。その際、河川環境調査と河道特性調査による情報を有機的に結び付けて行く上

で、第 4 章 河道特性調査 の表 4-2-1 に示す階層構造を考慮しつつ、階層の類型区分についても必要な共通化を図り、蓄積する情報に一貫した方法で表記していくことが望ましい。

本章の第 16 節で後述する河川環境情報図においても、全体図、広域図、区間図と 3 つの空間スケールで河川環境を整理しているが、全体図は流域スケールからセグメントのスケール、広域図はセグメントのスケールから蛇行一区間程度のスケール、区間図は蛇行一区間程度のスケールから瀬淵のスケールで重要と考えられる河川環境要素に分けて、それぞれのスケールでの保全や管理に役立てることを念頭に置いたものとなっている。川のかたちに関する調査については、第 4 章 河道特性調査、第 11 章 河川環境調査 第 4 節 河道形状調査によるものとする。

川のかたちは、河道が河川流量、特に高水の作用を受けて、土砂流送が生じることで変化し、このことは次項に示す河川環境の時間的変化の重要な要因となる。低水路幅や堤防で規定される川幅など階層的に比較的上位の空間構造は、瀬淵のスケールか、それより下位の地形変化の基本特性を規定することが多い。したがって、比較的上位の空間構造のスケール等を支配しうる治水等のための河道計画が、河川環境を考える上でも重要な要素になる場合がある。

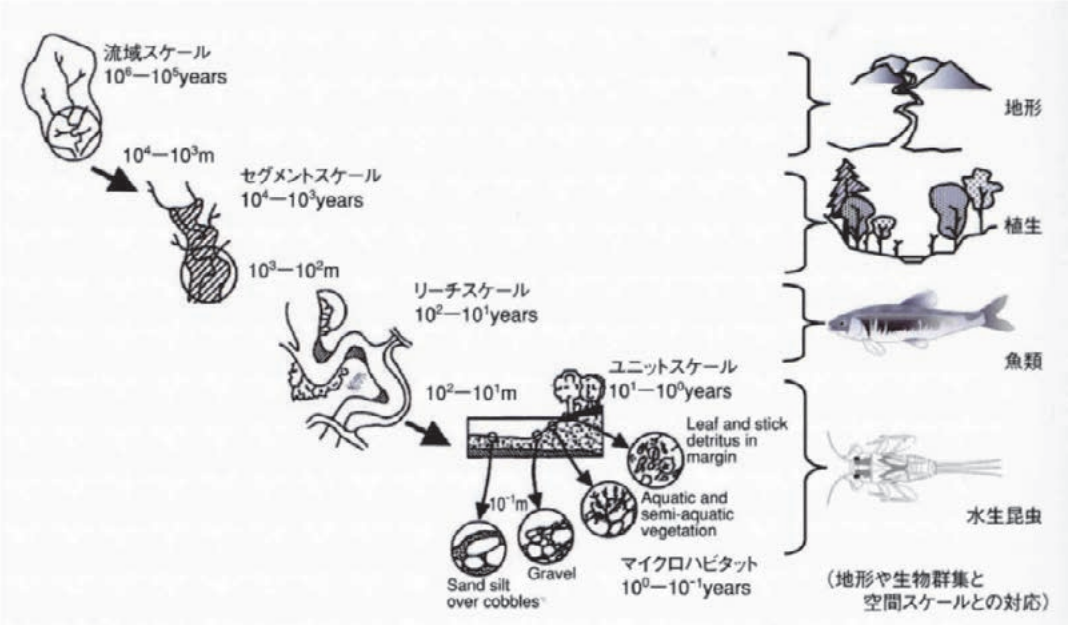


図11-1-3　河川環境の階層的な捉え方

出典：河川環境目標検討委員会：川の環境目標を考える，p. 15，技報堂出版，2008.

3）時間的変化（出水による変化、動的平衡）

現在目の前に存在する河川環境は、出水による攪乱に伴う変化、その後の回復過程といった自然要因による時間的変化や、河川改修等の人為的改変に伴う河川環境の時間的変化が全て累積された結果である。したがって、河川環境を捉える上で時間的変遷は、重要な要素である。比較的短期間の変化を対象とする場合には、河川環境は常に変動しながらも全体としてみれば大きく変わらないという動的平衡の概念を意識しながら河川環境の評価を行う必要がある。

4）河床材料・土砂流送

河川により流送される土砂は、堆積と浸食過程を通じて川のかたちを決定する。この点において、土砂流送は河川環境を規定する要素と考えることができる。また、河床材料の特性（粒径分布、間隙等）は、水域においては、付着藻類、底生生物、魚類の生息に強く影響するほか、陸域では植物の生育に強く影響している。更に出水等に伴う土砂の移動は、河川環境の攪乱に重要な役割を果たしている。これらのほかにも、細粒土砂は、河川における栄養塩類などの物質の運搬に深く関与している。上記のような観点から見て、河床材料の状態や土砂流送の状況

は、河川環境の中の重要な要素と言える。

５）河川水質

河川水質は、生物や生態系に影響するとともに、人の河川利用に大きな影響を及ぼす河川環境要素として捉えることができる。河川水質は、流域との関わりが大きく、流域における自然環境のみでなく、人間活動を反映したものであることが多い。高度成長期には、社会構造の変化が著しく、特に都市部における河川水質が大きく悪化したが、当時問題となった有機汚濁による水質問題は下水道整備等により相当改善されている。しかし、有害化学物質や環境ホルモン等新たな汚染形態への注目が高まっているほか、生活排水や農業由来の栄養塩類濃度の上昇等の問題が依然として残っている。

河川に生息する生物から水質を見た場合、水温が生物に与える影響が特に大きいほか、溶存酸素濃度やアンモニア態窒素濃度は河川における生物生息に直接影響する重要な項目と言える。河川水質の調査については、第 12 章 水質・底質調査 によるものとする。

６）連続性

河川は、流域を貫く連続した水域であり、生物の生息域として見た場合、縦断的連続性の確保が重要であるとともに、横断的連続性が確保されていることが重要である。縦横断的連続性は、回遊する魚類等が生活史を全うするために必要である。このため、河川横断構造物に魚道等の施設を設置することで、魚類等の移動経路（縦断方向連続性）の確保や、出水時等に、河道から周辺の湿地などに移動するために必要な横断的連続性を確保するために護岸形状、樋門構造等への配慮を実施することが望まれる。

また、河床下における浸透流が存在する層は、英語で Hyporheic zone と呼ばれており、河川水と地下水との相互作用の場としての重要性が近年注目されている。瀬淵景観の中において河床環境に影響する可能性があるため、河床環境に着目する際には、浸透流と河川流との垂直的連続性にも留意することが望まれる。

７）生物

河川に生息する動植物は、時間変動を含んだ河川の流量、形状、水質の状況やこれらの空間的分布といった河川環境の影響を包括的に受けながら、それに適応した結果として分布しているため、その河川の環境を示す直接的かつ総合的な指標と言える。生物は、種として評価されるほか、ひとかたまりの群集として評価される場合もある。一言で生物といっても、河川との関わり方は多様であり、評価の方法は様々である。水域に生育生息する生物と河川周辺の陸域に生育生息する生物とでは、河川管理方法による影響発現の機構には大きな違いがあると考えられる。また動物と植物による違いも大きい。生物調査については、本章 第 7 節 植物調査～第 13 節 陸上昆虫類等調査 によるものとする。

８）生態系

生態系は、そこに生息する生物群集と、それを支える非生物的要素から成っている。多様な環境が存在することで、多様な生物の生息が可能となるため、河川の中に本来ある環境の集合（環境区分）を保全することが重要になる。河川水辺の国勢調査で環境区分として分類する環境は、広義の景観ともいうべきものであり、一般的には多様な景観を保全することで、良好な生態系が維持されると考えられる。

生態系を捉える視点として、典型性や上位性という概念があり、環境影響評価においても、これらの概念が導入されている。

典型性とは、その場所（景観）においては良くみられるが、他の場所（景観）ではあまりみ

られない性質（生物種）を指している。河川の生態系の典型性としては、大きな視点で見ると、たとえばヤナギに代表される河畔の植物の存在が挙げられる。個別河川の生態系保全を考える上では、絶滅危惧種等特別な種の保全のみではなく当該河川の典型的な種や、これらにより構成される典型的な生態系の保全を目指す必要がある。

上位性とは、一連の生態系を構成する生物種間の被食捕食関係（食物連鎖）をみた場合に、食物連鎖の頂点に立つ性質を示している。このため、猛禽類や、大型ほ乳類が上位性を表す種となる場合が多い。上位性を有する種が持続的に生息しうる環境は、健全性も高いと考えられるため、上位性種の生息環境を評価して、食物連鎖からみた生態系構造を推定し、生態系全体の保全に役立てることが考えられる。

河川環境の保全に際しては、河川に生育・生息する生物を生態系という視点で捉えて、生態系全体としての保全を行うという考え方が必要である。典型性の評価のためには、TWINSPAN 解析、食物連鎖の評価のためには、魚類の胃内容物調査や、生物や有機物の安定同位体比解析(本章 17 節 新しい技術の利用 17.2 節参照)等の評価手法が開発されているので、新しい技術の導入も積極的に行うべきである。

９）景観

景観は、見た目という狭義の意味で使用される場合と、周囲と区別できる特定のひとかたまりの領域という視点で捉えられる生態系を要素とした全体のシステムを指して景観と呼ぶ場合があり、種々の異なる概念を内包する言葉である。

多くの場合は、前者の意味を指していると考えられるが、生態学の一分野として、景観生態学があり、この分野では後者の意味で景観という言葉を使用している。

いずれの意味で用いられるにしても、人間の利用という観点からも重要な要素であるといえる。景観調査については、第 15 節 河川景観調査 によるものとする。

＜参考となる資料＞

下記の資料が参考となる。

1） Bunn, S. E. and Arthington, A. H.: Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity, Environmental Management, v. 30, n. 4, pp. 492-507, 2002.

2） 河川環境目標検討委員会編集:川の環境目標を考える―川の健康診断,技報堂出版,2008.

生態系で記載した TWINSPAN 解析の詳細な説明については、下記の資料が参考となる。

3） 小林四郎：生物群集の多変量解析，pp.19-21，蒼樹書房，1995.

生態系で記載した安定同位体解析に詳細な説明については、下記の資料が参考となる。

4） 永田俊，宮島利宏：流域環境評価と安定同位体－水循環から生態系までー，京都大学学術出版会，2008.

1．5　生物関連調査の基本

＜考え方＞

本章は、河川環境調査全般について記述するものであるが、中心となるのは生物関連調査である。生物関連調査は、調査対象河川に生息する動植物相を調べる生物相調査、生物群集の構成を調べる群集・群落調査、さらに、食物連鎖を含む物質やエネルギーの流れを対象とする生態系調査等がある。また、生物の生息場所の特性を調べる生息場調査（ハビタット調査）がある。

河川における生物関連調査には、現状把握のための定期調査（河川水辺の国勢調査等)、河川

改修等環境改変を実施する際に影響評価を行うための調査がある。
　各種の生物関連調査に共通する要件として、生物種の確認位置を正確に記録することが挙げられる。また、生物種の記録にとどまらず、生息場特性を同時に記録することが重要である。
　さらに、河川改修との関連を把握することを目的とする場合には、インパクトレスポンスフロー（人為影響が生物生息にどのような過程に従って影響するかを想定した概念図）に基づいた調査を行うことが重要である。改修の影響を把握するための調査においては、改修を行った場所における事前事後調査のみでなく、類似の環境を有する場所において同一の事前事後調査を行うことで、改修による影響を抽出するという調査計画を立てることが重要である（BACI デザイン；Before-After-Control-Impact の略であり、改修時期の前後、改修の有無という４つの組合せに相当する調査を実施すること。改修による影響を、その他の影響を除いた上で評価することができる）。

第2節　河川における環境調査の手法 について

2．1　概要

＜考え方＞

　本節においては、河川環境調査の概要について記述するとともに、種々の河川環境要素に関する調査手法について記述された第３節以降の利用方法の概略についても記述する。
　河川環境調査は、調査計画立案における留意点(1.3)に記述した留意点に着目し、目的に応じた調査計画を立案し、これに沿って調査を実行する。
　たとえば「河川環境の評価のための系統立ったデータの蓄積」を目的とした、河川水辺の国勢調査を実施するのであれば、河川水辺の国勢調査の手法にのっとって調査を実施することになり、既に整理された方法で計画立案が可能となると考えられる。しかし、「改修事業等により人為的インパクトを与える場合の影響の最小化」を図ることが目的であれば、想定される改修が生じせしめる当該河川における環境要素の直接的改変（インパクト）に応じた種々の環境要素の変化（レスポンス）を予測するために必要となる諸調査を行い、評価に備える必要があるため、個別の計画立案による対応が必要になる。
　このように個別の計画立案による対応が必要となるような目的に応じた調査を行う場合には、環境要素間の関係を評価するための工夫を行う。上述のように、調査計画立案における留意点(1.3)に記述した留意点に着目して計画立案した後、調査を行うことになるが、個別の計画立案による河川環境調査は、計画段階における当該河川環境についての知見の程度により精度が異なることにも留意する。河川環境調査は、当該河川の環境に関する知見を積み重ねていく過程の重要な部分であり、現状の知見と、河川管理に必要な知見との差を縮めるものでなければならない。

2．2　環境要素別の調査方法

＜考え方＞

　河川における環境調査のうち、河川流量や河道形状調査等物理的側面を調査する手法についてはそれぞれ関連する章を参照するが、河川環境を把握する視点から考慮すべき事項を第３節から第６節に記載する。
　また、生物調査については、河川における生物調査の標準的な手法として広く用いられている『河川水辺の国勢調査マニュアル』に記載されている内容を中心に、一般的で共通的な事項を抽出し、その概要を第７節から第13節に示した。
　河川水辺の国勢調査は、河川環境の評価のための系統立ったデータの蓄積を目的とするものであるが、現地調査に至るまでの手順や、具体的な現地調査方法、また調査結果の整理方法は、他の目的を有する生物調査においても参考になる。特に調査結果の整理方法は、統一的な書式

でのデータ整理を行うためにも踏襲することが重要である。

河川水辺の国勢調査以外の生物調査においては、ここに記載した調査事項を適宜選択することで、目的に合った調査を計画立案するほか、必要に応じて、調査の目的や対象を考慮して適切な調査マニュアル等を参照するとともに、調査の目的や要求される調査精度等を勘案し、調査内容の拡充を図るなど、適宜柔軟に対応する。

2. 3　調査項目と河川環境把握のための工夫

＜考え方＞

直接的な目的がどのようなものであっても、河川環境を把握するためには、種々の河川環境要素の組合せが必要になる。このためには、調査の計画立案時点において工夫を行う。

＜例　示＞

高水敷を切り下げる河道改修を実施することを計画する際に、改修後の河畔植生がどのような分布状況になるか事前に評価することで、環境に配慮した断面の設計に役立てることが可能である。このような例を考えた場合、まずは現状の植生分布がどのような環境要因により規定されているかを知る必要がある。植生の規定要因としては、光、水、栄養、土壌（基盤）が挙げられるが、河畔植生に関しては、これらのほかに洪水による攪乱が挙げられる。

高水敷の切り下げによる植生への影響を考える際には、高水敷切り下げというインパクトがかかることで大きく変化すると考えられる植生の規定要因について検討する。大きく変化すると考えられる規定要因としては、攪乱が挙げられるため、計画する複数案ごとに、案に沿った断面における攪乱の影響変化を評価する。このためには、現状断面における攪乱の程度の分布と植生分布との関連を理解する必要がある。

このための作業として、現状の植生分布状況について植生図を作成することで整理するとともに、河道形状と流況（水位変化）を整理することで、比高と冠水頻度の分布が把握できる。これらの情報が空間的に重ね合わせることができれば、植生の分布と冠水頻度との関係が評価できる。関連性がないという結果が得られる植生もありうるが、比高と植生との間には下図の様に関係があることが知られているので、定量的な関係性が得られる可能性が高い。

図11-2-1　中下流部における植生配分の例

出典：リバーフロント整備センター：河川植生の基礎知識，p. 7, 2000.

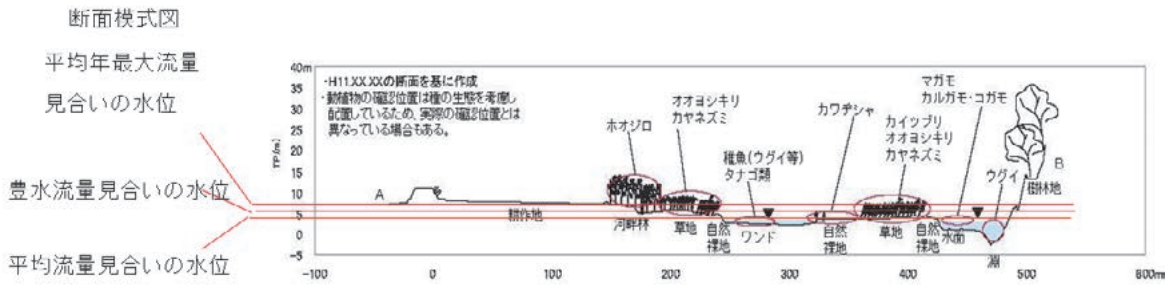


図11-2-2　植生分布（比高）と流況（水位）・冠水頻度に関する整理事例

出典：河川事業の計画段階における環境影響の分析方法に関する検討委員会：河川事業の計画段階における環境影響の分析方法の考え方，p.Ⅲ-64，2000.12，を加工

このような関係性が一度得られれば、改修案ごとに将来の植生分布の予測が可能になる。これは一つの例示に過ぎないが、評価あるいは把握が必要な環境要素について、他の環境要素と関連させるとともに、空間情報を正確に調査・整理し、地理空間情報システムを利用するなど電子情報化することにより、より高度な河川環境把握、評価への利用が可能になる。

第3節　河川流量調査

3．1　概要

＜考え方＞

流量データの取得の具体的な手法については第 2 章 水文・水理観測 によるものとする。流量調査は、通常の河川管理において実施されているため、データは環境調査とは別に存在する場合が多いと考えられる。流量は、河川環境調査における基礎的情報である。流量だけでは、環境情報とはなりにくいが、水位と冠水頻度や、洪水時の環境変化を評価するために、過去からの河川流量変化を調べることが必要となる場合が多い。また流量を独立変数として、従属変数として河川水質や河道内の流速場の変化を算出しておけば、比較的データが密に存在する流量データから、水質変化や流速変化を推定評価することが可能である。このように、流量データは河川における多くの環境要素の変動を規定する要因であり、環境調査に当たっては、整理する優先順位が極めて高い指標である。

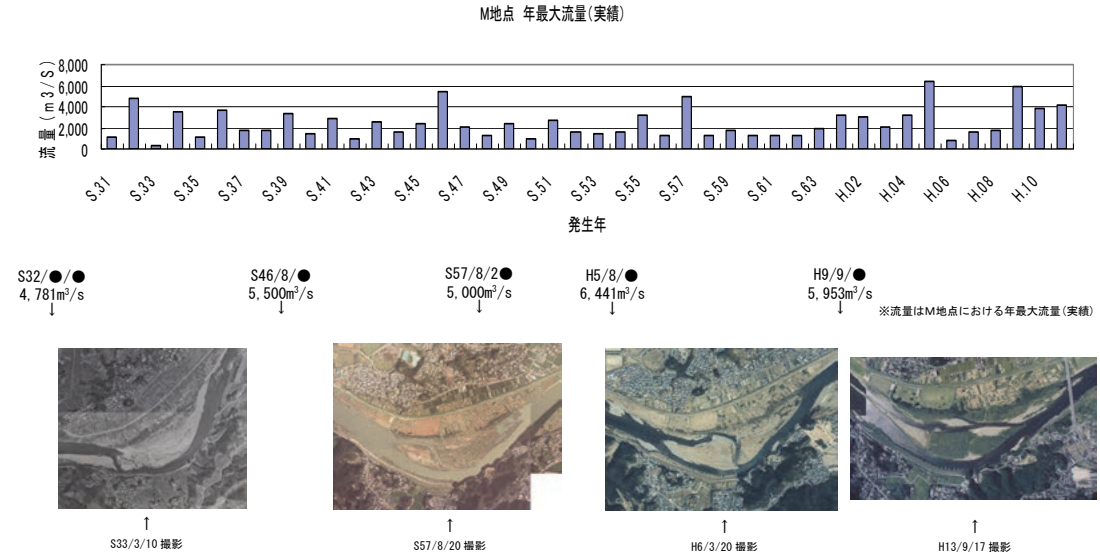


図11-3-1　年最大流量と砂州や植生の変遷との比較例

出典：河川事業の計画段階における環境影響の分析方法に関する検討委員会：河川事業の計画段階における環境影響の分析方法の考え方，p.Ⅲ-63，2000.12.

関連して、水域の連続性や水質の維持、水温等の適正な維持にとって重要な要素である正常流量の検討については本節 3.2 による。

3．2　正常流量の検討

＜考え方＞

正常流量（流水の正常な機能を維持するために必要な流量）とは、動植物の保護、漁業、景観、流水の清潔の保護などを考慮して定める維持流量、及び流水の占用のために必要な水利流量から成る流量であり、低水管理上の目標として定める流量である。維持流量と水利流量は必ずしも分離可能なものではなく、たとえば水利流量が維持流量の一部として機能する場合があることにも留意する。

正常流量の検討に際しては「正常流量の検討の手引き（案）」を参照する。この手引きでは正常流量の検討に先立ち実施すべき調査項目として、流況、河川への流入・河川からの取水量、河道状況（地形・物理データ、瀬淵、構造物等）、自然環境（水質、生物）、社会環境（観光・景勝地、イベント・親水、産業、ほか）、既往渇水等を記載している。

「正常流量の検討の手引き(案)」においては、「動植物の生息地又は生育地の状況」のため渇水時に確保すべき最低限の必要流量を設定するための一般的な手法が記載されているが、動植物はそれぞれ固有の生活史を有しており、水量に加えて、その生活史に応じた適切な流量変動や攪乱が重要であり、そのような観点から必要な調査計画を立てることが重要である。また、流量変動やかく乱に配慮した正常流量の設定手法については、これらの調査を通じてその確立に努めることが重要である。

＜関連通知等＞

1)　正常流量の検討の手引き（案），平成 19 年 9 月，国土交通省河川局河川環境課.

第4節　河道形状調査

4．1　概要

＜標　準＞

河道形状調査は、調査対象とする河川環境要素に対応したスケールで実施する必要がある。利用可能な既往の横断測量結果があれば、これらを利用することも可能である。横断測量については、第 4 章 河道特性調査 および第 22 章 測量・計測 によることを基本とする。

陸上部の形状に関しては、近年では航空機を利用したレーザープロファイラによる詳細な面的形状データが入手できる場合があり、植生分布と比高の関係を調べるために利用するなど、河川環境把握への利用価値が高い。また水域については、本節 4.2 を参考に調査する。

河道形状を把握するための調査としては、このほか、河川水辺の国勢調査で行われる「河川環境基図作成調査」があり、この中の「水域調査」では、河川の水域内の地理について調査する。「水域調査」については、本節 4.2 に記述する。

4．2　水域調査

＜標　準＞

１）目的

本調査は、河川区域内の水域部分の河道地形（瀬、淵、干潟など）を把握することを目的とする。

２）調査内容

調査区域内の水域における調査で、空中写真の判読や現地調査から、早瀬、淵、湛水域、ワンド、干潟、湧水箇所、流入支川位置等水域の地理を把握することを標準とする。

３）調査手法

水域調査の実施に当たってはまず判断素図を作成し、現地を確認し、結果を記録する。

a）判読素図の作成

平面図や既往文献等を参考に、早瀬・淵の分布、止水域の分布（湛水域、ワンド・たまり）、干潟の分布、流入支川等の位置等を空中写真から読みとり、判読素図を作成する。なお、止水域の原因が堰等の構造物である場合は、その情報についても記載する。

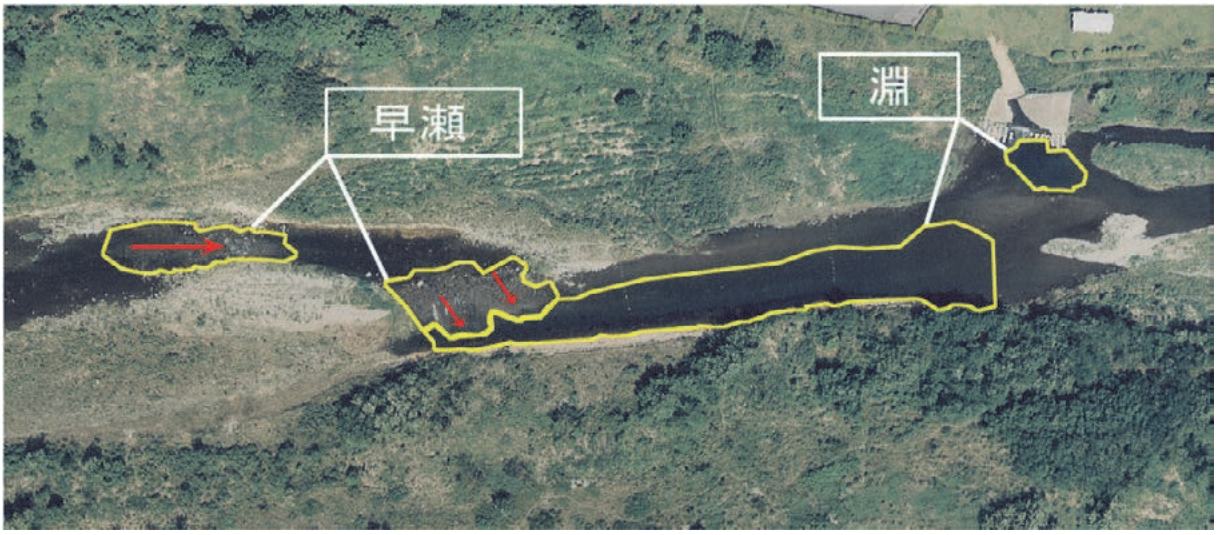


図11-4-1　早瀬・淵の判読例

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成 24 年 3 月一部改訂）

Ⅷ．河川環境基図作成調査編，p.Ⅷ-35.

b）現地調査

既往調査文献又は判読素図を基に現地調査を行い、必要に応じて判読素図を修正する。

c）調査結果の記録

空中写真の判読及び現地調査の結果を、地形図や平面化した空中写真に重ね合わせる。

また、現地調査時に撮影した写真も合わせて整理する。

なお、河川水辺の国勢調査においては、これらの結果は、植生図作成調査及び「構造物の情報等」とともに「河川環境基図」に取りまとめる。「構造物の情報等」については、構造物台帳及び多自然川づくり追跡調査等を基に記載する。

第5節　河道構成材料調査

＜標　準＞

河床や高水敷等を構成する材料の粒径分布等の調査に関しては、第 4 章 河道特性調査 第 3 節 各時点の河道状況 3.4 表面・表層の状態に記載した手法 によることを基本とする。河川環境把握の側面からは、河床材料の粒径分布が、水中では魚類や底生動物の生息場を規定する要因となっていることから、重要な調査項目である。

粒径分布については河道特性調査の既存結果を活用することができ、また本調査の成果を河道特性調査においても活用するというように、相互利用を図ることが大事である。その際、粒径分類･呼称については第 4 章 河道特性調査 第 2 節 河道特性調査に際しての基本的考え方 表 4-2-3 のものを極力を採用し、両調査で共通させることが有効である。

第6節　河川水質

＜標　準＞

河川水質に関しては、第 12 章 水質・底質調査 によることを標準とする。

河川水質は、流域の環境状況、流況により規定されていると言える。このため、これらとの関係を把握しておく必要がある。また、水質変化は河川に生育・生息する生物にとって重要な環境規定要因である。特に水温、濁度、溶存酸素、アンモニア濃度等は、生物への影響が大きいと考えられる水質指標であり、河川環境調査の際には、これらの項目を整理することを基本とする。

第7節　植物調査

＜考え方＞

植物調査には、植物の種を調べる「植物相調査」と、河川区域内の陸地部分の植物の育成状況（分布や群落の構成等）を調査する「植生調査」がある。

当節では 7.1 から 7.6 までに植物相調査、7.7 以降で植生調査について記載する。

7. 1　植物相調査の概要

＜標　準＞

1）調査目的

本調査は、河川における植物の生育状況を把握することを目的とする。

2）調査対象

本調査では、維管束植物(シダ植物及び種子植物)を調査対象とする。

なお、逸出が確認された栽培種については調査対象とするが、明らかに植栽されたものについては調査対象としない。

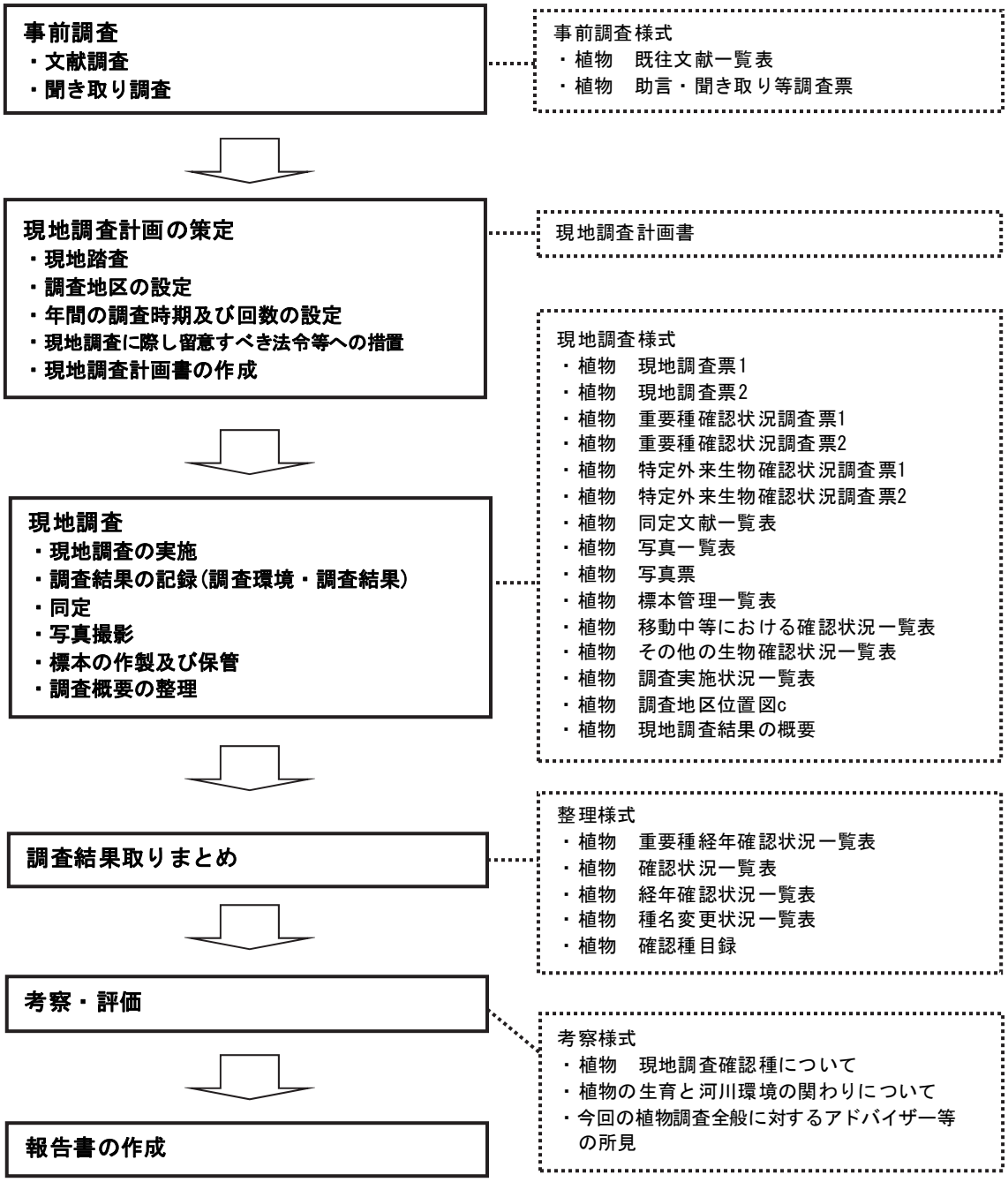
3）調査内容

本調査では、現地調査を中心に文献調査、聞き取り調査も行う。現地調査は目視確認により行うことを基本とし、必要に応じてサンプル採取による標本作製を行う。

4）調査手順

本調査における標準的な調査手順は以下のとおりであるが、 必要に応じ内容の拡充や一部簡

略化など、適宜柔軟に対応すべきである。



※この手順は河川水辺の国勢調査における調査手順である。河川環境に関する情報の集約や有効活用の観点から、河川水辺の国勢調査以外の河川環境調査においても河川水辺の国勢調査で定められた現地調査様式、整理様式を使う事が望ましい。

図11-7-1　植物相調査の手順

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成 24 年 3 月一部改訂）Ⅳ. 植物調査編 p. Ⅳ-2.

7. 2　植物相調査の事前調査

＜標　準＞

事前調査では、文献調査及び聞き取り調査を実施することにより、当該水系における植物に関する諸情報を取りまとめることを標準とする。

なお、文献、報告書等の収集及び聞き取り相手の選定に当たっては、必要に応じて学識経験者等の助言を得るようにすることを基本とする。

7．3　植物相調査の現地調査計画の策定

＜標　準＞

現地調査の実施に当たって適切な調査結果が得られるように、全体調査計画書、既往の河川水辺の国勢調査成果及び事前調査の結果等を踏まえ、現地踏査、調査箇所の設定、年間の調査時期及び回数の設定を行い、現地調査計画を策定することを標準とする。

なお、現地調査計画の策定に当たっては、必要に応じて、学識経験者等の助言を得ることを基本とする。

7．4　植物相調査の現地調査

＜標　準＞

現地調査は、目視による確認を基本とし、各調査地区における植物の生育状況を把握できるように努めることを標準とする。

１）調査方法

調査地区内を歩きながら、生育する種を目視(木本については必要に応じて双眼鏡を使う)により確認し、和名を記録するとともに、調査ルートを河川環境基図等背景図に記録する。

重要種や特定外来生物が確認された場合には、確認された位置と生育状況等を記録する。

調査努力量は、1 調査地区当たり 2 人で 3～4 時間とし、調査地区の規模や状況に応じて調整する。

２）調査結果の記録

調査時の状況（調査日時、天候等）等の情報とともに、植物の確認状況について記録する。また、写真撮影による記録も行う。

３）調査記録の整理

調査で採取した種を同定し、標本作製及び保管、写真撮影などを行い整理する。

7．5　植物相調査の調査結果取りまとめ

＜必　須＞

事前調査及び現地調査の結果について、確認種の確認状況、経年確認状況等を整理するものとする。

＜推　奨＞

取りまとめに際しては、河川水辺の国勢調査で定められた、整理様式を使うことが望ましい。

＜関連通知等＞

1)　平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］，平成 24 年 3 月一部改訂，国土交通省水管理・国土保全局河川環境課，Ⅳ.植物調査編.

7．6　植物相調査の考察・評価

＜標　準＞

調査で得られた結果について、考察及び評価を行うことを標準とする。なお、考察及び評価

に当たっては、必要に応じて学識経験者等の助言を得ることを基本とする。

7．7　植生調査の概要

＜標　準＞

１）目的

この調査は、河川の植生分布を把握することを目的に、河川区域内の陸地部分の植物の育成状況（分布や群落の構成など）を調査するものである。

２）調査内容

最新の空中写真を基に植生調査(植生図作成調査、群落組成調査、植生断面調査)を実施する。各調査の概要は以下のとおりである。

・　植生図作成調査

航空写真や現地調査により植物群落の分布状況を把握し、その種類と範囲を『植生図』として取りまとめる。

・　群落組成調査

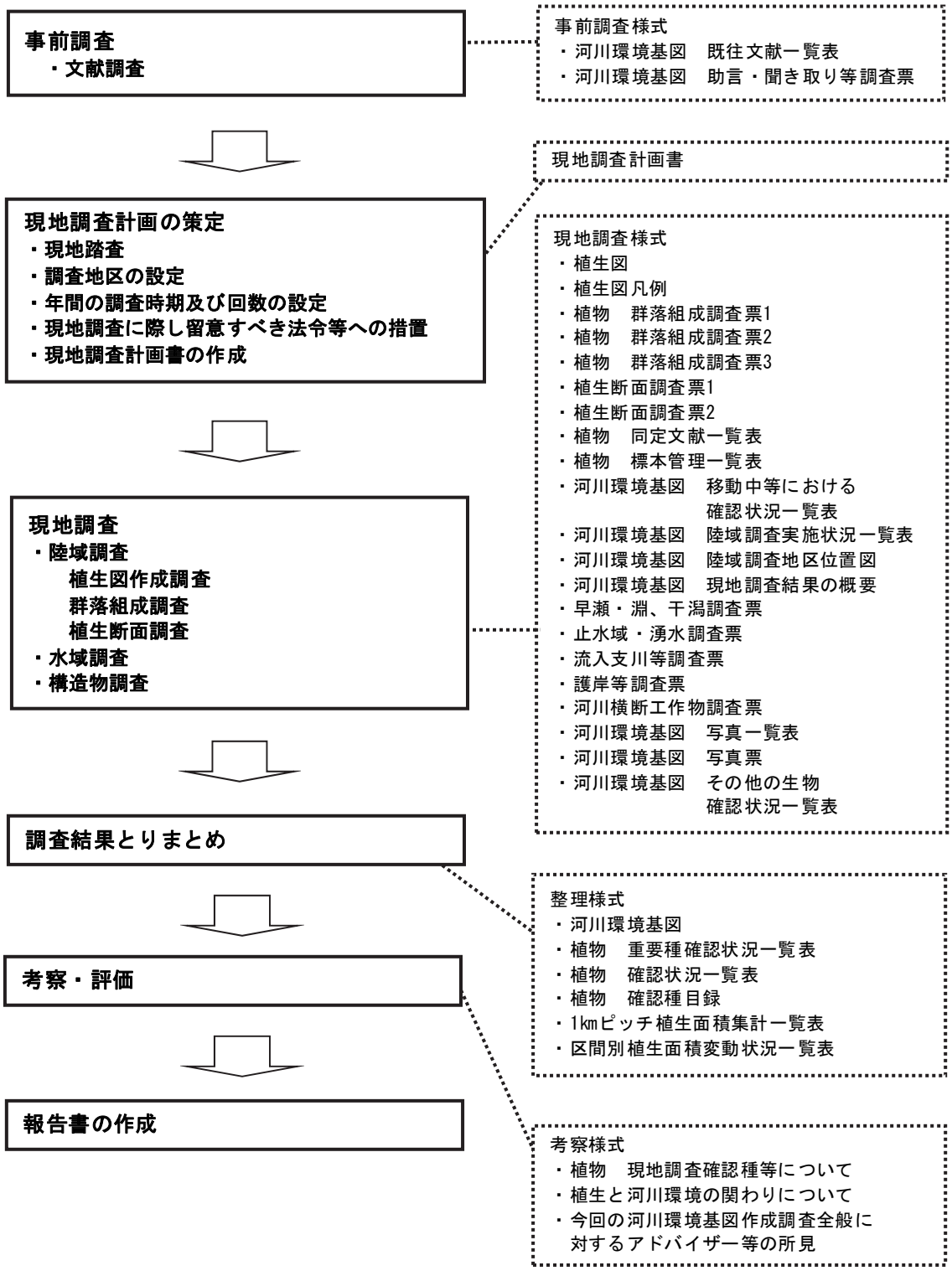
植生図作成調査の際、新たに確認された群落内に一定の枠(コドラート)を設け、群落の階層構造、構成種などを把握する。

・　植生断面調査

植生断面調査は、調査対象地区の代表的な群落を含む水際(水中植物がある場合は水域を含む)から堤防表法肩までの横断方向の踏査ルート付近の植生断面図をスケッチするなどにより作成する。

３）調査手順

本調査における標準的な調査手順は以下のとおりであるが、 必要に応じ内容の拡充や一部簡略化など、適宜柔軟に対応すべきである。



※この手順は河川水辺の国勢調査における調査手順である（このため、図中には植生調査と併せて行う水域調査、構造物調査の手順も含まれている）。河川環境に関する情報の集約や有効活用の観点から、河川水辺の国勢調査以外の河川環境調査においても河川水辺の国勢調査で定められた現地調査様式、整理様式を使うことが望ましい。

図11-7-2　植生調査の手順

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成 24 年 3 月一部改訂）

Ⅷ．河川環境基図作成調査編，p.Ⅷ-2.

7．8　植生調査の事前調査

＜標　準＞

事前調査では、文献調査及び聞き取り調査を実施することにより、当該水系における植生の状況を中心とした諸情報を取りまとめることを標準とする。なお、文献、報告書等の収集及び聞き取り相手の選定に当たっては、必要に応じて学識経験者等の助言を得ることを基本とする。

7．9　植生調査の現地調査計画の策定

＜標　準＞

現地調査の実施に当たって適切な調査結果が得られるように、全体調査計画書、既往の河川水辺の国勢調査成果及び事前調査の結果等を踏まえ、現地踏査、調査箇所の設定、年間の調査時期及び回数の設定、調査方法の選定を行い、現地調査計画を策定することを標準とする。

なお、現地調査計画の策定に当たっては、必要に応じて、学識経験者等の助言を得ることとする。

１）調査地区の設定

植生調査のうちの植生図作成調査は、原則として、調査区域の全域を調査地区とする。横断方向の調査範囲は、堤外地側の堤防表法肩より河川側とする。なお、無堤区間・山付区間では、河川区域内全体を調査範囲とする（「図 11-7-3 植生図作成調査の調査範囲」参照）。

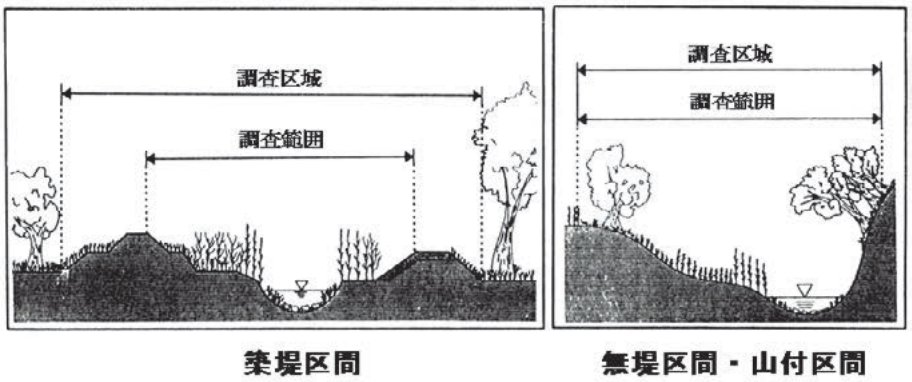


図11-7-3　植生図作成調査の調査範囲

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成 24 年 3 月一部改訂）
Ⅷ．河川環境基図作成調査編，p.Ⅷ-6.

植生調査のうちの群落組成調査は、植生図作成調査の際に、当該河川で過去の調査で記録されていない群落が確認された場合に、その群落を対象として実施する。

植生調査のうちの植生断面調査は、調査対象河川で特徴的で重要若しくは良好な河川環境を 1 水系当たり 1 地区から数地区を選定（河川水辺の国勢調査で全体調査計画策定時に設定される「総合調査地区」に該当する）し、実施する。

7. 10　植生調査の現地調査

＜標　準＞

植生調査は、１）植生図作成調査、２）群落組成調査、３）植生断面調査、の３種の調査を行うことを標準とする。それぞれの調査の手順は以下のとおりである。

１）植生図作成調査

現地調査を有効かつ効率的に実施するため、判読素図を作成する。判読素図とは、最新の空中写真を基に、空中写真の色、きめ、高さ、密度等、植生の相観として判読者が区分できるまとまりを実体視により判読して作成した図のことである。判読素図を作成することにより、植物群落の成立する場所や広がり、形状等の表現の精度を向上することができる。

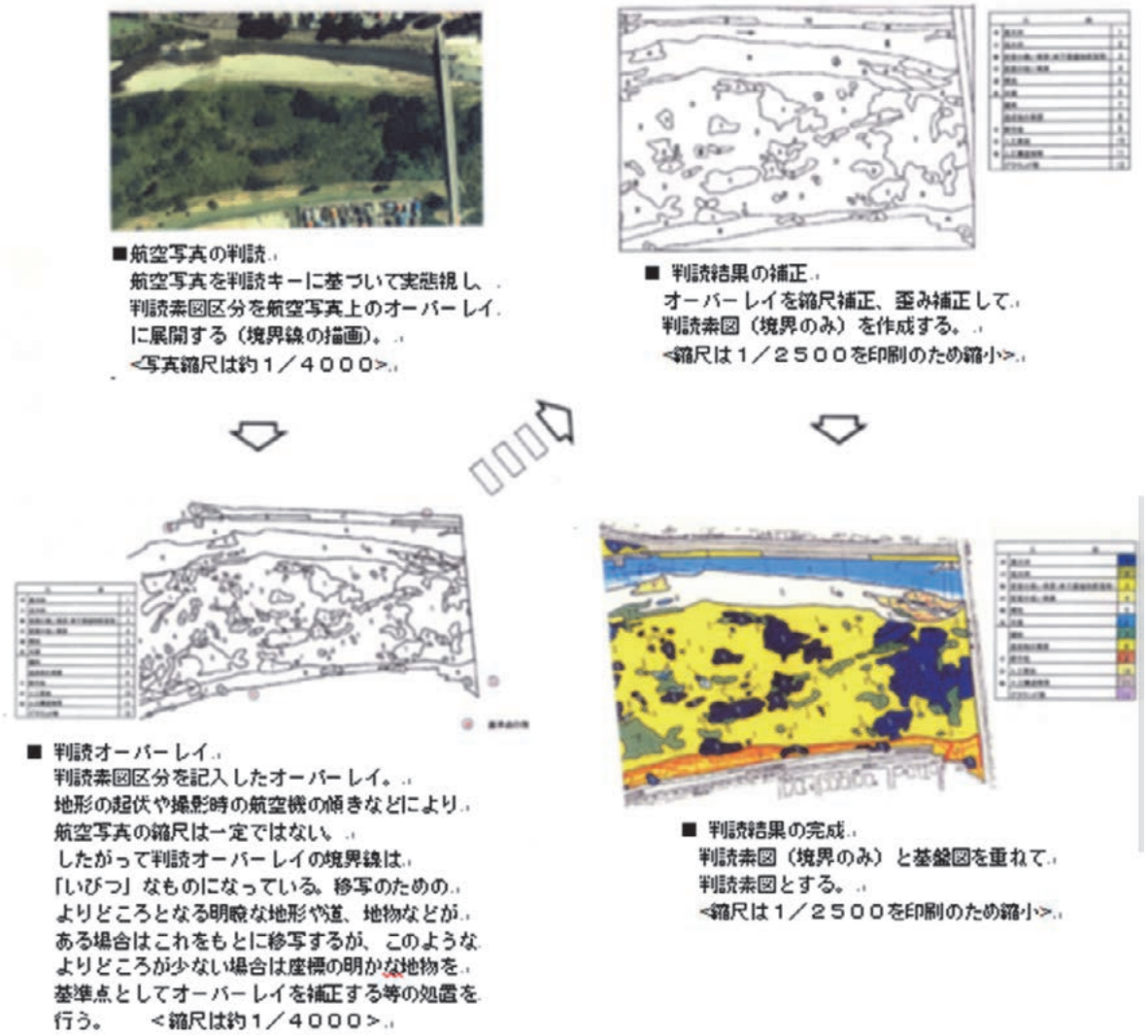


図11-7-4　判読素図の作成工程

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成 24 年 3 月一部改訂）
Ⅷ. 河川環境基図作成調査編，p.Ⅷ-14.

判読素図を基に不明確な箇所について現地調査を行い、その結果を基に植生図を作成する。なお、植生図は判読素図を修正して GIS 等を用いて作成する。

２）群落組成調査

a) 調査方法

群落組成調査は、植生図作成調査の際に、当該河川の過去の調査で記録されていない群落が確認された場合に、その群落を対象として実施する。

① コドラートの設置

コドラートは、植生が典型的に発達している群落の中の、できるだけ均質な場所を選定し、コドラートを設置する。

なお、適切なコドラートの面積は、対象とする群落の構造により異なるが、下の表を目安とする。

表11-7-1 群落の種類とコドラート面積

群落	コドラート面積
高木林(樹高 4m 以上)	150～500m²
低木林(樹高 4m 未満)	50～200m²
高茎草原(ススキ草原)	25～100m²
低茎草原(シバ草原)	10～25m²
低茎草原(その他草原)	1～10m²
耕地雑草群落	25～100m²

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］(平成 24 年 3 月一部改訂)
Ⅷ. 河川環境基図作成調査編, p.Ⅷ-20.

② 階層構造の把握

各階層(高木層、亜高木層、低木層、草本層)の平均的な高さ、優占種、植被率及び胸高直径(木本の場合のみ)を測定し、記録する。なお、木本類の階層別の目安は、おおむね以下のとおりである。

表11-7-2 階層別の高さの目安

階層名	高さの目安
高木層	8m 以上
亜高木層	4m 以上 8m 未満
低木層	4m 未満

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］(平成 24 年 3 月一部改訂)
Ⅷ. 河川環境基図作成調査編, p.Ⅷ-20.

③ 構成種及び被度・群度の把握

コドラート内に生育する全ての構成種を把握し、被度・群度を調査する。同定が困難な種については、標本の作製を確実に行う。ただし、重要種の可能性がある場合には、できるだけ写真撮影のみにとどめることが望ましい。

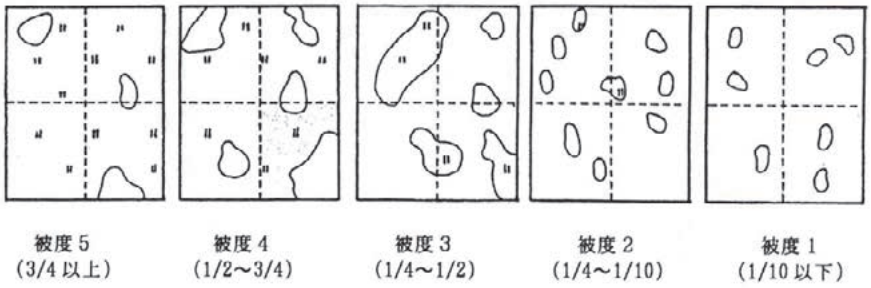


図11-7-5　被度階級の模式図

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成18年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成24年3月一部改訂）
Ⅷ．河川環境基図作成調査編，p.Ⅷ-21.

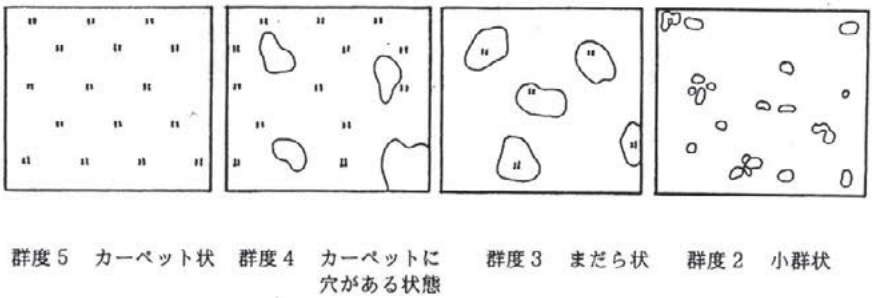


図11-7-6　群度階級の模式図

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成18年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成24年3月一部改訂）
Ⅷ．河川環境基図作成調査編，p.Ⅷ-21.

④　断面模式図の作成

コドラート内の群落の断面模式図を作成する。群落を構成する主な植物の特徴(高さ、形態等)が分かるように、スケッチ等により作成する。

b）調査結果の記録

①　群落組成調査結果の記録

群落組成調査の結果をコドラートごとに記録する。記録内容はコドラートの概要（場所、大きさ、土壌、土性など)、群落名、階層構造、種組成、などである。

②　断面模式図の作成

群落組成調査を行ったコドラートごとに、コドラート内の断面模式図を作成する。記録内容はコドラートの概要（調査日時、場所、大きさなど)、群落名、断面模式図である。

③　コドラート位置の記録

群落組成調査を行ったコドラートの位置を、植生図等背景図に記録する。記録内容はコドラートの概要（調査日時、場所、大きさなど)、群落名、調査平面図である。

3）植生断面調査

a）調査方法

植生断面調査は、代表的な群落を含む水際(水中植物がある場合は水域を含む)から堤防表法肩までの横断方向の踏査ルート付近の植生断面図をスケッチするなどにより作成し、各群落に出現した植物種を記録する。

踏査ルートはできるだけ定期横断測量が実施されている場所が望ましいが、植生が単調な

場合や測量のための除草が行われているような場合には、必要に応じて踏査ルートをずらす。

b） 調査結果の記録

① 植生断面調査結果の記録

植生断面調査の結果を、調査断面ごとに記録する。記録内容は調査地区の概要、調査実施状況（植生横断面図、各群落範囲、群落名、植物種等）である。

② 断面の位置の記録

「植生断面調査」を実施した場所の位置を調査横断面ごとに記録する。記録内容は調査地区の概要、調査平面図、調査実施状況（調査位置が分かるよう踏査ルートを記録）である。

4）調査記録の整理

調査で採取した種を同定し、数量の計測（捕獲生物の大きさなど）・集計、標本の作製及び保管、写真撮影などを行い整理する。

7. 11 植生調査の調査結果の整理

＜標　準＞

事前調査及び現地調査の結果を踏まえ、今回の調査で得られた結果の取りまとめを行うことを標準とする。なお、河川水辺の国勢調査においては、この調査結果は水域調査、構造物調査と合わせて、『河川環境基図』を作成する際の基礎情報となる。

取りまとめの参考となる整理様式一覧は、以下に示すとおりである。

表11-7-3　整理様式一覧

様式名	概要	様式番号
河川環境基図	植生図作成調査、水域調査及び構造物調査の結果から、河川環境基図を作成する。	整理様式 1
植物　重要種確認状況一覧表	植生図作成調査、群落組成調査、植生断面調査で確認された重要種及び重要な群落について整理する。	整理様式 2
植物　確認状況一覧表	群落組成調査、植生断面調査において確認された植物を整理する。	整理様式 3
植物　確認種目録	群落組成調査、植生断面調査おいて確認された植物について、確認種目録を作成する。	整理様式 4
1km ピッチ植生面積集計一覧表	植生図作成調査で作成された植生図を計測し、1km ピッチの植生面積を集計する。	整理様式 5
区間別植生面積変動状況一覧表	前回と今回の植生図作成調査で確認された群落等を河川環境縦断区分別に整理し、各群落等の面積の増減を整理する。	整理様式 6

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成 24 年 3 月一部改訂）

Ⅷ. 河川環境基図作成調査編，p.Ⅷ-54.

7. 12 植生調査結果の考察・評価

＜標　準＞

調査で得られた結果について、考察及び評価を行うことを基本とする。なお、考察及び評価に当たっては、必要に応じて学識経験者等の助言を得る。

＜関連通知等＞

1） 平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］，平成 24 年 3 月一部改訂，国土交通省水管理・国土保全局河川環境課，Ⅳ.植物調査編，及び同 Ⅷ. 河川環境基図作成調査編.

第8節　付着藻類調査

8. 1　付着藻類の概要

＜考え方＞

付着藻類とは、水中植物、底泥、礫、岩石等の表面に付着している珪藻、藍藻、緑藻、紅藻等の藻類の総称である。

この付着藻類は、水圏生態系の中で一次生産者の位置にあり、付着藻類やその剥離したものを主要な餌としている水生昆虫や魚類（アユ等）も多い。特に河床が石・礫からなる瀬では付着藻類の生産量が高く、水圏生態系の構成要素として欠くことができない生物群である。

また、環境面から見ても、水質汚濁の生物指標として有効であり、水質汚濁の程度や水質の変化を把握する上で重要な指標となり得るものである。

本節では、付着藻類調査についての一般的な手法等を示すこととする。

8. 2　付着藻類調査地点

＜標　準＞

調査地点の設定に当たっては、調査の目的により異なるため、表 11-8-1 に示した調査目的に応じた調査地点の考え方による。

表11-8-1　調査の目的に応じた調査地点の考え方

目的	調査地点の考え方
1.どんな藻類がどれくらい出現するか	上流から下流にかけての瀬で実施する(数地点)
2.光合成(一次生産)量はどれくらいあるか	上流から下流にかけての瀬で実施する(1～数地点)
3.アユを代表とする藻食性魚類等の餌の量と質はどうか	主にアユが縄張りを形成する水域の瀬及び淵(1～数地点)
4.出水後、付着藻類はどれくらいの期間で回復するか	主に、アユが縄張りを形成する水域の瀬(1～数地点)
5.水質(有機汚濁)の状況はどうか	上流から下流にかけての瀬で実施する(数地点)
6.塩水がどこまで遡上(流入)しているか、もしくはしたことがあるか	下流部において縦断方向に実施する(数地点)

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［ダム湖版］（平成 24 年 3 月一部改訂）
参考資料，p.資-10.

また、調査地点のほかに、各地点での付着藻類の採取に当たって、調査地点を代表し、かつ分析に供することができるサンプルサイズ（サンプルの量・個数）を設定する必要がある。一般的には 5 個以上の付着基盤より、各々5×5cm の面積を採取する。ただし、上流域の清冽な水域での調査や出水直後は付着藻類量が少ないことが多いため、サンプルサイズを大きくする必要がある。このため、サンプルサイズは、あらかじめ計画段階から検討しておくとともに、現地においても適切に判断することが重要である。

8．3　付着藻類調査の実施時期

＜標　準＞

調査時期の設定に当たっては、調査の目的により異なるため、表 11-8-2 に示した調査目的に応じた調査時期の考え方による。

表11-8-2　調査の目的に応じた調査時期の考え方

目的	調査時期の考え方※1
1.どんな藻類がどれくらい出現するか	四季:水温の変化や河川での流量の変化を考慮する。
2.光合成(一次生産)量はどれくらいあるか	四季:水温の変化や河川での流量の変化を考慮する。
3.アユを代表とする藻食性魚類等の餌の量と質はどうか	1回／月(4月～8月):主にアユの生育期間を対象とする。
4.出水後、付着藻類はどれくらいの期間で回復するか	2～3回／週×2週※2:回復状況を把握できる頻度として実施する。
5.水質(有機汚濁)の状況はどうか	1回／月(少なくとも四季):水温の変化や河川での流量の変化を考慮して少なくとも四季の調査を行うが、モニタリングを行うための頻度としては1回／月が望ましい。
6.塩水がどこまで遡上(流入)しているか、もしくはしたことがあるか	1回以上:塩水遡上(流入)状況を把握する。ただし、現状のモニタリングのためには1回／月の実施が望ましい。

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［ダム湖版］（平成 24 年 3 月一部改訂）
参考資料，p.資-11.

8．4　調査方法

8．4．1　試料の採取

＜標　準＞

１）河川

河川域においては、まず、河床の礫のなるべく平面的な部分（上面）に 5×5cm の方形枠（コドラート）を当て、赤鉛筆を用いて 5×5cm の印をつける。そして、枠外の部分を歯ブラシ又はカネブラシできれいに取り去る。その後、枠内の付着物を全量こすり落とし、水道水でバットの中に移し試料とする。なお、現地の河川水には藻類が含まれる可能性があるため、使用しない方がよい。図 11-8-1 にサンプル用具を示し、図 11-8-2 にサンプリング方法を示す。

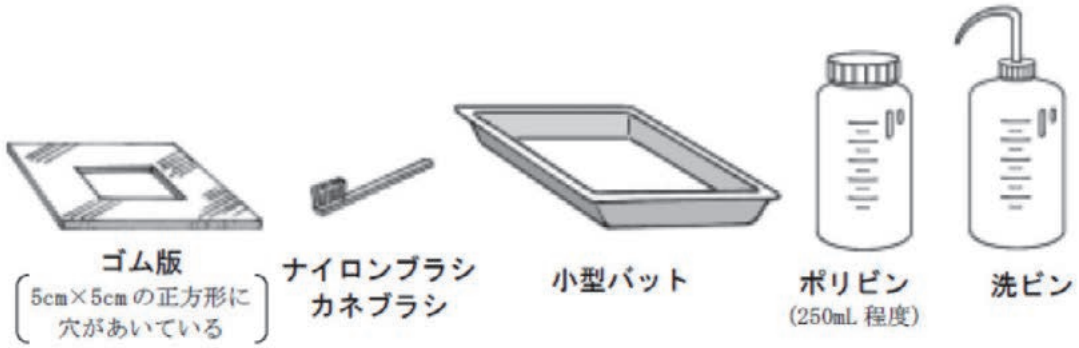


図11-8-1　付着藻類のサンプリング用具

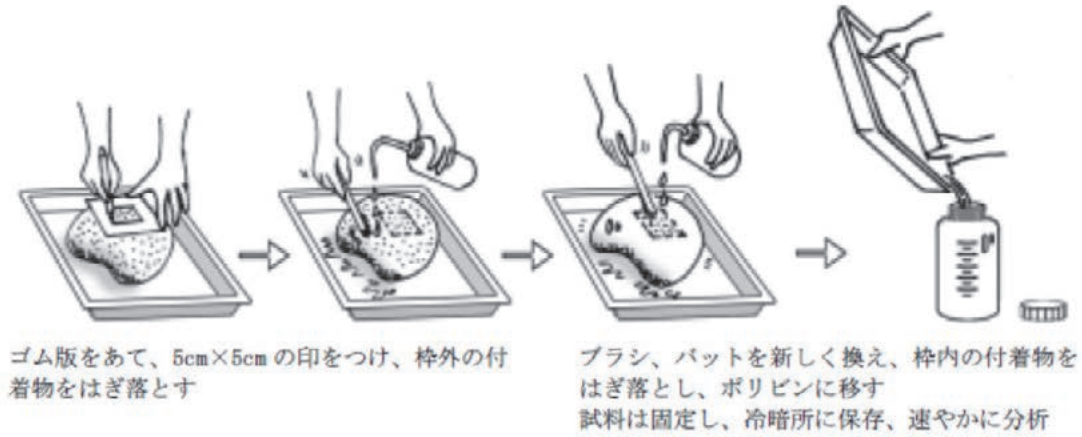


図11-8-2　礫上の付着藻類のサンプリング方法

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［ダム湖版］
（平成 24 年 3 月一部改訂）
参考資料，p. 資-12.

２）ダム湖

湖岸の水生植物体上の付着藻類の採取に当たっては、次のことをあらかじめ検討しておく必要がある。それは最終結果の表現を以下のどちらにするかということである。

a)　付着面積当たり
b)　水生植物帯の単位面積当たり

a)の場合には、付着藻類を採取した茎の長さ、直径、葉の面積、植物体における採取位置等の記載が必要であり、b)の場合には、b)に加えて水生植物の生育密度が必要である。

付着藻類のこすり落とし方や保存方法は、礫の場合と同様である。

また、必要に応じて湖沼等の沿岸域以外の水深が深い水域での付着藻類の調査を実施する場合には、付着板（図 11-8-3 参照）をあらかじめ設置し、一定期間後に引き上げて採取することによって調査することができる。引き上げは、夏期では 2 週間経過後、冬期では 1 か月経過後程度が目安である。

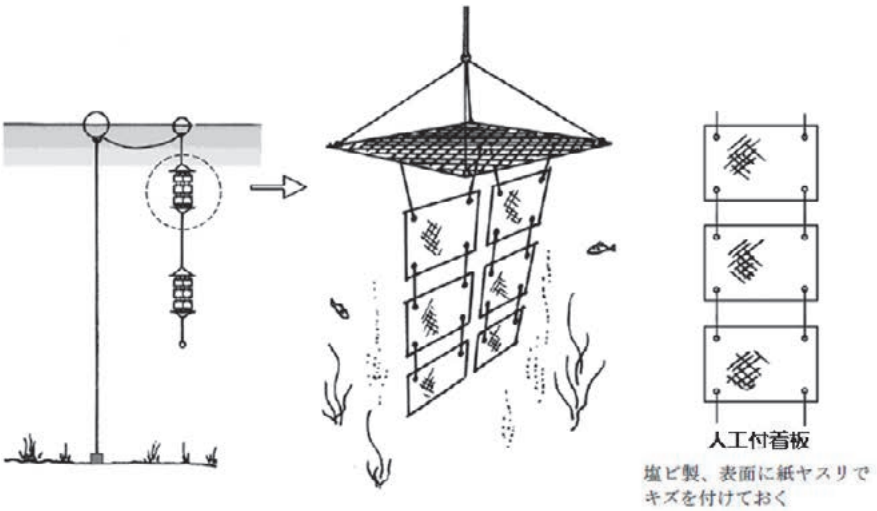


図11-8-3　水深が大きい水域での付着藻類調査のための付着板とその設置方法（例）

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［ダム湖版］（平成 24 年 3 月一部改訂）
参考資料，p. 資-13.

8. 4. 2　試料の固定

＜標　準＞

付着藻類の固定には、一般にホルマリンを用いる。ホルマリンによって固定する場合には、その添加量は試料が約 5%の濃度になるようにする。なお、炭酸水素ナトリウムの濃溶液で中和し中性のものを使用するとよい。この場合、下部に沈殿したものは使用しない。アルコールは植物性検体の色素を抽出して無色にしてしまうことがあり、またスチロールに害を与え破損することがあるので避けたほうがよい。

8. 5　室内分析

8. 5. 1　試料の調整

＜標　準＞

採取した試料は、試料中の生物量に応じて希釈又は濃縮を行う。

付着藻類の試料は生物量が多い場合がほとんどであるため、蒸留水等で適度に希釈する。

ただし、生物量が少ない場合や採取する際にブラシの洗浄等で希釈されすぎた場合には、以下に示す方法により濃縮を行う。

１）放置沈殿法

採取した試料をメスシリンダ、あるいは円錐形容器に入れ、試料 100mL 当たり 1mL の割合で市販ホルマリンを添加し（ルゴール液 5 滴／試料 100mL を加えてもよい)、一昼夜放置後、上澄み液を取り去り、最後の 5～10mL を検鏡試料とする。

２）遠心沈殿法

遠心分離器にかけても細胞が破壊されないものについて用いる。放置沈殿法に比べて、短時間で濃縮できるメリットがある。

容量 50～250mL の沈殿管を備えた電動式遠心分離器を用いて 3000rpm、15 分間遠心する（ただし、100mL 以上の沈殿管を用いるときには、沈殿管相互のバランスに細心の注意をしないと停止後沈殿したものが巻き上がる恐れがある)。完全に停止した後、上澄み液をピペットで静かに取り去る。このような作業を数回繰り返し、母試料を段階的に濃縮していく。

8. 5. 2　同定・計数

＜標　準＞

採取した試料又は調整した試料をよく混合した後、その適量を取って顕微鏡下で種ごとに細胞数・群体数を計数することを標準とする。

計数は 400 細胞以上を目安とし（400 細胞カウントした時点で終わりではなく、上記の方法でカウントした結果が 400 細胞以上であればよい)、状況に応じて上記の計数を繰り返す（貧栄養湖等では 400 細胞に満たない場合もある)。計数値は単位面積当たりに換算する。

また、計数のための顕微鏡の倍率は 200～400 倍が適当であるが、種類や状況に応じて適切な倍率で計数する。

なお、藍藻のうち群体を形成する種（Chroococcus 属、Synechcocystis 属、Synecoccus 属等以外）については、糸状体ないし群体数を計数する。緑藻の Volvox 属についても群体数を計数する。

8．6　その他の調査方法

＜例　示＞

そのほかに付着藻類を定量的に計測する方法として、特殊アクリル繊維を用いた方法や近赤外線写真の画像処理によりクロロフィルａ量を推定する方法等がある。

＜関連通知等＞

1）平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】，平成 24 年 3 月一部改訂，国土交通省水管理・国土保全局河川環境課，参考資料 資料 10 「2. 付着藻類の調査方法」.

＜参考となる資料＞

下記の資料が参考となる。

1）（財）ダム水源地環境整備センター監修・編集：水辺の環境調査，pp. 343-360，技報堂出版，1994.

2）渡辺仁治：淡水珪藻生態図鑑，内田老鶴圃，2005.

3）谷田一三，三橋弘宗，藤谷俊仁：(1999) 特殊アクリル繊維による付着藻類定量法，陸水学雑誌，No60，pp. 619-624，1999.

第9節　魚類調査

9．1　概要

＜標　準＞

１）目的

本調査は、河川における魚類の生息状況を把握することを目的とする。

２）調査対象

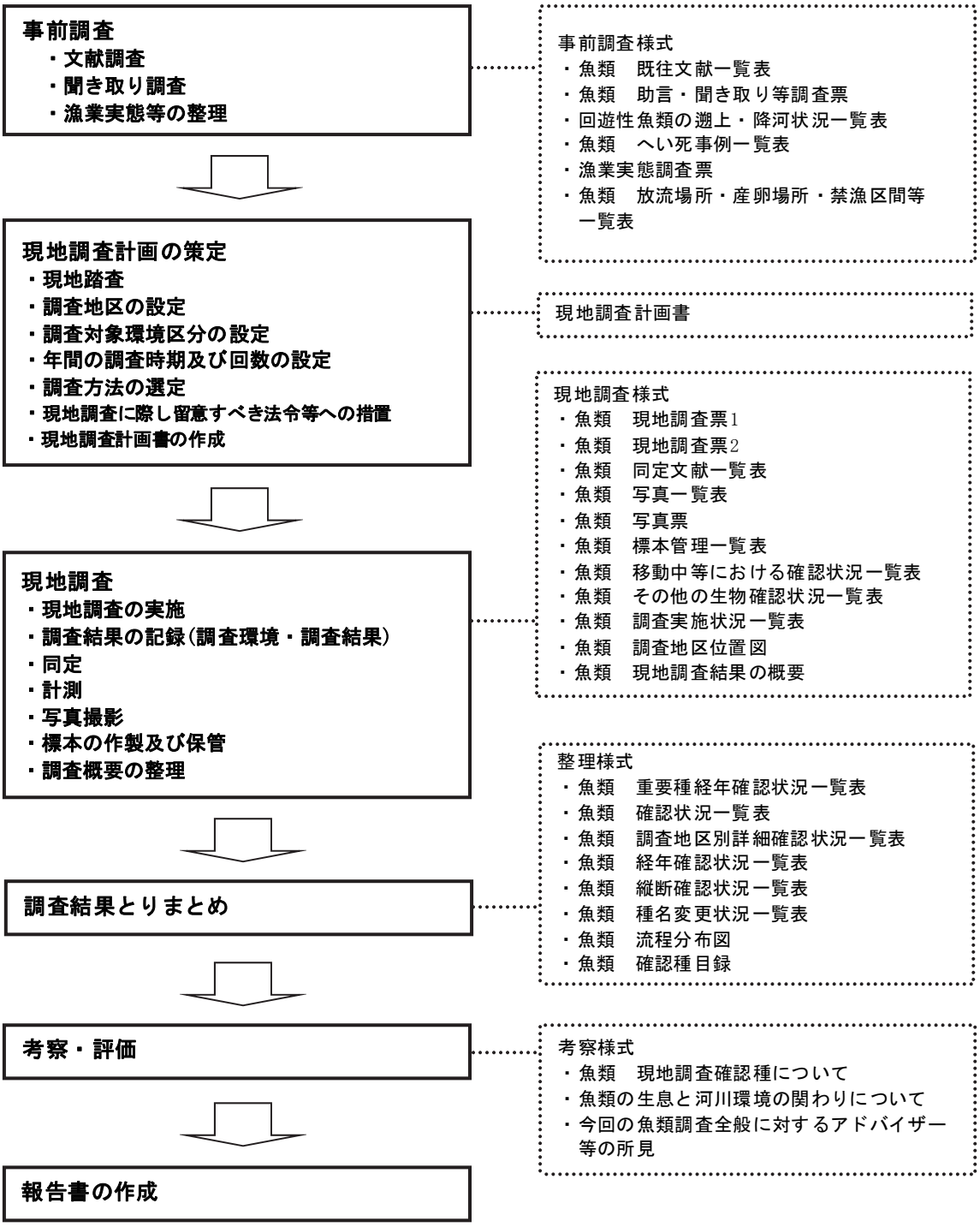
本調査は、魚類を調査対象とする。

３）調査内容

本調査では、現地調査を中心に文献調査、聞き取り調査も行う。現地調査は基本的に投網、タモ網等により行う。また、調査の目的や対象によっては、回遊性魚類の遡上・降河に関する調査、産卵場調査や河川の縦断的連続性の調査も併せて行う。

４）調査手順

本調査における標準的な調査手順は以下のとおりであるが、 必要に応じ内容の拡充や一部簡略化など、適宜柔軟に対応すべきである。



※この手順は河川水辺の国勢調査における調査手順である。河川環境に関する情報の集約や有効活用の観点から、河川水辺の国勢調査以外の河川環境調査においても河川水辺の国勢調査で定められた現地調査様式、整理様式を使うことが望ましい。

図11-9-1　魚類調査の手順

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査（平成 24 年 3 月一部改訂）　基本調査マニュアル［河川版］

Ⅱ 魚類調査編，p. Ⅱ-2.

9．2　事前調査

＜標　準＞

事前調査では、文献調査及び聞き取り調査を実施することにより、当該水系における魚類に関する諸情報を取りまとめることを標準とする。また、回遊性魚類の遡上・降河に関する情報、へい死事例、漁業実態、放流場所・産卵場所・禁漁区間等についても取りまとめることを基本とする。

9．3　現地調査計画の策定

＜標　準＞

現地調査の実施に当たっては、調査対象とする魚類や調査に当たって留意すべき魚種の産卵時期や産卵場、仔魚、稚魚、幼魚、成魚といった各成長段階に応じた利用環境や利用時期等を考慮し、調査目的に応じた適切な調査結果が得られるように、全体調査計画書、既往の河川水辺の国勢調査成果及び事前調査の結果等を踏まえ、現地踏査、調査箇所の設定、年間の調査時期及び回数の設定を行い、現地調査計画を策定することを標準とする。

なお、現地調査計画の策定に当たっては、必要に応じて、学識経験者等の助言を得ることとする。

9．4　現地調査

＜標　準＞

現地調査は捕獲による確認を基本とし、各調査区における魚類の生息状況を把握することを標準とする。

１）調査方法

現地調査は、基本的に投網、タモ網等により行うが、地域の特性、調査地区及び調査対象環境区分の特性、魚類の特性に応じて、適切な調査方法により実施する。

各調査方法に適した環境、調査努力量の目安、対象魚等は下表に示すとおりである。調査方法や調査地点、調査具の大きさ、調査具を設置する場所や向きなどによって捕らえられる魚種や得られる情報が異なるため、調査目的と現地の状況を踏まえながら調査方法の選定を行う。

２）調査結果の記録（調査環境・調査結果）

魚類の生息環境の特徴を把握するために、調査結果とともに現地調査時の調査環境について調査回ごとに記録する。

調査地区ごとの水域の状況及び水際の状況を最新の情報を参考にしながら、河川環境基図等の背景図に記録する。

なお、調査時の状況が、河川環境基図等の既存資料と異なる場合には、おおむねの水際線の位置を記録するなどしておく。河川環境基図等がない場合は最新の平面図を用い、平面図がない場合は空中写真等を利用する。

- 流速、河床材料、礫の状況、水深、水温などの物理環境や、水際の状況といった調査環境を記録する。
- 調査時の状況（調査日時、天候等）、調査方法等の情報とともに、調査結果について記録する。

３）調査記録の整理

調査で捕獲した種を同定し、個体数や体長等の数量の計測・集計、標本作製及び保管、写真

撮影などを行い整理する。

表11-9-1　調査方法一覧

調査方法	適した環境	努力量の目安	対象魚	区分※1
投網による捕獲	水深の浅い場所、平瀬等の開けた場所	各調査対象環境区分でそれぞれ5回程度	・アユ、ウグイ、オイカワ等遊泳魚全般 ・底生魚のうち、カマツカ、マハゼ等の大型の魚種	◎
タモ網による捕獲	河岸植物帯、沈水植物帯、河床の石の下、砂 ・泥	1調査地区あたり1人×1時間程度	・ヤツメウナギ科、コイ科、ドジョウ科、ハゼ科等の小型魚種 ・幼稚魚全般	◎
定置網による捕獲	定置網を固定できる水深で重しや杭等で固定できる場所、魚類の通り道となるような場所	一晩	・魚類全般 （特にナマズ、ウナギ等の夜行性底生魚）	○
刺網による捕獲	流れの緩やかな場所、魚類の通り道となるような場所	一晩	・魚類全般 （特にサクラマス、サツキマス、コノシロ、サッパ、ボラ、ワカサギ等の回遊性魚類、ナマズ等の夜行性魚類）	○
サデ網による捕獲	河岸植物帯、沈水植物帯、河床の石の下、砂 ・泥	1調査地区あたり1人×1時間程度	・ヤツメウナギ科、コイ科、ドジョウ科、ハゼ科等の小型魚種 ・ナマズ、フナ属、カジカ等 ・幼稚魚全般	○
はえなわによる捕獲	障害物の近辺や水深のある深い場所	一晩	・ウナギ、ナマズ等の夜行性肉食魚 ・イワナ属、ヤマメ等の淡水サケ科魚類 ・その他の肉食魚	○
どうによる捕獲	障害物の近辺や水深のある深い場所	一晩	・ウナギ、ナマズ等の夜行性肉食魚	○
地曳き網による捕獲	遠浅の湖沼や河川の河口域・汽水域	適宜	・底生魚全般 ・幼稚魚全般	○
玉網による捕獲	透明度の高い場所	1調査地区あたり1人×1時間程度	・小型の底生魚全般	○
カゴ網による捕獲	流れの緩やかな場所、特に、異形ブロックの隙間等	3～5個程度	・タナゴ亜科、ウグイ、アブラハヤ等 ・幼稚魚全般	○
セルびんによる捕獲	流れの緩やかな場所、特に異形ブロックの隙間等	3～5個程度	・タナゴ亜科、ウグイ、アブラハヤ等 ・幼稚魚全般	○
潜水による捕獲	透明度の高い場所、岩の多い場所、水深の深い場所	1調査地区あたり2人×30分程度	・魚類全般	○
電撃捕漁器(エレクトロフィッシャー)による捕獲	中小河川の渡河できる河川	1調査地区あたり1組×1時間程度	・魚類全般 (特に大型魚以外)	○
掘り返しによる捕獲	泥干潟や砂礫の深い場所	1調査地区あたり1人x1時間程度	・チワラスボ、タビラクチ等泥干潟に潜む魚種 ・ミミズハゼ、イドミミズハゼ等砂礫に潜む魚種	○
潜水観察	透明度の高い場所、岩の多い場所、水深の深い場所	1調査地区あたり2人×30分程度	・魚類全般	○
目視確認	—	—	・大型のシロザケやコイ等目視によって明らかに同定できる魚種	○

※1: ◎:基本的に全ての調査地区で実施。○:調査地区の特性等に応じて適宜実施。

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成18年度版河川水辺の国勢調査（平成24年3月一部改訂）　基本調査マニュアル［河川版］

Ⅱ 魚類調査編，p.Ⅱ-12.

9．5　調査結果取りまとめ

＜必　須＞

事前調査及び現地調査の結果について、確認種の確認状況、経年確認状況、縦断確認状況、流程分布状況について分布図や目録等を整理するものとする。

＜推　奨＞

取りまとめに際しては、河川水辺の国勢調査で定められた、整理様式を使うことが望ましい。

9．6　考察・評価

＜標　準＞

調査で得られた結果について、考察及び評価を行うことを標準とする。

なお、考察及び評価に当たっては、必要に応じて学識経験者等の助言を得ることを基本とする。

＜関連通知等＞

1）平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］，平成 24 年 3 月一部改訂，国土交通省水管理・国土保全局河川環境課，Ⅱ.魚類調査編.

＜参考となる資料＞

下記の資料が参考となる。

本手引きは、平成 3 年から開始された「魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業」の実施事例や検討状況を踏まえ、魚類等の遡上・降河環境の改善に携わる全国の河川管理者、設計者に向けた技術的資料としてまとめたものである。魚がのぼりやすい川づくりの視点から見た河川や魚に関しての調査手法について記載されている。

1）魚がのぼりやすい川づくりの手引き，平成 17 年 3 月，国土交通省河川局.

第10節　底生動物調査

10．1　概要

＜標　準＞

1）目的

本調査は、河川における底生動物の生息状況を把握することを目的とする。

2）調査対象

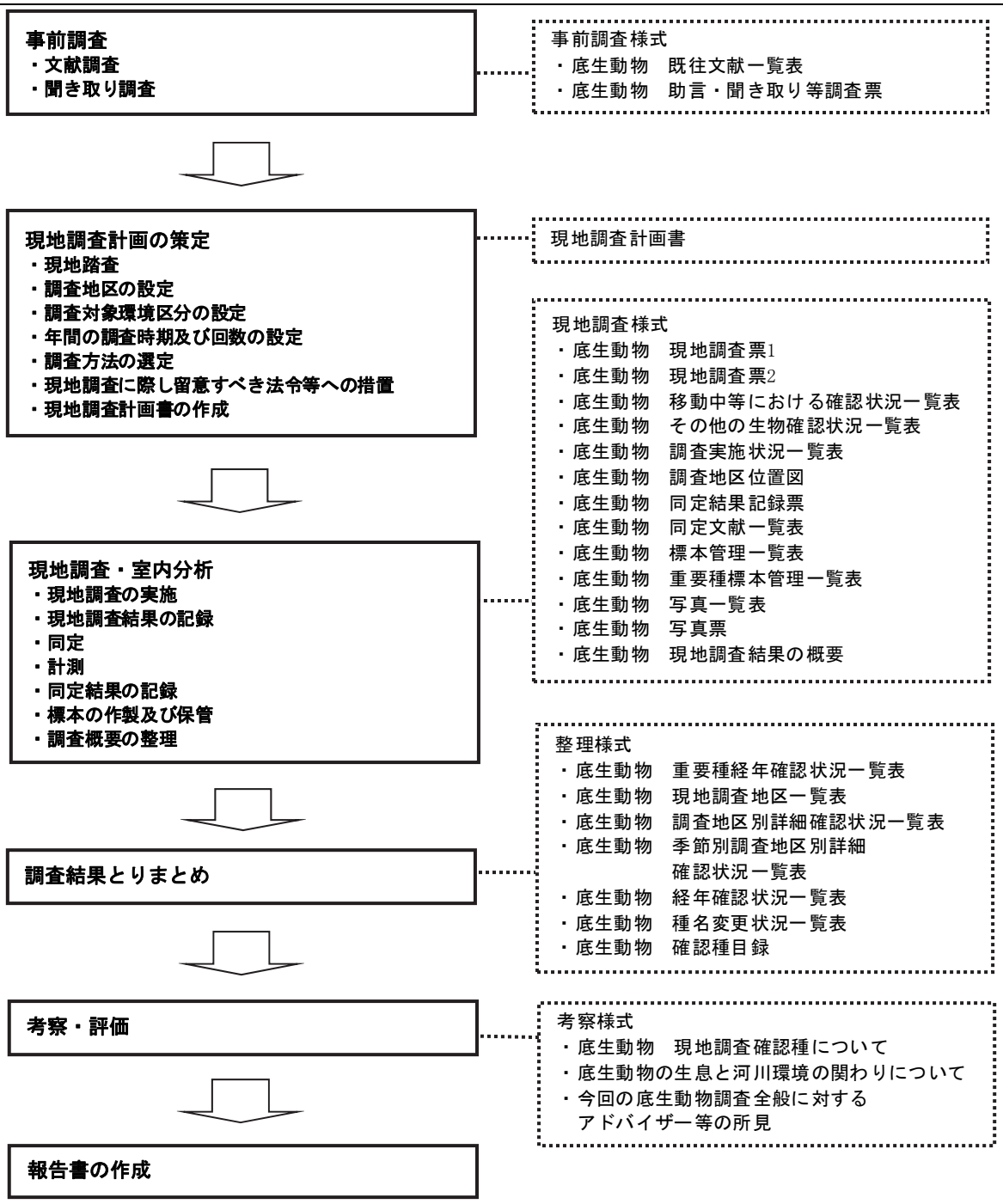
本調査では、水生昆虫類を主体とし、貝類、甲殻類、ゴカイ類、ヒル類、ミミズ類等を含む底生動物を調査対象とする。

3）調査内容

本調査では、現地調査を中心に文献調査、聞き取り調査も行う。現地調査は基本的にサーバーネット、D フレームネット等により行う。

4）調査手順

本調査における標準的な調査手順は以下のとおりであるが、必要に応じ内容の拡充や一部簡略化等、適宜柔軟に対応すべきである。



※この手順は河川水辺の国勢調査における調査手順である。河川環境に関する情報の集約や有効活用の観点から、河川水辺の国勢調査以外の河川環境調査においても河川水辺の国勢調査で定められた現地調査様式、整理様式を使うことが望ましい。

図11-10-1　底生動物調査の手順

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成 24 年 3 月一部改訂）
Ⅲ 底生動物調査編，p. Ⅲ-2.

10. 2　事前調査

＜標　準＞

事前調査では、文献調査及び聞き取り調査を実施することにより、当該水系における底生動物に関する諸情報を取りまとめることを標準とする。

なお、文献、報告書等の収集及び聞き取り相手の選定に当たっては、必要に応じて学識経験

者等の助言を得ることとする。

10．3　現地調査計画の策定

＜標　準＞

現地調査の実施に当たっては、出水等の影響により分布が大きく異なる場合があること、水生昆虫の羽化する時期や調査対象となる底生動物の生息環境等を考慮し、調査目的に応じた適切な調査結果が得られるように、全体調査計画書、既往の河川水辺の国勢調査成果及び事前調査の結果等を踏まえ、現地踏査、調査箇所の設定、年間の調査時期及び回数の設定を行い、現地調査計画を策定することを標準とする。

なお、現地調査計画の策定に当たっては、必要に応じて、学識経験者等の助言を得ることとする。

10．4　現地調査

＜標　準＞

現地調査は、採集による確認を基本として行い、各調査地区における底生動物の生息状況を偏りなく把握することを標準とする。特に定性採集の実施に当たっては、多種多様な場所で生息している底生動物を偏りなく採集するために底生動物の生態に詳しい知識を持った者が行うことを基本とする。

【淡水域】

淡水域においては、調査地区ごとに、定性採集を様々な調査箇所で行い、定量採集を瀬で行う。

１）淡水域での定性採集

早瀬、淵、湧水、ワンド・たまり、湛水域、その他、調査地点の流速や河床状況、水生植物の植生状況などの状況に応じた採取方法にて行うが、基本的には下記の D フレームネット若しくはサデ網による。

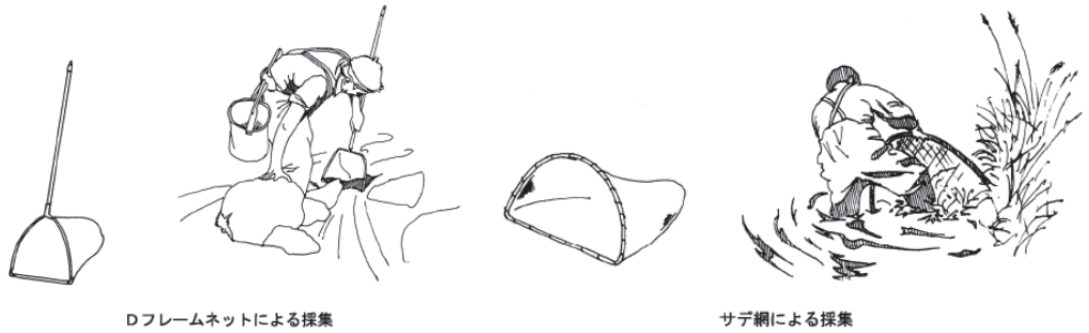


図11-10-2　淡水域における定性採集方法

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成 24 年 3 月一部改訂）
Ⅲ 底生動物調査編，p.Ⅲ-13.

２）淡水域における定量採集

定量採集は、流速が速く、膝程度までの水深の瀬で実施する。このような場所がない調査地区では、できるだけ流れのあるところで実施する。採集用具としてはサーバーネット(25×25cm 目合 0.493mm(NGG38))を使用する。

図11-10-3　淡水域における定量採集方法

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成 24 年 3 月一部改訂）
Ⅲ 底生動物調査編，p.Ⅲ-20.

【汽水域】

汽水域における現地調査は、干潮時(大潮時が望ましい)に行う。汽水域では潮の干満があるため、地盤高により水没している時間が異なり、生息する底生動物も異なっているので採集に当たっては、地盤高の低い場所や潮溜まり等で行う。

３）汽水域での定性採集

定性採集は、基本的にＤフレームネット(目合 0.493mm(NGG38))、熊手、スコップ等を用いて行うが、干潟や潮だまり等、状況に応じて様々な採集用具を用いる。

４）汽水域での定量採集

汽水域での定量採集は、干潮時に底面が干出あるいは水深が足首程度より浅くなる地区では a)、干潮時でも水深が深い地区では b) を行う。

a)　干潮時に底面が干出あるいは水深が浅くなる地区

30cm の方形枠を設置し、スコップや熊手を用いてその範囲の泥や砂を 10cm 以上の深さまですくいとり、0.5mm 目のフルイで砂泥を濾して生物を採集する。この操作を横断方向に設定したライン上の４か所(満潮時に水没する岸よりの箇所、平均水面付近の箇所、干潮時に底面が露出する干潮線付近の箇所、干潮時にも底面が露出しない部分で水深が 30cm 程度までの箇所)においてそれぞれで１回ずつ行い、４か所を別々のサンプルとする。

時刻や季節により潮位すなわち水深は大きく異なるが、可能な限り同一の箇所で調査を行うようにする。

b)　干潮時でも水深が深い地区

橋あるいはボート上より、エクマン・バージ型採泥器(15×15cm)を用いて、４回採泥し、0.5mm 目のフルイで濾して残った生物を１つのサンプルとする。河床材料が礫、岩盤、コンクリート等で採泥器により採集ができないような場合は、採集位置をずらす。

図11-10-4　水深が深い地区における採集方法

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成 24 年 3 月一部改訂）
Ⅲ 底生動物調査編，p. Ⅲ-24.

５）調査結果の記録（調査環境・調査結果）

底生動物の生息環境の特徴を把握するために、調査結果とともに現地調査時の調査環境について調査回ごとに記録する。

調査地区ごとの水域の状況及び水際の状況を最新の河川環境基図等の既存資料を参考にしながら、図面上に記録する。

なお、調査時の状況が、河川環境基図等の既存資料と異なる場合には、おおむねの水際線の位置を記録するなどしておく。河川環境基図等がない場合は最新の平面図を用い、平面図がない場合は空中写真等を利用する。

- 調査位置、河床勾配、感潮・汽水域・干潟の有無などを記録する。
- 調査時の状況（調査日時、季節、天候等）、調査方法等の情報とともに、調査結果について記録する。

６）室内分析

現地調査において採集されたサンプルは、室内に持ち帰りソーティング（生物の拾い出し）を行う。ついで、実体顕微鏡等を用いて、種の同定を行う。なお同定に当たっては、学識経験者等の助言を得るようにする。

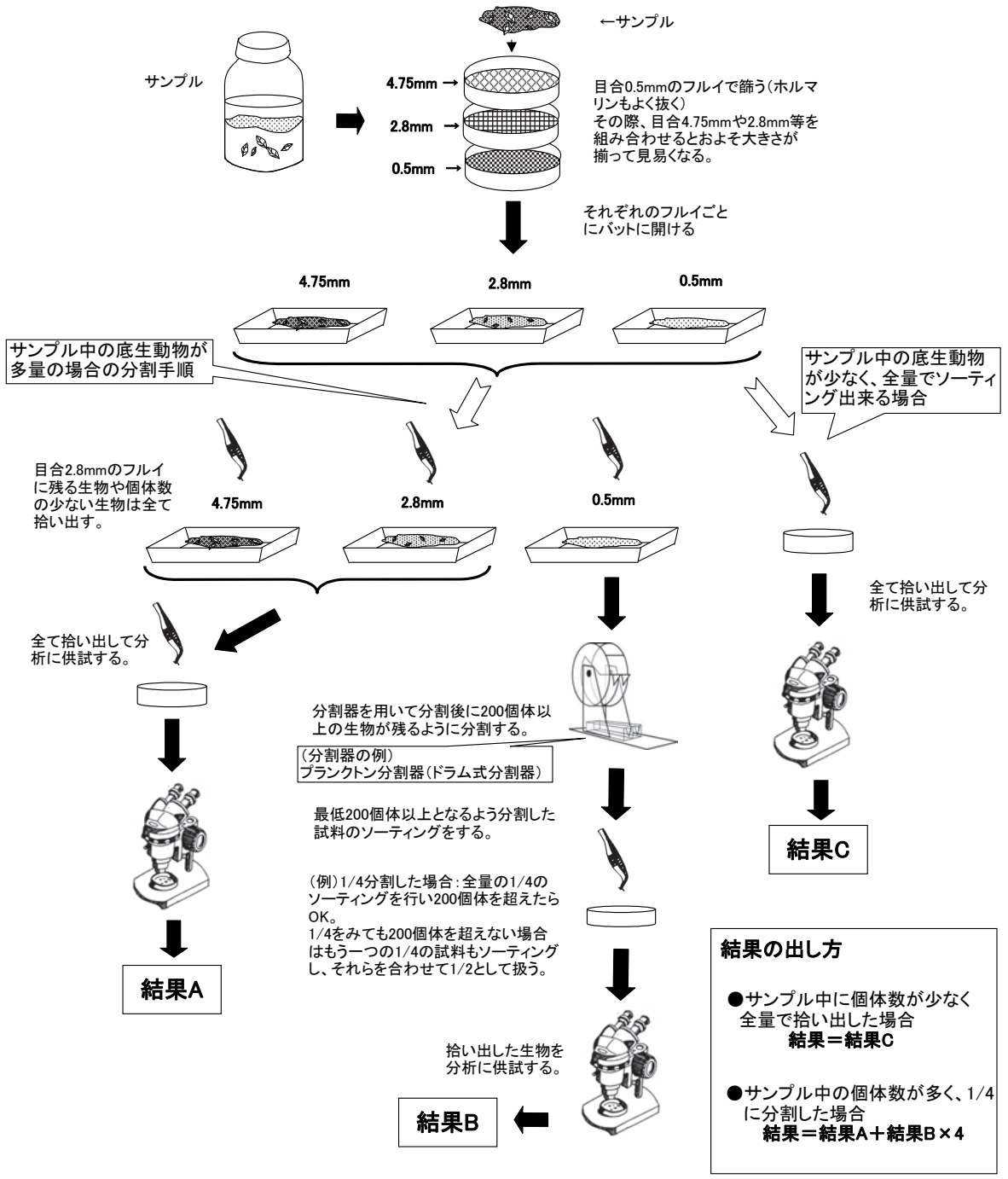


図11-10-5　ソーティングから分析までの流れ

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成 24 年 3 月一部改訂）

Ⅲ 底生動物調査編，p. Ⅲ-37.

7）調査記録の整理

調査で採取した種を同定し、湿重量等数量の計測・集計、標本作製及び保管、写真撮影などを行い整理する。

10．5　調査結果取りまとめ

＜必　須＞

事前調査及び現地調査の結果について、確認種の確認状況、経年確認状況等を整理するものとする。

＜推　奨＞

取りまとめに際しては、河川水辺の国勢調査で定められた、整理様式を使うことが望ましい。

10．6　考察・評価

＜標　準＞

調査で得られた結果について、考察及び評価を行うことを標準とする。

なお、考察及び評価に当たっては、必要に応じて学識経験者等の助言を得ることを基本とする。

＜関連通知等＞

1）平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］，平成 24 年 3 月一部改訂，国土交通省水管理・国土保全局河川環境課，Ⅲ. 底生動物調査編.

＜参考となる資料＞

下記の資料が参考となる。

本資料は川の中にすむ様々な生き物を調べ，その結果から川の水質の状況を知るための手順を示した小冊子である。調査の仕方とまとめ方に加え，指標生物（主に底生生物）について多様なカラーイラストにより分かり易く説明している。

1）環境省水・大気環境局，国土交通省水管理・国土保全局編：「川の生きものを調べよう」，2012.

第11節　鳥類調査

11．1　概要

＜標 準＞

1）調査目的

本調査は、河川における鳥類の生息状況とともに、集団分布地の状況を把握することを目的とする。

2）調査対象

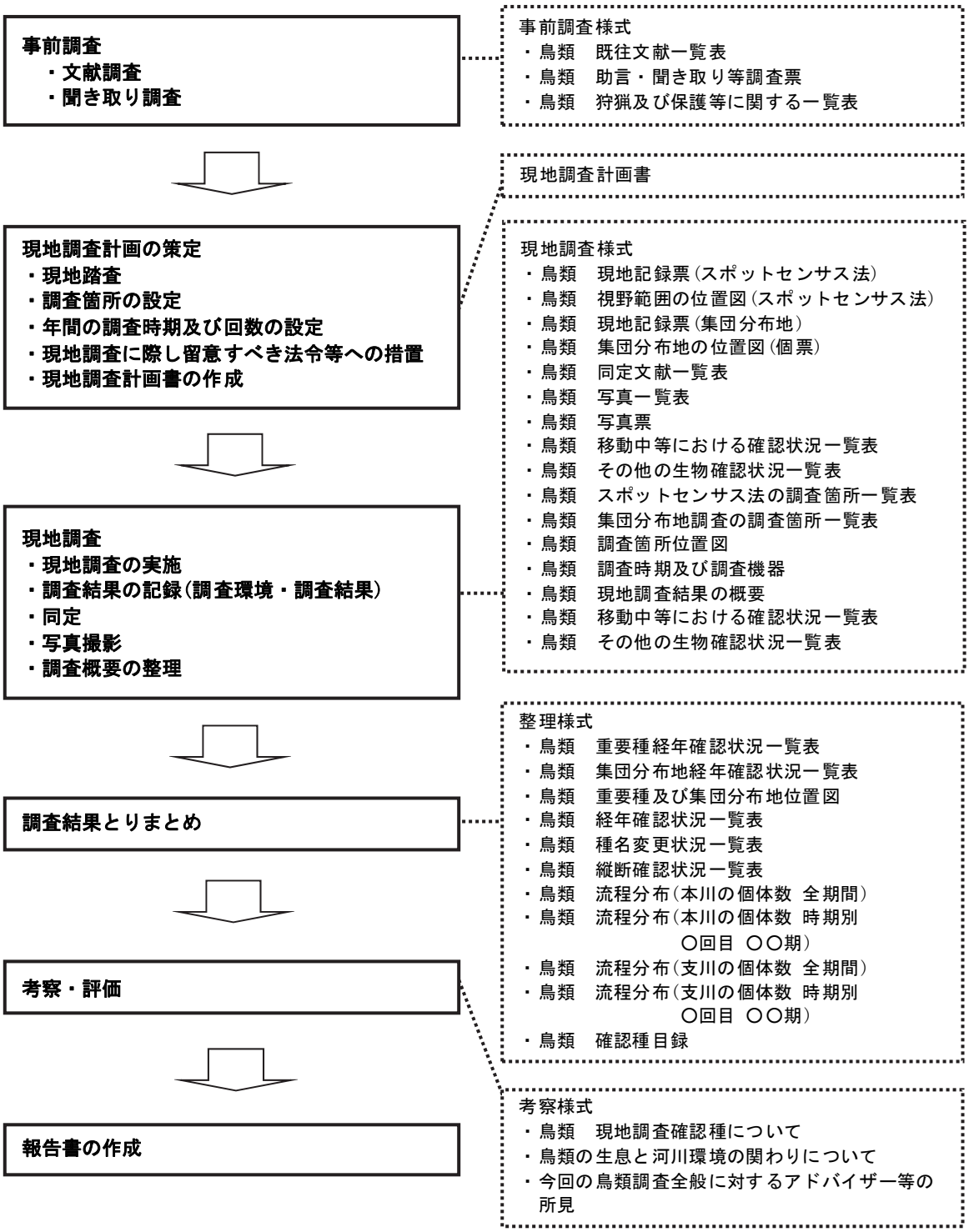
本調査では、家禽種を含む全ての鳥類を調査対象とする。

3）調査内容

本調査では、現地調査を中心に文献調査、聞き取り調査も行う。現地調査は基本的に目視と鳴き声の確認により行う。調査方法はスポットセンサス法と集団分布地調査を実施する。

4）調査手順

本調査における標準的な調査手順は以下のとおりであるが、 必要に応じ内容の拡充や一部簡略化など、適宜柔軟に対応すべきである。



※この手順は河川水辺の国勢調査における調査手順である。河川環境に関する情報の集約や有効活用の観点から、河川水辺の国勢調査以外の河川環境調査においても河川水辺の国勢調査で定められた現地調査様式、整理様式を使うことが望ましい。

図11-11-1　鳥類調査の手順

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成 24 年 3 月一部改訂） V. 鳥類調査編，p. V-2.

11．2　事前調査

＜標　準＞

事前調査では、文献調査及び聞き取り調査を実施することにより、当該水系における鳥類に関する諸情報を取りまとめることを標準とする。なお、文献、報告書等の収集及び聞き取り相手の選定に当たっては、必要に応じて学識経験者等の助言を得ることとする。

11．3　現地調査計画の策定

＜標　準＞

現地調査の実施に当たっては、調査対象となる鳥類の繁殖期、越冬期、渡り期等を考慮して、調査目的に応じた適切な調査結果が得られるように、全体調査計画書、既往の河川水辺の国勢調査成果及び事前調査の結果等を踏まえ、現地踏査、調査箇所の設定、年間の調査時期及び回数の設定を行い、現地調査計画を策定することを標準とする。

なお、現地調査計画の策定に当たっては、必要に応じて、学識経験者等の助言を得ることを基本とする。

１）スポットセンサス法による調査箇所の基本的な設定

a)　基本的な設定

地形図と現地踏査の結果を基に、基本的には以下のように設定する。

堤防上等に、基本的に河川縦断方向に距離間隔 1km ごとに調査箇所(観察定点)を設定する。両岸でおよそ対になるように設定する。

通常、河川管理のための距離標があるため、縦断方向の調査箇所の位置設定に活用する。

基本的な距離間隔 1km は、堤防上等の距離標に基づいて距離を設定する。

なお、観察範囲は、遠方ほど識別や発見の精度が低下することから、基本的に定点から半径 200m までと、半径 200m 超に分けて記録する。

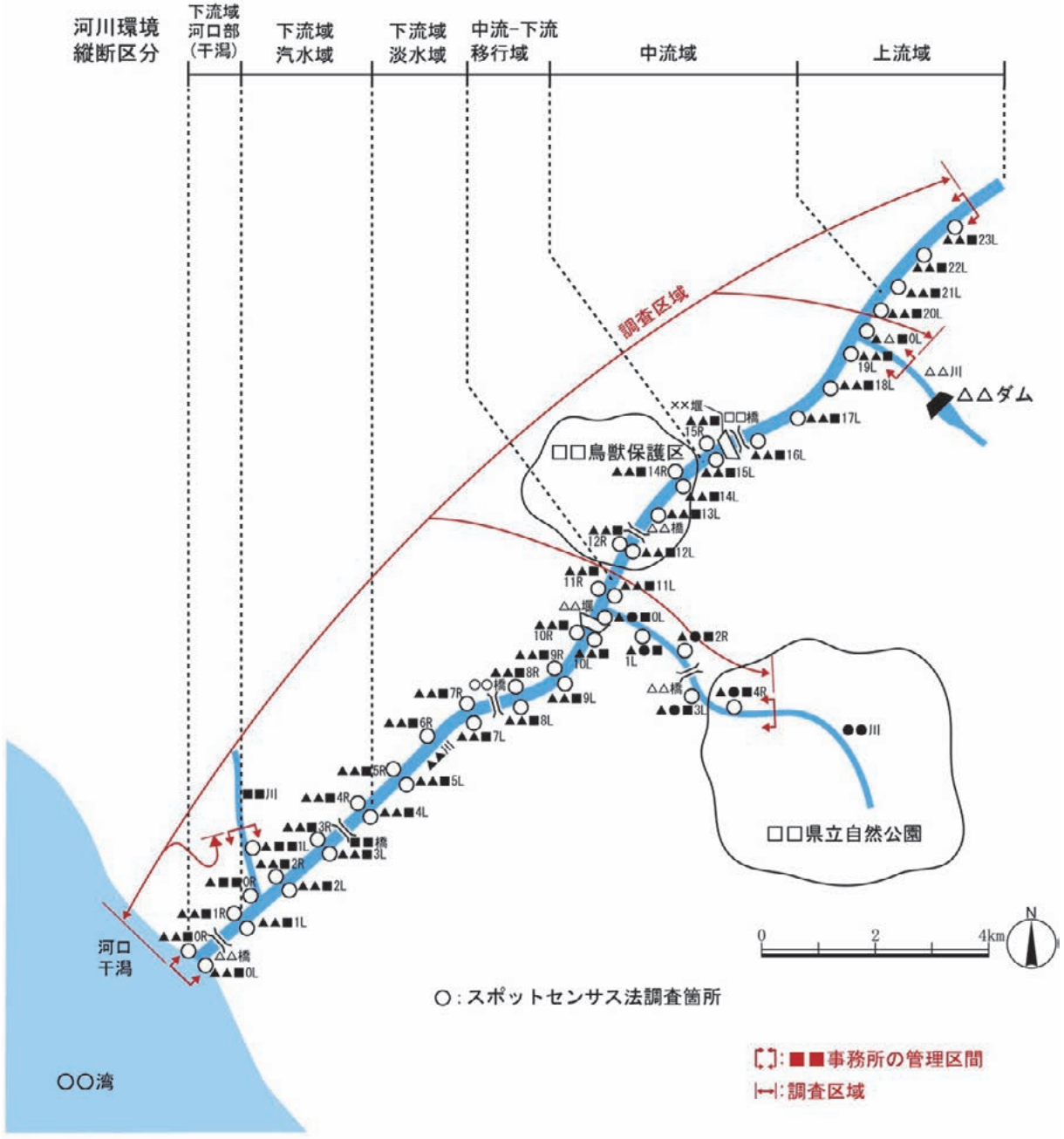
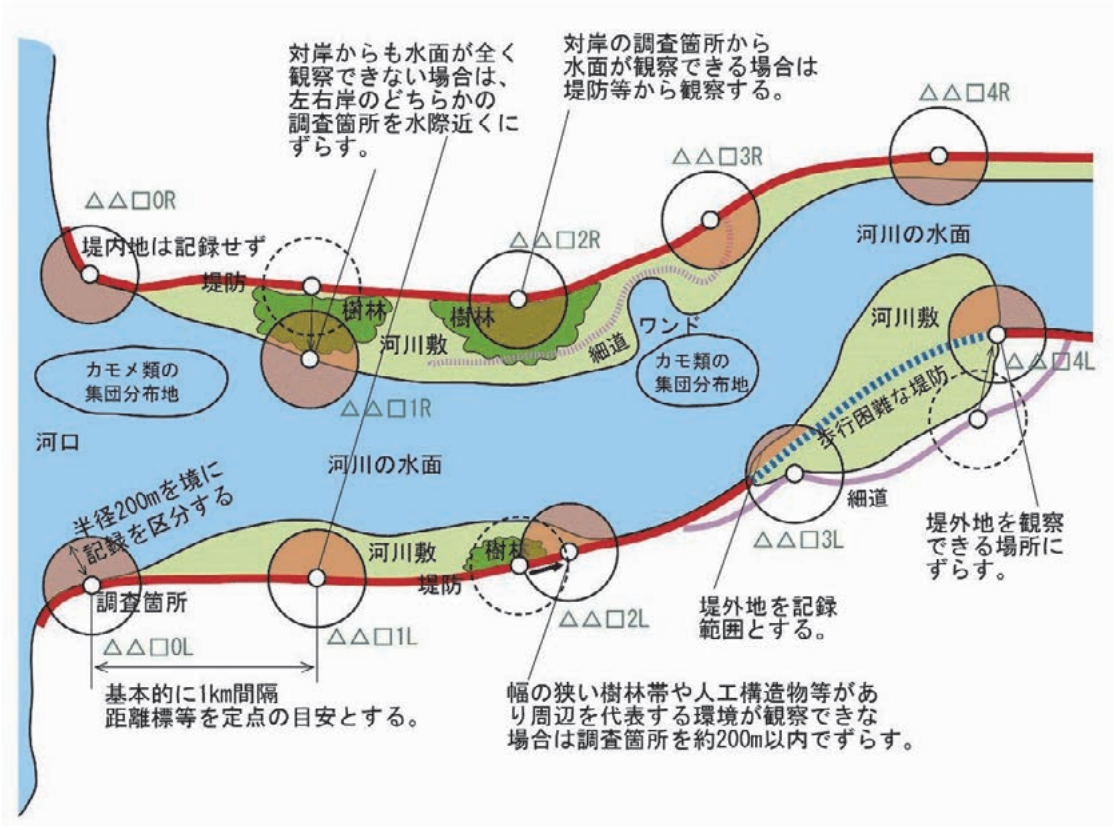


図11-11-2　スポットセンサス法の調査箇所の配置（イメージ）

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成 24 年 3 月一部改訂）

Ⅴ. 鳥類調査編，p. Ⅴ-8.



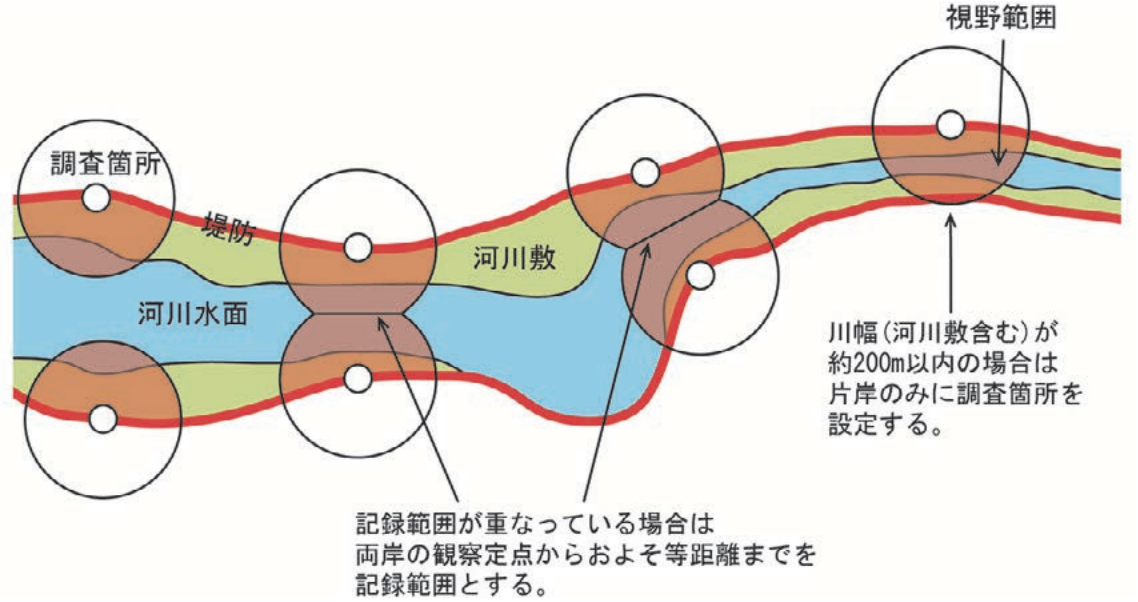


図11-11-3　スポットセンサス法の調査箇所の配置の詳細と観察範囲(イメージ)

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］(平成 24 年 3 月一部改訂)

V. 鳥類調査編，p. V-9.

2）集団分布地調査による調査箇所の設定

文献や聞き取り調査、過去の現地調査等で集団分布地の情報のあった場所を調査箇所とする。さらにスポットセンサス法の観察中や移動中等に新たな集団分布地を見つけた場合も必要に応じて調査箇所に加える。

調査箇所は、基本的に鳥類が集団分布している、又は集団分布していた情報のある箇所とする。調査に当たって繁殖の妨害やねぐら等の攪乱につながる恐れがあるので、調査員は、ある程度離れた場所から観察する。

なお、樹林地に囲まれている等で集団分布地に容易に近づけない場合は、展望のよい箇所(対岸等)から観察してもよい。

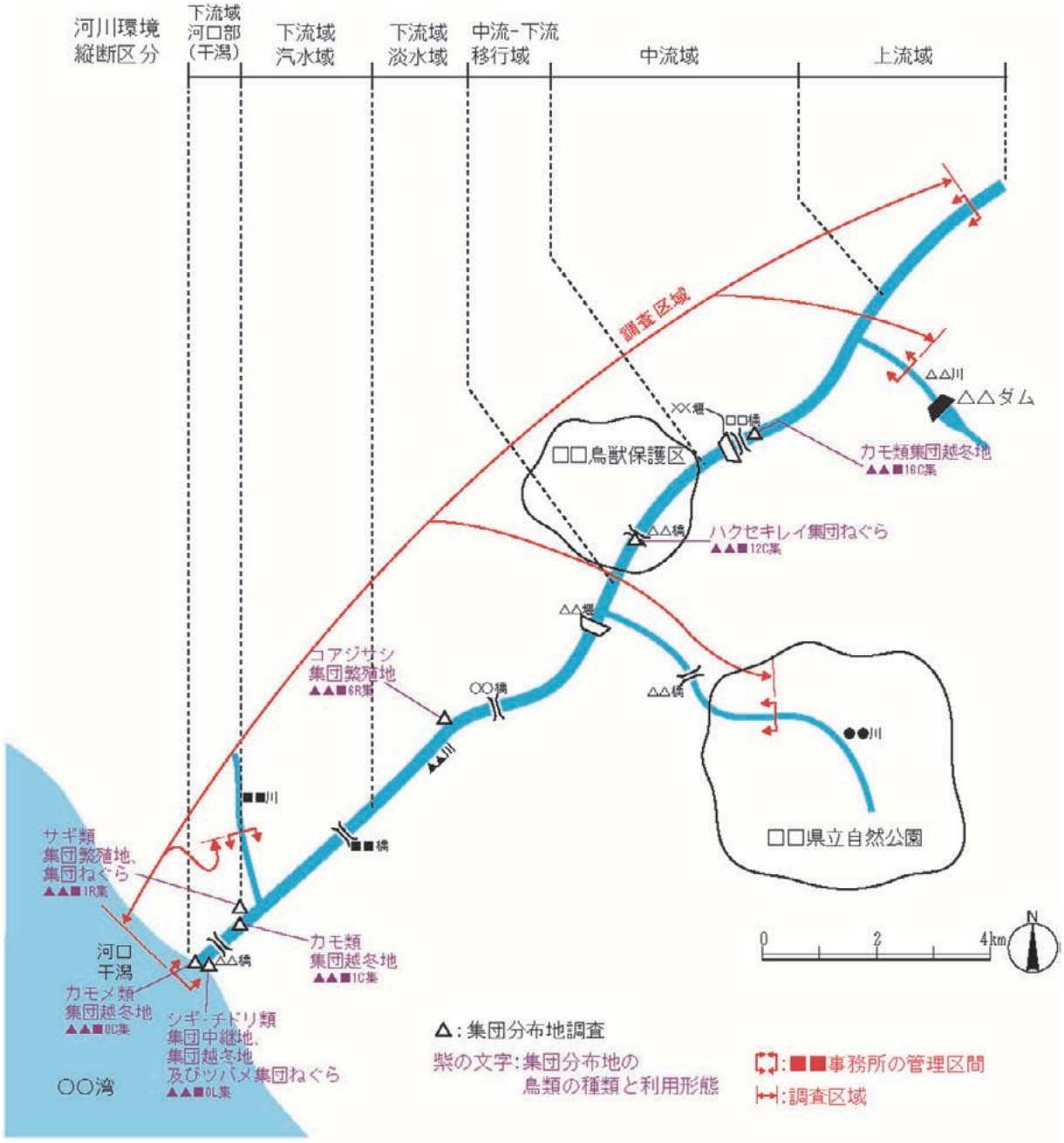


図11-11-4　集団分布地の調査箇所(イメージ)

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］(平成 24 年 3 月一部改訂) Ⅴ.鳥類調査編，p. Ⅴ-16.

11．4　現地調査

＜標　準＞

現地調査は、目視と鳴き声による確認を基本とし、各調査箇所における鳥類の生息状況を把握できるように努める。

１）調査方法

a）スポットセンサス法

スポットセンサス法とは、決められた移動ルート（道路等）にて、一定間隔ごとの定点において短時間の個体数記録（センサス）繰り返す手法である。すなわち定点での短時間の個体数記録の後、再び一定間隔だけ移動し、次の調査定点で同様の個体数記録を行い、これを連続して行う方法である。

スポットセンサス法により比較的短時間で多くの調査地域を観察できるため、下流から上流までの広い地域において、河川の縦断方向におおむね連続して、どの地域にどのような種類（鳥類相）がどの位（定量）いるかについて把握することができる。さらに各調査箇所（観察範囲）の植生等の環境をその鳥類の生息する場として捉え、場と鳥類の関係を把握することができる。

b）集団分布地調査

集団分布地調査は、鳥類の集団分布地の分布位置と生息状況を把握する調査である。

鳥類の集団分布地のうち、本調査で対象とする集団分布地の例を表に示す。

表11-11-1　本調査で対象として記録する集団分布地の目安

No.	利用形態	主な種類(例)	記録対象とする集団の確認数の目安(1集団あたり)
1	集団繁殖地 (コロニー)	ウ類 サギ類 タカ類(チョウゲンボウ等) カモメ類(アジサシ類含む)	約 5 巣以上 (古巣は除くが古巣かどうか判別できない巣は含める)
		アマツバメ類 ツバメ類(イワツバメ、ショウドウツバメ、リュウキュウツバメ等) ムクドリ	約 50 巣以上 (古巣は除くが古巣かどうか判別できない巣は含める)
2	集団ねぐら	ウ類 サギ類 ガン類 タカ類(チュウヒ、オジロワシ、オオワシ等) ツル類 フクロウ類(トラフズク、コミミズク等)	約 10 羽以上
		スズメ目 例: ツバメ類(晩夏から秋) スズメ(晩夏から冬) セキレイ類 ムクドリ(晩夏から冬) アトリ類(冬) カラス類等 その他	約 100 羽以上
3	集団越冬地、 集団中継地	アビ類、カイツブリ類(カイツブリを除く)、ヘラサギ類、ガン類、ハクチョウ類、ツクシガモ類、シギ・チドリ類	約 10 羽以上
		ツバメ類、カイツブリ	約 50 羽以上
		カモ類(ガン類、ハクチョウ類、ツクシガモ類を除く)、 カモメ類	約 100 羽以上
4	集団採餌地	サギ類等(採餌のために特定の場所(堰堤等)に集まっている場合)、 サケ等の魚類の遡上に集まる鳥類	約 10 羽以上
5	その他	(調査票に具体的な利用形態と種名等を記録)	

※ 本表は、本調査での現場確認の作業効率の向上と全国集計のために記録対象とする集団の確認数の目安を定めた。なお、これ以外の数の場合でも集団分布、集団分布地と一般的に言うことがある。

※ 特定の場所への依存度が低い群れは、本調査の集団分布地調査からは除く。
例: カラ類やコゲラの混群。遊泳しているカワウの群れ。上空を通過する群れ。

※ 分散しやすい群れは本調査の集団分布地調査からは除く。
例: 生ゴミや人為的な死体等(餌)に群れるハシブトガラスやカモメ類等。

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成 24 年 3 月一部改訂）
V. 鳥類調査編，p. V-24.

２）調査結果の記録（調査環境・調査結果）

鳥類の生息環境の特徴を把握するために、調査回ごとに各調査箇所の調査環境（調査箇所の環境区分)、調査時の状況（調査日時、天候等）等の情報とともに、観察内容（種類、個体数、同定手段、繁殖行動、巣の数等）等について記録する。また、写真撮影による記録も行う。

調査箇所間の移動中等(調査箇所の範囲外や調査時間外)に鳥類が確認された場合には、重要種、特定外来生物、特筆すべき種及び記録の少ない種に限り、必要に応じて調査箇所で確認された鳥類とは別に、以下の項目を記録する。

３）調査記録の整理
調査で確認された種を同定し、確認種等の記録等を整理する。

11．5　調査結果取りまとめ

＜必　須＞

事前調査及び現地調査の結果について、確認種の確認状況、経年確認状況等を整理するものとする。

＜推　奨＞

取りまとめに際しては、河川水辺の国勢調査で定められた、整理様式を使うことが望ましい。

＜関連通知等＞

1）平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］，平成 24 年 3 月一部改訂，国土交通省水管理・国土保全局河川環境課，Ⅴ.鳥類調査編.

11．6　考察・評価

＜標　準＞

調査で得られた結果について、考察及び評価を行う。なお、考察及び評価に当たっては、 必要に応じて学識経験者等の助言を得る。

＜参考となる資料＞

下記の資料が参考となる。

下記資料は、猛禽類、特にイヌワシ、クマタカ、オオタカの生態調査方法及び保護方策の検討方法が記載されている。

1）（財）ダム水源地環境整備センター：ダム事業におけるイヌワシ・クマタカの調査方法［改訂版］，信山社，2009.
2）環境省自然環境局野生生物課編集：猛禽類保護の進め方，（財）日本鳥類保護連盟，2003.

第12節　両生類・爬虫類・哺乳類調査

12．1　概要

＜標　準＞

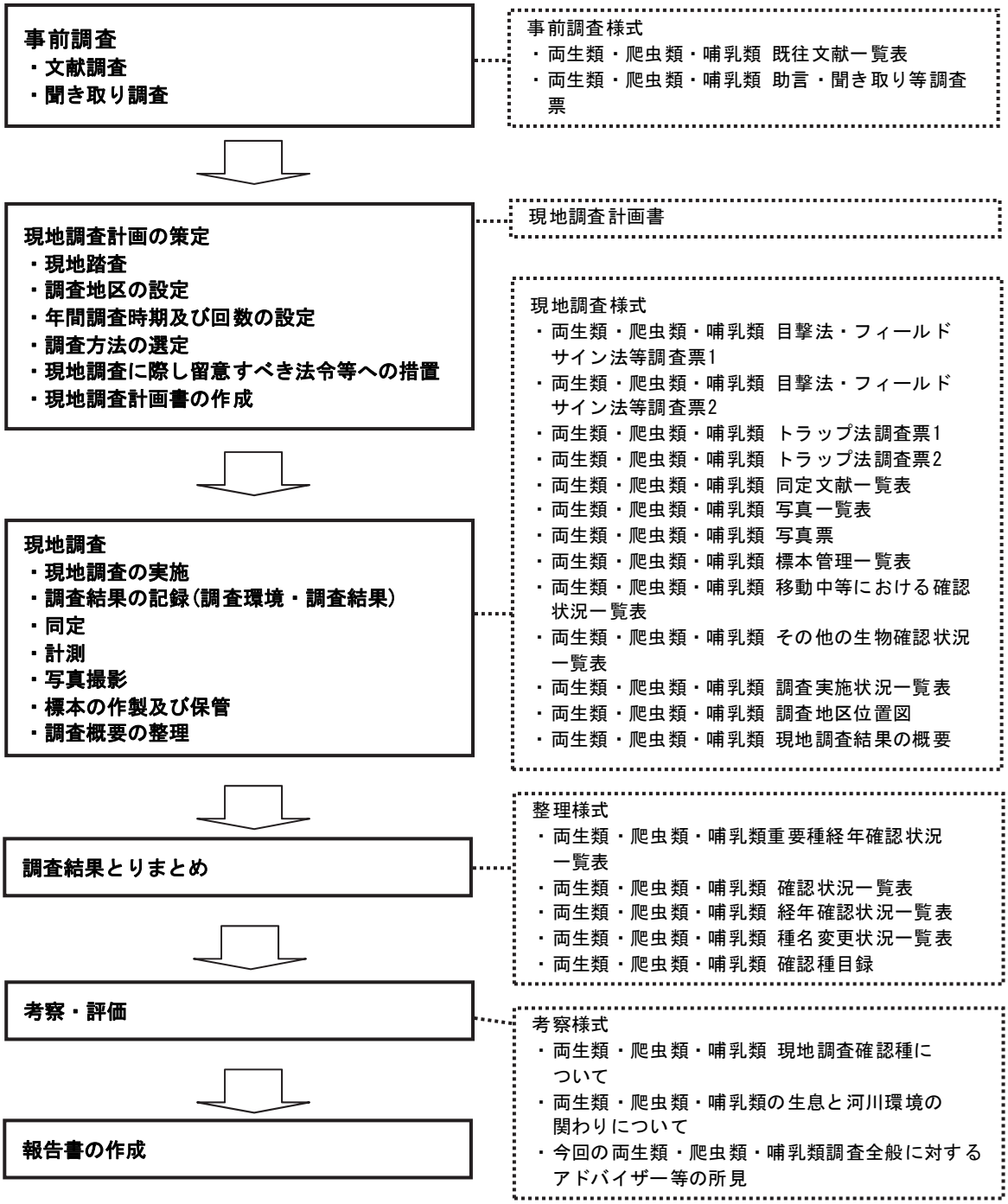
１）調査目的
本調査は、河川における両生類・爬虫類・哺乳類の生息状況を把握することを目的とする。

２）調査対象
本調査では、家畜を含む両生類・爬虫類・哺乳類を調査対象とする。なお、野生化したイヌ、ネコ等の家畜については調査対象とするが、明らかに飼育されているものについては調査対象としない。

３）調査内容
本調査では、現地調査を中心に文献調査、聞き取り調査も行う。現地調査は、両生類・爬虫類については、目撃法、捕獲法等を実施する。また、哺乳類については、目撃法、フィールドサイン法、トラップ法等を実施する。

４）調査手順

本調査における標準的な調査手順は以下のとおりであるが、必要に応じ内容の拡充や一部簡略化など、適宜柔軟に対応すべきである。



※ この手順は河川水辺の国勢調査における調査手順である。河川環境に関する情報の集約や有効活用の観点から、河川水辺の国勢調査以外の河川環境調査においても河川水辺の国勢調査で定められた現地調査様式、整理様式を使うことが望ましい。

図11-12-1　両生類・爬虫類・哺乳類の調査手順

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成 24 年 3 月一部改訂）
VI. 両生類・爬虫類・哺乳類調査編，p. VI-2.

12．2　事前調査

＜標　準＞

事前調査では、文献調査及び聞き取り調査を実施することにより、当該水系における両生類・爬虫類・哺乳類に関する諸情報を取りまとめることを基本とする。なお、文献、報告書等の収集及び聞き取り相手の選定に当たっては、学識経験者等の助言を得るようにする。

12．3　現地調査計画の策定

＜標　準＞

現地調査の実施に当たっては、調査対象となる両生類・爬虫類・哺乳類の繁殖期、活動期等を考慮して、調査目的に応じた適切な調査結果が得られるように、全体調査計画書、既往の河川水辺の国勢調査成果及び事前調査の結果等を踏まえ、現地踏査、調査箇所の設定、年間の調査時期及び回数の設定を行い、現地調査計画を策定することを基本とする。

なお、現地調査計画の策定に当たっては、必要に応じて、学識経験者等の助言を得る。

12．4　現地調査

＜標　準＞

現地調査は、目撃、捕獲及びフィールドサインによる確認を基本とし、各調査地区における両生類・爬虫類・哺乳類の生息状況を把握することを基本とする。

１）調査方法

両生類・爬虫類の現地調査は、調査地区を踏査しながら目撃により確認する目撃法(鳴き声による確認を含む)、捕獲により確認する捕獲法を基本とする。また、カメ類を対象とし、カメトラップ等を設置するトラップ法等を併用する。哺乳類の現地調査は、目撃法に加え、足跡、糞、食痕等の痕跡により確認するフィールドサイン法、無人撮影装置を使用する無人撮影法、ネズミ類を対象としたシャーマントラップ等や、トガリネズミ類等（ジネズミ、ヒミズ等）を対象とした墜落缶等を設置するトラップ法を基本とする。また、必要に応じ、モグラ類を対象としたモールトラップ等を設置するトラップ法等を併用する。

目撃法、捕獲法、フィールドサイン法は、1 調査地区当たり 2 人で 2～3 時間踏査するものとし、調査地区の規模や状況に応じて調整する。

事前調査及び既往の河川水辺の国勢調査の結果より、当該調査地区において過去に重要種が確認されていた場合は、それらの生息の可能性を念頭において調査を行う。

各調査方法の対象生物、使用機材、調査努力量の目安は「表 11-12-1 調査方法一覧」に示すとおりである。

表11-12-1　調査方法一覧

調査方法	対象生物	使用機材	努力量の目安	区分※1
目撃法、捕獲法、フィールドサイン法※2	両生類・爬虫類・哺乳類全般	タモ網等	1調査地区あたり2人×2～3時間程度	◎
トラップ法	哺乳類(トガリネズミ類・ジネズミ・ヒミズ等)	墜落かん等	設置期間：2晩 設置数：30個	◎
	哺乳類(ネズミ類)	シャーマン型トラップ等	設置期間：2晩 設置数：30個	◎
	爬虫類(カメ類)	カメトラップ、カニ籠等	設置期間：1晩 設置数：1個以上	○
	哺乳類(ヒミズ類以外のモグラ類)	モールトラップ等	適宜	○
無人撮影法	哺乳類(中大型哺乳類)	無人撮影装置	設置期間：2晩 設置数：2台	◎
	哺乳類(カワネズミ、樹洞性哺乳類)	無人撮影装置	適宜	○
その他	哺乳類(コウモリ類)	バットディテクター	適宜	○

※1：◎:基本的に全ての調査地区で実施。○:調査地区の特性等に応じて実施。
※2：鳴き声による確認を含む。
出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成18年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成24年3月一部改訂）
VI.両生類・爬虫類・哺乳類調査編，p.VI-9.

２）調査環境の記録（調査環境・調査結果）

両生類・爬虫類・哺乳類の生息環境の特徴を把握するために、調査地区ごとの護岸の状況、堤外地・堤内地の状況等について、最新の河川環境基図等の既存資料を参考にしながら河川環境基図等背景図に記録する。

なお、調査時の状況が河川環境基図等の既存資料と異なる場合には、おおむねの水際線の位置を記録するなどしておく。河川環境基図等がない場合は、最新の平面図を用い、平面図がない場合は空中写真等を利用する。

調査環境（調査箇所の環境区分）、調査時の状況（調査日時、天候等）等の情報とともに、調査方法ごとに、両生類・爬虫類・哺乳類の確認状況（観察内容）、捕獲状況等について記録する。また、写真撮影による記録も行う。

調査地区間の移動中等(調査地区の範囲外や調査時間外)に両生類・爬虫類・哺乳類が確認された場合には、重要種、特定外来生物及び特筆すべき種に限り、必要に応じて調査地区内で確認された両生類・爬虫類・哺乳類とは別に、確認位置、種名、確認状況等を記録する。

現地調査時にカメトラップ等で魚類やエビ・カニ・貝類等を捕獲した場合や、死体を発見した場合等には、それらが重要種、特定外来生物及び特筆すべき種のいずれかであり、かつ現地で同定可能なものに限り、必要に応じて「その他の生物」として確認位置、種名、確認状況等の項目を記録する。

３）調査記録の整理
　調査で採取した種を同定し、数量の計測（捕獲生物の大きさなど）・集計、標本の作製及び保管、写真撮影、などを行い整理する。

12．5　調査結果取りまとめ

＜必　須＞

　事前調査及び現地調査の結果について、確認種の確認状況、経年確認状況等を整理するものとする。

＜推　奨＞

　取りまとめに際しては、河川水辺の国勢調査で定められた、整理様式を使うことが望ましい。

12．6　考察・評価

＜標　準＞

　調査で得られた結果について、考察及び評価を行うことを基本とする。
　なお、考察及び評価に当たっては、必要に応じて学識経験者等の助言を得る。

＜関連通知等＞

1）平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］，平成 24 年 3 月一部改訂，国土交通省水管理・国土保全局河川環境課，Ⅵ. 両生類・爬虫類・哺乳類調査編.

第13節　陸上昆虫類等調査

13．1　概要

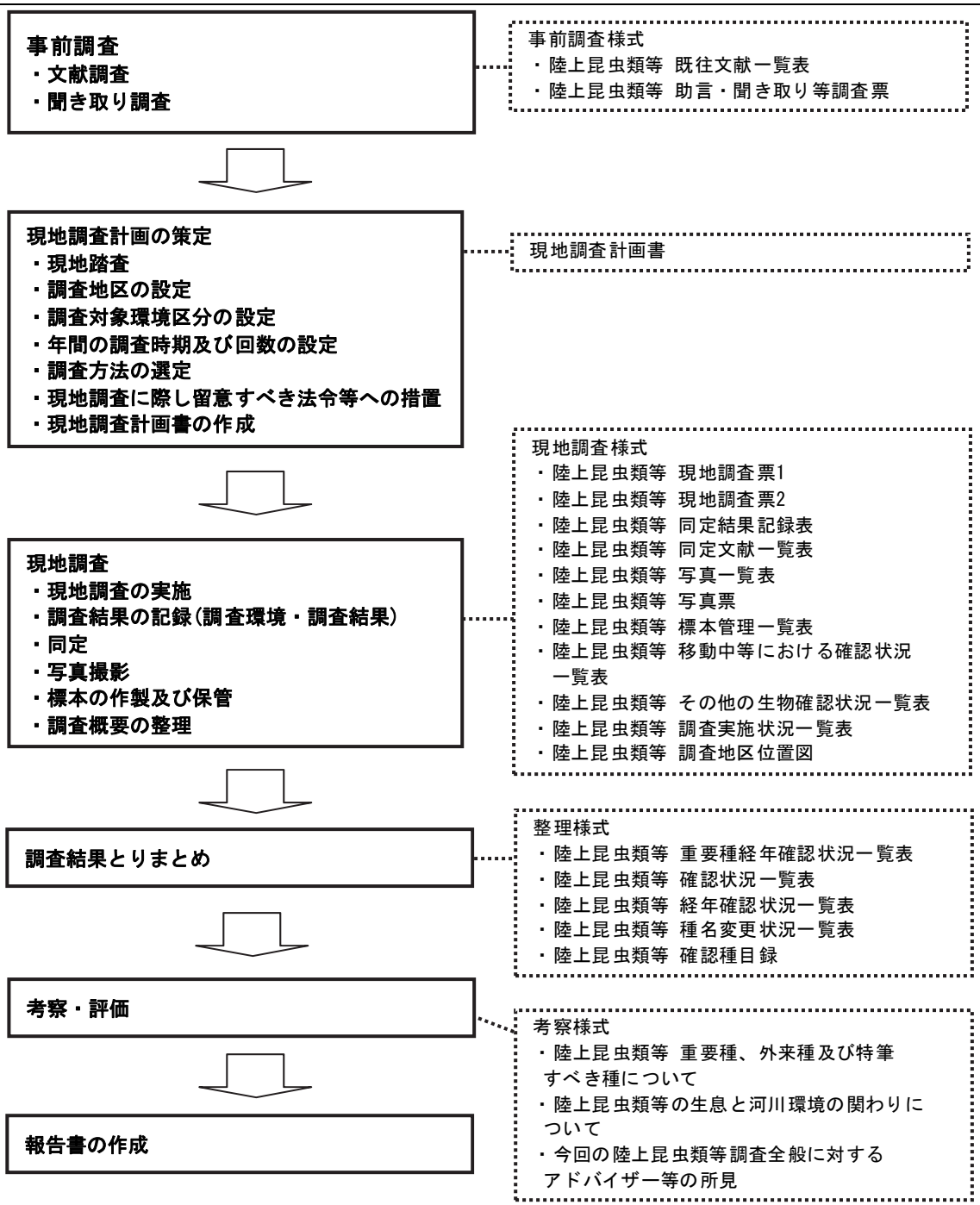
＜標　準＞

１）調査目的
　本調査は、河川における陸上昆虫類等の生息状況を把握することを目的とする。

２）調査対象
　本調査では、陸上昆虫類と真正クモ類を調査対象とする。

３）調査内容
　本調査では、現地調査を中心に文献調査、聞き取り調査も行う。現地調査は、基本的に任意採集法、ライトトラップ法及びピットフォールトラップ法により行う。

４）調査手順
　本調査における標準的な調査手順は以下のとおりであるが、必要に応じ内容の拡充や一部簡略化など、適宜柔軟に対応すべきである。



※ この手順は河川水辺の国勢調査における調査手順である。河川環境に関する情報の集約や有効活用の観点から、河川水辺の国勢調査以外の河川環境調査においても河川水辺の国勢調査で定められた現地調査様式、整理様式を使うことが望ましい。

図11-13-1　陸上昆虫類等の調査基準

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成 24 年 3 月一部改訂）
Ⅶ. 陸上昆虫類等調査編，p.Ⅶ-2.

13. 2　事前調査

＜標　準＞

事前調査では、文献調査及び聞き取り調査を実施することにより、当該水系における陸上昆虫類等に関する諸情報を取りまとめる。なお、文献、報告書等の収集及び聞き取り相手の選定に当たっては、必要に応じて学識経験者等の助言を得るようにする。

13．3　現地調査計画の策定

＜標　準＞

現地調査の実施に当たっては、調査対象となる陸上昆虫類等の成虫が羽化している時期等を考慮して、調査目的に応じた適切な調査結果が得られるように、全体調査計画書、既往の河川水辺の国勢調査成果及び事前調査の結果等を踏まえ、現地踏査、調査箇所の設定、年間の調査時期及び回数の設定、調査方法の選定を行い、現地調査計画を策定することを基本とする。

なお、現地調査計画の策定に当たっては、必要に応じて、学識経験者等の助言を得る。

13．4　現地調査

＜標　準＞

現地調査は、採集による確認を基本とし、各調査地区における陸上昆虫類等の生息状況を把握することを基本とする。

１）調査方法

現地調査は、任意採集法（見つけ採り法、スィーピング法、ビーティング法、石起こし採集等）を基本とし、ライトトラップ法、ピットフォールトラップ法などを併用する。また、調査ルート及び各トラップの設置位置を河川環境基図等背景図に記録する。

事前調査及び既往の河川水辺の国勢調査の結果より、当該調査地区において過去に重要種が確認されていた場合は、それらの生息の可能性を念頭において調査を行う。

表11-13-1　調査方法一覧

調査方法	適した環境	努力量の目安	対象種等	区分※1
任意採集法	－	1 調査地区当たり 2 人×2 時間程度	・陸上昆虫類等全般	◎
ライトトラップ法（灯火採集法）	樹林内：林床が見渡せる場所 草地：できるだけ開けた場所	一晩 1 箇所	・夜間に灯火に集まる陸上昆虫類等	◎
ピットフォールトラップ法	－	一晩 10 個×3 地点	・地上を歩きまわる陸上昆虫類等	◎
目撃法	－	－	・大型で目立つ種や鳴き声を出す種	◎
その他の採集法	－	－	・各採集法により異なる	○

※ 1: ◎:基本的に全ての調査地区で実施。○:調査地区の特性等に応じて実施。

出典：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（平成 24 年 3 月一部改訂）
Ⅶ. 陸上昆虫類等調査編，p.Ⅶ-8.

２）調査結果の記録

陸上昆虫類等の生息環境の特徴を把握するために、調査地区ごとの護岸の状況、堤外地・堤内地の状況等について、最新の河川環境基図等の既存資料を参考にしながら記録する。

なお、調査時の状況が河川環境基図等の既存資料と異なる場合には、おおむねの水際線の位置を記録するなどしておく。河川環境基図等がない場合は最新の平面図を用い、平面図がない場合は空中写真等を利用する。

調査地区（調査の位置、範囲）、調査時の状況（日時、気象等）、調査実施状況（調査手法）等を調査回、調査地区ごとに整理する。また、写真撮影による記録も行う。

３）調査記録の整理
　調査で採取した種を同定し、数量の計測（捕獲生物の大きさなど）・集計、標本の作製及び保管、写真撮影、などを行い整理する。

13．5　調査結果取りまとめ

＜必　須＞

　事前調査及び現地調査の結果について、確認種の確認状況、経年確認状況等を整理するものとする。

＜推　奨＞

　取りまとめに際しては、河川水辺の国勢調査で定められた、整理様式を使うことが望ましい。

13．6　考察・評価

＜標　準＞

　調査で得られた結果について、考察及び評価を行うことを基本とする。なお、考察及び評価に当たっては、必要に応じて学識経験者等の助言を得る。

＜関連通知等＞

1）平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］，平成 24 年 3 月一部改訂，国土交通省水管理・国土保全局河川環境課，Ⅶ.陸上昆虫類等調査編.

第14節　河川空間利用実態調査

14．1　概要

＜考え方＞

１）調査目的
　河川は地域の身近な自然空間であり、うるおいのある自然環境を提供し、散策やスポーツ、イベントなどのレクリエーションの場として多くの国民に利用されるとともに、昔から地域社会の歴史、文化、産業を育んでおり、地域共有の公共財産となっている。近年は、環境教育の場、高齢化社会に向けた健康増進の場、市民団体活動の拠点の場等、様々な利用形態、利用目的があり、こうした要請に対して良好な河川空間の保全、整備が求められている。
　このような要請に対応するため、定期的・継続的に河川空間利用実態調査を行い、地域が望んでいる河川空間の把握を行い、良好な河川空間の保全、整備を図るための基礎資料とすることを目的とする。

２）調査の構成
　調査は「河川空間利用者数調査」と「川の通信簿」調査で構成される。ここで、河川空間の利用とは、レクリエーション利用ばかりでなく、生産の場、生活の場としての利用も含めて考えるものとする。

14．2　河川空間利用者数調査

＜標　準＞

　河川空間利用者数調査は、ゴルフ場等商業ベースにのって有料利用されている『有料施設区域』、水泳場など他の区域に比べ著しく利用者が多い『特定利用区調査区域』、1km ごとに区切った区間の自然的利用／施設的利用を代表する『定点区域』、「川の通信簿」調査を実施する『川の通信簿区域』、その他の『一般区域』と調査区域を設定し、それぞれの区域の利用者数や利用

形態（たとえば高水敷でスポーツ、水際で釣り、など、どこで何をしていたか）等について調査を行う。なお、川の通信簿調査については本節 14.3 にて説明する。

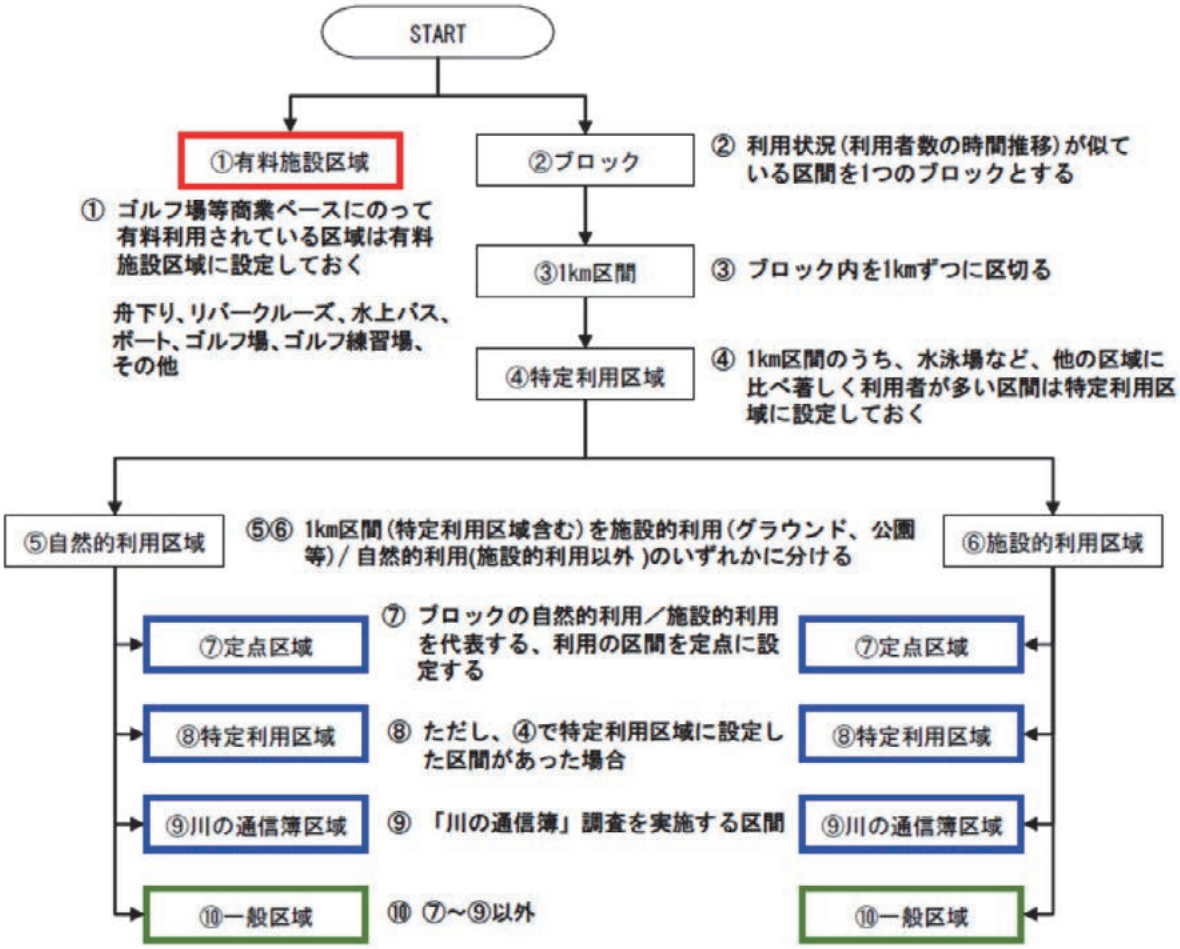
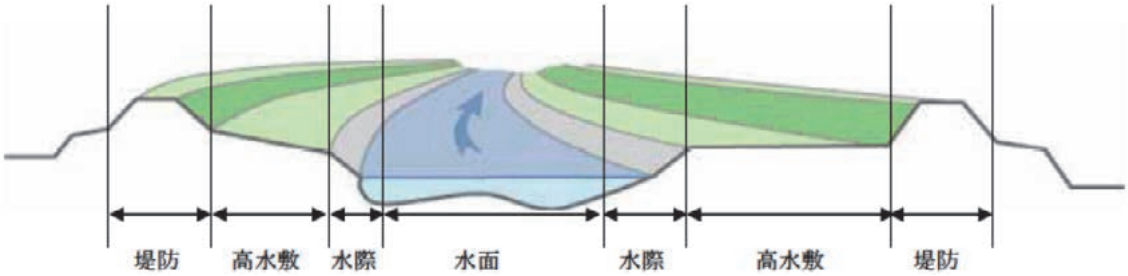


図11-14-1　ブロック区分、及び区域区分

出典：国土交通省河川局：平成 16 年度版河川水辺の国勢調査（案）
河川空間利用実態調査編，p. 5.

調査の実施に当たっては、利用場所を以下のように区分する。



- 水際と高水敷は低水護岸部を目安として判断する。
- 水面と水際は利用者の装備（服装、ボート等）を目安に判断する。

図11-14-2　利用場所区分

出典：国土交通省河川局：平成 16 年度版河川水辺の国勢調査（案）
河川空間利用実態調査編，p. 9.

＜関連通知等＞

1)　平成 16 年度版 河川水辺の国勢調査マニュアル(案)(河川空間利用実態調査編)，平成 16 年，国土交通省河川局監修.

14．3　「川の通信簿」調査

＜例　示＞

「川の通信簿」調査は、全国の河川空間の親しみやすさや快適性等を現地において市民と共同でアンケート調査を実施した結果から、良い点・悪い点を把握し、河川整備計画や日常の維持管理等に反映することにより、良好な河川空間の保全、整備、管理を図ることを目的に実施する。その内容は、全国の河川空間の現状を、利用者や市民団体等を対象としたアンケート調査によりその満足度について５段階で評価するものである。

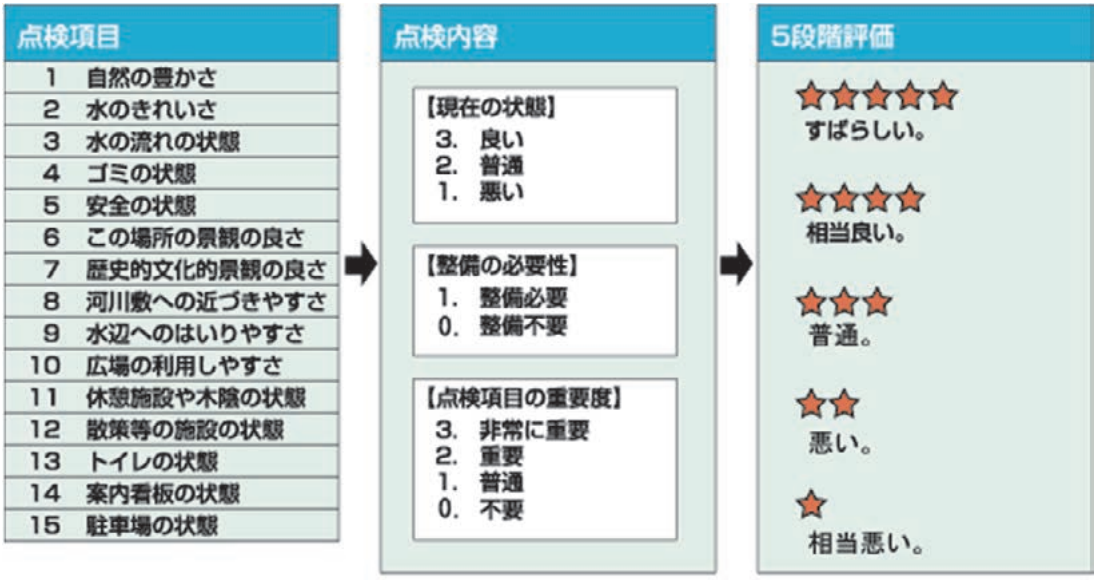


図11-14-3　川の通信簿調査の点検項目等

出典：国土交通省北陸地方整備局「川の通信簿」WEB より

＜参考となる資料＞

下記の資料が参考となる。

1)　「川の通信簿」実施マニュアル，平成 15 年 3 月，国土交通省河川局.

第15節　河川景観調査

＜考え方＞

平成９年の河川法改正により、河川法第１条に「河川環境の整備と保全」が河川行政の目的と位置付けられるとともに、普遍的な川づくりの姿である「多自然川づくり」の取組目的の一つとして「河川全体の自然の営みを視野に入れ、地域の暮らしや歴史・文化との調和にも配慮し、多様な河川景観を保全・創出する」ことが明確化された。

また、平成 15 年には美しい国づくりのための基本的考え方と国土交通省のとるべき具体的な施策についてまとめた「美しい国づくり政策大綱」が公表され、さらに平成 16 年には、良好な景観は現在及び将来における国民共通の資産であることを基本理念とした景観法が成立し、我が国における美しい景観の形成と保全の重要性はますます高まっている。

このような背景の下、国土交通省では、美しい河川景観の形成と保全の促進を図るため、川づくりに関わる人々が河川及び河川景観の成り立ちや特性を学び、河川景観の形成と保全につ

いての方針や計画を定め、設計、整備、維持管理等を行うために必要な視点、考える手順、整理すべき情報、活用すべき手法等を、「河川景観の形成と保全の考え方」として取りまとめ、平成 18 年 10 月に公表した。また、河川事業やダム事業を含む国土交通省の一部直轄事業での試行を経て「公共事業における景観アセスメント（景観評価）システム」が平成 19 年度から本格運用されており、事業実施により形成される景観に対し、事業者、地方公共団体、住民、学識経験者等の景観形成に携わる関係者の多様な意見を聴取しつつ評価を行い事業に反映する取組が行われているところである。

河川景観調査に際しては、河川景観ガイドライン「河川景観の形成と保全の考え方」を参考に、美しい河川景観の形成と保全の促進が図られるよう努める必要がある。

＜関連通知等＞

1） 美しい河川景観の形成と保全の推進について，平成 18 年 10 月 19 日付，国河環第 40 号・国河治第 94 号，国土交通省河川局.

＜参考となる資料＞

下記の資料が参考となる。

1） 河川景観ガイドライン河川景観の形成と保全の考え方，平成 18 年 10 月 19 日，国土交通省河川局.

2） 「公共事業における景観アセスメント（景観評価）システム」の本格運用について，平成 19 年 3 月 30 日，国土交通省大臣官房技術調査課.

第16節　河川環境の総合的な分析

16．1　環境調査結果を取りまとめる際の視点

＜考え方＞

河川環境は、空間的に多様なだけでなく、時間的にもダイナミックに変化する環境である。その環境を理解するためには、個々の断片的な調査結果を見るだけでなく、複数の調査結果を照らし合わせて、総体として河川環境を捉える必要がある。時間的にも一時点の河川環境を把握するのでなく、常に変化するものとして把握することが重要となる。

さらに河川環境を理解するためには複数の空間単位で捉えることが重要である。つまり、流域、類似の勾配や河床材料を有するセグメント（第 4 章 河道特性調査 を参照）、あるいは 1 組以上の瀬淵構造からなるリーチ等、異なる空間単位で環境の特徴を把握することが大切である。

調査結果を取りまとめ、総合的な分析を実施する際には、河川環境の上記のような特徴を理解した上で、分かりやすく情報を切り出し、必要な河川環境情報を把握する必要がある。本節では、河川環境を総合的に分析する手法例として、「河川環境検討シート」を例に多様な側面を有する河川環境の捉え方を説明する。

また、河川環境調査の結果は膨大なデータとなるため、これらを取りまとめて当該河川環境の全体像を的確に把握するためには、以下の点に留意する必要がある。

１）空間的関連性

河川の物理環境（流量、河床地形、河床材料、河床勾配、等）、底生生物、魚類、植物、昆虫や哺乳類、等の各環境要素は相互に関係し影響を及ぼし合ってその場に存在（あるいは生息）しているため、各環境要素の調査結果に位置情報を付した地理空間情報として整理し、空間的な関連性を把握する必要がある。

２）時間的関連性

各環境要素の現在の姿や状態は過去からの経緯が蓄積した結果として成立しているものであり、変化の経緯や因果関係等も含めて把握するためには、それぞれの要素データを時系列的に把握できるよう整理する必要がある。

３）共通様式

全国の河川環境データを統計的に処理し全体像を把握したり、その中での当該河川の位置付けを把握したり、あるいは他の河川と比較することで、当該河川の特徴が浮かび上がることもある。このため各河川の調査結果は容易に比較できるよう、統一した書式で取りまとめられることが望ましい。

16．2　『河川環境検討シート』を利用した環境調査結果の取りまとめ

＜例　示＞

前項で示した考え方に合致する調査結果の取りまとめ方法を示す資料として、「河川環境検討シート」作成の手引き＜案＞（国土交通省河川局河川環境課）がある。

平成９年の河川法の改正により義務付けられた河川整備基本方針、河川整備計画を策定する際に、当該河川の環境を把握するための資料として「河川環境検討シート」が利用されるようになった。平成 15 年 3 月に作成された『手引き（案）』には、河川環境検討シートを構成する各シートの作成方法や活用方法が具体的に示されており、河川環境調査結果を取りまとめるに当たって具体的かつ実践的な指針となっている。

河川環境検討シートはこうした経緯で広く使われているが、各シートを組み合わせることで河川環境を多面的に評価しうる資料となっていることから、計画策定時の基礎資料としてだけでなく河川事業施工時や日常の河川環境管理など幅広い場面で活用することが可能であり、河川環境調査結果の取りまとめ方として有効な方法である。

＜関連通知等＞

1)　河川環境検討シート作成の手引き＜案＞, 平成 15 年 3 月, 国土交通省河川局河川環境課.

2)　河川環境資料の活用に関する検討会：河川環境資料の活用の手引き～河川環境情報図等の有効な活用手法～, (財)リバーフロント整備センター, 2006.

16．3　河川環境調査結果から作成される主な資料

＜例　示＞

「河川環境検討シート作成の手引き(案)」によって、各種様式でのまとめ方が提示されている。作成される主な資料には、概要書、河川区分検討シート（縦断分布図)、河道の変遷シート、「重要な種及び注目すべき生息地」の整理、環境区分と生物の関連シート、河川環境情報図、等があり、その概要は次表のとおりである。

表11-16-1　河川環境調査結果の主な取りまとめ資料

主な資料	概要
①　概要書	河川の概要、環境の特徴について整理したものです。
②　河川区分検討シート（縦断分布図）	河川区分とは、「汽水域」「下流域」、「中流域」、「上流域」、「○○支川域」、「ダム湖」等に河川を縦断方向に区分したものです。
③　河道の変遷シート	年代別の航空写真や古地図等より、河川の経年的・時間的な変遷を捉えたものです。
④　「重要な種及び注目すべき生息地」の整理	動物・植物の「重要な種や生息地・群落」や、生態系の観点から「注目種等」を整理したものです。
⑤　環境区分と生物の関連シート	河川の環境区分とそこを利用する生物との関係について整理したものです。
⑥　河川環境情報図	全体図・広域図・区間図があり、図上に環境情報を表示したものです。

出典：河川環境資料の活用に関する検討会：河川環境資料の活用の手引き～河川環境情報図等の有効な活用手法～，p.5，(財)リバーフロント整備センター，2006.

1）概要書

概要書は当該河川の概要や河川環境の特徴を把握するために作成する。

既存の資料や新たに行った調査により収集した当該河川の基本的な諸元や河川環境の特徴を次表に示すような様式に記載して作成する。

この「河川環境の特徴」とは、地域的な特徴や生物の生息から見た特徴、河川区分から見た特徴等、その河川を特徴付けている事項で、河道計画や維持管理等の各段階で「河川環境の整備と保全のポイント」となる。

表11-16-2　河川環境の特徴の例

その川の地域的な特徴	◆横断工作物がない川 ◆まとまったヨシ原が繁茂する水際線が維持されている川 ◆過去に洪水等による攪乱がある川　等
生物から見た河川の特徴	◆遊泳力の弱い回遊魚が上流まで遡上できる川 ◆外来種が多く生息する川 ◆鳥類の餌となる多くの魚類が生息する川 ◆攪乱により高水敷の植生変化が激しい川　等
河川区分から見た特徴	◆感潮区間が長い ◆山付き区間が多い　等

出典：河川環境資料の活用に関する検討会：河川環境資料の活用の手引き～河川環境情報図等の有効な活用手法～，p.13，(財)リバーフロント整備センター，2006.

表11-16-3　概要書の記入例

概　要　書　＜記入例＞

水系名	○○川		級種	２級	都道府県	○○県
関係市町村名	○○市（人口：○万人、産業：自動車、楽器） ○○町（人口：○万人、産業：お茶生産）					
河川概要	流域面積	７５．８ｋｍ^2		流路延長	３５．２ｋｍ	
	源流標高	○○山(○○岳)(標高1000m)		基準地点川幅	約７０ｍ	
	◆肥沃な○○平野を潤す母なる川 ◆観光都市○○市を貫流するシンボル的河川 ◆近年都市化が進展し、内水被害が頻発している。 ◆瀬淵が発達し多数のアユが遡上する清流河川。　＊主な特徴を記述					
工事実施基本計画(H9.11)	計画規模	１／１００	基本高水	1,350m³/s	計画高水	900 m³/s
河川整備基本方針	計画規模	１／１００	基本高水	1,350m³/s	計画高水	900 m³/s
河川整備計画（案）	目標規模	１／３０	目標流量	760m³/s	河道流量	目標 600m³/s 現況 300m³/s
既往最大流量(S39.8)	規　模	１／３０	流　量	760m³/s	＊浸水被害○○戸	
河川整備計画 主な内容（予定）	事業名	内　容			進捗状況	
	築堤	延長5km（2/300～7/300）　堤防整備率○○%			H7着　50%	
	掘削	掘削量○○m³(10/000～12/000)			H10着 50%	
	内水ポンプ	○○排水機場　○○m³/s（○ｋ付近）			新規	
	○○ダム	目的　：FNW（ﾕｰｻﾞｰ○○市） （F：洪水調節、N：不特定、W：水道用水） 着手年　：Ｓ６３建設着手 ダム高　：１０２ｍ 総貯水容量：４０，２００千m³ 貯水池面積：１３０ｈａ 計画堆砂量：300m³/km²/年			S63着手 補償家屋 80戸/100戸 80%進捗	
既設ダム及び堰、放水路	○○ダム（ＦＮＷ S56完）、　○○ダム(I○○電力S60完) ○○河口堰（高潮対策 S48完）、○○放水路（○○m³/s　S55完）					
正常流量	正常流量○○m³/s(比流量○○m³/s) ＊アユで決定。○○ｋ地点ｸﾘﾃｨｶﾙ 維持流量○○m³/s(比流量○○m³/s) ＊1/10渇水流量○○m³/s(比流量○○m³/s)					
名勝地、景勝地等	○○の滝（○ｋ付近）、○○自然公園（○ｋ～○ｋ）					
生息する貴重種	河川：オヤニラミ（準絶滅）、スナヤツメ（準絶滅）、ギバチ（準絶滅） ○○ﾀﾞﾑ予定地：オオタカ（準絶滅）、ｵｵｻﾝｼｮｳｳｵ（準絶滅）					
河川環境の整備と保全のポイント	保　全　：ｼｷﾞ、ﾁﾄﾞﾘが多数生息する河口部干潟の保全 アユの産卵床が多数存在する中流部○○ｋ付近の瀬の保全、 落葉広葉樹で、ｱｶｹﾞﾗが生息する○○地区河畔林の保全 復　元　：ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾞﾛｯｸで単調化された下流部水際河岸抽水植物の復元 ﾀﾅｺﾞ類の生息環境の復元。ｵｵﾖｼｷﾘの生息空間の復元 ﾐﾁｹﾞｰｼｮﾝ：河口部河道掘削時のｼｼﾞﾐの生息環境への配慮 ○○ダム建設時のｵｵﾀｶへの配慮　原石山の変更 連続性　：○○堰への魚道の設置。ｱﾕ、ﾖｼﾉﾎﾞﾘの回遊 堤内地水路への連続性を図る○○樋管改築。ｺｲ、ﾅﾏｽﾞの回遊 人触れ　：○○地区歴史的水辺の整備（学習館・・・） 景　観　：名勝○○地区の堤防整備時の配慮 水質改善：近年悪化している支川○○川の水質改善 流量改善：○○ダムの減水区間の解消（関係機関との協議） 流域管理：ため池保全、お堀の浄化、（関係機関との協議）					

出典：河川環境資料の活用に関する検討会：河川環境資料の活用の手引き～河川環境情報図等の有効な活用手法～，p.14，(財)リバーフロント整備センター，2006.

２）河道の変遷シート

河川の変遷シートは、その川のかつての姿やその変遷を知るために作成する。大規模な人為的改変が行われる前の川の「もともとの姿」を知り、“保全すべき重要な環境”や“失われている又は劣化している環境”を把握することは、当該河川をどのように整備し、河川環境を保全・復元していくのか、保全目標を設定する上で、重要な指標となるからである。

河道の変遷シートの作成に当たっては以下のような情報を整理する。

- 植生図、航空写真、横断図、縦断図等により、自然特性、社会的特性、経年的な変遷等を整理することを通して、生物の生息・生育基盤となる河川環境の特徴を整理する。
- 整理に当たっては、できるだけ過去の情報まで対象とするのが望ましい。特に、大規模な河川改修が実施される前に撮影された航空写真及び断面図、明治時代陸軍により作成された迅速図及び生物調査の結果などは過去の状況を検討する際に重要である。

こうして取りまとめられた河川の変遷シートを用いて、当該河川に対して、いつごろに人為的な影響（大規模な河道改修や砂利採取等）や災害があったのか把握する。また、河道内の流路や砂州、植生帯の変動を見比べるとともに、沿川の土地利用の変化など、変遷過程を把握することができる。

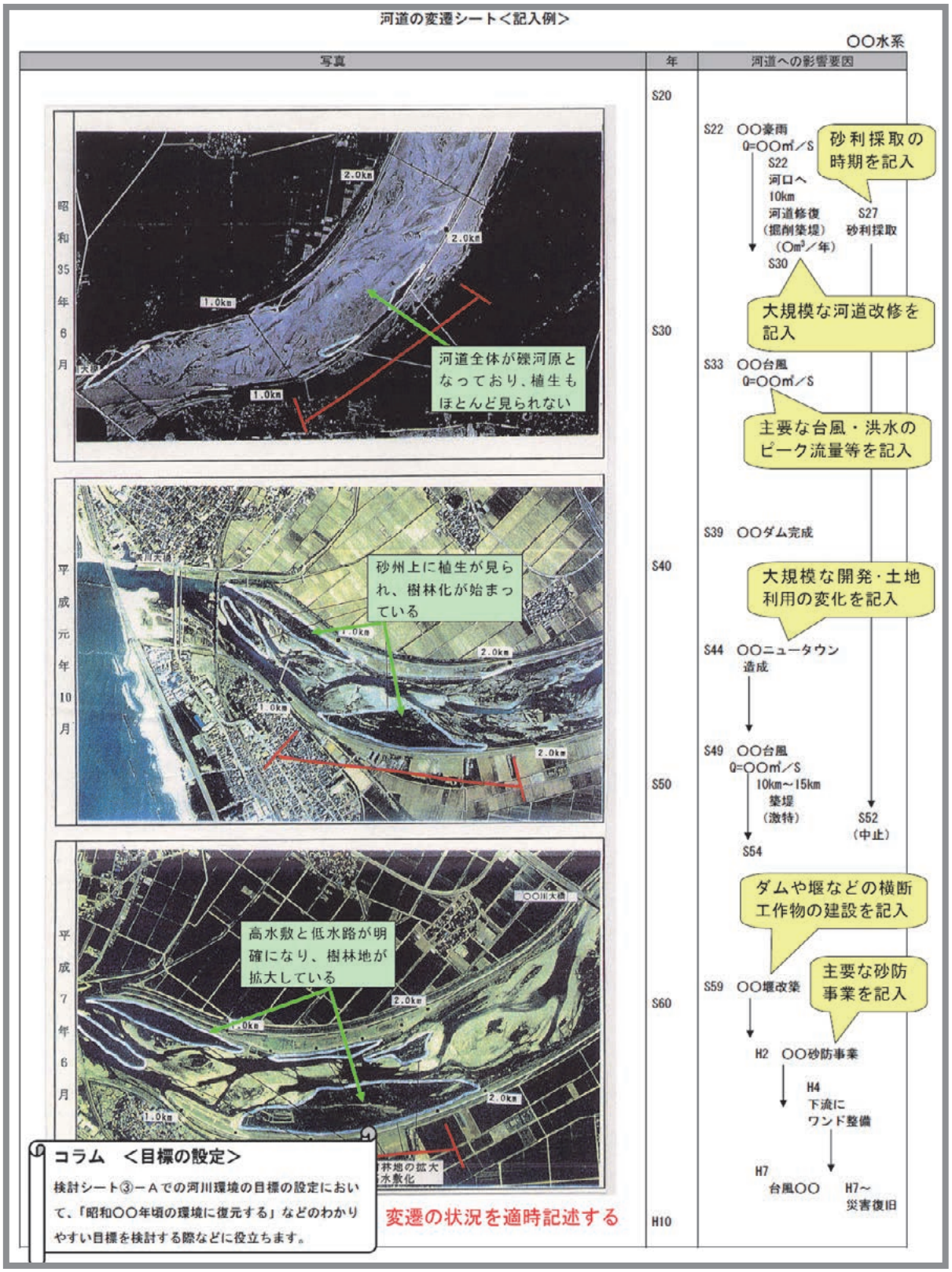


図11-16-1　河道の変遷シート<記入例>

出典：河川環境資料の活用に関する検討会：河川環境資料の活用の手引き～河川環境情報図等の有効な活用手法～，p. 16，(財)リバーフロント整備センター，2006.

3）河川区分検討シート

河川区分検討シートは、当該河川を汽水域、下流域、中流域、上流域等に区分けし、縦断的

変化を把握するために作成する。

作成に当たっては、図 11-16-2 の記入例のように、下流から上流に向け、河川特性、自然環境、社会環境、の項目ごとに特性を整理する。この際、シートの目的がその河川の特徴を縦断的に把握することであることに留意し、特に「河川を区分する」という観点からメリハリのあるものとする。また、使用する資料には、既存の調査結果のみならず、学識経験者、地元関係者からのヒアリング結果、現地調査結果を利用する。

完成した河川区分検討シートを用いて、以下のような情報を把握する。

- 当該河川の河川区分（汽水域、下流域、中流域、上流域等）を把握する。
- 生物の重要種･注目種等の確認地点・範囲を把握する。また、河川の上下流を移動する生物の生息範囲等を把握する。
- 河道特性（河床勾配､セグメント区分等)、背後地の利用状況等の社会環境特性を把握する。
- 河川区分検討シートと河川環境情報図の全体図から、その川の地域的な特徴や、生物から見た河川の特徴、河川区分から見た特徴等を読みとる（図 11-16-2、図 11-16-3)。

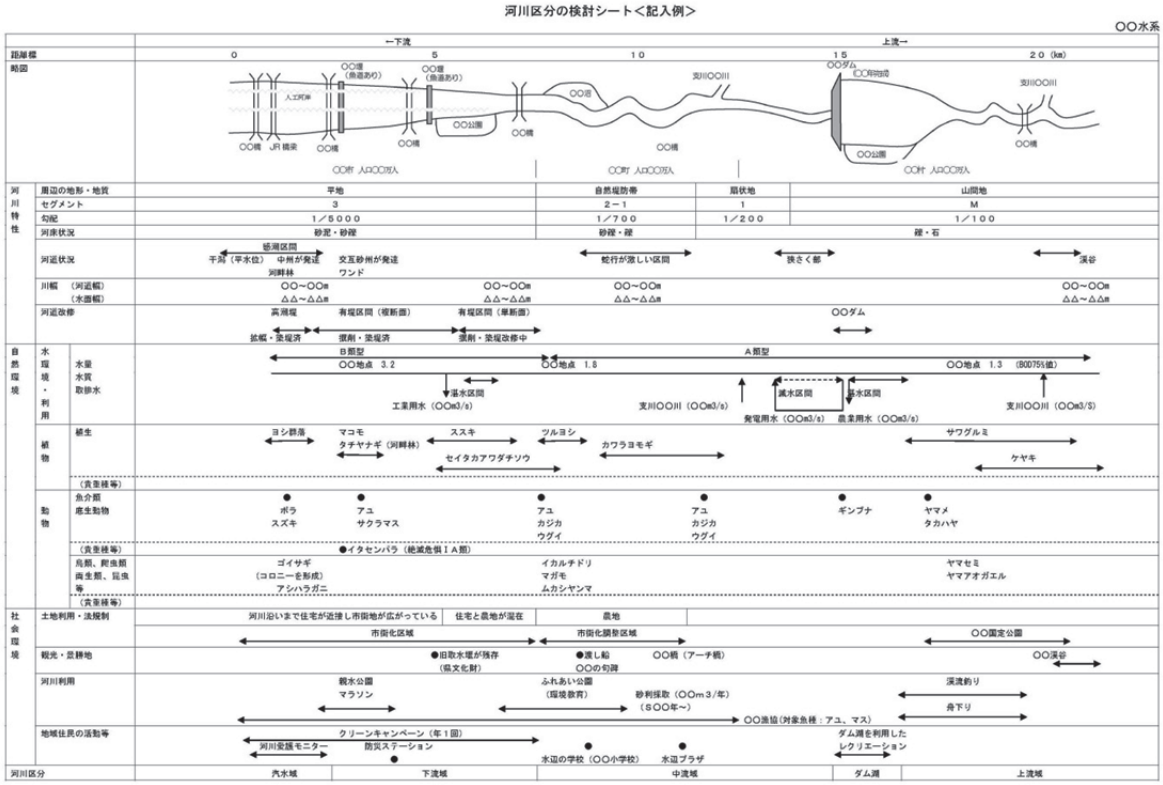


図11-16-2　河川区分検討シート

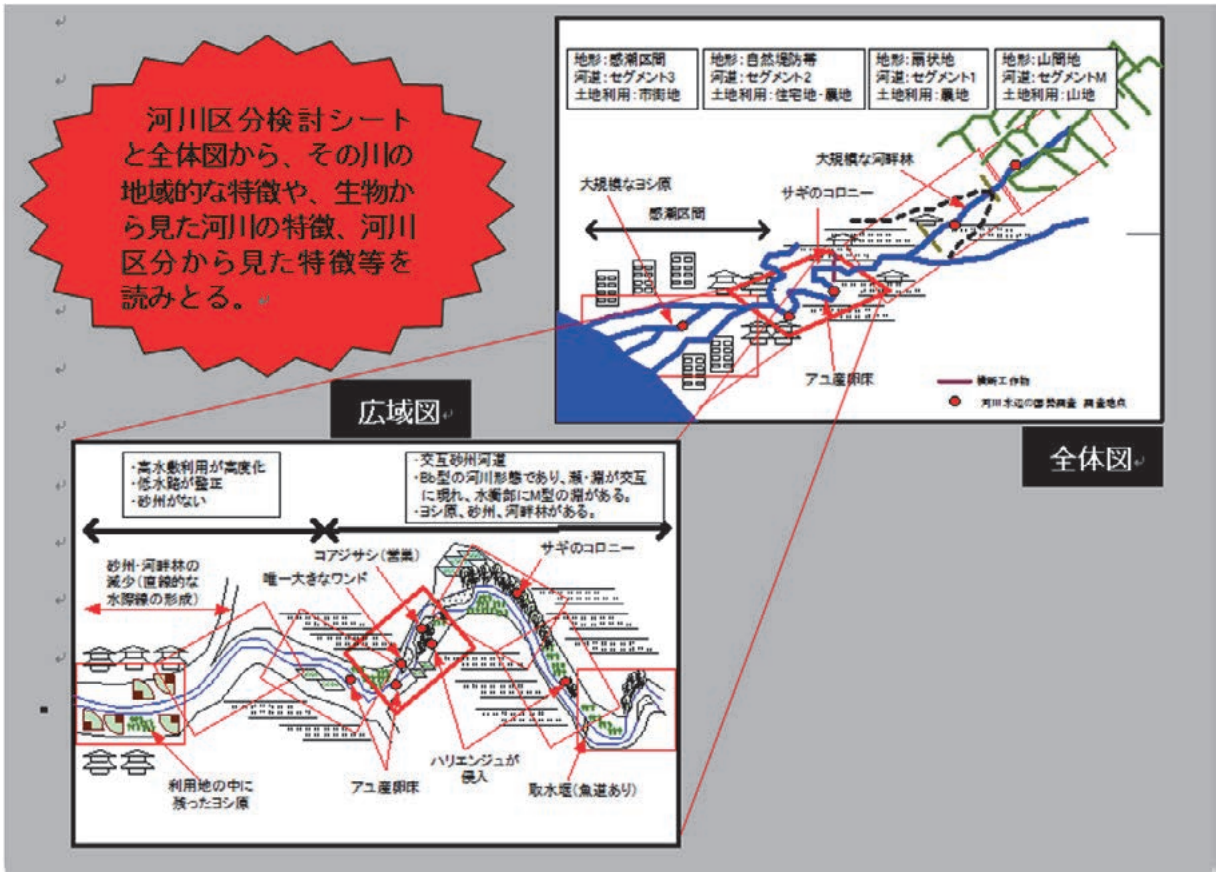


図11-16-3　河川環境情報図（全体図・広域図）

出典：河川環境資料の活用に関する検討会：河川環境資料の活用の手引き～河川環境情報図等の有効な活用手法～，p. 18，（財）リバーフロント整備センター，2006.

４）「重要な種及び注目すべき生息地」の整理

本資料は河川環境の保全にとって重要な情報である重要な種及び注目すべき生息地を把握するために作成する。

重要な種とは、学術上や希少性の観点から抽出された種であり、環境省や各自治体等で発刊されるレッドデータブック等の選定基準（文献）から抽出・選定される。

注目種は、その地域を特徴付ける生態系の観点（上位性・典型性・特殊性・移動性）から普通の種を含む注目種として抽出・選定される種である。選定に当たっては、地域の生物の生息状況・生態に詳しい専門家に相談し、設定する。

重要種、注目種、いずれも種及びその生息地を併せて把握する必要がある。これらの種及び生息地は、その保全を追求することによって、地域の生物多様性の保全そのものに貢献するところが大きいと考えられる。

ここで整理される情報は後述の「環境区分と生物の関連シート」及び「河川環境情報図」の中に記載する。

『重要な種及び注目すべき生息地の整理結果』から把握する事項は以下の２点である。

a）確認されている重要種から、どの程度の希少な種が生息し、どのような環境を利用しているのか把握する。

b）専門家により選定された注目種より、どのような生態系が形成されているのか把握する。

５）環境区分と生物の関連シート

環境区分とは、当該河川の動植物の生息・生育空間や特徴的な環境を１つの単位（場・生態系）として捉えて区分したものであり、「環境区分と生物の関連シート」は、この環境区分と確認された種、それらの関連性（機能）を整理・把握するために作成する。

環境区分の設定に当たっては、河川環境基図を基にして、陸域では植生区分、水域では河床形態（早瀬、淵など）やワンド・たまりなどの景観的な情報を基にして、当該河川の地域特性等を考慮して環境区分を作成する。この環境区分ごとに、生育する植物、成立する群落、生息する動物や、４）で整理した「重要な種及び注目すべき生息地」を整理し、環境区分と生物の関連シートを作成する。

これを見れば重要種や注目種が生息する環境区分が分かり、これまで生物調査をしていない箇所でも生息している可能性のある重要種を推測することができる。このように、当該河川の「場と生物の結びつき」を把握し、重要な種が生息する環境区分に注意することにより、保全すべき箇所や工事に際して注意が必要な箇所等が把握できる。

６）河川環境情報図

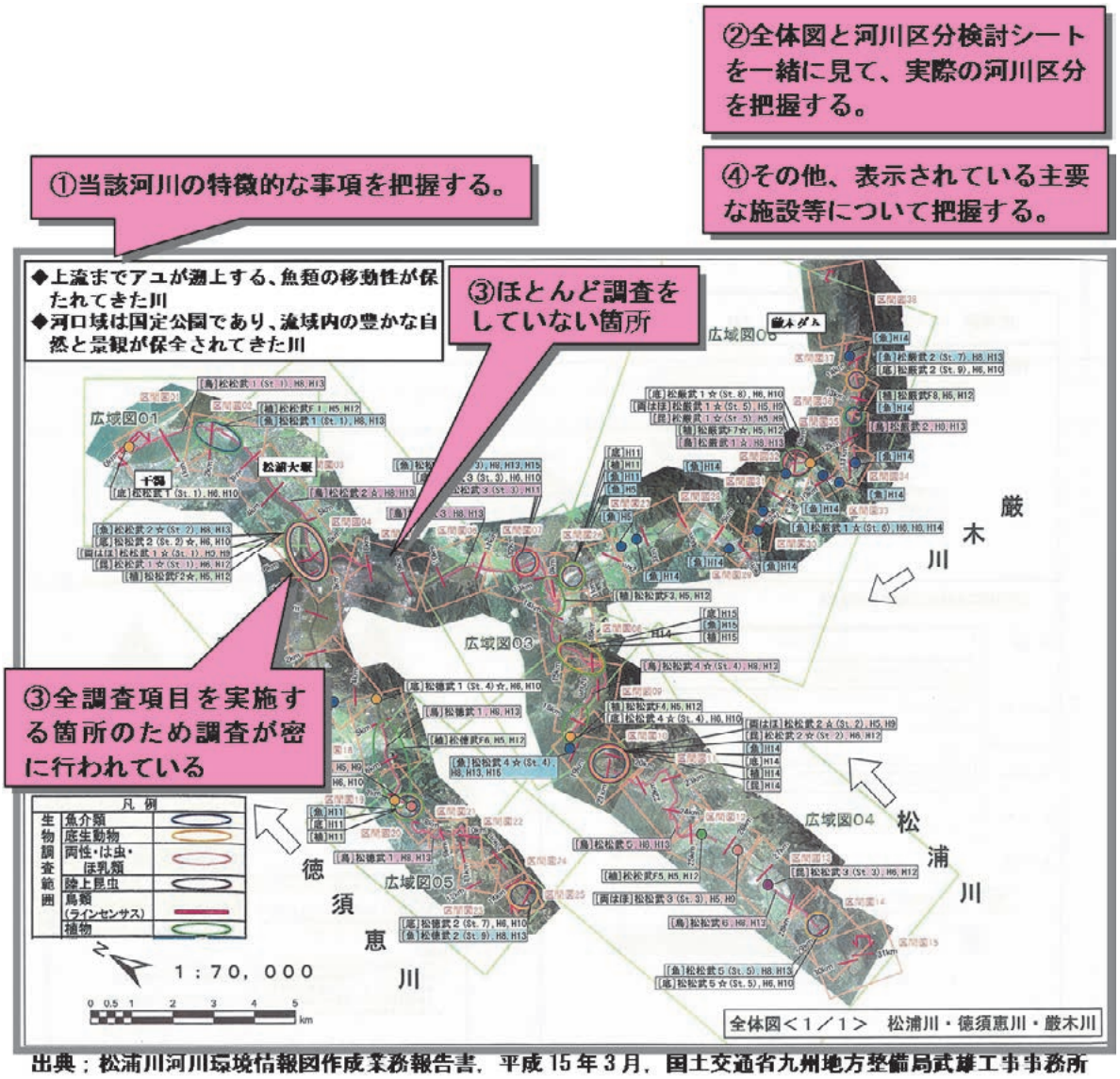
河川環境情報図は、収集された河川特性、自然環境、社会環境に関する情報を地図上に整理するもので、全体図・広域図・区間図の 3 種類がある。ただし、河川の規模や河川環境などの状況に応じて、適宜、必要な情報図を選択し作成する。それぞれ読みとれる情報が異なるため、それぞれの河川環境情報図を見比べ、他の環境資料を一緒に見ながら、河川の特徴を把握する。

a） 河川環境情報図（全体図）

全体図は、河川環境の全体像を把握するために作成する。

作成に当たっては、その川の地域的な特徴（横断工作物の有無、まとまったヨシ原が繁茂する水際線が維持されている、等）、生物調査の実施地点と生物から見た河川の特徴、河川区分から見た特徴（感潮区間が長い、山付き区間が多い等）等を記載し作成する。

河川環境情報図（全体図）を「概要書」や「河川区分検討シート」を併せてみることで、その川の地域的な特徴を把握することができる。



出典：松浦川河川環境情報図作成業務報告書，平成15年3月，国土交通省九州地方整備局武雄工事事務所

図11-16-4　河川環境情報図（全体図）の例

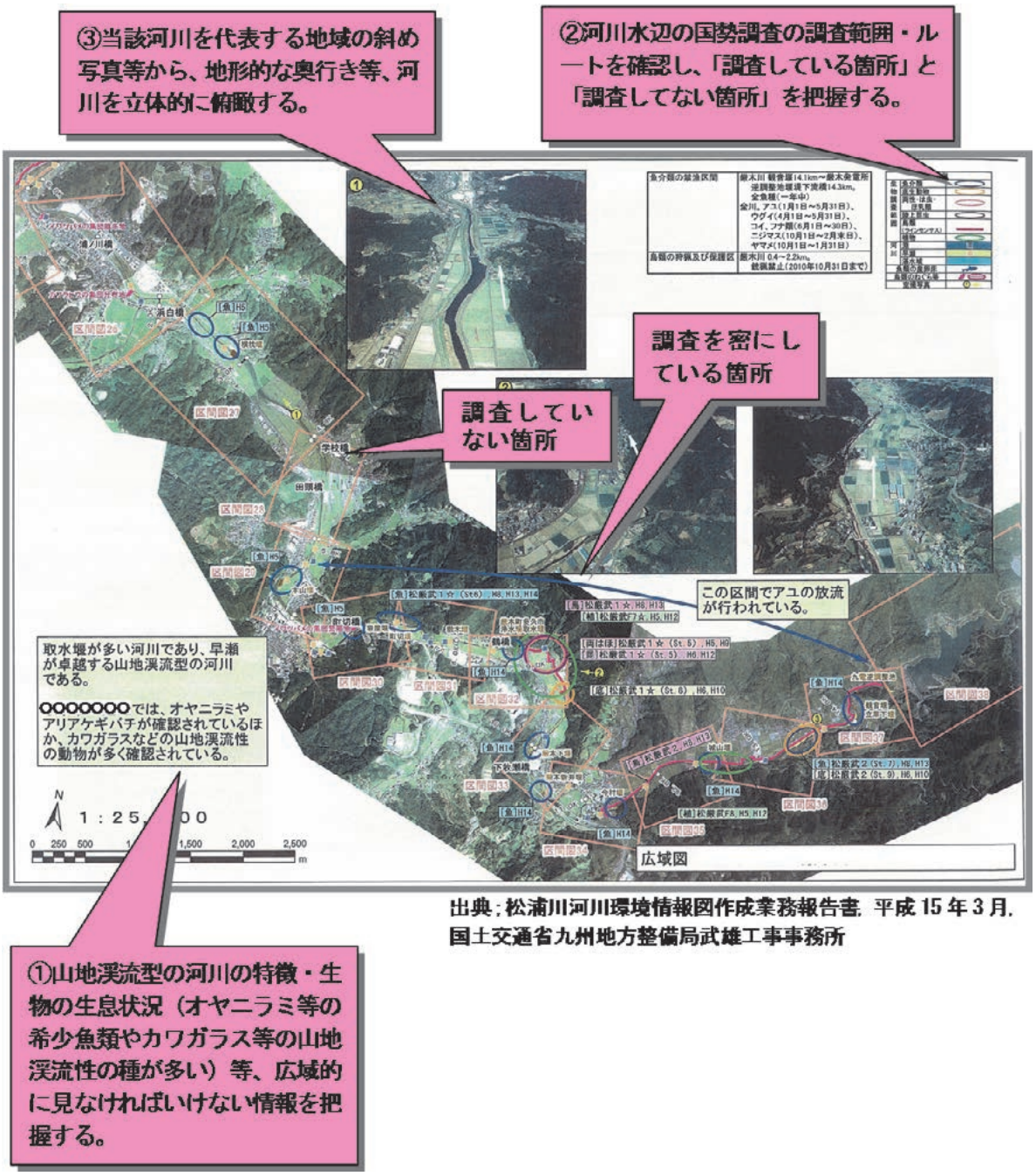
出典：河川環境資料の活用に関する検討会：河川環境資料の活用の手引き～河川環境情報図等の有効な活用手法～，p.30，(財)リバーフロント整備センター，2006.

b)　河川環境情報図（広域図）

河川環境情報図（広域図）は、区分を行った区域の河川環境の特性を把握することを目的に、各河川の区分ごとに作成する。

広域図の作成に当たっては、全体図からもう少し川に近づいて俯瞰し、河川区分ごとの河道の特徴（たとえば、この区間の上流側は瀬・淵が交互にある交互砂州河道になっていて河畔林がパッチ状（継ぎはぎ状）にある、など）について記載する。広域図には、広い環境や空間を必要とするものなど、広域的に把握しなければいけない情報を掲載する。

広域図と区間図（後述）をみることによって、広域図では把握しがたい「環境区分」の分布や、注目種等の確認状況、当該区間の特徴的な地域情報を把握することができる。



出典；松浦川河川環境情報図作成業務報告書，平成 15 年 3 月，国土交通省九州地方整備局武雄工事事務所

図11-16-5　河川環境情報図（広域図）の例

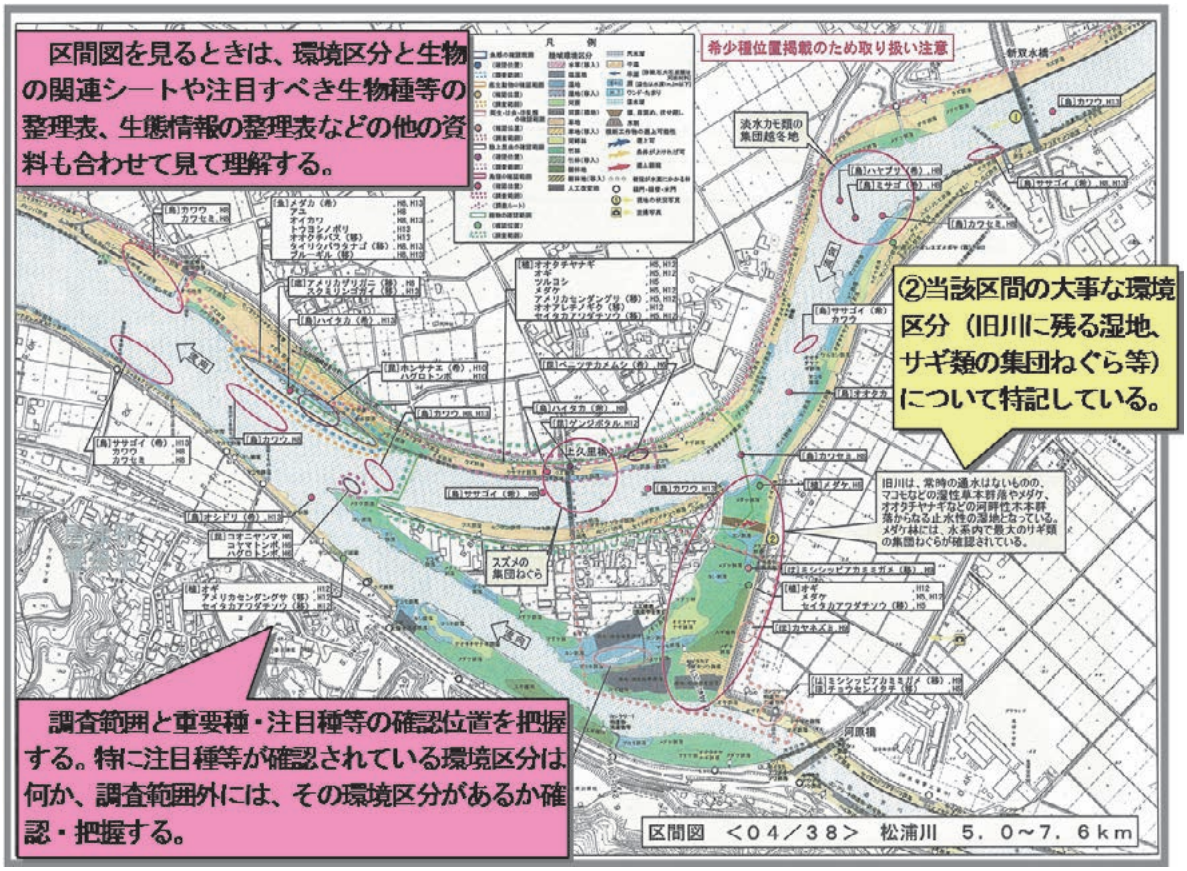
出典：河川環境資料の活用に関する検討会：河川環境資料の活用の手引き～河川環境情報図等の有効な活用手法～，p. 32，（財）リバーフロント整備センター，2006.

c）　河川環境情報図（区間図）

河川環境情報図（区間図）は、検討対象区間の河川環境の特徴を把握するために作成する。

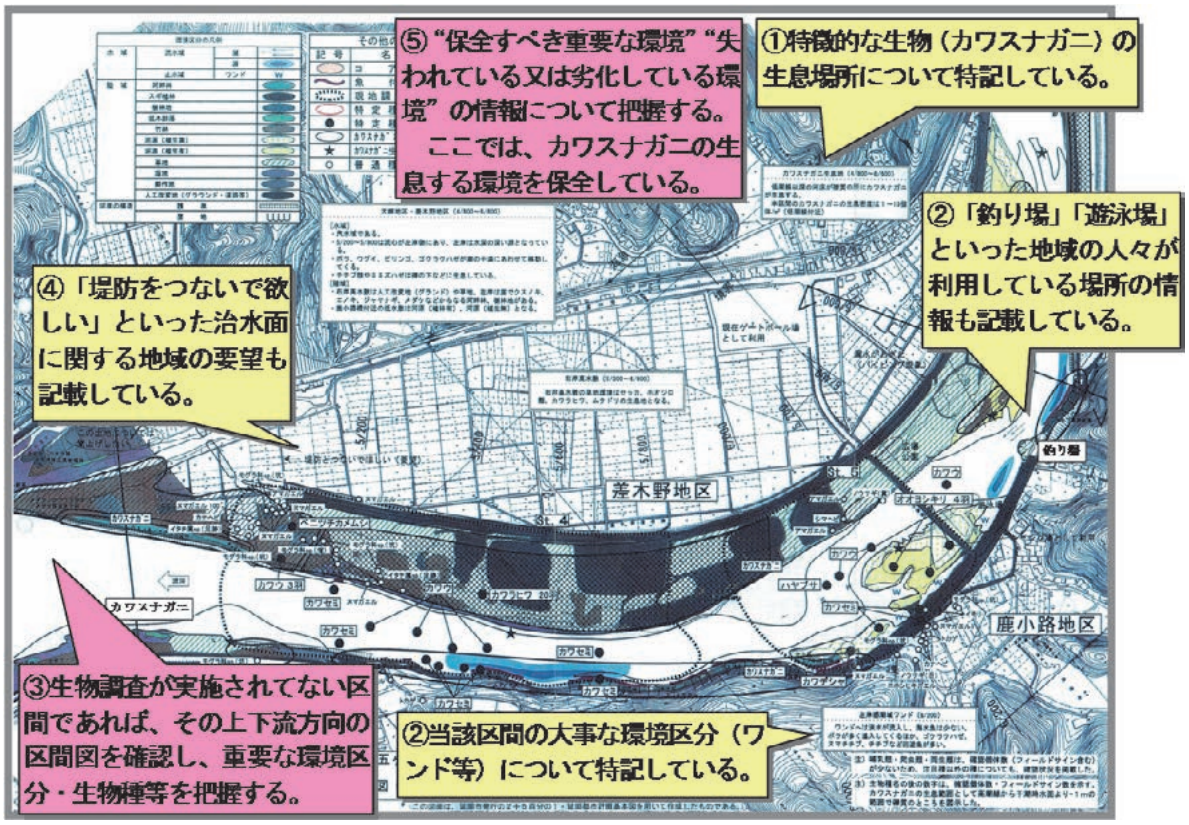
区間図の作成に当たっては、環境区分、生物情報（重要種・注目種等の確認位置、重要な生息範囲・環境などの「注目すべき生物種等の整理」結果）、河川特性（瀬・淵の状況）、地域情報（ヒアリング情報、利用状況等）等の調査データを図上に記載して作成する。

「環境区分と生物との関連シート」と「注目すべき生物種等の整理」結果と併せて見る事によって、その区間に形成されている環境区分と生息する生物の関連・特徴を把握することが重要である。また、河道計画、工事、管理等の段階で、区間図等を基に生物の専門家等と相談することにより、具体的に配慮すべき対象を明らかにすることができる。



出典；松浦川河川環境情報図作成業務報告書，平成 15 年 3 月，国土交通省九州地方整備局武雄工事事務所

図11-16-6　河川環境情報図（区間図）の例（１）



出典；五ケ瀬川水系北川 北川「川づくり」検討報告書，平成 11 年 3 月，九州地方建設局

図11-16-7　河川環境情報図（区間図）の例（２）

16．4　河川環境資料の活用法について

＜考え方＞

河川環境資料に記載されている情報の特徴を理解し、河川の計画策定から維持管理の各段階で活用することで、河川環境の保全・復元を適切に行うことができる。

１）河川整備計画策定段階

河川整備計画策定段階で河川環境資料である河川環境検討シートを作成する場合、その中で、流域の概要、河川環境の現状と課題を整理・分析し、河川環境の整備と保全に関する目標を設定することができる。治水・利水・環境面の目標から、今後 20～30 年間の具体的な河川整備等の内容の策定を行う。

２）河道計画段階

河川環境資料を活用することで、保全・復元すべき環境（場）が明らかとなり、生物の生息環境に影響の少ない河道法線・掘削範囲の設定や、河川環境の保全・復元を目指した河道計画・設計を行うことが可能となる。

３）施工段階

河川環境資料を活用することで、環境への影響の少ない施工計画を検討することができる。また、施工業者等と情報を共有し、施工中の環境の変化を河川環境資料に追加・蓄積していくと、より適切な保全対策等をとることが可能となる。

４）維持管理段階

河川環境資料から、陸域における樹林や草地、水域の瀬等の有する生物の生息場としての機能を把握し、樹木伐開、河床の維持掘削等による環境へのインパクトを軽減しつつ必要な流下断面を確保するなど、治水上の制約、環境保全と整合のとれた維持管理計画を検討することができる。また、維持管理や許認可等の実施に当たっては、河川環境への影響の少ない実施の時期・範囲・方法を設定することができる。

16．5　河川環境資料の使用上の注意について

＜考え方＞

河川環境情報図は、その川の特徴的な情報を視覚的に分かりやすく表現しているが、これらの情報は、限られた調査結果に基づいて作成された結果であり、また、整理・分析した情報が全て網羅されたものではないことに注意する。

河川環境情報図を見るときには、「環境区分（場）と生物の関連性」や「注目すべき生物種等の整理」等の資料を一緒に見て、どのような場所・生物種が大事なのか理解することが重要である。また、情報図作成時に一緒に整理された資料と見ることにより、「ここには何かいるかもしれない」「大事な環境なのかもしれない」と“気づく”ことが重要である。河川環境情報図を見たときに、何かに気づいたり不安を感じたりしたときには、水辺の国勢調査アドバイザー、河川環境保全モニター、リバーカウンセラー等の生物の専門家や学識経験者等に相談することが重要である。

＜参考となる資料＞

下記の資料が参考となる。

1)　河川環境資料の活用に関する検討会：河川環境資料の活用の手引き～河川環境情報図等の有効な活用手法～，(財)リバーフロント整備センター，2006.

第17節　新しい技術の利用

17．1　総論

＜考え方＞

河川環境の状態を調査する手法として、種々の新しい技術開発が進んでいる。本節では、これらの中から今後河川環境調査を実施する際に利用する価値が高いと考えられる、安定同位体比計測、遺伝子解析、テレメトリ計測の３つの技術について示す。

17．2　安定同位体比計測

＜例　示＞

有機物や生物体に含まれる炭素や窒素の安定同位体を計測することで生態系における食物連鎖の推定が可能となるほか、水に含まれる酸素の安定同位体比を計測することで水の起源を推定することが可能となるなど、従来の調査手法では解明できなかった領域を科学的に明らかにすることができるようになった。このため、安定同位体比計測は、河川環境調査において利用することができる。

同位体とは、原子番号（陽子数）が同じで質量数（陽子数 + 中性子数）が異なる分子のことであり、不安定で 放射線を出し、放射改変する同位体である放射性同位体と、安定で放射線を出さない同位体である安定同位体がある。最も存在度の大きい同位体に対する、二番目に大きい存在度の同位体の割合を同位体比と呼び、特に安定同位体の同位体比である『安定同位体比』を計測することで、環境中の水や物質の起源を推定できたり、生物の餌起源を推定したりすることが可能となる。

炭素であれば、中性子が１つ多い ^{13}C、窒素であれば、中性子が１つ多い ^{15}N の存在量が、それぞれ存在量が最も多い ^{12}C や ^{14}N に対してどれだけの比で存在するかを測定して同位体比として表す。

同位体組成の変化は小さいため、標準物質に対する千分率偏差（‰、パーミル）を用いて次式で示される。

$$\delta^{15}N\ (‰) = \{(R_{sample}/R_{standard}) - 1\} \times 1000 \qquad (11\text{-}17\text{-}1)$$

R_{sample}　：　試料の $^{15}N/^{14}N$

$R_{standard}$　：　標準物質の $^{15}N/^{14}N$

（標準物質より ^{15}N が多い ⇒ $\delta^{15}N > 0$）

異なる安定同位体比を有する２つのものが混ざった場合、混ざる前の２つの起源別の安定同位体比と混ざった後のものの安定同位対比が計測できれば、混合後の構成割合を計算することが可能である。

＜参考となる資料＞

下記の資料が参考となる。

1）　永田俊，宮島利宏：流域環境評価と安定同位体－水循環から生態系までー，京都大学学術出版会，2008.

17．3　遺伝子解析

＜例　示＞

種の判別、移入種等との交雑履歴の検出、地域集団の健全性や個体の活動域の調査などを行う際、従来は外部形態の比較、個体数推定調査や個体追跡調査により行っていたが、遺伝情報を応用することで、これらの調査をより正確に、あるいはより短期間に行うことが可能となる。遺伝子情報は、細菌類、植物、魚類などあらゆる生物を対象とした調査に応用が可能である。調査計画立案時には、調査目的に応じた、サンプル数、分析手法、データ解析方法等を選定することが重要である（サンプリング）。

DNA の抽出に必要となる試料は、生体組織の一部（魚のヒレの切片、鳥の羽根など）、体液付着物（糞やペレットなど）等が使用可能である。試料の部位や状態によって含まれる DNA の量が、分析方法によって必要となる DNA の量が異なるため、目的に応じたサンプルの部位や大きさを設定する。状態の良い DNA を得るためには、できるだけ新鮮なサンプルを得るとともに、サンプルの状態に応じた処置（エタノール漬け、凍結処理など）を施すと良い。なお、ホルマリン固定したサンプルは、DNA が分断されるため分析手法が限られる。

サンプリング範囲は調査目的や対象種の生活史、想定される行動・繁殖形態、現地の物理環境などに基づいて決定する。また、目的によっては、相対比較対象サンプルが必要となる。

１）DNA の抽出・保存

DNA の抽出に当たっては､サンプル以外の組織や DNA が混入しないよう細心の注意が必要である。抽出した DNA は紫外線を避けるとともに、保存期間や DNA の保存形態に応じて適切に保管する。

２）分析方法・解析方法の選択

分析方法・解析方法の選択に当たっては、既往調査事例や研究事例などを参考に調査目的に沿って決定する。また種や地域集団の判別を行う場合には、DDBJ：(国立遺伝学研究所）等のデータベースに登録されている対象種や近縁種の DNA の配列情報などと比較することもできる。

長期にわたるモニタリングが必要な場合には、情報の再現性や分析手法の将来性も含め分析方法を選択する。また対象集団の状況（交雑があるなど）によっては、複数の分析・解析手法を組み合わせることも検討する。

３）解析結果に基づく解釈

結果の解釈に当たっては、遺伝情報だけでなく、既往の知見、現地の物理環境や対象生物の生活史、過去の災害の歴史や近年の環境変化などを踏まえながら解釈を行う。また、必要に応じてサンプルや分析・解析手法の追加を行う。

＜参考となる資料＞

下記の資料が参考となる。その他、DNA 多型については、対象生物等の関連学会論文集などが参考となる。

1）DNA 多型分析応用技術研究会：河川における DNA 多型分析技術の活用事例集～現場技術者と市民のために～，(財)リバーフロント整備センター，2010.

17．4　テレメトリ計測

＜例　示＞

テレメトリ（telemetry）は「電波等による空中情報伝達」という意味であるが、1960 年代以降、野生動物の研究に多く用いられるようになり、「発信機を装着し野生動物を追跡する調査手

法」の意で一般化した。テレメトリ計測により野生動物の行動範囲や特性などを理解することができるため、これらの保全を検討する際に有用な手法である。

１）適用方法

対象とする生物に装着する発信機と、この信号を受信する受信機の組合せにより、野生動物の位置等を記録するが、対象生物により、適切な機器を選択する。魚類には、電波発信機又は超音波発信機、鳥類や哺乳類には、電波発信機が主に用いられる。テレメトリ調査時には、野生動物を捕獲した後、野生動物に発信機を装着して野生動物を放逐する。発信機装着時には、野生動物に麻酔をかけ装着することが多い。魚類に発信機を装着する方法は、魚体の外部に装着する方法と、魚類の腹腔内部に発信機を埋め込む方法がある。鳥類・哺乳類に発信機を装着する方法には、ハーネス（harness)、首輪及び接着剤による接着方法等がある。野生動物の行動追跡時には、複数人の調査員が指向性アンテナを用いて発信機から送信される信号を受信し方位を算出し、三角測量法（Triangulation）で野生動物の位置を算定する。

２）野生動物自動行動追跡システム

従来のテレメトリシステムは、調査員の人力・技術に頼る調査手法のため、長期間の連続観測ができない、信号の受信状況や反射・屈折による電波受信方向の錯覚により位置算定精度が低下する、などの問題点があった。

独立行政法人土木研究所では、上述の問題を解消するため、電波発信機によるテレメトリ法を自動化・高精度化した野生動物自動行動追跡システム（Advanced Telemetry System：ATS）を開発し、河川改修前後の中型哺乳類の行動圏変化，河川中流域でのアユ行動圏把握、河口堰魚道のサケの遡上行動追跡等を行っている。事業による野生動物への影響調査や、野生動物の行動特性把握のための利用が可能である。

＜参考となる資料＞

下記の資料が参考となる。

1) 佐伯緑，早稲田宏一：ラジオテレメトリを用いた個体追跡技術とデータ解析手法，哺乳類科学，第 46 巻第 2 号，pp.193-210，2006.

2) 傳田正利，天野邦彦，辻本哲郎：魚類自動行動追跡システムの現地実証実験と魚類行動特性の把握，土木学会論文集 B，Vol 65 No 1，pp.1-14，2009.

3) L.David Mrch：Handbook of Animal Radio-Tracking，Unversity of Minnesota Press，Minneapolis,1983.

4) R.KENWORD：Wildlife Radio Tagging：equipment，field techniques and data analysis，ACADEMIC PRESS INC,1993.

第18節　環境影響評価

18．1　概要

＜標　準＞

環境に影響を及ぼすとみられる一定規模以上の事業を行う場合、事前にその影響を予測する環境影響評価を実施する場合がある。

環境影響評価については、環境影響評価法（平成九年法律第八十一号）で実施が義務付けられたもの、都道府県条例で義務付けられたもののほか、法的義務はないが事業者が自主的に行う場合もある。また、事業の構想段階から環境影響を予測評価し事業計画に反映させる「戦略的環境アセスメント」という新しい概念も出てきている。本節では、法に基づく環境アセスメントについて 18.2～18.6 にて、戦略的環境アセスメントについて第 19 節で記述する。

18．2　環境影響評価法に定める対象事業

＜標　準＞

環境影響評価法（平成九年法律第八十一号）に定める環境影響評価対象事業のうち河川事業については以下のとおりである。

表11-18-1　環境影響評価対象事業（河川事業）

	第１種事業 （必ず環境アセスメントを行う事業）	第２種事業 （環境アセスメントを行うかどうか個別に判断する事業）
河川事業		
ダム･堰	湛水面積100ha以上	湛水面積75ha～100ha
放水路･湖沼開発	土地改変面積100ha以上	土地改変面積75ha～100ha

対象事業の環境影響評価を実施する際には、各該当事業に係る環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針、環境の保全のための措置に関する指針等を定めた省令に基づき実施する。

18．3　ダム事業

＜標　準＞

ダム事業に係る環境影響評価を行う際には、「ダム事業に係る環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針、環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令」（平成 10 年 6 月 12 日公布 厚生省・農林水産省・通商産業省・建設省令第 1 号）に基づき実施する。

なお、当該ダムが都市施設として都市計画に定められる場合は、「ダムが都市施設として都市計画に定められる場合における当該都市施設に係るダム事業に係る環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針、環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令（平成 10 年 6 月 12 日公布　厚生省･農林水産省･通商産業省・建設省令第 3 号）に定める読み替え規定に基づき実施する。

環境影響評価の評価項目選定については上記省令第六条（別表一 参考項目）、調査手法については上記省令第八条（別表第二　参考手法）によるものとする。

＜関連通知等＞

1)　ダム事業に係る環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査，予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針，平成 10 年 6 月 12 日公布 ，厚生省・農林水産省・通商産業省・建設省令第 1 号，厚生省，農林水産省，通商産業省，建設省.

＜参考となる資料＞

下記の資料が参考となる。

1)　河川事業環境影響評価研究会編集：ダム事業における環境影響評価の考え方，ダム水源地環境整備センター，2000.

18．4　堰事業

＜標　準＞

堰事業に係る環境影響評価を行う際には「堰事業に係る環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針、環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令」（平成 10 年 6 月 12 日公布　厚生省・農林水産省・通商産業省・建設省令第 2 号）　に基づき実施する。

なお、当該堰が都市施設として都市計画に定められる場合は、「堰が都市施設として都市計画に定められる場合における当該都市施設に係る堰事業に係る環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針、環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令」（平成 10 年 6 月 12 日公布　厚生省・農林水産省・通商産業省・建設省令第 4 号）に定める読み替え規定に基づき実施する。

＜関連通知等＞

環境影響評価の評価項目選定については上記省令第六条（別表一 参考項目），調査手法については上記省令第八条（別表第二　参考手法）によるものとする。

1）堰事業に係る環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査，予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針，環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令，平成 10 年 6 月 12 日公布，厚生省・農林水産省・通商産業省・建設省令第 2 号，厚生省，農林水産省，通商産業省，建設省.

18．5　湖沼開発事業

＜標　準＞

湖沼水位調節施設事業に係る環境影響評価を実施する際には、「湖沼水位調節施設事業に係る環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針、環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令（平成 10 年 6 月 12 日公布　建設省令第 11 号））に基づき実施する。

なお、当該湖沼水位調節施設が都市施設として都市計画に定められる場合は、「湖沼水位調節施設が都市施設として都市計画に定められる場合における当該都市施設に係る湖沼水位調節施設事業に係る環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針、環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令（平成 10 年 6 月 12 日公布　建設省令第 20 号））に定める読み替え規定に基づき実施する。

環境影響評価の評価項目選定については上記省令第六条（別表一 参考項目）、調査手法については上記省令第八条（別表第二　参考手法）によるものとする。

＜関連通知等＞

1）湖沼水位調節施設事業に係る環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査，予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針，環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令，平成 10 年 6 月 12 日公布，建設省令第 11 号，建設省.

18．6　放水路事業

＜標　準＞

放水路事業に係る環境影響評価を実施する際には、「放水路事業に係る環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針、環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令」（平成 10 年 6 月 12 日公布　建設省令第 12 号）に基づき実施する。

なお、当該放水路が都市施設として都市計画に定められる場合は、「放水路が都市施設として都市計画に定められる場合における当該都市施設に係る放水路事業に係る環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針、環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令」(平成 10 年 6 月 12 日公布　建設省令第 21 号）に定める読み替え規定に基づき実施する。

環境影響評価の評価項目選定については上記省令第六条（別表一 参考項目)、調査手法については上記省令第八条（別表第二　参考手法）によるものとする。

＜関連通知等＞

1) 放水路事業に係る環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査，予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針，環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令，平成 10 年 6 月 12 日公布，建設省令第 12 号，建設省.

＜参考となる資料＞

下記の資料が参考となる。

1) 河川事業環境影響評価研究会編集：放水路事業における環境影響評価の考え方，リバーフロント整備センター，2001.

第19節　戦略的環境アセスメント

＜考え方＞

戦略的環境アセスメント（SEA）とは、個別の事業実施に先立つ「戦略的（Strategic）な意思決定段階」、すなわち、個別の事業の計画・実施に枠組みを与えることになる計画（上位計画）や政策を対象とするアセスメントである。早い段階からより広範な環境配慮を行うことができる仕組みであり、我が国においても平成 19 年 4 月、環境省により「戦略的環境アセスメント導入ガイドライン」が策定された。また、環境影響評価法の一部を改正する法律(平成二十三年法律第二十七号、平成二十三年四月二十七日公布)において、計画段階配慮書の手続が新設された。この法改正により、第一種事業（18.2 環境影響評価法に定める対象事業参照）を実施しようとする者は、計画立案段階において事業の位置、規模等を選定するに当たり、環境の保全のために配慮すべき事項（計画段階配慮事項）について検討を行い、計画段階配慮書を作成することが義務付けられた（平成 25 年 4 月 1 日施行)。

国土交通省では、平成 20 年４月、「公共事業の構想段階における計画策定プロセスガイドライン」が、翌 21 年 3 月には「公共事業の構想段階における計画策定プロセスガイドライン解説」が策定された。本ガイドラインが示す構想段階における計画策定プロセスは、社会面、経済面、環境面等の様々な観点から総合的に検討を行い、計画を合理的に導き出す過程を住民参画の下で進めていくこととしており、いわゆる戦略的環境アセスメントを含むものとなっている。

本ガイドラインの適用範囲は、「国土交通省所管の国等が実施する河川、道路、港湾、空港等の事業のうち、国民生活、社会経済又は環境への影響が大きいものに関係する計画で構想段階にあるものを基本とし、必要に応じ、各事業において適用対象を定めるものとする」としている。また、「地方公共団体、民間事業者等が行う事業についても、本ガイドラインの趣旨に配慮した措置が講じられることを期待する」とされている。

＜関連通知等＞

1) 環境影響評価法の一部を改正する法律，平成 23 年 4 月 27 日，法律第 27 号.

＜参考となる資料＞

下記の資料が参考となる。

1) 公共事業の構想段階における計画策定プロセスガイドライン，平成 20 年 4 月 4 日，国土交通省大臣官房 技術調査課.

2) 戦略的環境アセスメント導入ガイドラインについて，平成 19 年 4 月 5 日，環境省総合環境政策局環境影響評価課.

第 12 章　水質・底質調査

目　次

第 1 節　総説 1
第 2 節　水質調査 1
2．1　観測測定地点の設定 2
2．2　観測測定地点に設置すべき機器 3
2．3　採水位置 4
2．4　採水深度 5
2．5　観測測定項目 6
2．6　観測測定回数 7
2．7　採水の日時 8
2．8　採水の方法 9
2．9　現場測定 9
2．10　水質分析方法 10
2．11　降雨水質調査 11
2．12　地下水水質調査 12
2．13　地下水汚染解析 12
第 3 節　底質調査 13
3．1　調査の順序と項目 13
3．2　汚染状況把握調査 14
3．3　概況調査 15
3．4　精密調査 15
3．5　底質分析方法 16
3．6　底泥溶出速度試験 17
3．6．1　底泥からの汚濁物質の溶出速度試験 17
3．6．2　底泥による溶存酸素消費速度試験 18
3．7　底泥溶出試験 19
第 4 節　汚濁負荷量調査及び水質汚濁予測調査 20
4．1　汚濁負荷量調査 20
4．2　基礎調査 22
4．3　発生及び排出汚濁負荷量調査 23
4．4　流達及び流出汚濁負荷量調査 24
4．5　排出率、流達率、浄化残率、浄化率、流出率 25
4．6　非感潮河川における水質汚濁予測調査 25
4．7　感潮河川における水質汚濁予測調査 26
4．8　湖沼、貯水池における水質汚濁予測調査 27
4．9　海域における水質汚濁予測調査 28
第 5 節　水質事故時の水質調査 29
第 6 節　流域圏スケールの物質動態把握 30

平成 26 年 4 月　版

第12章　水質・底質調査

第1節　　総説

＜考え方＞

本章では、水質・底質に関連した調査に必要な基本的事項と現地調査の技術的事項を定めるものである。

水質調査は、河川、湖沼、貯水池、海域に存在する表流水並びに地下水を含む水の適正な水質管理を行うために、その水中の化学的、生物化学的、細菌学的性状、それらに関与する物理的性質の状態を明らかにすること並びに水質の予測を含む対策の立案を行うために実施するものであり、観測測定地点、採水位置・深度、測定項目・回数等に関する具体的な記述のほか、降雨水質調査、地下水水質調査、地下水汚染解析についても記述する。

底質調査は、河川、 湖沼、 貯水池並びに海域の適正な管理に資するためその底部に堆積する底質中の化学的、生物化学的性状と諸成分の含有量、並びにそれらに関与する物理的性質の現状を明らかにするとともに水質現象に与える底質の寄与を明らかにすることを目的として行うものであり、調査の順序と項目、汚染状況把握調査、概況調査、精密調査、底質分析方法、底泥溶出速度試験、底泥溶出試験について記述する。

また、水質調査、底質調査に関連する調査として汚濁負荷量調査及び水質汚濁予測調査、水質事故時の水質調査、流域圏スケールの物質動態把握調査についても概説する。

具体的な調査計画については河川等の適切な水質管理のために、河川管理者は河川水質調査計画を策定することとし、河川等管理者が管理する河川の状況把握並びに水環境改善のための事業計画の策定、事業実施、事業効果把握のための水質調査を実施するにあたって、必要な事項を定めることとする。河川水質調査計画の策定・見直しは、水質測定の必要性・位置付けを明確にすることを目的とする。

第2節　　水質調査

＜考え方＞

水質調査は、河川、湖沼、貯水池、海域に存在する表流水並びに地下水を含む水の適正な水質管理を行うために実施するものであり、その水中の化学的、生物化学的、及び細菌学的性状、並びにそれらに関与する物理的性質の状態を明らかにする。また、水質の予測を含む対策の立案を行うために実施するものである。

＜必　須＞

表流水及び地下水の化学的、生物化学的並びに細菌学的性状は、気候、降水量などの自然条件によっても影響を受けるが、人為的条件によって極めて大きく影響されるので、水質調査を行うに当たっては、流域にいかなる汚染源があるかをあらかじめ調べて、それに対応できる調査方法、調査項目を定めなければならない。

＜参考となる資料＞

水質に関する調査には、下記の資料が参考となる。

1)　建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.

2)　建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.

3)　建設省河川局監修，建設省建設技術協議会水質連絡会・河川環境管理財団編：河川水質試験方法（案）1997 年版，技報堂出版，1997.

4) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.
5) 建設省河川局監修,(財)国土開発技術研究センター編集:地下水調査および観測指針(案)，山海堂，1993.
6) 河川水質調査要領(案)，平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
7) (財)ダム水源地環境整備センター：堰水質調査要領，1999.
8) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
9) 湖沼水質のための流域対策の基本的考え方～非特定汚染源からの負荷対策～，平成 18 年 3 月，国土交通省，農林水産省，環境省.
10) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
11) 今後の河川水質管理の指標について（案）【改訂版】，平成 21 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
12) 今後の湖沼水質管理の指標について（案），平成 22 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
13) 河川、湖沼等におけるダイオキシン類常時監視マニュアル（案），平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.

2．1　観測測定地点の設定

＜考え方＞

観測測定に当たっては、観測測定地点として基準地点及び一般地点を設定する。基準地点は、流水の正常な機能の保持、環境基準の保持等公共用水域の管理上の重要な地点で、その水域の代表的な水質を示し、継続的に水質調査を行う地点を選定する。一般地点は、基準地点以外で、公共用水域の水質状況を把握するために継続して水質調査を行う地点を選定する。

＜標　準＞

1）基準地点は、原則として次の要件のいずれかを満たすものについて選定することを標準とする。

a) 水質汚濁に係る環境基準地点
b) 公共用水域の水質を総合的に把握できる地点
c) 治水、 利水計画上の基準地点
d) 流水を利用している重要地点

2）一般地点は、次のいずれかの要件を満たすものについて選定することを標準とする。

a) 河川で、その水質に現在大きな影響をもたらしているか、今後影響をもたらすと予想される、支川・排水路などが合流している位置の上・下流地点及び支川・排水路の合流直前の地点
b) 河川で流量の大きい支川が合流している位置の上・下流地点及び支川の合流直前の地点
c) 河川で山間部から平野部に移るような地形の変化する地点
d) 河川で流域の地質が変化する地点
e) 湖沼、貯水池に直接流入する河川、排水路のうち、その湖沼、貯水池の水質に大きな影響をもたらしているか、今後影響をもたらすと予想されるものの流入直前の位置
f) 湖沼、貯水池の出入口及び湖心その他必要な地点
g) 基準地点以外で流水を利用している地点
h) 海域に直接流入する河川及び排水路のうち、その海域の水質に大きな影響をもたらして

いるか、今後影響をもたらすと予想されるものの流入直前の位置
i) 海域で河川、排水路などの流入している沖の地点
j) 閉鎖性海域の湾口、海峡など外海との水の交換が行われる地点
k) その他特殊な汚濁状況を示す地点

＜参考となる資料＞

観測地点の設定には、下記の資料が参考となる。

1) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
2) 建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.
3) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.
4) 建設省河川局監修,(財)国土開発技術研究センター編集:地下水調査および観測指針(案)，山海堂，1993.
5) 河川水質調査要領(案)，平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
6) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
7) 湖沼水質のための流域対策の基本的考え方～非特定汚染源からの負荷対策～，平成 18 年 3 月，国土交通省，農林水産省，環境省.
8) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
9) 水質調査方法，昭和 46 年 9 月 30 日，環水管 30 号，環境省.
10) 水質モニタリング方式効率化指針の通知について，平成 11 年 4 月 30 日，環水企 186・環水規 163，環境省.
11) 環境基本法に基づく環境基準の水域類型の指定及び水質汚濁防止法に基づく常時監視等の処理基準について，平成 13 年 5 月 31 日，環水企第 92 号.
12) 河川、湖沼等におけるダイオキシン類常時監視マニュアル（案），平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
13) 今後の河川水質管理の指標について（案）【改訂版】，平成 21 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
14) 今後の湖沼水質管理の指標について（案），平成 22 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.

2. 2　観測測定地点に設置すべき機器

＜標　準＞

河川及び排水路の基準地点には原則として水位及び流量観測設備を設置することを標準とする。ただし、流量観測地点がすぐ近傍にあり、その間の流量の増減がないと認められる場合はこの限りでない。

＜推　奨＞

水質自動監視装置は、特に水質の連続監視が必要な地点への設置を推奨する。本装置は、水質の連続観測を行う装置であり、基準地点のうちで特に水質の連続監視が必要な地点に設置し、長期間にわたっての水質データの収集、異常水質の発見に努める。

自動採水装置は、基準地点、一般地点及び主要な汚濁源が流域に存在する支川、排水路のうち水質の監視が必要な地点への設置を推奨する。自動採水装置は人力によらず長時間にわたる

一定時間間隔の試料を採取し、保存しておくものである。試料のもつ性質（水質）を自動的に測定することはできないが、一定時間の範囲ならば、過去に流下した水を保存しておけるので、重金属類、毒性物質などが流され魚類に被害を与えたり、また、浄水後の給水によって異状を発見した場合にも、その保存された試料を用いて、原因の究明が行える。

2．3　採水位置

＜考え方＞

河川では上流に支川又は排水路が流入している場合には、左岸側又は右岸側の水質が異なる場合がある。特に感潮河川は緩流速であり、その傾向が強い。このように流心と異なる水質である場合には、左岸側又は右岸側についても採水を行う。

また、湖沼及び海域では水理条件を十分に考慮し、水域全体の特性を最も代表するような地点で採水する。

＜標　準＞

河川での採水は、流心で行うことを標準とする。ただし、左岸又は右岸側の水質が明らかに異なる地点では、左岸側又は右岸側においても、その代表する位置で採水を行う。

湖沼及び海域での採水は、水域全体を最も代表するような湖心等の位置で行うことを標準とする。ただし、対象とする水域の面積が大きい場合、流入河川水の影響を受ける水域が存在する場合は、その水域において代表する位置を数地点設定し採水を行う。

細長いダム貯水池等の採水は、その横断面の最深部の位置で行うことを標準とする。ただし、左岸又は（及び）、右岸側の水質が最深部の水質と明らかに異なる地点では、左岸側又は（及び）、右岸側においても、その代表する位置で採水を行う。

＜参考となる資料＞

採水位置については、下記の資料が参考となる。

1）建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，（財）ダム水源地環境整備センター，1996.

2）建設省河川局開発課監修，（財）国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.

3）（社）日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.

4）河川水質調査要領（案），平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.

5）汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.

6）湖沼水質のための流域対策の基本的考え方～非特定汚染源からの負荷対策～，平成 18 年 3 月，国土交通省，農林水産省，環境省.

7）湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.

8）水質調査方法，昭和 46 年 9 月 30 日，環水管 30 号，環境省.

9）水質モニタリング方式効率化指針の通知について，平成 11 年 4 月 30 日，環水企 186・環水規 163，環境省.

10）環境基本法に基づく環境基準の水域類型の指定及び水質汚濁防止法に基づく常時監視等の処理基準について，平成 13 年 5 月 31 日，環水企第 92 号.

11）今後の河川水質管理の指標について（案）【改訂版】，平成 21 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.

12) 今後の湖沼水質管理の指標について（案），平成 22 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.

2. 4　採水深度

＜標　準＞

河川での採水は原則として水面から水深の 2 割の深度で行うことを標準とする。ただし、水深が浅く、採水することにより河床の底泥土を乱すおそれのある場合は、河床の泥土を乱さない深度で採水を行う。また、水深が大きく、かつ上下の混合が十分に行われていない場合には水面から 2 割の深度で採水するほか、混合状況を考慮して 5 割、あるいは 8 割等の深度でも採水を行う。

湖沼及び海域、ダム貯水池で全水深が 3m を超え、水深方向に水質変化があると考えられる場合には、必要に応じ表層（水面より 0.5～1.0m の深度）、変水層又は中層（全水深の 1/2 の深度）、及び下層（底泥表面より 0.5～1.0m）の深度において採水する。全水深が 3m 以下の場合には、中層採水及び下層採水を省略してよい。

＜推　奨＞

一般に湖沼等においては、春になると表面が温められて水深方向に温度勾配を生じ始め、晩春から夏にかけて強い温度躍層（水温が急変する層）が形成されて、温度躍層の上下での水の混合がほとんど起こらなくなる。強い温度躍層が形成されて成層状態になる時期を停滞期又は成層期とよぶが、停滞期には温度躍層より上の層と下の層との混合が起こらないため、水深方向の水質も特に温度躍層を境として大きく変化する。秋になると表面から冷却され始め、水深方向の温度分布も一様に近づき、水深方向の水の混合も起こりやすくなる。この時期を循環期とよぶ。

停滞期の水質は、水深方向に大きく変化している可能性があるので、表層、変水層、下層の 3 層からの試料を採取し、個々の試料について分析を行う必要がある。温度躍層がはっきりとは形成されていない場合や、停滞期以外の期間は、変水層のかわりに中層（全水深の 1/2 の深度）で採水を行う。なお、循環期において全層の水質が同じであると確認された場合には、表層のみの試料採取で差し支えない。また、水温、DO、導電率など比較的簡単に現場測定できる項目については、表層及び変水層では 2m ピッチ程度、それより深い層では 5～10m ピッチ程度で水深方向の分布を測定し、湖沼、 貯水池の成層状況及びそれに伴う水質特性を把握しておくことが望ましい。

＜例　示＞

非感潮河川では上下の混合が十分に行われているので、水面から 2 割の水深での採水のみでよい場合が多い。水深が浅い場合には、採水時に河床の泥土を乱したり付着藻類を剥離して、それが試料中に混合するおそれもあるので、この場合には水面付近で採水してもよい。

感潮河川の場合には、上下の混合が十分に行われていない場合が多い。ここでは 2 割の位置で採水するのを原則としたが、感潮河川における塩水の混合状況は月齢等により変化することもあり、河川の特性に応じて採水位置等採水方法について十分調査をする必要がある。たとえば緩混合時は、常に水深方向に水質の差が認められる。

＜参考となる資料＞

採水深度については、下記の資料が参考となる。

1) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.

2) 建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.
3) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.
4) 河川水質調査要領(案)，平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
5) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
6) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
7) 水質調査方法，昭和 46 年 9 月 30 日，環水管 30 号，環境省.
8) 今後の河川水質管理の指標について（案）【改訂版】，平成 21 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
9) 今後の湖沼水質管理の指標について（案），平成 22 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
10) 河川、湖沼等におけるダイオキシン類常時監視マニュアル（案），平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.

2. 5　観測測定項目

＜考え方＞

全公共用水域には人の健康の保護に関する環境基準値、生活環境の保全に関する環境基準値、ダイオキシン類による水質の汚濁に係る環境基準値及び要監視項目の指針値が定められている。これらの項目は、全て測定するのが原則であるが、水質汚濁上問題のない地点ではその一部の項目を省略することができる。

＜標　準＞

河川、湖沼、海域及びダム貯水池等の基準地点では人の健康の保護に関する環境基準項目、生活環境の保全に関する環境基準項目及び環境基準値の対象となるダイオキシン類について測定することを標準とする。また、一般地点では生活環境の保全に関する環境基準項目について測定することを標準とする。

＜推　奨＞

河川、湖沼、海域及びダム貯水池等の基準地点、一般地点では必要に応じて以下の項目を測定する。

1）河川：水位、流量、気温、水温
2）湖沼：水位、気温、水温
3）海域：水位、気温、水温
4）ダム貯水池等：水位、気温、水温

＜参考となる資料＞

観測測定項目については、下記の資料が参考となる。

1) 要監視項目等調査マニュアル，平成 20 年 3 月，環境省水・大気環境局水環境課.
2) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
3) 建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.

4) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.
5) 河川水質調査要領(案)，平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
6) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
7) 湖沼水質のための流域対策の基本的考え方～非特定汚染源からの負荷対策～，平成 18 年 3 月，国土交通省，農林水産省，環境省.
8) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
9) 水質調査方法，昭和 46 年 9 月 30 日，環水管 30 号，環境省.
10) 水質モニタリング方式効率化指針の通知について，平成 11 年 4 月 30 日，環水企 186・環水規 163，環境省.
11) 環境基本法に基づく環境基準の水域類型の指定及び水質汚濁防止法に基づく常時監視等の処理基準について，平成 13 年 5 月 31 日，環水企第 92 号.
12) 今後の河川水質管理の指標について（案）【改訂版】，平成 21 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
13) 今後の湖沼水質管理の指標について（案），平成 22 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
14) 河川、湖沼等におけるダイオキシン類常時監視マニュアル（案），平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
15) ダイオキシン類調査における品質管理マニュアル（案），平成 20 年 4 月，国土交通省河川局河川環境課.
16) 建設省河川局監修，建設省建設技術協議会水質連絡会・河川環境管理財団編：河川水質試験方法（案）1997 年版，技報堂出版，1997.

2. 6　観測測定回数

＜標　準＞

基準地点、一般地点での観測測定回数は原則として 1 月に 1 回を標準とする。

＜推　奨＞

河川の基準地点、一般地点で観測測定すべき項目については、原則として月 1 日以上、1 日について 6 時間間隔の 4 回程度の測定を行うことが望ましい。なお、日間の水質変動が大きい河川では、必要に応じ年間 2 日程度、各 1 日について 2 時間間隔で 13 回の通日調査を実施することが望ましい。ただし、この場合、日間変動の少ない地点等では、1 日の測定回数を適宜減じてもよいものとする。

湖沼の基準地点、一般地点で観測測定すべき項目については、原則として月 1 日以上、1 日について 12 時間間隔の 2 回調査（朝夕又は昼夜）を行うことが望ましい。なお、日間変動の少ない地点では、1 日の調査回数を 1 回としてもよいものとする。

海域の基準地点、一般地点で観測測定すべき項目については、原則として月 1 日以上、1 日について干潮時と満潮時の 2 回調査を行うことが望ましい。なお、日間の水質変動の大きい水域の基準地点、一般地点では、必要に応じ各 1 日について 2 時間間隔で 13 回又は、4 時間間隔で 7 回の調査を特に変化の大きい項目について実施するものとする。また、日間変動の少ない地点では、1 日の調査回数を 1 回としてもよいものとする。

ダム貯水池等の基準地点、一般地点で観測測定すべき項目については、原則として月 1 日以上、1 日について 12 時間間隔の 2 回調査（朝夕又は昼夜）を行うことが望ましい。また、日間変動の少ない地点では、1 日の調査回数を 1 回としてもよいものとする。

＜参考となる資料＞

観測測定回数については、下記の資料が参考となる。

1) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
2) 建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.
3) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.
4) 河川水質調査要領(案)，平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
5) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
6) 湖沼水質のための流域対策の基本的考え方～非特定汚染源からの負荷対策～，平成 18 年 3 月，国土交通省，農林水産省，環境省.
7) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
8) 水質調査方法，昭和 46 年 9 月 30 日，環水管 30 号，環境省.
9) 水質モニタリング方式効率化指針の通知について，平成 11 年 4 月 30 日，環水企 186・環水規 163，環境省.
10) 環境基本法に基づく環境基準の水域類型の指定及び水質汚濁防止法に基づく常時監視等の処理基準について，平成 13 年 5 月 31 日，環水企第 92 号.
11) 河川、湖沼等におけるダイオキシン類常時監視マニュアル（案），平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.

2. 7　採水の日時

＜標　準＞

河川の基準地点、一般地点での採水は、降雨中及び降雨後の増水期、強風時及び強風時直後等を避け、原則として流量の比較的安定している低水流量時を選んで行うことを標準とする。なお、感潮河川にあっては、採水時刻は干潮時を考慮して定める。

湖沼の基準地点、一般地点での採水は、降雨中及び降雨後の増水期を避け、原則として流入河川及び、流出河川の流量が比較的安定している低水流量時を選んで行うことを標準とする。また、時間（朝、午前、午後、夜）によって水質が変化していることが考えられるため、適切な時間を設定するとともに強風時及び強風時直後の採水は避ける。

海域の基準地点、一般地点での採水は、強風時及び強風時直後は避けて行うことを標準とする。なお、その基準地点、一般地点の水質が流入河川の影響を受ける場合には、降雨中及び降雨後の増水時での採水は避ける。また、海域での採水時刻は干潮時を考慮して定める。

ダム貯水池等の基準地点、一般地点での採水は、降雨中及び降雨後の増水期を避け、原則として流入河川及び流出河川の流量が比較的安定している低水流量時を選んで行うことを標準とする。また、強風時及び強風時直後の採水は避ける。

＜参考となる資料＞

採水日時については、下記の資料が参考となる。

1) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
2) 建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.

3) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.
4) 河川水質調査要領(案)，平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
5) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
6) 湖沼水質のための流域対策の基本的考え方～非特定汚染源からの負荷対策～，平成 18 年 3 月，国土交通省，農林水産省，環境省.
7) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
8) 水質調査方法，昭和 46 年 9 月 30 日，環水管 30 号，環境省.
9) 河川、湖沼等におけるダイオキシン類常時監視マニュアル（案），平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.

2. 8　採水の方法

＜標　準＞

採水には原則として採水器を用いることを標準とする。使用する採水器、採取する試料の量、試料ビンの種類等は分析項目によって異なる。

混合試料を作成して試験する場合は、原則として流量比例で作成する。空気に曝すこと、あるいは容器の移し変えによって値が変わるおそれのある項目の試験は混合試料によらない。

また、採取した試料の分析を直ちに行うことができない場合には、試料採取後、保存処理を現場で直ちに行い、試料の変質を最小限にする。

＜参考となる資料＞

採水方法については、下記の資料が参考となる。

1) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
2) 建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.
3) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.
4) 河川水質調査要領(案)，平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
5) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
6) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
7) 今後の河川水質管理の指標について（案）【改訂版】，平成 21 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
8) 今後の湖沼水質管理の指標について（案），平成 22 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
9) 建設省河川局監修，建設省建設技術協議会水質連絡会・河川環境管理財団編：河川水質試験方法（案）1997 年版，技報堂出版，1997.
10) 河川、湖沼等におけるダイオキシン類常時監視マニュアル（案），平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.

2. 9　現場測定

＜標　準＞

現場においては、採水、試料の前処理のほか、原則として以下に掲げる項目の観測及び記録

を行うことを標準とする。

１）天候　　２）気温
３）水温　　４）水の外観及び臭い
５）透視度又は透明度　　６）全水深
７）採水水深　　８）水位及び流量
９）流れの状況及び感潮河川おいては流向、潮位
１０）採水日時

＜推　奨＞

以下の項目については必要に応じて現場でも観測を行うものとする。

１）pH
２）DO
３）導電率
４）濁度
５）簡易生物調査

なお、採水時に油膜、にごり等の異常状態が観察された場合には記帳しておく。

＜参考となる資料＞

現場測定については、下記の資料が参考となる。

1)　建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
2)　建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.
3)　(社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.
4)　河川水質調査要領(案)，平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
5)　河川水質試験方法（案）[2008 年版] 河川管理者のために，平成 21 年 3 月，国土交通省水質連絡会.
6)　汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
7)　湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
8)　河川、湖沼等におけるダイオキシン類常時監視マニュアル（案），平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.

2. 10　水質分析方法

＜標　準＞

水質に係る環境基準が定まっている水質項目及び要監視項目等の分析は、定められた適切な方法により行うことを標準とする。

＜推　奨＞

水質分析は試料の採取後直ちに行うのが望ましいが、運搬分析の人員等の関係で短時間の間

に分析できないことが多い。このため試料採取時に変質を防ぐための前処理を行いできるだけ速やかに分析することが望ましい。
　また、分析方法によって分析値が異なるケースが見られることから、分析方法を変更する場合は必要に応じてデータの連続性を確認する。

＜参考となる資料＞

水質分析方法については、下記の資料が参考となる。

1) 建設省河川局監修，建設省建設技術協議会水質連絡会・河川環境管理財団編：河川水質試験方法（案）1997 年版，技報堂出版，1997.
2) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
3) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.
4) 要監視項目等調査マニュアル，平成 20 年 3 月，環境省水・大気環境局水環境課.
5) ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁及び土壌の汚染に係る環境基準について，平成 11 年 12 月 27 日，告示第 68 号，環境庁.
6) 水質汚濁に係る環境基準について，昭和 46 年 12 月 28 日，環境庁告示第 59 号，環境省.

2. 11　降雨水質調査

＜考え方＞

　降雨水質調査は、酸性雨等の降雨の水質を把握する酸性雨（雪）調査と、河川水質への酸性雨の影響を把握する河川水質調査とする。

＜標　準＞

　酸性雨（雪）調査のための採雨装置の設置場所は、雨量、日射量、風向、風速等の気象観測データが連続して得られる場所で行うことを標準とする。また、採取された雨水試料は時間とともに変質してくるので、原則として一雨ごとに回収し、水質分析に供する。
　河川水質調査は、酸性雨の観測を実施する流域において、その酸性雨調査地点の中から主要な地点を選定し、その近傍の河川・ダム貯水池の水質の観測を実施する。

＜推　奨＞

　酸性雨（雪）調査は、降水量、水温、pH、導電率、pH4.3 アルカリ度のほか、必要に応じて個別のイオンを調査するものとする。
　河川水質調査は、原則として河川流量、水温、pH、導電率を調査するものとする。また、必要に応じて個別のイオンを適宜分析するものとする。

＜参考となる資料＞

降雨水質調査については、下記の資料が参考となる。

1) 環境庁大気保全局大気規制課監修，酸性雨調査法研究会編集：酸性雨調査法，ぎょうせい，1993.
2) 環境庁地球環境部監修：酸性雨-地球環境の行方，中央法規出版，1997.
3) 建設省河川局監修，建設省建設技術協議会水質連絡会・河川環境管理財団編：河川水質試験方法（案）1997 年版，技報堂出版，1997.

2. 12　地下水水質調査

＜考え方＞

地下水は、表流水とは異なり流動及び水の交換が非常に少なく、水質変化も一般的には非常に緩慢である。したがって、その水質調査も一般には長期的な観点に立って行う必要がある。

地下水の水質変化を調べるための調査は、表流水を対象とした基準地点における水質調査に相当するものであり、いわばベースライン的な地下水質の変化を把握するために行うものである。

＜標　準＞

地下水水質調査を行うに当たっては、対象とする地域においてその地域へ供給される地下水の代表的な水質が観測できる地点、主要な取水地点又は、その近傍、地域内の人口密集地域又は、その下流側と想定される地点、その地域から流出する地下水の代表的な水質が観測できる地点等に調査地点を設け、原則として帯水層別に観測することを標準とする。

＜推　奨＞

地下水水質調査は、春、夏、秋、冬の年 4 回行うことが望ましい。

＜参考となる資料＞

地下水水質調査については、下記の資料が参考となる。

1)　建設省河川局監修,(財)国土開発技術研究センター編集:地下水調査および観測指針(案), 山海堂, 1993.

2)　河川水質調査要領(案), 平成 17 年 3 月, 国土交通省河川局河川環境課.

2. 13　地下水汚染解析

＜考え方＞

地下水汚染は地下水の利用・開発・保全を行っていく上で大きな影響をもたらす。近年では、地下水流動に加えて溶解した物質の移動を組み合わせたモデルも開発されていることから、地下水汚染の解析は広く行われるようになった。適切な対策を検討するために、地下水汚染解析によって、汚染の実態把握や影響の予測評価を行うことが有効である。

＜標　準＞

解析の手法は、目的、対象地域の特性等を考慮して適切に選定することを標準とする。

＜例　示＞

特定有害物質は、汚染物質の種類や濃度、深度、地質、地下水利用などによって、地下水とともに移動する可能性がある。そのため、特定有害物質の移動速度や濃度変化等を予測する。あるいは、浄化等の措置による効果を検討するための方法の一つとして、解析モデルを用いることも有用である。

地下水中に溶解した物質は、移流、分散、分子拡散、土粒子との吸着・脱着、生物的・化学的分解の影響を受けて、時間的・空間的に広がる。

敷地境界や保全対象における地下水中の重金属等濃度の算出には、吸着等を考慮した一次元分散解析を用いる。

$$\frac{\partial C}{\partial t}=\frac{D}{R}\cdot\frac{\partial^2 C}{\partial x^2}-v\frac{\partial C}{\partial x}-\lambda C \qquad (12\text{-}2\text{-}1)$$

ここに、

C ：溶解物質濃度（$0 \leqq C \leqq 1$）〔$M \cdot L^{-3}$〕
D ：移流分散係数〔$L^2 \cdot T^{-1}$〕
R ：遅延係数〔-〕
v ：間隙内地下水平均流速〔$L \cdot T^{-1}$〕（＝ダルシー流速／有効間隙率）
λ ：一次減衰係数〔T^{-1}〕
x ：汚染発生源からの距離〔L〕
t ：時間〔T〕

である。

＜参考となる資料＞

地下水汚染解析については、下記の資料が参考となる。

1） 建設省河川局監修,(財)国土開発技術研究センター編集:地下水調査および観測指針(案), 13.4 地下水汚染解析，山海堂，1993.

第3節　底質調査

3．1　調査の順序と項目

＜考え方＞

底質調査は、流域内で発生した排水の成分が濃縮された形で底泥に堆積されている場合が多いので、底泥を調査することにより、過去に流下した水中に含まれていた成分を把握することができることから実施するものである。

＜標　準＞

底質調査を行う場合には、必要に応じ次の順序で調査を行うことを標準とする。

１）汚染状況把握調査
２）概況調査
３）精密調査

＜参考となる資料＞

調査の順序と項目については、下記の資料が参考となる。

1） (社)底質浄化協会：底質の調査・試験マニュアル-改訂第三版-，2003.
2） 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
3） 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
4） 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
5） 建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.
6） (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.

7) 河川、湖沼等におけるダイオキシン類常時監視マニュアル（案），平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
8) ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁及び土壌の汚染に係る環境基準について，平成 11 年 12 月 27 日，告示第 68 号，環境庁.
9) 底質ダイオキシン類対策の基本的考え方，平成 19 年 3 月，国土交通省港湾局・河川局.
10) 河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル（案），平成 20 年 4 月，国土交通省河川局河川環境課.
11) 底質の暫定除去基準について，昭和 50 年 10 月 28 日，環水管 119 号，環境省.
12) 港湾における底質ダイオキシン類対策技術指針（改定版），平成 20 年 4 月，国土交通省港湾局.
13) ダイオキシン類に係る底質調査測定マニュアル，平成 21 年 3 月，環境省水・大気環境局水環境課.

3．2　汚染状況把握調査

＜標　準＞

採泥地点の選定は、河川（湖沼、ダム貯水池等を除く）については、河口のほか、その上流の排水口、汚濁した支川等の位置を考慮して、数か所の採泥地点を定めることを標準とする。

湖沼及び海域では、その状況に応じて、1 水域につき少なくとも 3 地点以上の採泥地点を設けることを標準とする。また、採泥は表層部のみについて行う。

＜例　示＞

観測測定項目は、堆積厚、堆積物の状態、底質の性状、汚染の状況が把握できる項目等について選定して測定するものとし、たとえば、色相、臭気、水分、固形分、粒度分布、強熱減量、BOD、COD、COD_{Cr}、TOC、硫化物、鉄、マンガン、塩化物イオン、総水銀、アルキル水銀、PCB、カドミウム、鉛、クロム、六価クロム、ヒ素、亜鉛、ニッケル、総窒素、総リン、n-ヘキサン抽出物質とする。

＜参考となる資料＞

汚染状況把握調査については、下記の資料が参考となる。

1) (社)底質浄化協会：底質の調査・試験マニュアル-改訂第三版-，2003.
2) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
3) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
4) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
5) 建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.
6) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.
7) 底質ダイオキシン類対策の基本的考え方，平成 19 年 3 月，国土交通省港湾局・河川局.
8) 河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル（案），平成 20 年 4 月，国土交通省河川局河川環境課.
9) 河川、湖沼等におけるダイオキシン類常時監視マニュアル（案），平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.

10) 港湾における底質ダイオキシン類対策技術指針（改定版），平成 20 年 4 月，国土交通省港湾局.

3．3　概況調査

＜標　準＞

概況調査における採泥地点は、非感潮河川については原則として汚濁源より下流側に、感潮河川については、海水の遡上等を考慮して、汚濁源の上流に向かっても、必要に応じ適切な間隔で測定地点を設けることを標準とする。

また、湖沼、海域、ダム貯水池等については、調査対象水域の規模及び予想される汚染の程度に応じて適切な採泥地点を定める。また、採泥は表層部のみについて行う。

＜例　示＞

観測測定項目は、堆積厚、底質の状況、汚染が認められた項目から選定し、たとえば、色相、臭気、水分、固形分、強熱減量、総水銀、アルキル水銀、カドミウム、鉛、クロム、六価クロム、ヒ素、HCH（BHC）などがある。また、当該水域の底泥の汚染と関係する成分を選定して行うものとし、たとえば、総窒素、総リン、COD、BOD、硫化物、鉄、マンガン、塩化物イオン、亜鉛、ニッケル、n-ヘキサン抽出物質などについて測定を行う。

＜参考となる資料＞

概況調査については、下記の資料が参考となる。

1) (社)底質浄化協会：底質の調査・試験マニュアル-改訂第三版-，2003.
2) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
3) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
4) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
5) 建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.
6) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.
7) 底質ダイオキシン類対策の基本的考え方，平成 19 年 3 月，国土交通省港湾局・河川局.
8) 河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル（案），平成 20 年 4 月，国土交通省河川局河川環境課.
9) 港湾における底質ダイオキシン類対策技術指針（改定版），平成 20 年 4 月，国土交通省港湾局.

3．4　精密調査

＜標　準＞

精密調査における採泥地点は、非感潮河川及び感潮河川については、概況調査の結果に基づいて、底泥が汚染され、あるいは堆積物が堆積している範囲の区域についてより細かく定めることを標準とする。

採泥深度は、あらかじめ数地点でボーリングを行って柱状試料を採取し堆積物の分布状態が一様であると認められる場合については、表層付近のみの採泥で差し支えない。しかし、堆積物が多層にわたっている場合で、含有物に変化が認められる場合には、ボーリングなどによる採泥を行って柱状試料を採取する。

＜推　奨＞

採泥は、エクマンバージ型採泥器、コアサンプラ又は、これに準ずる採泥器を用いて採取することが望ましい。また、採取した底泥は清浄なホーロー製のバットに移し、30 分間静置後、その上澄み液を捨て、木石、貝殻、動植物片などの異物を除いたのち均等に混合する。

＜参考となる資料＞

精密調査については、下記の資料が参考となる。

1) (社)底質浄化協会：底質の調査・試験マニュアル-改訂第三版-，2003.
2) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
3) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
4) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
5) 建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.
6) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.
7) 底質ダイオキシン類対策の基本的考え方，平成 19 年 3 月，国土交通省港湾局・河川局.
8) 河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル（案），平成 20 年 4 月，国土交通省河川局河川環境課.
9) 港湾における底質ダイオキシン類対策技術指針（改定版），平成 20 年 4 月，国土交通省港湾局.

3．5　底質分析方法

＜標　準＞

底質分析方法は、定められた適切な方法により行うことを標準とする。

＜例　示＞

総水銀、アルキル水銀、カドミウム、鉛、総クロム、六価クロム、ヒ素、HCH（BHC）、PCB、銅、亜鉛、鉄、マンガン、シアン化合物、硫化物の重金属等有害物質、ニッケル、アンチモン、水分含量、強熱減量、COD、BOD、総窒素、総リン等の分析は「底質調査方法」（環境庁）により行うことができる。また、ダイオキシン類の分析は、「ダイオキシン類に係る底質調査測定マニュアル」（環境省）により行うことができる。

＜参考となる資料＞

底質分析方法については、下記の資料が参考となる。

1) 底質調査方法，昭和 63 年 9 月 8 日，環水管 127 号，環境省.
2) (社)底質浄化協会：底質の調査・試験マニュアル-改訂第三版-，2003.
3) 環境庁水質保全局水質管理課編，(社)日本環境測定分析協会：改訂版-底質調査方法とその解説，丸善，1993.
4) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
5) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.

6) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
7) 建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.
8) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.
9) ダイオキシン類に係る底質調査測定マニュアル，平成 21 年 3 月，環境省水・大気環境局水環境課.

3．6　底泥溶出速度試験

3．6．1　底泥からの汚濁物質の溶出速度試験

＜標　準＞

底泥から溶出する BOD、COD、窒素、リン等の溶出速度を評価するもので、適切な方法により算出することを標準とする。

＜例　示＞

実際の河川水中で生じている現象を試験室内での反応装置によって再現し、底泥に含まれる BOD、COD 等の有機物や窒素、リン等の栄養塩類が河川水へどの程度の速度で回帰するのかを評価することができる。

河床堆積物を敷いた密閉型反応槽（V）に、一定流量（Q）を連続的に流入させた場合、反応槽での BOD の物質収支をとれば次のように表せる。

$$VdL/dt = \underset{(流入)}{L_A Q} - \underset{(流出)}{LQ} + \underset{(溶出)}{L_a} - \underset{(分解)}{k_1 LV} - \underset{(沈殿)}{k_3 LV} \qquad (12\text{-}3\text{-}1)$$

$$dL/dt = L_A/T + L_a - L(1/T + k_1 + k_3) \qquad (12\text{-}3\text{-}2)$$

ここに、L_A ：流入 BOD 濃度(mg/L)
L ：反応槽 BOD 濃度(mg/L)
L_a ：BOD 溶出速度(mg/日)
T ：反応槽の水理学的滞留時間（日）
k_1 ：BOD 分解係数（1/日）
k_3 ：沈殿による BOD 除去係数（1/日）

反応槽内で、BOD の濃度が一定となるような平衡状態では、dL/dt＝0 とみなせることから、式（12-3-2）より溶出速度 L_a が次のように表現できる。

$$L_a = L(1/T + k_1 + k_3) L_A/T \qquad (12\text{-}3\text{-}3)$$

一般に、溶出現象は溶解性の物質が対象となるので、沈殿係数 k_3 を無視できる。

$$L_a = L(1/T + k_1) L_A/T \qquad (12\text{-}3\text{-}4)$$

リンのように流入水の濃度を L_A＝0 とし、分解しない物質の場合には k_1＝0 とすることができるので、式は更に簡略化できる。

$$L_a = L(1/T) \qquad (12\text{-}3\text{-}5)$$

＜参考となる資料＞

底泥からの汚濁物質の溶出速度試験については、下記の資料が参考となる。

1) (社)底質浄化協会：底質の調査・試験マニュアル-改訂第三版-，2003.
2) 底質調査方法，昭和 63 年 9 月 8 日，環水管 127 号，環境省.
3) 環境庁水質保全局水質管理課編，(社)日本環境測定分析協会：改訂版-底質調査方法とその解説，丸善，1993.
4) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
5) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
6) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
7) 建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.
8) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.
9) 底質に係わる技術資料，平成 21 年 3 月，湖沼技術研究会底質ワーキンググループ.

3. 6. 2　底泥による溶存酸素消費速度試験

＜標　準＞

底泥による溶存酸素の消費速度は、密閉型反応槽を使用して得られる DO の減少量を適切な方法により算出することを標準とする。

＜例　示＞

実際の河川水中で生じている現象を試験室内での反応装置によって再現し、底泥に含まれる有機物の分解に伴って水中の溶存酸素が消費される速度を評価することができる。河床堆積物を敷いた密閉型反応槽（V）に、溶存酸素を含む流量（Q）を連続的に流入させた場合、反応槽での DO の物質収支をとれば次のように表せる。

$$VdC/dt = C_A Q - CQ - D_3 V - k_1 LV \qquad (12\text{-}3\text{-}6)$$

（流入）（流出）（溶出）（BOD の分解）

$$dC/dt = C_A/T - C/T - D_3 - k_1 L \qquad (12\text{-}3\text{-}7)$$

ここに、C_A ：流入水の DO 濃度(mg/L)
C ：流出水の DO 濃度(mg/L)
D_3 ：DO 消費速度（mg/L･日）
L ：反応槽の BOD 濃度(mg/L)
k_1 ：BOD 分解係数（1/日）
T ：反応槽の水理学的滞留時間（日）

反応槽内の底泥による DO 消費速度が一定となるような平衡状態では、dC/dt＝0 とみなせるこ

とから、式（12-3-7）より DO 消費速度 D_3 は次のように表現できる。

$$D_3 = C_A/T - C/T - k_1 L = (C_A - C)/T - k_1 L \qquad (12\text{-}3\text{-}8)$$

＜参考となる資料＞

底泥による溶存酸素消費速度試験については、下記の資料が参考となる。

1) （社）底質浄化協会：底質の調査・試験マニュアル-改訂第三版-，2003.
2) 底質調査方法，昭和 63 年 9 月 8 日，環水管 127 号，環境省.
3) 環境庁水質保全局水質管理課編，（社）日本環境測定分析協会：改訂版-底質調査方法とその解説，丸善，1993.
4) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
5) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
6) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，（財）ダム水源地環境整備センター，1996.
7) 建設省河川局開発課監修，（財）国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.
8) （社）日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.
9) 杉木昭典：水質汚濁―現象と防止対策，技報堂出版，1974.
10) 底質に係わる技術資料，平成 21 年 3 月，湖沼技術研究会底質ワーキンググループ.

3．7　底泥溶出試験

＜考え方＞

底泥の溶出試験は、当該水域の底泥しゅんせつの可否を定めるための試料とするために行う。

＜標　準＞

底泥による溶出率は次式によって求めることを標準とする。

溶出率＝W2/W1　　(12-3-9)

ここに、

W1：溶出試験に使用した分析試料中に含まれる被測定物質の量

W2：溶出試験に使用した混合液の体積に相当する溶出水中に含まれる被測定物質の量

なお、被測定物質によって高濃度に汚染されていると考えられる 4 地点以上の底泥について溶出率も求め、その平均値をもって当該水域における底泥の被測定物質による溶出率とする。

＜推　奨＞

溶出試験においては、その中に含まれる底泥の乾燥固形分の質量と試験溶液の体積の比（g/mL）が 3/100 になるように湿泥を加えた水溶液を試験溶液として使用することを推奨する。

＜例　示＞

溶出試験は、試験溶液 500mL 以上を 4 時間以上連続して撹拌又は、振動後放置し、その上澄水をろ紙（5 種 C）を用いてろ過後、ろ液中の被測定物質の含有量を定量する。また、別に湿泥

の一定量をとり、その湿泥中に含まれる被測定物質を定量する。この双方により得られた被測定物質含有量を、乾泥単位質量当たりに換算して求めることができる。

＜参考となる資料＞

底泥溶出試験については、下記の資料が参考となる。

1) (社)底質浄化協会：底質の調査・試験マニュアル-改訂第三版-，2003.
2) 底質調査方法，昭和 63 年 9 月 8 日，環水管 127 号，環境省.
3) 環境庁水質保全局水質管理課編，(社)日本環境測定分析協会：改訂版-底質調査方法とその解説，丸善，1993.
4) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
5) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
6) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
7) 建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.
8) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.

第4節　汚濁負荷量調査及び水質汚濁予測調査

4．1　汚濁負荷量調査

＜考え方＞

河川、湖沼、ダム貯水池の水質管理では、流域の土地利用、水質汚濁防止対策の実施現況、及び将来計画、河川等の水理、水質特性を勘案し、総合的に管理することが重要である。そのため、対象河川等の水質を左右する汚濁負荷量及びその原因である汚濁源についての調査が必要となる。

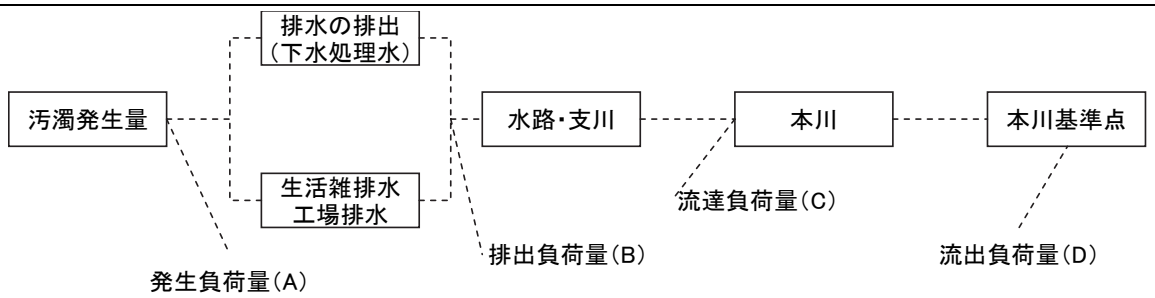
＜標　準＞

汚濁負荷量調査は基礎調査、発生汚濁負荷量調査、排出汚濁負荷量調査、流達汚濁負荷量調査、流出汚濁負荷量調査に分けて行うことを標準とする。また、併せて排出率、流達率、浄化残率、浄化率、流出率の把握も必要に応じて行う。

算出すべき負荷量は、BOD、COD、総窒素及び総リンを原則とし、必要に応じて、追加項目を設ける。

＜例　示＞

各汚濁負荷量及び排出率の関係を模式的に示すと下図のようになる。



また、排出率、流達率、浄化残率、浄化率、流出率は以下のとおりである。

排出率＝$\frac{(B)}{(A)}$　；値が 0%に近づくほど、処理は行われており、100%に近づくほど、発生負荷量は未処理のまま放流されていることを意味している。

流達率＝$\frac{(C)}{(B)}$　；水路、支川の本川までの長さ、流量及び汚濁物質の種類により大きく変動する。

浄化残率＝$\frac{(D)}{(C)}$　；河川の自浄作用を受けた後に残存する量の流達負荷量に対する割合。

浄化率＝$\frac{(C)-(D)}{(C)}$；　流達負荷量に対する、河道内で浄化される量の割合。

流出率＝$\frac{(D)}{(B)}$；流出率は、排出負荷量が本川の基準点に到達する割合と定義している。このため次式より求まる。

$$流出率＝流達率 \times 浄化残率＝\frac{(C)}{(B)}\times\frac{(D)}{(C)}=\frac{(D)}{(B)} \qquad (12\text{-}4\text{-}1)$$

＜参考となる資料＞

汚濁負荷量調査については、下記の資料が参考となる。

1)　中村栄一，長谷川清，小森行也　：河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案），土木研究所彙報，第 53 号，1989.

2)　流域別下水道整備総合計画調査指針と解説　，平成 20 年 9 月，国土交通省，(社)日本下水道協会.

3)　汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.

4)　湖沼水質のための流域対策の基本的考え方～非特定汚染源からの負荷対策～，平成 18 年 3 月，国土交通省，農林水産省，環境省.

5)　湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.

6) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
7) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.

4. 2　基礎調査

＜考え方＞

流域の基礎調査は流域の持つ社会特性、河川特性及び自然地理特性のうち、調査対象河川の水質汚濁に関係を持つ流域の特性を把握する。

＜標　準＞

基礎調査は、踏査及び地方公共団体の資料により行うことを標準とする。汚濁発生源は、河川、湖沼、貯水池、海域及びそれらに流入する河川の流域、又はその支川の流域、さらに、それらに流入する排水路（都市下水路を含む）については集水区域別に分類し整理する。

＜推　奨＞

基礎調査では、必要に応じ次の資料を経年的に収集整理し保存するものとする。

１）総面積、市街地面積、人口密度
２）人口、世帯数、家屋数
３）下水道整備状況の実態
４）下水道利用人口及び戸数（水洗化の有無を含む）
５）浄化槽（単独、合併）利用人口及び戸数
６）し尿処理場利用人口及び戸数
７）工場、事業場（衛生施設、商店、事務所等を含む）の業種（産業細分類別の整理を含む）と従業員数
８）工場、事業場で使用されている用水量と、その内訳（河川水、地下水、伏流水等）
９）工場、事業場で使用している原料及び製品名、並びにその数量
１０）工場、事業場での出荷量
１１）工場、事業場の排水量と排水水質
１２）工場、事業場が所有する排水処理設備と排水状況
１３）工場、事業場での、し尿処理状況と雑排水の排出先
１４）市街地面積（浸透域と不浸透面積）
１５）農地面積（水田、畑地）及び使用肥料の種類と量
１６）かんがい用水の取水先と排出先
１７）かんがい排水の水質
１８）家畜の種類とその数及び飼料の種類と量
１９）家畜排水の量と水質
２０）家畜排水の処理状況と排出先
２１）森林総面積とその種別面積
２２）養殖魚の種類と数及び飼料の種類と量
２３）養殖魚の出荷先と出荷状況
２４）養殖のための取水量と排水量及びその水質
２５）降雨、風向、風速、日照、気温など気象資料
（特に降雨資料については、必要に応じて時間降雨資料も収集する）
２６）その他必要な資料

＜参考となる資料＞

基礎調査については、下記の資料が参考となる。

1) 流域別下水道整備総合計画調査指針と解説 ，平成 20 年 9 月，国土交通省，(社)日本下水道協会.

2) 中村栄一，長谷川清，小森行也 ：河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案），土木研究所彙報，第 53 号，1989.

3) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.

4) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.

5) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.

6) 建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.

7) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.

4．3　発生及び排出汚濁負荷量調査

＜考え方＞

発生及び排出汚濁負荷量は、点源負荷と面源負荷に分けて取り扱う。点源負荷は晴天時、降雨時に関係なく負荷が同様に発生及び排出されると考える。また、面源負荷は晴天時と雨天時には異なった機構で負荷の発生（排出）が起こるため、晴天時と雨天時の両方で調査を行う。

＜標　準＞

1）点源負荷は次の 5 種類の負荷に分けて調査することを標準とする。

a) 生活排水からの汚濁負荷
b) 工場排水からの汚濁負荷
c) 事業場排水からの汚濁負荷
d) 畜産排水からの汚濁負荷
e) 観光排水からの汚濁負荷

2）面源負荷は、次の 5 種類に分けて調査することを標準とする。

a) 農地からの汚濁負荷
b) 市街地からの汚濁負荷
c) 山林からの汚濁負荷
d) 養殖からの汚濁負荷
e) 降雨からの汚濁負荷

＜参考となる資料＞

発生及び排出汚濁負荷量調査については、下記の資料が参考となる。

1) 流域別下水道整備総合計画調査指針と解説 ，平成 20 年 9 月，国土交通省，(社)日本下水道協会.

2) 中村栄一，長谷川清，小森行也 ：河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案），土木研究所彙報，第 53 号，1989.

3) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
4) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
5) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
6) 建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.
7) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.

4．4　流達及び流出汚濁負荷量調査

＜考え方＞

流達負荷量は、対象とする水域にその流域から到達する負荷量であり、河川及び湖沼等について算出すべき負荷量であるが、流出負荷量は、湖沼等では概念的に当てはめられない。流達及び流出負荷量は、晴天時及び降雨時の両方で把握する。

＜標　準＞

測定地点は、流出汚濁負荷が当該水域（河川、湖沼（貯水池を含む）、海域）へ流入する直前において測定できる地点とし、原則として次の要件を満足する位置に定めることを標準とする。

1）流域全ての排水が排出される地点
2）横断方向の混合が十分行われ、水質が均一であると認められる地点であること。
3）流量観測、試料採取が容易に行われる地点であること。

採水に当たっての横断方向の採水位置と数、深さ方向の採水深度とその数は、横断方向及び深さ方向の水の混合状態を考慮して定める。

＜推　奨＞

晴天時の流量観測及び採水は、24 時間にわたって定間隔（たとえば 2 時間）で行うことが望ましい。雨天時は、流達あるいは流出する負荷量の経時変化が分かるような観測計画をたてることが望ましい。

＜参考となる資料＞

流速及び流出汚濁負荷量調査については、下記の資料が参考となる。

1) 流域別下水道整備総合計画調査指針と解説 ，平成 20 年 9 月，国土交通省，(社)日本下水道協会.
2) 中村栄一，長谷川清，小森行也 ：河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案），土木研究所彙報，第 53 号，1989.
3) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
4) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
5) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
6) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.

4．5　排出率、流達率、浄化残率、浄化率、流出率

＜標　準＞

汚濁負荷に関する係数は、原則として汚濁負荷量を実測することにより求めることを標準とする。特に、流達率、浄化残率、浄化率、流出率は、晴天時と雨天時での負荷量調査に基づき算出する。

＜参考となる資料＞

汚濁負荷に関する係数については、下記の資料が参考となる。

1)　流域別下水道整備総合計画調査指針と解説 ，平成 20 年 9 月，国土交通省，(社)日本下水道協会.

2)　中村栄一，長谷川清，小森行也 ：河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案），土木研究所彙報，第 53 号，1989.

3)　汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.

4)　湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.

5)　建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.

6)　建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.

7)　(社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.

4．6　非感潮河川における水質汚濁予測調査

＜標　準＞

非感潮河川での有機性汚濁は、BOD と溶存酸素の不足で表されるのが通常であり、これらを指標とした汚濁の予測は、原則として Streeter と Phelps の式又はその修正式により行う。調査の項目は、現況の調査、将来の発生・流入荷量調査、流況調査を行うものとし、流量の比較的安定している平水時、低水時及び渇水時に行うことを標準とする。

＜推　奨＞

調査区間は、次の条件を有する区間とすることが望ましい。

1）流量観測地点が整備されており、調査区間の上流端及び下流端で水位－流量曲線が作成されていること。

2）調査区間内では流れの状況、特に河床勾配又は、流速が大きく変動しないこと。

3）調査区間の上下流端の測定地点では、横断方向の水質変化が一様であること。

4）河川水の BOD が少なくとも 3mg/L 以上あり、BOD の測定が誤差の範囲に入ってしまわないこと。

5）調査区間で流入する汚濁源が比較的集約されており、その全ての汚濁負荷量が実測できること。

6）調査区間の長さは調査時点の流量で、流下時間が 4 時間以上かかる区間であること。

また、現地調査においては、流下時間、支川及び排水路からの流入量及び流入水質を調査し、本川各測定地点における流量測定、採水及び現地測定を行うことが望ましい。

＜例　示＞

水質測定項目は、たとえば流量、水温、BOD、COD、DO、溶解性 BOD、脱酸素係数、攪拌による脱酸素係数、SS、総窒素、アンモニウム態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、総リン、溶解性総リン、オルトリン酸態リン、クロロフィル等とする。

＜参考となる資料＞

非感潮河川における水質汚濁予測調査については、下記の資料が参考となる。

1) 杉木昭典：水質汚濁―現象と防止対策，技報堂出版，1974.
2) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
3) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
4) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
5) 建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.
6) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.
7) 建設省河川局監修，建設省建設技術協議会水質連絡会・河川環境管理財団編：河川水質試験方法（案）1997 年版，技報堂出版，1997.

4. 7　感潮河川における水質汚濁予測調査

＜考え方＞

感潮河川においては、潮汐による混合及び拡散が大きな影響を持っており、これらの項を含めた計算式によらなければならないこと、さらに水理、水質条件が潮汐の周期によって変化する非定常の現象であることなど、非感潮部に比べると複雑である。感潮河川の汚濁解析に当たっては、タイダルプリズム法、混合係数を用いた方法、定常の拡散方程式の解析による方法、非定常の拡散方程式の数値計算による方法等から、必要とする汚濁予測の精度、利用できるデータなどに応じて適切な手法を選択する。

＜標　準＞

感潮河川における水質汚濁予測調査は、計算に必要な諸係数を定め、計算精度をチェックするための現況及び将来の発生負荷量、流入負荷量、流況の調査を基本とする。

測定地点は、河口付近から感潮部の終端までの調査区間内について、流入支川、排水路等の数に応じて数地点以上設ける。また、河川水の影響を受ける海域については、原則として 3 地点以上設ける。さらに、調査区間で合流する支川、排水路、運河などがある場合には、合流点付近に測定点を設ける。

調査は、淡水と海水との混合状態の観測、測定時刻別の流域からの流入量及び汚濁負荷量の調査、各測定地点（海域部を除く）での測定時刻別水位、流量（順流、逆流とも）の調査、採水及び現地測定を標準とする。海域部の測定地点では、採水と現地測定並びに採泥を行う。

＜推　奨＞

各測定地点では 2 潮時にわたり 1 ないし 2 時間間隔で採水及び水位、流速等の現地観測を行うことが望ましい。ただし、海域部の測定地点で調査が夜間で危険を伴う場合には、昼間の 1

潮時において数回の採水及び現地観測を行うのみでも差し支えないものとする。
採水は横断面の中央で行うほか、左岸又は（及び）右岸側の水質が明らかに異なる測定地点では、左岸側又は（及び）右岸側においても、横断方向に状況に応じて数点採水することが望ましい。水深方向では、淡水と海水との混合状態を考慮して、少なくとも 3 深度での採水が行えるよう採水深度を定める。強混合の感潮河川では、全水深について等間隔で採水深度を定めるが、緩混合及び弱混合の感潮河川では、淡水域及び淡水と海水との混合層については採水密度を高く、海水層については採水密度を低く定めることが望ましい。
底泥試料は、各採水地点及び特に堆積の著しい点から当該感潮部を代表するような地点を選び、表層部の底泥を採取する。

＜例　示＞

水質測定項目は、たとえば、気温、水温、塩化物イオン、DO、BOD、溶解性 BOD、COD、溶解性 COD、脱酸素係数、総窒素、溶解性総窒素、アンモニウム態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、総リン、溶解性総リン、オルトリン酸態リン、クロロフィル等とする。また、底泥については、水分、強熱減量、BOD、COD、総窒素、総リン等について必要に応じ測定する。

＜参考となる資料＞

感潮河川における水質汚濁予測調査については、下記の資料が参考となる。

1）杉木昭典：水質汚濁―現象と防止対策，技報堂出版，1974.
2）汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
3）建設省河川局監修，建設省建設技術協議会水質連絡会・河川環境管理財団編：河川水質試験方法（案）1997 年版，技報堂出版，1997.

4．8　湖沼、貯水池における水質汚濁予測調査

＜考え方＞

湖沼や貯水池の汚濁解析は、水質予測モデルを対象とする水質のデータの状況、当該水域の地形・地質・流況・汚濁状況や得ようとする解析結果の程度によって、適切な手法を選択する。

＜標　準＞

汚濁予測を行う場合は、湖沼、貯水池における汚濁物質の挙動及び収支を明らかにするための現況の調査と、将来の発生、流入負荷量調査及び水収支の調査を行うことを標準とする。また、特に富栄養化が問題となる場合には、現況の調査で生物調査も行う。

＜推　奨＞

測定地点は、必要に応じ河川、排水路等湖沼、貯水池への流入負荷量を観測できる位置、湖沼、貯水池から河川への流出負荷量を観測できる位置、並びに湖沼、貯水池で水質の変化をきたしやすい地点及び湖沼、貯水池の水質を代表する地点に設ける。
調査時期は、年間の流入負荷量及び、水域の水質変動特性を把握するため、平常時及び洪水時をも含め、調査を行うことが望ましい。
現地調査の内容は、湖沼、貯水池内に適切に配置した測定地点での水質調査流域からの汚濁負荷流入量の調査、当該水域からの流出汚濁負荷量の調査、並びに当該水域内の風向、風速、水位、拡散状況、降雨量、降雨試料の水質、底質等の調査を行うことが望ましい。

＜例　示＞

各測定地点での測定は、たとえば、平常時においては１日１回、洪水時においては流量が増大を始めてから洪水前の状態に戻る間に負荷の変動状況が把握できる間隔で採水及び現地観測を行う。

水質及び底質の測定項目は、湖沼、貯水池の水質現象に応じて適切な項目を選択するものとし、たとえば、降雨試料については、総リン、オルトリン酸態リン、総窒素、アンモニウム態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、COD 等の項目について測定する。

＜参考となる資料＞

湖沼、貯水池における水質汚濁予測調査については、下記の資料が参考となる。

1) 森北佳昭, 畑孝治, 他１名 ：貯水池の冷濁水ならびに富栄養化現象の数値解析モデル（その１、２），土木研究所資料，第 2443 号，1987.
2) 杉木昭典：水質汚濁―現象と防止対策，技報堂出版，1974.
3) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
4) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.
5) 建設省河川局開発課監修，(財)国土開発技術研究センター：多目的堰水質調査要領，広済堂，1981.
6) (社)日本水質汚濁研究協会編，公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針，1982.
7) 流域別下水道整備総合計画調査指針と解説 ，平成 20 年 9 月，国土交通省，(社)日本下水道協会.

4. 9　海域における水質汚濁予測調査

＜考え方＞

海域への汚濁物質の放流の影響や河口部での河川からの流入汚濁物質の挙動を調べる場合、主として拡散による汚濁物質のひろがりを考慮した局所的解析が必要となる。一定方向の海流が卓越するような場合や、潮流が卓越する場合であっても概略の計算を行えばよいときには、拡散方程式の解析解等を用いることもできる。解析解の代表的なものには、ヨゼフ・センドナーの方法、ブルックスの方法などがあるが、解析解は、種々の仮定を設けて拡散方程式を解析的に解けるような形にしてあるので、対象とする海域の状況がそれぞれの仮定に最も近いものを選ぶ。また、必要に応じ低次生態系モデル等の水質予測モデルを用いる。

＜標　準＞

海域での汚濁予測は、内湾等の閉鎖性水域では水質モデルにより、局所的な解析では、拡散方程式の解析又は数値計算によることを基本とする。

＜推　奨＞

測定地点は、必要に応じ、河川、排水路、運河等海域への流入負荷量を観測できる位置、対象海域が湾の場合には、湾口から外海にかけて湾からの流出負荷を観測できる位置とその影響を受ける外海域、並びに対象海域内において質の変化をきたしやすい地点、及び対象海域内の水質を代表する地点に設ける。

現地調査の内容は、必要に応じ、淡水と海水との混合状態、測定時刻別の各河川、排水路、運河等からの流入流量及び流入汚濁負荷量、海域各地点の時刻別流向、流速、水位、風向、風

速等の調査並びに採泥を行う。
　各測定地点での測定及び採水時刻は、潮の状況に応じて、状況が把握できる時間と回数を設定することが望ましい。

＜例　示＞

　海域の採水は、たとえば、表層から 50cm のほか、淡水と海水との混合状態を考慮して、少なくとも 3 深度での採水が行えるよう採水深度を定める。成層していない海域では全水深について等間隔で採水深度を定めるが、成層している海域では淡水層及び、淡水と海水との混合層については採水密度を高く、海水層については採水密度を低く定めてもよい。
　調査測定項目は、たとえば、水の試料については、気温、水温、透明度、塩化物イオン、pH、COD、溶解性 COD、総リン、溶解性総リン、オルトリン酸態リン、総窒素、溶解性総窒素、アンモニウム態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、SS、濁度等、底質試料については水分、強熱減量、BOD、COD、総リン、総窒素等とする。

＜参考となる資料＞

　海域における水質汚濁予測調査については、下記の資料が参考となる。

1)　杉木昭典：水質汚濁―現象と防止対策，技報堂出版，1974.
2)　汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.

第5節　水質事故時の水質調査

＜標　準＞

　水質事故が発生した場合には、原則として水質調査（緊急調査、事後調査等）を行うものとする。
　調査個所は、油膜、魚の浮上などが発生している地点周辺とその上・下流及び原因物質を流入させていると考えられる支川ないしは排水路とすることを標準とする。

＜推　奨＞

　測定方法は、緊急調査では、簡易分析法、事後調査では精密機器分析法によることが望ましい。

＜例　示＞

　水質分析項目は、たとえば、シアン、六価クロム、重金属、農薬等の有害物質や危険物、及び DO、pH その他の一般項目とする。

＜参考となる資料＞

　水質事故時の水質調査については、下記の資料が参考となる。

1)　建設省建設技術協議会・技術管理部会水質連絡会編集：水質事故対策技術，技報堂出版，2001.
2)　建設省河川局監修，建設省建設技術協議会水質連絡会・河川環境管理財団編：河川水質試験方法（案）1997 年版，技報堂出版，1997.

第6節　流域圏スケールの物質動態把握

＜考え方＞

水質保全、治山・治水対策、土砂管理等、水循環を介して流域圏と密接に関連する水や土砂に関する諸問題は、行政上の区分を越えて広域的、複層的であることから、水循環を介して密接に関連している河川水、地下水等の総合的な管理、保全に資するため、流域圏の水循環機構を総合的に把握する視点を持ち、水質調査、底質調査、汚濁負荷量調査及び水質汚濁予測調査を計画する。

＜参考となる資料＞

流域圏スケールの物質動態把握については、下記の資料が参考となる。

1) 流域別下水道整備総合計画調査指針と解説 ，平成 20 年 9 月，国土交通省，(社)日本下水道協会.

第 13 章　湖沼・ダム貯水池の環境調査

目　次

第 1 節　総説 1
第 2 節　湖沼・ダム貯水池の物理環境調査 1
　2．1　水位 1
　2．2　流出入水量 2
　2．3　滞留時間 3
　2．4　湖沼・ダム貯水池形状 5
　2．5　光環境 6
　2．6　水温 7
　2．7　塩分 7
　2．8　流動 8
　2．9　気象・海象 9
第 3 節　湖沼・ダム貯水池の水質特性調査 9
　3．1　総説 9
　3．2　湖沼・ダム貯水池の水質調査 9
第 4 節　湖沼における生物調査 10
第 5 節　ダム貯水池における生物調査等 10
　5．1　総説 10
　5．2　ダム貯水池における魚類調査 10
　5．3　ダム貯水池における底生動物調査 11
　5．4　ダム貯水池における動植物プランクトン調査 13
　5．5　ダム貯水池における植物調査 15
　5．6　ダム貯水池における鳥類調査 17
　5．7　ダム貯水池における両生類・爬虫類・哺乳類調査 18
　5．8　ダム貯水池における陸上昆虫類等調査 20
　5．9　ダム貯水池周辺における利用実態調査 21
　5．10　ダム湖環境基図作成調査 22

平成 26 年 4 月　版

第13章　湖沼・ダム貯水池の環境調査

第1節　　総説

＜考え方＞

本章は、湖沼及びダム貯水池における環境調査を実施するに当たって必要な技術的事項を定めるものである。湖沼・ダム貯水池のような水域は、通常、流速が小さい、富栄養化しやすいなどの特徴を有し、一般的な河川とは異なる水理・水質状況を呈しているため、その環境調査を行う際には、河川とは異なった留意点がある。このため本章では、湖沼やダム貯水池環境の特徴を概説するとともに、調査対象とする湖沼やダム貯水池の環境特性を調査するための方法について述べる。

湖沼・ダム貯水池の環境は、湖の成り立ち、気象条件・水文条件等の自然的要因、流域の社会活動、動植物の生息・生育状況等、様々な要因により形作られており、それぞれ独自の特性を持っている。また、湖沼の中においても物理的・化学的な状況は一様ではなく、それに応じて水利用や動植物の生息・生育状況が異なっている。

したがって、湖沼・ダム貯水池の環境調査に当たっては、各々の湖沼・ダム貯水池の自然的・社会的な全体像を、流域を含めて把握することが重要である。

＜参考となる資料＞

湖沼及びダム貯水池における環境調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1)　湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
2)　西条八束，三田村緒佐武：新編 湖沼調査法，講談社サイエンティフィク，1995.

第2節　　湖沼・ダム貯水池の物理環境調査

2．1　　水位

＜考え方＞

湖沼・ダム貯水池の水環境に関する最も基本的な情報である水位（湖水位、ダム貯水位）は、湖沼やダム貯水池に貯留されている水量や、流入水量、流出水量の正確な把握に必要な物理量である。このため、湖沼・ダム貯水池管理の一環として常時計測する必要がある。

＜標　準＞

水位については、以下に示す手法で調査することを標準とする。

水位計測技術には以下のような方式があり、適切なものを利用する。いずれの場合においても、定期的な水準測量により、水準基標の標高を明らかにしておく必要がある。また、水位は湖心部だけでなく、管理上重要となる地点等の複数の地点で常時計測を行うことが重要である。これは、風向風速や流入水量の変化が地形とあいまって規定している湖水位の平面的な分布の変動特性を的確に把握するためであり、特に大きな湖沼・ダム貯水池の管理においては重要である。

1）接触タイプ
- 水位標（量水標）式
- フロート式
- リードスイッチ式（フロート式の一種）
- 気泡式
- 水圧式

2）非接触タイプ
- 超音波式

・　レーザー式

可搬型では、水圧式が一般的に利用されている。

＜参考となる資料＞

湖沼やダム貯水池において水位調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省河川局監修，(独)土木研究所編著：平成 14 年度版水文観測，(社)全国建設技術協会，2002.

2)　湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.

2. 2　流出入水量

＜考え方＞

湖沼・ダム貯水池から流出する、あるいは流入する水量を算定できれば、湖水位や貯水位変化と比較することで、湖沼・ダム貯水池における水収支を算定することができる。また、次項に挙げる滞留時間の算定が可能になる。ただし、湖沼・ダム貯水池の流出入水量の計測は、流入河川が多い場合や、地下水の影響が強い場合等、容易ではないことが多い。湖沼においては、流入量を計測できる流入河川に限りがある場合でも、流出河川は一本であることが多いので、流出量は比較的正確に計測しやすい。また、ダム貯水池においては、放流や取水はゲートやバルブを通して行われるため、流出量は正確に把握しやすい。このため、多くの場合、流入量は、水位変動と流出量変化を比較し、水収支から算定することができる。

＜標　準＞

流出入水量については、以下に示す手法で調査することを標準とする。

流量計測技術には以下のような方式がある。これらの中から、適切なものを選択し、湖沼管理、ダム貯水池管理の一環として常時計測する必要がある。

・　可搬式流速計方式
・　浮子方式（主に洪水時）
・　越流堰方式
・　水位変化換算方式（ダム貯水池の流入量の推計）
・　超音波流速計方式（非接触タイプ）
・　電磁流速計方式
・　水圧式水深流速計方式
・　流速プロファイラー（ADCP）方式

潮汐の影響を受けて、海水が浸入する汽水湖においては、水位から流量を推定することが困難であるため、河道断面における流速分布を計測して、水収支を測定する。水平方向に信号を発射する H-ADCP により流速分布を計測する方法が近年開発されている。

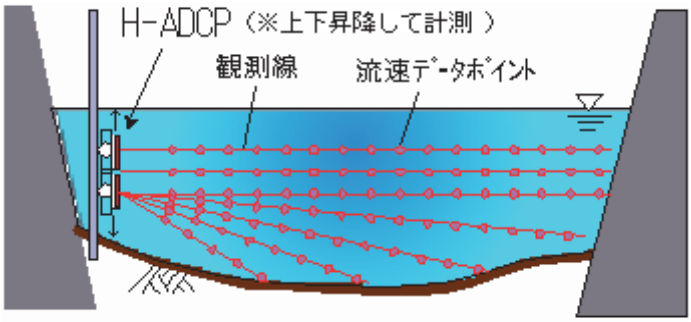


図13-2-1　H-ADCP による断面流速分布測定イメージ

出典：湖沼技術研究会，湖沼における水理･水質管理の技術，pp. 2-11，2007. 3 に加筆

＜参考となる資料＞

湖沼やダム貯水池において流出入水量の調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省河川局監修，(独)土木研究所編著：平成 14 年度版水文観測，(社)全国建設技術協会，2002.

2)　湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.

2. 3　　滞留時間

＜考え方＞

湖沼やダム貯水池の存在は河川水の流下を遅らせる。湖沼やダム貯水池に流入した河川水は、その中に滞留した後に流出する。この過程に費やされる時間を滞留時間と呼ぶ。滞留時間は、変動する河川流量やその時々の湖水容量（水位により変化する）により変化する。平均滞留時間は基本的に、湖沼・ダム貯水池の容積を平均流入量で除することで求められる。滞留時間の長短は、流入水質の変化に対して湖水・ダム貯水池水の反応が起こるまでの時間差や植物プランクトンの発生状況に影響するため、滞留時間は非常に重要な変数である。表 13-2-1 に示されるように、一般的にダム貯水池は、湖沼よりも滞留時間が短く、その水質は流入水質により大きく影響を受ける。滞留時間が数日といったダム貯水池では、植物プランクトンが増殖するのに十分な時間がなく、大量増殖が起こらないのに対して、滞留時間が長くなるにつれて、十分な栄養塩があれば植物プランクトンの大量増殖が起こり得る。

また、ダム貯水池は、河川が湿地帯や沿岸の遷移領域を経ずに直接流入するため、流入水の影響を大きく受ける。このことは、非定常的でパルス状の栄養塩及び土砂負荷を受けることとなり、栄養塩濃度の変化特性が自然湖沼と異なる。また、水中の光環境が自然湖沼と異なることと併せて、生態系に複雑な影響を与える。特に出水時のダム貯水池環境の変化は急激であり、ダム貯水池は、一般的に非常に動的な湖沼とも見ることができる。このためダム貯水池の物理的特徴、生態系特性は湖沼と河川の中間に位置するものと考えることができ、滞留時間の違いにより湖沼、河川の特性にどの程度近いかが判別される（図 13-2-2）。

表13-2-1　生態系に関連する特性についての湖沼とダム貯水池との比較

特性	ダム貯水池	自然湖沼
水位変動	大、不定期	小、安定
水温成層	変化大、不定期、放流口位置の影響大	自然な変化、年1度か2度完全混合
流入	河川の支流から流入、密度流を形成、多くは旧河道に沿う流れ	比較的小さな支流から流入、拡散して流入
流出（放流）	水利用に応じて変動大、放流（取水）施設に応じて異なる層から放流	比較的一定、表層流出
滞留時間	短い、変動大	長い、比較的一定
土砂流入	大	小、安定
堆砂	流入端で多く、下流で減少、変動大	分布は限定的で少ない、変動小
水中懸濁物	高、変動大、粘土、シルトの割合高く濁度は高い	低、濁度も低い
栄養塩負荷	一般的に自然湖沼より大、変動大、予測困難	変動するが、予測がある程度可能、湿地帯や沿岸の遷移領域で緩和されることがある
形状	複雑な周囲形状	単純な周囲形状
流域面積	貯水池面積に比較して大	湖面積に比較して小
沿岸域、湿地帯	不規則、水位変動により制限される	栄養塩、有機物負荷の調節に重要な役割
植物プランクトン	水平的変化が大、上流から下流にかけて容積的一次生産は減少、面的一次生産は比較的一様。制約条件は光及び無機態栄養塩。	鉛直方向及び季節的な変化が強く、平面的変化は少ない。制約条件は光及び無機態栄養塩。
従属栄養細菌	沖合型で粒子に付随するものと河川流入域では底生のものが優占。	ほとんどの湖沼で底生及び沿岸型、湿地型のものが優占。
動物プランクトン	河川から貯水池への遷移領域で最大量になるのが一般的。水平方向の不規則性大。	鉛直方向及び季節的な変化が強く、平面的変化は少ない。植物プランクトンが主な食物源。
底生動物	多様性は低く、生産性は低から中。湛水初期は湛水した陸生植物の存在のため生産性大。	多様性、生産性共に中から高。
魚類	温水性の種が卓越する（種の相違は初期存在量）。生産量は当初（5～20年）は高いが、やがて減少する。山岳地帯の貯水池では温水、冷水性の種の2階建ての水産が可能。	温水・冷水性種から構成される。産卵、ふ化、生存率高く、生産性は中。
生物群集の関係	低多様性。生態的地位は広い。増殖戦略は(r)で急速。移入、消滅の過程は急速。湛水後すぐは生産性が高いが、徐々に減少する。	高多様性。生態的地位はやや狭く特化される。増殖戦略は(K)で変化するが比較的平衡的。移入、消滅の過程は遅い。生産性は低から中で比較的定常。
生態系遷移速度	湖沼に類似であるが、貯水池や流域での人為的変更により加速、変更させられる。	貯水池に類似であるが、ずっと緩慢である。

出典：土木学会：環境工学公式・モデル・数値集，p.366，2004.6.

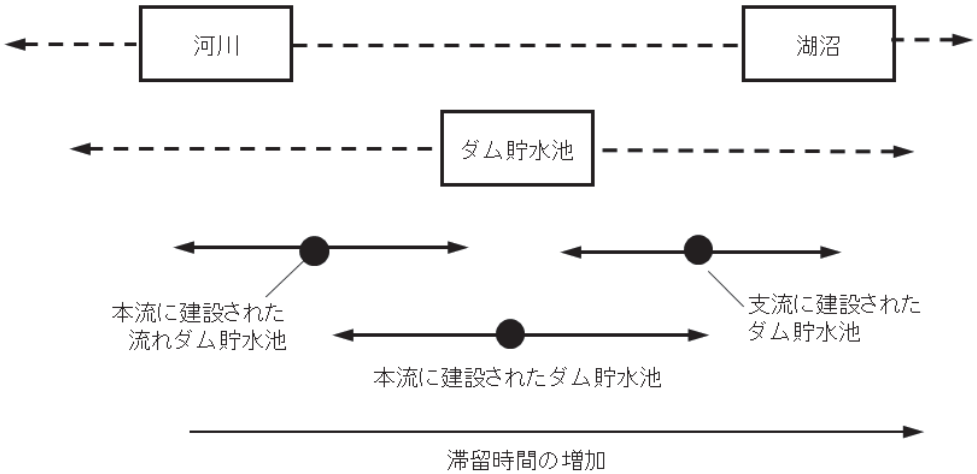


図13-2-2　河川、ダム貯水池、湖沼の特性と滞留時間との関係

出典：土木学会：環境工学公式・モデル・数値集，p.367，2004.6.を加工

＜参考となる資料＞

湖沼やダム貯水池において水の滞留時間調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1) Wetzel, R. G.：Reservoir Ecosystems: Conclusions and Speculations, in Thornton K. W., B. L. Kimmel and F. E. Payne (Eds.) Reservoir Limnology, John Wiley & Sons, New York, 1990.

2) USEPA：The Lake and Reservoir Restoration Guidance Manual, EPA-440/4-90-006, 1990.

2. 4　湖沼・ダム貯水池形状

＜考え方＞

湖沼やダム貯水池形状の把握は、滞留時間の算定に必要であることをはじめとして、生物の棲み場としての湖沼・ダム貯水池環境の把握のためにも重要である。湖沼・ダム貯水池は大きく分けて２つの領域に分類される（図 13-2-3）。沿岸帯は、岸において波の影響を受ける部分から夏季においても混合した温かい表層（混合層）が底部まで到達する深さまでの範囲を指し、その沖に広がる、表層水が岸や湖底と接触しない領域を沖帯と呼ぶ。沿岸帯に生息する生物は強い波に耐えるものでなくてはならず、多くは岩や植物に強固に付着している。過度の光、波、また岩や移動しやすい砂は植物の付着を妨げるが、沿岸帯では動植物が多く存在することがしばしばある。沖帯に生息する生物は遊泳するか浮遊し、これらの能力がない場合底部に沈降してしまう。ダム貯水池は、沿岸帯と見られる領域が小さい場合が多い。

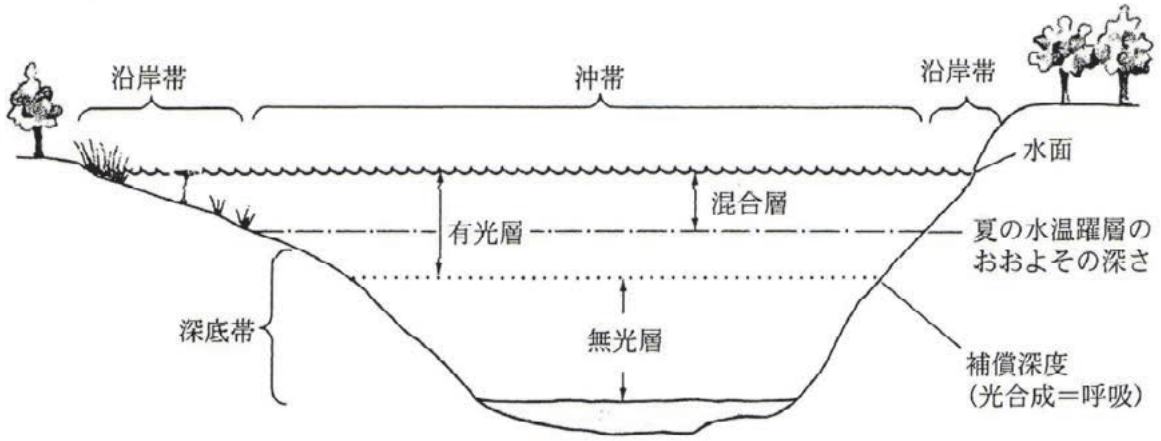


図13-2-3　湖沼の領域区分

出典：Horne.A.J, C.R.Goldman（手塚泰彦訳）:陸水学, 京都大学学術出版会, p.21, 1999.を加工

＜標　準＞

湖沼・ダム貯水池形状については、以下に示す手法で調査することを標準とする。

１）湖岸線の調査については、河川に関する測量方法に準ずるものとする。

２）湖沼の水深分布は、深浅測量により求めるものとする。
水深測定の方法は、船上からレッドを投下することで求めることが可能であるが、より詳細かつ高精度の測定が期待できるナローマルチビームなどの音響測深機と GPS の組合せによる測定を適宜実施する。

＜参考となる資料＞

湖沼やダム貯水池において貯水地形状調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1) Horne, A. J., C. R. Goldman（手塚泰彦訳）: 陸水学, 京都大学学術出版会, 1999.

2．5　光環境

＜考え方＞

水面を照らす太陽光は、水中で深部に進むにつれて減衰する。照度が最表層部の１％になる部分より浅い部分を有光層と呼ぶ。この層では日中は、植物の光合成による酸素生産が消費を上回ることで溶存酸素濃度が増加し、夜間は低下するという変化が見られる場合が多い。有光層の深さは補償深度と呼び、１日の光合成量と呼吸量が等しくなる深さとなる。補償深度は透明度の 2～2.5 倍の深さである。通常は沿岸帯の全てと沖帯の表層が有光層となる。有光層より下部は無光層であり、この部分は底層あるいは深層とも呼ばれる（図 13-2-4）。

湖沼・ダム貯水池における光環境は、植物プランクトンの生産性を規定する重要な因子である。補償深度が、透明度の 2～2.5 倍の深さとなる特性に基づいて、透明度を利用することで、湖沼・ダム貯水池の生産・呼吸といった代謝の状況を推定することができる。

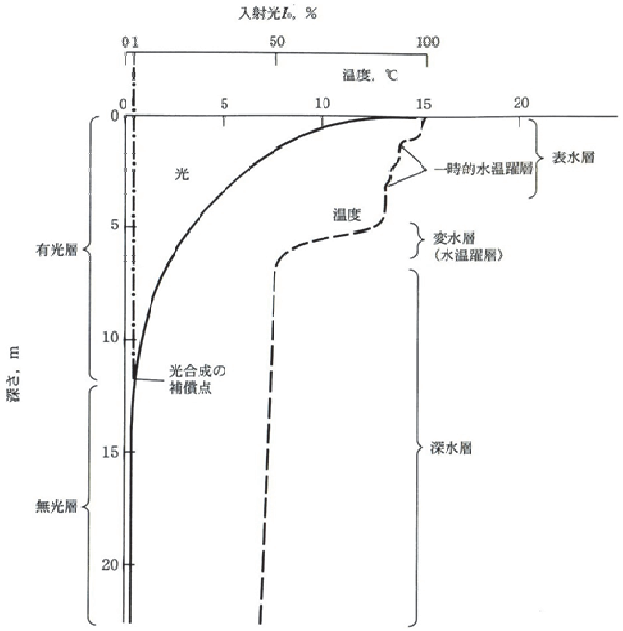


図13-2-4　湖沼における光及び水温の鉛直分布状況

出典：1）Horne.A.J，C.R.Goldman（手塚泰彦訳）:陸水学，京都大学学術出版会，p.22，1999.

＜標　準＞

水中の光環境については、以下に示す手法で調査することを標準とする。

1）透明度とは、直径 30cm の白色円板（透明度板。セッキー円盤ともいう。）を水中に沈め、肉眼により水面から識別できる限界の深さで、単位は m（メートル）。測定に当たっては、船上から透明度板におもりをつけて水中に沈め、見えなくなった深さとつり上げて再び見えだした深さを測定する。

2）湖沼・ダム貯水池の光環境の鉛直分布は、太陽高度の高い昼間の時間帯に、船上から水中光量子計や水中照度計を水中に鉛直に沈めて測定する。

＜参考となる資料＞

水中の光環境調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1） Horne，A. J.，C. R. Goldman（手塚泰彦訳）：陸水学，京都大学学術出版会，1999.

2) 西条八束，三田村緒佐武：新編 湖沼調査法，講談社サイエンティフィク，1995.

2. 6 水温

＜考え方＞

水の密度は水温により変化することから、種々の熱移動に伴う水温変化は、密度変化を通して湖沼・ダム貯水池の流動に大きく影響を及ぼす。水温が密度を規定することから、湖沼・ダム貯水池においては、水温変化は通常、鉛直方向に卓越しており、水平方向には変化がほとんど見られない。

春から秋にかけての期間は、湖沼・ダム貯水池の水温は鉛直方向に変化する（水温成層）。上部の温かい水が存在する部分は表水層（表層）、中間の水温変化の大きい層を変温層・水温躍層（あるいは中間層）、それより深い部分を深水層（底層）と呼び、３つに分類される（図 13-2-4）。気温が低下する晩秋には水温成層が消滅し、ほとんどの湖沼・ダム貯水池では水温が一様になる。寒冷地では冬季に表水層が凍結し、表層水温が低い水温成層が形成されることもある。この成層は、春に混合され、その後再度水温成層が形成される。ダム貯水池では、底部や中間部に放流口が存在することがあり、これら放流口から放流がある場合、この放流口標高付近に水温が大きく変化する層（水温躍層）が形成されることがあり、これはダム貯水池特有の水温分布である。

＜標　準＞

水温については、以下に示す手法で調査することを標準とする。

１）十分長いケーブルを有するポータブル水温計を船上から水中に投入し、水深ごとの水温を測定する。

２）湖沼・ダム貯水池の水温構造の詳細を調査する際には、データロガー付き水温計を複数個ケーブルに取り付けたサーミスタチェーンをブイ等に固定することで、水温の連続観測を実施する。

＜参考となる資料＞

水温の調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
2) 西条八束，三田村緒佐武：新編 湖沼調査法，講談社サイエンティフィク，1995.

2. 7 塩分

＜考え方＞

湖沼の中には、海水が浸入する汽水湖が存在する。水の密度は水温により変化することを既に述べたが、塩分濃度によっても大きく変化する。このため、汽水湖の多くは密度の大きい塩水が、淡水の下に浸入する塩分成層を形成していることが多い。海水との交換量が余り大きくない汽水湖や、海洋側の流出口の最深河床標高よりも最深部標高が低い汽水湖において、一旦塩分成層が形成されると、底層の高塩分水塊は、その密度の大きさから、表層水と混ざりにくくなるため、底層における貧酸素化、それに伴う底質からの金属類等の溶出といった問題が生じやすくなる。

このように特に汽水湖においては、塩分は水温と同様に湖沼の水塊構造を規定する重要な因子であり、このような湖沼における環境保全を行う上で、調査による把握が必要な項目である。

＜標　準＞

塩分については、以下に示す手法で調査することを標準とする。

1）十分長いケーブルを有するポータブル塩分計を船上から水中に投入し、水深ごとの塩分を測定する。塩分、水温、水深を同時に計測する CTD 計や多項目水質計（水温、濁度、電気伝導度、pH、溶存酸素濃度などを同時に計測する）を利用すれば、同じ水深の多項目の水質を一度に計測できるため、適宜利用する。
2）湖沼の塩分分布の詳細を調査する際には、データロガー付き塩分計を複数個ケーブルに取り付けたチェーンをブイなどに固定することで、塩分の連続観測を実施する。

＜参考となる資料＞

水中の塩分調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.
2) 西条八束，三田村緒佐武：新編 湖沼調査法，講談社サイエンティフィク，1995.

2．8　流動

＜考え方＞

湖沼・ダム貯水池における基本的な流動現象には、流出入による流れ、風による吹送流、風が止まった後の表面静振や内部静振、風に伴う水面や内部境界面の強制波動、水温差や汽水湖の塩分濃度差に伴う密度流、内部波、環流（湖流）などがある。

湖水を流動させる要因としては、風、河川の流出入や海水の入退、熱、引力(重力)、気圧等が挙げられ、これらが湖盆形状・湖面積・水深・コリオリ力などの流動を制御する因子との組合せにより様々な流れを形成し、水質や生態系に影響を及ぼす。

湖沼・ダム貯水池における流動は、水質変化に強く影響するなど水環境に強い影響を及ぼすため、現地調査による把握が必要になる場合が多いが、重力の河床勾配成分が駆動する通常の河川とは、流動の駆動力が異なることから、流動測定と同時に風向・風速や水温・塩分分布等、想定される駆動力そのもののデータも同時に取得することが必要である。

＜標　準＞

流動については、以下に示す手法で調査することを標準とする。

湖流や吹送流など湖水の広範囲の流動を把握する方法には、定点での直接観測と漂流物を投入して追跡する観測法があるので、適用性の高い手法を用いて測定を行う。

1）直接観測による測定は、湖流や環流等の存在が考えられる水域において、水深や成層構造等を考慮し、層別（表層、中層等）に流向流速計（電磁式、超音波式等）を設置し、連続計測を行う。あるいは、湖底に ADCP を設置し、湖面方向に音波ビームを発信し、鉛直方向の流向流速分布を連続計測する。
2）追跡観測による測定は、浮子やブイ等の漂流経路を追跡し、その漂流経路データから恒常的な流れの有無を確認することで、流動場を解析する。多数の浮子やブイを調査水域に投入し、それらの時々刻々の位置をアドバルーンや気球などにビデオカメラを吊り下げて映像として位置を計測する方法、ＧＰＳやトランスポンダ（音響発信浮子）とハイドロフォン（音響受信器）を利用して位置を計測する方法等がある。

＜参考となる資料＞

湖沼やダム貯水池における流動調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.

2. 9　気象・海象

＜考え方＞

前項で述べたように、湖水を流動させる要因としては、風、河川の流出入や海水の入退、熱、引力(重力)、気圧等が挙げられる。このため、湖沼・ダム貯水池近傍の気象情報や汽水湖においては海象を把握する必要がある。

＜標　準＞

気象・海象については、以下に示す手法で調査することを標準とする。

1）気象データに関しては、近傍の気象観測地点における観測値を入手する。流動や水質解析に必要な気象観測項目は、気温、日射量、降水量、雲量、風向・風速、湿度、気圧が挙げられる。気象庁から地上気象観測資料、地域気象観測（アメダス）資料が入手可能であるので、これらを利用する。風向・風速など湖沼・ダム貯水池のごく近傍のデータが必要な場合は、計器を設置して測定を行う。風向・風速の測定においては、最寄りの建物や樹木からその高さの 10 倍以上の距離をおいて設置する。また、設置する高さにより風速が変化するため、設置高さを記録する。

2）海象に関しては、潮位データが必要になることがある。気象庁、海上保安庁、港湾局、国土地理院、自治体等が設けた験潮所が近傍に存在する場合は、これらの測定データを入手する。汽水湖内の水位については、本節の 2.1 によるものとする。

第3節　湖沼・ダム貯水池の水質特性調査

3. 1　総説

＜考え方＞

本節は、湖沼やダム貯水池において水質保全・対策やその予測のための調査を実施するに当たって必要な技術的事項を定めるものである。

3. 2　湖沼・ダム貯水池の水質調査

＜考え方＞

湖沼・ダム貯水池のような閉鎖性水域における水質調査については、12 章の水質・底質調査によるものとする。

なお、ダム貯水池の水質調査においては、これが人為的に建設された環境であるため、ダム貯水池が建設されたことによる水質変化を把握するという意識を持つことが必要である。特に、水温変化現象、濁水長期化現象、富栄養化現象、ダム貯水池内の溶存酸素量の減少により生活環境や水利用に影響を及ぼす可能性がある場合は、このような現象を予測し対策案を立案することを目的として行う。

植物プランクトンの大量増殖、成層に伴う貧酸素水塊の形成、異臭味、淡水赤潮、風による底質の巻き上げに伴う濁り等の諸現象が発生する湖沼・ダム貯水池においては、定期的な水質調査に加えて、これらの機構解明・対策のために、実態を把握するための調査を行う。

＜参考となる資料＞

湖沼やダム貯水池における水質調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1) 建設省河川局開発課監修：改訂ダム貯水池水質調査要領，(財)ダム水源地環境整備センター，1996.

2) 湖沼における水理・水質管理の技術，平成 19 年 3 月，湖沼技術研究会.

第4節　湖沼における生物調査

＜考え方＞

湖沼における生物調査は、第 11 章 河川環境調査 第 9 節 魚類調査、第 10 節 底生動物調査、第 7 節 植物調査、第 11 節 鳥類調査、第 12 節 両生類・爬虫類・哺乳類調査、第 13 節 陸上昆虫類等調査、及び 本章 第 5 節 ダム貯水池における生物調査 によるものとする。

第5節　ダム貯水池における生物調査等

5．1　総説

＜考え方＞

ダム貯水池における生物調査として広く行われているものに『河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】』がある。この中で、魚類調査、底生動物調査、動植物プランクトン調査、植物調査（植物相調査）、鳥類調査、両生類・爬虫類・哺乳類調査、陸上昆虫類調査の 7 項目の生物調査を行っている。また、同調査の中の「ダム湖環境基図作成調査」では、陸域（植生図作成）調査を行う過程においても、植物分布調査、群落組成調査により植物の調査が行われている。加えて、ダム貯水池においては広く「ダム湖利用実態調査」が実施されている。

＜関連通知等＞

1) 平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】，平成 24 年 3 月一部改訂，国土交通省水管理・国土保全局河川環境課.

2) 平成 21 年度版河川水辺の国勢調査【ダム湖版】ダム湖利用実態調査〈第 7 回〉調査マニュアル，国土交通省河川局河川環境課.

5．2　ダム貯水池における魚類調査

＜標　準＞

1）調査目的

本調査は、魚類の良好な生息環境の保全を念頭においた適切なダム管理に資するため、ダム貯水池及びその周辺における管理上の課題抽出やダムによる自然環境への影響の分析・評価に活用されることを考慮し、ダム湖及びその周辺における魚類の生息状況を把握することを目的として実施するものである。

2）調査対象

本調査では、魚類を調査対象とする。

3）調査区域

本調査では、ダム貯水池、流入河川、下流河川及びその他（環境創出箇所）を調査区域とする。

4）調査内容

本調査では、現地調査を中心に文献調査、聞き取り調査も行う。現地調査は、投網、刺網、

タモ網等による捕獲を実施する。また、調査の目的や対象によっては、回遊性魚類の遡上・降河に関する調査、産卵場調査や河川の縦断的連続性の調査も併せて行う。

5）調査手順

本調査の手順は以下に示すとおりである。

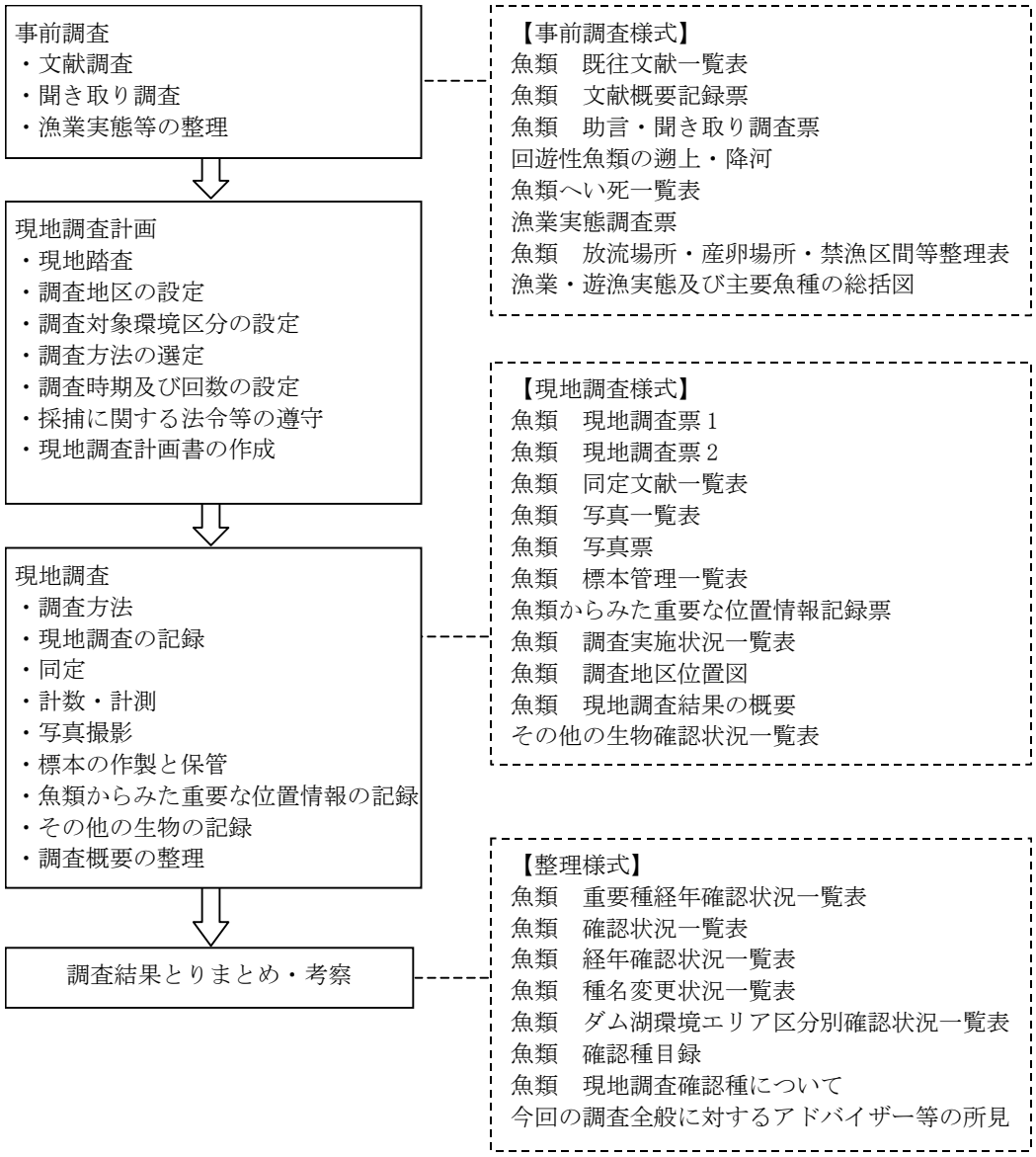


図13-5-1　ダム貯水池における魚類調査の手順

出典：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】（平成 24 年 3 月一部改訂）Ⅲ. 魚類調査編，pp. Ⅲ-2

＜関連通知等＞

1）平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】，平成 24 年 3 月一部改訂，国土交通省水管理・国土保全局河川環境課，Ⅲ. 魚類調査編.

5. 3　ダム貯水池における底生動物調査

＜標　準＞

1）調査目的

本調査は、底生動物の良好な生息環境の保全を念頭においた適切なダム管理に資するため、

ダム貯水池及びその周辺における管理上の課題抽出やダムによる自然環境への影響の分析・評価に活用されることを考慮し、ダム貯水池及びその周辺における底生動物の生息状況を把握することを目的として実施するものである。

２）調査対象

本調査では、水生昆虫を主体として、貝類、甲殻類、ヒル類等を調査対象とする。なお、具体的な対象分類群については「河川水辺の国勢調査のための生物リスト」によるものとする。

３）調査区域

本調査では、ダム貯水池及びダム貯水池周辺、流入河川、下流河川、その他（環境創出箇所）を調査区域とする。

４）調査内容

本調査では、定量採集、定性採集による現地調査を中心に文献調査、聞き取り調査も行う。

５）調査手順

本調査の手順は以下に示すとおりである。

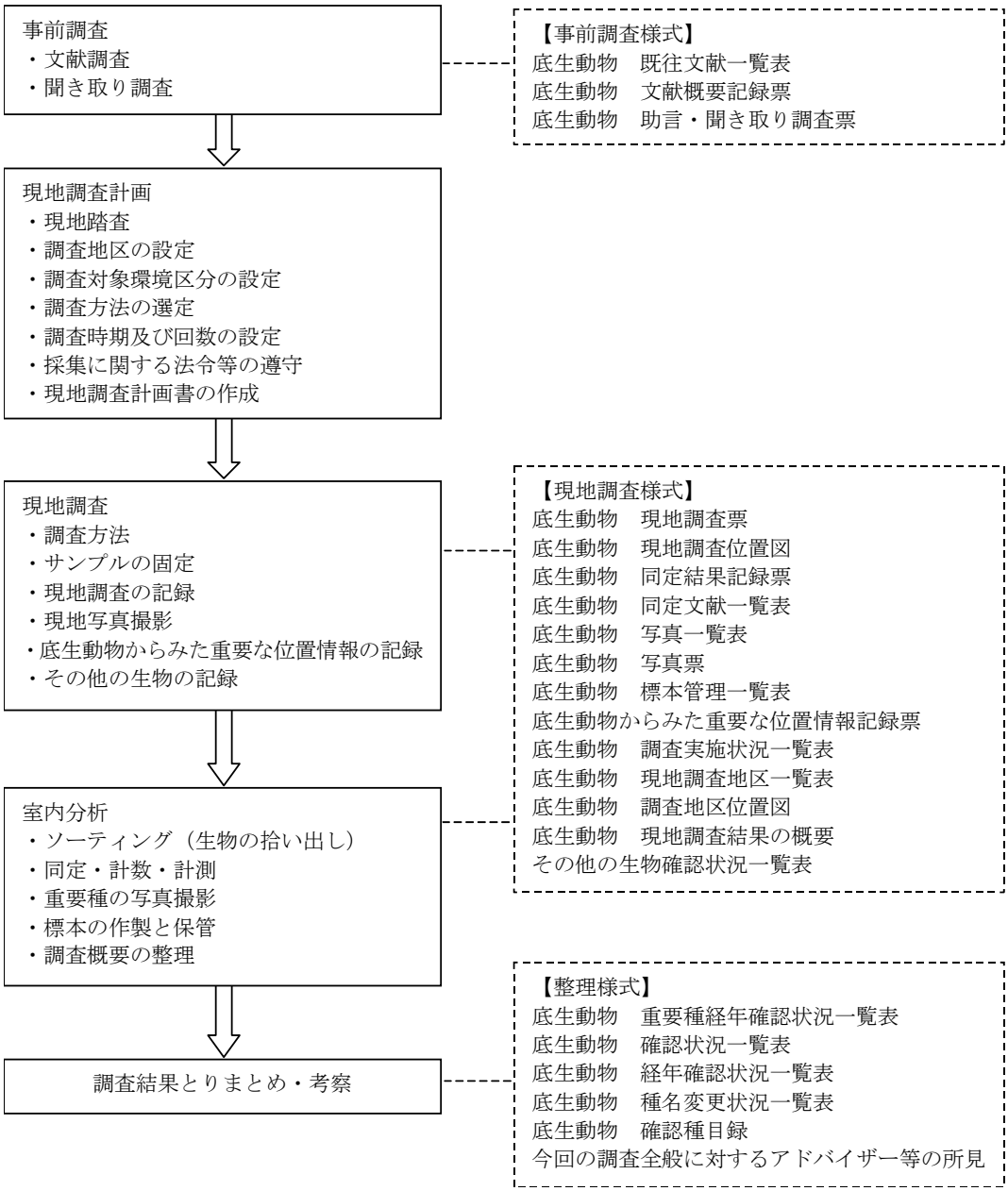


図13-5-2　ダム貯水池における底生調査の手順

出典:平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】(平成 24 年 3 月一部改訂) Ⅳ 底生動物調査編, pp. Ⅳ-2

＜関連通知等＞

1) 平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】, 平成 24 年 3 月一部改訂, 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課, Ⅳ. 底生動物調査編.

5. 4　ダム貯水池における動植物プランクトン調査

＜標　準＞

1）調査目的

本調査は、ダム貯水池内の水質・生態系の保全を念頭においた適切なダム管理に資するため、ダム貯水池における管理上の課題抽出やダムによる自然環境への影響の分析・評価に活用されることを考慮し、ダム貯水池における動植物プランクトンの生息・生育状況を把握することを目的として実施するものである。

２）調査対象

本調査では、植物プランクトン及び動物プランクトンを調査対象とする。なお、具体的な対象分類群については「河川水辺の国勢調査のための生物リスト」によるものとする。

３）調査区域

本調査では、ダム貯水池を調査区域とする。

４）調査内容

本調査では、採水法及びネット法による現地調査を中心に文献調査、聞き取り調査も行う。

５）調査時期及び頻度

当該ダムの特性・運用状況や季節により生息・生育状況が変化するので、必要に応じて適切な時期に調査時期を設定する。

原則として植物プランクトンについては１ 回/月、動物プランクトンについては四季、最低でも春の循環期と夏の停滞期に入って水温躍層が形成された時期の年２ 回は実施する。なお、動植物プランクトンの生息・生育環境を把握するため、水質調査と同時にサンプルを採取するものとする。

６）調査手順

本調査の手順は以下に示すとおりである。

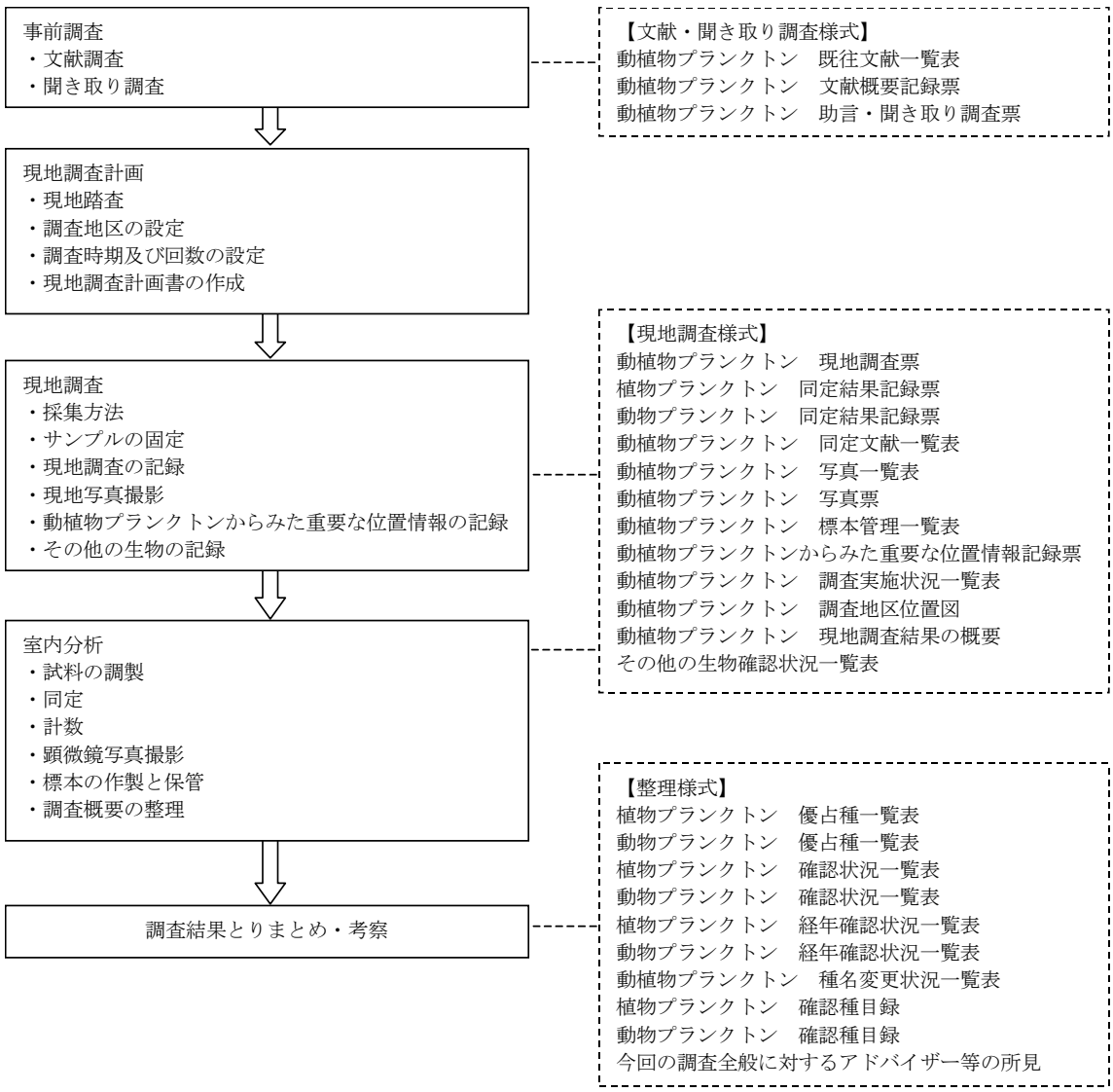


図13-5-3　ダム貯水池における動植物プランクトン調査の手順

出典：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】（平成 24 年 3 月一部改訂）Ⅴ動植物プランクトン調査編，pp. Ⅴ-2

＜関連通知等＞

1）　平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】，平成 24 年 3 月一部改訂，国土交通省水管理・国土保全局河川環境課，Ⅴ. 動植物プランクトン調査編.

5. 5　ダム貯水池における植物調査

＜標　準＞

1）調査目的

本調査は、植物の良好な生育環境の保全を念頭においた適切なダム管理に資するため、ダム貯水池及びその周辺における管理上の課題抽出やダムによる自然環境への影響の分析・評価に活用されることを考慮し、ダム貯水池及びその周辺における植物の生育状況を把握することを目的として実施するものである。

2）調査対象

本調査では、維管束植物（シダ植物及び種子植物）を調査対象とする。

３）調査区域

本調査では、ダム貯水池及びダム貯水池周辺、流入河川、下流河川、その他（地形改変箇所、環境創出箇所）を調査区域とする。

４）調査内容

本調査では、目視確認による現地調査を中心に文献調査、聞き取り調査も行う。なお、植生調査、群落組成調査については、本節 5.9 ダム湖環境基図作成調査 によるものとする。

５）調査手順

本調査の手順は以下に示すとおりである。

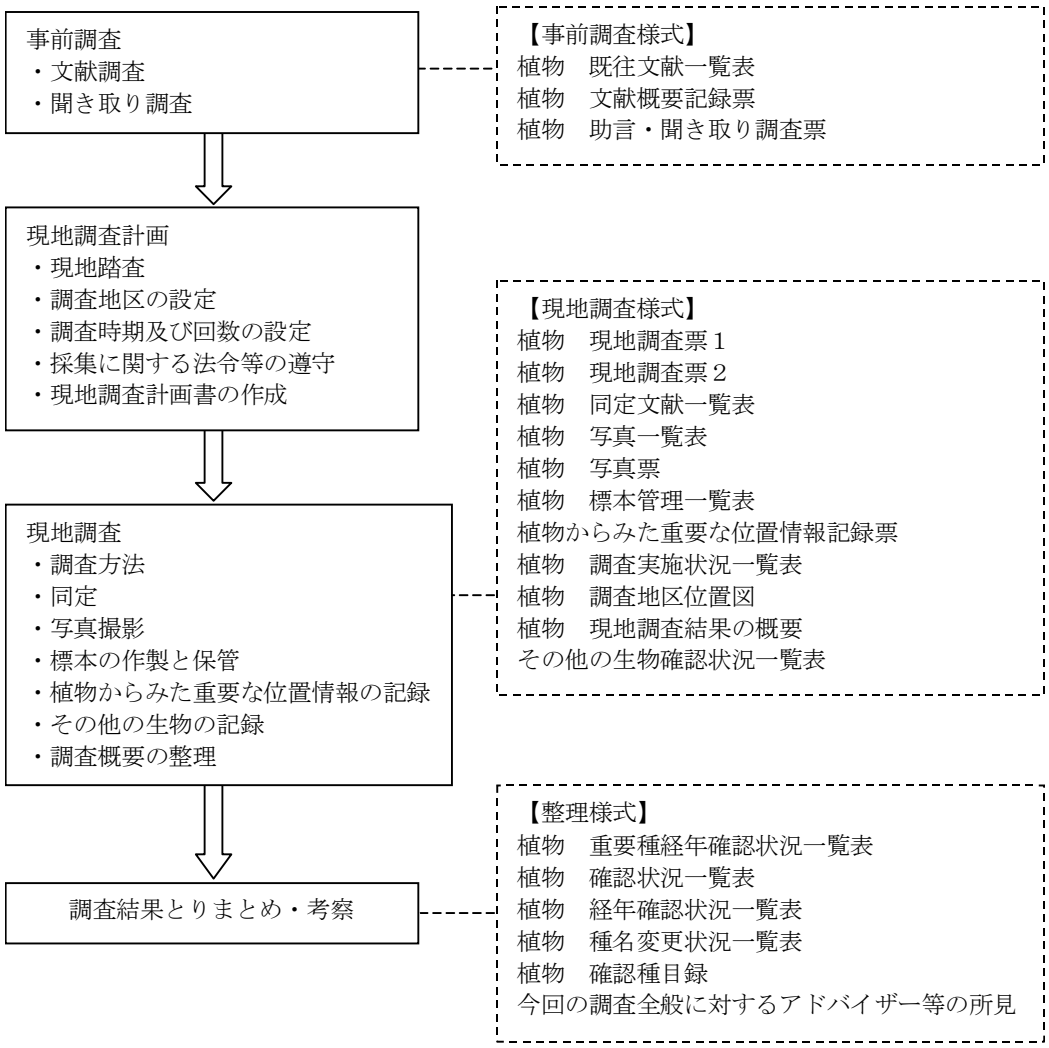


図13-5-4　ダム貯水池における植物調査の手順

出典:平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】(平成 24 年 3 月一部改訂) VI 植物調査編，pp. V-2

＜関連通知等＞

1)　平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】，平成 24 年 3 月一部改訂，国土交通省水管理・国土保全局河川環境課，VI. 植物調査編.

5．6　ダム貯水池における鳥類調査

＜標　準＞

１）調査目的

本調査は、鳥類の良好な生息環境の保全を念頭においた適切なダム管理に資するため、ダム貯水池及びその周辺における管理上の課題抽出やダムによる自然環境への影響の分析・評価に活用されることを考慮し、ダム貯水池及びその周辺における鳥類の生息状況を把握することを目的として実施するものである。

２）調査対象

本調査では、鳥類を調査対象とする。

３）調査区域

本調査では、ダム貯水池及びダム貯水池周辺、流入河川、下流河川、その他（地形改変箇所、環境創出箇所）を調査区域とする。

４）調査内容

本調査では、現地調査を中心に文献調査、聞き取り調査も行う。現地調査は、鳥類センサス調査（ラインセンサス法、定点センサス法、スポットセンサス法等）及び集団分布地調査を実施する。

５）調査手順

本調査の手順は以下に示すとおりである。

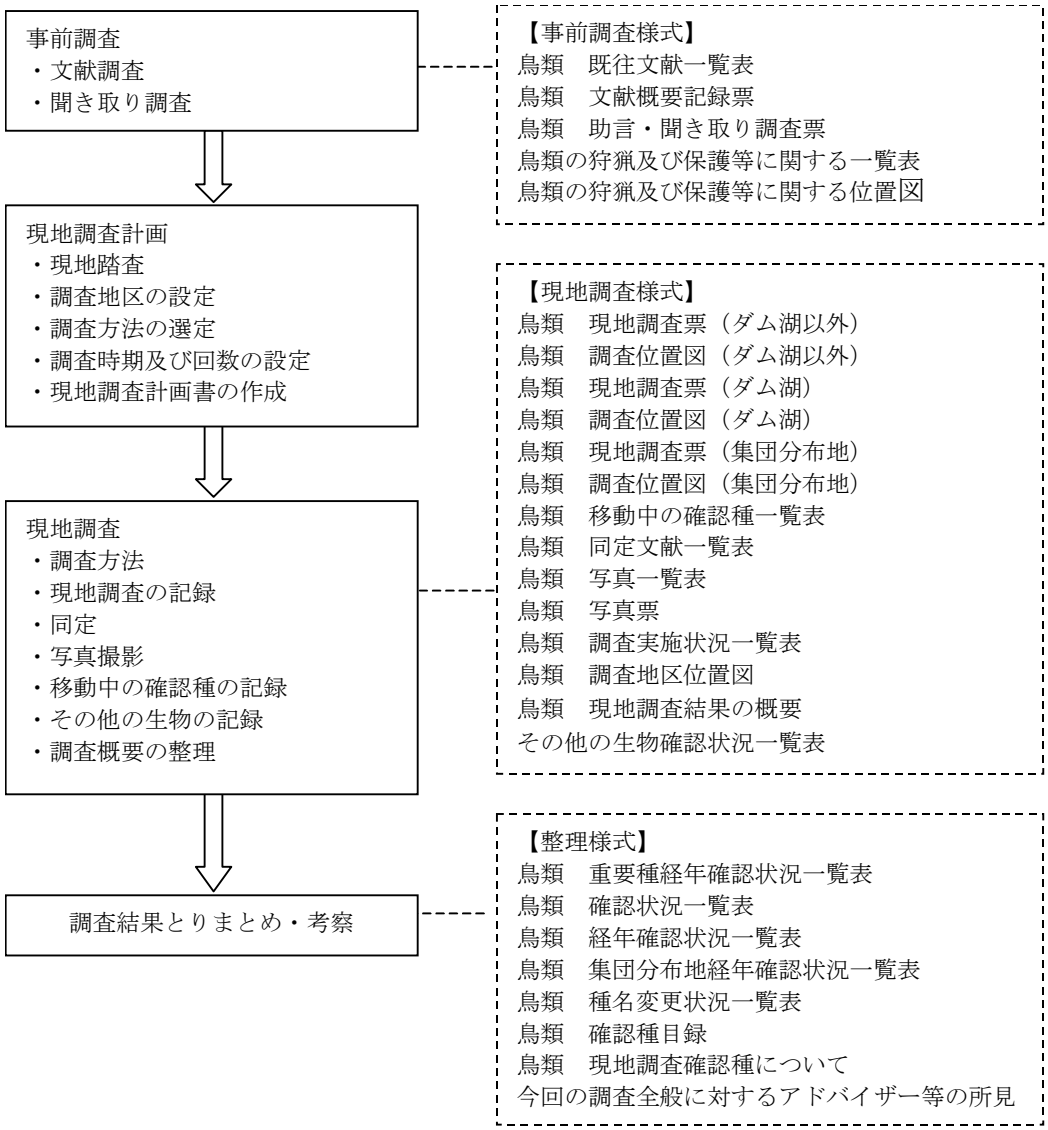


図13-5-5　ダム貯水池における鳥類調査の手順

出典:平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】(平成 24 年 3 月一部改訂) Ⅶ 鳥類調査編, pp. Ⅶ-2

＜関連通知等＞

1)　平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】, 平成 24 年 3 月一部改訂, 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課, Ⅶ. 鳥類調査編.

5. 7　ダム貯水池における両生類・爬虫類・哺乳類調査

＜標　準＞

1）調査目的

本調査は、両生類・爬虫類・哺乳類の良好な生息環境の保全を念頭においた適切なダム管理に資するため、ダム貯水池及びその周辺における管理上の課題抽出やダムによる自然環境への影響の分析・評価に活用されることを考慮し、ダム貯水池及びその周辺における両生類・爬虫類・哺乳類の生息状況を把握することを目的として実施するものである。

2）調査対象

本調査では、両生類・爬虫類・哺乳類を調査対象とする。なお、野生化したイヌ、ネコ等の家畜については調査対象とするが、明らかに飼育されているものについては調査対象としない。

３）調査区域

本調査では、ダム貯水池及びダム貯水池周辺、流入河川、下流河川、その他（地形改変箇所、環境創出箇所）を調査区域とする。

４）調査内容

本調査では、現地調査を中心に文献調査、聞き取り調査も行う。現地調査は、両生類・爬虫類については踏査による捕獲調査を基本とし、目撃法、トラップ法等により実施する。また、哺乳類については目撃法、フィールドサイン法、トラップ法等により実施する。

５）調査手順

本調査の手順は以下に示すとおりである。

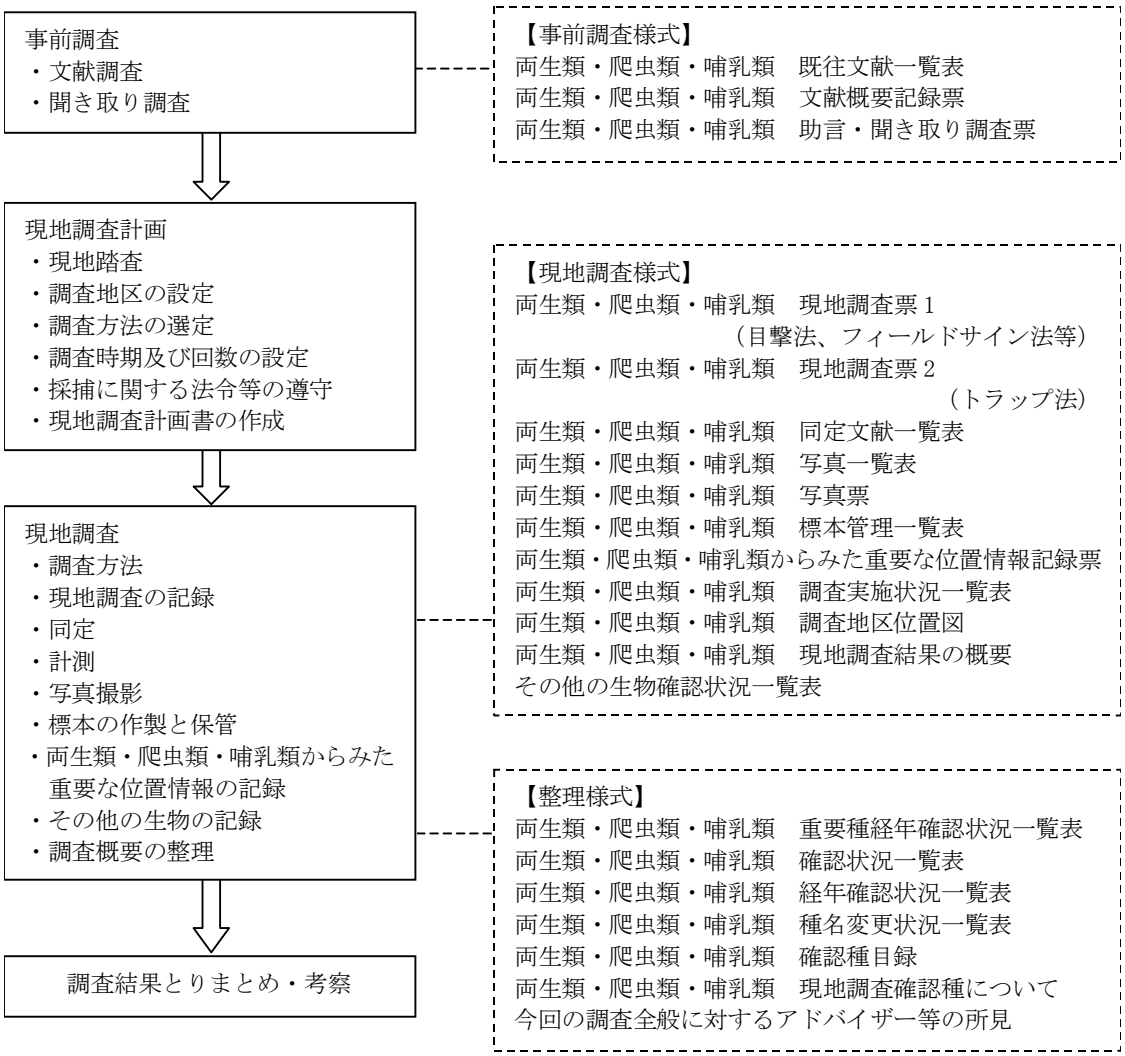


図13-5-6　ダム貯水池における両生類・爬虫類・哺乳類調査の手順

出典:平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】(平成 24 年 3 月一部改訂) Ⅷ 両生類・爬虫類・哺乳類調査編, pp. Ⅷ-2

＜関連通知等＞

1） 平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】，平成 24 年 3 月一部改訂，国土交通省水管理・国土保全局河川環境課，Ⅷ. 両生類・爬虫類・哺乳類調査編.

5. 8　ダム貯水池における陸上昆虫類等調査

＜標　準＞

１）調査目的

本調査は、陸上昆虫類等の良好な生息環境の保全を念頭においた適切なダム管理に資するため、ダム貯水池及びその周辺における管理上の課題抽出やダムによる自然環境への影響の分析・評価に活用されることを考慮し、ダム貯水池及びその周辺における陸上昆虫類等の生息状況を把握することを目的として実施するものである。

２）調査対象

本調査では、陸上昆虫類、クモ目を調査対象とする。

３）調査区域

本調査では、ダム貯水池及びダム貯水池周辺、流入河川、下流河川、その他（地形改変箇所、環境創出箇所）を調査区域とする。

４）調査内容

本調査では、現地調査を中心に文献調査、聞き取り調査も行う。現地調査は、任意採集法、ライトトラップ法、ピットフォールトラップ法等により実施する。

５）調査手順

本調査の手順は以下に示すとおりである。

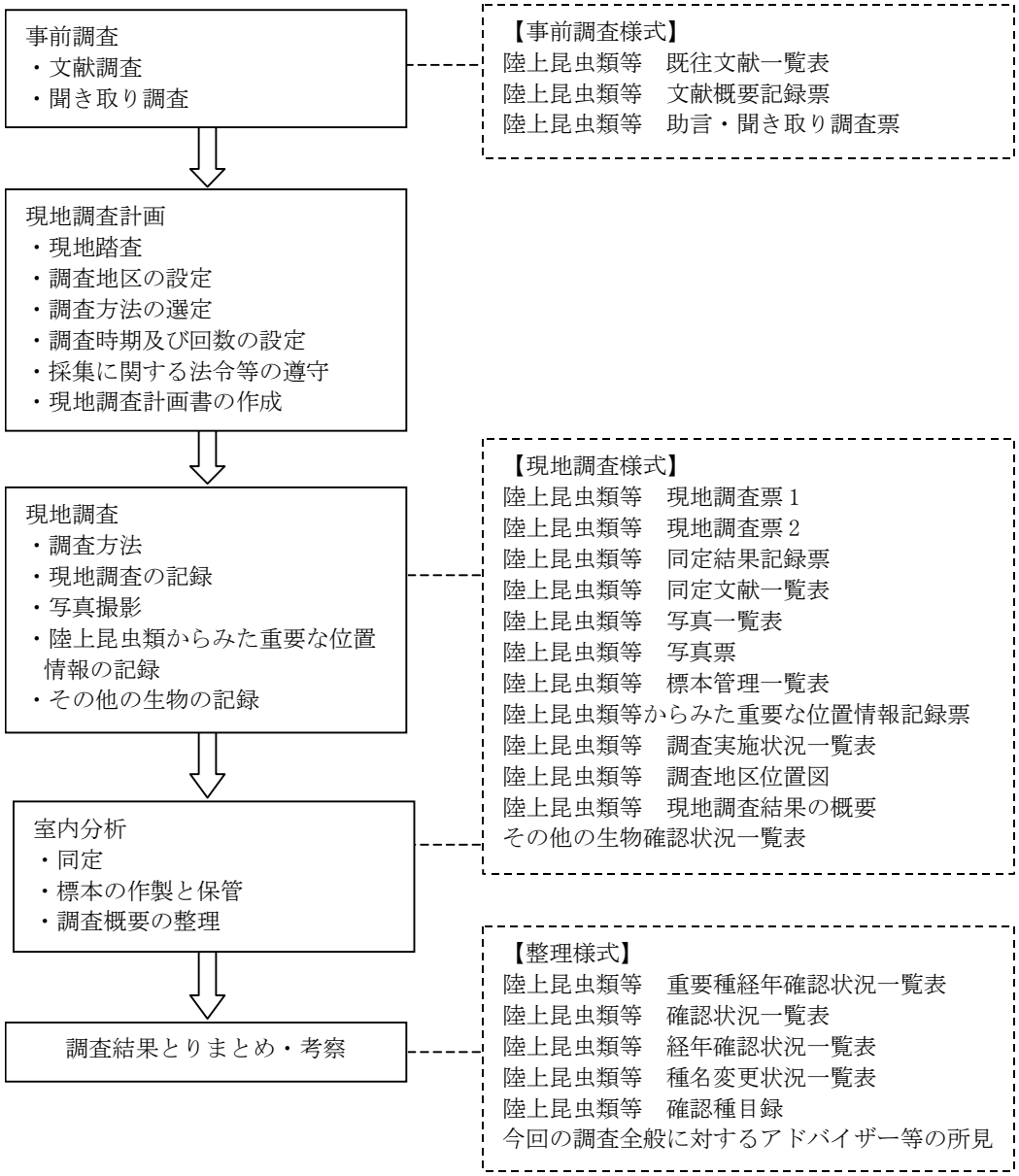


図13-5-7　ダム貯水池における陸上昆虫類等調査の手順

出典:平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】(平成 24 年 3 月一部改訂) IX 陸上昆虫類調査編, pp. IX-2

＜関連通知等＞

1)　平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】, 平成 24 年 3 月一部改訂, 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課, IX. 陸上昆虫類等調査編.

5. 9　ダム貯水池周辺における利用実態調査

＜標　準＞

1）調査目的

本調査は、ダム周辺整備計画等の検討に活用されることを考慮し、ダム堤体・ダム貯水池及びその周辺（以下、「ダム貯水池周辺」という。）における利用状況を把握することを目的として実施するものである。

2）調査対象

本調査では、ダム貯水池周辺の利用者を調査対象とする。

３）調査区域

本調査では、ダム貯水池周辺の河川区域内を調査対象区域とする。

ただし、河川区域外にあっても、隣接してダム貯水池と一体となった利用が図られている施設等がある場合は、これを含めた範囲を調査対象区域とする。

４）調査内容

本調査では、調査対象区域内の利用環境を踏まえ、調査対象区域を複数のエリアに分割するブロック区分を行った上で、利用者数調査や利用者からの聞き取り調査等を実施する。

本調査における調査項目を表 13-5-1 に示す。

表13-5-1 ダム貯水池における利用実態調査の調査項目

調査項目	目的
ブロック区分調査	調査対象ダム及び周辺環境整備に関する諸元と、利用者数カウント調査において用いたブロック設定及び利用環境の把握
利用者カウント調査	年間利用者数の推計に用いる基礎データ（サンプル日における利用者数）の収集
利用者アンケート調査	ダム湖の利用目的、感想等の把握及び年間利用者数の推計にあたっての基礎データの収集
イベント調査	ダム湖における利用者数の影響要因である各種イベントの開催状況及び参加人数の把握
施設利用者数調査	ダム湖周辺にある施設での日別利用者数の把握 （※利用者カウント調査での調査方法と、年間利用者数の推計方法の検証を行うためのデータとして活用します。）

出典：平成 21 年度版河川水辺の国勢調査【ダム湖版】ダム湖利用実態調査〈第 7 回〉調査マニュアル pp. 2

＜関連通知等＞

1） 平成 21 年度版河川水辺の国勢調査【ダム湖版】ダム湖利用実態調査〈第 7 回〉調査マニュアル，国土交通省河川局河川環境課.

5. 10 ダム湖環境基図作成調査

＜標　準＞

１）調査目的

本調査は、生物の良好な生息・生育環境の保全を念頭においた適切なダム管理に資するため、ダム貯水池及びその周辺における管理上の課題抽出やダムによる自然環境への影響の分析・評価に活用されることを考慮し、ダム貯水池その周辺における植生、河川環境、構造物等を把握することを目的として実施するものである。

ダム湖環境基図とは、植生図を基に、瀬・淵等の水域情報や水辺の生物生息環境の情報を加えた図で、ダム湖環境情報図の基図となるものであり、河川水辺の国勢調査の基本調査で行われる様々な生物調査の基盤としてのみでなく、ダム貯水池及びその周辺における生物生息環境の変化を捉える基礎資料となる。

２）調査対象

本調査では、植生、河川形態及び河川構造物を調査対象とする。

３）調査区域

本調査では、ダム貯水池及びダム貯水池周辺、流入河川、下流河川、その他（地形改変箇所、環境創出箇所）を調査区域とする。

４）調査内容

本調査では、現地調査を中心に文献調査、聞き取り調査も行う。植生調査については、空中写真等から判読した下図を用いて現地踏査により確認することを基本とし、新たに記録された植生については群落組成調査を実施する。また、河川調査については、河川形態、水辺の環境及び流入河川の状況を、構造物調査では、護岸や河川横断構造物の状況等を現地踏査により確認する。

なお、これまでに河川水辺の国勢調査が実施されたダムにおいては、前回調査以降の状況について、特に注意して把握し、前回調査以降、構造物の設置・改変を伴う工事がない場合は、前回の構造物情報をそのまま活用し、構造物調査(現地調査)を省略する。

５）調査手順

本調査の手順は以下に示すとおりである。

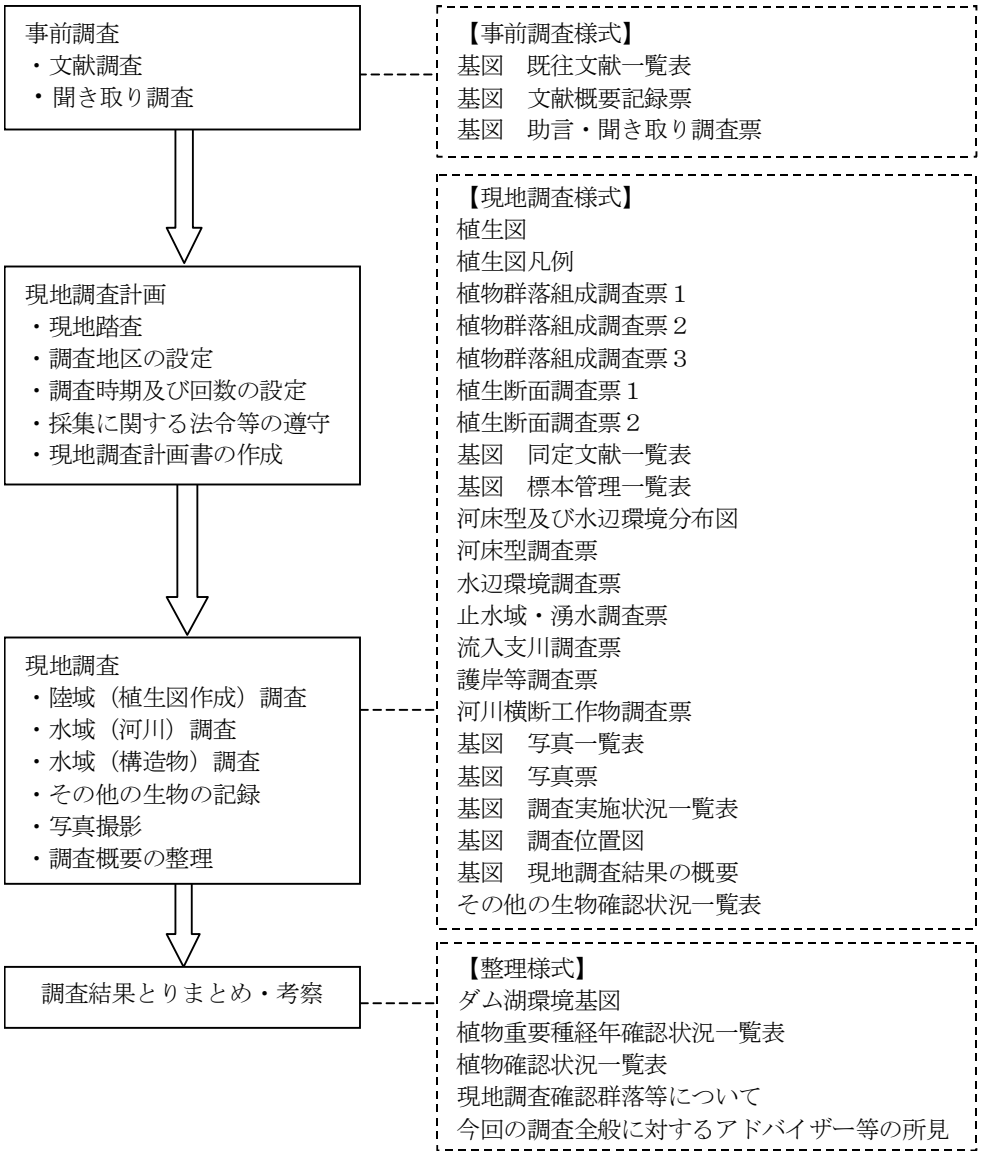


図13-5-8　ダム湖環境基図作成調査の手順

出典：平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】（平成 24 年 3 月一部改訂）Ｘダム湖環境基図作成調査編，pp. X-2

＜関連通知等＞

1）　平成 18 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】，平成 24 年 3 月一部改訂，国土交通省水管理・国土保全局河川環境課，Ｘ. ダム湖環境基図作成調査編.

第 14 章　汽水域・河口域の環境調査

目　次

第 1 節　総説 1
1．1　総説 1
1．2　汽水域・河口域の特徴 1
1．3　汽水域の位置付け 3
1．4　干潟 4
第 2 節　汽水域・河口域の環境調査 7
2．1　総説 7
2．2　感潮域把握のための概略調査 7
2．3　河道縦横断形状 10
2．4　河床材料 10
2．5　河口水位 11
2．6　流量（水位観測と H～Q 関係作成のための流量観測） 11
2．7　潮位 12
2．8　波浪（波高、波向、周期） 12
2．9　風向風速 13
2．10　水質調査 13
2．10．1　感潮域における水質調査地点の考え方 13
2．10．2　感潮域における水質調査項目の考え方 16
2．10．3　感潮域における水質調査頻度の考え方 17
2．11　塩分濃度分布 18
2．12　水温、溶存酸素濃度分布 19
2．13　濁度分布 20
2．14　底質（酸素消費に係る有機汚濁、硫化物等） 20
2．15　水質連続観測 21
2．16　小景観の分布（ハビタットの状況） 23
2．17　生物（動植物） 23
2．18　生物（底生生物） 24
2．19　基礎データの取りまとめ 24
第 3 節　人為的改変による物理・化学的現象の調査・分析方法 25

平成 26 年 4 月　版

第14章　汽水域・河口域の環境調査

第1節　　総説

1．1　　総説

＜考え方＞

本章は汽水域、河口域における地形・流動および水質などの物理環境や生物環境を把握するための調査方法の技術的事項について規定するものである。河道特性調査については第４章 河道特性調査によるものとする。

なお、調査の実施においては、本章に記載した調査事項を適宜選択することで目的に合った調査を計画立案するほか、調査の目的や要求される調査精度等を勘案し、適切な調査マニュアル等を参照し、調査内容の拡充や簡素化を図るなど、必要に応じて適宜柔軟に対応するものである。

1．2　　汽水域・河口域の特徴

＜考え方＞

河川の淡水から海の海水へと遷移する区域は、英語で表現するとestuary（河口、河口湾、河口域など）、tidal river(感潮河川)、tidal reach(水位及び流速が潮汐の影響を受けて変化する区域)、brackish water(汽水域)などとなっている。このように汽水域・河口域はいろいろな表現で表される水域であり、河川特性、物理、化学特性等から次のように区分される。

塩水遡上区間：塩水遡上区間：河川の河口から塩水が遡上する区間を示す。なお塩水遡上防止工が設置されている場合はその位置までとする。

汽水域　　：河川水と海水が接触する、混合する部分で、淡水域と海域の推移帯である。塩分が0.5‰から30‰までの範囲の水域をいう。

感潮区間　　：河川の河口から、潮汐の変動によって水位が変動する区間を示す。上限位置は、河川台帳に記載された地点とする。

河口域　　：陸水から海水が移り変わる遷移域を示し、広義では淡水の混じる内湾や汽水域などを含み、河川河口域は河口から内陸部までの河川部を示す。水質的には、河口から感潮区間までの区間とする。一方、河川管理からは高潮区間の上流端までが考えられる。なお河川構造物により、塩水の遡上防止がある場合には河川構造物の位置までとする。

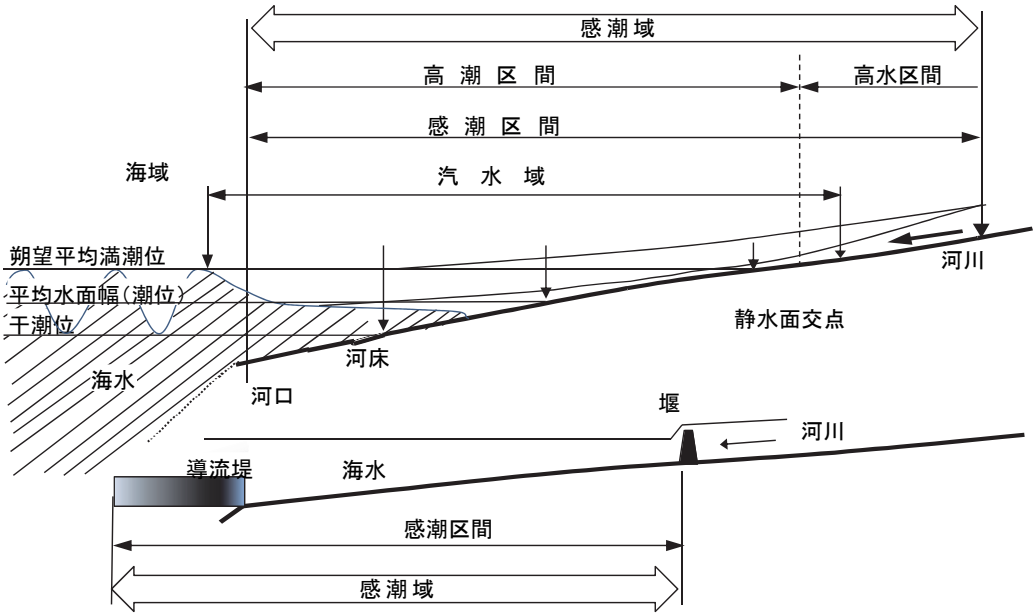


図14-1-1　感潮域の水域区分

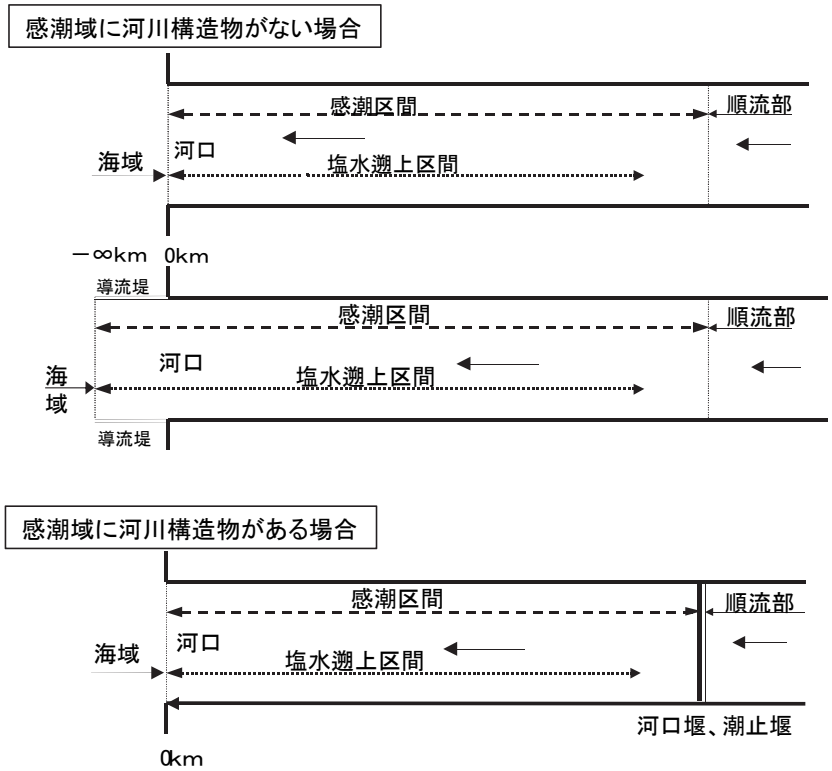


図14-1-2　感潮区間及び塩水遡上区間

汽水域は、流域の変化が集積して現れる陸と海の接点に位置し、比重等性格の異なる淡水と海水が混合し、かつ周期的に発生する潮汐と海から進入する波浪などの影響を受け、常に変動する特殊な環境を有しているため、淡水域とは異なった河川環境となっている。

感潮域は河川と海域の境界領域として、以下のような特性を有している。

1）物理的特性：河川の流れ、海水・波浪の浸入、潮汐による水位・流速の周期的変動や土砂の供給・移動・凝集作用による砂州や干潟等の形成
2）化学的特性：淡水と海水が混ざりあうことによる塩分濃度等の急激な変化や塩分躍層の局所的形成による溶存酸素の減少、干潟における有機物や栄養塩の浄化機能。
3）生物的特性：上記のように短時間で周期的に変動する物理化学的環境に特異的に形成される干潟に代表される生態系、回遊性の魚介類等の水生生物にとっての産卵場あるいはバイオロード。
4）社会的特性：河川末端に位置することから河口堰による水資源開発の適地、豊富な陸域からの栄養塩に支えられた海苔等の養殖・漁業の場、潮干狩り等のレクリエーションの場。

感潮域の設定範囲は図 14-1-1 に示したとおりである。上流端と下流端は以下のように設定する。

1）上流端
感潮域の上流端は、順流区間でなくなる所すなわち感潮区間でなくなる所を基本とする。ただし、河口堰など河川の流れを制御する河川構造物がある場合は、その位置を感潮域の上流端とする。潮止堰など塩水の遡上を防止する河口構造物があるが、堰より上流まで潮の干満による影響がある場合は、感潮区間を感潮域の上流端とする。

2）下流端
河川と海の境界を「水質汚濁防止法の施行について（昭和 46 年 9 月 20 日環水管第 24 号)」において定められており、この境界部を感潮域の下流端とする。

1．3　汽水域の位置付け

＜考え方＞

河口は河川水の海への出口であり、河口の維持は治水・利水上重要である。河口域の中には自然環境が良好に保たれ、貴重な空間となっている河川もあるが、一方で河口域周辺は人為活動の集中する場所であり、港湾・都市の発達、貝や魚類の採取など人間のための利用がなされ、また水質汚濁等様々な環境上の問題も生じてきた。
汽水域では多様な物理・化学的環境やハビタットが微妙な釣り合いの下で成立している。そして、そこに生息・生育する生物は、微妙なバランスの上に形成される環境に依存しているため、僅かな環境の変化が生物の生息・生育に大きな影響を及ぼすことがある。このことから人為的改変（たとえば、河道の掘削、河口導流堤の建設、河口域での海砂採取、橋梁の建設、河口堰の建設など）を行おうとする場合には、影響を十分に調査・検討する必要がある。

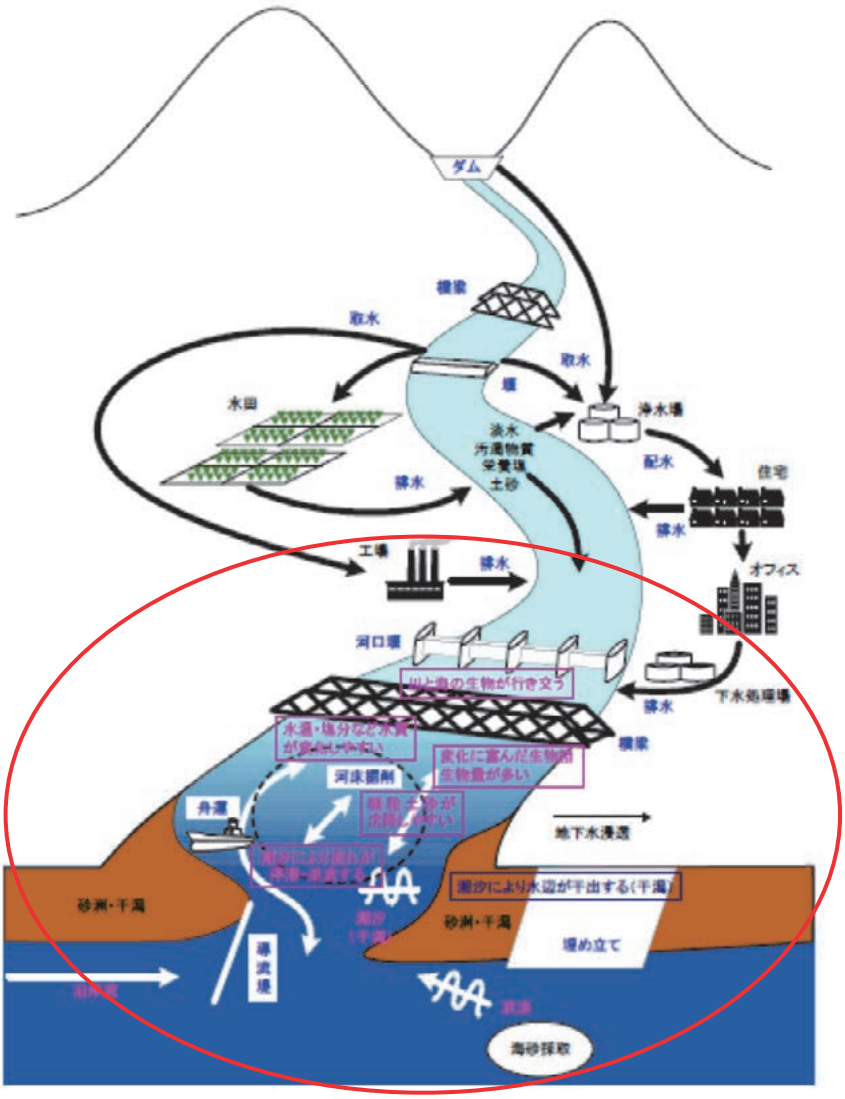


図14-1-3　汽水域への人為的改変のイメージ

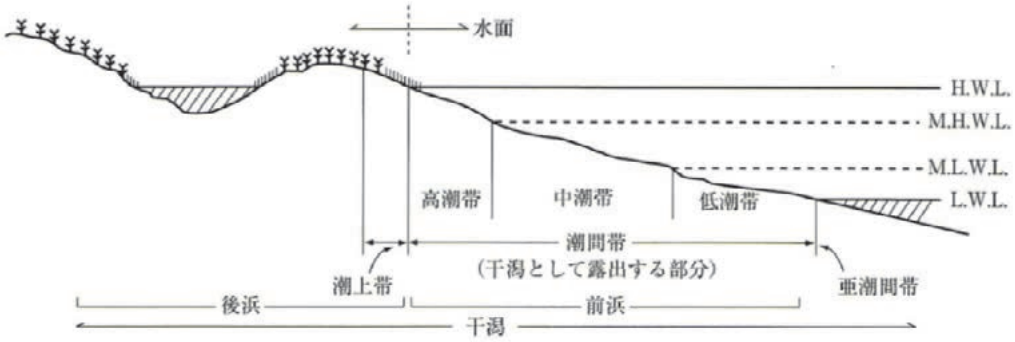
出典：汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会：汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，pp.3－12,2004.5.

1．4　　干潟

＜考え方＞

河口域の河川環境で特徴的、特殊なものとして干潟、ヨシ原が挙げられる。

干潟の定義について厳密なものはないが、一般には「干潮時に露出する砂泥質の平坦な地形」、あるいは「潮汐の干満周期により露出と水没のサイクルを繰り返す平坦な砂泥質の地帯」のように表される。



H.W.L；朔望平均満潮面、M.H.W.L;平均満潮面.
M.L.W.L;平均干潮面、L.W.L；朔望平均干潮面

図14-1-4　干潟を中心とする海岸地形

出典：運輸省港湾局監修：港湾における干潟との共生マニュアル,
(財)港湾空間高度化センター 港湾･海域環境研究所, pp.4, 1998.10.

１）干潟の分類

干潟には、河川などによって運ばれた砂泥が海に面した前浜部に堆積して形成された「前浜干潟」、河口感潮部に河川の運んだ砂泥が堆積して形成された「河口干潟」、浅海の一部が砂州、砂丘、三角州等によって外海から隔てられてできた浅い汽水域の区域にできた「潟湖干潟」がある。

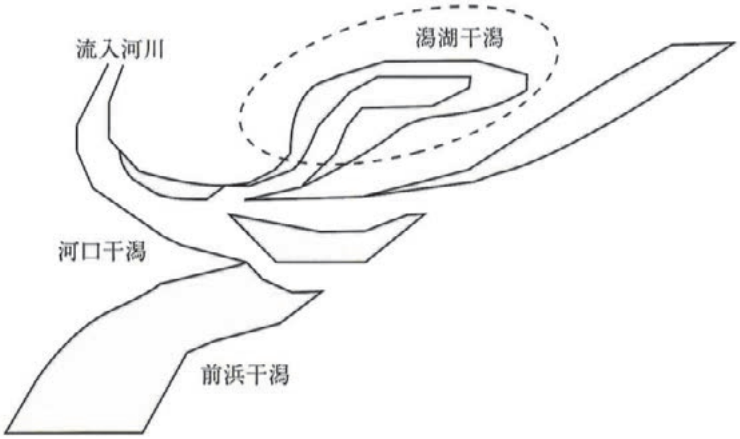


図14-1-5　干潟の別分類

出典：運輸省港湾局監修：港湾における干潟との共生マニュアル,
(財)港湾空間高度化センター 港湾･海域環境研究所, pp.5, 1998.10.

２）干潟の機能

干潟は海と陸と大気の接する場所として、生物種も豊富で多様であり、高い生物生産力を有し、又は身近な自然であることから、様々な環境機能を有する空間として捉えることができる。干潟の空間の主な環境機能を分類して以下に示す。

- 生物生息機能
- 水質浄化機能
- 生物生産機能

・　親水機能
・　その他

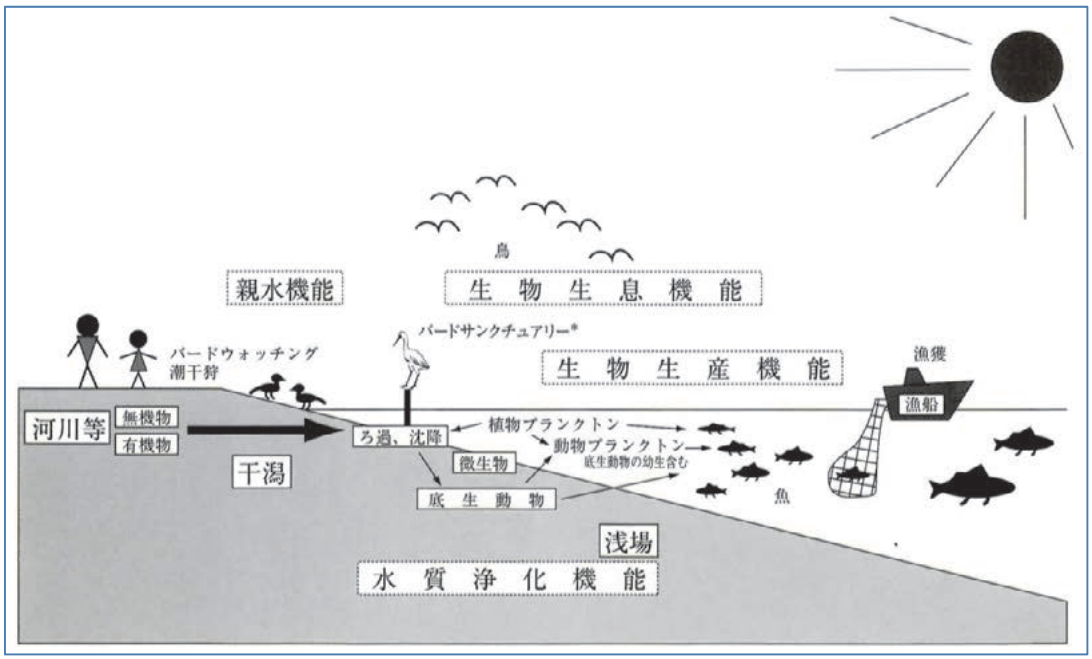


図14-1-6　干潟の機能模式図

出典：運輸省港湾局監修：港湾における干潟との共生マニュアル，
(財)港湾空間高度化センター 港湾･海域環境研究所，pp. 8，1998. 10.

a)　生物生息機能

地形や潮汐等の環境の多様性に伴い、様々な生物が生息している。干潟の干湿の繰り返し、河川流入等による塩分の急変、急激な堆積、浸食といった激しい環境変化に強い種が多く、固有種も存在する。生物多様性の保全、遺伝子プールとしても重要である。

b)　水質浄化機能

干潟では潮の干満に伴い、海水中の懸濁物質が砂泥層で濾過・捕捉され、更にバクテリアの作用によって分解・無機化される。また、干潟には多種多様な生物が生息し食物網をつくっており、物質循環が効率よく機能する場所となっている。多種多様な生物が存在することは、これら生物が水中の有機物や栄養塩を餌や栄養分として取り込み、これらを「生体」として保持することにより、干潟の水質を浄化している。更に干潟の食物連鎖を通じて、干潟で成長した生物がより高次の生物に食べられることによって系外に移出することにより、干潟から除去されることになる。

c)　生物生産機能

生物生産機能とは、主としてヨシや付着藻類等による一次生産（植物の光合成による有機物生産）に支えられた生物生産の場としての機能を指す。干潟の位置する沿岸汽水域は一次生産の最も高い場所の一つである。

干潟には、これらの一次生産に支えられて二枚貝類やエビ類等水産有用種が高密度に生息しており、良好な漁場となっていることが知られている。干潟はこれら水産有用生物の漁獲の場として、あるいはアサリや海苔等の増養殖の場として利用されるのみならず、多くの生物の産卵、稚仔魚の生育の場として、沿岸海域の資源涵養の場として機能している。

d)　親水機能

干潟は内湾の奥部や河口付近に形成される。このため、我が国では干潟はほとんどが都市に近接した場所に発達している。都市部における自然環境が著しく劣化している現状では、干潟は都会人にとって、身近に接することができる数少ない自然である。潮干狩りやバードウォッチング等のレジャーの場として干潟は親水機能を果たしている。

e)　その他

ごく浅海部から潮間帯（図 14-1-4 参照）にかけての平坦な地形は、沖合からの波を砕けさせ、波のエネルギーを逸散させる。底質粒子の移動や地形変動が生じるものの、来襲波の陸域への到達エネルギーは減少する。

また、背後陸域からの流入土砂は、静穏な干潟部に一旦堆積することが多い。微細な土粒子は有機物、栄養塩、有毒物などを運ぶ媒体となりやすく、微細粒子の堆積は、沖合海域への直接的負荷をやわらげている。

こうした役割は、海陸接点における急激な変化の緩衝作用として認識されている。マングローブ林をともなう沿岸干潟や沿岸ヨシ原においては特に注目されている。

干潟を有する河口域・汽水域の調査を行う際には、これらの干潟の機能や特徴を十分に考慮しなければならない。

＜参考となる資料＞

汽水域や河口域の環境調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1)　汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.

2)　楠田哲也・山本晃一監修，河川環境管理財団編：河川汽水域―その環境特性と生態系の保全・再生，技報堂出版，2008.

3)　栗原康：河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー，東海大学出版会，1988.

第2節　汽水域・河口域の環境調査

2．1　総説

＜考え方＞

汽水域を管理していく上では環境の現状把握が重要であり、また、何らかの人為的改変が計画されている場合には当該水域での環境への影響の可能性を予測する必要がある。そのため以下の調査項目について現地調査を行い、当該河川の河川環境を常日ごろより把握する必要がある。

2．2　感潮域把握のための概略調査

＜標　準＞

感潮域の特性を把握するために事前調査を実施する。内容は以下のとおりとする。

１）感潮区間の把握、２）混合形態の把握、３）潮位の把握

１）感潮区間の把握

対象河川の感潮区間を把握するためには、既往の資料（河川台帳等）の整理を行う必要がある。

その項目としては、以下のものが挙げられる。

- 河口位置　　河川と海域の境界位置
- 高潮区間　　河道内において、高潮の影響を受ける区間
- 感潮区間　　河道内において、潮汐の影響を受ける区間
- 塩水遡上区間　　河道内において、塩水の遡上が認められる区間
- 感潮区間河川横断構造物　　感潮区間において、河川を横断する構造物（潮止堰．頭首工、可動堰、床止め等）の位置及び規模など

これらの項目を整理することにより、海の潮汐の変動によって影響を受ける感潮区間等を把握することとする。これらの模式的な位置は、図 14-1-2 に示したとおりである。

２）混合形態の把握

感潮区間の塩分分布は、大きく分けると弱混合型、緩混合型および強混合型の 3 つに分類することができる。これらの型の塩分分布を模式的に示すと、図 14-2-1 のとおりである。

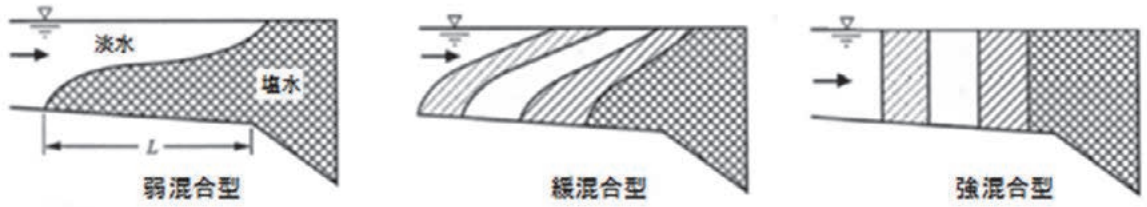


図14-2-1　感潮区間における塩水分布型

以下に、3 つの混合型についてその特徴を示す。

a)　弱混合型

淡水（河川水）と塩水（海水）の混合が弱く、下層にくさび状に遡上した塩水の上を淡水が流下していて、その間に明瞭な界面が存在する（塩水くさび）。このような型は、混合作用をもたらす潮汐流が弱く、また上層の淡水の厚みがある程度厚い河川水量の大きい河川に出現しやすい。潮位変動量が小さい日本海に流下する河川で比較的流量の大きい河川では、この弱混合型の河川が多い。

b)　緩混合型

弱混合型と強混合型の 2 つの型の中間的な混合状態で、等塩分線は斜めに傾き、塩分勾配は水平、鉛直の両方向に存在する。東日本の太平洋側ではこの緩混合型が多い。

c)　強混合型

鉛直方向に十分混合されて塩分は一様になり、等塩分線は鉛直になって塩分勾配は水平方向にのみ存在する。太平洋側の内海に流入する河川は潮位変動量が大きく、この強混合型となる場合が多い。

ある河川の混合型を求める場合、以下の 2 つの量の比を基に分類している。

Q：平均潮汐周期の間に上流から感潮部に流れ込む河川の総流量

Pt：タイダルプリズム（満潮時の感潮区間内の水量と干潮時の水量の差）

これら 2 つの比 Pt／Q が

Pt／Q≧0．7 のとき　弱混合

0．7＞Pt／Q＞0．2のとき　緩混合

Pt／Q＝0．1のとき　強混合

と混合型を求めることができる。（出典：杉木昭典著：水質汚濁 現象と防止対策，技報堂出版）

既往資料より混合形態の把握ができない場合は、塩分との相関が高い導電率を測定し、鉛直方向及び縦断方向の塩分濃度から、混合型を把握する。

また、感潮区間においては、淡水に塩水が混合することから、水中の懸濁物質が凝集し沈殿する現象が起こる。図 14-2-2 は旧北上川の河口から 8km 付近までの塩水分布と河床形状を示したものである。これをみると混合形態は弱混合型となっており約 6km 付近が塩水くさびの先端となっており、黒い部分の河床が高くなっている。

図 14-2-3 は同じ旧北上川の底質の粒度分布を示したものである。これをみると 6km 付近を境に下流部でシルト質、上流部で砂質となっている。以上より塩水クサビの先端で懸濁物質が凝集し、沈殿していることが分かる。

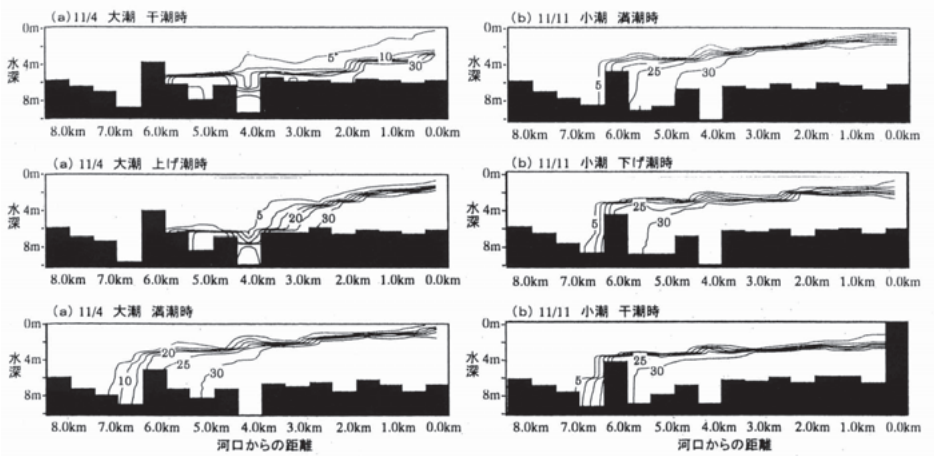


図14-2-2　塩分の縦断観測結果（単位：‰、5‰間隔）

出典：鈴木ら：河床形状が塩水遡上及び底質分布に及ぼす影響, 土木学会第 54 回年次学術講演会

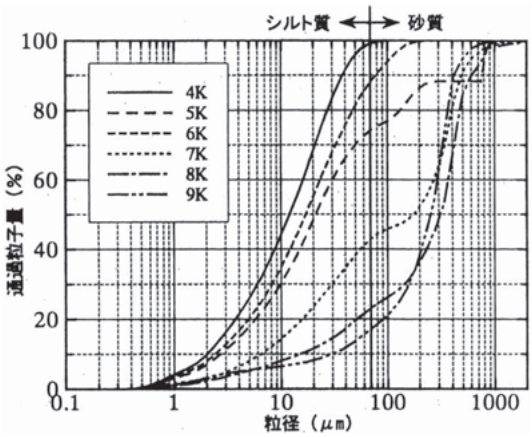


図14-2-3　粒度分布分析結果（4k～9k）

出典：鈴木ら：河床形状が塩水遡上及び底質分布に及ぼす影響, 土木学会第 54 回年次学術講演会

３）潮位の把握

潮位は潮位表（気象庁）より把握する。これらの地点では、日々の満潮時刻、干潮時刻及びそのときの潮位が記載されている。また、河川区間においても潮位あるいは水位観測所がある場合があるので、事前に過去のデータを整理しておく。

河川の感潮域における干潮と満潮の時刻は、直近の海域の潮位観測地点の干潮と満潮時刻より遅れる。これは、海域の潮位変動の影響が河道延長距離や河床勾配等により、河川の感潮域に遅れて伝幡するためである。

河川の感潮域で調査を実施する場合、事前に調査対象とする地点の干潮と満潮の時刻を把握しておく必要があるが、上記のように潮位観測地点における干満の時刻と一致しないため、既往資料あるいは現地調査により、調査地点における干満の時刻を推定しておく必要がある。

＜参考となる資料＞

汽水域や河口域の環境調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.

2. 3　河道縦横断形状

＜標　準＞

1）調査目的・把握する現象

- 出水、波浪、潮汐流による土砂移動を把握する。
- 経年的な河道横断形状の変化を把握するとともに、急激な或いは大規模な変化が生じていないかどうか確認する。

2）調査場所

- 感潮区間内、縦断方向 200m ピッチ程度を基本とする。
- 併せて『河口海域』（沖合方向前置斜面の先端まで、沿岸方向河口河川幅の 3 倍程度。：以下同じ）の地形を深浅測量にて把握する。

3）調査頻度

- 数年に 1 回程度、及び河床が大きく変化するような大規模な洪水や海象擾乱（台風、津波等）の後に実施する。

4）その他、備考

- 定期縦横断測量として実施する。ただし、水深の測定にソナーを用いる等、精度がやや劣るもののコストが小さく短時間で測定できる簡便な方法を用いてもよい。

＜参考となる資料＞

汽水域や河口域において河道縦横断形状調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会，第 3 章，第 4 章，巻末資料　現地調査手法の「ソナーを利用した河道横断形状の測定」(pp. 調査－1)，「ビデオ撮影による砂州動態観測」(p 調査－2)．

2. 4　河床材料

＜標　準＞

1）調査目的・把握する現象

- 出水、波浪、潮汐流による土砂移動による河床材料の経年的な変化を把握する。
- ハビタットの概況を把握する。

2）調査場所

- 感潮区間内で、縦断方向に 1km ピッチ程度に調査地点を設定する。併せて河口海域の範

囲で、河床材料の変化の状況が把握できる程度の間隔に、格子状に調査地点を設定する。
- 横断方向には、低水路内の中央及び左右岸 1 点ずつの計 3 地点程度。低水路幅が広い場合等横断方向の河床材料が大きく変わる場合は更に追加する。
- 鉛直方向は表層。ただし、河床表層に出水時にフラッシュされる層のある場合には、河床の鉛直方向の下層についても調査する。

3）調査頻度
- 数年に 1 回程度、及び河床が大きく変化するような大規模な洪水や海象擾乱（台風、津波等）の後に実施する。

＜参考となる資料＞

汽水域や河口域において河床材料調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会，第 3 章，第 4 章.

2. 5　河口水位

＜標　準＞

1）調査目的・把握する現象
- 出水による土砂移動を把握するための水位の時間変化を把握する。
- 潮汐による水位変動、流動を把握する。

2）調査場所
- 河口部、代表 1 地点。既設観測所があればそれを活用する。

3）調査頻度
- 連続観測を行う。

4）その他、備考
- 感潮区間内の縦断的水位が観測できれば解析により有効だが、多数の観測地点が必要となるため、その場合はコストも考慮して簡易な水位計を用いてもよい。
  また、大規模出水時の痕跡水位データも貴重なデータとなる。

＜参考となる資料＞

河口水位調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会，第 3 章，第 4 章，巻末資料（現地調査手法の「セパレート型の圧力計による水位の測定」（p. 調査－4）参照）.

2. 6　流量（水位観測と H～Q 関係作成のための流量観測）

＜標　準＞

1）調査目的・把握する現象
- 流況変化に伴う塩分濃度等の水質変化を把握する。
- 出水、潮汐による土砂移動を把握する。

2）調査場所
- 潮汐による水位変動の影響を受けない感潮区間の上流側地点
  (なお､汽水域流量に大きく関与する途中流入支川や排水路があればその流入地点も含む)。

・　既設観測所があればそれを活用する。
3）調査頻度
・　河川の水位流量観測と同様とし、第 2 章 水文・水理観測 による。

＜参考となる資料＞
汽水域や河口域において流量調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。
1)　汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.

2. 7　潮位

＜標　準＞

1）調査目的・把握する現象
・　潮汐による土砂移動（海岸、河道内）を把握する。
・　潮間帯を把握する。
2）調査場所
・　河口海域、代表 1 地点。近傍に既設の観測所があれば代用可。
3）整理項目
・　平均潮位、朔望平均干満潮位、気象偏差を求める。

＜参考となる資料＞
潮位調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。
1)　汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.

2. 8　波浪（波高、波向、周期）

＜標　準＞

1）調査目的・把握する現象
・　波浪による土砂移動（海岸、河道内）を把握する
2）調査場所
・　河口海域、及び感潮区間内で波浪の影響を受けやすい代表 1 地点ずつ。近傍に既設の波浪観測所があれば省略可だが、地形により波浪は大きく異なることから、河口部の波浪を代表できることが必要である。
3）調査頻度
・　連続観測を行い、有義波高、波向、有義波周期の頻度分布を求める。
・　波浪に大きく影響するような地形の改変が生じた場合に行う。
4）その他、備考
・　水位、波高・波向を同一地点で観測する（波高は水位計の電気的平滑化をしないことで観測可能）などコスト削減に留意すること。

＜参考となる資料＞
汽水域や河口域において波浪調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1） 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.

2. 9　風向風速

＜標　準＞

1）調査目的・把握する現象
- 波浪への影響を把握する。
- 波浪による土砂移動（海岸、河道内）を把握する。

2）調査場所
- 河口域、代表 1 地点。近傍に既設の観測所があれば代用可。

3）調査頻度
- 1 時間毎、最低 1 年間の傾向を見る。

＜参考となる資料＞

汽水域や河口域において風向調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1） 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.

2. 10　水質調査

2. 10. 1　感潮域における水質調査地点の考え方

＜標　準＞

河口域は潮汐の影響により、水質が変動する。このため、調査地点、採水地点、採水水深の設定に当たっては、調査の目的を踏まえて、当該水域における潮汐の影響を把握しておく必要がある。

1）調査地点の設定

感潮域における調査地点は、調査の目的に応じて、主要な汚濁源と利水地点の位置、流下過程における水質・流量の変化等を考慮して設定する。

a） 公共用水域監視のための水質調査

水質汚濁に係る環境基準点を中心に、利水地点、主要な汚濁源、支川の合流、派川の分派等を考慮して設定する。

b） 人と河川の豊かなふれあい確保のための水質調査

水浴場等としての利用水域及びそれらの水域の水質に影響を及ぼす恐れのある汚濁源と流下経路、支川の合流、派川の分派を考慮して設定する。

c） 豊かな生態系を確保するための水質調査

河川の瀬、淵、ワンドなど様々な環境をできるだけ網羅するように調査地点を配慮する。特定の生物種に着目した調査の場合は、その種に特有の環境に調査地点を設けることが必要な場合がある。

d） 利用しやすい水質の確保のための水質調査

利水地点、利水への影響を及ぼす可能性のある発生源と流下経路、支川の合流、派川の分派等を考慮し、水質調査が必要な調査地点を選定する。

e） 汚濁解析に必要な水質調査

感潮域における水収支及び物質収支がとれるように順流域最下流、感潮域最下流の 2 地点、更に主要な支川、排水路、運河等の合流点及び合流後の本川地点とする。

f） 水環境改善のための事業計画策定・事業実施・事業効果把握のための水質調査

事業内容並びに地域特性を考慮し、変化する恐れのある範囲について、その程度の変化を代表する点を選択し調査する。

g） 河川底質調査

水質監視地点のうちから、流況と重要な汚濁源等を考慮して、堆積泥が多く、底質の悪化が考えられる地点を選出する。

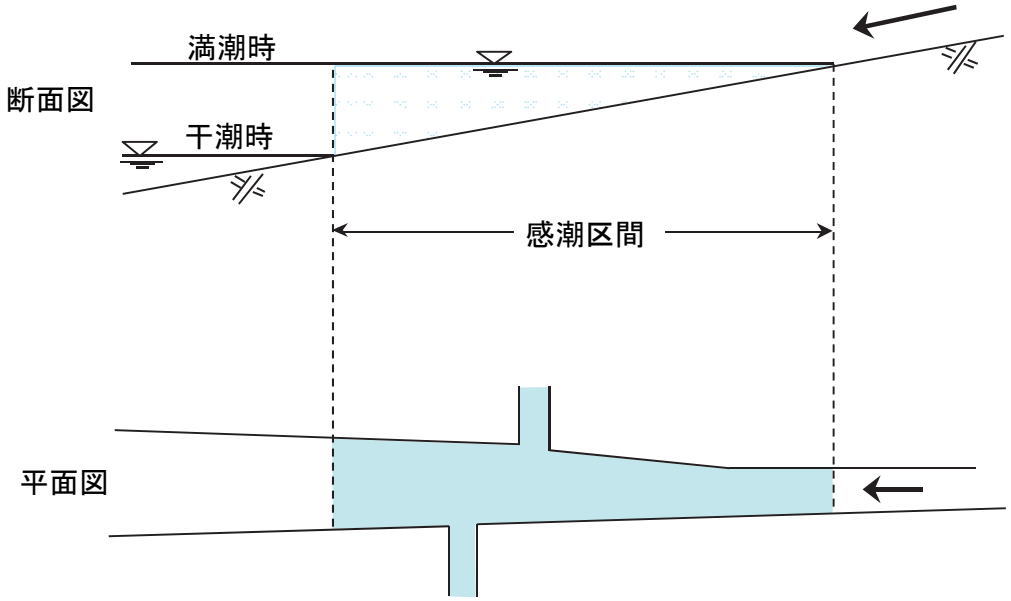


図14-2-4　河口域の感潮区間

河口域における潮汐の影響を受ける区間は図 14-2-4 に示すとおりである。感潮区間の上流端は大潮、小潮など潮回りによって変わるため、通年の調査地点を設定する場合には特に留意する。

河口域に流入する支川等についても、潮汐の影響を考慮する必要がある。暗渠水路では、満潮時に水没し、採水ができなくなる場合がある。

支川等の流入の影響をみる場合には、十分混合した地点とする必要があるが、塩水遡上時は上流側で調査をする場合がある。このように、調査の目的によっては、調査地点を潮汐の状況によって変える必要がある。

河川水が海域に与える影響を調査する場合には、海域においても調査地点を設定する必要がある。モニタリング計画においては、水理・水質解析結果等より、水質の変化点、代表点と想定される地点を選定する。

２）採水位置の設定

感潮域での採水は原則として流心で行う。ただし、左岸又は（及び）右岸側の水質が明らかに異なる地点では、左岸側又は（及び）右岸側においても、その代表する位置で採水を行う。

採水位置については、横断方向で十分混合されている地点を調査地点とした場合は流心とする。しかしながら、緩流速の感潮河川では支川等の流入後に横断方向で十分混合されないことがあるため、水色や導電率により、混合が不十分であると判断したとき、あるいは判断できな

いが混合していない恐れがあるときは流心のほか、左岸又は（及び）右岸側においても採水を行う。なお、これらの試料は相互に混合しないようにする。

３）採水水深の設定

採水水深は水深の 2 割を原則とするが、上下混合が十分に行われていない場合には水質分布状況を考慮して 2 水深以上とする。

採水水深は、原則として水深の 2 割とするが、上下混合が十分に行われていない場合には底層水も採水するものとする。なお、上下混合状態は導電率の鉛直分布より判断するものとする。また、鉛直方向に水質の変化を確認する必要がある調査では、表層（水面から 0.5m）、中層（全水深の 1／2 水深）、底層（河床から 0.5m）の 3 層からの試料を採取し、個々の試料について分析を行う必要がある。

水温、濁度、溶存酸素（DO）、塩化物イオン、導電率など比較的簡単に現地で測定できる項目について、鉛直分布を測定する場合には、水面より 0.1m、0.5m、1.0m、1.0m 以下は 0.5～1.0m 間隔で河床 0.5m 上まで測定を行う。ただし、河床直上の状態を調査する必要がある場合は、計測可能な範囲で河床直上の水温及び水質を計測するものとする。

図14-2-5　河口域における採水水深

※ 採水時には導電率により海水の進入状況を把握しておく。

４）浮泥の調査地点

浮泥の堆積は地点により大きな差がある場合が多く、事前に浮泥厚の平面分布を調査しておくことが望ましい。一般的には、流速が遅い場所に多く堆積することから、河口の川幅が急に広くなる場所や深掘している場所に多く堆積する。このため浮泥の性状を調査する場合は、このような場所で採取することが効率的であるが、局所的な浮泥の性状をもってして、河口域における水質解析を行うことは避ける必要がある。

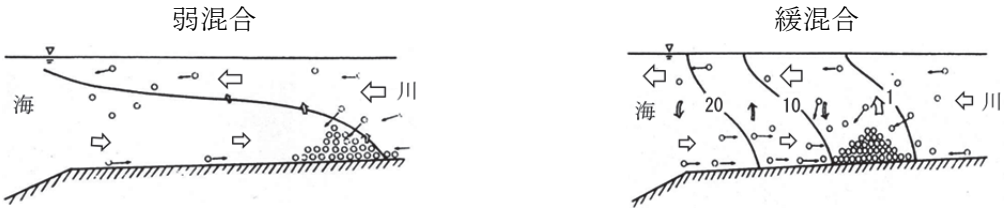


図14-2-6　感潮域における濁質の分布と堆積の概念図

（数字は塩分）

出典：杉本隆成：河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー，pp. 8，1988.

2. 10. 2　感潮域における水質調査項目の考え方

＜標　準＞

調査項目は、調査対象に関る各種の水質基準と、調査対象区間における汚濁源の状況等を勘案して設定する。

１）調査項目の設定

a)　公共用水域監視のための水質調査

生活環境の保全・人の健康の保護に関する環境基準項目及び要監視項目、ダイオキシン類、排水基準その他の項目の中から選定する。

b)　人と河川の豊かなふれあい確保のための水質調査

健康項目の環境基準が達成されていることを前提として、透視度（透明度)、濁り、色、臭気、ゴミなど、人の五感で評価する項目を中心に選定し、利用者の健康や景観に影響を及ぼす物質の有無を監視する調査項目を追加する。

c)　豊かな生態系を確保するための水質調査

生物の生息・生育に関連が深い調査項目を選定する。

d)　利用しやすい水質の確保のための水質調査

利水状況や利水に関する水質基準等の既存情報に応じて調査項目を選定する。

e)　汚濁解析に必要な水質調査

BOD、COD、T－N、T－P、SS の５項目を基本とし、必要に応じて追加項目を設ける。

f)　水環境改善のための事業計画策定・事業実施・事業効果把握のための水質調査

事業内容並びに地域特性を考慮し、変化する恐れのある項目について調査する。必要に応じ工事中と完成後に分けて項目を設定する。

g)　河川底質調査

水銀、PCB、その他の健康項目及びダイオキシン類、pH、Eh、COD、強熱減量、硫化物、含水率等の中から選定し、調査目的に応じ含有量試験又は溶出試験を選択する。

２）公共用水域監視のための水質調査

水質調査の測定項目としては、現地において採水時の河川状況について記録する。分析項目は、水質汚濁防止法で定められた水質汚濁に係る環境基準項目及び健康項目に係る環境基準項目を対象とする。海域において基準超過等の問題がある場合に海域の基準項目の分析を行う。健康項目については、既往調査において基準を超過した場合や季節変化の傾向がある場合に測定回数を増やすものとする。ただし、人の健康の保護に関する環境基準項目のうち、海域についてはふっ素及びほう素の基準値は適用しないことを基本とする。

なお、夜間に採水を行う場合は、プランクトンの影響により DO が低下する現象がみられるかどうか確認することとする。

３）その他の調査

基本的な考えは順流部と同じである。ただし、潮汐の影響をみるために導電率は必ず計測する。

４）浮泥調査

感潮域の汚濁解析の場合、水中の負荷収支だけではなく、潮汐の影響を受けやすい浮泥を含めた負荷収支を考える必要がある。そのために、浮泥調査を行うこととする。

感潮域における巻き上げ解析、DO 解析等を目的とする場合は、浮泥調査を行う。調査地点、

時期、頻度は調査の目的に応じて設定するものとする。浮泥の採取は、層を乱さないようにコアサンプルとして採取する。現地で流速の鉛直分布、堆積厚、色相、泥温、pH、酸化還元電位（ORP）を測定する。また、目的に応じてCOD、窒素、リン、粒度分布、有害物質等を分析する。

浮泥とは、含水量の極めて大きな微粒の泥土が底の表面付近で水と混合して懸濁し、自由に流動している状態を呈するものをいう。また、自然的、人工的要因によって発生した微細粒子が、海底表面上に浮遊して堆積したもの、ともいわれている。

各水域の浮泥の性状についてまとめたものを表14-2-1に示す。

表14-2-1　各水域における浮泥の状況

水　域		含水比 （%）	強熱減量 （%）	粘土含水量 （%）
淡水	霞ケ浦 手賀沼	200～300 360	4～10 16	20～70 16
海水	東京湾 大阪湾	400～500 300～500	4～10 2～10	10～500
汽水	中海　　8月※ 〃　　12月	590 750	19 23	5 0

2. 10. 3　感潮域における水質調査頻度の考え方

＜標　準＞

感潮域は年間の季節変動のほか、おおむね1か月単位の潮回り（小潮～中潮～大潮）、おおむね半日単位の潮汐（干潮～満潮）により、水質が変化することから、調査目的に合わせて、調査頻度を設定する。

１）公共用水域監視のための水質調査

水質調査方法（昭和46年9月環水管第30号）では感潮域においては潮時を考慮し、水質の最も悪くなる時刻を含む採水時刻を決定するとある。

河川水の影響が最も大きいのは大潮の干潮時であり、海水の影響が最も大きいのは大潮の満潮時である。対象としている調査地点の水質が最も悪くなると考えられるのは、河川水又は海水の影響が最も大きいときであるため、大潮時の干潮時及び満潮時に調査を実施する。

ただし、海水が十分清澄であり、満潮時は水質が良好であるなど対象河川の特性を十分把握している場合は、いずれか1回のみの調査でよい。

採水時刻は、河川水質は一般に昼間に悪化することから、1日2回潮の河川では昼間の干潮時と満潮時に調査を行う。また、水質は降雨により影響されやすいので調査は晴天時とする。更に、採水は日曜日、祝日及びその前後の日を避け、また強風時及び強風直後には河床の比較的比重の軽い底質が巻き上がり、測定に誤差が生じやすいので、このようなときには採水を避けるようにする。

２）汚濁解析に必要な水質調査

河口部の水理特性は強混合型、緩混合型及び弱混合型に分けられるが、混合状態は潮汐、特に月齢の影響を受けるため小潮時，中潮時及び大潮時の3潮位について調査を行う必要がある。

特に中潮時については、潮の状況により小潮から大潮に変わる間に塩分の遡上が最大となる場合があるため、25 時間連続調査は小潮から大潮時の間に調査を行うものとし、水質及び負荷量

は時刻で異なるため、最低2潮時（25時間）について各測定地点で1ないし2時間ごとの採水、水位及び流速等の現地観測が必要となる。

汚濁源からの排水は、その種類の状況によって、時間により大きく変動することが考えられる。このため、観測測定の時間間隔を広げすぎると、精度が大幅に低下する恐れがあるため、時間間隔は1～2時間としたが、作業能力の点からこれらが不可能な場合においても、その時間間隔はできるだけ短くする必要がある。また、1隻又は2隻の大型船で測定地点間を巡回採水する方法をとってもよい。しかし、この場合にも1測定地点での採水回数は5回以上とする。対象期間については、定期調査結果などから水質の季節変動がみられない場合は、低水流量程度の流況時に調査する。

３）その他の調査

その他の調査では、１）～２）に述べた現象を踏まえた調査頻度とする。たとえば、生態系保全のための調査では、対象となる生物の生活史を事前に整理しておく必要がある。例えば筑後川に生息しているエツは、5月上旬産卵遡上を行うことから、特にこの時期に調査を行う必要がある。

また、感潮域では潮の干満に伴う流動で巻き上げが生じることがある。巻き上げの影響を調査する場合は、上げ潮時、下げ潮時にも調査を行う必要がある。

４）浮泥調査の頻度

感潮域では潮汐に伴い定期的に浮泥の巻き上げが生じる。このため、浮泥の採取は流速が低下した満潮時又は干潮時に行う。ただし、浮泥堆積量の変化をみるのであれば、上げ潮時や下げ潮時にも調査する必要がある。

ただし、出水後は浮泥が掃流されている可能性が高いことから、出水の影響を調査目的とする場合を除き、出水直後の調査は避ける。

2. 11　塩分濃度分布

＜標　準＞

１）調査目的・把握する現象

- 塩水遡上、塩淡混合形態（塩水くさびの状況）、貧酸素水塊の形成、土砂移動（凝集沈殿）を把握する。

２）調査場所

- 感潮区間内で、縦断方向には塩分濃度分布形状が分かる程度で少なくとも5～15地点（横断面）程度、濃度変化の大きい河口付近や塩水遡上先端は密に測定する。
- 横断方向には主流線上1 地点、横断方向に濃度変化が大きい場合や深掘部があるなど地形変化が大きい場合は複数地点測定する。
- 鉛直方向には濃度変化の大きい河口付近や塩水遡上先端は密に測定する。

３）調査頻度

- 大潮時、中潮時、小潮時の1潮時2時間おき程度を標準とする。
- 1度求めれば毎年行う必要はなく、入退潮に大きく影響するような地形等の改変が生じた場合に行う。
- また、渇水により塩水くさびが深く侵入するような場合は、連続的な観測を行う。
- 風の特に強い日は避ける。

４）調査時期

- 水温、DOと関連づける場合は、調査時期（季節）も考慮する必要がある。

＜参考となる資料＞

汽水域や河口域において塩分濃度調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会，巻末資料（現地調査手法の「塩分濃度の計測」（p 調査－5））．

2) 河川水質調査要領(案)，平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.

3) 日本海洋学会編集：沿岸環境調査マニュアルⅡ[水質・微生物篇]，恒星社厚生閣，2008.

2. 12　水温、溶存酸素濃度分布

＜標　準＞

1）調査目的・把握する現象

- 水温や溶存酸素の濃度分布を把握する。
- 貧酸素水塊の形成現象を把握する。

2）調査場所

- 感潮区間内で、縦断方向には水温、溶存酸素の濃度分布形状が分かる程度で少なくとも 5～15 地点（横断面）程度、濃度変化の大きい河口付近や塩水遡上先端は密に測定する。
- 横断方向には主流線上 1 地点、横断方向に濃度変化が大きい場合や深掘部があるなど地形変化が大きい場合は複数地点測定する。
- 鉛直方向には濃度変化の大きい河口付近や塩水遡上先端は密に測定する。

3）調査頻度

- 大潮時、中潮時、小潮時の 1 潮時 2 時間おき程度を標準とする。
- 1 度求めれば毎年行う必要はなく、入退潮に大きく影響するような地形等の改変が生じた場合に行う。
- また、渇水により塩水くさびが深く侵入するような場合は、連続的な観測を行う。
- 風の特に強い日は避ける。

4）その他、備考

- 弱混合で塩水くさびが生じやすく、感潮区間の長い河川で行う。
- 塩分濃度と同時に水温や溶存酸素濃度の分布を測定するため、多項目水質計の利用が考えられる。
- 水温が高い時期に DO が下がりやすいので、調査時期（季節）は考慮する必要がある。

＜参考となる資料＞

汽水域や河口域において水温や DO 濃度の分布調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会，巻末資料（現地調査手法の「多項目水質計による計測」（p 調査－7）参照）．

2) 河川水質調査要領(案)，平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.

3) 日本海洋学会編集：沿岸環境調査マニュアルⅡ[水質・微生物篇]，恒星社厚生閣，2008.

2. 13　濁度分布

＜標　準＞

1）調査目的・把握する現象
- 濁度分布を把握する。
- 波浪、潮汐流、凝集沈殿による土砂移動を把握する。

2）調査場所
- 感潮区間内で、縦断方向には濁度分布形状が分かる程度で少なくとも 5～15 地点（横断面）程度、濃度変化の大きい河口付近や塩水遡上先端は密に測定する。
- 横断方向には主流線上 1 地点、横断方向に濃度変化が大きい場合や深掘部があるなど地形変化が大きい場合は複数地点測定する。
- 鉛直方向には濃度変化の大きい河口付近や塩水遡上先端は密に測定する。

3）調査頻度
- 大潮時、中潮時、小潮時の 1 潮時 2 時間おき程度を標準とする。
- 1 度求めれば毎年行う必要はなく、入退潮に大きく影響するような地形等の改変が生じた場合に行う。
- また、渇水により塩水くさびが深く侵入するような場合は、連続的な観測を行う。
- 風の特に強い日は避ける。

4）その他、備考
- 塩分濃度と同時に濁度の分布を測定するため、多項目水質計の利用が考えられる。

＜参考となる資料＞

汽水域や河口域において濁度分布の調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会，巻末資料（現地調査手法の「多項目水質計による計測」（p 調査－7）参照）．
2) 河川水質調査要領(案)，平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
3) 日本海洋学会編集：沿岸環境調査マニュアルⅡ[水質・微生物篇]，恒星社厚生閣，2008.

2. 14　底質（酸素消費に係る有機汚濁、硫化物等）

＜標　準＞

1）調査目的・把握する現象
- 底質の性状を把握する。
- 貧酸素水塊の形成状況を把握する。

2）調査場所
- 感潮区間内、縦断方向 1km 間隔程度とする。

3）調査頻度
- 数年に 1 回、春夏秋冬に各 1 回を標準とする。
- なお、底質は出水によるフラッシュの影響を受けるため出水状況を考慮する必要がある。

4）調査項目
- COD、強熱減量、硫化物、ORP などを分析する。また、酸素消費試験を行う。

5）その他、備考
- 弱混合で塩水くさびが生じやすく、感潮区間の長い河川で行う。
- 底質調査を行うときは必ず溶存酸素濃度分布の調査も同時に行うこと。

＜参考となる資料＞

汽水域や河口域において底質調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
2) 河川水質調査要領(案)，平成 17 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
3) 日本海洋学会編集：沿岸環境調査マニュアルⅡ[水質・微生物篇]，恒星社厚生閣，2008.

2. 15　水質連続観測

＜推　奨＞

汽水域・河口域は、潮汐と河川流とが複雑に混合する場であるため、重要な生物の生息環境を理解する必要があるなど、その動態について詳細に知る必要がある場合には、水質の連続観測を実施することが望ましい。

水質連続観測は、河川汽水域の縦断方向に、河口付近、汽水域の中間点付近、汽水域の最上流付近の 3 点程度で、連続水質測定装置を設置して実施する。表層にはブイなどで係留し、底層には河床に櫓などを設置して、装置を固定する。観測項目は、水温、塩分、DO、pH、濁度の基本 5 項目であり、最近は植物プランクトン量の評価指標となるクロロフィル a の連続測定が可能な機器もあり、水質解析を実施する場合には特に貴重なデータを取得できる。

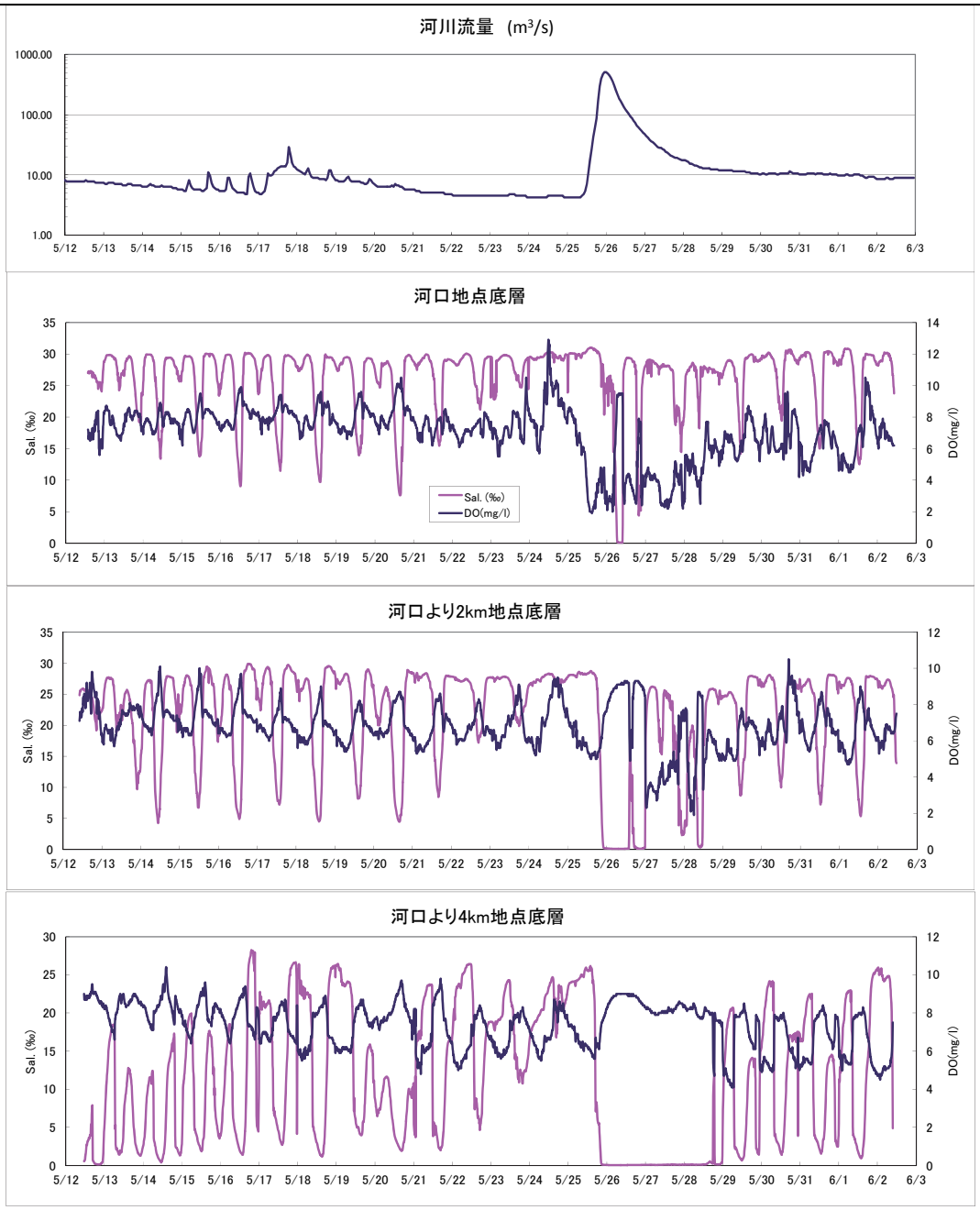


図14-2-7　汽水域における水質の連続観測結果の例

出典：天野邦彦，小林草平，小嶋百合香，中西哲：貝類に着目した河口域の環境分類とその修復，河川技術論文集，第 15 巻，p.112，2009.6 を加工

図 14-2-7 は、ある河川汽水域において測定された水質の連続観測結果を示している。一番上の図は河川流量の変化、2 段目以降は、河口、河口から 2km 付近、4km 付近の地点の底層で計測された塩分と DO の値を重ねて示している。潮汐に合わせて、満潮時に塩分濃度が上昇し、干潮時に低下するパターンを示しているが、河口から上流にいくにつれて塩分濃度が低くなることがわかる。また、5 月 26 日に発生した出水にともない、河口から 4km 地点では海水が下流に押し流されていることが分かる。また、この汽水域では、沖合の湾の底層が貧酸素化しており、このため、塩分濃度が上昇する際、すなわち海水が浸入する際に DO 濃度が低下していることがわかる。

これは、例示であるが、河川汽水域における環境の把握には、水質連続観測が有効である場合が多いので、必要に応じて計画を立てることが望ましい。測定箇所数や、時期、期間等につ

いては、学識者の意見等を聞き、現象の特性に応じて決定する。

2. 16　小景観の分布（ハビタットの状況）

＜標　準＞

1）調査目的・把握する現象
- 小景観の分布（ハビタットの把握（植生、地形、河床材料等））を目的とする。

2）調査場所
- 地形、河床材料や植生について細かく調査することが望ましく、浅場に広がるアマモ場、砂嘴の背後に発達する湿地、小水路の合流点やその澪などの特徴的な場などを調査対象とする。

3）調査頻度
- 数年に 1 回程度、及び河床が大きく変化するような大規模な洪水の後、実施する。

4）その他、備考
- 水辺の国勢調査等生物調査と同時に行う。
- ハビタットの空間スケールは生物によっては非常に小さい場合もある。
  このため、当該区域の着目種などを考慮し、地形、河床材料や植生についても細かく調査することが望ましい。

＜参考となる資料＞

汽水域や河口域においてハビタット調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.

2. 17　生物（動植物）

＜標　準＞

1）調査目的・把握する現象
- 生物生息状況

2）調査場所
- 感潮区間内、河口海域及びその周辺
- 河床材料の変化を目安に選定する。

3）調査頻度
- 春夏秋冬

4）その他、備考
- 水辺の国勢調査等生物調査等

＜参考となる資料＞

汽水域や河口域において動植物調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.

2) 平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］，平成 24 年 3 月一部改訂，国土交通省河川局河川環境課.

2. 18　生物（底生生物）

＜標　準＞

1）調査目的・把握する現象
- 生物生息状況について把握する。

2）調査場所
- 感潮区間内、河口海域及びその周辺
- 河床材料の変化を目安に選定する。
- 横断方向左右岸（あれば中州も）について、潮上帯、潮間帯の上端付近、中間付近、下端付近、亜潮間帯の中央、河床最深部

3）調査頻度
- 春夏秋冬

4）その他、備考
- 汽水域は環境傾度が大きいことから、通常の河川区間よりも密に行う必要がある。

＜参考となる資料＞

汽水域や河口域において底生生物調査を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
2) 平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］，平成 24 年 3 月一部改訂，国土交通省河川局河川環境課.
3) 日本海洋学会編集：沿岸環境調査マニュアルⅡ［水質・微生物篇］，恒星社厚生閣，2008.
4) 日本海洋学会編集：沿岸環境調査マニュアル〔底質・生物篇〕，恒星社厚生閣，1986.

2. 19　基礎データの取りまとめ

＜考え方＞

汽水域の物理・化学的環境とその周辺の動植物の生息・生育状況等については、現況の人為的改変による生物への影響を把握する上で重要な情報である。したがって取得された情報を理解しやすくするため、第 11 章 河川環境調査 第 16 節 河川環境の総合的な分析を参考とし、河川環境情報図のような形で取りまとめておくことが重要である。

＜参考となる資料＞

調査データの取りまとめに際しては、下記の資料が参考となる。

1) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.
2) 平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］，平成 24 年 3 月一部改訂，国土交通省河川局河川環境課.
3) 河川環境検討シート作成の手引き＜案＞，平成 15 年 3 月，国土交通省河川局河川環境課.
4) 河川環境資料の活用に関する検討会：河川環境資料の活用の手引き～河川環境情報図等の有効な活用手法～，(財)リバーフロント整備センター，2006.

第3節　人為的改変による物理・化学的現象の調査・分析方法

＜考え方＞

１）調査・分析手順

人為的改変による物理・化学的現象の調査・分析は、次の手順で行う。

- 人為的改変によって生じる可能性のあるレスポンスを抽出する。
- 抽出されたレスポンスについて、当該河川での発生の可能性を、定性的に判定する（一次判定）。
- レスポンスを発生する可能性がある場合にはシミュレーション等により定量的に予測する（二次判定）。

なお、汽水域の現状把握や一次判定に資する上で、当該河川の基礎的なデータを把握しておく必要がある。

汽水域の物理・化学的環境は、川と海の微妙な釣り合いの下に多様なものとなっている。そこで、人為的改変が与えられた場合の物理・化学的現象を把握する上で、データの収集が極めて重要になる。まずその人為的改変によって生じる可能性のあるレスポンスを抽出する。次に抽出されたレスポンスについて、当該河川で発生する可能性の有無を判定図表や簡易シミュレーション等を用いて判断する。このとき、過去の事例を参考にすることも重要である。レスポンスを生じる可能性ありと判断された場合には、シミュレーションモデル等による変化の予測を行い、結果を評価する。

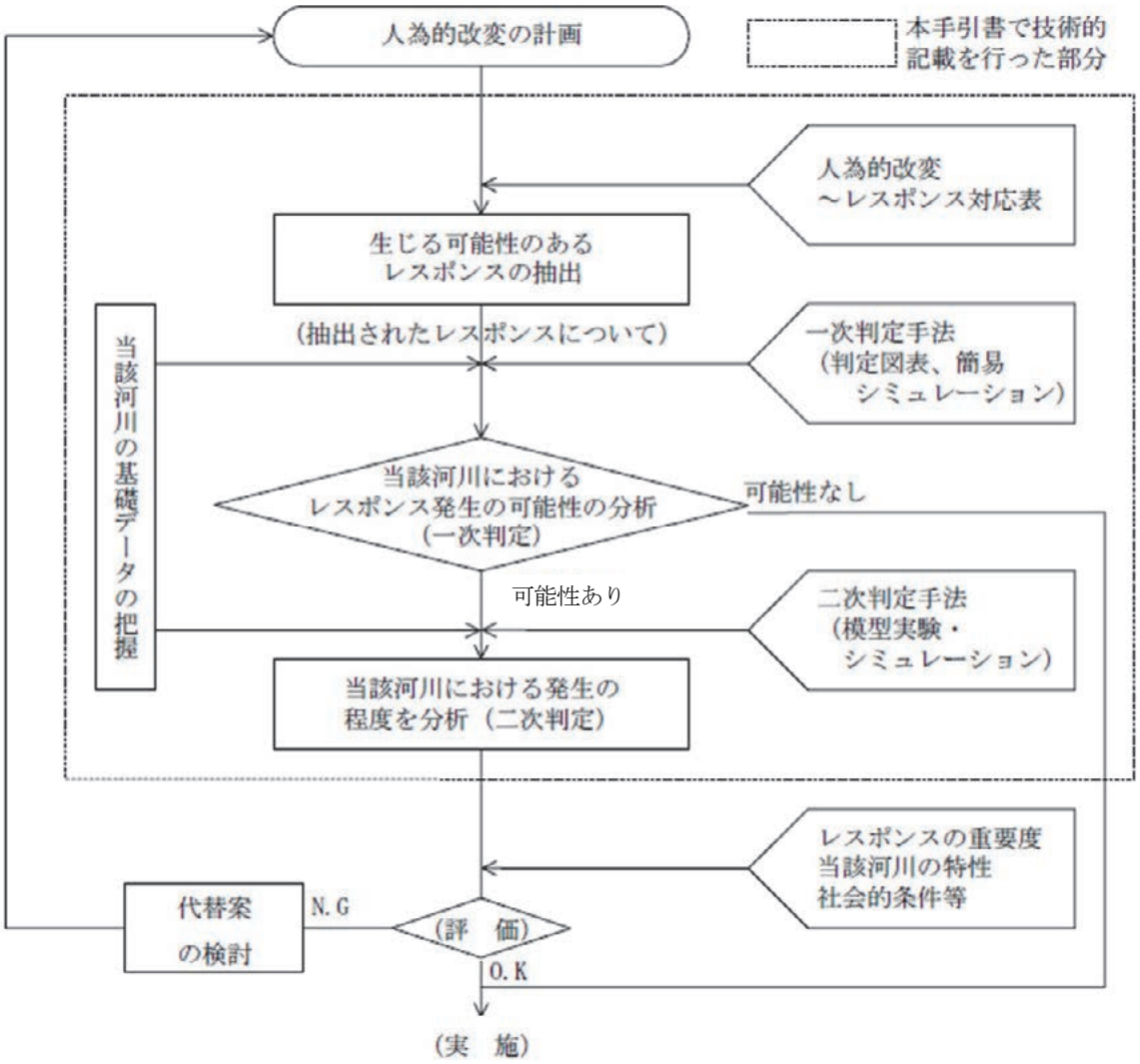


図14-3-1　調査分析の流れ

出典：汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会：汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，p.4-1，2004.5.

2）生じる可能性のあるレスポンスの抽出

汽水域に人為的改変が与えられた場合のレスポンスを、次表等を参考として抽出する。

表14-3-1　人為的改変とレスポンスの関連度の状況

○：関連があると考えられるもの

人為的改変＼レスポンス	塩分上昇	河道底層の貧酸素化	河床表層の細粒化	河岸粗粒化	河床構成材料の細粒化	周辺汀線の後退	周辺汀線の変化	河口砂州（テラス）の縮小・後退	河岸干潟の細粒化	河岸侵食	河岸干潟の侵食	河口干潟の減少	塩水くさびの下流側への移動	埋め立て区間の河床上昇	砂州高の変化	貧酸素水塊の湧昇・河道への移動	橋梁上流の河岸干潟の細粒化	橋梁上流の河岸干潟の粗粒化・侵食
河道の掘削																		
泥・砂河川	○	○	○	○	○	○		○		○	○							
砂利河川	○				○	○		○										
河口導流堤の建設				○			○			○	○							
河口部の埋め立て									○		○		○	○				
河口域での海砂採取						○		○				○			○	○		
橋梁の建設																	○	○

出典：汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会:汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―, p. 4-2，2004. 5

３）抽出された人為的改変～レスポンスの調査・分析手法

２）に抽出された、人為的改変とレスポンスの連関ごとに適当な手法等を用いて調査・分析を行い、現象を把握する。

＜参考となる資料＞

人為的改変による物理・化学的現象の調査・分析を実施する際には、下記の資料が参考となる。

1)　汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書―汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法―，平成 16 年 5 月，国土交通省河川局河川環境課，汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会.

2)　楠田哲也・山本晃一監修，河川環境管理財団編：河川汽水域―その環境特性と生態系の保全・再生，技報堂出版，2008.

第 15 章　土質地質調査

目　次

第 1 節　総説 1
1．1　総説 1
1．2　調査の手順 1
第 2 節　河川堤防の土質地質調査 3
2．1　河川堤防の新設時の調査 4
2．1．1　調査方針 4
2．1．2　予備調査及び現地踏査 5
2．1．3　本調査（第 1 次） 6
2．1．4　本調査（第 2 次） 9
2．1．5　盛土材の調査 16
2．2　既設の河川堤防の安全性照査時の調査 20
2．2．1　調査方針 20
2．2．2　予備調査及び現地踏査 20
2．2．3　本調査 20
2．3　河川堤防の被災時の調査 23
2．4　河川堤防開削時の調査 27
第 3 節　河川構造物の土質・地質調査 29
3．1　調査方針 29
3．2　河川構造物の新設時の調査 29
3．2．1　調査方針 29
3．2．2　予備調査及び現地踏査 29
3．2．3　本調査 30
3．3　河川構造物の維持管理時 34
3．3．1　調査方針 34
3．3．2　予備調査及び現地踏査 34
3．3．3　本調査 35
第 4 節　ダムの地質調査 36
4．1　ダムの地質調査の方針 36
4．2　ダム事業の段階と調査内容 37
4．2．1　ダム事業の段階 37
4．2．2　ダムサイト選定段階 38
4．2．3　ダム軸選定段階 41
4．2．4　設計段階 43
4．2．5　施工時等の段階 46
4．2．6　完成後の段階 47
4．2．7　アースダムの基礎地盤の土質調査 48
4．3　ダム基礎等の調査 49
4．3．1　調査の方針 49
4．3．2　資料調査 49

4．3．3　地形調査 50
4．3．4　地表地質踏査 50
4．3．5　物理探査 50
4．3．6　ボーリング調査 51
4．3．7　調査坑等による調査 52
4．3．8　地下水の調査 54
4．3．9　岩盤の原位置試験 55
4．3．10　岩石の室内試験 58
4．3．11　ダム基礎等の地質調査結果の取りまとめ方法 61
4．4　第四紀断層の調査 67
4．4．1　調査の方針 67
4．4．2　一次調査 68
4．4．3　二次調査 68
4．5　貯水池周辺地すべり等の調査 69
4．6　堤体材料の調査 71
4．6．1　調査の方針と内容 71
4．6．2　コンクリート骨材の試験 73
4．6．3　透水性材料（ロック材）の試験 73
4．6．4　半透水性材料（フィルタ材、トランジション材）の試験 74
4．6．5　土質材料（コア材）の試験 74
4．7　仮設備・付替道路等の調査 75
4．8　資料の保存 75

平成 26 年 4 月　版

第15章　土質地質調査

第1節　総説

1．1　総説

＜考え方＞

本章は、河川堤防や堰・水門・樋門樋管を主な対象とする河川構造物（以下、「河川構造物」という）及びダムの計画、設計、施工、維持管理、被災分析・復旧において、必要となる地盤の状況を把握することを目的に実施する、土質調査及び地質調査の技術的事項を定めるものである。

具体的には、河川堤防や河川構造物を新設するための計画・設計・施工、又は維持管理や被災分析・復旧に関わる土質・地質調査は、河川堤防や河川構造物の安全性等に影響する地盤の情報を把握することを目的として実施するものである。

また、ダムの計画、設計、施工、維持管理に関わる土質・地質調査は、その事業段階に応じて、ダム基礎、第四紀断層、貯水池周辺地すべり、仮設備・付替道路等の安全性等に影響する地盤の情報を把握することを目的として実施するものである。

更に、河川堤防、河川構造物及びダムの被災時における土質・地質調査は、被災の規模等を踏まえて、その原因を把握し復旧方針を検討することを目的として実施するものである。

一般に土や岩の性質及びその分布は一様ではなく、極めて複雑かつ変化に富むため、本基準の適用に当たっては、地形、土質、地質、地下水などの条件、事業の進捗段階に応じて柔軟な対応をとることが必要となる。なお、調査、試験、計測等には各種の方法があるが、それぞれの方法には適用限界があり、精度も一様でなく、データのばらつきがあるので、調査の目的を十分に理解し、調査位置、調査方法、調査密度、調査頻度等を決定し、データの処理方法を考えなければならない。

試験や計測の項目については、構造物等の既往の変状事例や設計手法等を検討することにより、必要な試験・計測を選定する。測定頻度については、地形や地質の変化の複雑さ、測定値のばらつきの程度、解析法の確実さ、測定値が解析結果に与える影響の大小、構造物の万一の破損が与える影響等多くの要因を総合的に判断して決めなければならない。

なお、河川堤防に関わる技術検討は、本章で扱う土質及び地質調査を含む様々な調査の成果を相互に関係づけながら行うことになる。そのことが、第４章 河道特性調査 第１節 総説 1．4 河道を構成する河川堤防に関わる各調査の相互関係 に記述されているので、河川堤防に関する調査を行う際には有用である。

なお、砂防、地すべり及び急傾斜地の土質・地質調査については、第 17 章 砂防調査、第 18 章 地すべり調査、第 19 章 急傾斜地調査によるものとする。

1．2　調査の手順

＜標　準＞

土質・地質調査は、次の順序で行うことを標準とする。

１）予備調査

予備調査においては、調査対象地域の土質・地質の概括的な状況を的確に把握するために、既存のデータの収集を行い、それらを整理する。

２）現地踏査

現地踏査においては、予備調査資料に基づき、現地において調査対象地域の地形、土質・地質等の状況を把握する。

３）本調査

本調査においては、必要な土質・地質データを得るため、適切な調査、試験、計測等を行う。

＜推　奨＞

１）予備調査

以下のような既存データをやや広い範囲で収集し、整理することを推奨する。

a)　土質調査資料
b)　地質調査資料
c)　地形図や空中写真等
d)　災害（水害、土砂災害、地震、噴火等）記録
e)　水文資料
f)　その他の気象記録

地形図や空中写真等に関しては、調査地の現況だけではなく河川周辺の旧地形を判読するためのものとして、絵図・古地図、近年の地形図、空中写真、あるいは治水地形分類図等の土地条件図や地形分類図を用いる。また、明治年間以降の旧版地形図、昭和 22～23 年の米軍撮影の空中写真を入手して参考にするとよい。更に、必要に応じて新規の空中写真撮影を行い地形判読することや航空レーザー測量等による詳細な地形の判読を検討する。

また、河川に沿った土質・地質的弱点や問題点を知るために、既往のボーリング調査、土質・地質試験結果等を活用するほか、災害記録、漏水履歴あるいは河川改修結果の資料を調べることが望ましい。

２）現地踏査

現地においては、自然堤防、旧河道、落堀、崖錐、扇状地、地すべりや崩壊、断層地形、段丘、砂丘、湿地、天井川等の地形のほか、土質・地質の構成、地質構造、湧水等の事項について観察し、地形並びに土質・地質の状況を把握し、地形図等に取りまとめる。なお、工事の計画に際し、各種の代替案の比較検討においては単に事業費の比較にとどまらず、広範囲な要素の比較が行われるようになるので、必要に応じて 2 次、3 次の現地踏査を行う。

３）本調査

土質、地質の問題の解決のために次に挙げるような調査が考えられるが、特殊な現場条件の場合には、必要に応じこれ以外の調査も実施することが望ましい。

また、調査には、新設計画に伴う調査のほかに、既設の河川堤防、河川構造物及びダム等の調査がある。

a)　土取場の材料が、河川堤防の盛土に適するかどうかを判断し、締固め等盛土の施工性についての指針を得ることを目的とする調査
b)　河川堤防の基礎地盤の安定性や圧密沈下、強度増加に関する資料を得るための調査
c)　河川構造物の基礎の設計を行うための地盤支持力や杭の支持力を得るための調査
d)　河川堤防の盛土や土取場の切取りのり面のすべりに対する安定性を評価するための調査
e)　土工計画を立てる上でのトラフィカビリティなどに関する調査
f)　河川堤防、河川構造物下の地盤の透水性に関する調査
g)　河川堤防、河川構造物下の地盤の液状化の可能性に関する調査
h)　大規模河川構造物、ダム等を造ることによって起こる周辺地盤に及ぼす影響の調査
i)　工事残土の処理並びに工事のあと地の保全回復の手段に関する調査
j)　大規模河川構造物、ダム等の基礎となる岩盤の弱点の存在の有無を確認するための詳細

な調査
k) ダムの保水性を評価するための周辺地盤の透水係数の計測を行うための調査
l) ダム建設における骨材など大量の材料の確保と準備の可能性の検討を行うための調査

第2節　河川堤防の土質地質調査

＜考え方＞

河川堤防の土質・地質調査は、堤防に求められる安全性を確保するための、堤防を新設するための計画・設計・施工、又は維持管理や被災分析・復旧を適切に実施するための地盤情報を把握することを目的として実施するものであり、新設時（計画・設計・施工時）、安全性照査時、被災時及び堤防開削時の土質・地質調査がある。

１）新設時
河川堤防を新設するための計画・設計・施工時の土質・地質調査は、安全性の高い堤防の構築を目的として実施する。

２）既設の河川堤防の安全性照査時
既設の河川堤防の安全性照査時の土質・地質調査は、洪水時における浸透や地震などの外力に対する堤防の弱点個所の抽出及び補強手法の検討を目的として実施する。

３）被災時
被災時の土質・地質調査は、豪雨や出水、地震等による被災の原因の把握と復旧策の検討を目的として実施する。

４）河川堤防開削時
樋管、橋台等の新設、更新、撤去時、及びドレーン工等の質的整備時、被災した堤防撤去時に、堤防の質的向上に資することを目的として実施する。

＜標　準＞

各調査は、堤体や基礎地盤の土質・地質の状況を明らかにするために、以下のとおり行うことを標準とする。

１）新設時
河川堤防を新設するための計画・設計・施工に当たり、その安全性等に影響する地盤の分布及びそれらの状況を適切に把握するために、軟弱地盤調査、液状化地盤調査及び透水性地盤調査等を実施する。また、堤防に使用する土質材料に対しては、材料選定のための調査を実施する。

２）既設の河川堤防の安全性照査時
既設の河川堤防の安全性評価、補強手法の検討に当たり、その安全性等に影響する地盤の分布及びそれらの状況を適切に把握するために、軟弱地盤調査、液状化地盤調査及び透水性地盤調査等を実施する。

３）被災時
軟弱地盤調査、液状化地盤調査及び透水性地盤調査等を実施する。

４）河川堤防開削時

堤防を開削するときには、開削調査を行い、築堤の履歴や堤体を構成する土質、水みち等を把握、確認する。

2．1　河川堤防の新設時の調査

2．1．1　調査方針

＜考え方＞

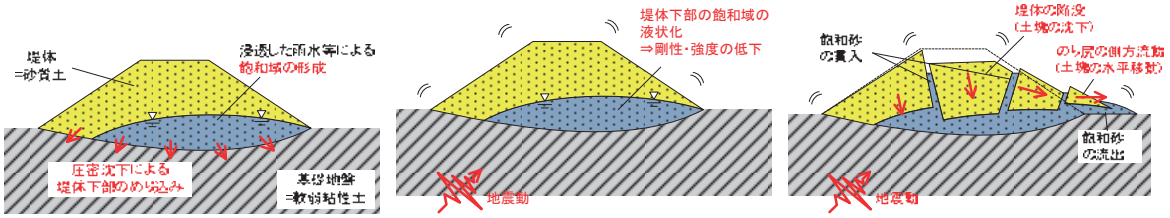
河川堤防を新設するための計画・設計・施工時の調査は、河川堤防を築堤する際に特に問題となる軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤を把握するとともに、堤防に使用する土質材料を把握するために実施する。軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤以外の地盤では、堤防の築堤に当たって問題になることが少ない。

軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤における留意事項は以下のとおりである。

１）軟弱地盤の場合

軟弱地盤上に河川堤防を築堤する場合、基礎地盤の強度が小さいときにはすべり破壊を生ずるおそれがある。また、堤防を築堤することができても、堤防の自重による軟弱層の圧密によって堤防に残留沈下が生じ、沈下が著しい場合には天端高不足によって堤防の機能が保持できなくなる場合もある。更に、周辺の地盤や構造物に対しても大きな変状を与える場合もある。

加えて、軟弱地盤上に砂質土によって築堤した場合、地震時に堤体の液状化により堤防に大きな変状が生じるおそれがある。圧密沈下により軟弱地盤が凹状になり、堤体下部の密度や拘束力の低下（ゆるみ）が生じるとともに、雨水等の浸透水が滞留しやすくなり堤体内に飽和した領域が形成されるためである。



（a）地震前　　（b）地震発生～液状発生　　（c）液状化発生～変状の進展

図15-2-1　堤体の液状化による被災メカニズム

２）液状化地盤の場合

ゆるい砂地盤のように液状化地盤上に河川堤防を築堤する場合、地震が発生した際に堤防の基礎地盤が液状化し、堤防が沈下・流動化するなど大規模な変状を生じるおそれがある。地震により堤防が沈下や変形等損傷した場合において河川の流水が河川外へ越流する場合もある。

３）透水性地盤の場合

透水性地盤上に河川堤防を築堤する場合には、洪水時のような異常な河川水位の上昇によって透水性地盤を通じて堤体の飽和度を増加させ浸潤面の発達を増加させる原因となり、のり滑りやパイピング等堤防及び堤内地に悪影響を及ぼすおそれがある。

＜標　準＞

河川堤防を新設するための計画・設計・施工時の調査は、次の調査を行うことを標準とする。

１）予備調査及び現地踏査
２）本調査（第１次）
３）軟弱地盤調査、液状化地盤調査、又は透水性地盤調査を主とした本調査（第２次）
４）盛土材の調査

本調査（第１次）において軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤の存在が判明した場合には、その影響を検討し、必要に応じて引き続き本調査（第２次）を実施するものとする。堤防付近の地盤が軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤でないことが予備調査及び現地踏査の結果判明した場合には、本調査を省略する。

なお、重複する部分が多い液状化地盤と透水性地盤の調査においては、効率的に調査を進めるため、同時に実施することが望ましい。

2．1．2　予備調査及び現地踏査

＜考え方＞

予備調査及び現地踏査は、河川堤防を築堤する地域の概括的な把握と地形、土質・地質等の状況を把握することを目的に実施する。

＜標　準＞

予備調査においては、堤防付近の既往の土質・地質調査資料を重点的に収集することを基本とする。

現地踏査においては、予備調査の結果に基づき、堤防天端中央付近の位置並びに付近一帯の地盤の表層の状況、特に地形、地質、土質、地下水、湧水、土地利用、植物の生長の状況等を調査することを基本とする。

＜推　奨＞

予備調査において既往の土質・地質調査資料を収集する際には、現在の地形図や空中写真、治水地形分類図あるいは旧版地形図、古い空中写真、災害記録や河川改修等工事記録も併せて収集することが望ましい。

予備調査によって収集した資料に基づき、概略の地質縦断図が描けることが望ましい。また、次に示すような個所に軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤が存在することが多いため注意して調査を実施することが望ましい。なお、特に、軟弱地盤上に砂質土を用いて築堤する場合には、堤体が液状化するおそれがあることにも留意する。

１）軟弱地盤の場合
a）　平坦な湿地帯、湿田地帯
b）　台地や山地に平坦な水田が入り込んでいる個所
c）　自然堤防や海岸、砂丘の後背個所
d）　既往の土質調査資料等から軟弱地盤の存在が知られている個所
e）　広域地盤沈下や既設構造物の沈下等の変状が発生している個所

２）液状化地盤の場合
a）　旧河道、旧水域の盛土地、埋立地、地下水位の浅い沖積低地及び台地
b）　既往の土質調査資料等から、均質な粒径でゆるい砂質地盤であり地下水位が浅く飽和している個所

c） 既往の災害調査資料から地震時に地盤の液状化が起こったことが報告されている個所

３）透水性地盤の場合

a） 河川の付近で、扇状地域、自然堤防地域、三角州地域等の名称でよばれている個所

b） 旧河道の締切り個所・旧落掘個所

c） 洪水時の河川の水位の上昇により、堤内地に湧水又は地下水位の上昇が認められる個所

d） 既往の土質調査資料から透水性地盤（砂礫層、砂質土層等）の存在が認められている個所

2．1．3　本調査（第１次）

＜考え方＞

本調査（第１次）は、築堤する河川堤防付近に主に縦断方向の地盤調査を実施し、軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤の存在を把握することを目的とする。

＜標　準＞

軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤の判定を行うために、予備調査及び現地踏査の結果を活用するとともに、ボーリング調査及びサウンディング試験を現地状況に応じて実施することを基本とする。更に、採取した試料により土の判別分類のための試験を実施し、これらの結果をまとめることを基本とする。また、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004）」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009）」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

＜推　奨＞

本調査（第１次）におけるボーリング調査、サウンディング試験、土質試験、結果のまとめと判定については、以下のとおり実施することが望ましい。

本調査における各種調査・試験等の調査位置や調査密度、範囲の目安を表 15-2-1 に示す。ただし、地盤構成が複雑な場合には、調査密度を増やす。

１）ボーリング調査及び標準貫入試験

地層構成の確認と試料採取を目的にボーリング調査を実施する。深さは支持層となる地盤の深さ（N値 30 以上の層が 3～5m程度連続して確認される深さ）までを目安とする。また、液状化が想定される地盤の判定のための深さは、基盤面(工学的な地震基盤で S 波速度が 300m/s 以上、又は粘性土層で N値 25 以上、砂質土層で N値 50 以上の地層)を確認できる深さまでを目安とするが、軟弱な土層が厚い場合など地盤種別の判定のために 25m程度を目安とする。ボーリング調査では、必要に応じサウンディング試験の一種である標準貫入試験を行う。

２）サウンディング試験（標準貫入試験を除く）

ボーリング調査を補完するために表層部の比較的軟らかい層を対象に、オランダ式二重管コーン貫入試験、又は、スウェーデン式サウンディング試験などを実施する。

３）土質試験

採取した試料を利用して、材料の観察と地層ごとに土の粒度試験、土の湿潤密度試験、土粒子の密度試験、土の含水比試験、土の液性限界・塑性限界試験方法、その他必要に応じて土の判別分類のための試験を実施する。

4）結果のまとめと判定

ボーリング調査結果及びサウンディング試験結果はあわせて、堤防法線付近に沿って 1/100 あるいは 1/200 の鉛直方向縮尺の土質縦断図を作成する。次に、本調査（第 1 次）のボーリング調査、サウンディング試験、土の判別分類のための試験結果を基に、軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤の判定を以下のとおり実施する。なお、判定の結果、軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤の複数に該当する場合には、調査に漏れがないよう留意する。

a） 軟弱地盤

軟弱地盤を構成する土は極めて多様であり、土層や土質によって適切な区分を行うことが難しいが、粘性土、有機質土の地盤では、本調査（第 1 次）の結果が、次のいずれかに該当する地盤に対しては、その影響を検討し、必要に応じて本調査（第 2 次）として軟弱地盤調査を実施する。なお、軟弱地盤調査については本章 第 2 節 2.1.4（2）軟弱地盤調査 によるものとする。

① 標準貫入試験による N値が 4 以下の地盤
② オランダ式二重管コーン貫入値が 300kN/m² 以下の地盤
③ スウェーデン式サウンディング試験において 1kN 以下の荷重で沈下する地盤

一方、軟弱層の基底は、以下の項目に該当するかを目安に判断してよい。

① 粘性土で N値 4～6 以上の層
② サウンディング結果では、粘性土で 1m 当たりの半回転数が 100 程度以上
③ オランダ式二重管コーン貫入試験では、粘性土では q_c=1,000kN/m² 程度以上、砂質土では 4,000～6,000kN/m² 程度以上

b） 液状化地盤

液状化地盤は、本調査（第 1 次）の結果が次に該当する地盤に対しては、その影響を検討し、必要に応じて本調査（第 2 次）として液状化地盤調査を実施する。なお、液状化地盤調査については、本章 第 2 節 2.1.4（3）液状化地盤調査 によるものとする。

① 沖積層のゆるい砂質土層

c） 透水性地盤

本調査（第 1 次）の結果が次のいずれかに該当する地盤に対しては、その影響を検討し、必要に応じて本調査（第 2 次）として透水性地盤調査を実施する。なお、ボーリング調査及び既往の土質調査資料から地盤に砂礫又は砂の層の存在が認められた場合に、透水性地盤と判定して本調査（第 2 次）を実施する。透水性地盤調査については、本章 第 2 節 2.1.4 （4）透水性地盤調査 によるものとする。

① 表層が砂礫又は砂の地盤
② 不透水性の薄い表層の下に、連続した砂礫層又は砂質土層が存在する地盤

表15-2-1　本調査（第１次及び第２次）の調査位置、調査密度の目安

調査段階	本　調　査 （第１次）	本　調　査　（第２次）		
調査の種類		軟弱地盤調査	液状化地盤調査	透水性地盤調査
ボーリング調査	頻度			
	堤防法線付近に沿って １個所/200m 程度	堤防法線付近に沿って １個所/100m 程度	堤防法線付近に沿って １横断/100m 程度 横断方向 表のり尻１個所 裏のり尻１個所	堤防法線付近に沿って １横断/100m 程度 横断方向 表のり尻１個所 裏のり尻１個所
	深度			
	支持層が確認されるまでとし，一般に計画堤防高の３倍程度まで	堤防の沈下が安定に影響を及ぼすと判断される軟弱層の深さまで	地震時に液状化が想定される層下端の深さまでとし，軟弱層（液状化が想定される層）が厚い場合には，地盤種別の判定ができる深さ25m程度まで	基礎地盤の上面から最低限 10m以上，連続した不透水層までまたは 20m まで
	主目的			
	土層構成の把握（軟弱地盤，液状化が想定される地盤，透水性地盤の把握），乱れた試料採取	土層構成の把握，乱れの少ない試料採取	土層構成の把握，乱れた試料採取	土層構成の把握，試料採取，現場透水試験実施
サウンディング試験	頻度			
	堤防法線付近に沿って １個所/50-100m	堤防法線付近に沿って １横断/20-50m 横断方向に堤防の大きさや地盤の広がりに応じ，　数個所/1 横断	堤防法線付近に沿って １横断/20-50m 横断方向に堤防の大きさや地盤の広がりに応じ，　数個所/1 横断	堤防法線付近に沿って １横断/20-50m 横断方向 数個所/1 横断
		深度		
		堤防の沈下や安定に影響を及ぼすと判断される軟弱層の深さまで	液状化が想定される層下端，または地盤種別の判定が可能な層まで	基礎地盤の上面から最低限 10m以上，連続した不透水層までまたは 20m まで
試料採取	平面的な頻度			
	堤防法線付近に沿って １個所/200m 程度	堤防法線付近に沿って １個所/100m 程度 規模の小さな軟弱地盤の場合は 代表点１個所	堤防法線付近に沿って １個所/100m 程度 規模の小さな液状化地盤の場合は 代表点で１個所	堤防法線付近に沿って １横断/100m 程度 横断方向 表のり尻１個所 裏のり尻１個所
	深度方向の頻度			
	コア試料 １個以上/1m 土質試験用試料 １個以上/2m または土層の変化が著しい場合 １個以上/土層	１個以上/2m または土層の変化が著しい場合 １個以上/土層	１個以上/2m または土層の変化が著しい場合 １個以上/土層 液状化が想定される層においてはペネ試料 １個/1m	１個以上/2m または土層の変化が著しい場合 １個以上/土層

調査段階	本　調　査 （第１次）	本　調　査　（第２次）		
調査の種類		軟弱地盤調査	液状化地盤調査	透水性地盤調査
現場透水試験	－	－	－	堤防法線付近に沿って １横断/100m 程度 横断方向 表のり尻１個所 裏のり尻１個所 深度方向 １個以上/土層
土質試験	深度方向の頻度			
	１個以上/2m または土層の変化が著しい場合 １個以上/土層	１個以上/2m または土層の変化が著しい場合 １個以上/土層	１個以上/2m または土層の変化が著しい場合 １個以上/土層 液状化が想定される層においては、物理試験を　１個/1m	１個以上/2m または土層の変化が著しい場合 １個以上/土層

＜関連通知等＞

1) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
3) JIS A 1219 標準貫入試験方法.
4) JIS A 1220 オランダ式二重管コーン貫入試験.
5) JIS A 1221 スウェーデン式サウンディング試験方法.
6) JIS A 1204 土の粒度試験方法.
7) JIS A 1225 土の湿潤密度試験方法.
8) JIS A 1202 土粒子の密度試験方法.
9) JIS A 1203 土の含水比試験方法.
10) JIS A 1205 土の液性限界・塑性限界試験方法.

2．1．4　本調査（第２次）

（１）　概要

＜考え方＞

本調査（第 2 次）は、河川堤防の築堤を計画・設計・施工するに当たり、予備調査及び現地踏査、本調査（第 1 次）において築堤計画区間の基礎地盤が軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤であることが判明した場合、これらの地盤の詳細を把握することを目的に、縦断方向に細かく地盤調査を実施するとともに、横断方向の地盤調査も実施する。

（２）　軟弱地盤調査

＜考え方＞

軟弱地盤調査は、予備調査及び現地踏査、本調査（第 1 次）によりその地盤の存在、概況及び規模が判明した軟弱層の土質、強度、圧密特性、広がり、支持層の厚さなどを明らかにすることを目的に実施する。

＜標　準＞

軟弱地盤調査においては、本調査（第 2 次）としてボーリング調査、サウンディング試験を現地状況に応じて実施するとともに、採取した試料による土質試験を実施し、これらの結果を取りまとめることを基本とする。

また、軟弱地盤の調査により地盤の状況が明らかとなり、地盤沈下とその対策並びに堤体の安定性について継続的な調査が必要と考えられる場合には、地盤沈下の観測を実施することを基本とする。

なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004)」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009)」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

＜推　奨＞

本調査（第 2 次）軟弱地盤調査におけるボーリング調査、サウンディング試験、土質試験、結果のまとめについては、以下のとおり実施することが望ましい。

各種調査・試験等の調査位置や調査密度、範囲の目安を表 15-2-1 に示す。ただし、地盤構成が複雑な場合には、調査密度を増やす。

１）ボーリング調査及び標準貫入試験・試料採取

地層構成の確認と乱れの少ない試料採取を目的にボーリング調査を実施する。ボーリング調査の深さは、本調査（第 1 次）結果より、すべりや沈下によって堤防の安定に影響を及ぼすと判断される軟弱層の深さまでとする。 ボーリング調査では、必要に応じサウンディング試験の一種である標準貫入試験を行う。

試料採取は、以下のように実施する。

a)　試料採取の方法

軟弱な粘土地盤の場合には、原則として固定ピストン式シンウォールサンプラー等を用いて乱れの少ない試料を採取する。軟弱粘土を連続的に採取する場合は、上記の採取法を繰り返して採取する。

b)　試料採取の位置

試料採取の位置は、軟弱地盤の規模、区分された各層の均一性や含水状態等を踏まえて設定し、地形的にみてひとつの軟弱地盤地域とみなせる範囲内では、少なくとも 2 地点以上での試料採取を実施する。

c)　試料採取の深さ

土層構造が複雑で、各土層 1 か所以上の試料採取が困難な場合には、層の類似性を考慮し、採取間隔を変えてもよい。なお、軟弱粘土の場合は一般に、N 値＜4～5 が試料採取が可能な硬さである。

２）サウンディング試験（標準貫入試験を除く）

ボーリング調査を補完するためにサウンディング試験を実施する。表層部の比較的軟らかい層を対象に、オランダ式二重管コーン貫入試験、スウェーデン式サウンディング試験などを実施する。なお、やや厚い砂層が分布あるいは挟在するところでは貫入能力の大きな動的貫入試験を行う。更に、粘性土層の中に砂層あるいは砂質土層が挟在し、地盤の排水条件が問題となる場合にはコーン貫入抵抗、貫入時発生間隙水圧、摩擦抵抗を測定できる電気式静的コーン貫入試験が有効である。

３）土質試験

現地の軟弱地盤の特性を定量的に把握するために採取した試料を利用して土質試験を実施する。層の類似性、区分された層の均一性、含水状態等土質の状態に応じて試験項目や試験間隔を変えてもよい。

a） 粘性土の場合

① 土の粒度試験：粒径加積曲線、有効径 D_{10},、均等係数 U_c、曲率係数 U'_cなど

② 土の含水比試験：含水比 w など

③ 土粒子の密度試験：土粒子の密度 ρ_s など

④ 土の湿潤密度試験：湿潤密度 ρ_t、乾燥密度 ρ_d、間隙比 e など

⑤ 液性限界・塑性限界試験：液性限界 w_L、塑性限界 w_p,、塑性指数 I_p など

⑥ 土の一軸圧縮試験：非排水せん断強さ s_u、鋭敏比 S_t など

⑦ 土の圧密試験：圧縮曲線、 圧密降伏応力 p_c、圧縮指数 C_c、体積圧縮指数 m_v、圧密係数 c_v など

⑧ 土の三軸圧縮試験：せん断抵抗角 ϕ', ϕ'_u, ϕ_{cu}, ϕ_d, 粘着力 c', c_u, c_{cu}, c_d

⑨ 土の透水試験：透水係数 k

⑩ その他の試験

b） 有機質土の場合（乱さない試料の採取が困難な泥炭などの場合）

① 土の含水比試験：含水比 w など

② 土粒子の密度試験：土粒子の密度 ρ_s など

③ 土の圧密試験：圧縮曲線、 圧密降伏応力 p_c、圧縮指数 C_c、体積圧縮指数 m_v、圧密係数 cv など

④ 土の強熱減量試験：強熱減量 L_i

⑤ その他の試験

４）結果のまとめ

ボーリング調査、サウンディング試験及び室内試験の結果を利用して、堤防付近に沿って軟弱地盤の土質、層厚、深さ方向の強度変化などが分かるように 1/100 あるいは 1/200 程度の鉛直方向縮尺の土質縦断図を作成する。横断方向についても同様な土質横断図を作成する。また、土質試験の結果は、深さ方向の含水比、土粒子の密度、湿潤密度、間隙比、非排水せん断強さ、圧密降伏応力、圧密係数、粘着力等の変化が分かるように整理し図示する。

５）地盤沈下の観測

地盤沈下地帯における地盤沈下状況の観測では、堤防法線付近に設置した水準点による水準測量と、沈下計による沈下量観測及び観測井における地下水位測定を必要に応じて以下のとおり行う。また、地盤沈下の原因として帯水層の水圧ポテンシャルの低下が考えられ場合には、その挙動を沈下観測と同時に明らかにする。なお、地下水調査については第 2 章 水文・水理観測 第 6 節 地下水観測 によるものとする。

a） 測定点の配置

測定点は、次のとおり配置する。

水準点：堤防上 1 km間隔を目安

沈下計：各河川において沈下量が最も大きいと予想される地点

観測井：沈下計と同一個所のほか、地盤状況に応じて沈下に関与すると考えられる帯水層の地下水位が測定できるような個所

地下水の帯水層が2つ以上の独立した層からなる場合にはそれぞれの帯水層の地下水位(間

隙水圧）が測定できるような観測井を設ける。 特に地盤沈下が問題になる地域では水準点の間隔を 200m 程度まで縮小し、堤内地等にも設置する。また、流域面積の大きな河川や地形条件が複雑な場合においては、複数の沈下計の設置も検討する。

b） 観測施設の構造

観測施設の構造は、次のとおりとする。

水準点：堤防天端付近に設置するものとし、地中に十分深く埋め込まれた石又はコンクリート製の柱状のもので、その上部に真ちゅう製の標点を付けたもの。

沈下計：二重管式基準鉄管を用いたものとし、鉄管下端は地盤沈下を生じない地層にまで到達させておくものとする。沈下は自記記録装置に記録できるもの。

観測井：フロートと自記記録装置により地下水位が測定できる構造のもの。

c） 観測の頻度

観測の頻度は、あらかじめ算出した沈下予測に基づき観測間隔を設定し、水準測量においては 1～3 か月に 1 度ずつ定められた日に定期的に実施する。なお、沈下の相対量が大きい施工直後は密に観測する。沈下計による沈下量、観測井における地下水位調査においては、自記記録装置により、継続的に観測する。設置場所が、以下の条件に適合することを確認する。

① おおむね 10m四方以上の広さの開放された土地であって、局所的な気流の変化が少ないこと

② 湛水するおそれがないこと

③ 観測や巡回点検に便利であること

＜関連通知等＞

1） 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.

2） 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.

3） JIS A 1219 標準貫入試験方法.

4） JGS 1221 固定式ピストン式シンウォールサンプラー.

5） JIS A 1220 オランダ式二重管コーン貫入試験.

6） IS A 1221 スウェーデン式サウンディング試験.

7） JGS 1435 電気式静的コーン貫入試験.

8） JIS A 1204 土の粒度試験方法.

9） JIS A 1203 土の含水比試験方法.

10） JIS A 1202 土粒子の密度試験方法.

11） JIS A 1225 土の湿潤密度試験方法.

12） JIS A 1205 土の液性限界・塑性限界試験方法.

13） JIS A 1216 土の一軸圧縮試験方法.

14） JIS A 1217 土の段階載荷による圧密試験方法.

15） JGS 0520～0524 土の三軸圧縮試験.

16） JGS 0560,0561 土の一面せん断試験.

17） JIS A 1218 土の透水試験方法.

18） JIS A 1217，1227 土の圧密試験.

19） JIS A 1226 土の強熱減量試験方法.

（３） 液状化地盤調査

＜考え方＞

液状化地盤調査は、本調査（第 1 次）によりその地盤の存在、概況及び規模が判明した液状化が想定される層の土質、厚さ、液状化抵抗等を明らかにするために実施する。

＜標　準＞

液状化地盤調査においては、本調査（第 2 次）としてボーリング調査、サウンディング試験を現地状況に応じて実施するとともに、採取した試料による土質試験を実施し、これらの結果をまとめることを基本とする。

なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004)」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009)」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

＜推　奨＞

本調査（第 2 次）液状化地盤におけるボーリング調査、サウンディング試験、土質試験、結果のまとめについては、以下のとおり実施することが望ましい。各種調査・試験等の調査位置や調査密度、範囲の目安を表 15-2-1 に示す。ただし、地盤構成が複雑な場合には、調査密度を増やす。

１）ボーリング調査及び標準貫入試験・試料採取

地層構成の確認と乱れた試料採取を目的にボーリング調査を実施する。深さは本調査（第 1 次）結果に基づき液状化による被害が想定される層が判定できる深さまで実施する。 ボーリング調査では、必要に応じサウンディング試験の一種である標準貫入試験を行う。

試料採取は以下に示すように実施する。

a） 試料の採取方法

標準貫入試験により採取した試料を用いて、土の粒度試験等の物理試験を実施する。ただし、液状化に関して動的解析等高度な検討のために土の繰返し非排水三軸試験を行う場合には、チューブサンプリングにより乱さない試料を採取することは困難な場合が多いことから、凍結サンプリング等、試料の乱れの影響を受けにくい方法を検討することが望ましい。

b） 調査の採取位置

堤防横断方向での詳細検討時には、堤防両のり尻付近で各 1 か所ずつ採取する。

c） 試料採取の深さ

液状化が想定される土層においては、細粒分含有率 *FC* を把握するため、試料採取の深さは 1.0m ごとに 1 試料採取する。これは、簡易式による液状化の判定においては、その結果が *N* 値とともに細粒分含有率 *FC* によっても大きく変わることや、粒度試験結果のばらつきが大きいためである。

２）サウンディング試験（標準貫入試験を除く）

ボーリング調査の補完のために、スウェーデン式サウンディング試験等を実施する。

３）土質試験

現地の液状化地盤の特性を定量的に把握することを目的に採取した試料を利用して土質試験を実施する。更に、液状化の発生が想定される層においては、深さ方向に 1.0m に 1 か所の間隔を目安に粒度試験を実施する。

a)　砂質土・礫質土の場合

①　土の粒度試験：粒径加積曲線、50%粒径 D_{50}、有効径 D_{10}、細粒分含有率 FC など

②　土の含水比試験：含水比 w など

③　土粒子の密度試験：土粒子の密度ρ_sなど

④　土の湿潤密度試験：湿潤密度ρ_t、乾燥密度ρ_d、間隙比 e など

⑤　液性限界・塑性限界試験：液性限界 w_L、塑性限界 w_p、塑性指数 I_p など

b)　粘性土の場合

①　土の粒度試験：粒径加積曲線、有効径 D_{10}、均等係数 U_c、曲率係数 U'_c など

②　土の含水比試験：含水比 w など

③　土粒子の密度試験：土粒子の密度ρ_sなど

④　土の湿潤密度試験：湿潤密度ρ_t、乾燥密度ρ_d、間隙比 e など

⑤　液性限界・塑性限界試験：液性限界 w_L、塑性限界 w_p、塑性指数 I_p など

⑥　土の一軸圧縮試験：非排水せん断強さ s_u、鋭敏比 S_t など
なお、動的解析など高度な検討を行う場合には、必要に応じて凍結サンプリング等により液状化層から採取した乱れの少ない試料を用いた土質試験を追加で行う。

⑦　土の繰返し非排水三軸試験：液状化強度 R など

4）結果のまとめ

ボーリング調査、サウンディング試験及び室内試験の結果を利用して、堤防天端中央付近に沿って液状化地盤の土質区分、層厚、深さ方向の変化等が分かるように 1/100 あるいは 1/200 程度の鉛直方向縮尺の土質縦断図を作成する。横断方向についても同様の土質横断図を作成する。また、土質試験の結果は、深さ方向の含水比、土粒子の密度、湿潤密度、間隙比、細粒分含有率等の変化が分かるように整理し図示する。

＜関連通知等＞

1)　地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
2)　地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
3)　JIS A 1219 標準貫入試験方法.
4)　JIS A 1221 スウェーデン式サウンディング試験方法.
5)　JIS A 1204 土の粒度試験方法.
6)　JIS A 1203 土の含水比試験方法.
7)　JIS A 1202 土粒子の密度試験方法.
8)　JIS A 1225 土の湿潤密度試験方法.
9)　JIS A 1205 土の液性限界・塑性限界試験方法.
10)　JIS A 1216 土の一軸圧縮試験方法.
11)　JGS 0541 土の繰返し非排水三軸試験.
12)　JIS A 1218 土の透水試験方法.
13)　JIS A 1217，1227 土の圧密試験.
14)　JIS A 1226 土の強熱減量試験方法.

（4）　透水性地盤調査

＜考え方＞

透水性地盤調査における本調査（第 2 次）は、本調査（第 1 次）によりその存在、概況及び規模が判明した透水層の土質、厚さ、広がり、透水性などを明らかにするために実施する。

＜標　準＞

透水性地盤調査においては、本調査（第 2 次）としてボーリング調査、サウンディング試験を現地状況に応じて実施するとともに、採取した試料による土質試験を実施し、これらの結果をまとめることを基本とする。

なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004)」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009)」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

＜推　奨＞

本調査（第 2 次）液状化地盤におけるボーリング調査、サウンディング試験、土質試験等の結果のまとめについては、以下のとおり実施することが望ましい。各種調査・試験等の調査位置や調査密度、範囲の目安を表 15-2-1 に示す。ただし、地盤構成が複雑な場合には、調査密度を増やす。

１）ボーリング調査及び標準貫入試験・試料採取

ボーリング調査は、地層構成の確認と乱れた試料採取を目的として実施するものである。ボーリング調査では、必要に応じサウンディング試験の一種である標準貫入試験を行う。また、ボーリング調査の結果できた孔は、現場透水試験の実施のための単孔として利用することもできる。

試料採取は、以下に示すように実施する。試料採取は、地盤の透水性を評価するために行うもので、乱れた試料で全体状況を把握する。更に、詳細な試験を行うため乱れの少ない試料を採取する場合もある。

a)　試料採取の方法

通常は、ボーリング調査に併用する標準貫入試験とともに乱れた試料を採取する。必要に応じてサンドサンプラーにより乱れの少ない試料を採取する。

b)　試料採取の位置

横断方向には表・裏各のり尻 1 か所ずつとする。

c)　試料採取の深さ

試料採取の最大深さは、透水性地盤では、原則として不透水性地盤まで実施することが望ましいが、透水層が厚い場合は、地表面より最大 10m から 15m までとする。しかし、土層構造が複雑な場合には、各層の類似性を考慮し、採取間隔を変える。

２）サウンディング試験（標準貫入試験を除く）・原位置試験

サウンディング試験は、ボーリング調査の補完のための地層構成の確認と試料採取を目的として実施するものである。サウンディング試験は、現地状況や目的に応じてオランダ式二重管コーン貫入試験、スウェーデン式サウンディング試験等を実施する。

原位置試験についても、現地状況に応じて調査位置、調査密度を適切に設定し、現地における浸透水の状況を把握することを目的として実施する。単孔を利用した透水試験方法による現場透水試験は透水性地盤を構成している土層ごとに実施する。

また、必要に応じ、本調査に用いたボーリング孔、隣接地の民家の井戸、新たに設置した観測井などを利用して、地下水変動調査を実施する。調査を行う場合、観測地点としては、地下水の等水位曲線が描ける程度の数を選定する。

３）土質試験

現地の透水性地盤の特性を定量的に把握することを目的に採取した試料を利用して土質試験を実施する。ただし、層の均一性並びに採取した量を考慮し、土質の状態に応じて試験項目や試験間隔を変えてもよい。透水試験は、現場の密度に近い状態に突き固めて行う。

a) 土の粒度試験：粒径加積曲線、有効径 D_{20} 又は D_{10}、均等係数 U_c、曲率係数 U'_c 等
b) 土の含水比試験：含水比 w など
c) 土粒子の密度試験：土粒子の密度 ρ_s など
d) 土の湿潤密度試験：湿潤密度 ρ_t、乾燥密度 ρ_d、間隙比 e など
e) 土の透水試験：透水係数 k
f) その他の試験

4）結果のまとめ

ボーリング調査、サウンディング試験及び土質試験の結果を利用して、堤防法線付近に沿って透水性地盤の位置、層厚、広がり、透水性等が分かるように 1/100 あるいは 1/200 程度の鉛直方向縮尺の土質縦断図を作成する。横断方向についても同様の土質横断図を作成する。また、土質試験の結果は、深さ方向の含水比、土粒子の密度、湿潤密度、間隙比、透水係数、細粒分含有率などの変化が分かるように整理し図示する。地下水変動調査の結果については、その観測地点と水頭を河川平面図（1/1,000～1/5,000 程度で、標準 1/2500）に記入し、地下水の等水位曲線を求めるものとする。各観測地点の水位時間曲線も併せて整理してそれを図示する。

＜関連通知等＞

1) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
3) JIS A 1219 標準貫入試験方法.
4) JIS A 1220 オランダ式二重管コーン貫入試験.
5) JIS A 1221 スウェーデン式サウンディング試験方法.
6) JIS A 1204 土の粒度試験方法.
7) JIS A 1203 土の含水比試験方法.
8) JIS A 1202 土粒子の密度試験方法.
9) JIS A 1225 土の湿潤密度試験方法.
10) JIS A 1216 土の一軸圧縮試験方法.
11) JIS A 1217 土の段階載荷による圧密試験方法.
12) JGS 0520～0524 土の三軸圧縮試験.
13) JGS 0560,0561 土の一面せん断試験.
14) JIS A 1218 土の透水試験方法.
15) JIS A 1217, 1227 土の圧密試験.
16) JIS A 1226 土の強熱減量試験方法.

2. 1. 5　盛土材の調査

＜考え方＞

河川堤防が降雨や洪水時の浸透水の影響、地震時の堤体液状化の影響等により変状を生じないように、粒度分布の広い良質な土質材料を選定し、施工においては適切な含水比で、十分に締め固める必要がある。

＜標　準＞

河川堤防の堤体材料選定のための土質・地質調査は、次の調査を行うことを標準とする。

１）予備調査及び現地踏査
２）本調査

なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004)」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009)」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

＜推　奨＞

予備調査及び現地踏査、本調査を実施する際には、以下のとおり実施することが望ましい。

なお、強度の小さい軟弱な粘性土、透水性の高い砂又は砂質土・礫質土又は軟岩などは、一般に河川堤防の堤体材料として適当ではないが、やむを得ず使用する場合もあり、これらの材料については特に注意して調査を行う必要がある。

１）予備調査及び現地踏査

土取場予定地の概括的な把握と堤体材料として選定を行うための土質・地質等の状況の把握を目的として予備調査及び現地踏査を実施する。

予備調査においては、本章 第 1 節 1.2 調査の手順 １）予備調査 を参照するほか、特に、土取場予定地付近の地形、地質及び土質に関する資料を重点的に収集し、現地踏査のための資料とする。

現地踏査においては、土取場予定地の露頭調査及びポータブルコーン貫入試験等により簡単な原位置貫入試験を行い、河川堤防の材料選定のための資料とする。

２）本調査

本調査は、材料の良否、施工機械の施工性、締固めの難易の把握等を目的として実施する。土取場予定地において必要に応じ、サウンディング試験・原位置試験・試料採取を現地状況に応じて実施するとともに、採取した試料により土質試験を実施し、結果のまとめを実施する。

なお、高品質な河川堤防を築堤するために、必要に応じて試験施工も実施するとともに、施工管理に関わる原位置試験についても適切に実施する。

a)　サウンディング試験・原位置試験・試料採取

サウンディング試験では、土取場予定地の土質・地質状況の把握を目的として実施する。土取場予定地が土である場合はポータブルコーン貫入試験等を、軟岩の場合には弾性波探査等を実施する。また、必要に応じて砂置換法による土の密度試験方法の測定等を行って、現場密度を求める。

また、土取場予定地の試料を、オーガーボーリング、機械ボーリング、手掘等により各土層から少なくとも１個以上採取する。なお、均一な土層であっても掘削範囲が広い場合には 500 ㎡に１か所の間隔を目安に試料を採取する。

b)　土質試験

土取場予定地の土質特性を定量的に把握することを目的に採取した試料を利用して土質試験を実施する。必要に応じて次に示す土質試験を実施する。

① 土の粒度試験：粒径加積曲線，有効径 D_{10}，均等係数 U_c，曲率係数 U'_c など
② 土の含水比試験：含水比 w など
③ 土粒子の密度試験：土粒子の密度 ρ_s など
④ 液性限界・塑性限界試験：液性限界 w_L，塑性限界 w_p，塑性指数 I_p など
⑤ 突固めによる土の締固め試験：最適含水比 w_{opt}、最大乾燥密度 ρ_{max}
⑥ 締固めた土のコーン指数試験：コーン指数 q_c
⑦ その他の試験

３）結果のまとめ

予備調査及び現地踏査並びに本調査の結果は、土取場予定地の土量計算ができる精度の地形図に整理する。

また、サウンディング試験・原位置試験並びに土質試験結果により、1/100 あるいは 1/200 程度の鉛直方向縮尺の土質横断図を作成する。更に、土質試験及び原位置試験の結果は、それぞれの土質について整理する。

４）試験施工

所定の締固め度を満足する転圧回数を見いだすため、必要に応じて試験施工を実施する。試験施工の規模は現場の条件を考慮して設定する。試験施工を行う場合には、転圧回数 N=2、4、6、8、10 回において砂置換法による土の密度試験、RI 計器による土の密度試験、ポータブルコーン貫入試験、表面沈下量等の測定を行うことを標準とする。なお、測定点数は図 15-2-2、表 15-2-2 を目安とする。

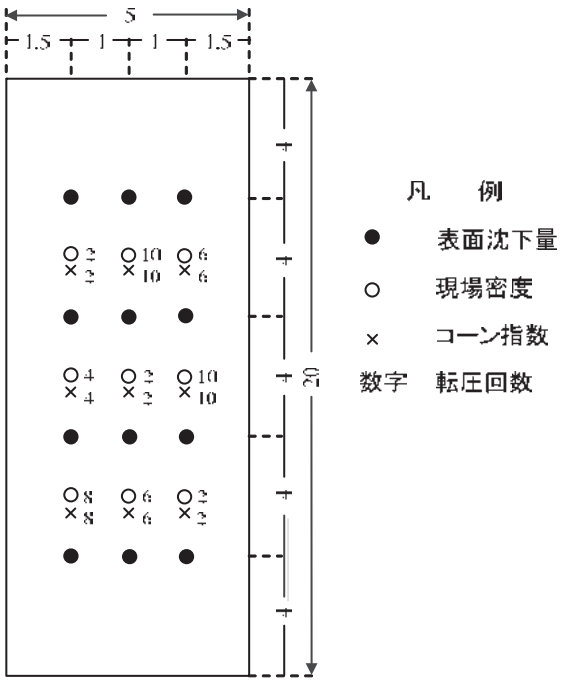


図15-2-2　試験施工の測定項目と測点位配置の一例

表15-2-2　試験施工における一般的な測定項目と測定頻度

試験盛土寸法	表面沈下量	現場密度	コーン指数
	測定点数	測定点数	測定点数
5m×20m	12	9	9

5）施工管理

施工した堤体の品質を確保するため、施工管理を実施する。施工管理では、砂置換法による土の密度試験方法、RI 計器による土の密度試験方法等を実施する。

＜関連通知等＞

1)　地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
2)　地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
3)　JGS 1431 ポータブルコーン貫入試験.
4)　JIS A 1204 土の粒度試験方法.
5)　JIS A 1203 土の含水比試験方法.
6)　JIS A 1202 土粒子の密度試験方法.
7)　JIS A 1205 土の液性限界・塑性限界試験方法.
8)　JIS A 1210 突固めによる土の締固め試験方法.
9)　JGS A 0716 締固めた土のコーン指数試験.
10)　JIS A 1214 砂置換法による土の密度試験方法.
11)　JGS 1614 RI 計器による土の密度試験.

2．2　既設の河川堤防の安全性照査時の調査

2．2．1　調査方針

＜考え方＞

既設の河川堤防の安全性照査のための土質・地質調査は、洪水時における浸透や地震など想定する外力に対する堤防の弱点個所の抽出及び補強手法の検討を目的として実施する。

河川堤防は長い歴史の中で順次築堤されてきた構造物であることから、堤体の土層構成が複雑であり、強度が不均一である。そのため、顕在化していない弱点個所の把握等を目的として、堤体土構造と基礎地盤の土質・地質等を明らかにすることが重要となる。また、総合的に安全性を判断するため、高水敷の有無、堤内地盤高、漏水等の被災履歴、既設対策工の有無、構造物とその周辺の変状等にも着目する必要がある。

＜標　準＞

河川堤防の整備状況やその目的に応じ、適切かつ十分な資料を得られるよう、次の調査を行うことを標準とする。

１）予備調査及び現地踏査
２）本調査

なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004)」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009)」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

2．2．2　予備調査及び現地踏査

＜考え方＞

予備調査及び現地踏査は、既設の河川堤防が存在する地域の概括的な把握と地形、土質・地質等の特性の把握を目的として行う。

＜標　準＞

予備調査においては、既設の河川堤防付近に沿って既往の土質・地質調査資料を重点的に収集するとともに、旧地形、堤防の築堤・被災の履歴、高水敷や既設対策工の有無、構造物とその周辺の変状、河道特性や堤内地盤高（洪水氾濫区域）等の資料を収集することを基本とする。

現地踏査は、堤防の位置並びに付近一帯において本章 第２節 2.1.2 予備調査 及び現地踏査と同様の調査を実施するとともに、予備調査の結果を確認することを基本とする。

予備調査及び現地踏査の結果を用いて、地形・地盤条件、堤防構造、被災履歴、既設対策工、河道特性や洪水氾濫区域等が同一、又は類似する区間である一連区間を設定するものとする。

2．2．3　本調査

＜考え方＞

本調査は、洪水時の浸透や地震等想定する外力に対する堤防の弱点個所である代表断面を選定し、選定された代表断面について堤体土構造と基礎地盤の状況を把握することを目的に実施する。

河川堤防設計指針や河川構造物の耐震性能照査指針にしたがって実施する照査や設計等における調査結果の利用を踏まえ、適切な調査計画を策定することが重要である。

＜標　準＞

本調査においては、一連区間を堤防の機能及び安全性が同程度とみなせる区間ごとに細分化し、細分化した区間において代表断面を選定するために、堤防縦断方向の調査を実施し、選定された代表断面において堤防横断方向の調査を実施することを基本とする。

本調査の堤防縦断方向及び横断方向の土質調査では、調査目的等を十分に把握した上で、現地状況に応じて適切に調査位置、調査方法、調査密度等を設定しボーリング調査及びサウンディング試験を実施するとともに、採取した試料により土質試験を実施し、調査結果を土質縦・横断図に取りまとめることを基本とする。

＜推　奨＞

本調査の堤防縦断方向及び堤防横断方向の土質調査の調査位置及び調査密度は、現地状況や堤防の規模、堤体並びに基礎地盤の土質構成の複雑さにより異なるが、その目安を表 15-2-3 に示す。

堤防の築堤・被災履歴や既往のボーリング調査結果等から、堤体及び基礎地盤の土質構成が複雑な場合には、ボーリング調査を追加で行うことや、ボーリング調査地点を補完するようサウンディング等の調査を行うことが望ましい。

堤体の液状化等の液状化特性把握のための地盤調査では、液状化の可能性のある砂質土の位置・強度を把握するだけでなく、地下水位を的確に把握することが重要であるため、地下水位を確認するまで無水ボーリングとすることが望ましい。

重複する部分が多い透水特性と液状化特性の調査においては、効率的に調査を進めるため、同時に実施することが望ましい。

表15-2-3　本調査の標準的な位置と密度

調査段階 調査の種類	本　調　査 （堤防縦断方向）	本　調　査　（堤防横断方向） 液状化特性把握のための地盤調査	透水特性把握のための地盤調査
ボーリング調査	頻度		
	透水特性把握のための調査では，堤防付近に沿って 1個所/1～2km程度 液状化特性把握のための調査では，堤防付近に沿って 1個所/4～500m程度	一連区間で液状化に対して条件が厳しい地点を選定 横断方向 表のり尻付近1個所 天端　1個所 裏のり尻付近1個所	一連区間で浸透に対して条件が厳しい地点を選定 横断方向 表のり中央付近1個所 天端　1個所 裏のり中央付近1個所
	深度		
	液状化特性把握のため 支持層が確認される深さまで 透水特性把握のため 基礎地盤の上面から10m程度の深さまで	地震時に液状化が想定される層下端の深さまでとし，軟弱層（液状化が想定される層）が厚い場合には，地盤種別の判定ができる深さ25m程度まで	基礎地盤の上面から最低限10m以上，連続した不透水層までまたは20mまで
	主目的		
	土層構成の把握（液状化が想定される地盤，透水性地盤の確認），乱れた試料採取	土層構成・地下水位の把握，乱れた試料採取が主目的	層構成の把握，試料採取，現場透水試験実施が主目的
サウンディング試験	頻度		
	天端中央付近に沿って 1個所/50-100m	横断方向に堤防の大きさや地盤の広がりに応じ， 数個所/1横断	横断方向に堤防の大きさや地盤の広がりに応じ， 数個所/1横断
		深度	
		液状化が想定される層下端，または地盤種別の判定が可能な層まで	
試料採取	平面的な頻度		
	天端中央付近に沿って 1個所/200m程度	横断方向 表のり尻付近1個所 天端　1個所 裏のり尻付近1個所	横断方向 表のり中央付近1個所 天端　1個所 裏のり中央付近1個所
	深度方向の頻度		
	1個以上/2m または土層の変化が著しい場合　1個/土層	1個以上/2m または土層の変化が著しい場合　1個/土層 液状化が想定される層において　1個以上/1m	1個以上/2m または土層の変化が著しい場合　1個/土層
現場透水試験	－	－	横断方向 表のり中央付近1個所 裏のり中央付近1個所 深度方向 1個以上/土層

－

調査段階	本　調　査 （堤防縦断方向）	本　調　査　（堤防横断方向）	
調査の 種類		液状化特性把握のための 地盤調査	透水特性把握のための 地盤調査
土質試験	深度方向の頻度		
	1 個以上/2m または土層の変化が著しい場合 1 個/土層	1 個以上/2m または土層の変化が著しい場合 1 個/土層 液状化が想定される層においては物理試験を 1 個以上/1m	1 個以上/2m または土層の変化が著しい場合 1 個/土層

＜関連通知等＞

1) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
3) JIS A 1219 標準貫入試験方法.
4) JIS A 1220 オランダ式二重管コーン貫入試験.
5) JIS A 1221 スウェーデン式サウンディング試験方法.
6) JIS A 1204 土の粒度試験方法.
7) JIS A 1203 土の含水比試験方法.
8) JIS A 1202 土粒子の密度試験方法.
9) JIS A 1225 土の湿潤密度試験方法.
10) JIS A 1205 土の液性限界・塑性限界試験方法.
11) JIS A 1216 土の一軸圧縮試験方法.
12) JIS A 1218 土の透水試験方法.
13) JGS 1314 単孔を利用した透水試験.
14) JGS 0541 土の繰返し非排水三軸試験.
15) 河川堤防設計指針，平成 14 年 7 月 12 日，国河治第 87 号，国土交通省河川局治水課長，最終改正：平成 19 年 3 月 23 日国河治第 192 号.
16) 河川構造物の耐震性能照査指針，平成 24 年 2 月 3 日，国水治第 118 号，国土交通省水管理・国土保全局治水課長通達.

＜参考となる資料＞

既存の河川堤防の安全性照査時の調査については、下記の資料が参考となる。

1) (財)国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き，2002.

2. 3　河川堤防の被災時の調査

＜考え方＞

河川堤防の被災原因を把握するための土質・地質調査は、豪雨や出水、地震等による被災原因の把握と復旧策の検討等の目的に応じ、これまで蓄積された調査データと併せ、適切かつ十分な資料を得ることを目的に実施する。

「河川堤防設計指針」や「河川構造物の耐震性能照査指針」等における調査結果の利用を踏まえ、適切な調査計画を策定することが重要である。

＜標　準＞

被災が発生した堤体、基礎地盤及びその周辺を対象に、次の調査を行うことを標準とする。

１）予備調査及び現地踏査
２）本調査

本調査においては、被災の状況及び想定される発生メカニズムに応じて、適切な調査や解析を実施するものとする。
なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004)」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009)」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

＜推　奨＞

予備調査においては、被災前後の河川水位及び降雨の状況、堤防の諸元、堤防の築堤・被災の履歴、堤体と基礎地盤の土質、高水敷の有無、堤内地盤高、旧地形、既設対策工の有無、構造物とその周辺の変状、堤防開削調査結果等を調べることが望ましい。また、地震については、震央や規模等の地震の諸元、被災個所近傍の震度や加速度等の地震動の強さを調べておくとよい。
現地踏査においては、被災の規模・形態、被災後の断面形状、発生経緯、周辺地盤や周辺構造物の変状等を確認するとともに、被災当時の状況や既往の被害等について聞き取り調査を実施することが望ましい。
堤防を開削する場合には、土質調査と併せて、本章 第２節 2.4 河川堤防開削時の調査 を実施することが望ましい。
構造物周辺の堤防被災の際には、本章 第３節 3.2 河川構造物の新設時の調査 に示す構造物の変状を把握するための調査も併せて実施することが望ましい。

＜例　示＞

１）代表的な調査と解析

a)　土質調査
被災状況や想定される被災メカニズムを考慮し､本章の第２節 河川堤防の土質地質調査 を参考に調査位置、調査方法、調査密度等を適切に設定し、ボーリング調査やサウンディング試験を実施するとともに、採取した試料により土質試験を実施する。
たとえば、浸透による堤防被災において、堤防がすべり等の被害を受けた場合は堤体の土質調査を、基礎地盤がパイピング等の被害を受けた場合は基礎地盤の土質調査を実施する。軟弱地盤で発生する堤防の沈下や地震による被災では、軟弱層や液状化した層を把握するため、基礎地盤等の土質調査を行うことが考えられる。

b)　浸透流解析・円弧すべり解析
浸透流解析は、堤体あるいは堤防地盤の漏水の調査・検討の手段として実施されるものであり、既設堤防における漏水現象の発生機構を検証するとともに対策工法の効果を確認するための解析である。有限要素法（FEM）による断面二次元飽和・不飽和非定常浸透流解析が広く行われているが、矢板や堰を迂回する浸透水の流れ等を扱う場合等では、必要に応じて平面二次元若しくは準三次元の解析も併せて行われる。解析には堤体及び基礎地盤の土質構造の適切なモデル化、土質物性値の設定、初期地下水位、初期飽和度、堤内地地下水位の遠方境界条件の設定、降雨・河川水位の外力設定等、解析結果に大きな影響を与える重要な事項

を適切に設定する必要がある。

c) 圧密沈下解析

圧密沈下解析は、堤防の変状及び沈下量を把握するための検討の手段として実施されるものであり、既設堤防の現況の沈下量を検証するとともに今後の沈下量の予測及びその対策工の効果を確認するための解析である。堤防の沈下量は一次元解析と有限要素法（FEM）による二次元解析手法があり、詳細な検討や堤防の変状も併せて検討を行う場合に FEM 解析が用いられる。なお、解析には堤体及び基礎地盤の土質構造の適切なモデル化、初期間隙比等の土質物性値の設定等、解析結果に大きな影響を与える重要な事項を適切に設定する必要がある。

d) 地震時地盤変形解析

地震時地盤変形解析は、堤防基礎地盤の液状化に伴う堤防の変形量を把握するための検討の手段として実施されるものであり、既設堤防の地震後の変形量を検証するとともに対策工の効果を確認するための解析である。堤防の変形量は有限要素法（FEM）等による解析手法を用い、その手法には静的解析と動的解析がある。解析に必要な数多くのパラメータを各種土質試験により把握した上で、地震動に対するより複雑な挙動を解析することができる動的解析を用いる場合もあるが、一般的には、少ない地盤定数である程度の解析精度を有する静的解析手法により堤防の変形量を把握することが可能である。いずれの解析においても、特に基礎地盤の液状化層が浅い位置にある場合や堤体自体の液状化が疑われる場合には、ボーリング調査において地下水位が確認できるまで無水掘りを行うなど、地下水位をできるだけ正確に把握する必要がある。

なお、被災原因調査のための地盤変形解析では、凍結サンプリング等による乱れの少ない試料を採取し、土質試験により対象層のより正確な液状化強度を把握することが望ましい。

2）河川堤防の主な被災の形態とそのメカニズム

被災時の調査の計画、実施に当たっては．以下の a)～i)に示す河川堤防の主な被災の形態とそのメカニズムを参考にするとよい。

a) 浸透による堤防被災

① 雨水、流水の浸透による堤防強度の低下に起因する堤防決壊

流水及び雨水の堤体への浸透によって、堤体内の浸潤線が上昇しそれによって堤体重量の増加と、堤体土のせん断抵抗低下により、堤体の安定を保持できずに、堤防が崩壊するものである。

② パイピング、ボイリング

川の水位が上昇し堤内水位との水位差が大きくなってくると、堤体又は基礎地盤に河川水が浸透する。この浸透流が土粒子の限界流速を超えると地下侵食（浸透破壊）が生じ地盤内に空洞が形成（パイピング）され、その拡大によって堤防が陥没し決壊に至る。ボイリングは浸透流上部の地盤が、浸透圧によって上部地盤の荷重を超えて土砂と水を噴出し堤防決壊に至るものである。

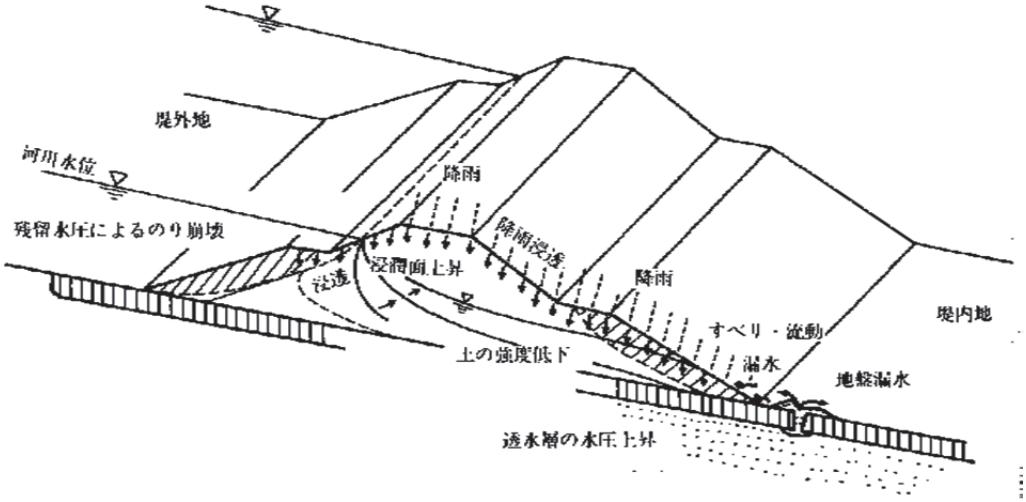


図15-2-3　堤防への降雨、河川水の浸透と漏水

b)　洗堀による堤防被災

①　堤防の直接侵食

河道内の流水によって堤防が直接侵食を受け決壊するものである。

また、河道の水位が上昇する前の降雨によってガリ侵食が発生し、その後水位が上昇し、河道内の流水の作用によって決壊に至る場合もある。

②　高水敷横侵食進行による堤防決壊

低水路河岸の洗堀から高水敷の横侵食を経て、堤防決壊に至るものである。

c)　越水による堤防被災

流水の越流によって起こる川裏堤脚部や裏のり肩部からの洗堀や、裏のり面の侵食作用によって堤防が決壊するものである。

d)　構造物周辺の堤防被災

①　樋管周辺の空洞化による堤防被災

樋管等管体周辺に発生する空洞によって水みちが形成され、流水の浸透作用を容易にし大量の漏水によって堤防が決壊するものである。

②　樋管の継手、クラック等からの吸い出しによる堤防被災

樋管の変位によって生ずる伸縮継手の止水板破断や管体のクラックから、管内流水の吸い出しによって、堤体に空洞が生じ陥没することによって起こる堤防被災である。

e)　地震による被災

地震による堤防被災の多くは、堤体基礎地盤の緩い砂層の液状化によって堤体が沈下するものである。また、緩い砂質土からなる堤防の基礎地盤が軟弱な粘性土層の場合には、堤体土の一部が液状化する場合がある。

f)　急激な水位低下による表法面の崩壊

流水によって高い水位が継続した後、急激に水位が低下するような場合、堤体浸透水の残留水圧によって川表ののり面が崩壊することがある。

g)　腹付け盛土等によって生ずる堤防の亀裂

堤防の拡幅又は兼用道路等の新たな腹付け盛土によって、その盛土基礎地盤が沈下し、それに引き込まれるような形で堤防天端等縦断方向に亀裂が発生するものである。

h) 軟弱地盤で発生する堤防の沈下

塑性指数の極めて高い高含水比の基礎地盤上の堤防では、突然一夜にして堤防が沈下してなくなってしまうような現象が起こることがある。また、軟弱な基礎地盤上の堤防には縦断方向の不陸が発生することがある。

i) 落差を持った河道横断構造物周辺の堤防被災

洪水時に落差を持って流れるような固定堰等では、上流高水敷に乗り上げた洪水流（迂回流）が高水敷を洗堀したり、下流側で落差を持った状態で落ち込むときに河岸を洗堀し、それが進行して堤脚に迫り堤防が被災するものである。

＜関連通知等＞

1) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.

＜参考となる資料＞

河川堤防の被災時の調査については、下記の資料が参考となる。

1) 河川堤防設計指針，平成 14 年 7 月 12 日，国河治第 87 号，国土交通省河川局治水課長，最終改正：平成 19 年 3 月 23 日国河治第 192 号.
2) 河川構造物の耐震性能照査指針，平成 24 年 2 月 3 日，国水治第 118 号，国土交通省水管理・国土保全局治水課長通達.
3) (財)国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き，2002.
4) 日本道路協会 ：道路土工指針 軟弱地盤対策工指針，1986.
5) 河川環境管理財団：堤防維持管理技術 河川堤防の現地における目視点検の視点，2010.

2. 4 河川堤防開削時の調査

＜考え方＞

河川堤防開削時の調査は、堤防の質的向上に資するために築堤の履歴や堤体を構成する土質、水みちなどを把握・確認することを目的として実施する。現状の調査技術では、長い年月にわたり築堤され複雑な土層構造をもつ堤防の内部を完全に把握することは困難であるため、河川堤防開削時に堤防の内部構造を把握するための調査を行うことが重要である。

＜標 準＞

河川堤防を開削する際には、必要に応じて、次の調査を行うことを基本とする。

１）基礎調査
２）事前調査
３）開削時調査

なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004)」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009)」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法を適用するものとする。

＜推　奨＞

河川堤防を開削した際の基礎調査、事前調査、開削時調査は、以下のとおり実施することが望ましい。詳細は、河川堤防開削時の調査マニュアルにしたがって実施することを基本とする。

１）基礎調査

調査個所付近の既往の土質・地質調査資料、現在の地形図や空中写真、治水地形分類図あるいは旧版地形図、古い空中写真、災害記録、河川改修等工事記録（築堤履歴や変状・補修の履歴）を収集・整理を行う。

２）事前調査

現地調査により、調査予定個所の堤体表面や構造物の現状、変状の概要を調査し、変状が確認された場合には、変状の種類と規模を定量的に把握する。

３）開削時調査

堤防横断方向の開削法面における土質分布、混入物及び空洞や亀裂等の変状等を観察スケッチするとともに、写真撮影する。また、樋門等構造物及びその周辺に変状が確認された場合は、上記に加え、埋め戻し土の土質とその範囲や構造物自体の変状、構造物下の変状を観察する。なお、液状化による被災後の開削調査の場合には、地下水位をより正確に把握するために、開削調査前にトレンチ掘削を実施することが有効な場合がある。また、堤体内に貫入した噴砂痕や流動した砂層（堤体の場合もある）を正確に記録し、築堤履歴や変状、地下水位との関係を整理することが重要である。

観察結果を基に、土質分布ごとに砂置換法あるいはコアカッター法を用いて現場密度試験を実施する。堤体土に緩み等の変状が確認できる場合には、適宜、現場密度試験を追加する。

堤体土を採取し、土質工学的特性を把握するため室内土質試験を実施する。室内土質試験として、土の粒度試験、土の含水比試験、土粒子の密度試験、液性限界・塑性限界試験、以下の試験、土の透水試験、土の三軸圧縮試験(UU、CD、CUB)、土の繰返し非排水三軸試験、突固めによる土の締固め試験が考えられる。

＜関連通知等＞

1) 河川堤防開削時の調査マニュアル，平成 23 年 3 月，国土交通省河川局治水課.
2) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
3) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
4) JIS A 1204 土の粒度試験方法.
5) JIS A 1203 土の含水比試験方法.
6) JIS A 1202 土粒子の密度試験方法.
7) JIS A 1205 土の液性限界・塑性限界試験方法.
8) JIS A 1218 土の透水試験方法.
9) JIS A 0520～0524 土の三軸圧縮試験.
10) JGS 0541 土の繰返し非排水三軸試験.
11) JIS A 1210 突固めによる土の締固め試験方法.

第3節　河川構造物の土質・地質調査

3．1　調査方針

＜考え方＞

本節では河川構造物として、堰、水門、樋門(樋管も含めてここでは樋門と称する)等を対象としている。

河川構造物の土質・地質調査は、新設するための計画・設計・施工、又は維持管理に必要な構造物の安全性等に影響する地盤の分布及びそれらの状況を適切に把握することを目的に実施する。

3．2　河川構造物の新設時の調査

3．2．1　調査方針

＜考え方＞

一般に河川構造物を新設する場合、建設地点の選定あるいは概略設計等のように計画のために行われる調査と、実施のための詳細な調査が行われる。前者が予備調査及び現地踏査で、後者が本調査である。調査をこのように分けて行うのは、計画、調査、設計を効果的かつ能率的に行うためである。

土質・地質調査に当たっては、河川構造物の計画、基礎の形式選定、設計条件の決定のためのみならず、近接構造物への影響、施工中の仮設構造物等の設計、施工管理のため、あるいは将来の河川構造物の維持管理まで考慮することが望ましい。

土質・地質調査の範囲、精度は対象とする河川構造物、その構造物の規模、機能、重要度等によって異なるので、当該地盤と河川構造物の組合せを考えて最も適切なものを選ぶ必要がある。たとえば構造物の平面寸法が大きい場合にはボーリングの調査本数を増す必要がある。また、堰などで上部構造の変位が制限されている場合、基礎の水平変位を詳しく求める必要があるので、詳細な土質・地質調査のほか載荷試験を行う必要が増す。また、杭基礎などで、杭本数が極めて多い場合、経済性を追求するためにも載荷試験が行われることが多い。

＜標　準＞

河川構造物の新設時の土質・地質調査は、河川構造物の計画、設計、施工等の目的に応じ、適切かつ十分な情報が得られるように行うものとし、次の調査を行うことを標準とする。

１）予備調査及び現地踏査
２）本調査

なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004)」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009)」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

3．2．2　予備調査及び現地踏査

＜考え方＞

予備調査及び現地踏査は、河川構造物を新設する地点の地形特性及び地盤を構成する地層の性状の概要を把握し、基礎形式の選定、予備設計、本調査の計画等に必要な資料を得ることを目的に実施する。

＜標　準＞

予備調査において、対象となる地区の地形や地盤の構成の概略状況を既存の土質・地質調査

資料あるいは地形図、航空写真等を通して把握することを基本とする。
　現地踏査は、地表で見られる岩石や土層の状態から地下の地質を判断する一連の野外作業であり、河川構造物を新設する地点周辺を踏査して露頭等を観察しながら踏査図をつくり、その間を埋めて平面的な調査区域について地質図を作成するとともに、地形を観察して地形分類を行い、地すべり等の発生の有無、施工上の障害又は問題となる地形・地質の有無を調べることを基本とする。

＜推　奨＞

　予備調査は、以下のとおり実施することが望ましい。

１）既存の地盤に関する資料の調査
　大略の地層構成を把握するため、調査区域近傍の既往地盤調査や井戸等の資料を収集する。

２）既存構造物の調査
　河川構造物を新設する地点の大略の地層の構成を把握するために、調査区域の近傍に構造物がある場合には、その基礎形式、規模、構造物の沈下や傾斜等の有無とその度合い、工事記録等の調査資料を収集する。

３）その他の資料の調査
　設計のために必要なその他の資料としては次のようなものが挙げられ、これらについても必要に応じて調査を行う。
　a)　地質状況が分かる各種地図（土地条件図、土地利用図、土地分類図、古地図等）
　b)　航空写真、リモートセンシング、GIS 等による広域的調査資料
　c)　地すべり、崩壊、土石流、河川の氾濫等の災害に関する資料
　d)　騒音、振動等の環境保全に関する法規等
　e)　活断層に関する資料

3. 2. 3　本調査

＜考え方＞

　本調査は、河川構造物を新設する地点の基礎地盤の構成、性質、地下水の状況等を把握することを目的に実施する。

＜標　準＞

　本調査においては、河川構造物の予備設計・詳細設計を行うために必要な地盤条件や施工条件、設計に用いる地盤定数等を明らかにするために、ボーリング調査及びサウンディング試験等を行うとともに、採取した試料により土質試験等を実施し、結果をまとめることを基本とする。
　なお、各種調査・試験を実施する際には、地盤調査の方法と解説と地盤材料試験の方法と解説に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

＜推　奨＞

　本調査を実施する際には、以下のとおり実施することが望ましい。

1）ボーリング調査

ボーリング調査は、地層構成の把握と地下水位の判定のために行う。

岩盤を対象とする場合は、ボーリングによる土層区分とボーリングで得られるコア試料で工学的な判定をする場合が多い。ボーリング位置の選定は、調査において重要な位置付けとなるので、必要な個所で、必要な数量、必要な深さまで行うように十分に検討する必要がある。

岩盤を支持層とする場合でも、河川構造物の規模や重要度によっては、表層付近の軟岩層が風化、亀裂、断層等の状態により支持層とすることができない場合がある。このため、新鮮な基盤まで調査を行い、地層の状態を確認し、支持層として適切な層を選定できるような情報が得られるようにすることが必要である。

ボーリング調査は、次のとおり行う。

a） 調査地点

調査地点は、河川構造物を新設する位置とし、構造的に独立した基礎1基ごとに調査を行う。ただし、幅5m以下程度の1連からなる樋門においては、管軸に沿って3か所調査することとし、函渠長が短い場合には1～2地点の調査を行う。

また、既設構造物による障害等で実施が困難な場合には、最寄りの位置で行う。

b） 調査する深さ

調査する深さは、一般に支持力、すべり、圧密沈下、液状化、透水、施工等に影響する範囲とし、河川構造物に応じた良質な支持層又は基盤面が確認される深さまで行う。支持層は河川構造物の規模や重要度、基礎に作用する荷重条件等によって異なるが、一般的な目安としては、砂層・砂礫層ではN値が大略30以上、粘性土層ではN値が大略20以上として、これらの層厚が3～5m以上連続している必要がある。また、支持層が沖積層である場合には、沖積層全層の調査を行う。

また、液状化が想定される地盤では、本章 第2節 2.1.4（3）液状化地盤調査 に準じて調査する。

必要に応じて、河川構造物の設計を行うために試料の観察と各種試験に供するために試料採取を行う。採取された土は、「乱れた試料」と「乱れの少ない試料」とに区分され、土質試験等に用いられる。

試料採取の方法は、適用土質及びその硬軟によって適切なものを選定する必要がある。崩壊しやすく、自立しないような土や砂質地盤の液状化の判定に用いる三軸強度比に関して室内試験により詳細な検討を行う場合には、試料の採取による乱れが試験結果に及ぼす影響が大きいため、凍結サンプリング等により試料を採取することが望ましい。

なお、試料採取の位置に関しては、4）土質試験等による。

2）サウンディング試験

標準貫入試験は、ボーリング調査に併用して最もよく用いられており、地層構成の推定のための役割を持つとともに、実測したN値から各種地盤定数を相関関係により求めることもできる。原位置ベーンせん断試験は、原位置において土のせん断強度（主として粘着力）を直接求める方法である。ポータブルコーン貫入試験、オランダ式二重管コーン貫入試験、電気式静的コーン貫入試験及びスウェーデン式サウンディングは、地盤の硬軟、締り具合を調べることができる。これらの調査は、ほかの調査・試験方法と併用されることが多く、調査の目的に合わせて位置、深さ及び試験回数を決める。

3）その他の原位置試験

a） 地下水調査

地下水調査は地下水そのものの調査と帯水層の分析並びにその性質の調査とに分かれる。詳しくは、第2章 水文・水理観測 第6節 地下水観測 を参照のこと。

b） 載荷試験

載荷試験は、地盤や杭に直接載荷して支持力や地盤反力係数、ばね定数等を求める試験であり、地盤の平板載荷試験、孔内水平載荷試験、杭の鉛直又は水平載荷試験等がある。また、岩盤ではブロックせん断試験等が挙げられる。

c） 物理探査及び物理検層

物理探査及び物理検層で測定される各種物理量は、地盤の力学的、工学的性質をそのまま示すものではなく、あくまで全体の地盤状態を表すものであることを認識し、ほかの調査を併用してその解釈に誤りのないようにすることが大切である。

物理探査及び物理検層のうち、主として用いられるものとして、物理探査法では弾性波探査、音波探査、電気探査、電磁探査など、物理検層法では速度検層、PS 検層、電気検層、密度検層等がある。

これらの調査の中で、最も高い頻度で行われるのが弾性波探査や PS（速度）検層である。これらは、微少ひずみ時のせん断弾性波（S 波）速度を求めるためのものであり、たとえば耐震設計においては、この値によって耐震設計上の基盤面を決定するとともに、基盤地盤の動的な応答特性を推定する場合がある。また、岩盤では、P 波の速度により、岩盤の硬軟や風化の程度を把握することが行われている。

4）土質試験等

a） 土質試験

土質試験には土粒子の密度、含水比、粒度、コンシステンシー、単位重量、間隙比等の土の物理的性質を求める試験、粘着力、せん断抵抗角、変形係数、圧縮指数、圧密係数等の土の力学的特性を求める試験がある。

物理的性質を求める試験は、複雑な土を判別・分類するとともにほかの試験値、測定値と照合して総合的な判定を行うのに役立つので、同一性状を示すと判断される層ごとに試験を行う。

力学的性質を求める試験は、地層の連続性や層厚等を考慮してその試験位置を定め、拘束圧や排水条件等を考慮して適切な試験条件を設定する。

試料採取の位置は、同一の地層では土の力学的性質は水平方向よりも深さ方向に変化するので、代表的な位置で深さ方向に連続して行う。また、設計上考慮すべき位置とすることが肝要である。たとえば、杭基礎等の水平抵抗に着目する場合には水平抵抗への影響の大きい比較的浅い範囲で多く行う。

主な土質試験を次に示す。

① 土の粒度試験：粒径加積曲線、有効径 D_{10}、均等係数 U_c、曲率係数 U'_c 等
② 土の含水比試験：含水比 w など
③ 土粒子の密度試験：土粒子の密度 ρ_s など
④ 土の湿潤密度試験：湿潤密度 ρ_t、乾燥密度 ρ_d, 間隙比 e など
⑤ 液性限界・塑性限界試験：液性限界 w_L, 塑性限界 w_p, 塑性指数 I_p など
⑥ 土の一軸圧縮試験：非排水せん断強さ s_u, 鋭敏比 S_t など
⑦ 土の圧密試験：圧縮曲線、圧密降伏応力 p_c, 圧縮指数 C_c, 体積圧縮指数 m_v、圧密係数 c_v など
⑧ の三軸圧縮試験：せん断抵抗角 ϕ', ϕ'_u, ϕ_{cu}, ϕ_d, 粘着力 c', c_u, c_{cu}, c_d
⑨ 土の透水試験：透水係数 k
⑩ その他の試験

堰及び水門の基礎は、一般に支持層に支持されるが、樋門の基礎は必ずしも支持層に支持されず柔支持基礎で設計されることがある。

いずれの構造物においても支持杭基礎の場合は底面直下の空洞発生の可能性が大きく、また、支持杭と摩擦杭あるいは直接基礎の別を問わず、構造物の下方及び側面の止水矢板の設計のためには周辺土層の粒度組成、透水性を調べておく。

b) 岩石試験

岩石試験として、密度、含水比、吸水比、浸水崩壊度等の物理特性試験、超音波により弾性波速度やポアソン比を求める試験、圧縮強度、粘着力、せん断抵抗角、変形係数等の土の力学的性質を求める試験がある。

岩石試験そのものの留意事項は土質試験と基本的に同様である。しかし、ボーリングコアを用いる岩石試験は、岩盤の部分的な評価は可能であるが、層理や節理の存在、風化の程度等の岩盤全体の性状を把握できないおそれがある。したがって、岩盤の調査においては、物理探査等の岩盤全体を捉える方法を併用する。

５）結果のまとめ

各種調査結果を総合的に判断し、地盤の材料特性値、基礎の設計用定数、地盤の地震時挙動に関するデータ等を整理する。

地盤の材料特性値とは、土質分類、単位体積重量、変形係数、強度定数(粘着力、せん断抵抗角)、圧密に関する定数、透水係数、液状化に関する定数、動的変形特性等、土の要素としての特性を表す定数である。

基礎の設計用定数とは、地盤反力係数、最大周面摩擦力度、主働・受働土圧強度など、基礎の形式、寸法、施工法等に応じて設定する設計用の定数である。

地盤の地震時挙動に関する情報とは、耐震設計上の地盤種別や地震動の増幅特性、液状化の判定結果等を指す。

６）施工条件の調査

施工計画段階においては、工法や機械の選定、仮設備の規模や配置、工期や工程等を決定するための施工条件に関する土質調査が必要である。

＜関連通知等＞

1) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
3) JIS A 1219 標準貫入試験方法.
4) JGS 1411 原位置ベーンせん断試験.
5) JGS 1431 ポータブルコーン貫入試験.
6) JIS A 1220 オランダ式二重管コーン貫入試験.
7) JGS 1435 電気式静的コーン貫入試験.
8) JIS A 1221 スウェーデン式サウンディング試験方法.
9) JGS 1521 地盤の平板載荷試験.
10) JGS 1421 孔内水平載荷試験.
11) JGS 1811 杭の押し込み試験.
12) JGS 1812 杭の先端載荷試験.
13) JGS 1813 杭の引き抜き試験.
14) JGS 1814 杭の鉛直交番載荷試験.
15) JGS 1815 杭の急速載荷試験.

16） JGS 1816 杭の衝撃載荷試験.
17） JGS 1831 杭の水平載荷試験.
18） JGS 1122 地盤の弾性波速度検層.
19） JGS 1121 地盤の電気検層.
20） JIS A 1204 土の粒度試験方法.
21） JIS A 1203 土の含水比試験方法.
22） JIS A 1202 土粒子の密度試験方法.
23） JIS A 1225 土の湿潤密度試験方法.
24） JIS A 1205 土の液性限界・塑性限界試験方法.
25） JIS A 1216 土の一軸圧縮試験方法.
26） JIS A 1217, 1227 土の圧密試験.
27） JGS 0520～0524 土の三軸圧縮試験.
28） JIS A 1218 土の透水試験方法.

3．3　河川構造物の維持管理時

3．3．1　調査方針

＜考え方＞

河川構造物と土とは変形特性や透水性に関して異なる材料であるため、構造物自体とともにその周辺も浸透水、漏水等の水みちになりやすい。したがって、河川構造物の構造諸元、基礎形式、土質性状等の情報とともに、構造物と周辺堤体との間に変状が生じていないかを観察・診断することが重要である。

＜標　準＞

既設河川構造物においては、構造物自体とその周辺が堤防の弱点とならないように、継手、接続部の開きや止水板の損傷、堤体の沈下に伴う抜け上がり、空洞形成、漏水の有無等について継続的な点検を行うことを標準とする。点検は、維持管理編 に基づいて実施し、その結果、調査が必要な場合には、次の調査を行うことを標準とする。

1）予備調査及び現地踏査
2）本調査

また、河川構造物を更新、撤去する際には、必要に応じ、本章 第 2 節 2.4 河川堤防開削時の調査 のとおり実施するものとする。

なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004)」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009)」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

3．3．2　予備調査及び現地踏査

＜考え方＞

予備調査及び現地踏査は、既設河川構造物付近の地盤を構成する地層の性状の概要を把握し、既設河川構造物や周辺堤防への影響等を点検するための必要な資料を得ることを目的に実施するものである。

＜標　準＞

既設河川構造物の予備調査においては、まず構造物（施設）台帳、設計・竣工図書、構造物地点及びその周辺の土質・地質調査資料、破堤・沈下・液状化・漏水等の被災履歴を記録した資料等の調査を行うことを標準とする。

現地踏査においては、構造物の内外と周辺を観察して変状の有無とその程度を把握することを標準とする。

＜推　奨＞

河川構造物ごとの変状の生じやすい条件、すなわち支持杭基礎の場合の抜け上がりと空洞形成、直接基礎や摩擦杭基礎の場合の不同沈下と函体亀裂、液状化による構造物への影響、あるいは古い構造物に生じやすい材質劣化等に着目し、整理を行うことが望ましい。

水門・樋門等の堤防内に設置された構造物の場合においては、構造物地点における微地形区分による液状化する可能性の有無の分類や近傍の河川堤防における調査の結果、液状化が想定される層がないと推定された場合には液状化による構造物への影響を調べるための本調査を省略することができる。堰などの河川を横断して設置された構造物においては、堤防の基礎地盤と構造物下部の地盤の土質性状が異なる可能性があるため、液状化による構造物への影響を調べるための本調査を実施することが望ましい。

3．3．3　本調査

＜標　準＞

本調査としては、必要に応じてボーリング調査及びサウンディング試験、原位置試験（連通試験等）、土質試験等を行うことを標準とする。

＜推　奨＞

空洞形成や著しい沈下、止水構造の損傷が認められる個所においては、構造物底版の削孔あるいは構造物側壁面に沿って掘削したボーリング調査及びサウンディング試験によって空洞の有無を確認し、調査孔への注水による孔間の水圧応答の測定（水圧応答測定試験（連通試験））等から構造物に沿った水みちがあるか否かを確認することが望ましい。変状の著しい個所については改築あるいは補修の必要度を判定する。

また、液状化による河川構造物への影響の調査については、本章 第２節 2.1.4（３）液状化地盤調査 を参照するとよい。

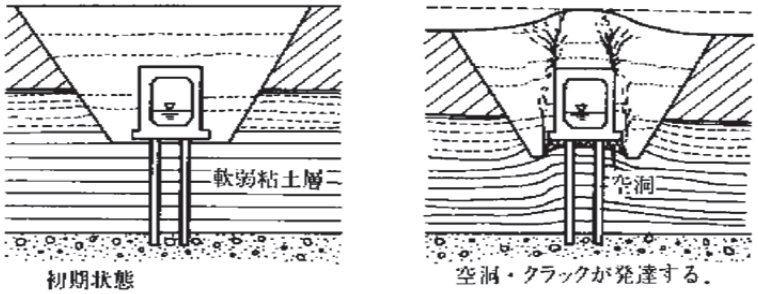


図15-3-1　支持杭基礎の場合の抜け上がりと空洞形成

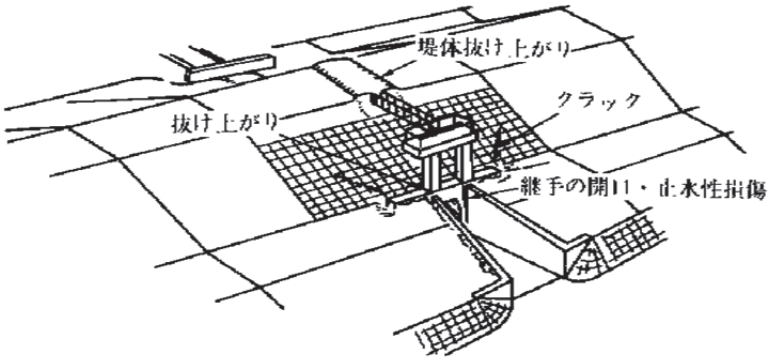


図15-3-2　既設構造物周辺の変状

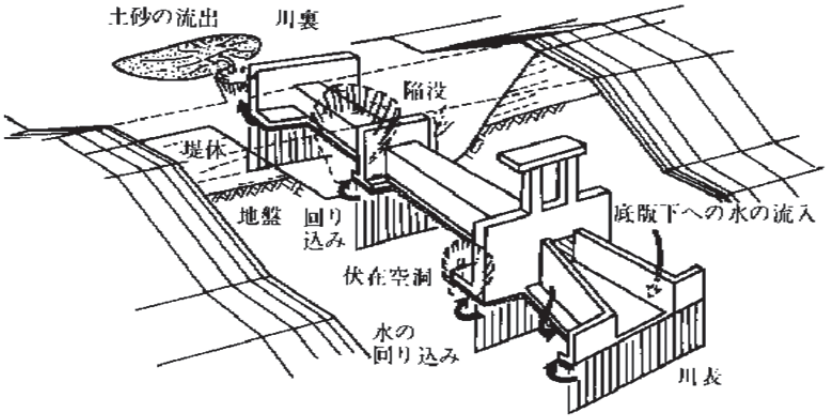


図15-3-3　樋管周辺の変状と被災現象概念図

第4節　ダムの地質調査

4．1　ダムの地質調査の方針

＜考え方＞

ダムの地質調査は、安全性を確保した上で経済的で環境に配慮したダムの建設・管理を目的として、ダム基礎、堤体材料及び貯水池周辺を含めた地質状況を明らかにするとともに、必要な地質工学的性質を把握するために行うものである。

ダムの地質調査は以下の項目からなる。調査は、ダム事業の段階（4.2.1）に応じて適切に行う。

1）ダム基礎等の調査及びアースダムの基礎地盤の土質調査
2）第四紀断層の調査
3）貯水池周辺地すべり等の調査
4）堤体材料の調査
5）仮設備・付替道路等の調査

ダム基礎等の調査（4.3）は、ダム基礎並びに止水上重要なリム部等の地盤（以降、ダム基礎等）に対し、ダムサイトの選定から設計・施工及び維持管理に必要な地質情報を得るために行う。なお、ダム基礎が全面ないし一部が土質地盤・砂礫地盤の場合は、アースダムの基礎地盤の土質調査（4.2.7）により行う。

第四紀断層の調査（4.4）は、第四紀に地表に変位を生じたことのある断層（以降、第四紀断

層）のうち、ダム建設を行う上で考慮する必要がある第四紀断層の存否、並びに必要に応じて詳細位置、規模及び活動性を把握するために行う。

貯水池周辺地すべり等の調査（4.5）は、ダムの湛水に伴う、地すべりや崖錐等の未固結堆積物の大規模な斜面変動（以降、地すべり等）に対し、地すべり等の存否、規模、性状、湛水に伴う安定度を把握し、湛水地すべりの発生を防止するために行う。

堤体材料の調査（4.6）は、想定されるダム型式、規模に応じ、堤体材料として所要の品質を満足し、かつ十分な量を確保できるか否か、より経済的に、かつ周辺環境に対して極力影響を少なくして取得できるか否かなどの検討に必要な地質情報を得るために行う。

仮設備・付替道路等の調査（4.7）は、仮締切、仮排水路トンネル、ケーブルクレーン、走行路、各種プラント、工事用道路等の仮設備や付替道路等の設計・施工を行うために必要な地質情報を得るために行う。

資料の保存（4.8）は、ダム事業の各段階において得た地質調査資料を以降の段階で有効に活用するために行う。

＜推　奨＞

ダム建設に関わる地質条件を効率よく正確に把握するため、地質調査はダム事業の段階に応じて以下の方針で系統的に進めることに努める。

1）広い範囲の調査から狭い範囲の調査へ
2）小縮尺の地形図を用いた調査から大縮尺の地形図を用いた調査へ
3）全体の傾向を把握する調査から特定の目的を持つ調査へ

また、上記の諸調査は密接に関連しており、それぞれの調査結果や施工時の情報は相互に活用できる場合が多い。このため、たとえば付替道路の調査と貯水池地すべり等の調査を併せて実施する、仮排水路トンネルの切羽観察結果をダムの地質断面図作成の参考にするなど、計画的・効率的な調査並びに情報活用に努める。

＜参考となる資料＞

ダムの地質並びにダムの地質調査の方針については、下記の資料が参考となる。

1)　脇坂安彦，双木英人：多目的ダムの建設，pp. 1-123 第 3 巻 調査Ⅱ編 第 15 章 ダムの地質調査　，(財)ダム技術センター，2005.
2)　中村康夫：地質現象とダム，p. 454，(財)ダム技術センター，2008.
3)　土木学会：ダムの地質調査，1986.

4. 2　ダム事業の段階と調査内容

4. 2. 1　ダム事業の段階

＜考え方＞

ダムの地質調査は、ダムサイト候補地点の選定から設計・施工及び完成後の維持管理に必要な地質情報を得るために、次の段階において調査を行うものである。

1）ダムサイト選定段階
2）ダム軸選定段階
3）設計段階
4）施工時等の段階
5）完成後の段階

4. 2. 2　ダムサイト選定段階

（1）　調査目的

＜考え方＞

ダムサイト選定段階は、複数のダムサイト候補地点が選定された後、ダム建設の可能性も含め、ダムサイト候補地点の優劣を判断するに当たり必要な地質情報を得ることを目的に、ダム基礎等、第四紀断層、貯水池周辺地すべり等及び堤体材料の各調査を行う段階である。

（2）　調査範囲

＜必　須＞

ダムサイト選定段階の調査範囲は、複数のダムサイト候補地点において、ダム建設の可能性も含め、ダムサイト候補地点の優劣を判断するに当たり必要な地質情報を得るために適切な範囲とするものとする。なお、第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料の各調査範囲は、本章の 4.4、4.5、及び 4.6 を踏まえ、適切な範囲とする。

＜標　準＞

ダム基礎及び貯水池で地表地質踏査を実施する範囲は、想定される貯水池全域を含み、ダム中心線より上流側は想定される満水面を基準に両岸の山側へ 300～500m、下流側は貯水池上流端までの距離の約１/２に相当する距離の河道を基準に両岸の山側へ 300～500m にわたる範囲を標準とする（図 15-4-1）。ただし、堤体材料調査を兼ねる場合、他流域への漏水の懸念がある場合等の特異な条件下では、必要に応じて踏査範囲を拡大する。

ダムサイト周辺における実測横断図の範囲は、想定されるダム基礎並びに止水範囲を含むものとし、満水面標高より比高 100m以上まで、あるいは、想定ダム袖部より山側へ 200m以上延長した範囲を標準とする。ただし、その範囲内の測線上に鞍部地形がある場合には、該当地点より更に山側へ 100m以上延長する。

ダム基礎等で物理探査（弾性波探査等）を実施する場合の測線長は、想定されるダムの両袖部から、天端以高の掘削のり面長を考慮した範囲を標準とする。

ダム基礎等でのボーリング調査孔は、初期段階では、想定ダム軸の河床、両袖部及び堤趾部に、その後、調査の進展に従い、ダム敷を中心にダムの設計に必要な地質情報を得るために必要な範囲に配置することを標準とする。

ダム基礎等での調査坑による調査は、ダムサイト選定段階においてはダム建設に当たって特に重要な地質的課題が存在する場合に行い、その範囲は課題個所が含まれる範囲を標準とする。

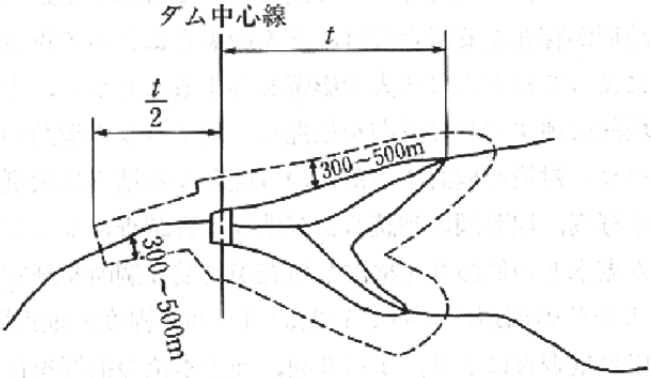


図15-4-1　ダムサイト選定段階における標準的な調査範囲

（３） 調査精度

＜必　須＞

ダムサイト選定段階の調査は、複数のダムサイト候補地点において、ダム建設の可能性も含め、各ダムサイト候補地点の優劣を判断するに当たり、必要な地質情報を得るために適切な精度で実施するものとする。第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料の各調査は、本節の4.4、4.5及び4.6を踏まえて適切な精度で実施するものとする。

ダムサイト選定段階において使用する地形図の精度は、地質調査の正確さを左右するので、事前に必要な縮尺の地形図・実測縦横断面図を準備するものとする。

＜推　奨＞

ダムサイト選定段階において使用する地形図は、1/5,000程度の地形図を基本とし、ダムサイト周辺については、必要に応じて1/500～1/1,000実測平面図、航測図化平面図若しくは航空レーザー測量による地形図を使用することが望ましい。

実測横断図の縮尺は、1/500～1/1,000を基本とし、必要に応じて同縮尺の河床実測縦断図を作成することが望ましい。

ダムサイト選定段階の初期段階に限っては、弾性波探査測線やボーリング位置認定のためのレベル測量に基づく縦横断図、航測地形図若しくは航空レーザー測量による地形図から作成した縦横断図を実測横断図に代えることもあるが、ダムサイト選定調査の最終段階では実測横断図を使用することが望ましい。

＜例　示＞

ダムサイトや貯水池斜面などが複雑な地形・地質の場合には、航空レーザー測量による地形図、陰影図、傾斜量図等の精度の高い図を作成・活用すると以後の地形地質調査精度が向上するため、必要に応じて取得するのもよい。また、航測図化等の際に標高データをデジタル化しておくと、GIS等にも活用できる。

（４） 調査内容

＜標　準＞

ダム基礎等の調査は、資料調査、地形調査、地表地質踏査、物理探査、ボーリング調査等による調査、地下水調査等を行うことを標準とする。また、必要に応じて調査坑等による調査を行う。

第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料の各調査は、本節の4.4、4.5、及び4.6を踏まえ適切に行う。少なくとも、第四紀断層の調査は一次調査(4.4.2)を、また貯水池周辺地すべり等の調査は概査(4.5)を行うことを標準とする。

＜推　奨＞

各調査の内容は以下のとおりであり、適切に組み合わせて実施することが望ましい。

資料調査は、以降の調査の参考としてダムサイト候補地点及び貯水池周辺の地形や地質に関する資料、文献を収集し、整理するものである。実施は、本節の4.3.2による。

地形調査は、ダムサイト候補地点及び貯水池周辺について、空中写真判読並びに地形図判読を行いダムサイト候補地点及び貯水池周辺の特にダム建設を行う上で考慮する必要のある地形（地すべり地形、崩壊地形、ゆるみ岩盤地形、崖錐地形、段丘地形、断層地形等）を抽出するものである。実施は、本節の4.3.3による。ただし、第四紀断層の調査は本節の4.4、貯水池周辺の地すべり地形等の調査は、本節の4.5による。

地表地質踏査は、ダムサイト選定段階の基本となる調査として、資料調査及び地形調査の結果から予備的情報を得た後に実施し、各ダムサイト候補地点及び各候補地点の貯水池周辺の地質情報を収集するものである。実施は、本節の 4.3.4 による。

物理探査は、ダムサイトにおける堅岩線の分布、大規模な断層、熱水変質帯等の有無を概略的に把握する目的等で実施するものである。探査測線は、少なくとも想定ダム軸に設定し、更に河床、左右岸のダム天端付近にも上下流方向の測線を配置することが望ましい。実施は、本節の 4.3.5 による。

ボーリング調査は、ダム建設において重要な地質性状を確認するため、地質構成、岩盤状況、透水特性等の地質情報を得る目的で実施するものである。ボーリング孔の配置は、ダムサイト河床部及び左右岸の岩盤状況を確実に判断できる個所に計画し、削孔深度は、想定掘削深度を考慮するとともに、基礎としての力学的安定性及び止水性が確認できるよう、少なくともダム高以上とする。実施は、本節の 4.3.6 による。また、岩盤部では原則として透水試験であるルジオンテストを行う。実施は、本節の 4.3.9 による。

調査坑等による調査は、ボーリング調査等に比べ、地山内部の岩盤状況をある程度の広がりをもって直接観察できるため、ダム建設を行う上で特に考慮する必要がある地質的課題があるなど、地質調査の精度を高める必要がある場合に実施するものである。実施時期は、ルジオンテストへの影響を避けるため、ボーリング調査の完了後を基本とし、ルジオンテストに重点を置くボーリング調査を調査坑掘削後に実施する場合は、既設調査横杭から少なくとも 20m程度離れた位置で行うのが望ましい。実施は、本節の 4.3.7 による。

地下水調査は、地下水位分布を把握するために、ボーリング調査時等に、削孔中の湧水と逸水の深度、並びに削孔に伴う孔内水位の変動、削孔後の孔内水位の変動等を記録するものである。また、削孔中に湧水が認められる深度では、その水圧(水頭)を測定し、場合によっては湧水量・湧水圧の経時変化も記録する。実施は、本節の 4.3.8 による。

（5） 調査結果の整理

＜必　須＞

ダムサイト選定段階における調査結果は、総括的に整理・解析した上で、ダムサイト候補地点において、地質状況(地質構成、地質構造、岩盤状況、透水性状など)の概要、地質上の課題、ダム建設の可能性も含めた各ダムサイト候補地点の優劣及びダム軸選定段階の調査時の検討事項を取りまとめるものとする。なお、第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料の各調査は、本節の 4.4、4.5、及び 4.6 を踏まえて適切に整理するものとする。

＜標　準＞

作成する図面は以下を標準とする。

1）ダムサイト地形判読図並びに貯水池周辺地すべり等予察図
2）貯水池地質平面図
3）ダムサイト地質平面図
4）ダムサイト地質横断図
5）ダムサイト岩級区分横断図
6）ダムサイトルジオンマップ（横断図）
7）第四紀断層関連の図面
8）堤体材料関連の図面

4. 2. 3　ダム軸選定段階

（1）　調査目的

＜考え方＞

ダム軸選定段階は、選定されたダムサイトでダム軸の優劣を判断するに当たり必要な地質情報を得ることを目的に、ダム基礎等、第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、及び堤体材料の各調査を行う段階である。

（2）　調査範囲

＜必　須＞

ダム軸選定段階の調査範囲は、選定したダムサイトにおいて、ダム軸の設定に当たり必要な地質情報を得るために適切な範囲とするものとする。その際、調査範囲として、ダム堤体の範囲並びに止水処理範囲を考慮して設定する。

なお、第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料の各調査範囲は、本節の 4.4、4.5 及び 4.6 を踏まえ、適切な範囲とする。

（3）　調査精度

＜必　須＞

ダム軸選定段階の調査精度は、各ダム軸の比較検討が適切に行える精度とするものとする。なお第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料の各調査は、本節の 4.4、4.5 及び 4.6 を踏まえ、適切な精度で実施するものとする。

＜推　奨＞

ダム軸選定段階の調査に使用する地形図は 1/500 実測地形図を使用することが望ましい。ただし、ダム高の高いフィルダムや広域の止水計画に対する調査で利用する場合には、使用上の便利さを考慮して必要に応じて 1/1,000 実測地形図を使用する。

（4）　調査内容

＜標　準＞

ダム基礎等の調査は、選定したダムサイトにおいて、ダムの型式・規模、掘削量、止水処理範囲及び地質上の課題等、ダム軸を選定するに当たり必要な情報を明らかにするために、地表地質踏査、物理探査、ボーリング調査及び必要に応じて調査坑による調査等を行うことを標準とする。また、ダム基礎及びリム部の止水方法、止水範囲を把握するために、ボーリング調査時に、本節の 4.3.9 に基づきルジオンテストを行い、ルジオン値を求めることを標準とする。なお、未固結な地盤等でルジオンテストができない場合には、ピット法等の適切な試験方法によってその透水性を求める。

第四紀断層の調査は、この段階までに、想定されるダム敷の範囲において、ダム建設を行う上で特に考慮する必要がある第四紀断層の有無を確認するために必要な調査について、本節の 4.4 を踏まえ適切に行う。

貯水池周辺地すべり等の調査は、この段階までに、想定されるダム敷の範囲に、ダム建設を行う上で特に考慮する必要がある地すべりの有無を確認するとともに、貯水池周辺における地すべり地形等を把握するために必要な調査について、本節の 4.5 を踏まえ適切に行う。

堤体材料の調査は、本節の 4.6 を踏まえ適切に行う。

＜推　奨＞

ダム軸選定における基本的な調査内容は以下のとおり実施することが望ましい。

ダム軸の選定は、初期の段階では、ダムサイト選定段階の調査の結果や地形等から行い、その後、物理探査、ボーリング調査及び調査坑による調査は、ダムサイト選定段階の調査結果や地形等から選定された各ダム軸において同じ測線上で行う。また、各調査は地質情報の信頼性を高めるために相互に補完するような個所や時期に行う。また、各調査の進展に伴い、ダム軸候補の見直しを行い、必要に応じて新たな軸に対しても調査を行う。

地表地質踏査は、ダムサイト選定段階の調査で行われた地表地質踏査を補足するようにダム軸の選定が可能な範囲内について行い、必要に応じて露頭測量を併用して詳細に行う。実施は、本節の 4.3.4 による。

物理探査は、選定された各ダム軸を測線として必要に応じて行う。実施は、本節の 4.3.5 による。

ボーリング調査は、選定された各ダム軸を測線として行う。実施は、本節の 4.3.6 による。

調査坑による調査は、選定された各ダム軸に対して必要に応じて行う。実施は、本節の 4.3.7 による。

ダム軸選定段階における各調査は、そのダムサイトに設定されるダム軸の状況等によっては、グリッド方式を採用した方が効率的な場合がある。詳細は本節の 4.2.4 による。

（５）　調査結果の整理

＜必　須＞

ダム軸選定段階における調査結果は、総括的に整理・解析した上で、ダム軸の各案において、地質状況（地質構成、地質構造、岩盤状況、透水性状など）、地質上の課題、各ダム軸におけるダムの型式・規模、掘削量、止水処理範囲に係る検討結果、各ダム軸の優劣及び設計段階の調査時の検討事項を取りまとめるものとする。

なお、第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料の各調査は、本節の 4.4、4.5 及び 4.6 を踏まえて適切に整理するものとする。

＜標　準＞

作成する図面は以下を標準とする。

１）ダムサイト地質平面図
２）各ダム軸の地質横断図
３）各ダム軸の岩級区分横断図
４）各ダム軸の横断ルジオンマップ
５）第四紀断層関連の図面
６）貯水池地すべり関連の図面
７）堤体材料関連の図面
　また、必要に応じて以下の図面も作成する。
８）ダムサイト地質水平断面図
９）ダムサイト岩級水平断面図
１０）ダムサイト地質縦断図
１１）ダムサイト岩級区分縦断図
１２）ダムサイト縦断ルジオンマップ

4. 2. 4　設計段階

（1）　調査目的

＜考え方＞

設計段階は、ダム建設に関する実施設計及び施工計画の作成に当たり必要な地質情報を得ることを目的に、ダム基礎等、貯水池周辺地すべり等、堤体材料、及び仮設備・付替道路等の各調査を行う段階である。

（2）　調査範囲

＜標　準＞

設計段階の調査は、選定したダム軸において、ダム建設に関する実施設計及び施工計画の作成に当たり必要な地質情報を得るために適切な範囲において実施することを基本とする。

具体的には、ダム基礎及び周辺の掘削範囲、リム部等の止水範囲、ダム関連施設等の施工範囲における地質の性状及び地下水の分布を把握するために必要な範囲とする。なお、地質の不均質性や地下水の変動が大きい場合、ダムサイトに近接して大規模な弱層となり得る不連続面、あるいは地すべりが存在すると推定される場合等は、必要に応じてこれらの分布や性状を把握するために必要な範囲を含める。

第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料、仮設備・付替道路等の各調査範囲は、本節の 4.4～4.7 を踏まえ適切な範囲とする。

（3）　調査精度

＜必　須＞

設計段階の調査は、選定したダム軸において、ダム建設に関する実施設計及び施工計画の作成に当たり必要な地質情報を得るために適切な精度で実施するものとする。また、第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料、仮設備・付替道路等の各調査は、本節の 4.4～4.7 を踏まえ適切な精度で実施するものとする。

＜推　奨＞

設計段階においては、使用する地形図の精度が地質調査の信頼性に大きく影響し、ひいては工事費等にも影響するので、ダム基礎の調査において使用する地形図としては、1/500 実測地形図を用いることが望ましい。ただし、ダム高の高いフィルダムや広域の止水計画に対する調査で利用する場合には、使用上の便利さを考慮して 必要に応じて 1/1,000 実測地形図を使用する。

（4）　調査内容

＜標　準＞

ダム基礎等の調査は、ダムの座取り、岩盤掘削線、止水処理工の設計が可能となる地質情報を得るために、ボーリング調査及び必要に応じて調査坑による調査を主体として実施し、地質構成、地質構造、断層・破砕帯、風化帯、熱水変質帯、ゆるみ領域等の形態を把握するとともに、基礎岩盤の強度、変形係数、弾性係数、透水係数(ルジオン値)等のうち必要な物性を測定することを標準とする。

ボーリング調査及び調査坑による調査は、原則として、グリッド(立体格子状の調査網)方式により、本節の 4.3.6 及び 4.3.7 に基づき実施する。また、それぞれの調査は、地質情報の信頼度を高めるように相互に補完しあう最も有効な個所及び時期に実施する。

ダム基礎のせん断強度、変形係数、弾性係数の設計値は、原位置試験を行って求めるとともに、必要に応じ他ダムの原位置試験結果も参考に、設計値を設定することを標準とする。ただ

し、小規模なダム等において、地質工学性状の類似性を十分確認した上で他ダムの原位置試験結果を参考に設計値を定めることができる場合はこの限りでない。原位置試験は、堤体の基礎岩盤となる各岩級の代表的な分布個所において、試験個所周辺及び試験面の岩級を再評価した上で、本節の 4.3.9 に基づき実施することを標準とする。

ダム基礎及びリム部の止水方法、止水範囲を決定するために、ボーリング調査時に、本節の 4.3.9 に基づきルジオンテストを行い、ルジオン値を求めることを標準とする。なお、未固結な地盤等でルジオンテストができない場合には、ピット法等の適切な試験方法によってその透水性を求めることを標準とする。

岩石の諸性質はダム基礎等の岩盤の工学的性質を把握する目安となること、また、堤体材料調査においても岩石の諸性質を把握する必要があることから、基礎岩盤を構成する代表的な岩石や実施設計を行う上で諸性質の把握が必要な岩石については、本節の 4.3.10 に基づき岩石の室内試験を行うことを標準とする。

第四紀断層の調査は原則としてダム軸選定段階までに行うこととするが、ダム軸選定以降に文献等新たな情報が得られた場合においては、その内容も踏まえて本節の 4.4 に基づき適切に行うことを標準とする。

貯水池周辺地すべり等の調査は、この段階までに貯水池周辺地すべり等の状況についておおむね把握し対策の方針を検討するために必要な調査を行うことを標準とする。また、地すべりがダム敷に分布する可能性のある場合は原則としてダム軸選定段階までに行うこととするが、ダム軸選定以降に新たな情報が得られた場合においては、その内容も踏まえて、本節の 4.5 に基づき適切に行うこととする。なお、その他のダム施設・家屋・国道など重要な施設に貯水池周辺地すべり等が分布する可能性がある場合は、設計段階までに当該調査を行うことを標準とする。

堤体材料、及び仮設備計画個所や付替道路等についての地質調査を行う。調査内容は本節の 4.6、4.7 による。

＜推　奨＞

グリッドの選定方法は以下とすることが望ましい。

まずダム軸あるいはそれに近接した直線を第１の基準線（Ｘ軸）とし、基準線（Ｘ軸）と河道中央において直交する直線を第２の基準線（Ｙ軸）とし、その交点（基準点(0)）を通りＸ軸、Ｙ軸にそれぞれ直交する任意の標高に定めた直線を第３の基準線（Ｚ軸）とする。Ｘ、Ｙ、Ｚ軸のうち、２つの軸を含む面（基準面）は３つあり、それぞれの基準面に平行で一定間隔の平面によって構成される格子をグリッドとよぶ。また、グリッドを平面図上に投影したものを平面グリッドとよぶ。グリッド間隔は任意であるが、10ｍの倍数で設定するのが便利で、20～40ｍとする場合が多い。なお、調査の初期段階では、ボーリングや調査坑の位置を粗い間隔で配置し、地質状況あるいは設計上、より詳細な地質情報を得たい個所についてグリッド間隔を狭くしていく内挿法を採用する。

ボーリング及び調査坑の配置における一般的な留意点は以下のとおりである。

１）主として山腹部では調査横坑、河床部ではボーリングを実施するが山腹部の下部（図 15-4-2 のＡ及びＢの部分）は調査上の盲点になりやすい。そこで山腹と河床部の境から山側へ斜ボーリング(a) を配置するか、山腹から垂直ボーリング(b) を行う。なお、ダム天端付近の岩盤状況を調査坑ではなくボーリングで確認する場合は、ダム基礎の堅岩が確実に把握できるようにダム天端より山側にもボーリングを配置する必要がある。

２）グリッドの同一線上でボーリングと調査横坑を重ねて、あるいは非常に近接して行うと、

ボーリングからのルジオンテストが不正確になるので、ボーリングを先行させるか、少なくとも 20m 程度は離して行う。

3）調査横坑の坑口と坑口を結ぶトレンチングや上下流方向の枝坑を実施すると地質構造の判定が容易になる場合がある。

4）弾性波探査等の物理探査の測線の交点にボーリングを実施すると探査結果の解析精度が向上する。

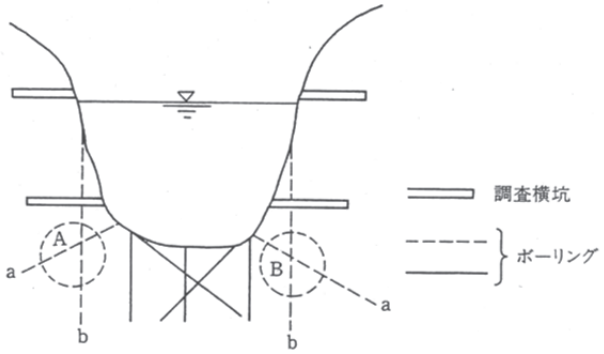


図15-4-2　調査横坑とボーリングの配置例

また、ダム型式に応じて、以下のような留意すべき地質があるため、ボーリングや調査坑の配置において考慮することが望ましい。

1）全型式共通：均質で堅硬な基礎地盤の分布深度、堤敷部における大規模な断層、変質帯の有無、大規模な地すべり、あるいは岩盤のゆるみ領域の有無、ダム天端付近標高と地下水位線の分布

2）重力式コンクリートダム：河床部、堤体基礎部、堤趾部及び堤体近傍における堅岩の分布、低角度の地質的不連続面（断層、節理、割れ目など）や脆弱部の有無

3）アーチ式コンクリートダム：着岩部における堅硬な岩盤の分布、下流のショルダー部における堅岩の厚み、鉛直・上下流方向に連続する地質的不連続面（断層、節理、割れ目）の有無

4）フィルダム：コア敷（内部土質遮水壁型ロックフィルダムの場合）の岩盤状況、不同沈下が懸念される大規模な断層や熱水変質、強風化部等の有無

（５）　調査結果の整理（総合解析）

＜必　須＞

設計段階における調査結果は、それまでに得られた地質調査・試験結果を整理し、ダム基礎等の地質構成、地質構造、岩盤状況、透水性状について、相互の整合を確認した上で取りまとめるものとする。ダム基礎等の調査成果の取りまとめは、本節の 4.3.11 による。第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料及び仮設備・付替道路等の各調査の結果の整理は、本節の 4.4～4.7 による。

＜推　奨＞

設計段階の調査結果の取りまとめにおいて主に必要な事項及び図面は次のとおりである。また、総合解析後、検討の余地のある地質上の課題についても明記する。

１）ダム基礎及び貯水池の地質構成・地質構造(地質平面図、地質縦横断・水平断面図)
２）ダム基礎の岩盤状況(代表的な岩盤の写真、岩盤分類基準、岩級区分図)
３）ダム基礎周辺の地下水分布状況(地下水位等高線図)
４）ダム基礎の透水性状(ルジオンマップ、地下水位状況)
５）原位置試験、室内試験の結果
６）ダムの安定上及び止水上課題となる地質状況
７）各種地質調査結果(ルートマップ、露頭写真やスケッチ、柱状図・コア写真、横坑展開図・展開写真、岩盤試験結果図表、岩石試験結果図表、Ｐ－Ｑ曲線、地下水変動図等)
８）第四紀断層関連の資料
９）貯水池地すべり等関連の資料
１０）堤体材料関連の資料
１１）仮設備・付替道路等関連の資料

調査結果の取りまとめの際には、地質技術者のみならず設計技術者の所見も加えて、基礎岩盤の工学的性質を明らかにすることに努める。また、ダム本体の設計・施工のみでなく、原石山や付替道路など、ダム建設に関連する種々の条件との関連性についても確認し、総合的に取りまとめることに努める。

4. 2. 5　施工時等の段階

（１）　調査目的

＜考え方＞

施工時等の段階は、設計条件の妥当性の確認、施工時や完成後の維持管理等に必要な地質情報を得ることを目的に、ダム基礎、仮設備・付替道路等の各調査を行う段階である。

（２）　調査内容等

＜標　準＞

ダム基礎等の調査はボーリング、必要に応じて調査坑等による調査あるいは原位置試験等による地質調査の補足、及び施工中における掘削面観察、基礎処理工解析等によって行うことを標準とする。

貯水池周辺地すべり等、堤体材料、仮設備・付替道路等の各調査結果についても、各工事等により生じた掘削面の観察・スケッチ及び施工時のボーリング結果などから得られる地質情報を用いて再度確認を行い、必要に応じて適切な対応を行う。

第四紀断層の調査は原則としてダム軸選定段階までに行うこととするが、ダム軸選定以降に文献等新たな情報が得られた場合においては、その内容も踏まえて本節の 4.4 に基づき適切に行う。

＜推　奨＞

掘削面観察は、ダム堤体基礎掘削時の掘削面を詳細に観察しスケッチするものである。観察範囲は、ダム基礎のほか、ダム基礎に連続する天端のり面、また必要に応じて仮排水路トンネルの切羽等についても対象としてダム基礎の評価の参考とすることが望ましい。

観察項目は、掘削面の地質構成、断層や割れ目等の不連続面の分布と性状（断層粘土や亀裂挟在物の状況と強度、亀裂面の粗滑、開口状況やゆるみの有無等)、岩級、湧水個所とその状況（湧水量、湧水圧、温度や水質等）等、ダムの安定や止水等に関わるものとする。

掘削面の観察結果は掘削面地質図及び岩級区分図（主要な不連続面を含む）として整理する。

原石山についても同様に掘削面の観察を行うが、観察方法については原石山としての適否が分かるように実施する。また、河床砂礫、掘削ズリや他工事からの発生材料の活用について検討する場合についても同様に掘削面の観察や材質の観察を行う。なお、ダム基礎・原石山、及び貯水池周辺地すべり等、仮設備・付替道路等においては掘削時の斜面安定性についても着目して観察する。

基礎処理工解析は、グラウチングにおけるパイロット孔、チェック孔のコア観察と一般注入孔を含めたグラウチング効果を解析するもので、グラウチング計画の妥当性の確認や計画変更、完成後の漏水対策工等の基礎資料、並びに施工前の調査による地質状況（地質構成、地質構造、岩線）の確認資料とする。パイロット孔等のコア観察結果及び水押しテストの結果は、地質断面図、岩級区分断面図及びルジオンマップとして表現する。

掘削面観察の結果及びパイロット孔のコア観察結果、水押しテストの結果を整理した各図面は、着工前までの地質情報に基づく図面と比較検討し、設計の妥当性を評価する。

4. 2. 6　完成後の段階

（1）　調査目的

＜考え方＞

完成後の段階は、ダムや貯水池等の安全性の確認を行う場合や再開発等の工事を行う場合等に、必要に応じて、施設の維持管理や再開発等に必要な地質情報を得ることを目的に、ダム基礎等及び地すべり等の各調査を行う段階である。

（2）　調査内容等

＜標　準＞

完成後のダム基礎等及び貯水池周辺地すべり等の各調査は、建設後若しくは供用中であることに伴い、調査手法や調査個所の制約があるため、建設当時の調査・試験資料を十分に活用するとともに、これまでの貯水状況や計測データ、建設前と現在までの変化等も踏まえて地質状況を評価した上で必要な地質調査を実施することを標準とする。

＜推　奨＞

再開発のうちダムの嵩上げを伴う場合は、有効貯水容量の増加等に伴うダム基礎への荷重や水圧の増加、ダム基礎の範囲の変更や拡大、ダム基礎周辺の新たな掘削等によるダム基礎及び周辺斜面への影響、貯水位の上昇等による貯水池周辺地すべりへの影響等が考えられるため、当該ダムの建設時の調査資料を十分整理・分析して活用するとともに、ダム建設時（本節 4.2.2～4.2.5）の地質調査手法を参考に、ダム基礎及び貯水池について適切に地質調査を行う。

再開発のうち嵩上げを伴わない場合においても、以下を参考に、当該ダムの建設時の調査資料を十分整理・分析して活用するとともに、必要な項目について適切に地質調査を行うことが望ましい。

1）洪水吐きの改造や新設等を行う場合は、ダムの堤体の切削若しくは穿孔等により堤体の安定性が低下する可能性が考えられるため、改造等による影響範囲を中心に適切な範囲において地質調査を行う。

2）トンネル放流施設を新設する場合は、トンネル施工に当たり必要な地質情報を得るために適切な範囲において地質調査を行うほか、併せて、トンネル施工による地下水への影響等についても調査する。

3）貯水容量の増加のために貯水池内の掘削を行う場合は、掘削部周辺の斜面安定を検討す

るために適切な範囲において地質調査を行う。
4）貯水池の運用の変更を行う場合は、必要に応じ、貯水池周辺地すべり等の調査を行う。

ダムの安全性を確認するために調査が必要となる地質現象としては、異常漏水、貯水池周辺地すべり、大規模地震直後の諸現象等が考えられるため、以下を参考に適切に地質調査を行う。

1）異常漏水(たとえば、多量の漏水、パイピングの疑いのある漏水等)時は、下流側の広範囲にボーリング孔を配置し、上流堤体等からの漏水個所の有無の調査、トレーサー試験や注水試験、基礎排水孔等を活用した水圧・漏水量やその変化の調査、水温や水質の測定等の必要な調査、透水経路、透水量、透水速度、地下水変動、漏水のにごりの計測等を行い、併せてダムの貯水位変動や降水量の変化と照合して漏水の原因や経路等の解析・検討を行う。
2）貯水池に地すべりが発生した場合には、地すべりの発生機構を十分検討の上、地すべりの調査方法（4.5）に従って調査する。
3）大規模地震の直後には、ダム本体の損傷調査とともに、基礎岩盤の変状、漏水量の変化、漏水のにごり、貯水池周辺斜面の変状の有無等を直ちに調査する。

補修を行う場合の目的としては、地震等の地質現象による被災部の補修、ダム堤体・基礎及び関連施設の老朽化対策、堆砂による貯水池機能の低下対策、冷濁水対策、新基準への対応等があり、補修対象としては堤体・基礎、放流設備、貯砂ダム、排砂設備、取水設備等がある。これらについては、それぞれ必要な地質調査を行う。
ダムの完成後の調査では、地質調査が既設のダムや貯水池斜面等に影響を及ぼすことも考えられるため、既設ダムの調査・設計・施工の担当者、ダムの構造に関する技術者、地質技術者、地すべり技術者などが十分協議しつつ調査を行う。

4. 2. 7　アースダムの基礎地盤の土質調査

（1）　調査の方針

＜考え方＞

ダムの基礎地盤が全面ないし一部土質地盤・砂礫地盤の場合は、アースダム基礎地盤の調査手法を活用して地質調査を行う。なお、アースダム基礎地盤の調査の進め方の基本的な方針は、本節の 4.1 と同様である。

（2）　アースダムの基礎地盤の予備調査

＜標　準＞

アースダムの基礎地盤の予備調査では、ダム建設の可能性も含めダムサイトやダム軸の選定に当たり必要な地質情報を得るために、本節 4.2.2 及び 4.2.3 に記す調査内容に加えて、サウンディング等の原位置試験、土質試験等を行うことを標準とする。
調査範囲及び精度は、それぞれ本節 4.2.2、4.2.3 による。
ボーリング調査の配置は、原則として岩盤基礎の調査に準じるものとし、堅固な不透水性地盤まで実施する。
各ボーリング孔では、標準貫入試験、土質試験、原位置試験を実施する。
サウンディングは、標準貫入試験のほか、必要に応じて、オランダ式二重管コーン貫入試験若しくはスウェーデン式サウンディングを実施する。
調査結果の整理方法は、本節 4.2.2 及び 4.2.3 による。

＜関連通知等＞

1) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
3) JIS A 1219 標準貫入試験方法.
4) JIS A 1220 オランダ式二重管コーン貫入試験.
5) JIS A 1221 スウェーデン式サウンディング試験方法.

（３） アースダムの基礎地盤の設計調査

＜標　準＞

アースダムの基礎地盤の設計調査では、ダム建設に関する設計及び施工計画の策定に必要な地質情報を得るために、サウンディング等の原位置試験、土質試験等を行うことを標準とする。

調査範囲及び調査精度は、本節の 4.2.4 に準ずる。

調査は原則としてグリッド方式(本節 4.2.4)を採用する。ボーリング調査は、原則として、ダムサイトで想定される掘削面を網羅する範囲の格子点若しくは線上に配置された個所で、堅固な不透水性地盤又は、岩盤が深さ方向に連続していることが確認される深度まで実施する。なお、ダムの取り付け部の厚さが薄い場合など特殊な条件がある場合には、ここに定めた調査範囲外の地点においても調査を行う。

各ボーリング孔では、標準貫入試験、土質試験、現場透水試験を実施する。

ボーリング孔間では、オランダ式二重管コーン貫入試験若しくはスウェーデン式サウンディング試験を実施する。

調査結果の整理方法は、本節 4.2.4 に準ずる。

4. 3 ダム基礎等の調査

4. 3. 1 調査の方針

＜考え方＞

ダム基礎等の調査は、ダム事業の段階ごとの調査目的に応じて次の調査・試験を適切に組み合わせて実施する。取りまとめに当たっては、各々の調査結果を総合的に解析する。

１）資料調査
２）地形調査
３）地表地質踏査
４）物理探査
５）ボーリング調査
６）調査坑等による調査
７）地下水の調査
８）岩盤の原位置試験
９）岩石の室内試験

4. 3. 2 資料調査

＜標　準＞

資料調査は、ダム計画地域全般の地形・地質の概要を把握し、以降の地質調査の方針を定めることを目的とし、空中写真・地形図等の地形に関する資料、地質図、地質に関する資料や文献、温泉・鉱山等の地質に関する資料や文献、地震・地すべり等に関する資料や文献を収集し、整理・検討することを標準とする。

4．3．3　地形調査

＜標　準＞

地形調査は、鞍部、やせ尾根、崩壊地形、地すべり地形、ゆるみ岩盤地形、崖錐地形、断層地形など、ダムを建設する上で特に考慮する必要がある地形を抽出し、地質調査の参考とするために、空中写真及び地形図の判読及び必要に応じて現地調査により行うことを標準とする。なお、必要に応じて航空レーザー測量を活用する。第四紀断層の調査と貯水池周辺地すべり等の調査はそれぞれ本節4.4、4.5に定めるところによる。

各種の組織地形は地質構成や地質構造を反映している場合もあり、このような場合は概略の地質を地形から把握する。

調査結果は、以後の各調査の立案やほかの調査法による調査結果の解析の基礎資料として利用できるように地形判読図等にまとめることを標準とする。

4．3．4　地表地質踏査

＜標　準＞

地表地質踏査は広域的な地質構成及び地質構造の把握並びに以後の各調査の立案、ほかの調査結果の地質解析を行うために、山腹斜面、渓流や河床、人工のり面などの露頭や転石等を調査することを標準とする。また、露頭の少ない場合や、特に高い精度の調査を行う必要のある場合には、トレンチやピットを掘って調査する。

地表地質踏査、資料調査及び地形調査を基に、地質学的考察を行い、ダム基礎として重要な地質要素を十分に検討した上で、地質平面図及び地質縦断図等として取りまとめ、以後の調査の立案やほかの調査結果の地質解析のための基礎資料として利用できるようにすることを標準とする。

＜推　奨＞

地表地質踏査では、以下の項目等を調査することが望ましい。

1）地質性状：岩種、産状、成因、接触関係（整合、不整合、貫入、断層接触等）、地質構造（しゅう曲・同斜構造・断層等）、地質時代等
2）地質工学性状：不連続面や弱層（断層、破砕帯、シーム、地すべり粘土、層理、片理、節理、亀裂等）の分布・方向性・連続性・頻度・開口性・挟在物質等、岩盤の風化や変質、未固結堆積物の種類と性状、岩盤の工学的性質（硬さ、透水性）等
3）地下水に関連する情報：湧水やにじみだし、パイピングホール等
4）地質に関連すると考えられる地形の情報：段丘、地すべり・崩壊・土石流・崖錐等の斜面変動地形、鞍部ややせ尾根、緩斜面や急斜面、遷急線、遷緩線、段差、凹地や湿地等
5）地質現象を反映していると思われる植生等

なお、地表地質踏査の取りまとめにおいては、踏査結果、踏査密度、地質図の作成根拠等を明確にするため、踏査経路、野帳記載地点（露頭地点、試料採取地点）等を地形図に記入したルートマップを作成することが望ましい。

4．3．5　物理探査

＜標　準＞

物理探査は、堆積物や岩盤の性状、地質構造、地下水の状態などを推定するために、一般に弾性波探査や電気探査を用いて行うことを標準とする。なお、求める物性値等によってその他

の物理探査手法を適宜利用する。
物理探査で得られた堆積物・岩盤の物理的な性質は地層区分・岩盤区分とは相関性はあるものの、その対応関係や探査精度は地質条件や探査条件により異なるため、物理探査に基づく推定結果はボーリング等の直接的な調査で確認することを標準とする。

＜推　奨＞

物理探査の手法は以下によることが望ましい。

1）弾性波探査
弾性波探査は、原則として屈折法によるものとする。調査に当たっては、調査の目的、調査の段階、地形及び地質条件等によって最も適する測線配置、起振点間隔及び受振点間隔を定めるとともに、適切な解析方法を選択して行う。
弾性波探査の結果から、走時曲線図や速度層断面図等を求め、これらから岩盤の硬さ、割れ目・破砕・固結・変質・風化の程度、地層境界の位置や地層の厚さ、断層・破砕帯・軟弱層などの位置、幅若しくは厚さなどを推定する。

2）電気探査
電気探査は、調査の目的、調査の段階、地形及び地質条件等によって最も適する探査法を採用し、測線配置・測点位置・電極間隔を決定して行う。
電気探査の結果から、比抵抗断面図等を求め、地質構成や地質構造、風化や変質の状況、地下水状況等を推定する。

3）その他の物理探査
弾性波探査や電気探査では必要な情報を十分に得られない場合、その他の物理探査法を用いて探査を行う。その他の物理探査手法としては、空中又は地表から探査する手法として電磁探査、磁気探査、重力探査、放射能探査、地温探査、リモートセンシング等、また、ボーリング孔等を用いるものとして弾性波や比抵抗、電磁波等を用いた各錘のジオトモグラフィー等がある。これらの手法は弾性波探査や電気探査に比べ土木分野への利用例が少ないので、適用に当たっては、各探査手法の探査特性を比較検討するとともに、調査目的、調査の段階、地形及び地質条件等を踏まえ、必要な情報とその精度等を明確に決定し、最も適した手法及び測定条件、解析条件を採用する。

＜参考となる資料＞

物理探査の適用の詳細については、下記の資料が参考となる。

1）（社）物理探査学会　標準化検討委員会：新版　物理探査適用の手引き－土木物理探査マニュアル 2008－，2008.

4. 3. 6　ボーリング調査

＜標　準＞

ボーリング調査は、地質調査の精度を高めること及び地表地質踏査や物理探査等の結果と組み合わせて、地質の分布や地質構造を確認することを目的として、地質性状、地質工学性状を調査することを標準とする。また、ボーリング孔は、ルジオンテスト等の種々の孔内試験（本節 4. 3. 9(5)）を行うために利用し、コアの一部は岩石の室内試験（本節 4. 3. 10）に供する試料として利用する。

ボーリング調査は、コアを採取して行う。ボーリングの仕様・配置・深度は、地表地質踏査や物理探査の結果を考慮し、調査の目的に応じて決定するとともに、調査においては良質なコアを採取するよう努める。

地質調査用のボーリングは、原則としてロータリー式ボーリング機を使用する。

＜推　奨＞

ボーリング調査の孔径（コアビットの外径）は標準として 66mm とし、ダブルコアチューブを用いてコアを採取する。調査に当たっては地山の状態が推定できるように、乱れの少ない良質なコアを採取するよう努める。特に、破砕帯や亀裂の多い地質、粘土分の少ない軟質な部分を含む地質、地すべり土塊及びすべり面を詳細に観察・確認する必要がある場合等では、コア採取状況を改善させるために、循環水に界面活性剤や増粘剤を用いた高品質ボーリング、大口径ボーリング等を採用することが望ましい。

ボーリング調査の結果は、作業日報及び柱状図として整理する。また、採取したコアは整理してダムが完成するまで全て保存しておく。

ボーリングコアの観察では、地層や不連続面の走向、割れ目の開口度などの把握は困難であるため、連続性の高い不連続面が分布する地質構造や岩盤のゆるみ領域、水理地質構造調査等においてこれらを把握する必要があるときは、ボーリング調査に併せてボアホールテレビカメラを併用すると効率的な調査が可能となる。なお、これらのボーリング孔を用いた試験を実施する場合は、ボーリングの配置や仕様に制約がある場合もあるので計画的に行う。

＜参考となる資料＞

ダムにおけるボーリング調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　中村康夫：ダムにおけるボーリング・調査坑・トレンチ調査(1)～(5)，ダム技術，No.256-260，2008.，2008.

4. 3. 7　調査坑等による調査

＜標　準＞

調査坑等による調査は、地質調査の精度を高めるため、踏査やボーリング調査では把握しにくい地質性状、地質工学性状を肉眼で確認すること、原位置試験を行うこと、試料採取を行うことを目的として、地表地質踏査、物理探査及びボーリング調査結果を踏まえ、概略の地質構成、地質構造を把握した後に、横坑による調査を主体とし、必要に応じて斜坑や立坑、トレンチ等を掘削して行うことを標準とする。調査坑等の種類や位置、深度などは、調査目的、調査段階、地形及び地質条件によって決定する。

＜推　奨＞

調査坑等による調査としては、調査坑（横坑、斜坑、立坑）調査のほか、トレンチ調査や、簡易なものとしては、表土はぎ調査やピット（つぼ掘り）調査があり、調査目的等に応じて適切な方法を用いることが望ましい。

横坑は、斜面から水平に掘る調査坑で、ダムサイトの調査等で実施される。立坑は、河床や広い平地で垂直方向の地質を調べるために実施されるが、余り深く掘ることは困難である。特に地下水位以下では、排水対策を考えておく必要がある。

調査坑では、地表地質踏査やボーリング調査で把握が困難な事項の調査に努める。

調査坑の施工に当たっては、観察や試験に支障のない断面(一般には高さ 2m程度、敷幅 1.5m程度の長方形)を掘削するが、火薬量を極力制限し周辺岩盤をゆるめないこと、矢板等観察に

支障となるものは必要最小限にすること、坑内壁は浮石を除去し粉塵等を除いておくこと等々の注意を払う。

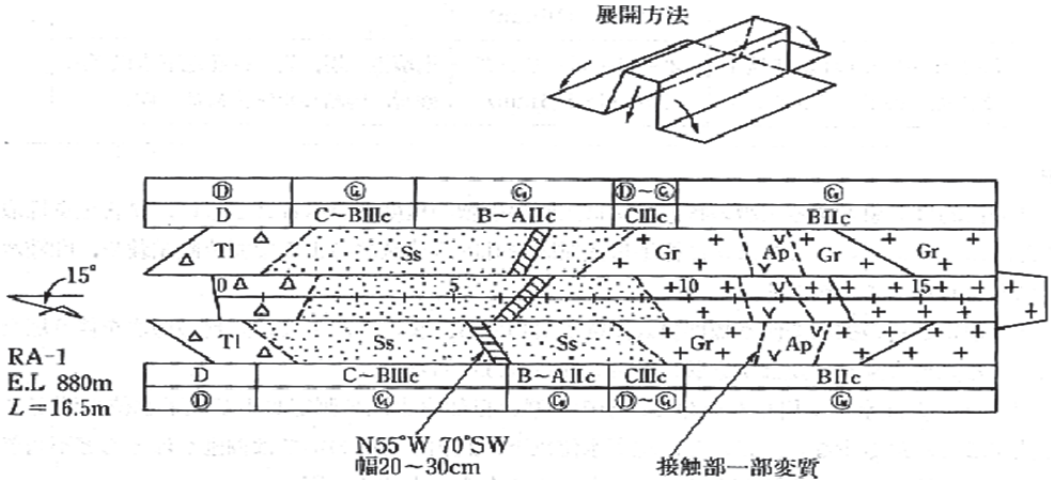
調査坑の掘削は、周辺地山の地下水位やルジオンテストに影響を与えるので、留意が必要である。

表土はぎ調査やピット調査は、露頭調査の補足調査として有効な場合があるので、必要に応じて補足的に用いる。

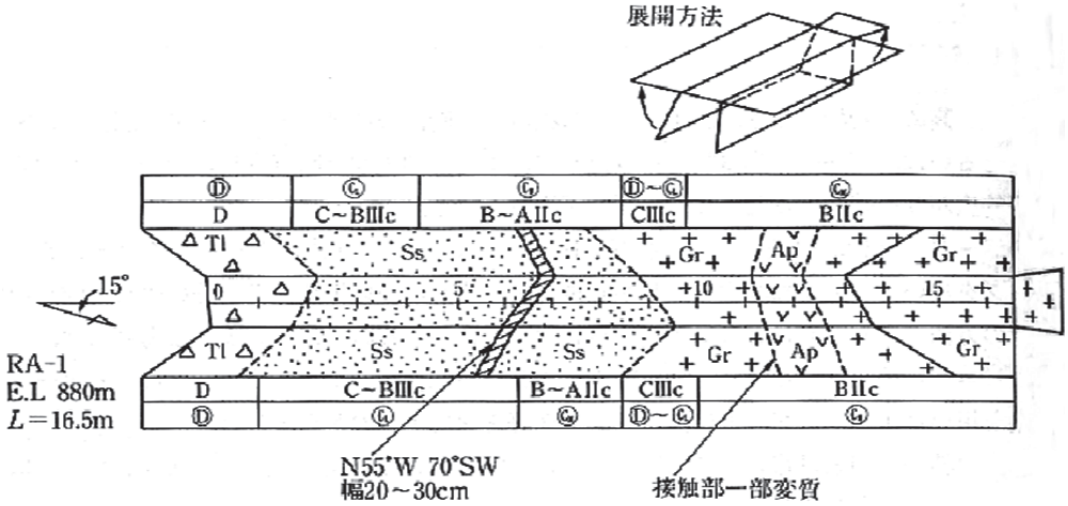
＜例　示＞

調査坑等は縮尺 1/10～1/20 程度でスケッチし、縮尺 1/20～1/200 程度の展開図として表す（図 15-4-3 参照）。展開図には、地質分布や地質構造（岩種、地質境界、層理面などの構造、断層・破砕帯、風化・熱水変質の程度、湧水など）及び岩級分布（岩級区分、硬さ、割れ目）、ゆるみ領域（開口亀裂）等を別々に表示する。ダム基礎として注意を要する情報は目立つように記載する。

重力式コンクリートダム直下の連続性の高い低角度弱層のように、ダムの設計において特に問題となる地層については、必要に応じて通常の調査坑展開図よりも詳しい分類やスケッチ（たとえば表 15-4-1 参照）を行った上で、力学試験等の必要な調査や強度評価を行う。



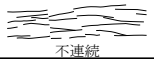
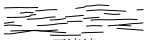
(a)



(b)

図15-4-3　調査横坑展開図の例

表15-4-1　弱層の形態分類の例（佐々木ほか、2008）

弱層タイプ	露頭・横坑調査スケール ←― 数～数10m程度 ―→	原位置試験スケール ←― 0.5～1m程度 ―→	特　徴	弱層の例
A	不連続	 不連続	個々の不連続面の連続性が原位置試験スケールより小さい。原位置試験スケールで不連続面のせん断強度に加え，不連続部（岩盤部）の強度が期待できる。	割れ目密集ゾーン
B	 不連続	連続	個々の不連続面の連続性が，原位置試験スケールより大きい。露頭・横坑調査スケールでは不連続部（岩盤部）の強度を期待できるが，原位置試験スケールでは期待できない。	節理
C	充填物幅≦振幅	充填物幅≦振幅	充填物を含まない，もしくは充填物幅が凹凸の振幅より小さく，原位置試験スケールで壁面のかみ合い効果が期待できる。	節理 クラック シーム
D	充填物幅≦振幅	充填物幅＞振幅	露頭・横坑調査スケールでは充填物幅が起伏の振幅より小さく，壁面のかみ合い効果が期待できるが，原位置試験スケールでは充填物幅が凹凸の振幅より大きく，かみ合い効果は期待できない。	シーム 断層
E	不均質	均質または層状	充填物幅が厚く，不均質な複数種類の充填物で構成される。露頭・横坑調査スケールでは充填物の構成に応じた強度が期待できるが，原位置試験スケールでは一部の充填物の強度に支配される。	断層
F	均質または層状	均質または層状	充填物幅が厚く，均質または層状の充填物で構成される。単一種類の充填物のせん断強度しか期待できない。	断層 軟質挟在層 非熔結層 境界層

＜参考となる資料＞

ダムにおける弱層・不連続面の調査並びに調査坑調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　佐々木靖人,寶谷周,矢島良紀:ダム基礎の弱層分類と強度評価手法,ダム技術,No.256, pp.35-48, 2008.

2)　JGS 3821-2006 岩盤不連続面分布の幾何学的情報に関する調査方法.

3)　中村康夫：ダムにおけるボーリング・調査坑・トレンチ調査(6)～(8)，ダム技術，No.261-263，2008.

4. 3. 8　地下水の調査

＜標　準＞

地下水の調査は、ダムの基礎岩盤及び貯水池周辺の地山の水理地質構造を把握するために、主としてボーリング孔を用いて、地下水の水位とその変動、地下水流動、帯水層等の調査を行うとともに、本章4.3.9を踏まえ、透水性や浸透破壊抵抗性の調査を行うことを標準とする。

その際に、各ボーリング孔では掘削深度とその際の地下水位の関係が明瞭となるように掘削中の孔内水位を観測するとともに、要所のボーリング孔では掘削後に孔内水位を継続して観測する。

なお、地下水位の変動を把握するためには、長期にわたる観測が必要であることに留意する。

また、ダム基礎岩盤等の浸透流対策並びに基礎処理計画の検討のためには、ダム軸付近及びダムの上下流方向や貯水池周辺の地山も含めた三次元的な水理地質構造を把握する。

＜推　奨＞

ボーリングに当たっては、将来孔内水位の観測が必要となる場合を考慮し、ボーリング孔は全孔地下水位測定が必要な状態とすることが望ましい。

地下水の流向を把握するためには、複数のボーリング孔の孔内水位から流線を描く方法や複数のボーリング孔を用いたトレーサー試験、単独のボーリング孔内での流向試験などの方法がある。地下水の流速を把握するためには、複数のボーリング孔を用いたトレーサー試験、単独のボーリング孔内での流速試験（孔内微流速計など）がある。地盤内に複数の帯水層がある場合には、削孔時の孔内水位の変化により把握する方法、多段式の間隙水圧計を使用して同時に

複数の地下水位を観測する方法等がある。これらの手法から適切な方法を用いて調査を行うことが望ましい。また、必要に応じて、ダムサイトや貯水池周辺の表流水の流出状況、湧出状況等を地表踏査によって調査する。

このほか一般的な地下水調査については、第 2 章 水文・水理観測 第 6 節 地下水観測による。

＜参考となる資料＞

ダムにおける地下水の調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 土木学会：ダム建設における水理地質構造の調査と止水設計，p. 141，丸善，2001.
2) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，P. 889，2004.

4. 3. 9 岩盤の原位置試験

＜標　準＞

岩盤の原位置試験は、ダムの設計に必要となる基礎岩盤の特性（変形係数、弾性係数、せん断強度、透水性）を求めるため、変形試験、せん断試験、透水特性、ボーリング孔を用いる試験、グラウチングテストのうち、それぞれ適切な試験を行うことを標準とする。

（1） 変形試験

＜標　準＞

変形試験は、岩盤の変形性等を検討するための岩盤の特性(変形係数、弾性係数等)を求めるために、ダム基礎岩盤を代表する地質、岩級の分布する個所で、必要に応じて適切な方法を用いて行うことを標準とする。

＜推　奨＞

変形試験の方法には、ジャッキ法（平板載荷試験）のほか、ラジアルジャッキ法、スリット法、孔内載荷試験法などがあるが、試験法が比較的手軽で対象範囲が広いことなどからジャッキ法によることが多く、任意の深度で試験できることから補助的に孔内載荷試験を用いる場合も多いため、調査目的等に応じて適切な方法を選定ないし組み合わせて行うことが望ましい。

平板載荷試験においては、試験結果の信頼性を高めるため、同一の地質状況で同一の岩級に区分される個所において、それぞれ少なくとも３個所以上の試験を行うことが望ましい。また、孔内載荷試験においては、平板載荷試験に比べ、試験範囲を直接確認できないことや孔壁の状況の影響を受けやすいことなどから、試験値のばらつきを確認できる試験数を行うことが望ましい。

変形試験は、少数の試験結果から全体の地質を代表させる値を決定しなければならないため、試験位置の選定を慎重に行い、試験前のみならず試験後にも試験面を詳細に観察し、岩級区分を再度確認する。

＜関連通知等＞

1) 土木学会岩盤力学委員：原位置岩盤試験法の指針，土木学会，2000.
2) JGS 3521-2003 剛体載荷板による岩盤の平板載荷試験方法.

（２）　せん断試験

＜標　準＞

原位置せん断試験は、必要に応じて粘着力や内部摩擦係数を求めるために、ダム基礎岩盤を代表する地質、岩級の分布する個所で、適切な方法を用いて行うことを標準とする。

＜推　奨＞

岩盤のせん断試験は、通常実施される方法として、ブロックせん断試験とロックせん断試験がある。ブロックせん断試験は、整形した岩盤上にコンクリートブロックを打設して岩盤とコンクリートの接触面直下の岩盤をせん断する試験であり、ロックせん断試験は、ブロック状に切り出した岩盤をコンクリートでライニングし、ブロック底部でせん断する試験である。両試験は岩盤状況等により適用性が異なるので選定においては留意することが望ましい。

試験結果の信頼性を高めるため、同一の地質状況で同一の岩級に区分される個所において、それぞれ４地点以上選んで１組の試験を行うことが望ましい。

せん断試験は、少数の試験から全体の地質を代表させる値を決定しなければならないため、試験位置の選定を慎重に行い、試験前のみならず試験後にも試験面を詳細に観察し、岩級区分を再度確認することが望ましい。

重力式コンクリートダムで低角度の断層が基礎直下に広く分布する場合など、ダムの安定性に大きな影響を及ぼす弱層が分布する場合には、必要に応じ弱層を対象としたせん断試験等により、弱層の性状に応じた適切な強度評価を行う。

＜関連通知等＞

1)　土木学会岩盤力学委員：原位置岩盤試験法の指針，土木学会，2000.
2)　JGS 3511-2003 岩盤のせん断試験方法.
3)　JGS 2541-2008 岩盤不連続面の一面せん断試験方法.

（３）　透水試験

＜標　準＞

透水試験は、ダム基礎岩盤の遮水性の改良方法や遮水の改良範囲等を決定するために原位置での岩盤の透水性を把握する目的で行い、主にルジオンテスト法を用い試験することを標準とする。

＜推　奨＞

ルジオンテストは、ボーリング孔に多段階の一定圧力で水を注入し、注入圧力と注入量の関係より岩盤の透水性(ルジオン値)を評価するものである。ルジオンテストの方法は、シングルパッカー方式とダブルパッカー方式がある。シングルパッカー方式は、所定の試験区間(５ｍとする場合が多い)の上端にパッカーをかけ、孔底までの区間に水を段階的に圧入して、その圧力ごとの注入量を測定するもので、ダブルパッカー方式は、上端と下端にパッカーをかけ、そのパッカー間で試験するものである。一般的には下部パッカーからの漏水による誤差が少ないので、シングルパッカー方式を採用することが望ましい。

限界圧力が小さい地盤の場合には、孔内圧力センサーを使用した孔内静水圧透水試験を用いることもできる。また、比較的均質な多孔質体とみなせる軟質な地盤では、ルジオンテストに加え現場透水試験等で透水係数を把握する場合がある。

ルジオンテストによる限界圧力が特に小さく浸透破壊が懸念される地盤については、必要に応じて浸透破壊抵抗性を確認する調査や試験を行う。

ルジオンテストの詳細については、「ルジオンテスト技術指針・同解説」による。

＜関連通知等＞

1) (財)国土技術研究センター：ルジオンテスト技術指針・同解説，大成出版社 ，2006.

（4） ボーリング孔を用いる試験

＜標　準＞

ボーリング孔を用いる試験は、ボーリングコア等では確認できない地層の走向、開口量等の基礎岩盤の地質構造、力学的特性、地下水の流動特性等を求めることを目的として、必要に応じて適切に実施することを標準とする。

＜推　奨＞

ルジオンテスト以外の、ボーリング孔を用いる主な試験の概要は次のとおりであるが、必要に応じてこれ以外の手法を用いてもよい。なお、ボーリング孔を用いる試験のうち、地下水流動に関する試験は本節 4.3.8 による。

１）ボアホールテレビ観察

ボーリング孔内にテレビカメラを入れ、孔壁を観察するものである。テレビカメラには、スポット画像タイプ（側方視タイプ、前方視タイプ等）と展開画像タイプとがある。一般にスポット画像タイプは細部及びリアルタイムなものの動きの観察に適している。展開画像タイプでは孔内全周が観察でき、ボーリングコアでは計測できない地層面、亀裂面等の走向傾斜、開口量が測定できる。

２）電気検層

地盤の比抵抗や自然電位を測定することにより、地層の厚さ、帯水層、難透水層、孔隙率・飽和度等が求められる。電気検層は原理上地下水位以下の部分でのみ適用できる。また、ケーシング挿入部分では正確な値が得られないことに留意する。

３）速度検層

速度検層はＰ波やＳ波等の弾性波伝播速度を求め、地盤の物理的性質を調査する手法である。弾性波速度から動ポアソン比、動弾性係数等の動弾性定数を算出できるほか、波形記録から地盤中における弾性波の減衰特性を知ることができる。

４）その他の検層法

キャリパー検層、温度検層、密度検層、中性子検層、JFT(透水試験法)等がある。

５）孔内載荷試験

力学定数等を求める場合には、各種孔内載荷試験がある。

＜関連通知等＞

1) JGS 1121-2003 地盤の電気検層方法.
2) JGS 1122-2003 地盤の弾性波速度検層方法.
3) JGS 3431-2004 岩盤のプレッシャーメータ試験方法.
4) 土木学会岩盤力学委員：原位置岩盤試験法の指針，土木学会，2000.

（5） グラウチングテスト

＜標　準＞

グラウチングテストは、グラウチングによる基礎処理を計画する際に改良特性や注入仕様等に関する資料を本施工前に得る必要がある場合に適切に行うことを標準とする。

＜推　奨＞

グラウチングテストでは、グラウチングによる改良の見通し、グラウト材料、グラウト孔のパターン及び孔間隔、注入圧力、施工法等を検討することが望ましい。グラウチングテストは、中央内挿法で実施し、岩盤変位測定装置による変位計測も併せて行うことが望ましい。

グラウト効果の判定は一般にルジオンテストにより得られるルジオン値によって行う。なお、ルジオン値のほか、セメント注入量も考慮する場合がある。なお、一般にグラウチング施工時には、水押試験によってルジオン値を算定するため、ルジオンテスト結果と水押試験結果の関係について整理しておくことが望ましい。

注入圧力については、注入圧力を上げれば注入量が多くなり注入範囲も広がるが、それによって岩盤の局部的な破壊や浮上りが生ずるので注意する。

グラウチングの詳細については、「グラウチング技術指針・同解説」による。

＜関連通知等＞

1) (財)国土技術研究センター編集：グラウチング技術指針・同解説，大成出版社 ，2003.

4. 3. 10 岩石の室内試験

＜標　準＞

岩石の室内試験は、岩盤の工学的性質等を把握するための手段の一つとして、岩盤の構成材料である岩石供試体を利用して、岩石の基本的な性質を求めるために、岩石の岩石学的・鉱物学的性質を求める試験、物理的性質を求める試験、力学的性質を求める試験、水理学的性質を求める試験、化学的性質を求める試験、及び耐久性を求める試験のうち、必要性及び求める性質に応じて適切な試験を行うことを標準とする。

（1） 試料採取及び供試体の調製

＜推　奨＞

岩石試験の試料は、主としてボーリングコア、調査坑、露頭からの採取岩片を利用することが望ましい。

試料採取を行う場合には、試料ができる限り岩盤の性質を代表するよう偏りのない採取を行うよう注意する。

硬岩は、通常、ボーリングコアを利用して供試体の調製を行う。軟岩は、ボーリングコアを利用できない場合には、ブロックサンプリングを行い、試験室で供試体の調製を行う。

採取した試料は、試験に供するまで採取時の状態を保ち、振動を与えないように保存した上で調製することが望ましい。

供試体は、試験前に岩石の状態（岩種、岩質等）を観察、記録し、試験結果の考察に反映させることが望ましい。

＜関連通知等＞

1) JIS M 0301-1975 岩石の試験片作成.

（２）　岩石・鉱物特性試験

＜推　奨＞

岩石の岩石学的・鉱物学的性質（岩種・岩石組織・粒度分布・構成鉱物の種類・構成鉱物の含有量等）を求める場合には、それぞれ適切な試験を行う。

岩石の岩石学的・鉱物学的性質は岩石の物理・力学・化学的性質や耐久性と密接に関係している。また、鉱物学的性質はその岩石の風化や熱水変質等の変質の状況や粘土鉱物などの物理・力学的性質などを劣化させる鉱物の存在を示すものである。

岩石の岩石学的・鉱物学的性質を求める代表的な試験方法を表 15-4-2 に示す。

表15-4-2　岩石の岩石学的・鉱物学的性質を求める試験方法の例

求める性質	試験方法
岩　種	岩石薄片の偏光顕微鏡観察
岩石組織	同上
粒度分布	同上
構成鉱物の種類	同上，X線回折分析，示差熱分析
構成鉱物の含有量	岩石薄片の偏光顕微鏡によるポイントカウンティング，X線回折分析

（３）　物理特性試験

＜推　奨＞

岩石の物理的性質(密度・含水比・有効間隙率・吸水率・Ｐ波速度・Ｓ波速度・動弾性係数・動ポアソン比など)を求める場合には、それぞれ適切な試験を行う。

岩石の物理的性質は、岩石の力学的性質、耐久性と密接に関係している。

岩石の物理的性質を求める代表的な試験方法の例を表 15-4-3 に示す。

表15-4-3　岩石の物理的性質を求めるための試験方法の例

求める値	試験方法
自然状態，強制乾燥状態，強制湿潤状態の密度	密度試験
吸水率および有効間隙量	吸水率及び有効間隙率試験
動弾性係数、動ポアソン比	超音波速度測定

＜関連通知等＞

1)　地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.

2)　JGS 2132-2009 岩石の密度試験方法.

3)　JIS A 1110:2006 粗骨材の密度及び吸水率試験方法.

4)　JGS 2134-2009 岩石の含水比試験方法.

5)　JGS 2132-2009 岩石の密度試験方法.

6)　KDK S 0501-1968 岩石の密度・含水比・飽和度・有効間げき率・吸水率試験方法，建設省，1968.

7)　JGS 2110-2009 パルス透過法による岩石の超音波速度測定方法.

（４）　力学特性試験

＜推　奨＞

岩石の力学的性質(一軸圧縮強さ・静弾性係数・静ポアソン比・せん断強さ・内部摩擦角・引張強さなど)を求める場合には、それぞれ求める性質に応じて適切な試験を行う。

岩石の力学特性について試料間で対比を行う場合には、それぞれの試料の物理特性を考慮する必要がある。したがって、力学特性試験に供する供試体は、必要な物理特性試験を併せて実施する。

岩石の力学特性を求める代表的な試験方法を表 15-4-4 に示す。

表15-4-4　岩石の力学的性質を求めるための試験方法

求める性質	試験方法
せん断強さ	一軸圧縮試験，三軸圧縮試験，直接せん断試験
引張強さ	圧裂試験，点載荷試験

＜関連通知等＞

1)　地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
2)　JGS 2521-2009 岩石の一軸圧縮試験方法.
3)　JGS 2531-2009 岩石の非圧密非排水（UU）三軸圧縮試験方法.
4)　JGS 2532-2009 軟岩の圧密非排水（CU）三軸圧縮試験方法.
5)　JGS 2533-2002 軟岩の圧密非排水（CUﾊﾞｰ）三軸圧縮試験方法.
6)　JGS 2534-2009 岩石の圧密排水（CD）三軸圧縮試験方法.
7)　JGS 2541-2008 岩盤不連続面の一面せん断試験方法.
8)　JGS 2551-2009 圧裂による岩石の引張り強さ試験方法.
9)　JGS 3421-2005 岩石の点載荷試験方法.

（５）　透水試験

＜推　奨＞

岩石の透水特性や浸透破壊抵抗性を求める必要がある場合には、その目的に応じて適切な透水試験を行う。

透水試験には、放射流による試験や一様流による試験等があるため、想定される地下水の流れや岩石の異方性等を考慮して適切な試験方法並びに試験条件で行う。

（６）　化学的特性試験

＜推　奨＞

岩石の化学的性質を求める必要がある場合には、その目的に応じて、岩石の性質や置かれる環境を考慮して適切な試験を行う。

（７）　耐久性試験

＜推　奨＞

岩石の耐久性を求める必要がある場合には、その目的に応じて、岩石の性質や置かれる環境を考慮して適切な耐久性試験を行う。

堤体材料や掘削のり面には、力学的性質のほかに耐久性が要求される。岩石の耐久性は岩石の性質や岩石が置かれる環境によって大きく異なるため、これらに応じた適切な耐久性試験を選定する。

凍結融解試験は、硬岩の耐久性を求める代表的な方法で、岩石試料の内部まで凍結融解が繰り返される条件下での試験前と試験中のある時期における各種物理量の測定値の変化を耐久性判定の目安とするものである。

スレーキング試験は、軟岩の耐久性を求める代表的な方法で、乾燥させた供試体の水浸、ないしその繰り返しによって生じる形状変化及び吸水量から、スレーキングの性質の目安を求めるものである。

すりへり試験は、粗骨材・石材のすりへりに対する抵抗を試験するものである。

岩石の耐久特性について試料間で対比を行う場合には、それぞれの試料の物理特性を考慮する必要がある。したがって、耐久特性試験に供する供試体は、必要な物理特性試験を併せて行う。

＜関連通知等＞

1) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
2) JIS A 1148:2001 コンクリートの凍結融解試験方法.
3) JGS 2124-2009 岩石のスレーキング試験方法.
4) JGS 2125-2009 岩石の促進スレーキング試験方法.
5) JIS A 1121:2007 ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり試験方法.

4. 3. 11　ダム基礎等の地質調査結果の取りまとめ方法

（１）　結果の取りまとめ方針

＜考え方＞

ダム基礎等の地質調査によって得られた地質情報を総合的に検討して、地質状況、地質工学性状、地下水状況、透水性状を取りまとめ、各種図面として整理する。なお、各種図面の作成に当たっては、その根拠となった露頭、ボーリング孔、調査坑等を表示する。

地質状況の整理では、資料調査、地形調査、地表地質踏査、物理探査、ボーリング、横坑等による調査等を基に、調査地域に分布する地層や岩石を地質学的手法で分類し、地質図としてまとめ、岩級区分図やルジオンマップの基礎資料を作成する。

地質工学性状の整理では、岩盤分類基準に基づいてダムサイトを構成する岩盤を統一的に区分（岩級区分）し、岩級区分図として取りまとめ、ダムの設計の基礎資料を作成する。

地下水状況の整理では、ダムサイト及び貯水池周辺の地下水状況を取りまとめ、基礎処理計画及びダムの安定性等を検討する上での基礎資料を作成する。

透水性状の整理では、地質状況の整理及び透水試験の結果等から水理地質構造を解明し、ルジオンマップ等を作成するとともに、硬岩の場合は割れ目の頻度及び開口量、軟岩の場合は風化の程度及び岩石組織の粒子間のゆるみなどとの関連性を考察し、ダムの基礎岩盤の透水性状を取りまとめ、基礎処理計画を検討する際の資料を作成する。

（２）　地質状況の整理

＜推　奨＞

ダム基礎等の地質調査では、ダム事業の各段階の目的に応じて、以下のとおり地質調査結果から地質状況の整理をすることが望ましい。

地質状況の整理では、地質状況（地質構成、層序、地質構造、断層や亀裂、風化、熱水変質等）を取りまとめるとともに、地質平面図、地質断面図(地質縦断面図、地質横断面図、地質水平断面図)を作成する。また、場合によっては割れ目密度分布図、風化・変質区分図等の地質図を作成する。これらの図面は、地表地質踏査、ボーリング及び調査坑による調査等の地質調査がある程度進展した後に、これらの地質情報を取りまとめて作成する。

地質平面図、地質断面図等はダムの設計に直接用いられる岩級区分図やルジオンマップの作成の基礎資料となるものである。

地質平面図には、地形図上に地層や岩石の分布及び地質構造等を地質学的な手法に基づいて作図記入する。なお、ダムサイト周辺が崖錐堆積物等の表層被覆物により覆われている場合は、ダムの基礎や止水基盤となる地質の分布を明確にするために、必要に応じて表層被覆物を取り除いた地質平面図についても作成する。

地質断面図は、地質縦断面図、地質横断面図、地質水平断面図の３種に区別される。一般的には、本節 4.2.4(4)に記すグリッド沿いに地質断面図を作成する。

地質状況の取りまとめに当たっては、たとえば地表地質踏査についてはルートマップ、断層系や亀裂系の調査については一覧表やシュミットネットの活用など、作成した地質図等の根拠資料についてわかりやすい形で整理する。

（３）　地質工学性状の整理

＜推　奨＞

ダム基礎の地質調査では、ダム事業の各段階の目的に応じて、以下のとおりダム基礎の耐荷性の観点から基礎地盤の岩盤分類を行い、これに基づいて岩級区分図等を作成することが望ましい。

各ダムサイトでは、岩盤を工学的に評価するために岩盤分類基準を定め、その岩盤分類基準に基づいて岩盤分類（岩級区分）を行い、岩級区分図、各岩級の等高線図を作成する。岩盤分類は地質調査と原位置試験及び設計値の決定を結ぶ重要な作業であって、本節 4.2.4(5)に定める総合解析の主要な内容を占めるものである。

１）岩盤分類基準の作成

岩盤分類では、変形性や強度など岩盤の工学的性質とつながる分類要素を取り上げ、要素ごとに段階分けし、それらを組み合わせて岩盤分類の基準を作成する。

岩盤分類の基準は、岩片の硬軟、割れ目の間隔、割れ目の状態等の分類要素の段階分けを組み合わせて、ダムサイトごとに岩盤の工学的性質を最もよく表現できるように作成する。岩盤分類は、ボーリングコアや調査坑における岩盤状況の肉眼観察、ハンマーの打診等によって行い、補足的に弾性波探査による地山の弾性波速度、過去の類似地質のダムにおける岩盤分類事例等を利用する。

２）岩級区分図の作成

ボーリングコアや調査坑で判定した岩盤分類結果を、地質断面図と同じ断面図上に記入し、この結果と地質構成・地質構造やその他の諸調査の結果を十分考慮して基礎岩盤全体を表す岩級区分図を作成する。岩級区分図は、地質図上に表現するべきものであるが、地質構造が複雑

で地質断面図が煩雑となる場合には、必要に応じて被覆層及び断層破砕帯のみを示した地質断面図上に重ねて岩級区分図を作成する。

作成された岩級区分図を基に、設計上必要な岩級の最浅部について等高線図を作成する。

＜例　示＞

岩級区分の例を表 15-4-5～10 に示す。表 15-4-5、6 は岩片の硬軟、割れ目の間隔、割れ目の状態の三要素区分の組合せによる方法（土研式）の例、表 15-4-7、8 は土研式において三要素区分並びにその組合せ方法を一般化した例（土研式共通岩級区分案）、表 15-4-9 は記述式の岩級区分（田中式、電中研式）の例である。このほかにも岩盤の工学的分類方法は種々のものが考案されている。しかし、岩盤の性状や工学的特性は地質ごとに大きく異なること、またダムの規模や岩盤性状によって岩級を細分化する必要がある場合があることなどから、分類要素や岩級区分の基準はダムサイトごとに工夫して作成することを基本とする。

一軸圧縮強度が 9.81～19.6 MN/m^2 程度以下の軟岩において、これらの岩盤分類法を適用できない場合は、岩の硬さに着目した岩級区分を行う必要がある。その場合、岩片の硬さの精度を高めるためには、シュミットハンマー試験、針貫入試験等の簡易な原位置試験や点載荷試験、一軸圧縮強度試験等の岩石の室内試験を行うことが有効である。なお、これらの試験は、岩盤の含水状態、あるいは岩質によっては測定値がばらつくことがあるので、試験時の測定条件や適用する岩質に十分な注意を払う必要がある。

大きな開口亀裂を伴うゆるみ岩盤については、ダム基礎として適さない場合が多く、また通常の岩盤分類基準では適切に評価できない場合もあるので、必要に応じて別途、開口亀裂の状況等に着目したゆるみ性状区分をダムごとに作成し（表 15-4-10）、通常の岩盤と識別できるように表示する。また、同様に、特に脆弱で浸透破壊等を生じるような地盤や、極端な高透水性を生じることが懸念される地盤では、耐荷性のみならず止水性も問題となるため、このような地盤が識別できるように岩盤分類基準を工夫するか、別途必要な性状区分を行う。

表15-4-5　岩級区分の例（Ａ）：要素区分

(a)　下筌ダム（花崗岩・安山岩の例）			(b)　裾花断面（凝灰角礫岩の例）		
区分要素	細区分	内　　容	区　分　要　素	細区分	内　　容
岩塊の硬さ	A	堅　硬 注1)	硬　さ	A	堅　硬
	B	一部堅硬，一部軟質注2) 全体にやや軟質		B	中程度あるいは軟硬が入り混じる
	C	軟　質 注3)		C	軟　質
割れ目の間隔	Ⅰ	50cm以上	割れ目の間隔注4)	Ⅰ	50cm以上
	Ⅱ	50～15cm		Ⅱ	50～15cm以上
	Ⅲ	15cm以下		Ⅲ	15cm以下
割れ目の状態	a	密着	角礫の量比注5)	a	50%以上
	b	開口状		b	50～20%
	c	粘土をはさむ		c	20%以下

注　1．ハンマーで火花が出る程度
　　2．ハンマーで強打して１回で割れる程度
　　3．ハンマーで崩せる程度
　　4．ここでの数値は一例であり、現場条件で異なる。
　　5．概算１㎡中の面積比

表15-4-6　岩級区分の例（Ａ）：岩盤の評価基準

評価区分	評　　価	細　区　分　の　組　合　せ
〔A〕	良　　好	ＡＩａ　ＡＩｂ　ＢＩａ　ＢＩｂ
〔B〕	やや良好	ＡⅡｃ　ＡⅡａ　ＡⅡｂ　ＢＩｃ　ＢⅡａ　ＢⅡｂ
〔C〕	やや良好	ＣＩａ
〔D〕	不　　良	ＡⅡｃ　ＣＩｂ　ＣＩｃ　ＣⅡａ　ＣⅡｂ 残りの組み合わせ

表15-4-7　岩級区分の例（Ｂ）：要素区分（日本建設情報総合センター、1999）

記号	硬軟区分
A	硬軟、ハンマーで容易に割れない。
B	硬、ハンマーで金属音。
C	中硬、ハンマーで容易に割れる。
D	軟、ハンマーでボロボロに砕ける
E	極軟、マサ状、粘土状。

記号	コア形状
Ⅰ	長さ50cm以上の棒状のコア
Ⅱ	長さ50～15cmの棒状のコア
Ⅲ	長さ15～5cmの棒状のコア
Ⅳ	長さが5cm以下の棒状～片状コアでかつコアの外周の一部が認められるもの。
Ⅴ	主として角礫状のもの。
Ⅵ	主として砂状のもの。
Ⅶ	主として粘土状のもの。
Ⅷ	コアの採取ができないもの。スライムを含む。（記事欄に理由を書く）

記号	割れ目状態区分
a	密着している、あるいは分離しているが、割れ目沿いの風化・変質は認められない。
b	割れ目沿いの風化・変質は認められるが、岩片はほとんど風化・変質していない。
c	割れ目沿いの岩片に風化・変質が認められ軟質となっている。
d	割れ目として認識できない角礫状、砂状、粘土状コア。

表15-4-8　岩級区分の例（Ｂ）：土研式共通岩級区分案（森・脇坂・佐々木・阿南、2007）

岩石	硬さA				硬さB				硬さC				硬さD			
割れ目	状態a	状態b	状態c	状態d	状態a	状態b	状態c	状態d	状態a	状態b	状態c	状態d	状態a	状態b	状態c	状態d
間隔Ⅰ	B	B	CH	(D)	CH	CH	CM **	(D)	CM	CM	CL	(D)	CL	CL	D **	(D)
間隔Ⅱ	CH	CH	CH *	(D)	CH	CM **	CM	(D)	CM	CM	CL	(D)	CL	CL	D **	(D)
間隔Ⅲ	CH	CH	CH *	(D)	CM	CM	CM	(D)	CL **	CL	CL	(D)	D **	D **	D	(D)
間隔Ⅳ	CH *	CH *	CM *	(D)	CM	CM	CL	(D)	CL	CL	D **	(D)	D **	D	D	(D)
間隔Ⅴ	(CM)	(CM) *	(CL)	(D)	(CL)	(CL)	(CL)	(D)	(CL)	(D)	(D)	(D)	(D)	(D)	(D)	(D)

（　　）：本施行で用いていない組合せ
*「共通岩級」を見直して1ランク上げた三要素組合せ
**「共通岩級」を見直して1ランク下げた三要素組合せ

表15-4-9　岩級区分の例（C）　記述式岩級区分（田中式）（田中、1971）

名称	特　　徴
A	きわめて新鮮なもので造岩鉱物および粒子は風化、変質を受けてない。亀裂、節理はよく密着し、それらの面にそって風化の跡はみられないもの。 ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
B	岩質堅硬で開口した（たとえ1mmでも）亀裂あるいは節理はなく、よく密着している。ただし造岩鉱物および粒子は部分的に多少風化、変質がみられる。 ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
C_H	造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けてはいるが岩質は比較的堅硬である。 一般に褐鉄鉱などに汚染せられ、節理あるいは亀裂の間の粘着力はわずかに減少しており、ハンマーの強打によって割れ目にそって岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質の薄層が残留することがある。 ハンマーによって打診すればすこし濁った音を出す。
C_M	造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けて多少軟質化しており、岩質も多少柔らかくなっている。 節理あるいは亀裂の間の粘着力は多少減少しておりハンマーの普通程度の打撃によって、割れ目にそって岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質の層が残留することがある。 ハンマーによって打診すれば、多少濁った音を出す。
C_L	造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて軟質化しており岩質も柔らかくなっている。 節理あるいは亀裂の間の粘着力は減少しており、ハンマーの軽打によって割れ目にそって岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質が残留する。 ハンマーによって打診すれば濁った音を出す。
D	岩石鉱物および粒子は風化作用を受けて著しく軟質化しており岩質も著しく柔らかい。 節理あるいは亀裂の間の粘着力はほとんどなく、ハンマーによってわずかな打撃を与えるだけでくずれ落ちる。剥脱面には粘土質物質が残留する。 ハンマーによって打診すれば著しく濁った音を出す。

表15-4-10　ゆるみ岩盤の性状区分方法の例（佐々木ほか、2005）

ゆるみにより開口やずれを生じた亀裂の定義試案

開口亀裂：亀裂（ないし弱層）の内部が主として空隙（水）からなるもの。ただし，流入粘土*1で充填された開口亀裂も原則として開口亀裂の一種として扱い，その際は「開口亀裂（流入粘土）」などと表示して区別できるようにする。

ずれ亀裂：亀裂面（ないし弱層）に沿ってずれ変位の見られるもの。厳密には断層と同じ変形モードであるが，地殻変動による断層（テクトニックな断層）とは異なり，重力変形などのノンテクトニックな変動に伴ってずれ変位を生じている可能性のあるものについて用いる。

＊1　流入粘土：地下水などにより運搬された粘土が岩盤中の開口した割れ目等の間隙に沈積・充填したもの。多くは，褐色～黄褐色で非常に細粒の粒子からなる。

開口亀裂の出現率や開口量を示す指標試案

開口亀裂数：横坑（ボーリング孔）の特定区間長（1 m，5 m，10 m，横坑全区間など）における開口幅 0.25 ～ 0.3 mm 以上の開口亀裂の本数。「1 m 当たり開口亀裂数」を標準とする。

開口亀裂出現率：横坑（ボーリング孔）の特定区間長（1 m，5 m，10 m，横坑全区間など）における（測線上の）全亀裂（本数）に対する開口幅 0.25 ～ 0.3 mm 以上の開口亀裂（本数）の割合（%）。「1 m 当たり開口亀裂出現率」を標準とする。

開口量：（測線などに沿った開口量ではなく）割れ目の面と面に対する垂直な距離で定義する。単一の開口亀裂の中でも開口量が場所によって異なるときは，測線上で計測している際は測線にかかる部分の開口量で定義する。なお，横坑内など，観察できる範囲の中で単一亀裂における最大の開口量については，最大開口部開口量と呼ぶ。また，流入粘土が充填している場合も原則として開口量に含める。

累積開口量：横坑（ボーリング孔）の特定区間長（1 m，5 m，10 m，横坑全区間など）における累積開口量。「1 m 当たり累積開口量」を標準とする。また，区間長に対する区間当たり累積開口量の割合（%）を区間開口率とよぶ。

最大開口量：横坑（ボーリング孔）の特定区間長（1 m，5 m，10 m，全区間など）における単一亀裂の最大開口量。「1 m 当たり最大開口量」を標準とする。

開口量区分：区間当たりの「累積開口量」や「最大開口量」に関する大まかな区分。次の区分による表示を参考とするが，現場状況や目的に応じて一部省略ないし変更して用いても良い。

① 1 m 以上
② 30 cm 以上
③ 10 cm 以上
④ 3 cm 以上
⑤ 1 cm 以上
⑥ 2.5 ～ 3 mm 以上
⑦ 1 mm 以上
⑧ 0.25 ～ 0.3 mm 以上
⑨ 上記未満（開口亀裂に含めなくてもよい）

ずれ亀裂の出現率やずれの量を示す指標試案

ずれ亀裂数：横坑（ボーリング孔）の特定区間長（1 m，5 m，10 m，横坑全区間など）におけるずれ幅 0.25 ～ 0.3 mm 以上のずれ亀裂の本数。「1 m 当たりずれ亀裂数」を標準とする。

ずれ亀裂出現率：横坑（ボーリング孔）の特定区間長（1 m，5 m，10 m，横坑全区間など）における（測線上の）全亀裂（本数）に対するずれ幅 0.25 ～ 0.3 mm 以上のずれ亀裂（本数）の割合（%）。「1 m 当たりずれ亀裂出現率」を標準とする。

ずれ方向：上盤側の岩体の移動方向を方向・傾斜の順に（N○○W・○○S などで）示す。横坑の坑壁などで真の方向が判別できない場合は，見かけ方向（見かけ N○○W・○○S など）として示す。

ずれ量：ずれの方向が確認できる場合には真のずれの量で定義する。真のずれの方向が確認できない場合は，見かけずれ量として定義する。

累積ずれ量：横坑（ボーリング孔）の特定区間長（1 m，5 m，10 m，全区間など）における複数の亀裂の累積ずれ量。「1 m 当たり累積ずれ量」を標準とする。

最大ずれ量：横坑（ボーリング孔）の特定区間長（1 m，5 m，10 m，全区間など）における単一亀裂の最大ずれ量。「1 m 当たり最大ずれ量」を標準とする。

ずれ量区分：区間当たりの「累積ずれ量」や「最大ずれ量」に関する大まかな区分。「開口量区分」と同じ境界値区分を標準とするが，現場状況や目的に応じて一部省略ないし変更して用いても良い。

横坑や露頭等におけるゆるみ性状の分類試案

ゆるみ性状区分：ゆるみと判断される岩盤について，ゆるみの程度を定性的に示す区分。ゆるみの程度の強い順に以下の通りを標準とする。実際の現場では，現場状況に応じて工夫・変更を行っても良い。また，風化の状態（岩芯まで風化，亀裂面周辺のみ風化や酸化，など），流入粘土の有無，なども加味して整理するとよい。

① 土砂状（ゆるみに伴う変形・破砕・風化により，岩盤が細粒化・軟質化し土砂化したもの）
② 崖錐状（多くの岩塊が転動し岩塊群状ないし土砂混じり岩塊状をなしているもの）
③ 石積み状，ないし極大ゆるみ（多くの岩塊に約 3 cm 以上の大きなずれや開口を生じ，全体としておおよそ数 10 cm ～数 m 程度の石を積み重ねたような状態を示す岩盤）
④ ブロック状，ないし強ゆるみ（数 m ～ 10 m 程度の範囲の中に約 3 cm 以上の大きなずれや開口が見られ，全体として岩盤が数 m ～ 10 数 m 程度のブロックに分けられるような状態を示す岩盤）
⑤ 中ゆるみ（数 m ～ 10 m 程度の範囲の中に 1 ～ 3 cm 程度の亀裂の開口やずれが見られる岩盤）
⑥ 弱ゆるみ（数 m ～ 10 m 程度の範囲の中に 3 mm ～ 1 cm 程度の亀裂の開口やずれが見られる岩盤）
⑦ 微小ゆるみ（数 m ～ 10 m 程度の範囲のところどころに 2.5 ～ 3 mm 未満の亀裂の開口やずれが見られる岩盤）
⑧ 前ゆるみ（数 m ～ 10 m 程度の範囲のごく一部に 2.5 ～ 3 mm 未満の亀裂の開口やずれが見られる岩盤，数 m ～ 10 m 程度の範囲のところどころに 1 mm 未満の亀裂の開口やずれが見られる岩盤，亀裂の開口やずれはほとんどないまたは確認できないが応力解放などの作用により軟質化・弾性波速度の低下・透水性の向上などのゆるみの兆候と思われる性状を示す岩盤）

＜関連通知等＞

1)　建設大臣官房技術調査室監修，土木研究所編集：ボーリング柱状図作成要領（案）解説書（改訂版），(財)日本建設情報総合センター，1999.

2)　JGS 3811-2004 岩盤の工学的分類方法.

＜参考となる資料＞

ダム基礎の岩盤分類方法については、下記の資料が参考となる。

1) 岡本隆一，安江朝光：ダムサイトにおける岩盤区分の試み-矢作ダムの例-，土木技術資料，Vol.8 No.9，1966.

2) 森良樹，脇坂安彦，佐々木靖人，阿南修司：原位置岩盤せん断試験によるダム基礎の岩盤分類の定量的な評価の試み，ダム工学，Vol.17 No.3，pp.205-215，2007.

3) 田中治雄：土木技術者のための地質学入門（第４刷），山海堂，1971.

4) 増田秀夫：我が国におけるコンクリートダム基礎地盤の弾性波速度に関する応用地球物理学的研究，電力中央研究所報告，土木 61006，1961.

5) 佐々木靖人，片山弘憲，倉橋稔幸：ダムにおけるゆるみ岩盤の実態と分類試案，ダム技術，No.228，pp.9-21，2005.

（４） 地下水状況の整理

＜推　奨＞

ダム基礎の地質調査では、ダム事業の各段階に応じて、浸透流対策・基礎処理計画検討のための資料として、地下水関連資料を取りまとめることが望ましい。

地下水変動を把握するためには長期間の観測が必要であること、調査坑の掘削によって地山の地下水位の低下が生じる場合があることなどから、地下水に関わる資料はダム事業の初期段階から収集、整理する。

基礎的な地下水関連資料として、ボーリング掘削時の孔内水位変動図とその後の継続する孔内水位観測結果図、観測結果に基づく地下水面等高線図を作成する。また、必要に応じて、地下水賦存状況を知る上で有効な手法としてダムサイト貯水池周辺の表流水の流出状況・湧出状況や比流量図などを作成する。

（５） 透水性状の整理

＜推　奨＞

ダム基礎の地質調査では、透水試験の結果から基礎岩盤の透水性状について整理することが望ましい。

基礎岩盤の透水性状を整理するに当たって、個々のルジオン値に影響している地質的な因子を検討し、高透水性ゾーンの存在が想定される場合には、その成因・方向性・連続性（ダム基礎岩盤の上下流方向や隣接流域への連続性、漏水に関する貯水池側の入口や下流側出口の有無等）等の水理地質構造を、地質構成・地質構造、岩盤分類、割れ目、断層破砕帯の分布やその他の諸調査の結果を用いて水理地質学的に検討し整理する。

ルジオンテストの結果であるルジオン値を地質断面図と同じ断面図上に記載し、この結果と水理地質構造等を十分考慮して、等ルジオン値線によって基礎岩盤を透水性の面で区分するルジオンマップを作成する。また、特に脆弱な地質でグラウチングによる止水に困難が予想される場合等には、必要に応じてルジオンテストの結果得られた限界圧力の分布を示す限界圧力分布図を作成する。

4．4 第四紀断層の調査

4．4．1 調査の方針

＜考え方＞

第四紀断層の調査は、段階的に以下の調査を行う。

１）一次調査

２）二次調査

一次調査は、ダム敷近傍における第四紀断層の存否あるいは存在の可能性を知るために行うものである。また、二次調査は、一次調査の結果、第四紀断層又はその疑いのあるものがダム敷近傍に存在すること、あるいはダム敷近傍に存在する可能性があることが判明した場合に実施し、その位置、規模及び活動性を明らかにするために行うものである。

4. 4. 2　一次調査

＜標　準＞

一次調査は、文献調査、地形調査、地表地質踏査によって行うことを標準とする。

＜推　奨＞

一次調査は以下のとおり実施することが望ましい。

文献調査では、ダム敷から広い範囲(半径 50km 程度)について、第四紀地質構造運動に関する既存文献資料を収集し、整理する。また、既存文献資料によってダム敷から広い範囲(半径 50km 程度)について、地質図を集成する。その成果として、縮尺 1/200,000 の地勢図などに「地質集成図」を作成する。

空中写真・地形図判読による地形調査では、ダム敷から半径約 10km の範囲内について、空中写真及び地形図（縮尺 1/25,000 程度）を判読し、断層変位地形を伴った線状模様を抽出する。用いる空中写真の縮尺は原則として 1/40,000 程度とするが、地形状況に応じて適切な縮尺のものを用いる。

文献調査、地形調査の結果を対比した結果、文献に記載されている第四紀断層及び地形調査で抽出した断層変位地形を伴った線状模様がダム敷から半径約３km 以内を通る場合、あるいは抽出した線状模様がダム敷近傍に向いている場合は、文献に記載されている第四紀断層及び抽出した線状模様について、第四紀の地質構造運動に着目した地形調査、地表地質踏査を実施する。

＜参考となる資料＞

ダムにおける活断層の地形判読については、下記の資料が参考となる。

1)　(独)土木研究所ほか：活断層地形要素判読マニュアル，土木研究所共同研究報告書，第 338 号，2007.

4. 4. 3　二次調査

＜標　準＞

二次調査は、一次調査の結果、二次調査が必要と判断された場合について、地形調査、地質踏査、物理探査、ボーリング・トレンチ・調査坑等による調査及び活動年代測定等の調査方法の中から、適切な方法の組合せにより行うことを標準とする。

＜推　奨＞

二次調査は、以下の二次調査の１、二次調査の２及び二次調査の３により段階的に行うことが望ましい。

二次調査の１として地形調査と地表地質踏査を行う。地形調査では、ダム敷近傍とその周辺について、縮尺 1/8,000～1/10,000 程度の空中写真、又は縮尺 1/1,000～1/5,000 程度の地形図等を判読し、第四紀断層、あるいは第四紀断層の可能性がある線状模様沿いの断層変位地形を抽出する。地表地質踏査では、第四紀断層あるいは第四紀断層の可能性のある線状模様に沿って、幅 500m程度の範囲で詳細に行い、第四紀断層の有無・位置・規模・活動性を確認する。

二次調査の２は、二次調査の１の結果、一次調査結果における第四紀断層の可能性があるものの存在が否認されない場合に、物理探査・ボーリング調査・トレンチ調査・調査坑等による調査のうち適切な方法を選定して行い、第四紀断層の有無・位置・規模・活動性を確認する。

二次調査の２の結果、第四紀断層の可能性があるものの存在が否認されない場合には、二次調査の３として、より詳細に第四紀断層の規模や活動年代等を求める調査を行う。調査方法は、二次調査の２に示す手法に加えて、各種の年代測定手法等を用いた手法とする。

4．5　貯水池周辺地すべり等の調査

＜考え方＞

ダム貯水池周辺地すべり等の調査では、段階的に以下の調査を行う。

１）概査
２）精査
３）補足調査及び湛水時の斜面管理のための調査

概査は、貯水池周辺の地すべり等の分布を明らかにし、この中から精査が必要な地すべり等を抽出することを目的として行うものである。

精査は、地すべり等の機構解析、安定解析、対策工の必要性の評価及び対策工の計画等の資料を得ることを目的として行うものである。

補足調査及び湛水時の斜面管理のための調査は、解析結果や設計の細部を補足すること等を目的に、必要に応じて行うものである。

＜標　準＞

概査は、資料調査、空中写真・地形図等の判読による地すべり地形等予察図の作成、及び地表地質踏査等の結果を加えた地すべり等分布図の作成等により段階的に行うことを標準とする。これらの結果から、地すべり等への湛水の影響、地すべり等の規模、保全対象への影響等を総合的に勘案して、精査が必要な地すべり等を抽出する。

精査は、概査で抽出された地すべり等及びその周辺について、必要な精度・縮尺の地形図の作成並びにボーリング調査、地下水調査、移動量調査等により行うことを標準とする。これらの結果を基に、地すべり等の位置及び規模、保全対象との関係を考慮して、安定解析等の必要性の評価を行うとともに、安定解析の基礎資料とする。

補足調査は、ダム本体や貯水池周辺道路等の掘削面等の地質情報を参考に、適切な方法で行うことを標準とする。また、施工時に地すべり等に関して新たな情報が得られた場合や、湛水時の斜面管理が必要な場合等においても、概査や精査の手法を活用し適切な方法で行う。

調査の詳細は、「貯水池周辺の地すべり調査と対策に関する技術指針（案）」による。

このほか一般的な地すべり調査については第 18 章 地すべり調査 による。

＜例　示＞

地すべり地の地盤では、断層や風化等による破砕と地すべりによる破砕が混在し、すべり面の認定や地すべりブロック区分が難しい場合が多い。このため、ボーリングコア観察等においては、すべり面の認定等を適切に行うために、採取状況の良質なコアを用いて、地すべりによる破砕と地すべり以外の原因による破砕の識別を慎重に行うことが重要である。このような方法の例として、破砕度区分を用いた方法（図 15-4-4、表 15-4-11）がある。

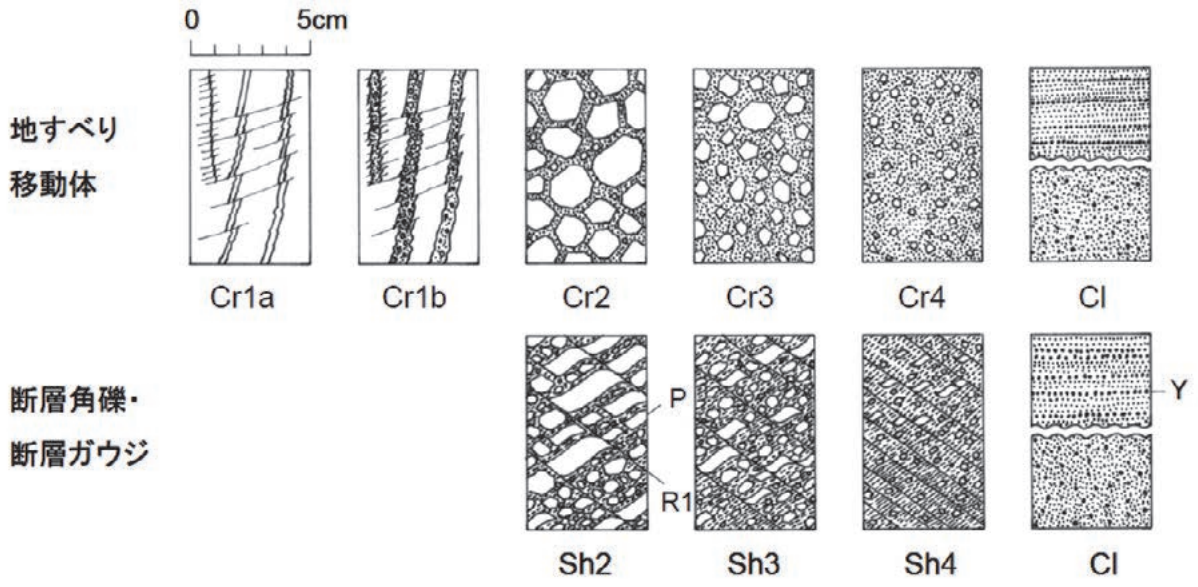


図15-4-4　地すべり移動体及び断層岩類の破砕度区分の例（脇坂・上妻・綿谷・豊口, 2012）

表15-4-11　地すべり移動体及び断層岩類を構成する破砕岩類の識別と破砕度区分の例（脇坂・上妻・綿谷・豊口, 2012）

記号		破砕の状態	構成物質		粒度分布		複合面構造	
			角礫の中央粒径	基質の量				
地すべり	断層		地すべり・断層共通		地すべり	断層	地すべり	断層
Cl	Cl	粘土～砂	粘土～砂		連続		場合によってあり	
Cr4	Sh4	角礫岩	2-5mm	60%以上			なし	あり
Cr3	Sh3		5-15mm	30-60%	不連続	連続		
Cr2	Sh2		15mm以上	30%未満				
Cr1b		開口割れ目を細粒物が充填						
Cr1a		開口割れ目						

＜関連通知等＞

1)　貯水池周辺の地すべり調査と対策に関する技術指針(案)・同解説，平成 21 年 7 月，国土交通省河川局治水課.

2)　地すべり防止技術指針及び同解説, 平成 20 年 4 月, 国土交通省砂防部, (独)土木研究所, p. 145.

＜参考となる資料＞

貯水池周辺すべりに関しては、下記の資料が参考となる。

1)　(財)国土技術研究センター編集：改訂新版 貯水池周辺の地すべり調査と対策，p. 277, 古今書院，2010.

地すべりと断層岩類のコアによる識別方法の例に関しては、下記の資料が参考となる。

2)　脇坂安彦，上妻睦男，綿谷博之，豊口佳之：地すべり移動体を特徴づける破砕岩－四万十帯の地すべりを例として－，応用地質，第 52 巻 第 6 号，pp. 231-247，2012.

4．6　堤体材料の調査

4．6．1　調査の方針と内容

（1）　調査の方針

＜考え方＞

堤体材料の調査は、堤体材料採取地としての適性、賦存量及び材料の品質を把握するために、ダムサイトの選定と同時に行われる材料採取候補地抽出調査から材料採取地選定調査を経てダムサイトの設計段階の調査と並行して行う設計・施工計画調査に至るまで、段階的に行うとともに、それぞれの堤体材料調査の段階で材料試験を適切に行う。

（2）　材料採取候補地抽出調査

＜標　準＞

材料採取候補地抽出調査は、使用する材料の概括的な品質及び賦存量の把握及び材料採取候補地を抽出するために、資料調査、地表地質踏査により行うことを標準とする。

＜推　奨＞

材料採取候補地抽出調査は以下のとおり実施することが望ましい。

資料調査においては、既存の地形図、空中写真及び航空測量図、地質図等、計画地点付近の地形・地質を示す資料を整理・検討し、候補地からダムサイトまでの運搬条件を考慮して、材料の採取候補地点を複数個所抽出する。この際、土壌汚染や有害物質の有無、材料採取に伴う補償の程度、鉱業権、鉄道・道路等の他事業への影響、環境保全対策、安全対策等に関する資料も収集する。

地表地質踏査は、資料調査の結果に従い、地形・地質条件、経済性、環境条件を考慮し採取候補地として適切と思われる個所から順次行う。調査範囲は、堤体材料の必要採取量が十分確保できる範囲とする。地表地質踏査では、候補地を抽出するにあたり、各個所における採取可能な材料の賦存量を把握するとともに、代表的な試料に対して、使用目的に応じた各種材料試験を実施し、堤体材料の品質を概括的に把握する。施工に必要な材料の量は、不良土の除去その他を考慮し、実際に必要な量の 1.5～2.0 倍程度であると考え、現地調査後、改めて採取候補地点を限定し、採取条件、採取方法、運搬距離、運搬経路等についても検討を加え、候補地としての優劣の評価を行う。

コンクリート骨材は河床、河岸段丘等の河床砂礫（山砂利層、山砂層を含む）を用いる場合と原石を破砕して用いる場合がある。河床砂礫の場合には、構成礫の岩質、粒度、形状、風化の程度、砂・シルト・粘土含有量、有機物含有量、堆積状況等に注意して調査する。原石山の場合には岩質・岩相、表土層の厚さ、岩石の風化の程度と厚さ、変質の度合い、多孔性、硬さ、割れ目の間隔等について調査する。なお、小規模なダムでは、市販の砂利、砕石を使用する方が有利な場合、また、砂防ダムの堆積土砂が利用できる場合もあるので、併せて検討する。

フィルダム築堤材料のうち、透水性材料には、河床、河岸段丘から得られる玉石の多い粗粒の砂礫材料、原石を破砕して用いるロック材料、基礎掘削ずり等が用いられる。ほかの材料と比べてダム堤体に占める比重が大きいため、材質とともに運搬条件や採取条件等も重要視される。一般に運搬距離はフィルダム建設のコストに大きく影響するので、採取場決定に当たっては、この点を考慮する。また表土の厚さ、運搬道路の位置、採取方法等についても考慮する。

フィルダム築堤材料のうち、半透水性材料には、河床、河岸段丘から得られる比較的細粒の砂礫材料、原石を破砕して得られる細粒のロック材料及び掘削ずり等が用いられる。砂礫材料は、一般に材質が堅硬であり、締固め施工が容易である上、締固め後の密度が土質材料やロック材料に比べて一般的に大きいので、経済的に採取できる場合は極力利用すべきであるが、材質や粒度が不安定な場合があるので、十分留意して調査する。また、掘削ずり、細粒ロック材

料を用いる場合は、重機による締固め施工の際、破砕されて細粒分が増加し、所要の粒度、適度な透水性が得られないおそれがあるので、この点にも十分留意して調査する。

フィルダム築堤材料のうち、土質材料には、風化岩、風化残留土、崖錐堆積物及び河岸段丘堆積物等を用いるが、一般には風化残留土又は崖錐堆積物を用いる例が多い。このうち風化残留土は、母岩の質にもよるが、重機械施工を前提とする場合、しばしば極めて優良な材料源となる。崖錐堆積物は、最も一般的な土質材料であり、量的には相当量存在することが多いが、含水比、粒度等の質的な面から設計上慎重な検討が必要な場合もある。なお、土質材料は単体で所要の性質が得られない場合に、２種以上の材料を混合して用いる場合があるので、この点にも留意して調査する。

上記の地表地質踏査によって得られた地質情報は、縮尺 1/5,000 程度の地質図、地質断面図に整理するのが望ましい。

（３） 材料採取地選定調査

＜標　準＞

材料採取地選定調査は、材料採取候補地として抽出された個所において、使用する堤体材料の採取場を選定するために、地表地質踏査、物理探査、ボーリング調査、調査坑による調査、トレンチ等の地質調査、材料試験等のうち適切な手法を組み合わせて行うことを標準とする。

＜推　奨＞

材料採取地選定調査は以下のとおり実施することが望ましい。

調査の規模は採取予定地の地形、採取量並びにダム全体の工程を勘案して計画する。候補地が数か所あって、そのうちから選定を行う場合は、材料候補地抽出調査の結果、経済性、環境条件等を考慮して最も有望な地点から調査を行う。

それぞれの候補地について、地表地質踏査、物理探査、ボーリング・調査坑による調査、トレンチ調査等のうち必要な調査を行い、使用する材料の正確な賦存量を把握する。土質材料は一般に不均質に分布し、当初想定と大きく異なることもまれでないため、調査の配置や密度は、材料の品質の三次元的な分布と掘削計画、掘削時並びに掘削後の斜面安定性等を適切に検討できるように計画する。特にボーリング調査は材料の質を直接確認できる重要な調査であるため、適切な範囲・密度・深度で実施する。

各種調査で採取した試料を利用して、使用目的に応じた各種材料試験を実施し、材料の詳細な性質を把握する。調査結果から材料採取候補地としての優先順位をつける。最終的な採取場は本調査の結果に経済性、環境条件等を考慮し、選定する。

調査結果は、採取可能量を計算できる精度の地形図を用いて、地質図、地質断面図、材料区分図等に整理する。

（４） 設計・施工計画調査

＜標　準＞

設計・施工計画調査は、設計条件を決定し、使用材料としての適否の判断基準を作成するため、材料採取場として選定された個所の材料について、使用目的に応じた詳細な室内試験、現場試験により行うことを標準とする。

＜推　奨＞

設計・施工計画調査は以下のとおり実施することが望ましい。

設計・施工計画調査では、使用目的に応じた各種の材料試験を実施し、ダムの設計条件とし

て、粒度、配合、含水比、単位体積重量、強度、透水係数等の堤体材料の物性値を決定する。また、使用材料としての適否の判断基準の作成、定められた設計条件を満足するための現場配合比、締固め機種、まき出し厚さと転圧回数、施工含水比等の施工基準を作成し、施工計画を立てる。このほか、堤体材料の採取方法、運搬路の決定及び維持、規格外品等の廃棄物の処理、濁水の処理、材料採取後ののり面の安定等について検討する。

4. 6. 2　コンクリート骨材の試験

＜標　準＞

コンクリート骨材の試験は、清浄、堅硬、耐久的で、適切な粒度と粒形を持ち、有機不純物等を含まない骨材の採取場を選定するため、必要な室内岩石試験を行うことを標準とする。

＜推　奨＞

コンクリート骨材の調査は以下のとおり実施することが望ましい。

コンクリート骨材の試験としては、細骨材、粗骨材について、コンクリート骨材試験(比重及び吸 水量試験、すり減り試験、安定性試験等)を行う。更に、原石を破砕して製造する場合はクラッシャーに試験的にかけて岩の割れ方や岩片の形状を調べる破砕試験を実施する。また、骨材中にモンモリロナイト等のスメクタイト属鉱物の存在が認められるときには、コンシステンシーの経時変化試験、凝結試験を行う。

コンクリート骨材で注意すべき事項としては、材料を選定する際に、岩質的に極端に鋭角又は偏平に割れるもの、潜在ひび割れの多いもの、吸水して膨張するもの、風化の甚だしいもの、粗しょうなものを含むものは特に注意を要する。更に、骨材は、物理的耐久性を有すると同時に化学的に安定したものでなければならないため、ある種のシリカ鉱物(微細な石英・玉随・オパール・クリストバライト・トリディマイト)・火山ガラスのようにアルカリシリカ反応を起こす鉱物、スメクタイトのように早期凝結を誘起させる鉱物、濁沸石(ローモンタイト)のように場合によってはコンクリートの耐久性を損なう可能性のある鉱物、ないし雲母のように圧縮強度や凍結融解抵抗性を低下させるおそれのある鉱物、その他コンクリートにとって有害な鉱物が限度を超えて含まれている場合には注意を要する。

＜関連通知等＞

1) JIS A 5308 レディーミクストコンクリート.
2) 土木学会コンクリート委員会，コンクリート標準示方書改訂小委員会：2007 年制定 コンクリート標準示方書【ダムコンクリート編】，2008.

4. 6. 3　透水性材料（ロック材）の試験

＜標　準＞

透水性材料の試験は、堅硬かつ耐久的で、所要のせん断強さと排水性を有し、水及び気象作用に対する耐久性が大きい材料の採取場を選定するため、必要な室内試験を実施することを標準とする。

＜推　奨＞

透水性材料の試験は以下のとおり実施することが望ましい。

材料を選定する場合、岩質的に良質の材料が望ましい。特にリップラップ材については長期間の風化や波浪等に耐える良質な材料が必要である。ただし、施工中に破砕されて細粒化する材料や風化のおそれのある材料でも、設計値の選定及びゾーンの配置に際し、材料の性質をよ

く把握すれば築堤材料として使用できる場合がある。また、盛立後の沈下を極力抑制するため、大小塊が適切に混合した粒度のよいものが望ましい。

材料採取地選定調査における材料試験では、粒度、比重、吸水率、耐久性、圧縮強度、密度及びせん断強さを検討する。

設計・施工計画調査における材料試験では、上記の試験を更に詳細に実施するとともに、材料の採取、盛立方法を規定し、試験発破等も含めて大型試験、現地試験等を行い、密度、せん断強さ等を検討する。また、細粒分の多い材料は透水性についても検討する。

風化岩の軟岩等耐久性に問題のある材料は、スレーキング試験、凍結融解試験等によって検討することが望ましい。

一般に透水性材料は、粒径が大きいことと重機械施工により細粒化する傾向があることを考慮して、試験盛土を行い、密度を検討することが望ましい。

4．6．4　半透水性材料（フィルタ材、トランジション材）の試験

＜標　準＞

半透水性材料の調査では、堅硬で、所要のせん断強さを有し、有機物などの有害物を含まないもので、かつしゃ水層と透水層のトランジションとして目的に応じた粒度分布と適度な透水性を有する材料の採取場を選定するため、必要な室内試験を実施する。

＜推　奨＞

半透水性材料の試験は以下のとおり実施することが望ましい。

半透水性材料は、特にフィルタ層として用いる場合は、しゃ水層の細粒子の流出を防ぎ、かつ、浸透した水を安全に流下させる適度な排水性を有するものでなければならない。

材料採取地選定調査における材料試験では、粒度、比重、吸水率、特性又は密度、透水性及びせん断強さ等を検討する。

設計・施工計画調査では、上記の試験を更に重点的に行うとともに、実際の採取方法を規定し、できるだけ類似条件の採取方法でサンプリングし、密度の現地試験を行って、締固め前後の密度変化を調べることが望ましい。

4．6．5　土質材料（コア材）の試験

＜標　準＞

土質材料では、所要のしゃ水性とせん断強さを有し、圧縮量が少なく、かつ締固め施工が容易で、有機物の有害量を含まない土質材料の採取場を選定するため、必要な室内試験を実施する。

＜推　奨＞

土質材料の試験は以下のとおり実施することが望ましい。

採取候補地抽出調査では、概略的に土質材料について材料の観察、粒度、液性限界、塑性限界等に基づいて土質材料を分類するとともに、堤体材料としての適性度を判定する。

材料採取地選定調査における材料試験では、粒度、液性限界、塑性限界、比重、自然含水比、締固め特性、透水性、せん断強度及び圧密特性等を検討する。特に、自然含水比、締固め特性は安定性、施工性を判定する上で重要である。また、調査の進行に伴い、必要に応じて吸水膨張、有機物含有量、水溶性成分含有量等の試験を実施する。

設計・施工計画調査における材料試験では、前項の試験を更に詳細に行うとともに、必要に応じて大型供試体による粗粒分を含んだ突固め試験、透水試験、せん断試験等を行い、設計粒

度、最適含水比、設計密度、透水係数などを求める。また、現場転圧試験を行って、撒き出し厚さ、転圧回数、施工含水比、密度、透水係数等の設計、施工計画のための材料条件を求める。

＜関連通知等＞

1) JGS 0051-2009 地盤材料の工学的分類方法.

4. 7　仮設備・付替道路等の調査

＜考え方＞

仮設備・付替道路等の地質調査は、設計の熟度に応じ、設計・施工計画の検討に必要な地質情報を得るために適切に行う。

＜標　準＞

仮締切、仮排水路トンネル、ケーブルクレーン塔、走行路、各種プラント、工事用道路及び付替道路等の設計・施工の候補個所の地質調査は、各個所の地質状況と設計・施工上の問題点を整理するために、資料調査、地形調査、地表地質踏査、ボーリング、物理探査等により行うことを標準とする。なお、道路、トンネル等の地質調査は、関係指針等を参照することとする。

＜推　奨＞

ダム建設のために大規模な付替道路を建設する必要がある場合には、切土、盛土、橋梁、トンネル、擁壁等の道路構造物個所で、それぞれ地表地質踏査、ボーリング、物理探査を実施し、施工中に災害を生じたり、道路の維持管理に支障を生じたりしないように各個所の地質状況と設計・施工上の問題点を整理することに努める。

仮設備・付替道路等の個所は、ダムサイト及び貯水池の地表地質踏査の際にあらかじめ範囲を広げて地質図を作成しておくことが望ましい。また、調査に当たっては貯水池地すべり等の調査、貯水池の地質調査の結果を活用することが望ましい。

4. 8　資料の保存

＜考え方＞

設計及び施工時の地質調査や試験の資料は、試験湛水時及び完成後の管理、補修及び再開発等を行うにあたり貴重な資料となるため、適切に保存する。

＜推　奨＞

保存を必要とする資料とその望ましい保存期間を以下に示すが、それぞれのダムの状況に応じて、保管期間を延長することが必要な場合もある。

1）ダムの完成時まで；ボーリングコア、材料試験試料標本
2）ダム完成後 5～10 年間；ボーリング日報、その他調査試験の直接記録
3）永久保存；地質調査報告書（ダムの選定段階から管理段階に至る、ダム基礎の調査、第四紀断層の調査、貯水池周辺地すべり等の調査、堤体材料の調査、仮設備・付替道路等の調査の報告書)、1/5,000 及び 1/500 等地形図、空中写真、土質試験・透水試験・原位置試験データ、ボーリングコアカラー写真、基礎岩盤岩石標本、特殊な調査資料、その他必要と判断される資料

なお、現在行われるほとんどの地質調査成果は一般に電子データとなっているので、これら

の電子データについてはすぐに利用できるように整理し保管する。また紙資料の永久保存資料についても、すぐに利用できるように電子データ化して永久保管することが望ましい。紙資料の永久保存資料も保管できる限り保管することが望ましいが、紙資料のままでは非常に大量となる場合には電子データ化して永久保管する。ただし、大判・多色表現の地質図類等は電子データでは細密性が劣るなど迅速に利用しにくい場合があるので、ダム管理事務所、技術試験のセンター、地方庁の担当課等保管する場所それぞれにおいて責任者を定めて保管することが望ましい。

第 16 章　総合的な土砂管理のための調査

目　次

第 1 節　総説 1
1．1　目的と位置付け 1
1．2　基本方針 2
第 2 節　調査の基本的組立て方 3
2．1　基本構成 3
2．2　共通的調査の骨組み 4
2．2．1　土砂動態の捉え方 4
2．2．2　調査から得る事項 7
2．2．3　調査の実施 9
2．2．4　調査結果のまとめ方 9
2．3　代表的な調査項目 14
2．3．1　位置付け 14
2．3．2　施設等に堆積した土砂の調査による粒径集団別土砂移動量の時間積分値（一定期間の総和）の把握 15
2．3．3　地形変化と変化部等の粒度分布 16
2．3．4　流砂系に関係する土砂の存在状況 16
2．3．5　流砂系からの搬出量、流砂系への搬入量とそれらの粒度分布 17
2．3．6　重要地点における粒径集団別土砂移動量の時間変化 17
2．3．7　流砂系の長期的変遷 20
2．3．8　土砂の長期的な時間経過の推定 20
第 3 節　調査結果の蓄積・共有化 20

平成 26 年 4 月　版

第16章　総合的な土砂管理のための調査

第1節　　総説

1．1　　目的と位置付け

＜考え方＞

土砂に関わる課題は、山地部、平野部、河口・海岸部等のそれぞれの領域において様々な形で発生している。

山地部では、荒廃山地からの流出土砂による渓流河道部での異常堆積あるいは局所侵食や土石流、山腹崩壊、地すべりによる災害発生、ダム貯水池の堆砂による機能低下等が、また、平野部では河床低下（構造物の被災に強く関係する澪筋部の低下を含む）や河床における岩盤の露出などが、河口部では河口砂州の縮小、上流への後退等の変化が、海岸部では海岸侵食と海岸線の後退等が起こっている。海岸侵食や海岸線の後退は、状況によっては国土の保全にも関わってくる。礫河原の縮小と樹林化の進展など河川の環境形成システムの変調にも、土砂動態の変化が関わっている可能性がある。

原因となっている現象が、程度の差はあっても、当該領域を超えたより広域のスケールにまたがることが多く、個別領域の対応だけでは課題の根本的な解決には至らないという状況も想定・考慮すべきである。

実際、個別領域での対症療法的方策を続けている状況の下、課題の深刻化をくい止めるのに精一杯であったり、河川や海岸の維持管理にかける労力が増すなどして、種々のコストが重荷になっている場合も少なくない。

こうした認識を踏まえ、土砂に関わる課題を総合的に解決するための視点として、流域の源頭部から海岸までの一貫した土砂の運動領域を「流砂系」という概念で捉え、個別領域の特性を踏まえつつ、土砂の移動による災害の防止、適切な河川等の整備・管理、生態系や景観等の河川・海岸環境の保全、河川・海岸の適正な利活用を通じて、豊かで活力ある社会を実現することなどを目標として、総合的な土砂管理を行うことが必要との認識が共有化されている。

ここで、「総合的な土砂管理」とは、上記のような土砂移動に関する課題に対して、砂防・ダム・河川･海岸の個別領域の問題として対策を行うだけでは解決できない場合に、各領域の個別の対策にとどまらず、流砂系を一貫して、土砂の生産の抑制、流出の調節等の必要な対策を講じ､解決を図ることをいう（計画編 基本計画編 第１章 基本方針 第４節 総合的な土砂管理 より）。

総合的な土砂管理を行うことにより、対症療法に依存せざるを得ない状況から根本的課題解決・改善への脱却、これによる長期的視点で見た場合の全体的なコストの縮減、海岸・河川等における持続可能な管理の実現、治水・環境など異なる目標を統合的に実現する枠組みの構築と実践などが期待される。

本章は、上記の認識に基づく総合的な土砂管理を具体化する上で必要となる調査の基本事項について記述するものであり、当該流砂系の全体像を必要なレベルで捉え、課題とそれを生じさせている原因を大局的に把握し、課題解決の方向性を得ることに、また、これらの結果に基づき、土砂管理の内容を具体的かつ詳細に吟味し、定めていくことに活用される。

なお、土砂に関わる個々の調査手法については、第４章 河道特性調査、第６章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析、第 11 章 河川環境調査、第 17 章 砂防調査、第 21 章 海岸調査 に示されている。本章では、それらを必要に応じて活用することを前提に、総合的な土砂管理に資するという横断的な視点からの調査の在り方に重点をおいて、調査が持つべき基本的内容を示す。

本章で「山地部」と言うときは、渓流区間や山地河道区間（第４章 河道特性調査 2.1.2 河道の類型区分に記述されている場の類型区分 を参照のこと）を包含する山地流域全体を指す。また、第 17 章 砂防調査 において主に対象にしているのは、砂防基本計画の策定対象となる砂

防域であり、本章における山地部はそれを包含するものである。すなわち、総合的な土砂管理のための調査は、山地部については、土砂生産が活発で荒廃した流域を持つなどにより砂防が必要となる砂防域に加え、それ以外の流域も対象となり得る。

なお、第 17 章 砂防調査 の内容は、直接的には砂防域を対象にしているが、総合的な土砂管理の検討も目的に含めており、一般的な山地部の土砂動態を把握する上でも有用となるものが多い。

＜関連通知等＞

1) 河川砂防技術基準計画編，平成 16 年 3 月 30 日，国河情第 13 号，国土交通省河川局長通達，基本計画編 第 1 章 基本方針 第 4 節　総合的な土砂管理 p. 3.

＜参考となる資料＞

我が国の一級河川に係わる流砂系とその現況、すなわち山地部の荒廃範囲の分布、流域内ダム（総貯水容量 100 万 m^3 以上）の合計堆砂量、河床変動状況、河道外への土砂搬出総量、汀線後退状況については、下記の資料に掲載されている「流砂系現況マップ」が参考となる。

1) 国土技術政策総合研究所環境研究部，(独)土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方，国土技術政策総合研究所資料，第 521 号，土木研究所資料，第 4140 号，pp. 3-14－3-15，2009.

我が国の土砂管理に関する基本的な課題認識と総合的な土砂管理が必要となっている理由、流砂系の定義とそれを技術的な基軸とした総合的な土砂管理の意義の詳細については、下記の資料が参考となる。

2) 21 世紀の社会を展望した今後の河川整備の基本的方向について，平成 8 年 6 月，建設省河川審議会計画部会答申.

3) 流砂系の総合的な土砂管理に向けて，平成 10 年 7 月，建設省河川審議会総合土砂管理小委員会報告.

1. 2　基本方針

＜考え方＞

総合的な土砂管理が持つ基本的性格を踏まえ、調査は以下の３つの要件を満たすように行うことが重要である。

１）対象とする流砂系の全体像を捉えること

総合的な土砂管理を支える基本情報を得るための種々の調査（現地調査、観測、モニタリング、データ整理、モデリング・解析、これらに基づく分析を含む）は、流砂系の全体像理解に資するように統合的に進めていくことが重要である。

一般に、流砂系は広範囲に及び、性質の異なる場から構成されるので、個別領域の現象理解と技術検討を単純に積み上げる方式を採用すると、流域～沿岸域の各領域で使用されてきた異なる記述法が合体させられることになり、必ずしも全体像の理解にはつながらない。たとえば、１つの流砂系の中で、上流域においては粒径の大きな土砂が調査の主対象になることが、また海岸域を含む下流域では粒径の小さな土砂が主対象になることが多く、各対象領域での調査について合理化・最適化を追求していくと、結果として、粒径についてでさえ相互の関係性が希薄な調査体系が領域ごとに並立するような状況が生じ得る。こうしたことから、それぞれの領域での検討内容を理解しつつも、それだけに捉われず、流砂系全体を見通すための土砂動態の共通の捉え方、共通的な記述法を意識して採用することが必要となる。このために最低限考慮

すべき事項を本章の第２節 調査の基本的組立て方、特に 2.2 共通的調査の骨組み で述べる。
以上に示した流砂系の土砂動態の全体像を捉えるための大前提として、土砂を一括りに扱うのではなく、量と質（粒径）の両方に着目することが挙げられる。

２）課題を生じさせている構図とそこでの流砂系の関わり方を明らかにすること
総合的な土砂管理は目標を達成するための方策であり、その根幹には課題解決を図る（あるいは課題の顕在化を防ぐ）という目的意識がなければならない。総合的な土砂管理に際しては、個々の課題の抽出・羅列にとどまらず、課題に関わる因果関係の全体像すなわち課題の構図を、流砂系に直接関係しないものも含め、具体的に理解あるいは想定し、その構図において流砂系がどのように関係しているかを明確にし、その上で、流砂系の制御の課題解決につなげる道筋を見いだすことが求められる。

３）課題解決のための要素技術の検討を土砂管理の検討に適切に組み合せること
課題解決のためになすべき施策の方向性が具体的に明らかとなり、そのための方法を検討する段階まで調査が進捗すれば、施策を実行する手段としての要素技術の検討を組み込むことが必要となってくる。その際には、

- 各要素技術が総合的な土砂管理を通じて課題解決にどうつながるかの整理の上に立った必要要素技術の特定。
- 検討時点で存在する要素技術の現場への技術的適用性。
- 新たな要素技術開発の見込み。

などについての吟味が重要となる。
要素技術として、たとえば、ダムからの排砂技術、土砂管理による土砂流送量の増減が下流河川の環境に与える影響の評価法、土砂動態を制御する構造物等の機能評価法等、当該流砂系における総合的な土砂管理の内容に応じて、様々なものが対象となってくる。

以上に示した３つの要件は、相互に関連するものであり、対象とする流砂系の状況を踏まえつつ、３つの要件が満足される調査内容を統合的に計画し、実施していく。その際には三者の間で適切なバランスを取ることに留意することが求められる。１）について言えば、対象とする流砂系の全体像を捉えることは重要であるが、流砂系に関わる全事象を把握しようとすることは、それに係る労力や時間を考えると得策とは言えず、２）の「課題を生じさせている構図を得る」という視点からの重点化や簡略化が求められる場合も多い。総合的な土砂管理を行うからと言って、対象とする流砂系に関わる全事象を明らかにしなければならないと考える必要はない。また、２）だけを一方的に進めても、それがある程度進捗した段階においては３）で取り上げている課題解決の実行手段が伴ってこないと、土砂管理を施策として完結させることは難しい。

第2節　調査の基本的組立て方

2．1　基本構成

＜考え方＞

流砂系自体も、そこで生じ得る課題についても多様で個別性が強いことが一般的なので、また本節 1.2 で述べた２）の要件すなわち課題への対応に役立つ調査内容を計画することの重要性を考えると、調査内容をあらかじめ画一的に設定することは必ずしも得策ではない。
その一方、総合的な土砂管理のために流砂系の全体像を捉え、それを課題把握の土台として

活用し、課題解決の技術的方策を検討する際に、ほとんどの場合共通して用いるべき調査の枠組みがある。そこで、調査の基本構成を、

1）共通的調査：総合的な土砂管理に活用するという観点から、流砂系の全体像を必要なレベルで捉え、課題を大局的に把握し、課題解決の方向性を得るための調査。
2）流砂系ごとの個別的調査：1）により明らかになった当該流砂系固有の特性や課題及び課題解決の方向性を踏まえ、土砂管理の内容を具体的に、あるいは詳細に検討するための調査

の2つとする。
本節では、このうち1）に関する方法を以下で扱う。なお、2）の調査の内容・成果については、1）の内容・成果と併せ、事例として体系的に収集・蓄積し、利用可能な知見としておくことが重要である（本章の第3節 調査結果の蓄積・共有化 を参照されたい）。
なお、ここで言う調査には、現地調査、観測、既往データ・調査結果等の整理、土砂動態等に関するモデリングと解析、これらの結果を用いた種々の分析が含まれる。

2．2　共通的調査の骨組み

2．2．1　土砂動態の捉え方

＜考え方＞

対象とする流砂系全体を見渡し、土砂管理において考慮すべき全ての土砂の粒径範囲を特定する。その粒径範囲にある土砂の動態を、粒径が大幅に異なれば動態の基本特性も大きく異なり得ることを考慮しつつ、一定以上の時間スケールで、できるだけ広域的に捉える見方を当てはめることにより、1.2に述べたように「対象とする流砂系の全体像を捉える」よう努め、当該調査を組み立てる際の考え方の基盤を得ることが大事である。

＜参考となる資料＞

渓流・山地河道区間と沖積河道区間との土砂動態の特性の違いが生じる理由とその特徴の詳細については、下記の資料が参考となる。

1）国土技術政策総合研究所環境研究部，(独)土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方，国土技術政策総合研究所資料，第521号，土木研究所資料，第4140号，第2章7節，2009.

＜例　示＞

渓流区間や山地河道区間（第4章 河道特性調査 2.1.2 河道の類型区分 参照）は山地部にあり、土砂動態について沖積河道区間とは明瞭に異なる以下のような特性を示すことが多い。

1）河床材料（材料m；第4章 河道特性調査 2.4.1 河道構成材料の大局的分類 参照）の粒度分布の幅が広く（たとえば、砂から石礫まで）、また粒度分布の空間的ばらつきも大きい。
2）未固結堆積層の厚さが有限であり、また、時間的・空間的に大きく変化し得る。未固結堆積層厚が薄く、川底に岩が露出しやすいところ、ふだんから川底が岩になっているところがある。以上の特徴に対応して、岩盤が側刻、下刻、洗掘を制約する場所が見られる。
3）洪水により作用する営力の幅が広い。渓流区間や山地河道区間では、川幅が山脚により規定されていることが多く、流量増に伴い営力が増加し続ける。このため、作用する営

力に、沖積河道区間における河道満杯流量のような明確な上限がなく、頻度は極めて小さいが非常に大きな外力が生じ得る。

4）沖積河道区間に比べ一般に急勾配であり、射流が頻出し、水深粒径比が小さい。この特性に対応した反砂堆などの小規模河床波が、河床形態の形成において支配的になる場合がある。

5）土砂供給源が多様である。すなわち、当該河道区間の上流からだけでなく、支渓流からの供給も影響力をもちやすく、また山腹からの直接的供給も起こり得る。

6）土砂供給が時間的、空間的に不均一に行われやすい（たとえば、豪雨による一部地域での突発的な大規模土砂生産）。また、土砂供給の場からの距離が近く、河道がこの不均一性の影響を強く受けやすい。

7）河床材料の流送量（Bed-material load：河床起源の土砂流送量）と洪水時の流量との関係が、沖積河道区間ではおおむね安定的であるのに対し、大きく変動する。たとえば、流量に対して河床材料となり得る土砂の供給が枯渇して河床が低下し、ついに岩や残存巨礫ばかりとなり、流量が増えても河床材料の流送がほとんど生じない状態から、河床材料となり得る土砂の供給が過剰で急激な河床上昇（未固結堆積層厚の増大）が起こり、流量の増加に伴い多量の河床材料流送が起こる状態まで、取り得る状態の幅が広い。

8）水系や河道区間及び時期によっては、河床材料が出水時にもほとんど移動しない状況が出現する。

9）河床材料として流送される過程での礫の破砕・摩耗が河床材料、土砂収支などに与える影響を、場合によっては検討する必要がある。

以上のように、山地部における土砂動態の重要な特徴として、空間的・時間的不均一性の大きさが挙げられ、第 17 章 砂防調査 に体系的に示されているように、そうした特性に伴う土砂動態の高い変動性を把握しようとする場合には（砂防という観点からはそれが大事な調査目的の１つになる）、詳細な時空間スケールでの観測や解析が基本となる。

一方、「総合的な土砂管理のための調査」の中での山地部における土砂動態把握においては、沖積河道区間への土砂供給の把握につなげるという目的を見据え、調査内容を適切に設定することが重要となる。そこにおいては、山地部での土砂動態が持つ空間的・時間的不均一性が沖積河道区間との接続点に向かってどのように均されていくかを把握することがポイントとなる。

＜例　示＞

沖積河道区間まで下ってくると、土砂動態に関わる上記の時空間的不均一性が均され、土砂の分級も進んでくる。

これらのことを前提に、沖積河道区間を中心に広域的に土砂動態を捉える技術的枠組みとして、以下のものがある。

1）流砂系における大局的な土砂動態の分析においては、「同じような挙動を示し、それが異なれば流送、主河床材料（材料m）との交換、河川地形への影響の仕方が大きく異なる、特定の粒径範囲を持つ土砂」として定義される「粒径集団」に着目する。そして、「粒径集団」ごとに、適切な時間及び空間スケールで、土砂移動量や土砂収支などを把握することを通じて分析を行う。ここで「土砂移動量」は、土砂が流送される経路沿いの任意の点を単位時間あるいは一定の期間に通過する土砂量のことをいう。

2）「粒径集団」への区分は、対象流砂系を広く観察し、系全体として扱うべき粒径集団をもれなく特定することに留意しつつ、まずは「細粒土砂（シルト・粘土：場合によっては微細砂を含める）、砂（微細砂から極粗砂まで；場合によっては微細砂を除く）、礫（細礫あるいは小礫から巨礫まで）」で行い、適宜必要な修正を加えていく。

ただし、最終的に調査対象とする粒径集団の選定においては、流砂系に関わる課題との関係の度合、「有効粒径集団」という着眼点、動態把握の困難さという視点も取り入れて、必要に応じ調査の効率化・合理化を図る。ここで「有効粒径集団」とは、粒径集団のうち、その動態が土砂管理上の課題に関わる特定の河道変化や事象をほぼ排他的に支配するものを言う。課題を起こしている現象が明確で、それに関わる有効粒径集団がはっきりしている場合には、調査対象をその有効粒径集団に絞るという戦略が考えられる。

粘土、シルト、微細砂～極粗砂、細礫あるいは小礫～巨礫などの粒径の分類と呼称については、第 4 章 河道特性調査 2.2 河道構成材料の粒径分類と呼称 を参照のこと。

3）各粒径集団の動態を表現する際には、当該河道セグメントでの流送が「混合型」か「通過型」かの判別を併せて行う（セグメントについては、第 4 章 河道特性調査 2.1.3 沖積河道のセグメント区分とセグメントの類型 を参照のこと）。ここでいう「混合型」、「通過型」とは以下のことを指す。

【混合型】着目している粒径集団が、主河床材料（材料m）と有意に混じり合いながら輸送される。河床変動に寄与し、その分、自身の流送量も縦断的に有意に変化する。水理学的分類では掃流砂あるいは浮遊砂に当たり、一出水程度の時間スケールで見た土砂起源による分類では Bed material load に当たる。

【通過型】着目している粒径集団が、その場所の主河床材料（材料m）と有意には混じり合わない（たかだかその隙間を満たす程度）。河床変動にほとんど寄与できず、自身の流送量の縦断変化は小さい。河道条件などによっては、一部が河畔堆積物（材料ｓ）などになるが、一般にその量は当該粒径集団の土砂移動量に比べればごく小さい。以上から、当該河道セグメントは、その粒径集団にとって通過区間となる。土砂水理学的分類では、多くの場合浮遊砂であり、ただし小出水時、平水時には材料mの上を掃流砂で流送されることもある。一出水程度の時間スケールで見た土砂起源による分類では、多くの場合ウォッシュロードに当たる。

＜参考となる資料＞

粒径集団、混合型／通過型の詳細は下記の資料が参考となる。

1） 国土技術政策総合研究所環境研究部，(独)土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方，国土技術政策総合研究所資料，第 521 号，土木研究所資料，第 4140 号，第 2 章，2009.

＜例　示＞

海岸での土砂移動は、河川における「流砂」に対して、「漂砂」と称される。漂砂とは、砂礫浜海岸において波や流れの作用によって生じる底質の移動現象、あるいは移動する底質そのものを表す。

また、漂砂は、沿岸方向への移動（沿岸漂砂）と、岸沖方向への移動（岸沖漂砂）に大別される。

海岸における土砂動態については、漂砂系単位で分析を行う。漂砂系とは、沿岸方向には沿岸漂砂の連続する区間、岸沖方向には砂丘の陸端から海底の漂砂の移動限界水深までの範囲で、分布する土砂の岩石種や鉱物組成が類似している空間的領域をいう（図 16-2-1）。漂砂系の中に

は、河川からの土砂供給との関わりが薄いものもあるが、本章では、総合的な土砂管理の趣旨に鑑み、河川からの供給土砂を介して河川とつながっている漂砂系が対象となる。

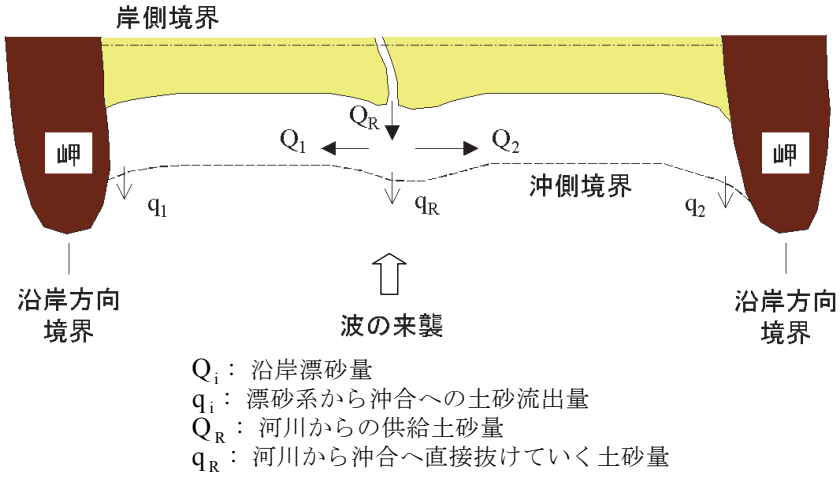


図16-2-1　漂砂系の概念

漂砂系における土砂収支を解明する上では、以下のような点に留意する。

1）漂砂系は、山地部や沖積河道区間における土砂の運動領域とともに流砂系の一部を成し、河川からの供給土砂を介して河川とつながっていることに留意する。河川において河口部に到達した各粒径集団の動態は、漂砂系と接続する。

　ただし、河口部から供給される全ての粒径集団が漂砂系に組み込まれるとは限らない。砂礫浜海岸では、波の作用により、供給された細粒土砂の多くは漂砂系より沖に流出し、砂や礫の集団が漂砂系を主に構成する土砂となる。その際、砂や礫は、漂砂系内において分級する性質がある。こうしたことから、深浅測量成果の解析や海浜変形モデルで推定される河川からの供給土砂量は、漂砂系にとどまることができる粒径集団のみを対象としていることになる。そして、それに対応した土砂の河川からの供給量を検討する際には、河川における粒径集団のうち漂砂系に有効なものを特定しておくことが基本的準備となり、その上で、第４章 河道特性調査 と、第６章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析 に記述した河口域の河道の特性を踏まえた河床変動と土砂動態の分析手法等を活用することになる。

2）漂砂系における土砂収支は、底質粒径の岸沖方向分布を踏まえて分析する。一般的に、海岸における底質は、波による分級作用により、汀線部と砕波点付近で粗く、水深が大きくなるほど細かくなる性質がある。深浅測量の結果等から土砂収支を推定する際には、水深帯別に沿岸漂砂量を算出することなどにより、粒径の効果を表現する。

2．2．2　調査から得る事項

＜標　準＞

前項 2.2.1 に示す土砂動態の捉え方を踏まえ、以下に示す事項を調査結果として得られるように調査内容を組み立てることを標準とする。

なお、以下では、粒径集団を中心に記述しているが、粒径集団への分級が十分でない時空間領域を対象にする場合には、粒径集団によらず土砂移動量や収支の整理・分析を行う。ただし、この場合も、できるだけ粒度分布を考慮できるようにする。

１）各粒径集団の動態の基本的特性

a)　同一の時間あるいは期間について、流砂系における様々な地点での粒径集団ごとの土砂移動量を整理し、流砂系内の土砂動態の空間分布特性を把握する。

b)　流砂系における主要な地点での粒径集団ごとの土砂移動量の時間変化（あるいは経年変化）を整理し、土砂動態の時間変化（あるいは経年変化）特性を把握する。

２）粒径集団ごとの動態に着目した収支の把握

一定の空間的範囲と期間を設定した上で、地形変化量、それに主として関わった粒径集団、当該範囲に関する粒径集団ごとの収支を整理し、地形変化と粒径集団ごとの収支との関係を把握する。

３）インパクトに伴う土砂動態特性の変化の把握

上記１）と２）に示した事項の分析を、流砂系への自然的インパクト（洪水、大規模な土砂流出、海浜変形に関わるイベントなど）や人為的インパクト（河川改修、海岸事業、種々の施設の設置、土砂の系外への搬出及び系への搬入など）の作用時点を中間に含む期間で行い、あるいは作用時点を挟む 2 期間で行い、インパクト～流砂系における土砂動態特性の変化～課題発生との関係及びメカニズムを具体的に分析する材料を得る。

４）課題の診断・特定と対応策の検討

課題が明確になっている場合は、上記１）～３）に示す事項を得るための調査に引き続いて、

a)　課題が生じている場所の土砂動態や地形・材料に関わる局所・詳細情報の把握及びそれと流砂系スケールでのマクロな土砂動態との関係把握

b)　課題と土砂動態（ミクロ、マクロ）との関係把握（そのための更に詳細な分析、解析等を含む）

c)　課題解決のための施策提案とそれが土砂動態にもたらす影響（効果、副作用等）の把握を通じた施策案の評価

を行っていく。

予防的な対応や把握された課題についての経過観察が主になる場合は、上記１）～３）の調査結果を踏まえ、将来の課題展開や深刻化の度合の検討を予測等に基づき行い、モニタリング戦略を含む具体的な管理法の検討の材料を得る。モニタリングの項目・手法については、課題の深刻化の度合いを把握・評価するための状態監視の観点と、土砂動態をより確実かつ高い信頼度で把握するための観測の観点から設定することを基本とする。

ここで、土砂移動量を把握・整理する地点は、山地部において有力な土砂生産源や支渓流を受ける地点、山地部から沖積平野への出口、各河道セグメントを代表する地点やその接続部（端部）、河道内汽水域区間上流端、河口（漂砂系、沿岸等への土砂供給を規定する地点）、漂砂系における海岸沿いの重要地点、土砂動態に影響を与える大規模な構造物やインパクト作用範囲の上下流端など、流砂系の特性や課題把握に適した地点という観点から十分な数を確保するとともに、総合的な土砂管理のために継続的にモニタリングすべき管理上の重要地点あるいは代表地点という位置付けも踏まえる。

上記において、土砂管理上重要な支川についても同様に土砂移動量の把握･整理の対象とする。なお、ここで、支川から本川に流入する土砂移動量だけを把握すればよい場合には、支川合流点を挟む本川２地点での土砂移動量の把握・整理により行う方法の採用を必要に応じ検討

する。
　また、土砂移動量を算出する際に用いる時間スケール（その時間に通過する粒径集団通過量を平均して土砂移動量とする）は、当該粒径集団を動かすイベントの特性や着目している土砂動態特性変化の時間スケールなどから適切に定め、収支分析において設定する空間的範囲と期間は、流砂系の特性や課題の把握に適したものとなるよう適切に設定する。
　上記の事項を得るための調査は様々な要因や入手できる情報の量及び精度の限界から、誤差を伴うことが一般的である。こうした誤差の存在を踏まえた上で技術検討及び判断を行うことの重要性に鑑み、調査結果の整理においては、誤差範囲を極力一体的に整理・表示する。

2. 2. 3　調査の実施

＜標　準＞

　前項 2.2.2 に示す事項を得るための調査は、流砂系の状況に応じて適切な方法を選定、組み合わせて行うことを標準とする。
　その内容には、現地調査、観測、既往データ・調査結果等の整理、土砂動態等に関するモデリングと解析、これらの結果を用いた種々の分析などが含まれる。
　すべてを現地調査及び観測、実データによると決めつけず、目的と必要に応じて、第 6 章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析 あるいは第 17 章 砂防調査、第 21 章 海岸調査 に示した土砂流送に関する計算手法などを用いた再現あるいは予測計算なども補完的に組み合わせる。

2. 2. 4　調査結果のまとめ方

＜例　示＞

　調査結果は、土砂動態特性の把握や課題の診断が行いやすい図表として取りまとめるとよい。その表示方法として、土砂収支図や土砂動態マップがある。土砂収支図は、本章の 2.2.2 の 2) に述べた調査結果の表示例であり、地形変化と粒径集団ごとの収支との関係を把握することができる。また、土砂動態マップは、本章の 2.2.2 の 1)a)に述べた調査結果の表示例であり、流砂系内の土砂動態の空間分布特性を把握することができる。
　また、インパクト作用前後を挟み、あるいは施策実施前後を挟み時系列的に土砂収支図や土砂動態マップを作成することで（時系列土砂収支図または時系列土砂動態マップ）、インパクトに伴う土砂動態特性の変化の把握（本章の 2.2.2 の 3)参照)、課題要因の分析および施策効果の把握に役立てることができる。これらを作成する時間スケールや期間は、本章の 2.2.2 の述べたように、土砂動態の特性や課題等の把握に適したものとなるよう適切に設定することができる。
　土砂収支図と土砂動態マップは、流砂系の各領域の特徴や課題等に応じて使い分ければよい。そうした表示例として、「粒径別土砂収支図」、「河道における土砂動態マップ」、「漂砂系土砂収支図」がある。これらは、それぞれ、山地部の土砂動態を詳細に表示すること、沖積河道を中心に水系の土砂動態をマクロに表示すること、海岸での土砂動態を表示することを目的としたものである。

　なお、本章の 1.2 基本方針で述べているように、全ての場合に山地部から海岸までをカバーする必要があるとは限らない。

　まず、山地部での土砂移動については、粒径別の土砂収支に基づいて分析し、粒径別土砂収支図として適切に図化すると、その動態把握に役立つと期待される。

土砂収支はある区間で堆積若しくは侵食した土砂量とその区間から下流に流出した土砂量の収支を取ったもので表現し、崩壊地、渓流、河川の河床の標高の時間的な変動量と、第 17 章 砂防調査 2.4.4 流砂観測 に示す方法で計測した流砂量に基づき算出する。

粒径区分については、土砂移動の形態を踏まえて、山地部の河床変動に大きく影響を及ぼすと考えられる粒径階と、それよりも小さい粒径階及び大きい粒径階程度の区分がよい。なお、後述するように、沖積河道区間との接続を重視する場合、そこでの粒径集団を粒径階の区分に考慮することが望ましい。

長期間の土砂収支を算出する場合には、上記の観測結果に加えて、第 17 章 砂防調査 2.4.6 流出解析・河床変動計算 の手法 による結果を踏まえるとよい。図 16-2-2 は、小渋川について粒径別の土砂収支を整理･図化した事例である。

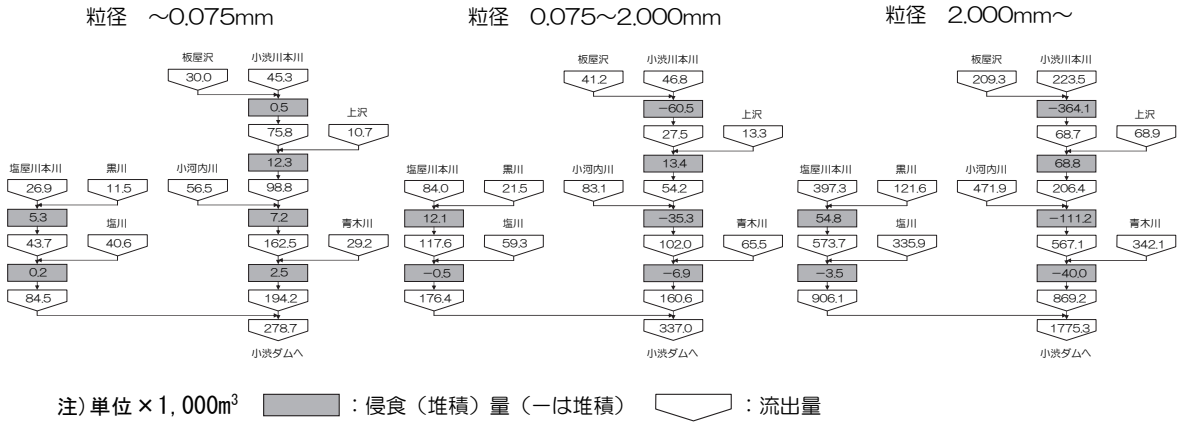


図16-2-2 山地部についての粒径別土砂収支図の作成例（小渋川流砂系：地形測量による 1982 年 8 月・9 月出水前後の土砂収支）

「河道における土砂動態マップ」は、沖積河道区間を中心に、水系における土砂の動きを次に示すような一貫した方針・方法に基づきマクロに表示するものである。

1）河道の太さを土砂移動量で表示する。
2）土砂の生産源を、流域の特徴把握にとっても流域管理の単位としても適切なスケールを持つサブ流域に分割して表示する。
3）粒径集団ごとに分けて表示する。
4）当該粒径集団の当該河道セグメントあるいは区間における流送を、混合型か通過型かに分けて表示する。
5）根拠を実測に置いているか計算に置いているかの判別を可能にし、また、誤差範囲の表示や「不確定」という表示法を取り込むなどして、情報の質や確実性の度合も併せて判断できる表示法をできる限り採用する。

土砂動態マップを、インパクト作用前後を挟み、あるいは施策実施前後を挟み時系列的に作成することで（時系列土砂動態マップ）、課題要因の分析や施策効果の把握に役立てることができる。

図 16-2-3 は河道における土砂動態マップの作成例である。河道を跨ぐ白線は観測点であり、傍らに土砂移動量が示されている。混合型で輸送される区間のみ、河道の横に点線を付している。サブ流域を表す四角内の数字は土砂生産源の面積である。

このようなマップを描くことによって、どのサブ流域がどの粒径集団の供給を主に担ってい

るかの把握、河口テラスを構成している粒径集団の特定、たとえばダム貯水池建造などのインパクトがどの粒径集団にどのような影響を与えるか、そしてそれが河床変動や河口テラスの消長に現れるものか否か、現れるとすればそれに要する時間はどれほどかなどの大局的な診断を下すために有用な情報を得ることができる（この作成例は下流端が湖沼であるが、当然、海に出る河口を下流端とするマップを作成することができる）。

山地部について作られた粒径別土砂収支図の最下流からの粒径別の土砂流出量を、河道における土砂動態マップの上流端からのインプットとすることで、山地部の土砂動態についての詳細な調査結果を沖積河道の土砂動態把握に組み込むことができるようになる。ただし、この際には、本節 2.2.1 で述べたように、山地部での土砂動態が持つ空間的・時間的不均一性が沖積河道区間との接続点に向かってどのように均されていくかを理解し、山地部と沖積河道区間における粒度分布の表現法を適切に接続させ、また、支配的時間スケールが相当に異なると考えられる二領域の土砂動態を適切に接続する工夫が求められる。

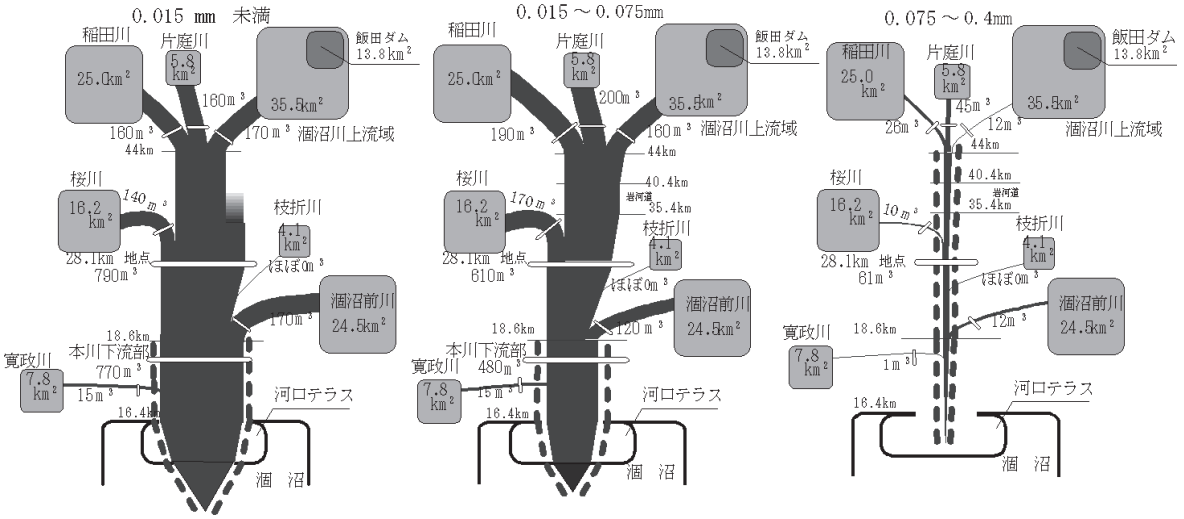


図16-2-3　河道における土砂動態マップの作成例（涸沼川流砂系：浮遊砂量観測による 1998 年 9 月 16 日洪水による総移動量）

図 16-2-4 は、ダム・堰の設置を節目として、その前後で期間を分けて土砂動態マップを作成し、それらを時系列順に並べた「時系列土砂動態マップ」の作成例である。河道内の白丸を付した地点で土砂移動量を推定しており、矢印で推定値を示している。ダム・堰地点では推定値が 2 段で示されているが、それぞれダム・堰へ流入する土砂量とダム・堰を越えて流下する土砂量を表す。ダムへの流入土砂量は、ダム貯水池地形測量から得た年平均堆砂量の実績値である。ダムなしの期間（図 16-2-4 では昭和 20 年代以前）においては、この実績値と同量が山地から供給されていたと仮定して、ダムがその後に設置される地点での土砂移動量を与えている。この例のように、一般に古い期間については、当該期間内に得られたデータのみでは土砂移動量を推定するのに不足する場合がある。その場合には、それ以降の期間で取得されたデータを適切に援用して推定しても良い。そのような推定を行った場合には、上記５）に準じて、推定に用いたデータの出典、推定の仕方と確実性の度合も併せて判断できる表示法をできる限り採用する。

このような時系列土砂動態マップを描くことによって、どの年代以降に、流域のどの地点から、どの粒径集団の土砂流送量に変化が現れたかの把握、そしてそれが当該地点より下流河道での河床変動や、河口から海岸への土砂供給量に現れる影響の度合いなどについて、大局的に評価するために有用な情報を得ることができる。

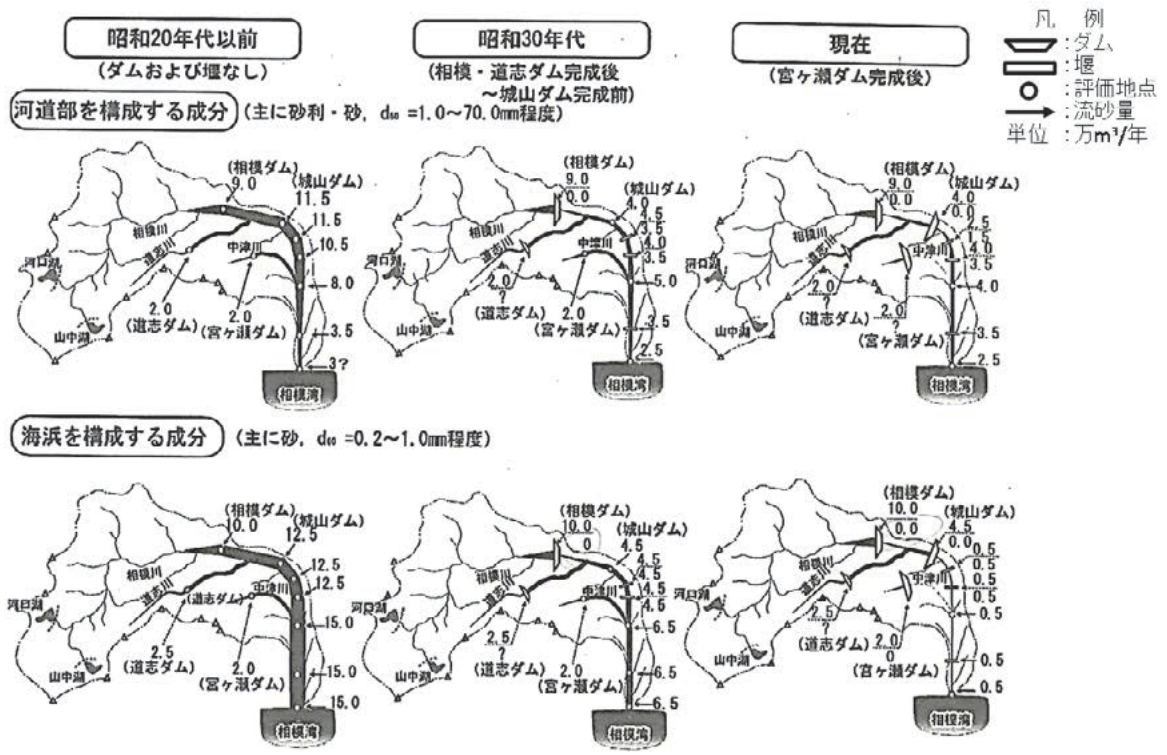


図16-2-4　河道における時系列流砂系土砂動態マップの作成例（相模川流砂系：ダム貯水池・河道地形測量および流砂量計算による年平均移動量の推定値）

漂砂系土砂収支図は、沿岸漂砂量や河川からの供給土砂量などを図示したものである。その作成例については、第 21 章の図 21-7-2 を参照されたい。ここにおいて供給土砂は、前述のように、漂砂系において有効となる粒径集団についてのものであることに留意する。逆に、こうしたことを適切に考慮することで、さらに、これら二領域の土砂動態に関する支配的時間スケールの違いを適切に考慮することで、漂砂系土砂収支図を河道における土砂動態マップと有機的につなげた検討を行うことが可能になる。

なお漂砂系土砂収支図の詳細は、第 21 章 海岸調査 第 7 節 漂砂調査 によるものとする。

ここで取り上げたマップ・図に限らず、流砂系の全体像を把握し、課題の構図を掴むという目的からは、調査結果のマップ化が有力な手法となり得るので、調査そのものに加えて、まとめ方について、上記作成例には含まれていない流砂系からの土砂の搬出量や施設などへの堆積量といった人為的インパクトも含めて、普遍的あるいは当該流砂系の状況にあった様々な表現法を工夫していくことが大事である。

図 16-2-5 は流砂系全体を俯瞰的に捉えられる土砂動態マップの作成例であり、山地部・沖積河道区間・海岸域を含む流砂系内に複数の主要地点を設け、それら各地点における粒径集団別の通過土砂量について、河床変動・等深線変化モデルによる計算で得た 100 年間分の量を 1 年あたりの平均値に換算して粒径集団別に表形式で表示したものである。

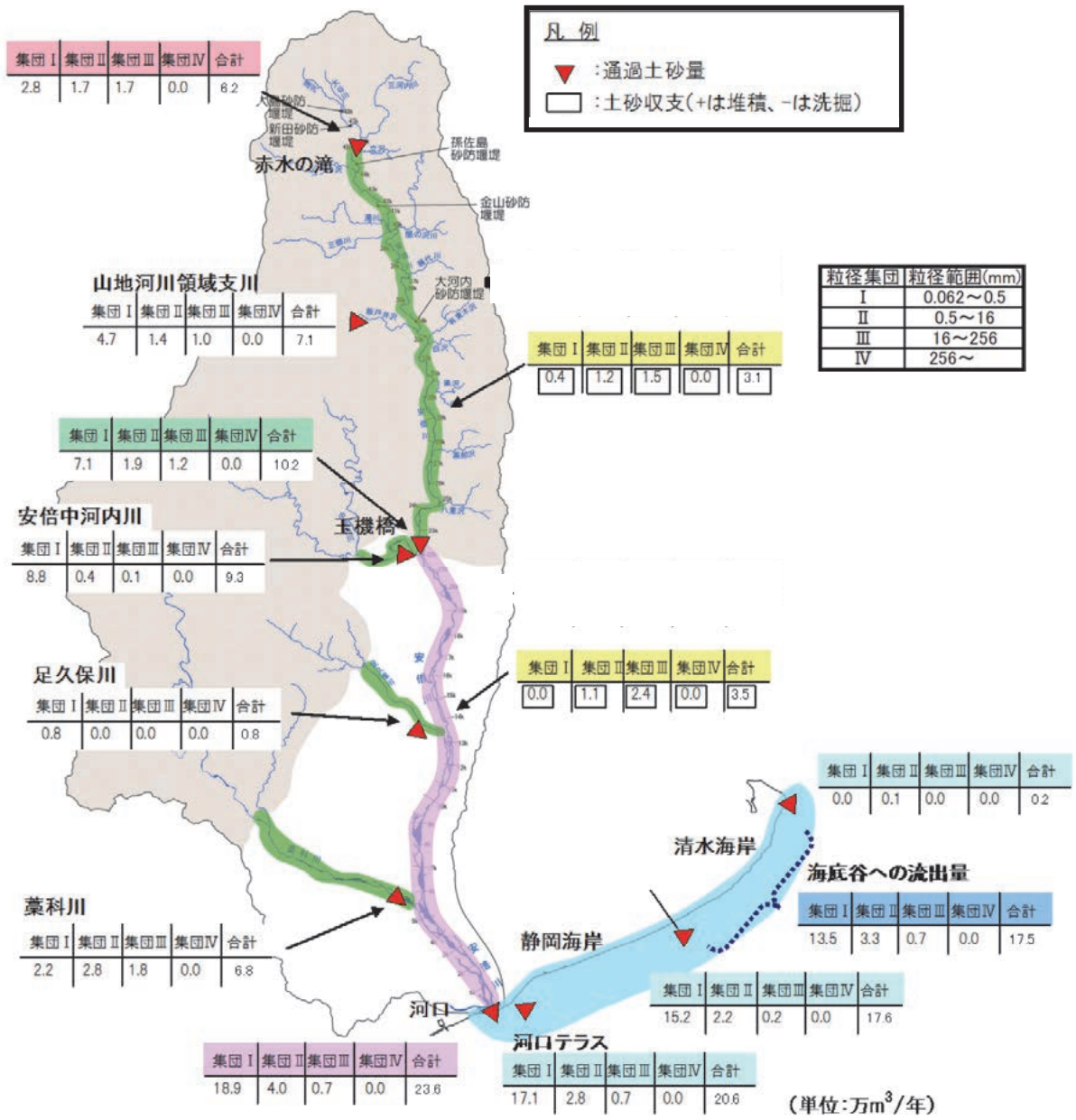


図16-2-5　流砂系土砂動態マップ（河道内土砂収支を含む）の作成例（安倍川流砂系：河床変動・等深線変化モデルによる計算で得た 100 年間分の量を 1 年あたり平均値に換算）

＜参考となる資料＞

山地部についての粒径別土砂収支図（図 16-2-2）の詳細については下記の資料が参考となる。

1)　水野秀明，南哲行：山地流域における土砂移動の実態－粒径別土砂収支の作成－，土木技術資料，Vol.41 No.7，pp.48-53，1999.

2)　国土技術政策総合研究所：健全な水循環系・流砂系の構築に関する研究，国総研プロジェクト研究報告，第 16 号，pp.29-67，2007.

河道における土砂動態マップ（図 16-2-3）の詳細については下記の資料が参考となる。

3)　国土技術政策総合研究所環境研究部，(独)土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方，国土技術政策総合研究所資料，第 521 号，土木研究所資料，第 4140 号，第 6 章，2009.

4） 平舘治，藤田光一，工藤啓，松尾和巳，坂野章，服部敦，瀬崎智之，二村貴幸，近藤和仁，徳田真，小薮剛史，李参熙：細粒土砂に関する涸沼川の水系土砂動態マップ，土木学会年次学術講演会講演概要集第２部，vol.54，pp.328-329，1999.

時系列土砂動態マップ（図 16-2-4）の詳細については下記の資料が参考となる。

5） 海野修司，辰野剛志，山本晃一，渡口正史，本多信二：相模川水系の土砂管理と河川環境の関連性に関する研究，河川技術論文集，第 10 巻，pp.185-190，2004.

流砂系土砂動態マップ（図 16-2-5）の詳細については下記の資料が参考となる。

6） 安倍川総合土砂管理計画，平成 25 年，中部地方整備局.

2．3　代表的な調査項目

2．3．1　位置付け

＜考え方＞

総合的な土砂管理のために実施が必要となる可能性の高い個別調査項目を、現場データを扱うものを中心に以下に列挙する。これらは調査の全体構成を示すわけではなく、本章の 2.2 共通的調査の骨組み の内容などを踏まえ抽出される調査項目のいわば有力候補である。

これらの調査項目と内容を調査計画立案時に把握しておくと、蓄積すべきデータは何であるかなど、総合的な土砂管理につながる調査のイメージを掴むのにも役立つ。

2.1 で述べたように、流砂系が持つ多様性や個別性の強さのために、各調査項目の取捨選択や優先順位付けについては、当該流砂系の諸状況や調査目的を踏まえ適切に判断することになり、調査の具体の手法やそれに要求される精度、信頼度等は状況に合わせて変わり得る。

また、課題把握等に資する流砂系の全体像の把握が主目的となることから、一部項目のみに重点を置くのではなく、調査すべき全項目を俯瞰しながら、必要な調査精度や密度を全体として確保していくことが重要である。

以下に示す調査項目は、本質的には次のような意味を持つ。

1）流砂系において土砂が流送される経路沿いの土砂移動量とその積分値

- $Q_{s-d_i}(t)$：土砂が流送される経路沿いのある地点における粒径集団 d_i についての土砂移動量Q_{s-d_i}と時間 t との関係（詳細は 2.3.6 参照）。
- $\int_{t_1}^{t_2} Q_{s-d_i} dt$：上記の時間積分値。すなわち粒径集団 d_i についての土砂移動量Q_{s-d_i}に関する時刻 t_1 から t_2 までの積分値（詳細は 2.3.2 参照）。

2）流砂系を構成する場の地形変化と粒度分布

- $\Delta z(x,y)$、$p_s(x,y,d)$：地形変化$\Delta z(x,y)$と（地形変化地点の）表層粒度分布$p_s(x,y,d)$。ここで x、y は空間座標を、d は粒径を表す（詳細は 2.3.3 参照）。なお、ここでは、ある地点の粒度分布を、粒径 d の材料の体積存在割合に関する密度関数で表現している（以下も同様）。
- $p(x,y,z,d)$、$D_s(x,y)$：未固結堆積層の三次元的な各位置での粒度分布$p(x,y,z,d)$と未固結堆積層の厚さの空間分布$D_s(x,y)$。ここで z は鉛直座標（詳細は 2.3.4 参照）。

3）流砂系に対する人為的直接作用

- V_{s-out}、$P_{Vs-out}(d)$、V_{s-in}、$P_{Vs-in}(d)$：流砂系からの土砂搬出量V_{s-out}、流砂系への土砂搬入量 V_{s-in}とそれらの粒度分布（詳細は 2.3.5 参照）

4）流砂系に関わる長期的変遷あるいは累積的情報

・ 流砂系の長期的変遷（2.3.7 に記述）。
・ 流砂系に存在する特定の土砂の長期間にわたる動きや存在状況に着目した情報把握（たとえば、その場所に堆積してから何年経過しているか、あるいは、堆積していたものが頻繁に流送される状況になってどれくらいの期間が経過しているか）（2.3.8 に記述）。

これらのうち１）～４）における調査対象の素項目（土砂移動量など、最も細分化された特性量の種類：Q_{s-d_i}、$\Delta z(x,y)$、$p_s(x,y,d)$、$D_s(x,y)$等）は、総合的な土砂管理のために特化したものではない。これらは、第 4 章 河道特性調査 においても調査対象となっている。ただし、総合的な土砂管理のための調査とするためには、対象の素項目のデータが得られる調査・観測手法を選定・適用することはもちろん、次のことを更に考慮する必要がある。

・ 各素項目の調査結果を得た後、その時間変化特性を把握したり、それを時間的に積分したりする、また、空間的に積分するなどの所定の処理が必要となる。
・ 地形変化量とその場所の粒度分布、あるいは、系外への土砂搬出量とその粒度分布から、粒径集団毎の地形変化量あるいは土砂搬出量を算出するなど、複数の項目を時間・空間的に重ねて整理･分析するなどの所定の処理が必要となる。
・ これらの処理を必要な精度で行えるように、素項目のデータの取得に際して、その時間・空間配置（間隔、範囲）と、複数の種類の素項目の取得に関わる同時性や同所性が適切に確保されるよう調査を組み立てる必要がある。

こうした点は、総合的な土砂管理のための調査を特徴づけるものと言え、有用な結果を得るための要諦ともなる。以下に記述されている各項目の調査内容を把握する際にも、このことに留意すると、総合的な土砂管理に資する結果を得る上での要点や一般調査との関係を掴みやすくなる。

2. 3. 2　施設等に堆積した土砂の調査による粒径集団別土砂移動量の時間積分値（一定期間の総和）の把握

＜推　奨＞

【式での表示：$\int_{t_1}^{t_2} Q_{s-d_i} dt$】

必要に応じ、以下の調査を行うことが推奨される。

１）砂防堰堤等への土砂堆積量とその経年的変化状況。堆積物の全体的な粒度分布。
２）ダム貯水池等への土砂堆積量とその経年的変化状況。堆積物の全体的な粒度分布。
３）漂砂制御施設や防波堤等の漂砂上手側での土砂堆積量とその経年的変化状況。堆積物の全体的な粒度分布。

長い期間にわたる土砂移動量の連続観測の難しさ、掃流砂を含む全粒径集団をカバーすることの難しさを考えると、連続データでなく一定期間の積分値という制約はあるものの、全て又は多くの粒径範囲について土砂移動量の情報が得られるこれらの調査項目は重要である。
堆積土砂の総量だけでなく、その全体的粒度分布（粒径階ごとの堆積量）を調べておくことで、情報量が大きく増える。堆積量の経年変化情報を組み合わせることで、土砂移動量の経年変化傾向の分析もある程度可能になる。以上の方法論は、堆積過程に関する地形・地質分野の知見を導入することで、沖積平野への超長期の土砂堆積量等にも応用することができる。

ダム貯水池についても一定程度、砂防堰堤については相当量の土砂が通過しているので、調査結果の分析や活用は、必要なレベルで通過土砂量を推定･想定しながら行う。ただし、通過分があるからと言って上述の重要性が失われるわけではない。

また、堆積した土砂は、当該施設がなければ基本的に下流に流下していったはずのものであり、本調査で得られる積分値や堆積過程は、本節 2.2.1 で述べたような流砂系における土砂動態の基本的な特徴を具体的に把握する調査と組み合わせることで、施設の土砂動態制御効果や施設の存在と土砂動態との関係等を分析するための直接的情報となる。

＜参考となる資料＞

ダム貯水池の堆積土砂全体の粒度分布を調べる方法については下記の資料が参考となる。

1) 櫻井寿之，柏井条介，大黒真希：ダム貯水池の堆砂形態，土木技術資料，第 45 巻 3 号，pp.56-61，2003.

2. 3. 3　地形変化と変化部等の粒度分布

＜推　奨＞

【式での表示：$\Delta z(x,y)$、$p_s(x,y,d)$】

必要に応じ、以下の調査を行うことが推奨される。

1）河道の地形変化と、その地形変化が生じた場所（以後、変化部と呼ぶ）等の河床材料粒度分布。

2）河口地形の変化と変化部等の河床・海岸材料粒度分布。特に河口テラスの消長に関するもの。

3）海岸部での地形変化と変化部等の海岸材料粒度分布。

地形変化を把握することに加えて、変化部の地形を構成する材料の粒度分布を把握する、すなわち侵食により失われた土砂の粒度分布や堆積により新たに増えた土砂の粒度分布を併せて把握することで、本節 2.2.2 にある「粒径集団ごとの動態に着目した収支の把握」につながる情報が得られると期待できる。

ただし、地形変化履歴や堆積構造が複雑で、「変化部の材料」を地表面の材料だけからは特定しにくい場合や、地形変化が小さくとも異なる粒径に置き換わっている場合などでは、地表面下の材料調査を含め、また地形変化が小さい場所にも粒度分布の調査対象を広げるなどの付加的工夫及び労力が必要となるので（次項参照）、目的や必要な精度を踏まえた調査レベルの検討がより重要となる。

2. 3. 4　流砂系に関係する土砂の存在状況

＜推　奨＞

【式での表示：$p(x,y,z,d)$、$D_s(x,y)$】

必要に応じ、以下の調査を行うことが推奨される。

・ 流砂系の各所における土砂動態に寄与する可能性を有する土砂のストック量とその粒度構成、堆積構造（河川における沖積層あるいは未固結堆積層の厚さを含む）。

本調査項目は、流砂系の特性に関わる基本的情報の 1 つであり、特に流砂系が全体として侵食傾向を示す場合にその重要性が増す。

この情報は、本節 2.3.3 に述べている地形変化履歴や堆積構造が複雑な場合の分析にとって助けとなる。

また、渓流区間や山地河道区間においては一般的に、沖積河道区間においてもしばしば、沖積層あるいは未固結堆積層が薄い場所が存在し、そうした場合に沖積層等の厚さを把握しておくことは、過去の土砂収支の分析にとって、今後起こり得る土砂動態を検討する場合に、更には岩盤露出の制御などを含む河床管理に関わる診断や対応策の技術検討において有用である。

＜参考となる資料＞

沖積平野への超長期の土砂堆積量推定と活用については下記の資料が参考となる。

1) 藤田光一，山本晃一，赤堀安宏：勾配・河床材料の急変点を持つ沖積河道縦断形の形成機構と縦断形変化予測，土木学会論文集，No.600／Ⅱ-44，pp.37-50，1998.

2. 3. 5　流砂系からの搬出量、流砂系への搬入量とそれらの粒度分布

＜推　奨＞

【式での表示：V_{s-out}、$P_{Vs-out}(d)$、V_{s-in}、$P_{Vs-in}(d)$】

河道や海岸等からの土砂の搬出量あるいは搬入量と、それらが行われた時点・時期と場所、それらの粒度分布は、流砂系の土砂動態、特に直接的人為インパクトの影響を把握するための基本情報となるので、調べることが推奨される。ここで、搬出・搬入は、流砂系から系外に、あるいは、系外から流砂系に土砂を移動させる全ての人為的作用を指す（たとえば、搬出は、砂利採取、浚渫、掘削などを含む）。

ここでも、量だけではなく粒度分布を併せて把握し、本節 2.2.2 にある「粒径集団ごとの動態に着目した収支の把握」や「粒度分布を考慮できる」整理・分析につながる情報を得ることが重要となる。

2. 3. 6　重要地点における粒径集団別土砂移動量の時間変化

（1）　継続的な流砂観測を実施するに当たっての留意点

＜考え方＞

【式での表示：$Q_{s-d_i}(t)$　】

流砂観測や漂砂観測は現在においても技術的困難さや労力を伴う場合があり、必ずしも積極的に広く実施されているとは言い難い。しかし、流砂や漂砂の観測という根幹的な手段を選択肢に入れて検討すべきであり、流砂観測の必要性、重要性、有効なデータが得られる可能性を常に吟味し、流砂観測を選択するというスタンスを持ち続けることが重要である。

本項目の調査においては、第 4 章 河道特性調査 6.3 土砂流送観測及び第 17 章 砂防調査 2.4 土砂流出に関する調査、第 21 章 海岸調査 7.4 漂砂観測 で取り上げた河川及び海岸における流砂観測、漂砂観測を継続して行うことが中核となる。その上で、総合的な土砂管理に資するという観点からの留意点をここで最初に述べておく。

まず、河川の流砂系についての留意点は、以下の１）～５）に示すとおりである。

１）対象とする粒径集団とそれが起こす河床変動（あるいは現象）を明確化すること

流砂系の特性や課題把握あるいは総合的な土砂管理のための継続的モニタリングという観点から目的を吟味し、観測で捉えるべき粒径集団等を明確にしておく。

２）対象とする現象の時間的・空間的広がりが大きいことを考慮すること

リーチスケール（川幅の数倍程度；表 4-2-1 参照）の河道区間あるいは１つの河道セグメン

ト内の土砂流送現象を把握する場合と、流砂系の土砂動態を把握する場合とでは、調査のスタンスが異なってくる（空間的広がりの視点）。

また、洪水中のある瞬間あるいは一洪水中の土砂流送を把握する場合と、数年あるいはもっと長い期間の土砂流送を把握する場合とでは、やはり調査スタンスを変える必要が出てくる（時間的広がりの視点）。時間的・空間的広がりが小さいほど土砂流送量観測も含めて詳細な調査が可能になり、土砂流送のミクロな現象を対象にすることができる。

一方、それが大きくなると、土砂流送をマクロに捉える視点から調査地点や項目の取捨選択を適切に行うことが重要になる。

３）各流砂観測法の特徴と課題を十分踏まえること

流砂観測においては、一般に、掃流砂観測の技術的困難さが相対的に高く（あるいは大がかりな装置を必要とし）、一方、河床起源の浮遊砂あるいはウォッシュロードの形態で輸送される土砂は、採水という手法で観測できるので、相対的難易度は低い。特にウォッシュロードは流水断面内の土砂濃度の均一性が高く、表面付近の採水だけでも流量に関する情報があれば土砂移動量把握がある程度可能な場合が多い。河床起源の浮遊砂を観測する場合、土砂濃度と流速の鉛直分布の一体的観測が必要となるため、機器を水中に深く入れることになる。流速が速い渓流区間や山地河道区間では、この作業が難しく、浮遊砂観測の隘路となりやすい。

調査の主旨に合致する範囲内で、より容易な流砂観測手法の適用箇所を増やし、掃流砂観測は限られた地点やタイミングで行えば済むよう観測箇所を配置することなども、調査計画における実際的な工夫の一つである。

４）水理量や河床変動の観測等と組合せること

【河床起源の流砂（掃流砂、浮遊砂）を対象にする場合】

対象とする現象の空間的・時間的広がりが大きく、その全てにわたって流砂観測を行うことが困難であることから、流砂観測地点あるいはそれを含む一定区間において水理量（流速、掃流力、流量、水位、水位の縦断変化、水深など）を、場合によっては河床変動も併せて観測し、それらと流砂量との関係についての情報を把握あるいは解析し、こうした準備を経て水理量（場合によっては河床変動も）の観測結果から流砂量を推定できるようにしておき、流砂量の直接観測に対する相互補完的アプローチとすることが考えられる。河床変動の把握については、洪水中の観測に比べ実施が容易で高い精度及び空間解像度が確保できる平常時の河床地形測量（ただし、洪水前後に行う）を活用することも有力な選択肢となる。

一般に、出水時において、水理量（特に水位）の観測の方が流砂観測よりも容易で精度も高いので、このような工夫が実効性を持つと期待される。水理量と流砂量の関係づけの方法については、第４章 河道特性調査 6.3.4 水理量と土砂流送量観測結果の関係の整理 に幾つかの代表例が紹介されている。

さらに、有意な河床変動を伴う河道区間での河床起源の流砂量（掃流砂、浮遊砂）が対象となる場合、一定区間の水理量の詳細な時間・空間変化データと河床変動に関する情報を活用するアプローチの発展が期待される。これは、第４章 河道特性調査 第６節 土砂流送特性 6.5 総合観測による調査 に述べたアプローチに対応するものである。

なお、渓流区間や山地河道区間においては（砂防域の河道区間も該当）、本節 2.2.1 に記述したように、河床起源の土砂流送量とその場所の河床に作用する力に関わる水理量（掃流力等）との関係が、沖積河道区間に比較して大きく変動し得るので、掃流力等から流砂量を推定するというアプローチが適用しにくいことに留意する。

また、材料 m の上に部分的に乗った通過型の土砂を扱う場合、あるいは沖積層あるいは未固

結堆積層が非常に薄い河道区間における河床起源の土砂流送量を対象にする場合にも、その場所の河床に作用する力に関わる水理量と当該土砂の移動量との対応関係が薄くなるので、水理量からの土砂移動量の推定においては、このことに留意が必要である。

【ウォッシュロードを対象にする場合】
第 4 章 河道特性調査 6.3.4 水理量と土砂流送量観測結果の関係の整理に述べているように、流量との関係を利用する方法が代表的である。ただし、増水期と減水期で関係が異なる、洪水ごとに関係が異なるなど特性が見られることに留意する必要がある。

５）各種の流砂観測装置の選定について
第 4 章 河道特性調査 6.3 土砂流送観測 を参照する。

一方、漂砂系においては、漂砂（フロー）を直接的に計測する漂砂観測より、地形変化（ストックの時間的変化）から沿岸漂砂量等を推定する方法が一般的である。しかし、地形変化の測定精度はたかだか 10cm 程度であり、測線の間隔も密には設定できないことがあることから、地形変化から推定された沿岸漂砂量等の信頼性を高めるため、波や流れの外力場とともに、移動する砂礫を直接計測することも有効である。漂砂観測の詳細については、第 21 章 海岸調査 第 7 節 漂砂調査 による。

＜参考となる資料＞
留意点４）において述べた渓流・山地河道区間と沖積河道区間との土砂動態特性の違いとそれを踏まえた調査・分析については、下記の資料が参考となる。

1) 国土技術政策総合研究所環境研究部，(独)土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方，国土技術政策総合研究所資料，第 521 号，土木研究所資料，第 4140 号，第 2 章 7 節，2009.

さらに留意点４）に関係して、有意な河床変動を伴う河道区間での河床起源の流砂量（掃流砂、浮遊砂）を対象とする場合に、一定区間の水理量の詳細な時間・空間変化データと河床変動に関する情報を活用するアプローチについては下記の資料が参考となる。

2) 福岡捷二：河道設計のための基本は何か－水面形時系列観測値と洪水流－土砂流の解析を組み合わせた河道水理システムとその見える化，河川技術論文集，第 17 巻，pp. 83-88，2011.

（２） 調査内容

＜推　奨＞
必要に応じ実施が推奨される調査内容を、主に沖積河道区間について示すと以下のとおりである。

１）重要地点の選定は、本章の 2.2.2 調査から得る事項に代表例も併せて述べた流砂系の特性や課題把握に適した地点という観点に、総合的な土砂管理のために継続的モニタリングを行うべき代表地点という観点を加えて行う。
２）対象とすべき粒径集団を適切に設定し、それを踏まえ、第 4 章 河道特性調査 6.3 土砂流送観測（山地部の特徴が強い場合は第 17 章 砂防調査 2.4 土砂流出に関する調査 も併せて参照）に示されている掃流砂、浮遊砂、ウォッシュロードそれぞれの観測法を適

切に組み合わせて、設定した粒径集団に対応した粒径範囲、流送形態の土砂移動量を観測し、その結果を粒径集団別の土砂移動量として整理する。

3）上記２）と併せ、水理量や必要に応じ河床変動の観測を行い、それらの結果及び土砂移動量との関係を、土砂移動量観測の相互補完情報として用いる。

4）以上の観測を継続して行い、粒径集団ごとに、土砂移動量の時間あるいは経年変化特性を把握するための基本情報とする。その時間スケールについては、本章の 2.2.2 調査から得る事項に従う。

2．3．7　流砂系の長期的変遷

＜推　奨＞

流砂系に作用してきた種々のインパクトを体系的に整理して、その間の地形及び材料等（河川、海岸等の流砂系を構成する）の変化と対比させ、現在の流砂系がどのような歴史的経緯を経て形成されてきたかを大局的に把握できるようにすることが推奨される。

インパクトには自然的インパクトと人為的インパクトの両方を含める。インパクトの事項の整理だけでなく、できる限り、流砂系に与えた影響を具体的かつ定量的に検討できる情報までの整理を行う。ただし、総合的な土砂管理においては、短期的な予測や想定だけに頼ることなく、当該流砂系の長期的な状況変化やトレンドを把握し、その理解を土台に検討を進めることが重要となるので、整理できる情報の精度に捉われすぎず、流砂系の変遷を極力長い期間にわたって追うことを重視し、その上で、整理結果の分析を情報の精粗を踏まえて行うよう留意する。

さらに、必要に応じ、地形発達史等の観点から、超長期の流砂系の変遷に関する情報も整理し、こうした検討に積極的に役立てていくことが望ましい。

第 4 章 河道特性調査 第 7 節 河道を取り巻く諸状況も参照のこと。

2．3．8　土砂の長期的な時間経過の推定

＜例　示＞

着目している土砂について、その場所に堆積したのが時間的にどれくらい前か、あるいは、土砂生産源から供給され流送され始めてどれくらいの時間が経過しているかなど、土砂の堆積や流送の経過時間を測定・推定しておくと、他の調査結果と併せて分析することで、しばしば、流砂系の特性を理解し、課題やその原因を検討するのに役立つ。

そのような場合には、地球科学的な手法による年代測定等の技術を用いた調査を行う。これについては、第 21 章 海岸調査 7.3 底質調査 7.3.4 データ整理 が参考となる。

第3節　調査結果の蓄積・共有化

＜推　奨＞

2.1 に述べている理由から、共通的調査がある中でも、流砂系ごとに調査内容が相当に変わり得るので、各流砂系で行われた調査、更には課題の把握と対応策の検討の事例を適切なタイミングで取りまとめ、他事例と比較できるようにし、調査の個々の内容とともに、調査手法の組合せ方、課題把握の方法など、調査結果を総合的な土砂管理につなげる道筋について良い事例を参照しやすくする状況をつくることが大事である。

このため、調査結果の蓄積・共有化を図っていくことが強く推奨される。

＜例　示＞

総合的な土砂管理のための調査は、その対象範囲が広く年数を要することがある。この場合、

調査に節目を設け、その時点までに得られた知見を整理し、かつ取り得る対策の具体化に繋げていくことが考えられる。この繰り返しによって総合的な土砂管理を段階的に向上させるには、節目を迎えるごとに調査の効果・効率をより高めていくことが大事であり、そのため各節目においてなお不足しているデータ・知見を特定し、調査の項目や手法などを再吟味し、必要に応じて調査全体を組み直すのがよい。

その一例として調査の初期段階の場合には、山地部から沖積河道区間、沖積河道区間から海岸域へ受け渡される土砂の動態特性、具体的には各領域のつなぎ目にあたる地点での有効粒径集団別の土砂移動量、その増減に関わる主たる人為的・自然的インパクト、各インパクトの相対的な影響の大きさなどの把握を最初の節目とすることができる。これら知見は、例えば個別領域での諸対策を起点とした場合、各対策が領域間の土砂受け渡し量を増減しうる大きさの評価や、ある領域での対策が他領域での課題を顕在化させない、または改善するための調整や追加的な措置の検討への活用が考えられる。併せて、流砂系を一貫して課題の解決を図れる総合的な対策へとさらに進展させるために、次の節目までに取得すべき土砂動態特性に関する情報の特定と、それをより的確かつ高い信頼度で把握できる調査とするための再吟味と見直しを行うのがよい。

このような節目での調査のとりまとめ、再吟味と見直しについては、安倍川の総合土砂管理計画策定のために行われた調査事例がある。

＜参考となる資料＞

安倍川における調査結果の蓄積・共有化の詳細については下記の資料が参考となる。

1) 安倍川総合土砂管理計画，平成 25 年，中部地方整備局.

第 17 章　砂防調査

目　次

第 1 節　総説 1
第 2 節　基礎的な調査 1
2．1　計画基準点等 1
2．2　地形、地質、社会状況等に関する調査 1
2．2．1　地形調査 1
2．2．2　水系図 2
2．2．3　地質・土質調査 2
2．2．4　降水量に関する調査 3
2．2．5　社会状況等に関する調査 3
2．2．6　施設の現況 3
2．3　土砂生産に関する調査 3
2．3．1　土砂生産に関する調査 3
2．3．2　荒廃地からの土砂生産に関する調査 3
2．3．3　渓床堆積土砂の再移動に関する調査 4
2．3．4　山腹及び渓岸における斜面崩壊に関する調査 4
2．4　土砂流出に関する調査 5
2．4．1　土砂流出に関する調査 5
2．4．2　流出土砂量調査 5
2．4．3　渓流現況調査 5
2．4．4　水文観測 6
2．4．5　流砂観測 7
2．4．6　流砂量調査結果のまとめ 7
2．4．7　流出解析・河床変動計算 7
第 3 節　水系砂防調査 9
3．1　降雨量・流出調査 9
3．1．1　流域全体の調査 9
3．1．2　個別流域の調査 10
3．2　生産土砂量調査 11
3．2．1　調査対象 11
3．2．2　短期の生産土砂量の調査 12
3．2．3　中長期の生産土砂量の調査 12
3．2．4　山腹材料調査 12
3．2．5　河床材料調査 13
3．3　流出土砂量調査 13
3．3．1　河床変動計算による流出土砂量の算出 13
3．3．2　河床変動計算の検証等のための調査 13
3．3．3　河床変動調査 13
3．3．4　流出土砂量調査のまとめ 13
3．4　許容流出土砂量調査 14

第４節　土石流対策調査.....14
４．１　総説.....14
４．２　降雨量・流出調査.....14
４．２．１　降雨量調査.....14
４．２．２　土石流のピーク流量等の推定.....14
４．３　生産土砂量調査.....16
４．３．１　調査範囲.....16
４．３．２　移動可能渓床堆積土砂量.....17
４．３．３　崩壊可能土砂量.....17
４．３．４　最大礫径の調査.....17
４．４　流出土砂量調査.....17
４．４．１　降雨量によって運搬できる土砂量.....17
４．４．２　流出土砂量調査のまとめ.....18
４．５　許容流出土砂量調査.....18
４．６　土石流実態把握に関する調査.....18
４．６．１　土石流災害後の流下状況調査.....18
４．６．２　土石流災害後の流出・堆積状況調査.....18
４．６．３　土石流災害後の崩壊状況調査.....19
４．６．４　土石流災害後の人的被害・家屋等の物的被害状況等の調査.....19
４．６．５　土石流の前兆現象、土砂の到達時間の調査.....20
第５節　火山砂防調査.....20
５．１　総説.....20
５．２　平常時に実施する調査.....21
５．２．１　ソフト対策に関する調査.....21
５．２．２　ハード対策に関する調査.....22
５．２．３　緊急対策に関する調査.....24
５．３　緊急時に実施する調査.....25
５．３．１　火山噴火時の初動調査.....25
５．３．２　緊急ソフト対策に関する緊急調査.....26
５．３．３　緊急ハード対策に関する緊急調査.....31
第６節　天然ダム（河道閉塞）等異常土砂災害対策調査.....31
６．１　対象とする現象.....31
６．２　平常時に実施する調査.....31
６．２．１　深層崩壊のおそれのある場所に関する調査.....31
６．２．２　天然ダム等異常土砂災害の規模の推定に関する調査.....32
６．２．３　天然ダム形成前から実施する緊急対策に関する調査.....33
６．３　天然ダム形成後の調査.....34
６．３．１　天然ダムの形成確認と災害の拡大の危険性に関する調査.....34
６．３．２　天然ダム形成後に実施するソフト対策に関する調査.....34
６．３．３　天然ダム形成後に実施するハード対策に関する調査.....36
６．４　深層崩壊・天然ダム決壊による土石流等の災害後の調査.....38
第７節　土砂災害に対するソフト対策調査.....38
７．１　土砂災害に対するソフト対策のための調査.....38
第８節　環境調査.....40

8．1　環境調査の目的 40
8．2　環境調査の調査内容 40
8．2．1　社会環境調査 40
8．2．2　自然環境調査 41
8．3　継続的な環境調査 42
第 9 節　流域・水系における流木調査..... 42
9．1　生産流木量調査 42
9．1．1　生産流木量 42
9．1．2　流木の最大長、最大直径の算出方法 43
9．1．3　流木の平均長、平均直径の算出方法 43
9．2　流出流木量調査 43
9．3　流木実態把握に関する調査 43
第 10 節　砂防経済調査..... 45

平成 26 年 4 月　版

第17章　砂防調査

第1節　　総説

＜考え方＞

本章は、土砂災害発生機構・土砂移動現象の把握・分析、砂防基本計画の策定、砂防設備等の設計、総合的な土砂管理の検討、及び火山噴火時等における緊急的な対応を実施するための資料を得ることを目的とし、渓流、山地河道とその流域で生産される土砂及び流出する土砂に関する調査の技術的事項を定めるものである。

砂防基本計画は、水系砂防・土石流対策・流木対策・火山砂防・天然ダム等異常土砂災害対策計画からなり、多岐にわたる土砂移動現象を対象としたものである。このため、基礎的な調査により対象現象を明確にし、それぞれの計画及び対策に適した調査を実施することが必要である。また、計画が対象とする現象により、生産土砂量や流出土砂量など計画で対象とする土砂量が異なる場合があることに注意が必要である。さらに、水系砂防や総合的な土砂管理の検討等に関する調査においては、下流との関係を考慮しながら、実施することに注意する。

第2節　　基礎的な調査

2．1　　計画基準点等

＜必　須＞

計画基準点は、水系砂防計画及び土石流対策計画で扱う土砂量等を決定する地点である。

水系砂防計画で対象としている計画基準点は、計画区域の最下流地点又は河川計画との関連地点、保全対象の上流地点、土砂の生産が見込まれる地域の最下流地点などに設けるものとする。

また、土石流対策計画で対象としている計画基準点は、保全対象の上流等に設けるものとする。

なお、土砂の移動形態が変わる地点、支川内の保全対象の上流地点、本川と支川との合流点等の土砂移動の状況を把握する必要がある場合には、補助基準点を設けるものとする。

2．2　　地形、地質、社会状況等に関する調査

2．2．1　　地形調査

＜標　準＞

基礎的な調査においては、流域の概括的な地形条件を把握し、水系砂防調査など本節以降の調査の基礎資料とするため、地形図、空中写真等を基に、流域区分、谷次数区分を行うとともに、傾斜、斜面形状、河床勾配等の調査を実施することを標準とする。

＜例　示＞

地形調査に用いる手法は、資料調査、現地調査及び航空レーザ測量などがある。資料調査は、既存の地形図、数値標高モデルなどを用いた解析により地形を把握する。また、現地調査は、現地踏査、測量を行い、地形を把握する。

また、地形で明らかにする指標には、以下に示すようなものがある。

斜面形状は流水の集まりやすさ、表層物質の下方への移動に関係する因子である。斜面形状は、平面形状、縦断形状等があるが、一般的には縦断形状で区分する。上昇（凸）斜面、下降（凹）斜面、平衡（直線）斜面、及び複合斜面がある。豪雨型の崩壊が生じやすいのは下降斜面と複合斜面といわれている。

＜参考となる資料＞

基礎的な調査における地形調査については、下記の資料が参考となる。

1) 池谷浩，吉松弘行，南哲行，寺田秀樹，大野宏之：現場技術者のための砂防・地すべり・がけ崩れ・雪崩防止工事ポケットブック，山海堂，2001.
2) (社)砂防学会監修：砂防学講座 第３巻 斜面の土砂移動現象，pp.133-147，山海堂，1992.

＜標　準＞

基礎的な調査においては、2 万 5 千分の 1 以上の縮尺の地形図を用いて、計画基準点より上流の流域を渓流ごとに区分し、それぞれの流域面積を求めることを標準とする。

2. 2. 2　水系図

＜標　準＞

基礎的な調査においては、2 万 5 千分の 1 以上の縮尺の地形図を用いて水系図を作成し、谷を次数ごとに区分することを標準とする。谷次数の区分は次数ごとの崩壊土砂量や流出土砂量との関係を把握するために利用するものであり、区分に当たっては Horton-Strahler の方法によることを標準とする。

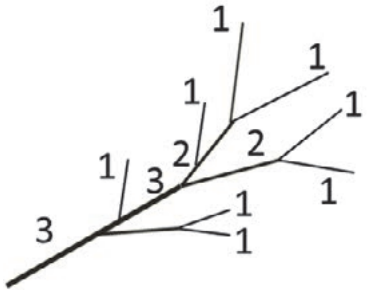


図17-2-1　谷の次数区分

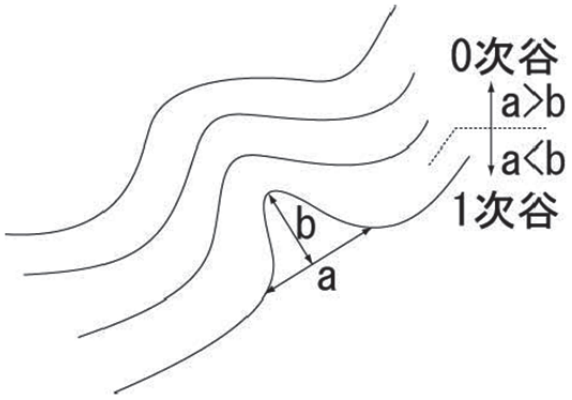


図17-2-2　１次谷の判定

＜参考となる資料＞

谷次数（水流次数）については、下記の資料が参考となる。

1) (社)砂防学会編集：改訂砂防用語集，p.152，山海堂，2004.

2. 2. 3　地質・土質調査

＜標　準＞

砂防調査における地質・土質調査は、生産土砂量・流出土砂量の推定、斜面崩壊危険度に関する調査、対策施設の位置の選定、対策施設の設計のために

- 資料調査（既往調査結果の活用、地質図による調査等）、
- 現地調査（現地踏査、ボーリング調査、簡易貫入試験、弾性波探査等）、
- 物理試験

によって行うことを標準とする。

＜参考となる資料＞

資料調査における深層崩壊に関する調査については、下記の資料が参考となる。

1) 田村圭司，内田太郎，鈴木隆司，寺田秀樹，栗原淳一 ：深層崩壊の発生の恐れのある渓流抽出マニュアル（案），土木研究所資料，第 4115 号，2008.

現地調査（簡易貫入試験）及び物理試験における表層崩壊に関する調査については、下記の資料が参考となる。

2) 田村圭司，内田太郎，秋山浩一，盛伸行，寺田秀樹 ：表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル（案），土木研究所資料，第 4129 号，2009.

現地調査（簡易貫入試験）については、下記の資料が参考となる。

3) 小山内信智，内田太郎，曽我部匡敏，寺田秀樹，近藤浩一：簡易貫入試験を用いた崩壊の恐れのある層厚推定に関する研究，国土技術政策総合研究所資料，第 261 号，2005.

2．2．4　降水量に関する調査

＜標　準＞

降水量に関する調査は、降水量と生産土砂量・流出土砂量の関係の把握等のために実施するものであり、地上雨量計、レーダ雨量計のデータについて収集することを標準とする。その際、生産土砂量・流出土砂量と関連性の強い降雨指標（たとえば、時間雨量、日雨量、実効雨量）は、土砂生産・流出現象の形態により異なるため、過去の生産土砂量・流出土砂量と関連性の高い降雨指標を適切に選択する必要がある。

2．2．5　社会状況等に関する調査

＜標　準＞

基礎的な調査においては、計画基準点上下流の土石流及び土砂流出による洪水氾濫の被害想定区域における人口、人家、農地、公共施設、災害時要援護者施設、防災拠点等の保全対象の分布状況、土地利用実態、今後の開発計画等を調査することを標準とする。

また、基礎的な調査においては、既往文献等を基に流域の土砂災害の履歴を調査することを標準とする。

2．2．6　施設の現況

＜標　準＞

基礎的な調査においては、砂防関係施設、治山施設、河川関係施設等の現況を、資料調査、現地調査及び航空レーザ測量による調査結果の解析等により把握することを標準とする。

2．3　土砂生産に関する調査

2．3．1　土砂生産に関する調査

＜考え方＞

土砂生産に関する調査は、荒廃地からの土砂生産、渓床に堆積した土砂の再移動、山腹及び渓岸における斜面崩壊による土砂生産を対象として行う。

2．3．2　荒廃地からの土砂生産に関する調査

＜標　準＞

荒廃地からの土砂生産に関する調査は、既存の崩壊地、とくしゃ地、火山噴火による荒廃地

において、現地調査、空中写真を併用する方法で、荒廃状況及び表面侵食、拡大崩壊等による生産土砂量を把握する。また、現地調査、空中写真を用いて、土砂生産に関係する諸元を調査し、生産土砂量の測定結果及び既存資料を参照し、類似した条件の荒廃地からの生産土砂量を基に、推定することを標準とする。

＜例　示＞

荒廃地からの表面侵食による生産土砂量の測定方法としては、以下のような手法がある。

- 小流域・斜面末端に土砂トラップを設置し、生産土砂量を直接計測する手法
- 地上レーザ測量等による現地調査から侵食量を計測することにより生産土砂量を把握する手法
- 既存の崩壊地の拡大崩壊による生産土砂量の測定方法としては、以下のような手法がある。
- 複数時期の空中写真による崩壊地の判読・崩壊面積の計測及び現地調査による崩壊深の推定に基づき、崩壊土砂量を推定する手法
- 複数時期の航空レーザ測量から拡大崩壊による生産土砂量を推定する手法。

＜参考となる資料＞

荒廃地からの表面侵食・崩壊地の拡大による土砂生産の測定の事例としては、下記の資料が参考となる。

1) 鈴木雅一，福嶌義宏：風化花崗岩山地における裸地と森林の土砂生産量 －滋賀県南部、田上山の調査資料から－，水利科学，Vol.33 No.5，pp.89-100，1989.
2) 松岡暁，山越隆雄，田村圭司，長井義樹，丸山準，小竹利明，小川紀一朗，田方智：LiDARデータの差分処理による流域土砂動態把握の試み，砂防学会誌，Vol.62 No.1，pp.60-65，2009.

2．3．3　渓床堆積土砂の再移動に関する調査

＜標　準＞

渓床堆積土砂の再移動に関する調査は、現地調査により、渓床土砂堆積量を求め、渓床堆積土砂の再移動による生産土砂量を推定することを標準とする。

＜例　示＞

渓床土砂堆積量調査においては、堆積深は周囲の洗掘断面の観察等が推定の手掛かりともなるが、ボーリング調査に弾性波探査を併用して渓床岩盤の深さを推定する手法等もある。また、堆積深と谷幅から、各測点の渓床土砂堆積量を算出し、その量を河道距離に対してプロットして渓床土砂堆積量図に整理する方法等もある。渓流現況調査(2.4.2)においても同様の方法がある。さらに、出水前後の航空レーザ測量による調査結果の比較によって渓床堆積土砂の再移動による生産土砂量を求める手法等もある。

2．3．4　山腹及び渓岸における斜面崩壊に関する調査

＜標　準＞

山腹及び渓岸における斜面崩壊に関する調査は、現地調査、空中写真、既往文献を併用し、崩壊地等の位置、形状、規模、崩壊時期、崩壊原因、亀裂・変状の状況、土層厚、微地形等に関する調査を行い、山腹斜面及び渓岸・河岸における表層崩壊及び深層崩壊、地すべりによる生産土砂量をそれぞれ推定することを標準とする。なお、既存の崩壊地からの表面侵食、拡大崩

壊等による土砂生産は、荒廃地からの土砂生産に関する調査(2.3.2)で扱うこととし、本項では、山腹及び渓岸において、新たな斜面崩壊により今後生じ得る生産土砂量を推定することを標準とする。

＜例　示＞

山腹及び渓岸における斜面崩壊に関する調査においては、空中写真による崩壊地の判読・崩壊面積の計測及び現地調査による崩壊深の推定に基づき、崩壊土砂量を推定する手法等がある。また、崩壊前後の航空レーザ測量による調査結果の比較によって、崩壊土砂量を求める手法等もある。

＜参考となる資料＞

表層崩壊については、下記の資料が参考となる。

1)　田村圭司，内田太郎，秋山浩一，盛伸行，寺田秀樹　：表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル（案），土木研究所資料，第 4129 号，2009.

2. 4　土砂流出に関する調査

2. 4. 1　土砂流出に関する調査

＜考え方＞

土砂流出に関する調査は、流域の監視、砂防基本計画の策定、総合土砂管理手法の検討のために、流出土砂量調査、渓流現況調査、水文観測、流砂観測、流出解析及び河床変動計算等によって行う。なお、流砂系全体の総合的な土砂管理のための調査については、第 16 章 総合的な土砂管理のための調査 によるものとする。

2. 4. 2　流出土砂量調査

＜考え方＞

流出土砂量に関する調査は、流域の監視、砂防基本計画の策定、総合土砂管理手法の検討のために、現地調査、航空レーザ測量によって行う。調査は、1 出水の流出土砂量を対象としたものと、1 年間等の中長期を対象としたものがある。

＜例　示＞

流出土砂量に関する現地調査においては、河床縦横断測量から流出土砂量を求める手法、砂防堰堤における堆砂量の変化から求める方法などがある。また、航空レーザ測量による方法では、出水前後の測量データの比較により、1 出水による流出土砂量を算出することができる。

2. 4. 3　渓流現況調査

＜標　準＞

渓流現況調査は、計画基準点から上流に向かって本流及び支流の上流端(2.2.2 水系図による)までを対象に実施することを標準とする。

渓流現況調査では、露岩箇所、土砂及び巨礫の堆積状況、平水時の流路、瀬と淵、景観・環境上の留意箇所を資料調査、現地調査により明らかにし、地形図上に示す。また、土砂・巨礫の堆積状況については、砂防設備建設時の資料による調査も行う。さらに、地形及び土砂・巨礫堆積形状と断面に関する調査から、施設設計の基礎資料とするために、土石流による堆積物と主として掃流状態の土砂運搬による堆積物とに区分することを標準とする。掃流堆積物スケッチ例を図 17-2-3　に示す。

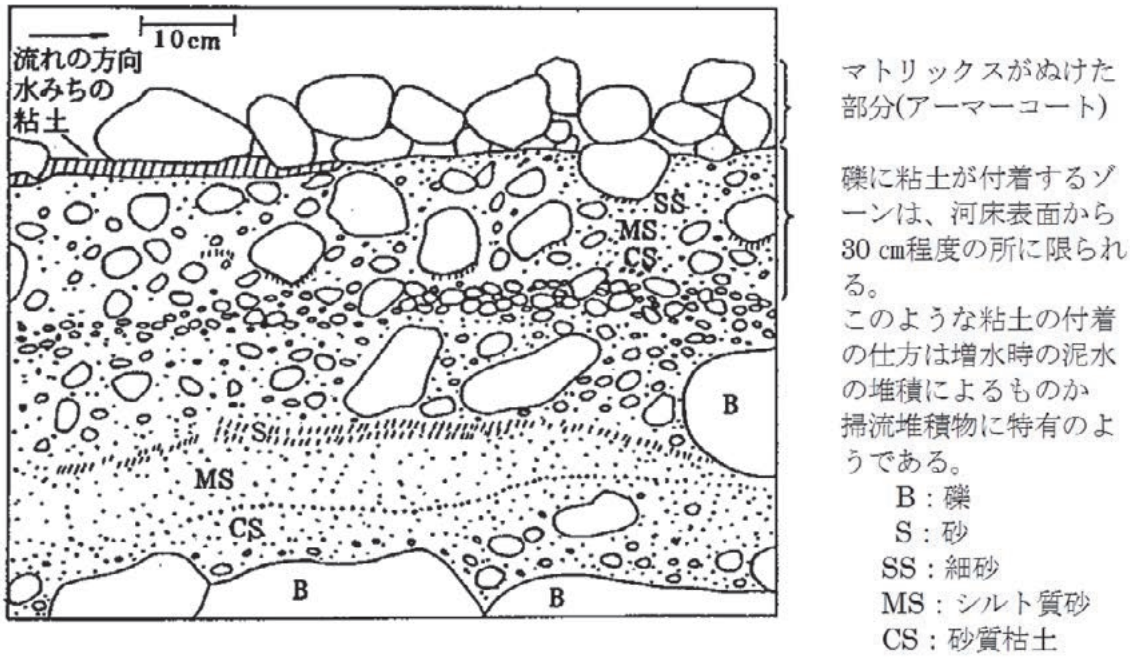


図17-2-3　掃流堆積物スケッチ例

2. 4. 4　水文観測

＜考え方＞

水文観測は、降雨流出応答特性を把握するために実施する。

＜標　準＞

水文観測は、現地における流量観測（水位観測及び流速観測）により行うことを標準とする。観測地点は、計画基準点の周辺地点に加えて、流域の監視上、砂防基本計画策定上、総合的な土砂管理上、流出土砂量を監視すべき地点において行う。

＜推　奨＞

観測候補箇所周辺に砂防堰堤等横断構造物がある場合は、横断構造物がある地点で観測することが望ましい。また、流量に換算するために、水位に併せて流速の観測をすることが望ましい。さらに、山地河道においては、大規模な出水により、機器の破損がしばしば生じるため、機器の十分な保護をするか、または非接触型の観測機器を設置することが望ましい。

＜参考となる資料＞

流砂水文観測については、下記の資料が参考となる。

1)　岡本敦，内田太郎，鈴木拓郎　：山地河道における流砂水文観測の手引き（案），国土技術政策総合研究所資料，第 686 号，2012.

また、非接触型の流速計を水位計と併せて設置した事例について、下記の資料が参考となる。

2)　浅野友子，内田太郎，渡邉良広，井上広喜，辻和明，鴨田重裕：東京大学樹芸研究所青野研究林における山地河道の水理・水文観測，砂防学会誌，Vol.65 No.3，pp.65-69，2012.

2．4．5　流砂観測

＜考え方＞

流砂観測は、掃流砂に関する調査及び浮遊砂・ウォッシュロード調査を行い、流砂の流出特性、変動特性を把握するものである。

＜標　準＞

掃流砂調査の方法は、掃流採砂器等による直接的調査法と音響センサー（ハイドロフォン）等による間接的調査法を標準とする。また、浮遊砂・ウォッシュロード調査の方法は、採水器などの直接的調査法と濁度計による観測などの間接的調査法を標準とする。観測地点は、計画基準点の周辺地点に加えて、流域の監視上、砂防基本計画策定上、総合的な土砂管理上、流出土砂量を監視すべき地点において行う。また、流砂観測は、総合的な土砂管理手法の検討に資する平水時も含んだ 1 年間または数年間の積算流砂量などの中長期的な流砂量と砂防基本計画に資する大規模降雨時の短期的な流砂量の両方を把握する必要がある。

＜参考となる資料＞

流砂観測については、下記の資料が参考となる。

1)　岡本敦，内田太郎，鈴木拓郎　：山地河道における流砂水文観測の手引き（案），国土技術政策総合研究所資料，第 686 号，2012.

流砂観測の事例については、下記の資料が参考となる。

2)　星野和彦，酒井哲也，水山高久，里深好文，小杉賢一朗，山下伸太郎，佐光洋一，野中理伸：流砂等計測システム（六甲住吉型）と観測事例，砂防学会誌，Vol.56 No.6，pp.27-32，2004.

3)　判田乾一，地中浩，石川一栄，宮澤和久：姫川流域における土砂移動モニタリング，砂防学会誌，Vol.66 No.2，pp.74-78，2013.

2．4．6　流砂量調査結果のまとめ

＜考え方＞

流砂量調査結果は、調査位置図箇所の諸元、流砂量年表として取りまとめる。

＜参考となる資料＞

総合的な土砂管理のための調査については、下記の資料が参考となる。

1)　国土技術政策総合研究所：健全な水循環系・流砂系の構築に関する研究，国総研プロジェクト研究報告，第 16 号，2007.

2)　水野秀明，小山内信智，清水武志，稲村貴志：流砂系の総合的な土砂管理支援システムの開発，土木技術資料，vol49 No7，pp.26-31，2007.

2．4．7　流出解析・河床変動計算

＜考え方＞

流出解析・河床変動計算は、渓流及び山地河道における水及び流砂の流出特性・変動特性を再現・予測するために用いる。渓流及び山地河道における土砂の移動現象は、沖積河川と異なり、非平衡性が強く、土砂濃度や勾配により流砂の形態が変化するなどの特徴を有するため、これらを適切に表現できる流砂量式等を組み合わせて行う。流砂の形態については、掃流砂及び浮遊砂、掃流状集合流動、土石流等を対象とし、対象区間の勾配に考慮した上で適切な式を

用いる必要がある。

＜例　示＞

山地河道における流砂の流出特性・変動特性を再現・予測するために用いる流砂量式等としては、以下の式がある。また、このほか、新しく提案される式などについても適用条件等に注意して使うことができる。

１）掃流砂
a)　限界掃流力に関する式
岩垣公式、修正 Egiazaroff 式
b)　掃流砂量式
芦田・道上式、Meyer-Peter・Muller 式、芦田・高橋・水山式
２）浮遊砂
a)　浮遊砂量式（流速分布と濃度分布の組合せ）
Lane-Kalinske の式、板倉・岸の式
b)　基準面濃度式
Lane-Kalinske の式、板倉・岸の式、芦田・岡部・藤田の式、芦田・道上の式
３）土石流
a)　土石流の抵抗則
高橋の式、江頭・宮本・伊藤の式
b)　土石流の濃度則
①　平衡濃度式
高橋の式
②　侵食・堆積速度式
高橋の式、江頭の式
４）掃流状集合流動
a)　掃流状集合流動の抵抗則
高橋の式、江頭・宮本・伊藤の式
b)　掃流状集合流動の濃度則
①　平衡濃度式
高橋の式、水山の式
②　侵食・堆積速度式（土石流と同様）
高橋の式、江頭の式
５）全流砂
a)　全流砂量式
Brown 式

なお、これらに加えて、土石流及び掃流状集合流動を統一的に扱える計算手法、掃流砂に対する非平衡性を考慮した計算手法、土石流中に含まれる細粒土砂の影響を評価する手法、砂防堰堤設置箇所における計算手法などに関する蓄積されつつある知見を適宜参考として、それぞれの対象地域・現象に適した式を用いることが大事である。

＜関連通知等＞

1)　土木学会水理委員会：水理公式集［平成 11 年版］，丸善，1999.

＜参考となる資料＞

砂防調査における河床変動計算で用いる式は、下記の資料が参考となる。

1) 高橋保，地質・砂防・土木技術者：研究者のための土砂流出現象と土砂害対策，近未来社，2006.
2) 河村三郎：土砂水理学１（POD 版），森北出版，2005.
3) (社)砂防学会監修：砂防学講座第４巻　渓流の土砂移動現象，山海堂，1991.
4) 芦田和男，高橋保，道上正規：河川の土砂災害と対策，森北出版，1983.

掃流砂から、掃流状集合流動、土石流まで連続的に扱う手法及び掃流砂に対する非平衡性を考慮した計算手法は、下記の資料が参考となる。

5) 高橋保，地質・砂防・土木技術者：研究者のための土石流の機構と対策，近未来社，2004.

土石流及び掃流状集合流動を統一的に扱える計算手法は、下記の資料が参考となる。

6) 高濱淳一郎，藤田裕一郎，近藤康弘：土石流から掃流状集合流動に遷移する流れの解析法に関する研究，水工学論文集，No44，pp.683-686，2000.

土石流中に含まれる細粒土砂の影響を評価する手法は、下記の資料が参考となる。

7) 西口幸希，内田太郎，石塚忠範，里深好文，中谷加奈：細粒土砂の挙動に着目した大規模土石流の流下過程に関する数値シミュレーション-深層崩壊に起因する土石流への適用-，砂防学会誌，Vol64 No3，pp.11-20，2011.

砂防堰堤設置箇所における計算手法は、下記の資料が参考となる。

8) 里深好文，水山高久：砂防ダムが設置された領域における土石流の流動・堆積に関する数値計算，砂防学会誌，Vol58 No1，pp.14-19，2005.

第3節　水系砂防調査

3．1　降雨量・流出調査

3．1．1　流域全体の調査

（１）短期の降雨量の時間変化

＜考え方＞

流域全体の短期の降雨量の時間変化は、短期の流砂・洪水波形を計算するために、当該流域の既往の降雨資料により調査する。

なお、「短期」については、計画規模の現象が発生する一連の降雨継続時間を目安に設定する。

（２）短期の流砂・洪水波形の計算

＜考え方＞

流域全体の短期の流砂・洪水波形は、土石流区間、及び掃流区間における計画土砂量等を算出するために資料調査、現地調査及び数値計算により求める。

＜例　示＞

流域全体の短期の流砂・洪水波形は、過去の実績を基に決定することができる。また、過去の災害時の詳細な情報が十分にない場合は、数値計算等で補完することができる。

洪水波形については、流域の降雨分布を考慮した上で、流出解析により、求めることができる。

流砂量の波形を求める際の流砂量の合計については、流出土砂量調査（2.4.2）の結果によっ

て求めることができる。また、流砂の発生のタイミングは、周辺住民に対するヒアリング調査などにより把握することができる。さらに、流砂の発生のタイミングは、流砂観測（2.4.4及び2.4.5）や土石流の観測（4.2.2）、土石流災害後の流出・堆積状況調査（4.6.2）の結果からも把握することもできる。

数値計算を用いる場合は、流出解析・河床変動計算（2.4.6）に示した手法に準じる。

＜参考となる資料＞

短期の流砂・洪水波形に関する検討事例として、下記の資料が参考となる。

1) 枦木敏仁，水山高久，佐藤一幸，村上正人：土砂生産のタイミングを考慮した土砂生産・流出に関する研究，砂防学会誌，Vol.59　No.5，pp.15-22，2007.

（３） 中長期の降雨量の時間変化

＜考え方＞

流域全体の中長期の降雨量の時間変化は、中長期の流砂・洪水波形を計算するために、当該流域の既往の降雨資料により調査する。

なお、「中長期」とは、短期の降雨により生産された土砂が移動する影響期間、流砂系の土砂生産域から流砂系末端までの土砂移動に要する期間及び計画の対象とする必要のある期間であり、数年から数十年程度、又はそれ以上の期間を設定する。

（４） 中長期の流砂・洪水波形の計算

＜考え方＞

流域全体の中長期の流砂・洪水波形は、土石流区間、及び掃流区間における計画土砂量等を算出するために資料調査、現地調査及び数値計算により求める。

＜例　示＞

流域全体の短期の流砂・洪水波形は、過去の実績を基に決定することができる。また、過去の災害時の詳細な情報が十分にない場合は、数値計算等で補完することができる。

洪水波形については、流域の降雨分布を考慮した上で、流出解析により、求めることができる。

流砂量の波形を求める際の流砂量の合計については、流出土砂量調査（2.4.2）の結果をもとに求めることができる。砂防堰堤等における土砂堆積量調査によって推定することができる。また、流砂の発生のタイミングは、流砂観測（2.4.4及び2.4.5）や土石流の観測（4.2.2参照）の結果から把握することができる。

数値計算を用いる場合は、流出解析・河床変動計算（2.4.6）に示した手法に準じる。

＜参考となる資料＞

中長期の流砂・洪水波形に関する検討事例として、下記の資料が参考となる。

1) 国土技術政策総合研究所：健全な水循環系・流砂系の構築に関する研究，国総研プロジェクト研究報告，第16号，2007.

3．1．2　個別流域の調査

（１） 短期の降雨量の時間変化

＜考え方＞

個別流域の短期の降雨量の時間的変化は、個別流域直下の計画基準点における流砂・洪水波

形を算出するために調査する。なお、個別流域は、主に土石流危険渓流、あるいはそれに準ずる渓流の流域で、土石流危険渓流の設定方法と、水系図(2.2.2)の流域区分を参考に設定する。

＜関連通知等＞

1) 土石流危険渓流及び土石流危険区域調査の実施について，平成 11 年 4 月 16 日，建設省河砂発第 20 号，建設省河川局長通達.
2) 土石流危険渓流及び土石流危険区域調査要領（案)，平成 11 年 4 月，建設省河川局砂防部砂防課.

（２） 短期の流砂・洪水波形の計算

＜考え方＞

個別流域の短期の流砂・洪水波形は、個別流域の土石流区間、及び掃流区間における計画土砂量等を算出するために資料調査、現地調査及び数値計算により求める。

（３） 中長期の降雨量の時間変化

＜考え方＞

個別流域の中長期の降雨量の時間的変化は、個別流域直下の計画基準点における流砂・洪水波形を算出するために調査する。

（４） 中長期の流砂・洪水波形の計算

＜考え方＞

個別流域の中長期の流砂・洪水波形は、個別流域の土石流区間、及び掃流区間における計画土砂量等を算出するために資料調査、現地調査及び数値計算により求める。

3．2　生産土砂量調査

3．2．1　調査対象

＜考え方＞

生産土砂量調査の対象は、土石流区間から土石流として流出してくる土砂量、掃流区間に直接流入する崩壊地やとくしゃ地より流出する土砂量、地すべりにより流出する土砂量等を基本とする。なお、流木については、土砂とは別に流木として算定・見積もることとし、流木調査は第９節を参照する。

＜例　示＞

土石流区間と掃流区間の判断の目安は以下の図による。

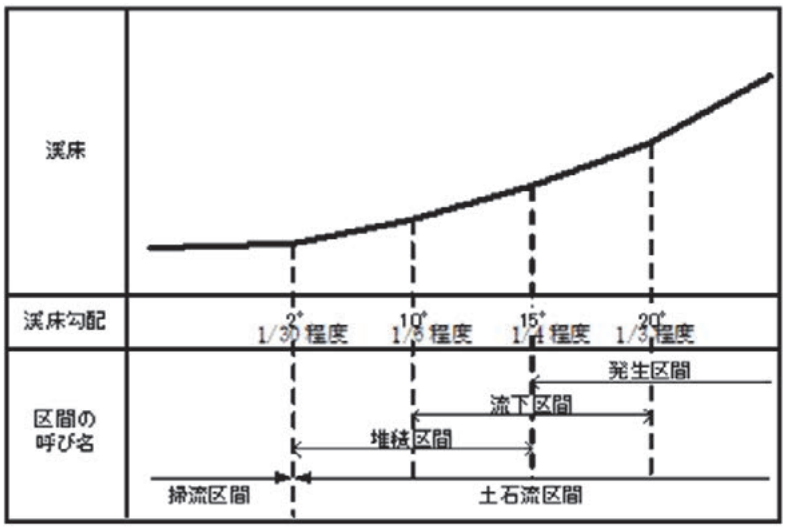


図17-3-1　土砂移動の形態の渓床勾配による目安

出典：砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説，国土技術政策総合研究所資料第 364 号，2007，p. 9.

3．2．2　短期の生産土砂量の調査

＜考え方＞

短期の生産土砂量の調査は、崩壊地等で生産される土砂量を把握するために行う。

＜標　準＞

崩壊が的確に推定できる場合は、崩壊地等（崩壊地、とくしゃ地）で生産される土砂量を生産土砂量とすることを標準とする。

崩壊が的確に推定できない場合は、掃流区間の本支川に流入する１次谷の最上端から流域の最遠点までの流路沿いの土砂量を生産土砂量とすることを標準とする。

3．2．3　中長期の生産土砂量の調査

＜考え方＞

中長期の生産土砂量の調査は、土石流区間から流出してくる土砂量、崩壊地等で生産される土砂量を把握するために行う。

＜標　準＞

短期の土砂生産量のうち、崩壊地を含めた土石流区間に残存した土砂を対象として、土石流区間から下流へ移動する中長期の土砂量を生産土砂量とすることを標準とする。

3．2．4　山腹材料調査

＜考え方＞

山腹材料調査は、流出土砂量算定、及び砂防設備の基本諸元の設定に必要な基礎資料を得るため、粒度分布、比重、空隙率などの調査を行う。

山腹材料とは、生産土砂として渓流に流出するものであり、渓流の河床材料とは異なるため、渓流の河床材料との違いを把握することも重要である。

3．2．5　河床材料調査

＜考え方＞

河床材料調査は、流出土砂量の算定、及び砂防施設の基本諸元の設定に必要な基礎資料を得るため、粒度分布、比重、空隙率などの調査を行う。

3．3　流出土砂量調査

3．3．1　河床変動計算による流出土砂量の算出

＜考え方＞

流出土砂量は、流出解析及び河床変動計算を行って算出した流砂量を、時間で積分した値とする。なお、山地流域では土砂が非平衡的に移動するため、河床変動計算を行うに当たり、土砂生産の条件がその計算結果に影響を与えることに留意する。なお、流木については、土砂とは別に流木として算定・見積もることとし、流木調査は第９節を参照する。

3．3．2　河床変動計算の検証等のための調査

＜考え方＞

河床変動計算の検証のための調査は、算出した流出土砂量が妥当であるか検証するための基礎資料とするとともに、本調査の結果を総合的な土砂管理を検討するための基礎資料とすることを目的として行う。

また、流出土砂量の調査には、砂防設備による流出土砂量の調節効果の把握や、その調節効果を向上させるための砂防設備の改良に資するための基礎資料を得ることも目的として含まれる。

3．3．3　河床変動調査

（１）砂防堰堤への流入土砂量

＜標　準＞

調査対象区間の適当な箇所に調査のための砂防堰堤が得られる場合には、その砂防堰堤への流入土砂量を平面的に測量して、その地点における流出土砂量を求めることを標準とする。

なお、砂防堰堤やダム等の施設に堆積した土砂を調査し、流出土砂量に関する情報を得る方法全般については、第 16 章 総合的な土砂管理のための調査 2.3.2 施設等に堆積した土砂の調査による粒径集団別土砂移動量の時間積分値（一定期間の総和）の把握 を参照されたい。

（２）河床変動測量による流出土砂量の推定

＜標　準＞

調査対象区間内の流砂量観測結果、及び河床変動測量結果を用いてその地点の全流砂量を推定することを標準とする。

（３）河床変動量調査の整理

＜標　準＞

河床変動量の調査結果は、期間当たりの流砂量、及び比流砂量（流域面積当たりの流出土砂量）について整理することを標準とする。

3．3．4　流出土砂量調査のまとめ

＜標　準＞

流出土砂量は、流出解析及び河床変動計算を行って算出した流砂量を、時間で積分して算出

した流出土砂量と河床変動調査結果から得られる土砂量とを比較検証し、パラメータの妥当性等を確認することを標準とする。

3．4　許容流出土砂量調査

＜考え方＞

許容流出土砂量調査は、計画基準点より下流において災害が発生することなく流れ得る土砂量でかつ下流において必要な土砂量を下流域を含めた河床変動計算により把握する。

第4節　土石流対策調査

4．1　総説

＜考え方＞

本節は土石流対策調査の標準的な手法を示す。なお、土石流対策計画の立案及び土石流対策施設の設計については、砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）及び土石流・流木設計技術指針によるものとする。

＜参考となる資料＞

土石流対策計画の立案及び土石流対策施設の設計については、下記の資料が参考となる。

1）砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説，平成 19 年 3 月，国土技術政策総合研究所資料第 364 号，国土技術政策総合研究所砂防研究室.

2）土石流・流木対策設計技術指針解説，平成 19 年 3 月，国土技術政策総合研究所資料第 365 号，国土技術政策総合研究所砂防研究室.

4．2　降雨量・流出調査

4．2．1　降雨量調査

＜標　準＞

土石流対策調査における降雨量調査は、土石流対策計画の計画規模を設定するための降雨データの解析と土石流災害を発生させた雨量データの収集・分析等がある。どちらも対象とする渓流近傍の地上雨量観測所、レーダ雨量計等のデータを用いることを標準とする。

降雨量調査では、使用する目的に応じて、短期降雨指標（1 時間最大雨量、60 分間積算雨量等）、長期降雨指標（連続雨量、24 時間最大雨量、日最大雨量、土壌雨量指数、実効雨量等）を適切に用いる。

＜参考となる資料＞

降雨量調査については、下記の資料が参考となる。

1）国土交通省河川局砂防部と気象庁予報部の連携による土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法（案），平成 17 年 6 月，国土交通省河川局砂防部，気象庁予報部，国土技術政策総合研究所.

2）寺田秀樹，中谷洋明：土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法，国土技術政策総合研究所資料，第 5 号，2001.

4．2．2　土石流のピーク流量等の推定

（1）土石流のピーク流量の推定

＜標　準＞

土石流ピーク流量の推定は、流出土砂量に基づいて求めることを標準とする。ただし、同一流域において、実測値がある場合で別の方法を用いて土石流ピーク流量を推定できる場合は、

その値を用いてもよい。

＜例　示＞

渓床堆積物が流水により強く侵食されて土石流になる場合は、降雨量に基づき土石流ピーク流量を算出する方法がある。

また、実測により土石流のピーク流量を求める方法には、以下のような方法がある。

１）流下痕跡からの推定

土石流の流下痕跡と流下断面が明らかな場合は、土石流の流速と水深の推定(4.2.2(2))により流速を求め、ピーク流量を試算する。

２）ビデオなどの映像解析によって求めた速度からの推定

土石流の流下状況を撮影したビデオがある場合はこれを解析し、流速を算出する。ビデオから流速を算出した地点において、現地調査を行い、流下断面を推定する。流下断面積に流速を乗ずることによってピーク流量を算出する。また、非接触型の水位計を用いて、水位を直接計測し、流下断面を推定する手法もある。

なお、土石流のピーク流量の推定精度を向上させるため、上記の方法で推定した土石流ピーク流量と流出土砂量との関係を整理する。流出土砂量の算出は流出土砂量調査(4.4)に基づいて行う。

＜参考となる資料＞

土石流観測の事例としては、下記の資料が参考となる。

1)　三輪賢志，永井健二，荒木孝宏，中川達也：富士山大沢川における土石流観測，砂防学会誌，Vol62 No2，pp.65-68，2009.

2)　岡野和行，諏訪浩，植野利康：焼岳上々堀沢における土石流の総合的観測，砂防学会誌，Vol60 No6，pp.62-65，2008.

3)　髙橋英一：有村川における土石流観測について，砂防学会誌，Vol.65 No.6，pp.60-63，2013.

（２）土石流の流速と水深の推定

＜標　準＞

土石流の流速と水深は、理論式、経験式、実測値等により推定することを標準とする。

＜例　示＞

土石流の流速を求める方法には、以下のような方法がある。

１）湾曲部の流下痕跡からの推定する手法

土石流が渓流の湾曲部で偏流し、その場合の偏流高が現地で調査できる場合は、土石流導流工の湾曲部の設計方法に基づき、土石流の流速を求めることができる。

２）ビデオなどの映像解析により算出する手法

土石流の流下状況を撮影したビデオがある場合はこれを解析し、流速を算出することができる。

＜参考となる資料＞

湾曲部の偏流による土石流の流速を求める方法の詳細及び現地への適用事例については、下記の資料が参考となる。

1) 土石流・流木対策設計技術指針解説，平成 19 年 3 月，国土技術政策総合研究所資料第 365 号，国土技術政策総合研究所砂防研究室，p.46.
2) 水山高久，上原信治：湾曲水路における土石流の挙動，土木技術資料，Vol.23 No.5，pp.243-248 ，1981.
3) 武澤永純，内田太郎，鈴木隆司，田村圭司：鹿児島県船石川で発生した深層崩壊に起因する土石流の推定，砂防学会誌，Vol.62 No.2，pp.21-28，2009.

（３） 土石流濃度の推定

＜標　準＞

土石流濃度は、以下の平衡濃度式で求めることを標準とする。

$$C_d = \frac{\rho \tan\theta}{(\sigma-\rho)(\tan\phi-\tan\theta)} \qquad (17\text{-}4\text{-}1)$$

ここで、C_d：土石流濃度、σ：礫の密度、ρ：水の密度、ϕ：渓床堆積土砂の内部摩擦角（°）、θ：渓床勾配（°）である。砂防堰堤の設計において、土石流ピーク流量を算出する際の渓床勾配は現渓床勾配（°）とし、1 波の土石流により流出すると想定される土砂量を算出しようとする地点または流下区間の下流端となると考えられる地点の現渓床勾配とする。

（４） 土石流の単位体積重量の推定

＜標　準＞

土石流の単位体積重量は、実測値、経験値、理論的研究等により推定することを標準とする。

＜例　示＞

土石流の単位体積重量把握に関する観測として、水位計、荷重計などを用いる手法がある。

＜参考となる資料＞

水位計、荷重計を用いた土石流観測の事例としては、下記の資料が参考となる。

1) 大坂剛，高橋英一，國友優，山越隆雄，能和幸範，木佐洋志，石塚忠範，宇都宮玲，横山康二，水山高久：桜島における土石流荷重計による単位体積重量測定，砂防学会誌，Vol.65 No.6，pp.46-50，2013.

4．3　生産土砂量調査

4．3．1　調査範囲

＜考え方＞

生産土砂量調査の範囲は、原則として砂防基本計画上の計画基準点より上流に向かって本流及び支流とする。

4．3．2　移動可能渓床堆積土砂量

＜標　準＞

移動可能渓床堆積土砂量は、土石流発生時に侵食が予想される平均渓床幅及び渓床堆積土砂の平均深さについて、現地調査及び近傍渓流における土石流時の洗掘状況などを参考に算出することを標準とする。

＜例　示＞

平均渓床幅を現地調査により推定する場合、渓流の横断方向における渓岸斜面角度の変化、土石流堆積物上に生育する先駆樹種と山腹地山斜面に生育する樹種の相違等を参考に山腹と渓床堆積土砂を区分して行う事例がある。

また、渓床堆積土砂の平均深さを現地調査により推定する場合、上記の断面形状だけでなく、上下流における渓床の露岩調査を行い、縦断的な基岩の連続性を考慮して行う事例がある。

＜参考となる資料＞

移動可能渓床堆積土砂量の現地調査事例等については、下記の資料が参考となる。

1）砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説，平成 19 年 3 月，国土技術政策総合研究所資料第 364 号，国土技術政策総合研究所砂防研究室，pp. 32-34.

4．3．3　崩壊可能土砂量

＜標　準＞

崩壊可能土砂量は、山腹からの予想崩壊土砂量を推定した値とするか、0 次谷からの崩壊土砂量を推定した値とすることを標準とする。

崩壊可能土砂量を的確に推定できる場合は、地形・地質の特性及び既存崩壊の分布等を参考に、具体的な発生位置、面積、崩壊深を推定し、的確に推定することが困難な場合は、0 次谷における移動可能渓床堆積土砂の平均断面積と流出土砂量を算出しようとする地点より上流域の 1 次谷の最上端から渓流の最遠点までの流路谷筋に沿って測った距離から求めることを標準とする。

＜参考となる資料＞

崩壊可能土砂量の算出方法については、下記の資料が参考となる。

1）砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説，平成 19 年 3 月，国土技術政策総合研究所資料第 364 号，国土技術政策総合研究所砂防研究室，p. 35.

4．3．4　最大礫径の調査

＜標　準＞

最大礫径は、渓床に堆積する巨礫の粒径を測定して作成した頻度分布に基づく累積値の 95%に相当する粒径（D95）とすることを標準とする。

なお、最大礫径は、巨礫の粒径の三軸（長軸、中軸、短軸）又は二軸（長軸、短軸）の計測から求める。

4．4　流出土砂量調査

4．4．1　降雨量によって運搬できる土砂量

＜考え方＞

降雨量によって運搬できる土砂量は、降雨量に流域面積を乗じて総水量を求め、これに流動

中の土石流濃度を乗じて算定する。

4．4．2　流出土砂量調査のまとめ

＜考え方＞

流出土砂量は、現地調査を行った上で、地形図、過去の土石流の記録等より総合的に決定する。原則として、流出土砂量は、本節 4.3.2 及び 4.3.3 で求めた流域内の移動可能渓床堆積土砂量と崩壊可能土砂量を併せた移動可能土砂量と、降雨量によって運搬できる土砂量を比較して小さい方の値とする。より詳細な崩壊地調査、生産土砂量調査、及び実績による流出土砂量調査が水系全体（土石流危険渓流を含む）で実施されている場合は、これらに基づき流出土砂量を決定してよい。

4．5　許容流出土砂量調査

＜考え方＞

許容流出土砂量調査は、計画基準点より下流において災害が発生することなく流れ得る土砂量でかつ下流において必要な土砂量を把握するために流下断面等を調査する。

4．6　土石流実態把握に関する調査

4．6．1　土石流災害後の流下状況調査

＜考え方＞

土石流の流下実態把握に関する調査は、詳細な土砂災害に関するデータの蓄積を図り、土石流対策計画の立案、対策施設の設計等を実施するために行う。

＜標　準＞

土石流の流下状況については、現地調査により、流出土砂量、土石流ピーク流量、流量ハイドログラフを推定し、実態を把握することを標準とする。

＜例　示＞

流出土砂量に関する調査においては、現地調査に加えて、航空レーザ測量による調査を用いる場合もある。

土石流ピーク流量に関する調査においては、土石流の流下痕跡と流下断面が明らかな場合は、土石流の流速と水深の推定(4.2.2(2))により流速を求め、土石流ピーク流量を算出することができる。また、土石流のピーク流量の推定精度を向上させるため、土石流の流下痕跡と流下断面から推定した土石流ピーク流量と流出土砂量、降雨量の関係を整理し、このとき、レーダ雨量計による雨量データの活用が可能な場合、レーダ雨量計によるデータを用いることができる。

4．6．2　土石流災害後の流出・堆積状況調査

＜考え方＞

土石流災害後の流出・堆積状況調査は、詳細な土砂災害に関するデータの蓄積を図り、土石流対策計画の立案、対策施設の設計、警戒避難体制の検討等を実施するために行う。

＜例　示＞

土石流災害後の流出・堆積状況調査では、土石流流下場及び堆積場の調査として、渓床堆積土砂の侵食区間の平均勾配、渓床堆積土砂の侵食量、残存している渓床堆積土砂量、土石流堆積場の範囲、土石流堆積深、土石流氾濫開始点の勾配、各々の土石流ローブの堆積土砂量、土

石流の流動深、堆積物の容積濃度、堆積物の粒度分布等について調査する場合がある。また、現地調査に加えて、航空レーザ測量による調査を用いる場合もある。さらに、土石流災害後の流出・堆積状況調査では、周辺住民に対するヒアリング調査も、土石流の規模、継続時間の推定などに有効である場合も多い。

＜参考となる資料＞

土石流災害後の流出・堆積状況調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 国土交通省砂防部監修：砂防関連事業災害対策の手引き，pp.238-240，(社)全国治水砂防協会，2001.

4. 6. 3　土石流災害後の崩壊状況調査

＜考え方＞

土石流災害後の崩壊状況調査は、詳細な土砂災害に関するデータの蓄積を図り、土石流対策計画の立案、対策施設の設計等を実施するために行う。

＜例　示＞

表層崩壊に起因した土石流の崩壊状況調査では、崩壊地調査として、崩壊地周辺の地質区分・植生状況、各崩壊地の崩壊土量・崩壊面積、崩壊残土の量と位置的な分布、崩壊地の縦断図・横断図、崩壊地の平均勾配、崩壊地での湧水箇所と湧水の有無、崩壊地周辺の亀裂の大きさと分布等について調査する場合がある。

＜参考となる資料＞

土石流災害後の崩壊地調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 国土交通省砂防部監修：砂防関連事業災害対策の手引き，pp.238-239，(社)全国治水砂防協会，2001.

4. 6. 4　土石流災害後の人的被害・家屋等の物的被害状況等の調査

＜考え方＞

土石流災害後の人的被害・家屋等の物的被害状況等の調査は、詳細な土砂災害に関するデータの蓄積を図り、土石流対策施設の設計・事業効果評価手法の検討、警戒避難体制の検討等を実施するために行う。

＜例　示＞

土石流災害後の人的被害、家屋等の物的被害の推定、災害を引き起こした土砂移動の推定手法には以下のものがある。なお、流木による被害については、流木実態把握に関する調査(9.3)を参照する。

１）人的被害、家屋等の物的被害の推定

流失、全壊、半壊、一部破損、床下浸水、床上浸水した家屋（木造、RC造、鉄骨造、その他）の位置を図示した詳細平面図を作成する。その詳細平面図から、全壊、半壊した家屋の数と土砂災害特別警戒区域、土砂災害警戒区域の区域内の総家屋数に占める割合、河道中央からの水平距離を整理する。また、犠牲となった方が災害直前に避難していた家屋の位置、発見された場所を消防、警察部局からのヒアリングにより調査し、詳細平面図に示す。

２）災害を引き起こした土砂移動の推定
建物が残存している場合は、その壁（上流側壁面、側面、下流側壁面）での流下痕跡から流動深を計測する。家屋が調査時点で既に撤去されている場合は写真等から計測する。
家屋の破壊をもたらしたと考えられる巨礫の最大粒径を推定する。家屋が残存している場合は、現地調査によって計測する。家屋が調査時点で既に撤去されている場合は写真等から計測する。
砂礫の衝突による鉄骨の変形量（へこみ量）と変形部の断面図を作成する。家屋が残存している場合は、現地調査によって計測する。家屋が調査時点で既に撤去されている場合は写真等から計測する。
農作物への被害等上記以外の被害については、その被害と土砂移動・流木の関係を調べる。

＜参考となる資料＞
土石流災害後の人的被害・家屋等の物的被害等の調査の詳細については、下記の資料が参考となる。
1) 国土交通省砂防部監修：砂防関連事業災害対策の手引き，pp.245-246，(社)全国治水砂防協会，2001.

4．6．5　土石流の前兆現象、土砂の到達時間の調査

＜考え方＞
土石流の前兆現象、土砂の到達時間に関する調査は、詳細な土砂災害に関するデータの蓄積を図り、土石流に係る警戒避難体制の検討等を実施するために行う。

＜例　示＞
土石流の前兆現象、土砂の到達時間に関する調査は、以下の項目等について、できるだけ多くの被災住民からヒアリングを行い実施する場合がある。
・　各家屋に土砂や水、流木が流入してきた時刻
・　土石流の前兆現象と考えられる現象の有無とそれらのおおよその時刻（たとえば、山腹、渓流、水路からの異音、渓流、水路からの泥水のあふれ、渓流、水路の水かさの急増や急減、流木の流下、渓流、水路での濁り、裏山からの水の湧出等）
・　土石流の前兆現象と考えられる現象や土石流を撮影した映像の有無とその内容

＜参考となる資料＞
土石流の前兆現象、土砂の到達時間の調査の詳細については、下記の資料が参考となる。
1) 国土交通省砂防部監修:砂防関連事業災害対策の手引き,p.246,(社)全国治水砂防協会,2001.

第5節　火山砂防調査

5．1　総説

＜考え方＞
火山砂防調査は、火山砂防計画を策定するための調査であり、火山泥流、溶岩流、火砕流及び降灰等の堆積後の降水を発生原因とする土石流を対象として実施する。

＜標　準＞
火山砂防調査は、平常時に実施する調査と、緊急時に実施する調査から成る。ここで、緊急

時とは、火山活動が活発化し、被害が発生するおそれがあると判断された時点から、噴火活動が終息し、降灰等の堆積後の降水を発生原因とする土石流（以下、降灰後の土石流という）の集中的発生が減少したと判断された時点までの期間とすることを標準とする。
　なお、土石流のうち、降灰後ではなく平常時に発生する土石流に関する計画のための調査は、本章 第２節 基礎的な調査 、第４節 土石流対策調査 による。

5．2　平常時に実施する調査

5．2．1　ソフト対策に関する調査

＜考え方＞

　ソフト対策に関する調査は、対象とする火山において、対象とする現象と、それに応じた影響範囲等を示す火山災害予想区域図を作成するために行う。

＜標　準＞

　火山災害予想区域図作成に関する調査は、以下の手法によって行うことを標準とする。

- 資料調査（文献収集・整理、気象データ収集・整理）
- 現地調査（地形・地質調査、火山活動状況調査等）
- 数値シミュレーション

　本調査は、以下の項目について調査を行うことを標準とする。

１）噴火履歴
２）火山周辺の自然条件や現在の火山活動状況
３）土砂移動実績
４）実績のある溶岩流、火砕流、火山泥流等の現象の特性・特徴
５）現在の地形条件
６）対象とする現象の流量時系列
７）数値シミュレーションに用いるパラメータ

　１）～４）に基づいて、対象とする現象を定める。なお、火山災害予想区域図作成の対象現象には、5.1 で定める対象現象以外の現象についても必要に応じて対象とすることができる。
　５）～７）に基づいて、対象とする現象に応じた影響の範囲と、その程度を以下の解析手法によって推定することを標準とする。

- 氾濫計算等の数値シミュレーション
- 地形解析等

　対象とする現象の影響範囲等は、以下の項目について設定し、対象とする現象の火山災害予想区域図とすることを標準とする。

- 最大流動深分布、最大堆積深分布
- 分布の時間変化

　また、土砂移動実績調査結果、地形解析、及び数値シミュレーションによる火山災害予想区域図等を基に、対象とする現象ごとの火山災害予想区域図を作成し、さらに、対象とする火山

について各現象を総合化し、火山全体としての火山災害予想区域が把握できるようにすることを標準とする。
なお、火砕流の熱風部については、類似火山における過去の事例等を参考に、地形特性等を考慮して推定する。

＜参考となる資料＞

詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 火山噴火に起因した土砂災害予想区域図作成の手引き（案），平成 25 年 3 月，国土交通省河川局砂防部.

5. 2. 2　ハード対策に関する調査

（1） 対象とする現象と規模に関する調査

＜考え方＞

ハード対策の対象とする現象と規模に関する調査は、対象とする火山において、対象とする現象を決めるとともに、その対策の規模を設定するために行う。

＜標　準＞

ハード対策の対象とする現象と規模に関する調査は、ソフト対策に関する調査(5. 2. 1)と同様の項目について、同様の手法で行うことを標準とする。
なお、対象とする現象の規模の推定は、河床変動計算、流下・氾濫計算等の数値シミュレーションによって推定することを標準とする。
対象とする現象の規模は、以下の項目について設定することを標準とする。

- 土砂量
- ピーク流量
- 流速と流動深

溶岩流、火砕流については、上記の調査に加え、ハード対策の実効性についても調査する。

＜例　示＞

降灰斜面の侵食に起因した土石流の場合、土砂量、ピーク流量、流速と流動深を設定する方法には、土石流のピーク流量等の推定(4. 2. 2)、流出土砂量調査(4. 4)に示したものがあり、それらに加えて以下の方法がある。

1）流域ごとの山腹斜面における降灰区域の面積の推定
縮尺（1000 分の 1 程度）の地形図上に降灰区域、土石流発生場（ガリー、表層崩壊等の発生区域）、土石流流下場（渓床堆積土砂の侵食区間を含む）、土石流堆積場、保全対象を示した詳細平面図を作成する。その詳細平面図から計測する。

2）山腹斜面での降灰深の推定
目視、写真・ビデオからの判読、その他によって降灰深を複数計測する。

3）道路などに堆積した火山灰の採取
立ち入り許可区域において、道路や家屋等に堆積した火山灰を採取する（厚手のビニール袋に入れてよい）。採取場所（噴火口からの水平距離と方向）を詳細平面図に示すとともに、採取年月日を明示する。

４）主なガリーの分布箇所、ガリーの規模の推定
ガリーの分布、ガリーの幅、長さは空中写真、ヘリコプターからの観察、写真・ビデオからの判読等によって求める。

５）土石流発生までの降雨
観測所ごとに、連続雨量、最大 24 時間雨量、最大時間雨量、上記連続雨量以前 1 週間の連続総雨量（前期降雨）を整理する。

＜参考となる資料＞
降灰斜面の侵食に起因した土石流の調査の詳細については、下記の資料が参考となる。
1) 国土交通省砂防部監修:砂防関連事業災害対策の手引き,p.243,(社)全国治水砂防協会,2001.

対象とする現象と規模に関する調査については、下記の資料が参考となる。
2) 火山噴火に起因した土砂災害予想区域図作成の手引き（案），平成 25 年 3 月，国土交通省河川局砂防部.

（２） 施設配置計画に関する調査

＜考え方＞
施設配置計画に関する調査は、対象とする現象の規模に応じて合理的かつ効果的な施設配置計画を検討することを目的として行う。

＜標　準＞
火山泥流及び降灰後の土石流の施設配置計画に関する調査は、対象とする現象と規模に関する調査(5.2.2(1))で設定する土砂量等を踏まえ、以下の手法で行うことを標準とする。
- 土砂移動解析（河床変動計算等）
- 資料調査（土地利用状況の調査等）

火山泥流及び降灰後の土石流の施設配置計画に関する調査は、以下の項目について調査を行うことを標準とする。

１）土砂移動現象の特性
２）施設適地

１)、２）等に基づき、火山泥流及び降灰後の土石流の施設配置計画を定めるものとする。
なお、溶岩流、火砕流については、上記の調査に加え、人為的な制御の実効性についても調査する。

＜参考となる資料＞
施設配置計画に関する調査については、下記の資料が参考となる。
1) 水山高久，下田義文：火山泥流対策砂防計画における対策工選定のためのフローチャート，新砂防，Vol44 No5，pp.11-18，1992.

5．2．3　緊急対策に関する調査

（1） 緊急ハード対策に関する調査

＜考え方＞

緊急ハード対策に関する調査は、緊急時において迅速にハード対策を実施することを目的として、事前に実施しておくべき事項を定めるために行う。

＜標　準＞

緊急ハード対策に関する調査は、ハード対策に関する調査(5.2.2)で行う項目に加え、以下の項目について調査を行うことを標準とする。

1）事前に実施すべきハード対策
2）事前に備蓄すべき資機材
3）緊急時の工事用道路等の仮設工の実施方法
4）資機材の緊急的な調達・運搬方法
5）用地確保の可能性
6）施工に要する時間
7）緊急工事の安全対策等

1）～7）等に基づき、緊急時に迅速にハード対策を実施するために事前に実施しておくべき事項を定めることを標準とする。

＜参考となる資料＞

緊急ハード対策に関する調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン，平成 19 年 4 月 27 日，国土交通省河川局砂防部.

（2） 緊急ソフト対策に関する調査

＜考え方＞

緊急ソフト対策に関する調査は、緊急時にリアルタイムハザードマップの作成、避難支援のための情報提供、工事現場の安全確保のための情報収集等を迅速に実施することを目的として事前に実施しておくべき事項を定めるために行う。

＜標　準＞

緊急ソフト対策に関する調査は、ソフト対策に関する調査(5.2.1)で行う項目に加え、以下の項目について調査を行うことを標準とする。

1）監視・観測機器の設置可能性、及び事前整備の必要性
2）情報通信網整備の可能性、及び事前整備の必要性
3）リアルタイムハザードマップ作成、避難支援のための情報提供等の訓練
4）対象火山における過去の火山活動履歴、地形データ、シミュレーション結果等のデータベースの作成

1）～4）等に基づき、緊急時に迅速に緊急ソフト対策を実施するために事前に実施しておくべき事項を定める。

また、緊急時に、対象とする現象によって災害が生じるおそれのある範囲、及び時期を迅速に推定するための事前準備として、以下の項目について調査を行うことを標準とする。

1）リアルタイムハザードマップ作成のための数値シミュレーション計算に必要なパラメータ（粒径分布、砂礫密度等）
2）リアルタイムハザードマップ作成のための数値シミュレーション計算に必要な地形データ、降雨確率統計、積雪分布データ等
3）噴火時を想定した警戒避難基準雨量の事前設定のために必要な過去の土石流等発生・非発生情報、降雨情報

＜参考となる資料＞

緊急ソフト対策に関する調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン，平成 19 年 4 月 27 日，国土交通省河川局砂防部.
2) 土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き（噴火による降灰等の堆積後の降水を発生原因とする土石流対策編），平成 23 年，国土交通省河川局砂防部砂防計画課，国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター，（独）土木研究所土砂管理研究グループ.

5．3　緊急時に実施する調査

5．3．1　火山噴火時の初動調査

＜考え方＞

火山噴火時の初動調査は、火山噴火時にその状況を把握し、緊急的に対応すべき現象を特定し、緊急ハード対策、緊急ソフト対策の調査を実施するか否かを判断するために行う。

＜標　準＞

火山噴火時の初動調査は、噴火活動の状況を踏まえ、調査の安全性が確保される範囲において、以下の手法によって行うことを標準とする。

- 現地調査（ヘリコプター等による目視等）
- 資料調査（気象情報、火山情報、衛星画像等の収集等）

火山噴火時の初動調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

1）火山灰等の火砕物の堆積状況
2）保全対象の位置、数

1）、2）に基づき、降灰後の土石流のソフト対策に関する緊急調査を実施するか否かを判断することを標準とする。

また、必要に応じて、以下の項目についても調査を行うことを標準とする。

3）火口の形成等の顕著な地形変化状況
4）溶岩流、溶岩ドームの形成状況
5）積雪状況、火口内の湛水状況
6）その他顕著な地表面変状
7）火山活動の見通し

1）～7）等に基づき、緊急的に対応すべき現象を特定し、ハード対策、ソフト対策に関す

る緊急調査を実施するか否かを判断することを標準とする。

＜参考となる資料＞

火山噴火時の初動調査に関する詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン，平成 19 年 4 月 27 日，国土交通省河川局砂防部.

2) 土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き（噴火による降灰等の堆積後の降水を発生原因とする土石流対策編），平成 23 年，国土交通省河川局砂防部砂防計画課，国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター，（独）土木研究所土砂管理研究グループ.

5. 3. 2　緊急ソフト対策に関する緊急調査

（1） リアルタイムハザードマップ作成に関する緊急調査

＜考え方＞

リアルタイムハザードマップ作成に関する緊急調査は、本節 5.3.1 火山噴火時の初動調査の結果、対応すべきと判断された現象による災害が発生するおそれのある範囲を推定するために行うものとし、リアルタイムハザードマップ作成に関する調査と、リアルタイムハザードマップ更新に関する調査から成る。

なお、降灰後の土石流のリアルタイムハザードマップ作成に関する調査は、本節 5.3.2(3) に別に定める。

＜標　準＞

1）リアルタイムハザードマップ作成に関する調査

リアルタイムハザードマップ作成に関する調査は、噴火活動の状況を踏まえ調査の安全性が確保される範囲において、以下の手法で行うことを標準とする。

- 資料調査（気象データ収集・整理）
- 現地調査（ヘリコプター等による目視、堆積状況調査等）
- 土質試験（粒度試験等）
- 数値シミュレーション

リアルタイムハザードマップ作成に関する調査は、以下の項目について調査を行うことを標準とする。

a) 噴火活動に伴う顕著な地形変化、火口の位置
b) 現象の想定規模、流量時系列
c) 数値シミュレーションに必要なパラメータ（砂礫密度，粒径、積雪深等）
d) 既設砂防施設の位置、堆砂状況、破損状況
e) 最新の保全対象の分布等

a）～e）に基づき、リアルタイムハザードマップの設定は、以下の解析手法によって行うことを標準とする。

- 河床変動計算、氾濫計算等の数値シミュレーション

対象とする現象によるリアルタイムハザードマップは、以下の項目について調査した上で、設定することを標準とする。

・　最大流動深、最大堆積深分布
・　分布の時間変化

２）リアルタイムハザードマップ更新に関する調査

リアルタイムハザードマップ更新に関する調査は、噴火活動の状況を踏まえ調査の安全性が確保される範囲において、以下の手法で行うことを標準とする。

・　現地調査（ヘリコプター等による目視、現地測量等）
・　資料調査（気象情報の収集等）
・　土質試験
・　数値シミュレーション

リアルタイムハザードマップ更新に関する調査は、以下の項目について調査を行うことを標準とする。

a)　堆積土砂量及び分布
b)　現象の流量時系列
c)　粒径
d)　流速

a）～d）等に基づき、リアルタイムハザードマップの作成に用いた数値シミュレーションのパラメータを逆推定し、より適切なパラメータに基づきリアルタイムハザードマップを更新する。

＜参考となる資料＞

リアルタイムハザードマップ作成に関する緊急調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン，平成 19 年 4 月 27 日，国土交通省河川局砂防部.
2)　火山噴火に起因した土砂災害予想区域図作成の手引き（案），平成 25 年 3 月，国土交通省河川局砂防部.

（２）対象とする現象による災害が生じるおそれのある時期に関する緊急調査

＜考え方＞

対象とする現象による災害が生じるおそれのある時期に関する緊急調査は、火山噴火時の初動調査(5.3.1)の結果、対応すべきと判断された現象の緊急監視・観測を行い、災害が生じるおそれのある時期を推定するために行う。なお、降灰後の土石流による災害が生じるおそれのある時期に関わる調査は 緊急ソフト対策に関する緊急調査（5.3.2)に別に定める。

＜標　準＞

対象とする現象の緊急監視・観測は、前節で設定したリアルタイムハザードマップ等に基づき、現象の特性も踏まえ、以下の手法で行うことを標準とする。

・　現地調査（ヘリコプター等による目視）
・　土砂移動等検知センサー等による監視
・　現地観測（気象観測等）

・　地形変動計測

対象とする現象の緊急監視・観測は、以下の項目について行うことを標準とする。

1）火山泥流等の接近等
2）積雪水量等
3）溶岩ドームの成長、溶岩流の移動量等
4）火砕流堆積物等の堆積厚、分布等
5）その他関連する前兆現象

1）～5）の一つ又は複数の項目に基づき、対象とする現象によって災害が生じるおそれのある時期を推定することを標準とする。

＜参考となる資料＞

対象とする現象による災害が生じるおそれのある時期に関する緊急調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン，平成 19 年 4 月 27 日，国土交通省河川局砂防部.

（3） 降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される土地の区域の想定に関する緊急調査

＜考え方＞

降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される土地の区域の想定に関わる緊急調査は、火山噴火時の初動調査(5.3.1)の結果、対応すべきと判断された場合、降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される土地の区域を想定するために行う。

＜必　須＞

降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される土地の区域の想定に関する緊急調査は、火山噴火時の初動調査(5.3.1)の結果、対応すべきと判断された場合、行わなければならない。

＜標　準＞

降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される土地の区域の想定に関する緊急調査は、噴火活動の状況から、調査の安全性が確保される範囲において、以下の手法で行うことを標準とする。

・　資料調査（気象データ収集・整理）
・　現地調査（ヘリコプター等による目視、降灰状況調査等）
・　数値シミュレーション

降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される土地の区域の想定に関する調査は、以下の項目について調査を行う。

1）火山灰等の堆積範囲
2）噴火活動に伴う顕著な地形変化
3）想定氾濫開始点
4）上流域の地形
5）下流域の地形

６）想定ハイエトグラフ
７）上流域の水理水文特性

１）～７）に基づき、以下の解析手法によって降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される土地の区域を想定する。

- 分布型流出計算
- ２次元氾濫計算

降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される土地の区域は、以下の項目について設定する。

- 土石等の到達し得る範囲

＜推　奨＞

降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される土地の区域の精度向上に関する緊急調査は、噴火活動の状況を踏まえ調査の安全性が確保される範囲において、以下の手法で行うことを推奨する。

- 現地調査（ヘリコプター等による目視、現地測量等）
- 資料調査（気象情報の収集等）
- 土質試験
- 現地観測（雨量、水位等）
- 数値シミュレーション

降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される土地の区域の精度向上に関わる緊急調査は、以下の項目について調査を行うことを推奨する。

１）堆積土砂量及び分布
２）現象の流量時系列
３）粒径
４）流速
５）雨量

１）～５）等に基づき、降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される土地の区域の想定に用いた数値シミュレーションのパラメータを逆推定し、より適切なパラメータに基づいて降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される区域の精度向上を図る。

＜参考となる資料＞

降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される土地の区域の想定に関わる緊急調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き（噴火による降灰等の堆積後の降水を発生原因とする土石流対策編），平成 23 年，国土交通省河川局砂防部砂防計画課，国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター，(独)土木研究所土砂管理研究グループ.
2) 内田太郎，山越隆雄，清水武志，吉野弘祐，木佐洋志，石塚忠範：河道閉塞（天然ダム）及び火山の噴火を原因とする土石流による被害範囲を速やかに推定する手法，土木技術資料，Vol53 No7，pp.18-23，2011.

（４） 降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される時期に関する緊急調査

＜考え方＞

降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される時期に関する緊急調査は、火山噴火時の初動調査(5.3.1)の結果対応すべきと判断された場合、降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される雨量基準を設定する。

＜必　須＞

降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される時期に関する緊急調査は、火山噴火時の初動調査(5.3.1)の結果、対応すべきと判断された場合、行わなければならない。

＜標　準＞

降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される時期に関する緊急調査は、以下の手法で行うことを標準とする。

- 資料調査（気象データ等）

降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される時期に関する緊急調査は、以下の項目について調査することを標準とする。

１）過去の降灰後の土石流の発生日時
２）過去の土石流発生時／非発生時の雨量

１)、２）に基づき、降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される雨量基準を設定することを標準とする。なお、降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される雨量基準の再設定は、以下の手法で調査を行って定めることを標準とする。

- 現地観測（地上雨量、水位等）
- 資料調査（気象情報収集・整理）

土石流の発生を雨量から予測するための基準雨量は、以下の項目を調査することを標準とする。

１）土石流の発生規模、時刻
２）土石流発生時の雨量データ
３）土石流非発生時の雨量データ

１）～３）に基づき、土石流の発生・非発生判別図を作成し、土石流の基準雨量を定めることを標準とする。

＜参考となる資料＞

降灰後の土石流による重大な土砂災害が想定される時期に関する緊急調査については、下記の資料が参考となる。

1) 土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き（噴火による降灰等の堆積後の降水を発生原因とする土石流対策編），平成 23 年，国土交通省河川局砂防部砂防計画課，国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター，(独)土木研究所土砂管理研究グループ.

2) 国土交通省河川局砂防部と気象庁予報部の連携による土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法（案），平成 17 年 6 月，国土交通省河川局砂防部，気象庁予報部，国土技術政策総合研究所.

5. 3. 3　緊急ハード対策に関する緊急調査

＜考え方＞

緊急ハード対策に関わる緊急調査は、火山噴火時の初動調査(5.3.1)の結果、対応すべきと判断された現象について、その規模等を定め、的確な緊急ハード対策の実施に資することを目的とする。

＜標　準＞

緊急ハード対策に関わる緊急調査は、噴火活動の状況から、調査の安全性が確保されるか否かを考慮して、ハード対策に関する調査(5.2.2) と同様の項目に加え、移動可能土砂量について、同様の手法で行うことを標準とする。

また、ハード対策に関する調査(5.2.2) と同様の項目に基づき、以下の解析手法によって推定することを標準とする。

- 流下計算、氾濫計算等の数値シミュレーション

対象とする現象の規模等は、以下の項目について把握することを標準とする。

- 土砂量
- ピーク流量
- 流速と流動深

＜参考となる資料＞

緊急ハード対策に関する緊急調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1) 火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン，平成 19 年 4 月 27 日，国土交通省河川局砂防部.
2) 火山噴火に起因した土砂災害予想区域図作成の手引き（案），平成 25 年 3 月，国土交通省河川局砂防部.

第6節　天然ダム（河道閉塞）等異常土砂災害対策調査

6. 1　対象とする現象

＜考え方＞

天然ダム（河道閉塞）等異常土砂災害対策調査で対象とする現象は、深層崩壊等に伴い、河道が閉塞して形成される天然ダム上流域の湛水・天然ダム決壊による大規模な水及び土砂の流出（土石流等）、深層崩壊に伴い発生する土石流等である。

6. 2　平常時に実施する調査

6. 2. 1　深層崩壊のおそれのある場所に関する調査

＜考え方＞

深層崩壊のおそれのある場所に関する調査は、天然ダム等異常土砂災害の対策が必要な場所を特定するために行う。

＜標　準＞

崩壊のおそれのある場所に関する調査は、以下の手法のうち適切な手法により行うことを標準とする。

・　資料調査（発生実績調査等）
・　机上調査（空中写真判読，地形解析等）

崩壊のおそれのある場所に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

１）深層崩壊の発生実績
２）深層崩壊発生と関連のある地質構造及び微地形要素
３）斜面勾配等の地形量

１）～３）に基づき、崩壊のおそれのある場所を推定することを標準とする。

＜参考となる資料＞

深層崩壊のおそれのある場所に関わる調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　田村圭司，内田太郎，鈴木隆司，寺田秀樹，栗原淳一　：深層崩壊の発生の恐れのある渓流抽出マニュアル（案），土木研究所資料，第 4115 号，2008.

6．2．2　天然ダム等異常土砂災害の規模の推定に関する調査

＜考え方＞

平常時に実施する天然ダム等異常土砂災害の規模の推定に関する調査は、天然ダム等異常土砂災害の対策の規模を設定するために行う。

＜標　準＞

平常時から実施する天然ダム等異常土砂災害の規模の推定に関する調査は、１）崩壊規模の推定に関する調査と、２）天然ダムの決壊及び深層崩壊に伴い発生する土石流等の規模の推定に関する調査を行うことを標準とする。

１）崩壊規模の推定に関する調査

崩壊規模の推定に関わる調査は、以下の手法のうち適切な手法により行うことを標準とする。

・　資料調査
・　現地調査（航空レーザー測量等による地形調査，地形・地盤調査等）

崩壊規模の推定に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

a)　過去に発生した深層崩壊や天然ダム、土石流の規模
b)　過去に発生した深層崩壊斜面の地形、地質、地盤の特徴
c)　深層崩壊の発生のおそれのある斜面の地形、地質、地盤の特徴

a)～c)に基づき、天然ダム等異常土砂災害の崩壊規模を推定することを標準とする。崩壊規模は、以下の項目について設定することを標準とする。

・　崩壊土砂量
・　崩壊斜面長
・　崩壊幅

２）天然ダムの決壊及び深層崩壊に伴い発生する土石流等の規模の推定に関する調査

天然ダムの決壊及び深層崩壊に伴い発生する土石流等の規模の推定に関する調査は、以下の手法のうち適切な手法により行うことを標準とする。

・　資料調査（過去の雨量データや発生事例の収集等）

・　机上調査（地形データや空中写真を用いた地形調査等）
・　現地調査（地形調査等）

天然ダムの決壊及び深層崩壊に伴い発生する土石流等の規模の推定に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

a)　地形
b)　流量
c)　土質（粒度試験等）
d)　降雨予測

a)～d)に基づき、天然ダムの決壊及び深層崩壊に伴い発生する土石流等の規模は、以下の解析手法によって推定することを標準とする。

・　河床変動計算等の数値シミュレーション

天然ダムの決壊及び深層崩壊に伴い発生する土石流等の規模は、以下の項目について設定することを標準とする。

・　流出土砂量
・　土石流のピーク流量
・　土石流の流速と水深

＜参考となる資料＞

深層崩壊に伴い発生する土石流等の規模の推定については、以下の資料が参考となる。

1)　石塚忠範，山越隆雄，内田太郎，西口幸希：深層崩壊に起因する土石流の流下・氾濫計算マニュアル（案），土木研究所資料，第 4240 号，2012.

6．2．3　天然ダム形成前から実施する緊急対策に関する調査

＜考え方＞

天然ダム形成前から実施する緊急対策に関する調査は、天然ダムの形成検知、天然ダム形成後に実施する対策を速やかに行うために行う。

＜標　準＞

天然ダム形成前から実施する緊急対策に関する調査は、以下の手法のうち適切な手法により行うことを標準とする。

・　現地調査（流砂水文観測）
・　机上調査

天然ダム形成前から実施する緊急対策に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

1）流量及び濁度の変化による天然ダム形成の確認
2）流出解析に必要な係数の特定

6．3　天然ダム形成後の調査

6．3．1　天然ダムの形成確認と災害の拡大の危険性に関する調査

＜考え方＞

天然ダムの形成確認と災害の拡大の危険性に関する調査は、大規模な降雨又は地震後に速やかに、天然ダムの形成場所の特定や対策の必要性を評価するために行う。

＜標　準＞

天然ダムの形成確認と災害の拡大の危険性に関する調査は、以下の手法によって行うことを標準とする。

- 雨量、流量、地盤振動等による大規模な土砂移動の統合監視
- 衛星画像による天然ダム発生箇所の推定
- ヘリコプター等による目視

天然ダムの形成確認と災害の拡大の危険性に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

1）天然ダムの形成位置
2）天然ダムの概略形状
3）天然ダム上流の湛水の有無
4）天然ダムからの越流の有無
5）上下流域の保全対象の有無
6）天然ダム形成に伴う被災の有無

1）～6）に基づき、災害の拡大の危険性について検討し、対策の必要性の評価を行うことを標準とする。

＜参考となる資料＞

天然ダムの形成確認と災害の拡大の危険性に関する調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　(財)砂防フロンティア整備推進機構：大規模な天然ダムの形成・決壊を対象とした異常土砂災害対応マニュアル（案），2005.
2)　石塚忠範，山越隆雄，武澤永純：大規模土砂移動検知システムにおけるセンサー設置マニュアル（案），土木研究所資料，第 4229 号，2012.

6．3．2　天然ダム形成後に実施するソフト対策に関する調査

（1）天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される時期に関する調査

＜考え方＞

天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される時期に関する調査は、天然ダム上流の湛水による災害や天然ダムの決壊による土石流等による災害といった天然ダムによる新たな被害が急迫している場合において、天然ダムによる災害に対し、警戒すべき時期を示すために行う。

＜必　須＞

天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される時期に関する調査は、以下の時

期について推定しなければならない。

・　天然ダム上流の湛水による災害が想定される時期
・　天然ダムの決壊による土石流等による災害が想定される時期

＜標　準＞

天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される時期に関する調査は、以下の手法のうち適切な手法により行うことを標準とする。

・　現地調査（ヘリコプター等による目視、湛水位等の観測、監視カメラによる監視）
・　資料調査（気象情報等）

天然ダムによる災害が想定される時期に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

1）天然ダム上流域の降雨予測
2）天然ダム上流の湛水位・流入流量
3）天然ダムからの流出流量
4）天然ダムの侵食状況
5）天然ダムの形状変化
6）天然ダムの決壊による土石流等発生状況

1）～6）及び流出解析等に基づき、天然ダムによる災害が想定される時期を推定することを標準とする。

＜参考となる資料＞

天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される時期に関する調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き（河道閉塞による土砂災害対策編），平成23年，国土交通省河川局砂防部砂防計画課，国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター，（独）土木研究所土砂管理研究グループ.
2)　田村圭司，山越隆雄，松岡暁，伊藤洋輔，田方智，柳町年輝　：天然ダム監視技術マニュアル(案)，土木研究所資料，第4121号，2008.

（２）天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される区域に関する調査

＜考え方＞

天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される区域に関する調査は、天然ダムによる新たな被害が急迫している場合において、天然ダム上流域の湛水、及び天然ダムの決壊に伴い発生する土石流等による災害が想定される区域を設定するために行う。

＜必　須＞

天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される区域に関する調査は、以下の区域について設定しなければならない。

1）天然ダム上流の湛水による災害が想定される区域
2）天然ダムの決壊に伴い発生する土石流等による災害が想定される区域

＜標　準＞

天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される区域に関する調査は、以下の手法のうち適切な手法により行うことを標準とする。

・　現地調査(ヘリコプター等による目視，航空レーザー測量等による地形調査)

天然ダムによる災害が想定される区域に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

1）天然ダムの形状
2）天然ダムの構成材料（粒度分布等）
3）天然ダム形成箇所周辺の地形
4）上下流域の保全対象の状況

1）～4）に基づき、天然ダムによる災害が想定される区域の設定は、以下の解析手法によって行うことを標準とする。

・　地形図又は地形データを用いた湛水区域の検討
・　河床変動計算の数値シミュレーション

天然ダムによる災害が想定される区域は、以下の項目について設定することを標準とする。

・　天然ダム上流の湛水区域
・　天然ダムの決壊による氾濫区域

＜参考となる資料＞

天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される区域の推定に関する調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き（河道閉塞による土砂災害対策編），平成23年，国土交通省河川局砂防部砂防計画課，国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター，(独)土木研究所土砂管理研究グループ.

6．3．3　天然ダム形成後に実施するハード対策に関する調査

（1）天然ダム形成後に実施するハード対策に関する調査

＜考え方＞

天然ダム形成後に実施するハード対策に関する調査は、上流域の湛水・天然ダムの決壊に伴い発生する土石流等に対するハード対策の方針、及び規模を設定するために行う。

＜標　準＞

天然ダム形成後に実施するハード対策に関する調査は、以下の手法のうち適切な手法により行うことを標準とする。

・　資料調査
・　現地調査（ヘリコプター等による目視，湛水位等の観測，航空レーザー測量等による地形調査）

天然ダム形成後に実施するハード対策に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

1）天然ダムの形状
2）天然ダムの構成材料（粒度分布等）
3）天然ダム形成箇所周辺の地形
4）天然ダム上流の湛水位・流入流量
5）天然ダムからの流出流量
6）天然ダムの侵食状況
7）上下流域の保全対象の状況

1）～7）に基づき、天然ダム形成後に実施するハード対策に関する調査は、河床変動計算等の数値シミュレーション等を用いて、以下の項目について把握することを標準とする。

- 天然ダム堤体の侵食に対する安定性
- 天然ダム決壊に伴い発生する土石流等の規模

（2） 応急的なハード対策に関する調査

＜考え方＞

応急的なハード対策に関する調査は、天然ダム形成後のハード対策を効果的かつ迅速に行うために行う。

＜標　準＞

応急的なハード対策に関する調査は、応急的なハード対策の工種・工法や規模等を設定するために行う。応急的なハード対策に関する調査は、以下の手法のうち適切な手法により行うことを標準とする。

- 現地調査（ヘリコプター等による目視、湛水位等の観測、航空レーザー測量等による地形調査、監視カメラ等による監視等）
- 情報収集（道路状況，関連施設の状況等）

応急的なハード対策に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

1）天然ダム地点の雨量、天然ダムの流入流量・湛水位
2）天然ダムからの流出流量
3）天然ダム及びその周辺への資機材の運搬手段や運搬路
4）施工機械及び資材の調達及び在庫状況
5）天然ダム下流の既設の砂防設備の状況と諸元
6）崩壊部及びその周辺の斜面の安定性

6.3.2（2） 天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される区域に関する調査を踏まえた上で、1）～6）に基づき現場状況を把握し、応急的なハード対策の工種・工法や規模等を設定する。

6．4　深層崩壊・天然ダム決壊による土石流等の災害後の調査

＜考え方＞

深層崩壊・天然ダム決壊による土石流等の災害後の調査は、詳細な土砂災害に関するデータの蓄積を図り、警戒避難体制の検討等を実施するために行う。

＜例　示＞

深層崩壊による土石流等の災害後の調査は、以下の項目などについて行う場合がある。

１）土石流発生場の概要
２）土石流流下場の概要
３）土石流堆積場の概要
４）土石流発生場～流下場～堆積場の土砂収支

また、天然ダム決壊による土石流等の災害後の調査は、以下の項目などについて行う場合がある。

１）天然ダムの形成させた斜面崩壊・地すべりの概要
２）天然ダムの概要
３）天然ダム決壊に至るまでの降雨の概要
４）土石流流下場の概要
５）土石流堆積場の概要
６）土石流発生場～流下場～堆積場の土砂収支

＜参考となる資料＞

深層崩壊・天然ダム決壊による土石流等の災害後の調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省砂防部監修：砂防関連事業災害対策の手引き，pp.240-242，(社)全国治水砂防協会，2001.

第7節　土砂災害に対するソフト対策調査

7．1　土砂災害に対するソフト対策のための調査

＜考え方＞

土砂災害に対するソフト対策のための調査は、流域等において、発生が想定される土砂災害を防止・軽減するための対策（警戒避難体制の整備、土地利用規制等）を検討するための基礎資料を得るために行う。

＜関連通知等＞

1)　土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律，平成 12 年 5 月 8 日，法律第 57 号，最終改正：平成 25 年 6 月 21 日法律第 54 号.
2)　土砂災害防止対策基本指針，平成 23 年 4 月 28 日，国土交通省告示第 439 号，国土交通省.

＜推　奨＞

警戒避難体制の整備に係る主な調査項目を以下に示す。

１）過去の主な土砂災害の発生状況（発生日時、地形、地質、降雨、前兆現象、被害状況等）

２）土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域の指定状況
３）都道府県・市町村の地域防災計画
４）地域の特性（人口、年齢構成等）
５）緊急輸送路・避難路の把握と土砂災害危険箇所との関係
６）広域避難地、一次避難地、広域防災拠点、地域防災拠点の把握と土砂災害危険箇所との関係
７）防災行政無線、衛星携帯電話、無線通信施設等の整備状況
８）災害時要援護者関連施設（施設名、所在地、利用者数、連絡先等）の把握と土砂災害危険箇所との関係
９）土砂災害警戒情報の発表基準設定のための根拠資料、発表基準、情報伝達体制、発表実績等
１０）避難準備情報、避難勧告、避難指示等の具体的基準の設定状況、発令実績、情報伝達体制、住民の避難実績等
１１）土砂災害を想定した防災訓練の実施状況、防災意識啓発活動の状況
１２）降雨等、土砂災害発生の誘因となる現象の観測状況（テレメータ雨量計、レーダ雨量計、監視カメラ、水位計、ワイヤーセンサー、振動センサー、光ケーブル等の整備状況）
１３）土砂災害ハザードマップ及び土砂災害危険箇所マップの整備状況、公表・配布状況等
１４）自主防災組織、消防団等の設置・活動状況
１５）砂防ボランティア団体の設立・活動状況
１６）住民、自主防災組織、消防団等からの土砂災害の前兆現象等の情報伝達体制

土地利用規制・土地利用の誘導等に係る主な調査項目を以下に示す。

１）都道府県・市町村の長期計画、土地利用計画等
２）土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域の指定状況
３）土砂災害防止法に基づく特定開発行為の申請・許可等の実績
４）土砂災害防止法に基づく移転等の勧告の実績
５）市街化区域・市街化調整区域と土砂災害危険箇所との関係
６）その他各種法令等に基づく土地利用規制の状況

＜参考となる資料＞

警戒避難体制の整備については、下記の資料が参考となる。

1) 平成 14 年度土砂災害警戒情報のあり方と今後の施策に関する報告書，平成 14 年，土砂災害警戒情報に関する検討委員会.
2) 都道府県と気象庁が共同して土砂災害警戒情報を作成・発表するための手引き，平成 17 年 6 月，国土交通省河川局砂防部，気象庁予報部.
3) 国土交通省河川局砂防部と気象庁予報部の連携による土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法（案），平成 17 年 6 月，国土交通省河川局砂防部，気象庁予報部，国土技術政策総合研究所.
4) 土砂災害ハザードマップ作成のための指針と解説（案），平成 17 年 7 月，国土交通省河川局砂防部砂防計画課，国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター.
5) 土砂災害警戒避難ガイドライン，平成 19 年 4 月，国土交通省砂防部.

第8節　環境調査

8．1　環境調査の目的

＜考え方＞

環境調査は、土砂災害対策施設及び長期にわたって使用する仮設構造物の計画・設計において、生物の生息・生育環境の保全や地域の自然・文化等の適切な保全を図るために必要な基礎資料を得るために行う。

8．2　環境調査の調査内容

＜標　準＞

環境調査は、社会環境調査・自然環境調査の２種類から成る。それぞれの調査について、既存資料の収集・現地調査・調査結果の整理分析等を実施することを標準とする。

8．2．1　社会環境調査

＜標　準＞

社会環境調査は、対象となる流域の社会環境の現状（地域特性）を把握するため、社会環境に関する法令等に基づく区域指定状況調査、地域防災計画を含む土地利用計画調査、開発状況調査、自然観光資源調査、景観資源調査等について実施することを標準とする。

＜例　示＞

社会環境調査の主な調査内容としては下記１）～６）等の手法がある。

１）法令等指定状況調査

以下の資料のうち、該当するものを収集し整理する。

a）土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域の指定状況）
b）砂防法（砂防指定地の指定状況）
c）地すべり等防止法（地すべり防止区域の指定状況）
d）急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律（急傾斜地崩壊危険区域の指定状況）
e）都市計画法（地域地区等の決定状況等）
f）文化財保護法（天然記念物、史跡・名勝の指定状況）
g）古都における歴史的風土の保存に関する特別措置法（歴史的風土保存区域等指定状況）
h）森林法(保安林、保安施設地区の指定状況)
i）自然環境保全法（原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、都道府県自然環境保全地域の指定状況）
j）自然公園法(国立公園、国定公園、都道府県立自然公園の指定状況)
k）都市緑地法(緑地保全地域等の指定状況)
l）鳥獣の保護及び狩猟の適正化に関する法律（鳥獣保護区の指定状況）
m）絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律（生息地等保護区の指定状況）
n）特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律（特定外来生物の防除区域等の指定状況及び要注意外来生物のうち緑化植物）
o）保護林制度に基づく森林生態系保護地域、植物群落保護林等の指定状況
p）景観法（景観地区の指定状況）
q）その他の法令、及び関連地方公共団体の環境及び自然関連条例等

２）土地利用計画調査

土地利用状況、土地利用計画などの資料を収集する。

３）開発状況調査
行政区画の現状、将来開発計画などの資料を収集する。
４）自然観光資源調査
エコツーリズム推進法に基づく「全体構想」を地元市町村から収集する。
５）景観資源調査
地域の個性的な景観、地域が大切にしている景観について把握する。
６）その他
その地域の風俗習慣など伝統的な生活文化について把握する。

8. 2. 2　自然環境調査

＜標　準＞

自然環境調査は、対象となる流域の自然環境の現状（地域特性）を把握するため、自然環境に関する法令等に基づく区域指定状況調査、植物調査、動物調査について実施することを標準とする。

＜例　示＞

自然環境調査の主な調査内容としては下記１）～４）などの手法がある。

１）法令等に基づく区域指定状況調査
自然環境に関する法令等指定状況調査は、本章 第８節 8.2.1 社会環境調査 の例示 1)法令等指定状況調査の項目の中から必要なものを行う。

２）渓流環境調査
渓流環境調査は、渓流環境の著しい改変を伴う工種を含む場合に、渓流環境整備計画の策定に必要な資料として、以下の資料のうち、該当するものを収集し整理する。また、必要に応じて現地調査を行う。

a)　渓流空間の生態系の維持に関する中小出水時、平常時の降雨・流量等
b)　時期の特定できる澪筋周辺及び渓流周辺の植物の広範な流失に係る空中写真
c)　渓畔林の生育基盤の条件（降水量、流量、流速、過去の攪乱など）及び渓畔林の分布状況と群落特性
d)　可能な範囲で渓畔林の群落特性、樹種、樹齢等から推定される当該渓流空間における過去の洪水や土砂移動の発生時期、及びその範囲
e)　可能な範囲で、過去の渓畔林の流出や侵入の状況の空中写真判読等。併せて、同時期の降雨や流量等

３）植物調査
植物相や被度・群度、希少種の把握など、調査目的に応じて既存植生図、土地分類図（国土交通省、都道府県）、植生図・主要動植物地図（文化庁）、自然環境保全基礎調査（環境省）、レッドデータブック（環境省、都道府県）等の我が国における自然環境保全上重要な動植物に関する資料等必要なものを収集し、必要に応じて植生調査等を行う。
なお、山腹保全工については、上記に加え、目標林の設定において将来の遷移系列の予測に必要となる現況の植生調査等を行う。また、現況植生と過去に実施した植栽樹種・植栽場所との比較等により特に偏向遷移の傾向の有無を把握する。さらに、土地の利用・管理状況・その土地の極相等について調査し、中長期的な観点からその土地に成立し得る適切な樹林構成を検

討する。偏向遷移は、砂防の現場では、ニセアカシア林やイタチハギ低木林等の、初期緑化において侵略的特性を示す外来種を導入した場所で見られることがある。このため、外来生物法における要注意外来生物（緑化植物）については特に慎重に把握する。

４）動物調査

動物相や分布、生息環境の把握など、調査目的に応じて植生図・動物調査報告書（文化庁）、自然環境保全基礎調査（環境省）、レッドデータブック（環境省、都道府県）等必要な資料を収集し、必要に応じて生息環境調査等を行う。

＜関連通知等＞

1) 渓流環境整備計画の策定について，平成 6 年 9 月 13 日，建設省河砂部発第 10 号，建設省河川局砂防部長通達.
2) 渓流環境整備計画の策定推進について，平成 6 年 9 月 13 日，建設省河砂発第 48 号，建設省河川局砂防部砂防課長通達.

＜参考となる資料＞

山腹保全工のための調査、及び砂防事業における景観対策を検討する際には、下記の資料が参考となる。

1) 国土交通省河川局砂防部保全課，国土技術政策総合研究所砂防研究室：これからの山腹保全工の整備に向けて－里地里山の山腹斜面に植生を回復させ、その機能を維持・増進していくためのポイント集－，国土技術政策総合研究所資料，第 544 号，2009.
2) 国土交通省河川局砂防部保全課，国土技術政策総合研究所：これからの山腹保全工に向けて－工種と実例－，国土技術政策総合研究所資料，第 592 号，2010.
3) 砂防関係事業における景観形成ガイドライン, 平成 19 年 2 月, 国土交通省河川局砂防部.

8．3　継続的な環境調査

＜標　準＞

土砂災害対策施設等の施工中及び施工後の環境変化、施設の影響、環境保全措置の効果等を把握するため、必要に応じて本節 8.2 中の該当する調査内容を継続的に実施することを標準とする。

第9節　流域・水系における流木調査

9．1　生産流木量調査

9．1．1　生産流木量

＜考え方＞

生産流木量は、山腹から渓流に流れ込む流木量とする。

＜標　準＞

生産流木量の調査では、流域現況調査、発生原因調査、発生場所・量・流木の長さ・直径等の調査を実施することを標準とする。

流域現況調査では、流出流木量を算出しようとする地点より上流域における立木、植生及び倒木（伐木、用材等を含む）を調査する。

流木の発生が予想される箇所に存在する樹木、流木等の量、長さ、直径等を直接的に調査する方法（現況調査法）においては、サンプリング調査法によることを標準とする。その際、地形図と空中写真を用いて、予想される崩壊、土石流の発生区間、流下区間内の樹木の密度（概

算)、樹高、樹種等を判読し、この結果を基に、崩壊、土石流の発生・流下範囲を同一の植生、林相となるよう幾つかの地域に区分し、それらの地域ごとに現地踏査によるサンプリング調査（10×10m）を行い、各地域の樹木の本数、樹種、樹高、胸高直径等を調査することを標準とする。

9．1．2　流木の最大長、最大直径の算出方法

＜標　準＞

流木の最大長、及び最大直径は、生産流木量算出のための調査結果から推定することを標準とする。なお、流木の最大長は土石流の平均流下幅を考慮することを標準とする。

9．1．3　流木の平均長、平均直径の算出方法

＜標　準＞

流木の平均長及び平均直径は、生産流木量算出のための調査結果から推定することを標準とする。なお、流木の平均長は土石流の最小流下幅を考慮することを標準とする。

9．2　流出流木量調査

＜標　準＞

流出流木量は、推定された生産流木量に流木流出率を乗じて算出することを標準とする。

＜参考となる資料＞

土石流区間における流木対策に関する詳細については、下記の資料が参考となる。

1）砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説，平成 19 年 3 月，国土技術政策総合研究所資料第 364 号，国土技術政策総合研究所砂防研究室.

9．3　流木実態把握に関する調査

＜考え方＞

流木実態把握に関する調査は、詳細な流木による災害に関するデータの蓄積を図り、流木対策計画の立案、対策施設の設計等を実施するために行う。

＜標　準＞

流木実態把握に関する調査は、生産流木量、流木の最大長及び最大直径、流木の平均長及び平均直径、流出流木量、家屋等の物的被害状況を把握するために、大規模な流木の生産・流出が生じた後に速やかに行うことを標準とする。

１）生産流木量調査

生産流木量の調査は、既存の生産流木量調査結果の整理・分析、現地調査及び空中写真による流木生産域の判読により行うこととする。

２）流出流木量に関する調査

流出流木量に関する調査は、現地調査及び空中写真による流木堆積域の判読により行うこととする。また、生産流木量調査結果（9.1）　に示した方法で推定した生産流木量と、谷出口への流出流木量（土石流・流木対策施設（砂防堰堤等）がない状態を想定する）の関係を整理する。

３）流木の長さ及び直径に関する調査
流木の長さ及び直径に関する調査は、現地調査により、流木の最大長、最大直径、平均長、平均直径を把握する。

４）流木実態把握に関する調査のまとめ
流木調査結果は、流木の生産、流下、堆積等について、流木収支図等に取りまとめる。

＜例　示＞

土砂災害又は流木災害の発生後、流出流木量を調査する方法には次のような事例がある。

１）流木の谷出口への流出量の推定
谷出口までに堆積した流木量を現地にて測定する。ここで、谷出口とは、おおむね渓床勾配 3 度以下となる箇所を目安とする。河道に堆積しているものは、堆積位置を平面図に記入する。基本的に全本数・長さ・代表直径を測定して、総堆積量を計算する。
流木が集積して本数の確認が困難な場合は、見かけの全体容積（V）を測定し、流木の純容積率から求める必要があるが、純容積率については、各現場で適切に判断する必要がある。但し、流木の純容積率を 30%と仮定して、以下の式により流木実材積量 Vwn を算出する場合がある。

$$Vwn=V\times0.3 \qquad (17\text{-}9\text{-}1)$$

橋梁・カルバート・砂防構造物等により堆積した場合も、河道の場合と同様に流木量を計算する。流木が流下断面を閉塞して堆積した場合は，最大流木長と構造物の幅を測定する。計上した流木量を合計し「流下途中堆積流木量」とする。

２）砂防堰堤における流木捕捉量の推定
透過型・部分透過型・不透過型に区分して、捕捉された流木本数、平均流木長、平均流木直径を計測し、流木幹材積を計算する。
また、透過型・部分透過型の場合、スリット水平方向間隔を整理する。不透過型の場合で副堰堤のある場合及び副堰堤等に流木を捕捉するための設備を設置している場合、本堤で捕捉された流木量と副堰堤等で捕捉された流木量を分けて整理する。砂防堰堤による土砂・流木の堆砂状況を、捕捉位置が分かるよう写真撮影する。砂防堰堤の計画貯砂量、計画捕捉量、水通し幅、砂防堰堤を建設する前の河床勾配、調査時点での堆砂勾配を整理する。
なお、土砂で埋まっている流木捕捉量の不可視部分の計測は困難であるため、除石する際にあわせて、堆積土砂量、流木量を計測することが望ましい。

また、家屋等の物的被害の調査として、家屋の破壊をもたらしたと考えられる流木の長さ、平均径、本数を計測する。家屋が残存している場合は、現地調査によって計測する。家屋が調査時点で既に撤去されている場合は写真等から計測する。

＜参考となる資料＞

流木実態把握に関する調査に関する詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　石川芳治，水山高久，鈴木浩之：崩壊・土石流に伴う流木の実態と調査法，土木技術資料，Vol.31 No.1，pp.23-29，1989.
2)　国土交通省砂防部監修：砂防関連事業災害対策の手引き，pp.244-245，(社)全国治水砂防協会，2001.

流木の長さ・直径に関する調査事例については、下記の資料が参考となる。

3) 渋谷一，香月智，大隅久，國領ひろし：平成 22 年 7 月 16 日に広島県庄原市で発生した豪雨災害における流木実態調査，砂防学会誌，Vol.64 No.1，pp.34-39，2011.

流木収支による調査事例については、下記の資料が参考となる。

4) 国土技術政策総合研究所：平成 15 年 7 月九州豪雨災害に関する調査報告会（太宰府市原川における流木の発生・流下・堆積の実態），国土技術政策総合研究所資料，第 250 号，pp.25-31，2005.

第10節　砂防経済調査

＜考え方＞

砂防経済調査は、砂防関係事業等に係る費用便益分析等を行うことを目的として実施されるものである。

＜関連通知等＞

1) 国土交通省所管公共事業の新規事業採択時評価実施要領，国土交通省所管公共事業の再評価実施要領，平成 23 年 4 月 1 日，国土交通省.
2) 砂防事業等の新規事業採択時評価実施要領細目，砂防事業等の再評価実施要領細目，平成 22 年 4 月 1 日，国土交通省砂防部.
3) 公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針，平成 21 年 6 月，国土交通省.
4) 治水経済調査マニュアル(案)，平成 17 年 4 月，国土交通省河川局.

＜参考となる資料＞

1) 土石流対策事業の費用便益分析マニュアル（案），平成 24 年 3 月，国土交通省水管理・国土保全局砂防部.
2) 砂防事業の費用便益分析マニュアル（案），平成 24 年 3 月，国土交通省水管理・国土保全局砂防部.

第 18 章　地すべり調査

目　次

第 1 節　総説 1
第 2 節　地すべり調査 1
2．1　予備調査 1
2．1．1　文献調査 1
2．1．2　地形判読調査 2
2．2　概査 2
2．3　精査 2
2．3．1　精査計画の立案 3
2．3．2　地形調査 3
2．3．3　地質調査 3
2．3．4　すべり面調査 4
2．3．5　地表変動状況調査 4
2．3．6　地下水調査 4
2．3．7　土質調査 5
2．4　防止計画 5
第 3 節　緊急時の調査 6
3．1　現地調査 6
3．2　二次災害予防措置への活用 7
第 4 節　恒久対策実施後の地すべりに対する観測・点検 7
4．1　観測 8
4．2　点検 8
4．3　観測・点検結果の反映 8
第 5 節　地すべり経済調査 9

平成 26 年 4 月　版

第18章　地すべり調査

第1節　　総説

＜考え方＞

本章は、地すべり機構の解明及び地すべり防止計画の策定をするための調査の技術的事項を定めるものである。

＜関連通達等＞

1)　地すべり等防止法，昭和 33 年 3 月 31 日，法律第 30 号，最終改正：平成 25 年 11 月 22 日法律第 76 号.

第2節　　地すべり調査

＜考え方＞

地すべり調査は、地すべり機構の解明及び地すべり防止計画の策定を目的に、地形、地質、降水、地表水若しくは地下水又は土地の滑動状況に関する調査を実施する。調査においては、予備調査、概査及び精査に区分し、実施するものとする。地すべり調査は、防災を第一の目的として実施するものであるが、社会環境・自然環境に配慮し必要に応じて環境調査（第 19 章 急傾斜地調査 第 5 節 に準じる）を実施する。また、警戒避難体制の検討のための調査については、第 17 章 砂防調査 第 7 節 土砂災害に対するソフト対策調査 も参照すること。

＜関連通知等＞

1)　「地すべり防止技術指針」の適用について，平成 20 年 1 月 31 日，国河砂第 65 号・国河保第 65 号，国土交通省砂防計画課長・保全課長通達.

＜参考となる資料＞

1)　地すべり防止技術指針及び同解説，平成 20 年 4 月，国土交通省砂防部，(独)土木研究所.

2．1　　予備調査

＜考え方＞

予備調査は、広域における地すべり地の分布、地形、地質、地下水状況等の概況を把握することを目的として、ある地域に地すべりの徴候が現れ、その対策を検討する場合や、構造物の建設、改良工事等に伴って地すべりの発生が予想される場合に行う。

＜標　準＞

予備調査は、文献調査及び地形判読調査を標準とする。

2．1．1　　文献調査

＜標　準＞

文献調査は、対象地域の地すべり特性を把握することを目的に、地形、地質、気象、過去の地すべり履歴及び近傍の地すべりの発生に関する資料収集と情報の抽出を行うことを標準とする。

文献調査においては、下記に示すような資料を入手し、その地域の地形・地質、近傍の地すべりの発生記録、発生時の気象状況等の情報を抽出する。

１）地形・地質等の地盤条件に関する資料

a） 地形図
国土基本図や森林基本図等の大縮尺地形図
b） 空中写真
c） 地質図
d） 地形分類図、土地条件図
e） その他（既存の土質、地質調査報告書等）
２）過去の災害履歴、近傍の地すべりの発生に関する資料
a） 既存の工事誌、災害調査報告書、土質（地質）調査報告書
b） 学会等の研究論文、報告書
c） 集落分布、土地利用状況に関する資料
d） 地誌、新聞
e） その他（地元住民からの聞き取り）
３）気象などに関する資料
a） 気象月報
b） 各種観測所の観測資料

2．1．2　地形判読調査

＜標　準＞

地形判読調査は、空中写真及び地形図等を用いて、広域における地形・地質上の特徴を知ることを目的に、地すべり地形及び地質構造上の特性を調査することを標準とする。

2．2　概査

＜考え方＞

概査は、地すべり災害の緊急性を判断し、また精査を効率よく行うために、精査に先立って実施する。

＜標　準＞

概査は、現地踏査と地すべり発生・運動機構の推定からなり、その成果に基づき必要に応じて精査の計画及び応急対策の計画を行うことを標準とする。

現地踏査は、地すべりの発生・運動機構とその影響について概略把握を行うものとする。
現地踏査の結果、その活発化や滑落が予測される場合には、地すべりに対する監視体制や避難体制、応急対策を検討する必要がある。また、必要に応じて、リアルタイムで地すべりの挙動を監視できる計器の配置等の緊急調査計画を立案する。
現地踏査では、①地すべり範囲及び規模等の推定、②微地形や大地形による地質構造の推定、③地質性状と地質構造、地下水分布の推定に留意して実施する。
地すべり発生・運動機構の推定においては、現地踏査の結果を踏まえ、①運動形態の推定、②誘因の推定、③今後の地すべり運動予測、④被害の予測を行う。

2．3　精査

＜考え方＞

精査は、予備調査及び概査により推定した地すべりの発生・運動機構を確認し、より精度の高い地すべりの機構解析をするために行う。

＜標　準＞

精査は、①精査計画の立案、②地形調査、③地質調査、④すべり面調査、⑤地表変動調査、⑥地下水調査、⑦土質試験等を実施することを標準とする。

2．3．1　精査計画の立案

＜標　準＞

精査計画の立案にあたっては、概査結果に基づき運動ブロック、調査測線を設定した上で必要な項目・位置・種別等の内容を検討することを標準とする。

１）運動ブロックの設定

精査計画を立案するため、対象となる地すべり範囲を必要に応じて、一体となって移動している複数の運動ブロックに分割する。

２）調査測線の設定

調査測線は、地質調査、地下水調査等の実施位置を決定する基本となる測線であり、運動ブロックごとに設定される。地すべりの幅が広い場合には、調査測線を複数設定する場合がある。

2．3．2　地形調査

＜標　準＞

地形調査においては、地すべり対策の基礎資料となる地形図を作成することを標準とする。地形図は、概査の結果に基づいて、地すべり地及びその周辺地域の必要範囲について作成する。

地形図の作成に当たっては、地すべり運動ブロックの設定ができるような精度と範囲で作成する。さらに、必要に応じ、対象とする地すべり周辺の地形や過去の地すべり地も含めた広範囲な地形図を作成しておく。

2．3．3　地質調査

＜標　準＞

地質調査は、概査において推定した地すべりの発生・運動機構を確認することを目的として、地質、土質、すべり面等の状況を把握することを標準とする。

地質調査はボーリング調査を基本とし、必要に応じて弾性波探査等を行う。

地質調査においては、次の項目を明確にする。

１）地すべり変動に関係すると思われる脆弱な地層、すべり面の分布

２）主要な抵抗部となったり、地すべりの移動範囲を規制したりする抵抗部、支持力の大きな地層

１）ボーリング調査

ボーリング調査は、地中から深度順に直接サンプルを採取し、地すべりのすべり面や地質及び地質構造を明らかにするために実施する。ボーリング調査においては、オールコア採取を原則とする。

ボーリング調査の結果整理に当たっては、地すべり地の地質、土質やすべり面を検討する上で必要な項目について観察した所見をボーリング柱状図に取りまとめる。

２）弾性波探査

弾性波探査は、弾性波が地層を伝播する速度を測定して地下の構造を推定する調査法であり、地すべり調査においては、地層の分布特性を把握するために用いられる。地表から順に地層が硬くなる場合に適用可能な調査法であり、特に広大な地すべり地における地層の分布状況を推察する場合に有効である。

＜参考となる資料＞

1) 小山内信智，石井靖雄，綱記亮介：地すべり調査用ボーリング柱状図作成要領（案），土木研究所資料，第 3868 号，2002.

2. 3. 4　すべり面調査

＜標　準＞

すべり面調査においては、ボーリング調査と機器（パイプ歪計、孔内傾斜計等）による計測等の結果を用いて総合的にすべり面の判定を行うことを標準とする。

1）ボーリングコア観察による判定
2）パイプ歪計による判定
3）孔内傾斜計による判定

＜参考となる資料＞

孔内傾斜計のガイド管の設置、プローブの挿入、データの整理あたっては、下記の資料が参考となる。

1) (独)土木研究所，応用地質(株)，坂田電機(株)，日本工営(株)：地すべり地における挿入式孔内傾斜計計測マニュアル，理工図書，2010.

2. 3. 5　地表変動状況調査

＜標　準＞

精査時に行う地表変動状況調査は、地すべり発生・運動機構を把握することを目的に、地表及び構造物に発生した亀裂、陥没、隆起等の変動を計測することを標準とする。

一般的な地表変動状況調査の方法としては次のものがある。

1）地盤伸縮計による調査
2）測量による調査
　a) 地上測量による調査
　b) GPS 測量による調査
3）構造物に生じた亀裂の計測による調査
4）地盤傾斜計による調査

2. 3. 6　地下水調査

＜標　準＞

地下水調査は、斜面の安定解析や対策工の検討の基礎資料を得ることを目的に、地すべり地への地下水の供給経路、地すべり地内における地下水の分布・流動傾向、すべり面に作用する間隙水圧等を調査することを標準とする。

地下水調査は、目的に応じて、地下水位観測、間隙水圧観測、ボーリング掘進中の水位変動測定、地下水検層等を行う。

2．3．7　土質調査

＜標　準＞

土質調査においては、すべり面強度あるいは対策工設計に必要な地盤強度を把握することを標準とする。

すべり面強度の把握のためには、目的に応じて、一面せん断試験・三軸圧縮試験・リングせん断試験等の土質・岩石試験を行う。

対策工の設計に必要な地盤強度を把握するためには、孔内水平載荷試験、標準貫入試験等を行う。

2．4　防止計画

＜考え方＞

地すべり調査結果を対策計画に反映させるために、地すべりの機構解析を行う。

＜標　準＞

地すべりの機構解析は、地すべり発生の素因、地すべり発生の誘因、地すべりブロックの範囲・規模、すべり面形状・位置、地下水状況等の地すべり発生・運動機構について考察し、地すべり運動ブロック図と地すべり断面図を作成することを標準とする。解析項目と利用する調査を表 18-2-1 に示す。また、対策計画についての考え方を述べるとともに、各調査結果を添付するものとする。

表18-2-1　解析項目と利用する調査

			利用する調査							
			予備調査	現地踏査	地形図の作成	地質調査	すべり面調査	地表変動調査	地下水調査	土質試験
解析項目	地すべり運動ブロック図の作成									
		地すべり運動ブロック図	○	○	○			○		
		土地利用・構造物等	○	○						
		地すべり地形の特徴		○	○					
		各種調査観測位置と結果				○	○	○	○	
		すべり面等高線図		○	○	○	○	○		
	地すべり断面図の作成									
		地質断面図	○	○		○				
		地下水位分布		○					○	
		土地利用・構造物等	○	○						
		地すべり断面形状の特徴		○	○	○	○			
		各種調査観測位置と結果				○	○	○	○	
	地すべりの機構解析		○	○	○	○	○	○	○	○

出典：国土交通省砂防部，独立行政法人土木研究所(2008)：地すべり防止技術指針及び同解説，p46,(社)全国治水砂防協会

1）地すべり運動ブロック図

地すべり運動ブロック図は、解析の基本資料とし、地形図上に運動ブロックを記入する。

2）地すべり断面図

地すべり断面図は、地質断面図上に調査結果を記入する。

作成方法としては、原則として地すべり運動方向に一致する主測線に沿った地すべりの地質

断面図を作成し、推定されたすべり面や地下水位、亀裂の位置等を記入する。地質断面図は、ボーリング、その他の調査結果を十分検討した上で記載する。また、必要に応じて副測線や地すべりの横断測線についても断面図を作成する。

第3節　緊急時の調査

＜考え方＞

緊急時の調査は、地すべりにより斜面やのり面に変状が確認された場合に、地すべりに対する監視体制や避難体制、応急対策等を検討するために行う。

＜標　準＞

地すべりにより斜面やのり面に変状が確認された場合は、以下の調査・検討を行うことを標準とする。

１）変状範囲と地すべり移動方向の確認
２）移動量、変位量等の計測
３）発生機構（地すべり発生の素因・誘因）の推定
４）移動土塊の滑落予測
５）拡大の可能性の検討
６）影響範囲の推定
７）危機管理に用いる計測データの基準値の設定

ここでは、地すべりにより変状が発生した場合に、危機管理に役立つ技術を示す。なお、危機管理は災害対策基本法、土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律により、警戒、避難等が行われる。

上記１）～７）は、対応項目をほぼ時系列で挙げているが、非常時には併行して対応がなされる必要がある。特に６)、７）は人命に関わる対応項目であることから、迅速かつ安全側の判断が必要である。また、現地での調査の実施に当たっては、調査者の安全を確保した上で実施する。

なお、上記調査・検討結果を蓄積し、地すべり発生機構の解明等の技術向上に役立てるようにする。

＜参考となる資料＞

1)　綱木亮介，白石一夫，小嶋伸一　：地すべり管理基準値の実態調査報告書，土木研究所資料，第 3184 号，1993.

3．1　現地調査

＜標　準＞

現地調査により、「変状範囲と地すべり移動方向の確認」、「移動量、変位量等の計測」を行うことを標準とする。

変状範囲の確認は、変状の認められる範囲よりも広い範囲で行うものとする。

移動量、変位量等の計測は、地盤伸縮計等により、地すべり運動状況に応じた適切な測定間隔で行うものとし、必要に応じ、変位量が大きくなった場合や危険度の高まりにより計器に近づけなくなった場合を想定した計測手法を検討しておくものとする。

１）変状範囲と地すべり移動方向の確認
斜面に変状が確認された場合には、第一に変状の生じている範囲と地すべりの移動方向を確認する必要がある。調査は、変状の認められる範囲だけでなく、変状範囲を包括する大規模な地すべり地を見逃さないよう、背後斜面や隣接斜面の確認を十分行う。また、調査の実施にあたっては、調査者の安全の確保を最優先する。

２）移動量、変位量等の計測
移動量、変位量等の計測は、地盤伸縮計等により、地すべり運動状況や周辺の作業の可能性に応じて、有効かつ安全な場所で適切な手法で行う。特に、末端部における応急作業がなされる場合は、末端部の変動状況を確認することが重要である。末端部は崩落の危険性があるため、その移動量観測に当たっては、遠隔から実施する手法を検討する必要がある。

3．2　二次災害予防措置への活用

＜標　準＞

地すべり発生機構（素因・誘因）の推定、移動土塊の滑落予測、拡大の可能性の検討、影響範囲の推定、危機管理に用いる計測データの基準値の設定を実施し、警戒避難体制の整備や応急対策の安全管理に役立てることを標準とする。

１）地すべり発生機構（素因・誘因）の推定
地すべりの発生機構（素因・誘因）の推定は今後の地すべり運動の予測を行う上で極めて重要である。斜面の地形、地質、地質構造等の素因を把握する。

２）移動土塊の滑落予測
地すべりの変状や地形状況等から、今後の移動土塊の滑落を予測する。

３）拡大の可能性の検討
地すべりが拡大した場合には、甚大な被害となる危険性があることから、発生機構の推定、移動土塊の滑落予測等に基づき、拡大の可能性について十分に検討する。

４）影響範囲の推定
変状範囲、地すべりの発生機構、移動土塊の滑落予測、拡大の可能性の検討結果を基に、地すべりの影響範囲を推定する。

５）危機管理に用いる計測データの基準値の設定
移動量、変位量の計測、発生機構の検討、挙動予測等の結果を評価し、地すべり運動状況に応じた警戒避難体制等をとるための参考として危機管理基準値を設定する。

＜参考となる資料＞

1)　綱木亮介，白石一夫，小嶋伸一　：地すべり管理基準値の実態調査報告書，土木研究所資料，第 3184 号，1993.

第4節　恒久対策実施後の地すべりに対する観測・点検

＜考え方＞

地すべりの発生・運動機構は複雑であり、地すべり防止工事実施後の地すべり斜面であっても地すべり運動が活発化することがある。

そのため、恒久対策実施後の地すべりに対しては、地すべりが滑動する要因を見逃さないように、また、施工した地すべり防止施設の機能を維持するように、観測・点検を実施する。

4．1　観測

＜標　準＞

保全対象の多い地すべりなどでは、恒久対策実施後の地すべり斜面の観測は、対策終了後十分な期間において目視による点検のほかに地すべりの安定状況を各々監視するために、必要に応じて地すべり地内外に計器を設置して観測することを標準とする。また、地すべり防止施設についても機能低下を監視するために必要に応じて地すべり防止施設に計器を設置して観測することを標準とする。

＜参考となる資料＞

1）藤澤和範，石田孝司，窪塚大輔　：既設アンカー緊張力モニタリングシステム運用マニュアル，土木研究所資料，第 4171 号，2009.

4．2　点検

＜標　準＞

恒久対策実施後の地すべりに対しては、定期点検と異常時点検を行うことを標準とする。

定期点検、異常時点検を円滑に実施するため、点検対象へのアクセスを整備しておく必要がある。

１）定期点検

定期点検は、年 1 回程度、地すべり斜面については、地すべりによる斜面変状や湧水の状況の変化等を、地すべり防止施設については、地表排水路の状況、地下水排除施設の状況、排土・押え盛土斜面の状況、河川構造物等の侵食防止施設の状況、アンカー等の状況を、視認可能な範囲で現地踏査により実施する。

２）異常時点検

異常時点検は、規模の大きな地震や豪雨等の後に定期点検と同様、目視により実施する。

＜参考となる資料＞

1）野呂智之，丸山清輝，中村明，ハスバートル　：地すべり防止施設の維持管理に関する実態と施設点検方法の検討，土木研究所資料，第 4201 号，2011.

4．3　観測・点検結果の反映

＜標　準＞

地すべり斜面の点検の結果、地すべりによる斜面の変状が認められた場合には、速やかに地表面の移動量や傾斜量を観測し、地すべりの移動状態を把握することを基本とする。

これらの結果、地すべり災害に至る可能性のある要因が発見されるなど、必要な場合には、地すべり防止計画を見直し、地すべり災害を防止するための対策を検討する。

また、地すべり防止施設の点検・観測の結果により、必要に応じて、地すべり防止施設の修繕や、新たな地すべり防止施設の追加を検討する。

第5節　地すべり経済調査

＜考え方＞

地すべり経済調査は、地すべり対策事業に係る費用便益分析等を行うことを目的として実施されるものである。

＜関連通知等＞

1) 国土交通省所管公共事業の新規事業採択時評価実施要領，国土交通省所管公共事業の再評価実施要領，平成 23 年 4 月 1 日，国土交通省.
2) 砂防事業等の新規事業採択時評価実施要領細目，砂防事業等の再評価実施要領細目，平成 22 年 4 月 1 日，国土交通省砂防部.
3) 公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針（共通編），平成 21 年 6 月，国土交通省.
4) 治水経済調査マニュアル(案)，平成 17 年 4 月，国土交通省河川局.
5) 地すべり対策事業の費用便益分析マニュアル(案)，平成 24 年 3 月，国土交通省水管理・国土保全局砂防部.

第 19 章　急傾斜地調査

目　次

第 1 節　総説 1
第 2 節　急傾斜地調査 1
　2．1　調査の目的 1
　2．2　調査の種類 1
第 3 節　基本調査 2
　3．1　資料調査 2
　　3．1．1　資料調査の目的 2
　　3．1．2　資料調査の種類 2
　3．2　現地調査 2
　　3．2．1　現地調査の目的 2
　　3．2．2　現地調査の種類 2
第 4 節　地盤調査 3
　4．1　地盤調査の目的 3
　4．2　地盤調査の種類 3
　　4．2．1　サウンディング 4
　　4．2．2　ボーリング 4
　　4．2．3　土質試験 4
　　4．2．4　急傾斜地の挙動調査 5
第 5 節　環境調査 6
　5．1　環境調査の目的 6
　5．2　環境調査の種類 6
第 6 節　崩壊斜面等調査 6

平成 26 年 4 月　版

第19章　急傾斜地調査

第1節　　総説

＜考え方＞

本章は、急傾斜地の崩壊の現象解明、警戒避難体制の検討、急傾斜地崩壊対策計画の策定、及び急傾斜地崩壊防止施設の設計を実施するための調査について、その調査の技術的事項を定めるものである。

＜関連通達等＞

1）急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律，昭和 44 年 7 月 1 日，法律第 57 号，最終改正：平成 17 年 7 月 6 日法律第 82 号.

第2節　　急傾斜地調査

2．1　　調査の目的

＜考え方＞

急傾斜地の調査は、急傾斜地の崩壊の発生機構等の分析や警戒避難体制の検討を行う際の基礎データを得るための崩壊斜面等調査、また、急傾斜地崩壊防止工事の計画・設計・施工を適切に行うため、崩壊形態の想定、崩壊要因の推定、施工対象範囲の設定、対策工の設計・施工のための調査等を実施する。

2．2　　調査の種類

＜考え方＞

急傾斜地の調査は、基本調査、地盤調査、環境調査、崩壊斜面等調査からなる。

＜標　準＞

急傾斜地の調査は、施工対象範囲の設定や概略工法の選定を行う基本調査と、急傾斜地崩壊防止工事の計画・設計・施工の基礎資料を得るために行う地盤調査、環境との調和を図ることを目的とする環境調査、がけ崩れの発生機構等の分析や警戒避難体制の検討を行う際の基礎データを得るための崩壊斜面等調査を行うことを標準とする。また、警戒避難体制の検討のための調査については、第 17 章 砂防調査 第 7 節 土砂災害に対するソフト対策調査 も参照すること。個々の調査の内容を以下に示す。

1）基本調査―資料調査、現地調査
　　調査結果の適用：施工対象範囲の設定、地盤調査計画の立案、概略工法の決定、機構解析等
2）地盤調査―サウンディング、ボーリング、土質試験等
　　調査結果の適用：対策工の設計・施工の検討、機構解析等
3）環境調査―社会環境調査、自然環境調査
　　調査結果の適用：環境特性の把握、施工において必要な環境保全方策の検討等
4）崩壊斜面等調査--現地調査、土質試験、被災実態調査等
　　調査結果の適用：機構解析、警戒避難体制の検討等

＜参考となる資料＞

調査の種類については、下記の資料が参考となる。

1）新・斜面崩壊防止工事の設計と実例，平成 19 年 9 月，国土交通省河川局砂防部監修.

第3節　基本調査

3．1　資料調査

3．1．1　資料調査の目的

＜考え方＞

資料調査は、対象となる急傾斜地の概要を把握することにより、現地調査計画・地盤調査計画の立案や、環境特性の把握に資することを目的とする。

3．1．2　資料調査の種類

＜考え方＞

資料調査は、対象となる急傾斜地及び急傾斜地周辺の地形、地質、環境等の概要を把握するためのものである。調査の主要着眼点としては、大地形、微地形、土質、地質、植生、水文状況、土地利用がある。

＜例　示＞

収集する資料には、過去の災害記録、過去の点検記録（斜面及び急傾斜地崩壊防止施設）、土砂災害防止法に基づく基礎調査記録、急傾斜地周辺の環境記録、気象記録、地震記録、地質図（土木地質図含む）・地形図・土地条件図・土地利用図・地すべり分布図等、空中写真、文献・工事記録・地質・土質調査報告書、地震時の急傾斜地崩壊危険箇所危険度評価結果等がある。また、旧版地形図、空中写真等により土地の開発履歴・変遷等を調査する場合がある。

＜参考となる資料＞

資料調査の種類については、下記の資料が参考となる。

1)　小山内信智，秋山一弥，松下智祥：地震時の急傾斜地崩壊危険箇所危険度評価マニュアル（案）（個別箇所における危険度評価手法）に関する研究，国土技術政策総合研究所資料，第 511 号，2009.

2)　田村圭司，内田太郎，秋山浩一，盛伸行，寺田秀樹　：表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル（案），土木研究所資料，第 4129 号，2009.

3．2　現地調査

3．2．1　現地調査の目的

＜考え方＞

現地調査は、急傾斜地の崩壊形態の想定、施工対象範囲の設定、概略工法の決定を目的として実施する。

3．2．2　現地調査の種類

＜標　準＞

現地調査は、対象となる急傾斜地の崩壊形態を想定し、地盤調査計画の立案や測量範囲等を決定するための地形調査、地質調査、湧水調査、植生調査、周辺を含む崩壊履歴の調査、地元市町村・住民等からの崩壊履歴の聞き取り、保全対象調査等を行うこととし、この内、地質構造と湧水調査については、特に留意して実施することを基本とする。

＜必　須＞

０次谷を含む谷地形がある場合には、土石流対策の観点からの調査も併せて検討しなければ

ならない。また、地すべり・雪崩のおそれがある場合には、地すべり・雪崩に関する調査も併せて検討しなければならない。
急傾斜地崩壊防止工事施工中の事故を防止するためにも、「急傾斜地崩壊防止工事の安全管理について」（平成 10 年 3 月 25 日 建設省河傾発第 14 号）に基づき現地調査を確実に実施し、工事中の安全管理に活用するものとする。

＜関連通知等＞

1） 急傾斜地崩壊防止工事の安全管理について，平成 10 年 3 月 25 日，建設省河傾発第 14 号，建設省.

第4節　地盤調査

4．1　地盤調査の目的

＜考え方＞

地盤調査は、崩壊の規模の推定、崩壊形態の想定、対策工法の設計・施工に必要な斜面の地盤条件・土質特性を把握するために行う。

＜標　準＞

地盤調査においてはサウンディングやボーリングを実施し、土層厚や崩壊形態等を確認する。特に、地下水が崩壊誘因となる場合や、複雑な水文地質構造の解明が対策工の設計に必要な場合は、ボーリングや地下水調査を中心とした立体的な地盤調査を行うことを標準とする。

4．2　地盤調査の種類

＜必　須＞

地盤調査は、サウンディング・ボーリング・土質試験・物理探査等の調査があり、崩壊特性や地盤条件を的確に把握するために有効な調査手法を用いなければならない。急傾斜地の調査においては、特に表土層の厚さと表層部の弱層の位置を確認することが非常に重要である。

＜例　示＞

調査の種類は、目的によって以下のように選択することができる。

1）崩壊の位置、規模や表層部の弱層（滑落面）の推定
　サウンディング（特に斜面部の表層構造調査用の簡易貫入試験）、ボーリング、土層観察、物理探査、斜面挙動調査等
2）土層構成及び土層の強度・透水性
　サウンディング（特に斜面部の表層構造調査用の簡易貫入試験）、ボーリング、土層観察、物理探査、土質試験、透水試験等
3）地表付近の水の挙動
　透水試験、物理探査、間隙水圧の測定等
4）地下水の挙動
　地下水位観測、地下水追跡試験、地下水検層試験、間隙水圧の測定、透水試験等
5）土質・岩石の性質
　物理試験、力学試験、サウンディング、物理探査等

＜参考となる資料＞

地盤調査の種類については、下記の資料が参考となる。

1) 小山内信智，内田太郎，曽我部匡敏，寺田秀樹，近藤浩一：簡易貫入試験を用いた崩壊の恐れのある層厚推定に関する研究，国土技術政策総合研究所資料，第 261 号，2005.
2) 田村圭司，内田太郎，秋山浩一，盛伸行，寺田秀樹 ：表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル（案），土木研究所資料，第 4129 号，2009.

4. 2. 1 サウンディング

＜考え方＞

サウンディングは、想定される崩壊位置及び規模の推定、崩壊危険土層の厚さ・分布・滑落面の推定、基盤面地形・土層構成・土層の強度・密度及びその不連続等を調べるために行う。

＜例　示＞

サウンディングには、簡易貫入試験（簡易動的コーン貫入試験、土研式簡易貫入試験、表層構造調査用の簡易貫入試験等）・標準貫入試験・スウェーデン式サウンディング等があり、調査密度はサウンディングの種類と急傾斜地の状況（対象土質、強度範囲、探査深度、作業性等）に応じて判断する。

急傾斜地におけるサウンディングの特徴は次のとおりである。

１）簡易貫入試験

【適用範囲】

わずかな土層の貫入抵抗の変化をとらえることができ、岩を除く土質に適用できる。玉石や礫を含む土質には不向きであるが、作業が簡単なので短時間に多くの測点を調査でき、急傾斜地を面的に調べ得る利点がある。JGS 1433 準拠。ほかに、表層構造調査用の簡易貫入試験がある。

２）標準貫入試験

【適用範囲】

あらゆる地質に適応できる。特に、構造物設計のための基礎地盤調査に有効である。

JIS A 1219 準拠。

３）スウェーデン式サウンディング

【適用範囲】

急傾斜地では、玉石あるいは礫を含む土質を除き使用可能で、表土層や崩壊土層とその下層の境界、崩壊土中の不連続面等を調べるのに有効である。JIS A 1221 準拠。

4. 2. 2 ボーリング

＜考え方＞

ボーリングは、主に急傾斜地の土層・地層構成の把握、岩盤の風化状況・亀裂・不連続面の把握、土質試験用試料の採取、標準貫入試験・透水試験等の原位置試験、地下水位測定等のために行う。

4. 2. 3 土質試験

＜考え方＞

急傾斜地の安定計算や対策工の設計条件の設定などで、地盤の諸性質の把握が必要な場合には、土質試験を行う。また岩石の性質が崩壊の要因となるような場合には、岩石の諸性質の試

験を行う。

＜例　示＞

地盤調査として実施する土質試験を例示する。
なお、他事例の試験結果より得られる一般値から判定できる場合もある。

１）物理試験
斜面の土質の基本的な物理特性(粒度分布、含水比、単位体積重量等)を把握するために行う。
土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験、液性限界試験、塑性限界試験(以上攪乱試料を用いる)、土の湿潤密度試験(不攪乱試料を用いる)等を行う。

２）力学試験
斜面の安定検討を行う際、必要に応じて土質の強度を求めるために行う。一軸圧縮試験、三軸圧縮試験等を行う。この場合、不攪乱試料を用いることが望ましい。

３）岩石の物理試験
岩盤斜面において、岩石の基本的な物理特性を把握するために行う。密度試験等を行う。

４）岩石の力学試験
岩盤斜面の安定検討を行う際に、必要に応じて構成岩石の強度を求めるために行う。一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、超音波伝播速度試験等を行う。

土質試験用の試料は、オーガーボーリング、標準貫入試験、あるいは専用のサンプラーを用いて採取する。
必要に応じて広域的な調査としての物理探査、亀裂状況を把握するための物理検層を併用する。

１）物理探査
急傾斜地の調査では、物理探査として弾性波探査・電気探査・電磁探査等を用いる。

２）物理検層
地質状態により、コアが十分採取されない場合や、岩盤崩壊などで亀裂の構造が斜面の安定性に重要な場合などに使用する（ボアホールカメラ等)。

4．2．4　急傾斜地の挙動調査

＜考え方＞

急傾斜地の挙動調査は、急傾斜地の土層が連続的に移動するおそれがある、急傾斜地上に亀裂や構造物等に変状があり拡大し崩壊に至るおそれがある、滑落面沿いの動きがみられるなど、また、背後斜面や隣接する斜面の変状（クラック、段差地形の有無等）等、急傾斜地の変動が予想される場合に伸縮計等を設置するなどして行う。

第5節　環境調査

5．1　環境調査の目的

＜考え方＞

環境調査は、対策工の計画・設計に当たって、その周辺の社会環境との適合性を確保し、また、自然環境と調和を図ることを目的に行う。

5．2　環境調査の種類

＜考え方＞

環境調査は、社会環境調査・自然環境調査からなり、既存資料の収集・現地調査・調査結果の整理分析等を実施して、環境特性を把握する。

＜例　示＞

1）社会環境調査

社会環境調査は、対象となる急傾斜地とその周辺の社会環境の現状（地域特性）を把握するために行うもので、社会環境に関する法令等指定状況調査、地域防災計画を含む土地利用計画調査、開発状況調査、自然観光資源調査、景観資源調査等がある。

2）自然環境調査

自然環境調査は、対象となる急傾斜地とその周辺の自然環境の現状（地域特性）を把握する目的で行うもので、自然環境に関する法指定状況調査、植物調査、動物調査がある。

なお、調査の項目・内容については、第 17 章 砂防調査 8.2 環境調査の調査内容 を参照すること。

第6節　崩壊斜面等調査

＜考え方＞

がけ崩れが発生した斜面においては、斜面の復旧や警戒避難体制等の検討のために、がけ崩れの発生形態と発生要因、被災実態を把握する必要がある。特に崩壊土塊の物理特性等を把握することは崩土の運動機構を明らかにする上で重要である。

このような調査結果の蓄積は、本章 3.1.2 資料調査の種類 の例示にある「過去の災害記録」として有用なものである。

＜例　示＞

がけ崩れの発生形態と発生要因を把握するための調査として、崩壊前後の地形、崩壊の発生時刻、雨量、崩壊の規模（崩土の到達距離、崩壊の深さ、堆積形状と堆積深等）を把握するとともに、崩れ残った斜面の縦断方向を観察して状況を記録する（写真等）。併せて、崩壊土塊の含水比、土質等を把握する。斜面の湧水の状況変化は、崩れ残った斜面の安定性に影響するため、湧水がみられる場合は、湧水の状況（発生位置、量、濁度、電気伝導度等）の時間的変化（降雨との対応の有無等）を記録、図化し、崩壊発生の恐れを把握する。

がけ崩れによる被災実態を把握するための調査として、崩壊の規模（上述）、被害が生じた家屋等の位置や被災形態を把握する。

なお、これらの調査はがけ崩れ発生後現地の安全が確認されてから速やかに実施し、降雨等により安全の確保が困難と想定される場合は一時中断する。

＜参考となる資料＞

がけ崩れ災害後の崩壊地調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省砂防部監修：砂防関連事業災害対策の手引き，pp.271-288，(社)全国治水砂防協会，2001.

第 20 章　雪崩調査

目　次

第 1 節　総説 1
1．1　総論 1
1．2　調査の目的 1
第 2 節　雪崩調査 1
2．1　積雪・気象調査 1
2．1．1　資料調査 1
2．1．2　資料整理 2
2．2　雪崩実態調査 2
2．3　雪崩要因調査 2
2．4　雪崩の運動解析 3
2．5　地形調査 3
2．6　地質調査 3
2．7　植生調査 4
2．8　環境調査 4

平成 26 年 4 月　版

第20章　雪崩調査

第1節　総説

1．1　総論

＜考え方＞

本章は、雪崩の現象解明及び雪崩対策計画の策定をするための調査の技術的事項を定めるものである。

1．2　調査の目的

＜考え方＞

雪崩調査は、雪崩発生機構や雪崩現象の把握・分析、雪崩対策施設の計画、設計、施工を行うために必要な資料を得ることを目的として行うものである。

＜標　準＞

集落保全を目的とした雪崩対策施設は、その目的から必然的に人家近傍に設置される機会が多く、施設の倒壊や破損が直接的に集落災害につながるため、雪崩対策施設の設計に当たっては、現地における積雪及び雪崩の特性（表層雪崩、全層雪崩等）、さらには無雪期の斜面状況等を十分に調査、把握する必要がある。雪崩の主な要因が、傾斜、植生、積雪深、気象条件であることを踏まえ、以下の項目について調査を行うことを標準とする。

１）資料調査

地形図、空中写真、雪崩経歴資料、積雪・気象資料、植生資料、地質資料等の収集を行う。

２）現地調査

地形状況、植生状況、地盤状況を概略的に把握するために調査を行う。

雪崩は、地形条件や植生条件の変化により発生しやすくなる場合もあるため、定期的に調査を行うことが必要になる場合もあることに留意する。

第2節　雪崩調査

＜必　須＞

雪崩調査は、積雪・気象調査、雪崩実態調査、雪崩要因調査、雪崩の運動解析、地形調査、地質調査、植生調査、環境調査について行うものとする。

＜参考となる資料＞

それぞれの調査方法の詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　建設省河川局砂防部監修：集落雪崩対策工事技術指針（案），本編 第 3 章 調査，(社)雪センター，1996.

2)　建設省河川局砂防部監修：集落雪崩対策工事技術指針（案），資料編　第 1 章　設計計算例，(社)雪センター，1996.

2．1　積雪・気象調査

2．1．1　資料調査

＜考え方＞

資料調査は、雪崩対策事業を実施する上で必要な積雪・気象資料を収集するために行うものである。

＜標　準＞

雪崩対策事業を実施する上で必要な積雪・気象資料を収集するために行い、雪崩対策施設の計画に際して、設計積雪深、雪崩の種類、雪崩の規模を把握するために必要となる積雪深、降雪量、風向、風速、気温、積雪断面、積雪密度等のデータを収集することを標準とする。

2．1．2　資料整理

＜考え方＞

資料整理は、観測や記録上の誤りの有無や資料の均質性を検証するために行うものである。

＜標　準＞

資料数や記録期間の長さ、欠測の程度、記録精度等を解析の条件に照らして取捨選択し、記録の誤り等について検証を行い、以下の項目について取りまとめることを標準とする。

1）年最大積雪深の時系列変化（調査対象箇所に比較的近く、観測年数が最も長い観測所を積雪深基準点とする）
2）豪雪年における積雪状況
3）確率解析
4）積雪深と標高及び観測地周辺の地形

2．2　雪崩実態調査

＜考え方＞

雪崩実態調査は、調査対象地及びその近隣地区において雪崩発生履歴がある場合に、発生時の積雪・気象状況を整理した上で、雪崩の実態を把握するために行うものである。

＜標　準＞

調査対象地及びその近隣地区において雪崩発生履歴がある場合には、発生した雪崩の実態を現地調査、聴取調査、古文書調査等により、可能な限り過去に遡り以下の要領で把握することを標準とする。

1）発生履歴は分布図としてまとめる。
2）発生区、走路、堆積区を把握する。
3）発生区についてはその面積、走路については雪崩の流下深及び流下幅、堆積区については雪崩の到達範囲を明らかにする。
4）雪崩の発生したときの気象データ等から雪崩の種類、雪崩の発生層厚を推定し、雪崩量も明らかにする。

2．3　雪崩要因調査

＜考え方＞

雪崩要因調査は、積雪・気象条件、地形条件、植生条件等をもとに、雪崩の発生する要因を把握するために行うものである。

＜標　準＞

雪崩による災害要因は、発生要因と到達要因に大別される。

雪崩による災害要因は、地形、植生、既設構造物、保全対象の位置、積雪・気象状況に分類されるため、以下の手法のうち適切な手法により行うことを標準とする。

1）現地調査
2）現地聴取
3）資料収集・解析
4）空中写真判読
5）地形図計測

2．4　雪崩の運動解析

＜考え方＞

雪崩の運動解析は、雪崩発生区域から集落まであるいは雪崩対策施設までの雪崩の到達距離、速度並びに速度分布を把握するために行うものである。

＜標　準＞

雪崩の運動解析は、以下の項目について留意して行うことを標準とする。

1）雪崩発生区域の設定
2）雪崩条件（雪崩発生層厚、動摩擦係数等）の設定
3）雪崩走路及び雪崩堆積区の地形形状の設定
4）シミュレーションモデルの選択

2．5　地形調査

＜考え方＞

地形調査は、雪崩対策事業を実施するに当たり、対策対象となる斜面を分割し、斜面の傾斜、斜面形、方位、斜面長等の諸元を把握するために行うものである。

＜標　準＞

地形調査は、調査対象となる斜面を尾根や谷等を境界として細区分し、それぞれの単位斜面に関する最大傾斜、平均傾斜、斜面形状、斜面方位、斜面長等の地形諸元を明らかにすることを標準とする。地形調査に用いる地形図は、斜面の規模などに応じて必要な精度を確保するものとする。

2．6　地質調査

＜考え方＞

地質調査は、雪崩対策事業を実施するに当たり、対策の対象となる地域並びにその周辺の地質状況を把握するために行うものである。

＜標　準＞

地質調査は、以下の項目について調査を行い、地盤の性状を把握することを標準とする。

1）外力（土圧）の計算に必要な設計定数を求める調査
2）基礎支持力の計算に必要な設計定数を求める調査
3）安定性の検討に必要な設計定数を求める調査
4）圧密沈下の検討に必要な設計定数を求める調査

2．7　植生調査

＜考え方＞

植生調査は、雪崩対策事業を実施するに当たり、雪崩の発生要因の判定や対策対象地選定の基礎資料を得るために行うものである。

＜標　準＞

植生調査は、対策対象地の空中写真判読並びに現地調査等により植生区分図を作成することを標準とする。なお、植生区分図は、樹種、樹高、樹冠疎密度等を明確にするものとする。

2．8　環境調査

＜考え方＞

環境調査は、自然環境調査、景観調査からなり、必要に応じ既存資料の調査、空中写真による調査、現地調査等を実施し、調査結果の分析により環境特性を把握するものである。

＜標　準＞

雪崩対策事業の実施の際における環境調査は以下の項目について調査を行うことを標準とする。

１）斜面及び周辺の自然環境
２）斜面及び周辺の景観

第 21 章　海岸調査

目　次

第 1 節　総説 1
1．1　総説 1
1．2　調査の基本方針 3
1．3　調査の項目 4
第 2 節　海岸概況調査 4
第 3 節　気象調査 8
第 4 節　海面変動調査 9
4．1　海面変動調査の目的と項目 9
4．2　潮位観測 10
4．3　潮位解析 10
4．4　高潮解析 10
4．5　津波解析 11
第 5 節　波浪調査 11
5．1　波浪の定義と表示 11
5．2　波浪調査の目的と項目 12
5．3　波浪観測 12
5．3．1　波浪観測の方法 12
5．3．2　観測地点 12
5．3．3　データ整理 13
5．3．4　データの保管 13
5．4　波浪推算 13
5．5　波浪統計処理 14
第 6 節　流れの調査 14
6．1　沿岸域における流れ 14
6．2　流れの調査の目的と項目 14
6．3　流れの観測 15
6．3．1　流れの観測方法 15
6．3．2　観測地点 15
6．3．3　データ整理 15
6．4　流れの計算 15
第 7 節　漂砂調査 15
7．1　漂砂調査の目的と項目 15
7．2　海岸踏査 17
7．2．1　海岸踏査の目的と項目 17
7．2．2　データ整理 17
7．3　底質調査 17
7．3．1　底質調査の目的と項目 17
7．3．2　試料の採取 17
7．3．3　海底音波探査 18

7．3．4　データ整理 18
7．4　漂砂観測 19
7．4．1　漂砂観測の目的と項目 19
7．4．2　浮遊砂調査 19
7．4．3　掃流砂調査 19
7．4．4　トレーサによる調査 20
7．4．5　海底面変動調査 20
7．5　漂砂系における土砂収支の推定 20
7．5．1　土砂収支 20
7．5．2　汀線・等深線の経時変化 20
7．5．3　河川からの供給土砂調査 21
7．5．4　海崖からの供給土砂調査 21
7．5．5　漂砂系から失われる土砂量の調査 21
7．5．6　漂砂の卓越方向 21
7．5．7　沿岸漂砂量 22
7．5．8　土砂収支図 23
第8節　海岸測量 23
8．1　海岸測量の目的と項目 23
8．2　海岸測量の範囲及び期間 23
8．3　海浜測量の方法 24
8．4　深浅測量の方法 24
8．5　低潮線の状況調査の方法 24
8．6　データ整理 25
第9節　海岸環境調査 26
9．1　海岸環境調査の目的と項目 26
9．2　調査実施に当たっての留意点 26
9．3　海岸環境概況調査 27
9．3．1　海岸環境概況調査の目的と項目 27
9．3．2　注目生物種の抽出 28
9．3．3　注目生物種の選定方法 28
9．3．4　ハビタット分布調査 29
9．3．5　ハビタット分布調査の方法 29
9．3．6　ハビタット分布調査結果の整理 30
9．4　影響フロー図の作成 30
9．5　生物調査 32
9．5．1　生物調査の目的と手法 32
9．5．2　生物調査の実施に当たっての留意事項 32
9．5．3　注目生物種についての調査 32
9．5．4　生息生物種を把握するための調査 33
9．5．5　生息生物種を把握するための調査手法 33
9．6　生息環境調査 41
9．6．1　生息環境調査の目的と項目 41
9．6．2　水質調査 42
9．7　環境変化予測 44

9．8　海岸生態系の把握 45
第 10 節　海岸利用調査 45
第 11 節　海岸漂着物調査 46
第 12 節　海岸災害調査 47
12．1　海岸災害調査の目的 47
12．2　海岸災害調査の方法 47
第 13 節　高潮浸水解析 49
13．1　高潮浸水解析の目的 49
13．2　高潮浸水解析の方法 49
13．2．1　対象とする台風等の設定 49
13．2．2　潮位（天文潮）の設定 49
13．2．3　施設条件の設定 49
13．2．4　地形データ 50
13．2．5　解析結果の出力 50
第 14 節　津波浸水解析 50
14．1　津波浸水解析の目的 50
14．2　津波浸水解析の方法 51
14．2．1　海岸保全施設の整備において対象とする津波の設定 51
14．2．2　総合的な津波対策において対象とする津波の設定 52
14．2．3　津波の初期水位（断層モデル） 52
14．2．4　潮位（天文潮）の設定 52
14．2．5　計算領域及び計算格子間隔 52
14．2．6　地形データ作成 52
14．2．7　粗度係数 53
14．2．8　各種施設の取扱い 53
14．2．9　地震による地盤変動 53
14．2．10　河川内の津波遡上の取扱い 53
14．2．11　計算時間及び計算時間間隔 53
14．2．12　各種施設の条件設定 53
14．2．13　解析結果の出力 53
第 15 節　海岸事業の費用便益分析 54
15．1　海岸事業の費用便益分析の目的 54
15．2　海岸事業の費用便益分析の方法 54
15．2．1　年度別便益の計測 54
15．2．2　年度別費用の計測 55
15．2．3　費用便益分析 55

平成 26 年 4 月　版

第21章　海岸調査

第1節　総説

1．1　総説

＜考え方＞

本章は、海岸に関する事業及び管理等を行うに当たって必要となる調査の手法を定めるものである。

次節以降に示す各調査の説明に入る前に、本節において、それらを横断する以下の３つのカテゴリーについて説明し、海岸調査の全体像や個々の調査の位置付けを理解するのに役立つ概略的情報を提示する。各調査とこれら３つのカテゴリーとの関係については３）で述べる。

なお、このカテゴリー分けは、第２章 水文・水理観測 第１節 総説 についてのカテゴリーの考え方と基本的に同じである。

- カテゴリー１：基盤・汎用調査
- カテゴリー２：特定目的調査
- カテゴリー３：漂砂系及び海岸生態系の総合的把握

１）３つのカテゴリーの説明

a）カテゴリー１：基盤・汎用調査

海岸に関する基盤的な情報を汎用的に蓄積するための調査・観測である。その特徴は次のようである。

- 風、潮位、波浪、地形、土砂収支、生物等、個々の海岸の海象・地形・漂砂・生息生物種及びその環境要素を対象とし、それ自体の把握が調査・観測の第一の目的となる。
- 各調査対象に対応した調査法・観測法単独で所要の精度を確保することが基本となる。
- 基盤的情報として、汎用的に（様々な目的で）活用できるように蓄積される。
- 海象については、代表的な活用として統計資料用のデータ蓄積があることなどから、長期にわたる継続的な実施、手法の一貫性が重視される。これにより、地球温暖化による海面上昇等の把握も可能となる。
- 精度や信頼性について一定の条件を満足する均質な情報が蓄積されるよう、一律な精度管理がなされることが基本となる。
- 供される観測法には信頼性・確実性・堅牢性が重視される。
- なお、基盤・汎用調査の観測機器においては、災害等による欠測等の不測の事態に備え、観測の二重化・機器の水没対策・停電対策・観測データの保存など適切な対策をとることが重要である。

b）カテゴリー２：特定目的調査

特定の目的のために海象・地形・漂砂・生息生物種及びその環境要素を把握するための調査・観測である。ここで言う「目的」には、「海岸保全計画の立案」「海岸保全施設の設計」「海岸における水防のためのモニタリング」「津波浸水想定のためのシミュレーション」「施設設置影響のモニタリング」「ある個別の技術情報を得ること」等がある。たとえば、時化による短期的な海浜変形を把握するために頻度高く実施する深浅測量、養浜砂の挙動を把握するために実施するトレーサによる調査、海岸における水防のために実施するうちあげ高観測、事業効果把握のために行う海浜測量、漂砂系への土砂供給源を特定することを目的とした海浜材料の鉱物分析などがこの例として挙げられる。カテゴリー２の特徴は次のようである。

- 汎用的な活用が主目的ではないので、精度管理はカテゴリー１の観測と必ずしも同じものである必要はなく（カテゴリー１の観測法の援用は有力な選択肢であるが）、目的に応じて行うことが基本になる。

・　このため、当該目的に適した観測手法を個々のケースで柔軟に採用し、実施も機動的となることがしばしばある。
・　これらのことから、観測手法あるいは観測結果の利用法についての先導的取組となる場合がある。
・　設定された目的を達成するための観測データの活用が重視される。データの蓄積は個々のケースに応じて適宜行うことになる。

c）カテゴリー３：漂砂系及び海岸生態系の総合的把握

本カテゴリーの調査・観測は、漂砂系の範囲、土砂収支及び当該漂砂系への土砂供給量、及び海岸生態系の把握のために行われる調査・観測である。個々の調査・観測はそれ自体が目的というよりも、海岸における漂砂系及び生態系の全体像を理解するために実施される。

漂砂系については、漂砂系内の漂砂量と土砂収支の把握、土砂供給源と供給量及びそれらの経時変化を把握することを主眼に行われる。

海岸生態系については、生息する種全体を対象として生物間の物質・エネルギー等のフローに着目し、系全体としての動態を把握することを主眼に行われる。系全体を把握することは、生物多様性国家戦略 2010 や海洋生物多様性保全戦略が掲げる、「生物多様性を保全して、海洋の生態系サービス（海の恵み）を持続可能なかたちで利用する。」という目標の達成にも寄与する。その特徴は次のとおりである。

・　出現種の把握に加えて、個体群動態や物質循環、種間の競争関係も調査対象となる。
・　物質循環や資源獲得競争の上で鍵となる種を基点に調査が組み立てられる。

２）海岸調査における各カテゴリーの位置付け及び相互関係

海岸調査において、カテゴリー１は海象・地形・漂砂・生息生物種及びその環境要素という観点からの基盤的データの整備を、カテゴリー２は機動的な個別目的達成を、カテゴリー３は漂砂系及び生態系の全体像の把握を主に担う。ただし、これらのカテゴリーは完全に分離できるものではなく、互いに重複する部分を持ち、また、相互補完的な関係をなす。たとえば、カテゴリー１の調査・観測結果が、カテゴリー２、３の調査・観測に活用されることがあり、また、カテゴリー２の調査・観測を通じて得られた新しい観測手法がカテゴリー１の調査・観測手法の改善に反映されることもある。カテゴリー２の結果がカテゴリー３の調査・観測に組み込まれることもあろう。こうしたことから、海岸調査に当たっては、当該調査・観測がどのカテゴリーに属するかを意識し、カテゴリーの違いによる基本的な性格の差異を踏まえ、さらにカテゴリー間の相互補完関係に留意して他カテゴリーへの活用を考慮することで、当該調査・観測の位置付けについての理解を高め、もって調査・観測とその結果の活用がより適切かつ効率的で有効なものとなるよう工夫することが肝要である。

３）本章各節とこれら３つのカテゴリーの関係

表 21-1-1 に、本章各節が、上記に説明してきた海岸調査の３つのカテゴリーとどのように関係しているかを一括して示す。この表を縦、すなわちカテゴリーごとに見ていくことで、各節をまたぐ横断的な関係を俯瞰することができる。

表21-1-1　海岸調査の３つのカテゴリーと 21 章各節との関係

節	節のタイトル	カテゴリー１【基盤・汎用調査・観測】	カテゴリー２【特定目的調査・観測】	カテゴリー３【漂砂系及び海岸生態系の総合的把握】
第 2 節	海岸概況調査		※	※
第 3 節	気象調査	◎	◎	※
第 4 節	海面変動調査	◎	◎	※
第 5 節	波浪調査	◎	◎	※
第 6 節	流れの調査	○	◎	※
第 7 節	漂砂調査		◎	◎
第 8 節	海岸測量	◎	◎	※
第 9 節	海岸環境調査	◎	◎	※
第 10 節	海岸利用調査		○	
第 11 節	海岸漂着物調査		◎	◎
第 12 節	海岸災害調査	○	○	
第 13 節	高潮浸水解析		◎	
第 14 節	津波浸水解析		◎	
第 15 節	海岸事業の費用便益分析		◎	

（凡例）　◎：その節で主に扱うカテゴリー　　○：その節の一部で扱うカテゴリー
※：その節に、当該カテゴリーで活用できる観測手法、解析法、整理法等が含まれる場合がある

＜関連通知等＞

1）生物多様性国家戦略 2010，平成 22 年 3 月 16 日閣議決定，環境省.
2）海洋生物多様性保全戦略，平成 23 年 3 月，環境省.

1．2　調査の基本方針

＜考え方＞

「海岸保全区域等に係る海岸の保全に関する基本的な方針」において、調査・研究について以下のとおり実施することとされている。

- 質の高い安全な海岸の実現に向け、効率的な海岸管理を推進するため、海岸に関する基礎的な情報に関する収集・整理を行いつつ、効果的な防災対策に関する調査研究、広域的な海岸の侵食に関する調査研究、生態系等の自然環境に配慮した整備に関する調査研究、新工法等新たな技術に関する研究開発等を推進していく。
- 民間を含めた幅広い分野と情報の共有を図りつつ、互いの技術の連携を推進するとともに、国際的な技術交流等を図り、広くそれらの成果の活用と普及に努める。
- 地球温暖化に伴う気象・海象の変化や長期的な海水面の上昇が懸念されており、海岸にとっても海岸侵食の進行やゼロメートル地帯の増加、高潮被害の激化等深刻な影響が生ずるおそれがあることから、潮位、波浪等について監視を行うとともに、それらの変化に対応すべく所要の検討を進める。

海岸調査は、災害からの海岸の防護、海岸環境の整備と保全、公衆の海岸の適正な利用に資するため、海岸保全区域を含む広い区域を対象として、長期にわたる定量的な調査を行うもの

である。調査の範囲は海岸保全区域を含むことは当然ではあるが、高潮、津波、海岸侵食などの現象は海岸保全区域にとどまらず広域で生じることから、海岸保全区域外も含まれる必要がある。特に海岸侵食が関係する問題については、漂砂の観点から一連の系となる範囲を対象とし、海面変動、波浪、流れ、漂砂などの特性を把握することが求められる。

＜関連通知等＞

1) 海岸保全区域等に係る海岸の保全に関する基本的な方針，平成 12 年 5 月 16 日，農林水産省，運輸省，建設省告示第 3 号，農林水産大臣，運輸大臣，建設大臣通達.

1．3　調査の項目

＜標　準＞

海岸調査の項目は、調査目的に対応したものを以下の中から設定することを標準とする。

１）海岸概況調査
２）気象調査
３）海面変動調査
４）波浪調査
５）流れの調査
６）漂砂調査
７）海岸測量
８）海岸環境調査
９）海岸利用調査
１０）海岸漂着物調査
１１）海岸災害調査
１２）高潮浸水解析
１３）津波浸水解析
１４）海岸事業の費用便益分析

＜推　奨＞

波浪と流れとの関係など関連している現象については、各現象を同時に観測することを推奨する。

第2節　海岸概況調査

＜考え方＞

都道府県は、海岸保全基本方針に基づき、地域の意見等を反映して基本方針で定めた沿岸区分ごとに整合のとれた海岸保全基本計画を作成し、総合的な海岸の保全を実施することとされている。海岸保全基本計画において定めるべき基本的な事項として、海岸の保全に関する基本的な事項、海岸の現況及び保全の方向に関する事項があり、自然的特性や社会的特性等を踏まえ、沿岸の長期的な在り方を定めることとされている。海岸概況調査はその基礎資料ともなるものであり、また、個別海岸における事業の調査、管理等においても参考となるものである。

海岸概況調査は、海岸及び背後地の現状、歴史的な経緯、将来の計画等について、周辺の海岸を含めて把握することを目的として、次の項目について資料収集を行う。

１）気象

気象に関する調査項目は気温、気圧、風向・風速、降水量、積雪量、天気日数等である。これらの項目については、特に平年値の把握が必要である。

気温は、海水浴や海浜レクリエーション等の活動に影響する項目である。月別日平均気温、月別日最高・最低気温、時刻別月平均気温等の資料が気象統計等から得られるので、目的に応じたデータを用いる。

気圧、風については本章の第 3 節 気象調査による。

降水量は海岸地域の排水の基礎となる資料である。

波浪観測等の計器による観測の際や、海上でのレクリエーション活動等では、雷による被害を生じる場合があるので、雷の発生状況に関しても調査しておく必要がある。

２）海象・水質

水温は、沿岸での流況に影響を与え、また、海水浴等の海洋レクリエーションの制約条件になるほか、水産利用にも関連する項目であり、気象条件と同様に平年値の把握が必要である。また、潮位については本章の第 4 節 海面変動調査を、波浪については本章の第 5 節 波浪調査を、流れについては本章の第 6 節 流れの調査による。

海水浴や水産利用では、法規により水質に関する基準が定められている。調査項目は「水質汚濁に係る環境基準について」（平成 7 年 3 月 30 日・環告 17）や日本環境衛生センターの基準に定められている。

３）地形・地質

陸上の地形・地質は海岸保全や利用等を立案したり、施設を設計する上での基礎資料となるものである。海岸測量については、本章の第 8 節 海岸測量で述べるが、それ以外に、国土地理院発行の各種「地形図」「国土基本図」「土地条件図」「地質図」、国土交通省国土政策局の「土地分類基本調査図（地形分類図）」、その他の図面及び空中写真等を利用することができる。海底地形についても国土地理院発行の「沿岸海域地形図」「沿岸海域土地条件図」、海上保安庁発行の「海図」「海の基本図」を利用することができる。また、地質資料は各種施設の建設等に必要であり、国土交通省国土政策局発行の「土地分類基本調査図（表層地質図）」等を利用することができる。詳細な資料を必要とする場合には、ボーリング調査、サウンディング、物理探査等を行う必要がある。

さらに、学術的価値の高い、あるいは天然記念物等の対象となる地形・地質については事前に調査し保全等の措置を講じる必要がある。これらの特殊な地形・地質については、「すぐれた自然図」（環境省）、「文化財分布図」（都道府県、市町村教育委員会）等の資料を利用して調査するとともに、現地踏査を実施することが望まれる。

４）土壌

土壌は海岸緑化等の基礎資料となる項目であり、土壌断面、土壌の物理的・化学的特性などの資料の収集が必要である。

５）水文

対象地域や周辺地域の水循環に関連する項目であり、主要河川の流量は「流量年表」（日本河川協会）により把握することができる。また地下水に関して、構造物の建設等により地下水脈を分断しないよう調査を行っておく必要がある。「水文・水質データベース」（国土交通省水管理・国土保全局）等の資料よりその分布を把握できる場合がある。

６）植生

植物の分布は対象地域の自然環境を把握する上で基本となる調査項目である。また、貴重な植物等保全の必要な植物群落等が存在する場合、開発の観点からは制限条件となるが、レクリエーション等の観点からは貴重な資源となることが考えられる。

植生調査の結果は植生図として表現されるが、現在一般に使用される植生図は現存植生図と潜在自然植生図であり、現存植生図には植物社会学的方法によるものと相観によるものとがある。海岸利用計画等の目標によって適宜有効な方法を選択する必要がある。

全国的な植生調査は、２回の自然環境保全基礎調査（通称「緑の国勢調査」）において実施されており、現存植生図が作成されている。さらに、貴重植物については「すぐれた自然図」、「特定植物群落調査報告書」「動植物分布図」（環境省）が作成されている。このほか「主要動植物地図」（文化庁）、「文化財分布図」（都道府県、市町村教育委員会）等を資料として利用することができる。状況によっては、詳細な現地調査が必要な場合がある。

７）動物相

海鳥等の陸上の生物及び海洋生物の生息状況と生息環境、貴重種の分布等の資料収集が必要である。特に貴重種については法律により保護されている種もあるので、詳細な調査が必要である。その生息状況は海域の水質や陸上の植生等と密接な関係を有するので、生息環境も十分に把握する必要がある。動物相の分布については、「すぐれた自然図」、「動物分布調査報告書」、「動植物分布図」（環境省）、「主要動植物地図」（文化庁）、「文化財分布図」（都道府県、市町村教育委員会）のほか、鳥獣保護に関する資料等が活用できるが、詳細な資料が必要な場合には現地調査が必要である。また、海洋生物に関しては既存の水産利用への影響と新たな水産利用の促進の観点から調査が必要である。

８）景観

海岸は景観資源として重要な場合があり、眺望点、ランドマーク等の景観構成要素の分布、対象地域の景観の特性等に関する資料収集が必要である。

９）人口構造

人口の総数及び増減数（自然増減、社会増減に区分する必要もある）、人口の地域分布、人口密度、年齢層別人口、産業分類別常住地就業者数、産業分類別従業地就業者数、就業地別・職業別就業人口、世帯数、世帯の規模等が調査項目として挙げられる。これらの統計は「国勢調査」（総務省統計局）や住民基本台帳から得ることができる。

１０）産業構造

事業所数（産業分類別、従業員の規模別、形態別）、従業者数（産業分類別、形態別）、製造業出荷額（産業分類別）、商業販売額（産業分類別）、産業の立地動向等の産業構造に関する資料は、「事業所統計」（総務省統計局）、「工業統計調査」、「商業統計調査」（以上、経済産業省）等から得ることができる。

１１）所得等の経済指標

経済指標に関しては、「国税庁統計年報」（国税庁）、「県民経済計算年報」（内閣府経済社会研究所）、「消費者物価指数年報」、「家計調査」（以上、総務省統計局）や各都道府県の統計書、統計年報等を、所得水準、物価指数、消費動向等の資料として利用できる。

１２）土地利用

a） 土地利用現況

土地利用の地目別現況等の概況把握には、「土地利用図」（国土地理院）、「土地分類基本調査図（土地利用現況図）」（国土交通省国土政策局）、航空写真等を利用できるが、地目別の土地利用の詳細な把握には、公図、土地課税台帳等の資料による調査と現地踏査による実態調査を併用することが望まれる。

b） 土地利用規制

法規による土地利用の規制は、開発規模等を決定する制約条件となるので十分な調査が必要である。「都市計画法」による区域区分、地域地区、「農業振興地域の整備に関する法律」による農業振興地域・農用地、「森林法」による保安林、「自然公園法」による国立公園・国定公園・都道府県立自然公園、「自然環境保全法」による原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、都道府県立自然環境保全地域の指定状況のほか、「河川法」による河川区域、「海岸法」による海岸保全区域、「文化財保護法」による史跡名勝天然記念物、「鳥獣保護法」による鳥獣保護地区等の指定状況を調査する必要がある。

１３）土地の所有区分及び地価

用地取得に関連して調査が必要な項目である。土地の所有区分については、公図、土地課税台帳等の資料により調査できる。地価については、公示地価及び周辺地域での取引価格等について調査される。

１４）建築物の状況

建築物の用途、建築動態、住宅戸数、住宅規模等が調査項目として挙げられる。家屋課税台帳、「住宅統計調査」、「国勢調査」（以上、総務省統計局）、「建築着工統計」（国土交通省住宅局）等の統計資料がある。

１５）交通

主に実態資料を利用して、交通量や交通施設の現況及び将来計画、周辺都市との時間距離等の調査を行う必要がある。交通量については全国道路交通情勢調査、パーソントリップ調査、自動車起終点調査、物資流動調査、自動車輸送統計等が参考になる。

１６）観光

観光は、特に海洋性リゾート等の計画に強く関連する項目であり、入込数、観光資源・施設の分布状況等が調査対象となる。入込数については各自治体において観光統計が整備されつつあるので、この資料を用いるのが最も簡便な方法である。ただし、調査方法が調査主体によって異なる場合があるので注意を要する。

１７）歴史

歴史は、地域の人間の営みの蓄積であり建造物又は、史跡の形で知ることができる。また、これらの背景を調査し、その結果を計画に反映することが必要である。これについては市史、町史などが参考となる。

１８）海岸・都市施設の整備状況

海岸施設の整備状況としては、海岸保全施設に加えて、港湾、漁港、農地等の施設、沿岸の埋立て等の整備状況について調査する。都市施設の整備状況としては、供給処理施設、教育文化施設、社会福祉施設等の施設量、分布の現況等について調査する。特に施設容量を把握しておくことが重要である。

１９）既定計画
全国総合開発計画から計画対象地が存する自治体の基本計画、総合計画まで様々の計画が調査対象となる。また、「多極分散型国土形成促進法」の規定による振興拠点地域基本構想、「地域産業の高度化に寄与する特定事業の集積の促進に関する法律」の規定による集積促進計画、「高度技術工業集積地域開発促進法」の規定による開発計画、「総合保養地域整備法」の規定による基本構想等、地域の振興を目的とした法律による開発計画等についても調査を行う必要がある。この場合、広域にわたる各種の開発計画における海岸利用等の位置付けと調整の観点から調査を実施する必要がある。

＜関連通知等＞

1) 海岸保全区域等に係る海岸の保全に関する基本的な方針，平成 12 年 5 月 16 日，農林水産省，運輸省，建設省告示第 3 号，農林水産大臣，運輸大臣，建設大臣通達.

第3節　気象調査

＜考え方＞

風は、高潮、波浪、吹送流、飛砂などの発生を支配するとともに、海岸工事を阻害する気象要因でもある。また、気圧は、その面的な勾配により風を発生させるとともに、台風接近時などにはその低下によって海面の吸上げを引き起こす気象要因である。
気象調査では、海面変動、波浪、流れに関係する気象現象を把握するため、次の項目について調査を行う。

１）風
２）気圧

なお、自ら行う風、気圧の観測に代えて、調査対象地点付近のアメダスデータ等他機関の観測データを用いることができる。

＜標　準＞

風は平らで開けた場所に風向風速計を設置して観測し、10 分間の平均風速・風向、瞬間風速・風向を記録することを標準とする。
気圧は気圧計を用いて観測し、毎正時の気圧を記録することを標準とする。
詳細は「気象観測の手引き」による。

＜推　奨＞

各年・各月の最大風速、風向別の風速頻度等を取りまとめた観測年表の作成を推奨する。
風や気圧は波浪や高潮などの発生要因であることから、波浪観測や潮位観測と同時に気象調査を行うことを推奨する。

＜関連通知等＞

1) 気象観測の手引き，平成 10 年，気象庁.

第4節　海面変動調査

4．1　海面変動調査の目的と項目

＜考え方＞

図 21-4-1 のように、潮汐、風、気圧の変動、波浪、津波、地球温暖化による海面上昇等、様々な時間スケールの現象によって海面は変動している。その現象には、潮汐のように高い精度で予測できるものから、黒潮の蛇行や暖水塊の発達等による異常潮位のように予測が難しいものまで含まれる。

本節で対象とするのは波浪よりも周期が長い、潮汐、高潮、津波などによる海面変動である。波浪については、本章の第５節 波浪調査で取り扱うが、wave setup（砕波による水位上昇）のように波浪が潮位に関係することがあることに留意を要する。

潮位は海岸堤防等の天端高、漂砂、海岸保全施設の安定性、生物の生息等を検討する上で重要な水理指標であり、高潮対策、津波対策、海岸侵食対策、海岸利用、海岸における水防などの検討、及び生物の生息環境把握のためにその調査が必要である。

海面変動調査は、潮汐、高潮、津波の現象を把握するとともに、地球温暖化による海面上昇を明らかにすることを目的とし、以下に掲げる項目について調査を実施するものである。

１）潮位観測
２）潮位解析
３）高潮解析
４）津波解析
５）その他の海面変動調査

なお、自ら行う潮位観測に代えて、他機関による調査対象地点付近の潮位観測結果を用いることも可能である。

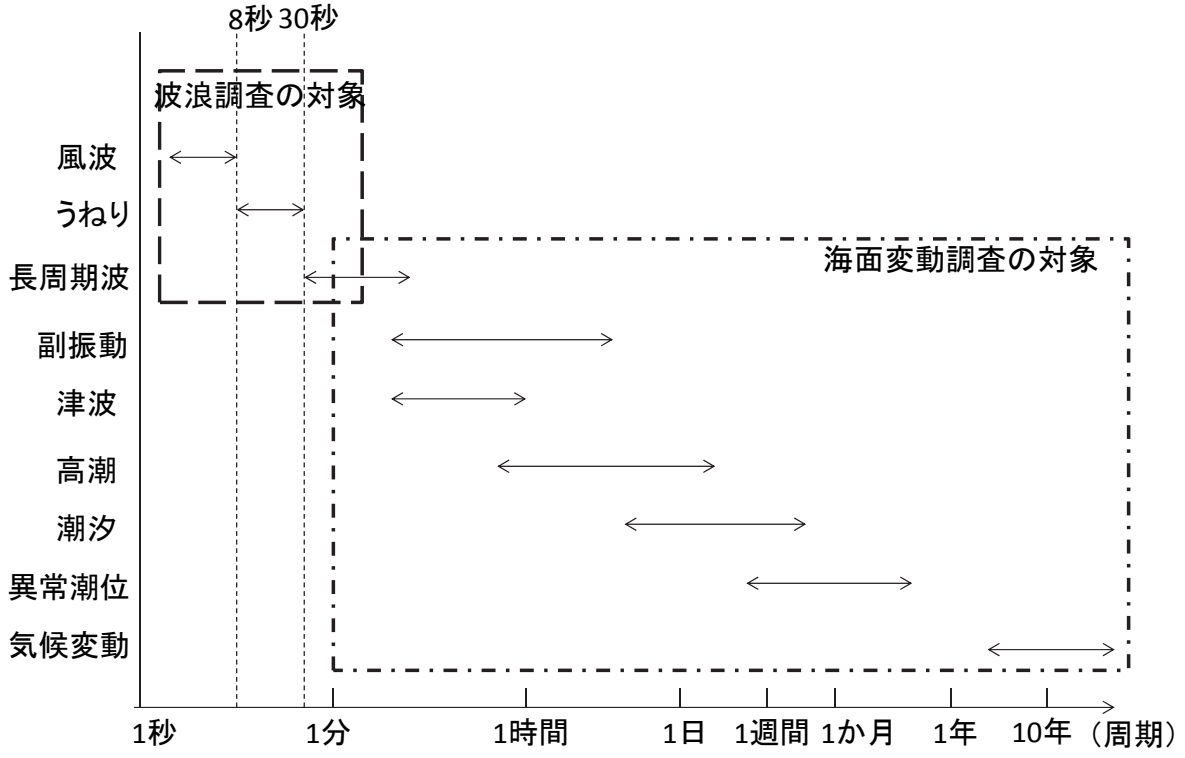


図21-4-1　海面変動に関わる現象の時間スケール

4．2　潮位観測

＜考え方＞

潮位観測は波浪を除いた海面の変動を把握するものであり、その観測記録には潮汐に加えて高潮、津波などの影響が含まれている。各影響因子を明らかにするためには、その因子の時間的スケールを踏まえて、サンプリングの間隔や期間を設定する必要がある。たとえば、津波は、その周期が数分から数十分であることから、サンプリング間隔を 30 秒程度以下にしないと適切に把握することができない。

＜標　準＞

潮位観測は、検潮井戸等の潮位観測施設を設け、観測基準面からの海面の高さを測定することを標準とする。詳細は「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」及び「海岸施設設計便覧［2000 年版］」による。

潮位観測施設の機器は、観測目的、設置条件、保守体制、経費などを考慮して選定し、欠測が生じないように管理するとともに、潮位観測で得られたデータは電子データのかたちで保管しておくことを標準とする。

潮位観測の基準面については、東京湾中等潮位との関係を整理することを標準とする。

＜推　奨＞

潮位観測は長期にわたって連続的に実施するとともに、地殻変動等による観測基準面の変化を数年ごとに把握することを推奨する。

各年・各月の最高潮位、最低潮位、平均潮位等を取りまとめた観測年表の作成を推奨する。

平均潮位等の経年変化を整理することにより、潮位の長期的変化を把握することを推奨する。

＜関連通知等＞

1)　海岸保全施設の技術上の基準・同解説，平成 16 年，農林水産省，国土交通省，海岸保全施設技術研究会編，参 10-15.

2)　土木学会：海岸施設設計便覧［2000 年版］，pp. 250-254，2000.

4．3　潮位解析

＜標　準＞

潮位解析では、潮位観測の資料から、平均潮位、朔望平均満潮位・干潮位、最高潮位、最低潮位などを整理するとともに、調和分析や潮汐計算を行うことを標準とする。

調和分析や潮汐計算の詳細は、「海洋観測指針（第２部）」による。

＜関連通知等＞

1)　海洋観測指針（第２部），平成 11 年，気象庁，pp. 83-90.

4．4　高潮解析

＜標　準＞

異常気象時の潮位偏差は、潮位観測の資料を基に、潮位の観測値から天文潮の推算値を差し引くことにより求めることを標準とする。

潮位観測の資料がない期間の潮位偏差については、実測値、浸水記録を十分に再現した数値計算、又は適切な算定式により推定することを標準とする。

高潮の数値計算は、海面に作用する気圧、風による海面の摩擦応力、海底での摩擦、移流項を考慮した非線形長波の理論式（浅水理論式）によるとともに、適切に算定された風データと

詳細な地形データを使用することを標準とする。ただし、深い海域においては線形長波理論を適用してもよい。また、詳細は「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」、「海岸施設設計便覧［2000 年版］」、「津波・高潮ハザードマップマニュアル」による。

＜推　奨＞

砂礫海岸・サンゴ砂海岸（リーフ地形）での高潮の数値計算では、wave setup を考慮することを推奨する。

＜関連通知等＞

1) 海岸保全施設の技術上の基準・同解説，平成 16 年，農林水産省，国土交通省，海岸保全施設技術研究会編，2-6～9.
2) 土木学会：海岸施設設計便覧［2000 年版］，pp.71-73，2000.
3) 津波・高潮ハザードマップマニュアル，平成 16 年 4 月，内閣府（防災担当），農林水産省農村振興局，農林水産省水産庁，国土交通省河川局，国土交通省港湾局，pp.102-111.

4．5　津波解析

＜標　準＞

津波解析では、観測潮位から津波の波形を求めるとともに、数値計算により海域での津波の波形を推定することを標準とする。

潮位計の応答特性により、津波の短周期成分が観測潮位に表れていない場合には、数値計算による津波波形の推定を行うことを標準とする。

津波の数値計算については、本章の第 14 節 津波浸水解析によるものとする。

第5節　波浪調査

5．1　波浪の定義と表示

＜考え方＞

海洋における波浪としては、広い意味では小さなさざ波から風浪、津波、潮汐までを含むが、ここで対象としているのは風波とうねりである。風波は風によって発達している波であり、うねりは風波が風域を出て減衰しながら進行している波を言う。

海の波は不規則であるので、波浪は不規則波の代表波高及び周期、波向で表示することとし、このうち波高については有義波高、周期については有義波周期で表示する。

約 100 波以上の連続した波を対象に、図 21-5-1 のように、不規則な波形データの平均海面を上向き（ゼロアップクロス）に波形が横切る点を波の始点・終点として１波を定義し、その時間間隔を周期、１波の中での最高値と最低値の差で波高を定義する。これらの波の記録の中で波高の大きいものから、全波数の１／３の波数の波を取り出し、その波高と周期を平均したものをそれぞれ有義波高（$H_{1/3}$）、有義波周期（$T_{1/3}$）とよぶ。また、波高が最大のものを最高波高（H_{max}）、平均したものを平均波高（H_{mean}）と呼ぶ。

なお、越波被害等に関係する現象として、周期 30～300 秒程度の長周期波（サーフビートとも言われる）が注目されている。長周期波は、その波高が有義波高の 1 割以上となることがあり、周期が長いことからうちあげ高等が大きくなる。通常の波浪観測で得られる、0.5 秒間隔程度の波形データから長周期成分を抽出することにより、長周期波の波高を算出できる。

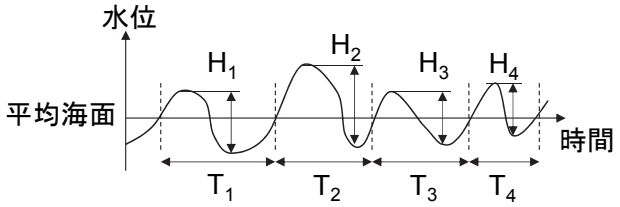


図21-5-1　ゼロアップクロス法による１波の定義

5．2　　波浪調査の目的と項目

＜考え方＞

波浪は越波や漂砂、海岸保全施設の安定性等に関わる水理現象であり、高潮対策、海岸侵食対策、海岸利用、海岸における水防などの検討、及び生物の生息環境把握のためにその調査が必要である。

波浪調査においては、波浪観測や波浪推算を行うとともに、波浪統計処理を実施する。

5．3　　波浪観測

5．3．1　　波浪観測の方法

＜考え方＞

来襲する波浪は季節、年によって変動するため、ある海域の波浪特性を把握するためには長年月にわたる観測が必要である。また、高波浪時の異常波浪の発生を把握するためには、水面変動を毎正時 10～20 分間だけ計測するのでは不十分であり、時間的に連続的に観測を行う必要がある。0.5 秒間隔程度で連続的に計測された水面変動データは、津波波形の抽出にも活用できる。

また、波向は沿岸漂砂の支配要因の一つであることから、波高、周期とともに観測する必要がある。波向は、流速計と一体化した波高計によって得られる 10～20 分間の水面変動及び流速・流向の時系列データから算出される。

＜標　準＞

波浪観測では、波高計により水面変動の連続観測を行うとともに、波の入射方向を観測することを標準とする。

波浪観測施設の機器は、観測目的、設置条件、保守体制、経費などを考慮して選定し、欠測が生じないように管理することを標準とする。

＜推　奨＞

波浪観測は長期にわたって連続的に実施するとともに、確実に観測できるように施設を二重化することを推奨する。また、波浪観測に一般的に用いられる超音波式波高計は、高波浪時に砕波に伴う気泡のため水面を正しく計測できないことがあるが、この場合には水圧計で得られる水面変動のデータから有義波高等を算出することを推奨する。

また、堤防等への波のうちあげは、海域での波浪とは異なる現象であることから、そのうちあげ高をステップ式波高計等により計測することを推奨する。

5．3．2　　観測地点

＜標　準＞

波浪観測は、調査目的に応じて代表性のある資料が得られる地点で行うことを標準とする。

たとえば、対象海岸の沖波を把握することが目的であれば、高波浪時の砕波点より沖で波浪観測を行う必要がある。

5. 3. 3　データ整理

＜標　準＞

波浪観測では、毎正時 10～20 分間（約 100 波以上の連続した波が含まれる期間）の水面変動等のデータを用いて、平均水位、平均波、有義波、1/10 最大波、最高波、平均波向、平均流速及び流向などの項目を整理することを標準とする。

＜推　奨＞

各年・各月の最大波高、波高や周期の出現頻度、波向別の波高頻度等を取りまとめた観測年表の作成を推奨する。

波浪成分の中で卓越する周波数・方向を明らかにするため、図 21-5-2 のように、周波数スペクトル及び方向スペクトル（波のエネルギー分布を方向別、周波数別に表したもの）の算定を推奨する。

また、連続的に取得された水面変動のデータから、必要に応じて長周期波や津波の波形を算定する。

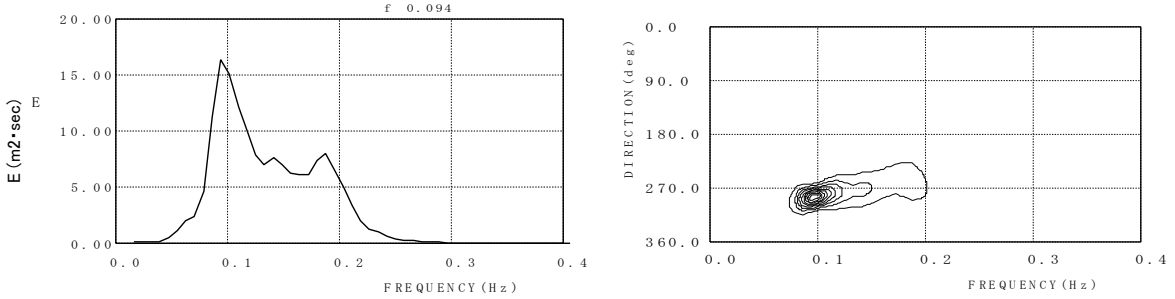


図21-5-2　周波数スペクトル（左）及び方向スペクトル（右）の出力例

5. 3. 4　データの保管

＜標　準＞

有義波高等の算出に用いた水面変動等の時系列データと有義波高等の演算値は、電子データのかたちで保管しておくことを標準とする。

5. 4　波浪推算

＜考え方＞

波浪推算は、風から波高、周期、波向を推算するものである。

＜標　準＞

波浪推算に用いる風速及び風向は、風の実測値又は数値モデル等による計算値に高度等の所要の補正を行って算定することを標準とする。

波浪推算はスペクトル法又は有義波法によって行うことを標準とする。

詳細は「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」による。

＜推　奨＞

内湾での波浪推算に用いる風は、陸上地形の影響を考慮できる数値モデルにより算定するこ

とを推奨する。

＜関連通知等＞

1) 海岸保全施設の技術上の基準・同解説，平成 16 年，農林水産省，国土交通省，海岸保全施設技術研究会編，2-25～27.

5．5　波浪統計処理

＜標　準＞

波浪データは、調査目的に応じて統計処理を行い、波高、周期、波向の発生頻度や年最大波高や年平均波高を整理することを標準とする。詳細は「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」による。

＜推　奨＞

波高等の生起確率を評価するため、波浪観測データの極値統計解析の実施を推奨する。
波浪の長期的変化の把握のため、年平均波高等の経年変化を整理することを推奨する。

＜関連通知等＞

1) 海岸保全施設の技術上の基準・同解説，平成 16 年，農林水産省，国土交通省，海岸保全施設技術研究会編，2-16～19.

第6節　流れの調査

6．1　沿岸域における流れ

＜考え方＞

流れは海浜変形を予測する際の外力として使用されるほか、海岸保全施設設置による海岸環境の変化の予測に用いられることもある。また、海水浴客等の安全性の検討にも利用することができる。

沿岸域における流れの調査は、原則として海浜流、潮汐流、吹送流及び河口流を対象とする。海浜流は、海岸近くにおいて砕波変形の影響を受けて発達する流れであり、主として岸に平行な沿岸流と沖向きの離岸流から構成される。潮汐流は、潮汐による海面昇降に伴う海水の水平方向の往復運動によって生じる流れである。吹送流は、風が海面に及ぼす応力によって生じる流れである。河口流は、河川流、感潮領域での潮汐による流れ及び河口密度流の総称である。

また、海流が海岸の諸現象に影響する場合には、海流も対象となる。このほか、海岸構造物の周辺では、海岸構造物により変化する流れも対象となり得る。

＜参考となる資料＞

1) 海岸保全施設の技術上の基準・同解説，平成 16 年，農林水産省，国土交通省，海岸保全施設技術研究会編，2-91～93.
2) 土木学会：海岸施設設計便覧［2000 年版］，pp.77-87，2000.

6．2　流れの調査の目的と項目

＜考え方＞

流れの調査では、海岸侵食対策、海岸利用、海岸環境の保全などの検討、及び生物の生息環境の把握のために、次の調査を行う。

1）流れの観測

２）流れの計算

6．3　流れの観測

6．3．1　流れの観測方法

＜標　準＞

流れの観測は、対象とする現象の時空間的なスケールを踏まえて、各種流速計、染料やフロートの追跡、レーダー等の中から適切な方法を選定し、定点あるいは面的に行うことを標準とする。詳細は「海岸施設設計便覧［2000 年版］」による。

＜例　示＞

流れの鉛直分布の把握方法として ADCP による多層観測が、流れの平面分布の把握方法としてレーダーによる面的観測があるので、適宜活用するとよい。

＜関連通知等＞

1）　土木学会：海岸施設設計便覧［2000 年版］，pp.259-265，2000.

6．3．2　観測地点

＜標　準＞

流れの観測地点は、対象とする現象の空間的なスケールを踏まえて設定することを標準とする。

6．3．3　データ整理

＜標　準＞

流れの定点観測によって得られたデータは、流速・流向の経時変化図として取りまとめることを標準とする。

流れの面的観測によって得られたデータは、地形図に流速・流向をベクトル表示した流況図としてまとめることを標準とする。

なお、流向は流れの進行方向とし、真北から時計回りに測った角度で表示する。

6．4　流れの計算

＜標　準＞

海浜流の計算は、ラディエーションストレスを考慮した平面二次元モデルで行うことを標準とする。

潮汐流の計算は、平面二次元モデルで行うことを標準とする。ただし、吹送流や密度流の影響を考慮する場合には、流れの３次元性を考慮する必要がある。

詳細は「海岸施設設計便覧［2000 年版］」による。

＜関連通知等＞

1）　土木学会：海岸施設設計便覧［2000 年版］，pp.78-85，2000.

第7節　漂砂調査

7．1　漂砂調査の目的と項目

＜考え方＞

海岸侵食は、土砂の供給と流出のバランスが崩れることによって発生する。この問題に抜本的に対応するためには、海岸地形のモニタリングを行いつつ、海岸部において、沿岸漂砂によ

る土砂の収支が適切となるよう構造物の工夫等を含む取組を進めるとともに、海岸部への適切な土砂供給が図られるよう河川流域における総合的な土砂管理対策とも連携するなど、関係機関との連携の下に広域的・総合的な対策を推進する必要がある。

海岸における土砂移動（漂砂）は、沿岸方向への移動（沿岸漂砂）と岸沖方向への移動（岸沖漂砂）に大別される。沿岸漂砂は、長期にわたって広い範囲で進行する不可逆的な現象であることが多く、その不均衡が海岸侵食等の地形変化を引き起こす。また、岸沖漂砂は、高波浪時に侵食された海浜がその後の静穏時に回復していく過程に見られるように可逆的なものであることが多いが、海底谷等への土砂の落ち込みなど、非可逆的な現象となる場合もある。

第 16 章 総合的な土砂管理のための調査 に示されているように、海岸は流砂系の一部を構成するものではあるが、上記のように土砂移動の形態が河川など流砂系の他の部分とは異なることから、本節では漂砂系として取り扱うこととする。漂砂系の範囲は、図 21-7-1 のように、沿岸方向には沿岸漂砂の連続する区間、岸沖方向には砂丘の陸端から海底の漂砂の移動限界水深までの範囲で、分布する土砂の岩石種や鉱物組成が類似している空間的領域とする。

漂砂調査では、対象とする海岸が含まれる漂砂系における砂礫の移動特性を把握し、土砂収支を解明することが基本的な目標となる。

漂砂調査においては、海岸侵食等の海岸地形の変化に関わる漂砂現象を、一連の漂砂系において把握することを目的として、次の調査を行う。土砂収支の推定においては、漂砂量（フロー）を直接的に計測するより、地形変化（ストックの時間的変化）から漂砂量等を推定する方法が一般的である。このため、海岸測量や底質調査の結果から地形変化量や沿岸漂砂量を把握するかたちになるが、その信頼性を高める上では波、流れ、浮遊砂・掃流砂等の観測値も重要である。

1）海岸踏査
2）波浪、流れ、潮位、気象に関する調査
3）海岸測量
4）底質調査
5）漂砂観測
6）漂砂系における土砂収支の推定

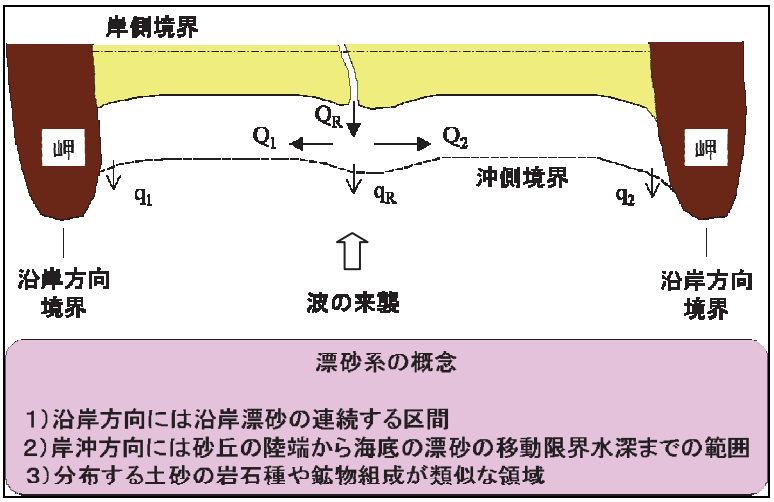


図21-7-1　漂砂系の概念

7．2　海岸踏査

7．2．1　海岸踏査の目的と項目

＜考え方＞

海岸踏査は、対象とする海岸の概況を調べ、各種調査の方法、範囲、期間などを決定することを目的として、次の項目について調査するものである。

1）底質の粒径、形状、組成、色
2）海浜の勾配
3）汀線の形状
4）砕波線の形状
5）河口砂州の形状
6）構造物周辺の地形
7）流況
8）付近住民からの聴取
9）浜崖の形成状況

＜参考となる資料＞

海岸踏査の方法については、下記の資料が参考となる。

1)　宇多高明，石川仁憲　：実務者のための養浜マニュアル，pp.30-44，土木研究センター，2005.

7．2．2　データ整理

＜標　準＞

海岸踏査の結果は、調査年月日、底質採取地点、写真撮影地点、底質の粒径、海浜や構造物の状況等を平面図に記載することを標準とする。

7．3　底質調査

7．3．1　底質調査の目的と項目

＜考え方＞

底質調査は、海浜を構成する底質の粒度組成や移動状況、波による底質の分級状況を把握することを目的とし、試料の採取・分析や海底音波探査を行うものである。

7．3．2　試料の採取

＜標　準＞

試料の採取位置は、陸上部では砂丘やバームなど、海底ではバーやトラフなどの地形を考慮し選定することを標準とする。

本章の第 9 節 海岸環境調査 と併せて実施する場合には、生物調査と同一測点で試料を採取することを標準とする。

海底からの試料採取に当たっては、引き上げる際に試料が散逸するのを防ぐため、エクマンバージ型採泥器若しくはスミス・マッキンタイヤ型採泥器を用いて船上から採取するか、潜水士が手操式採泥器を用いて採取することを標準とする。陸上部の試料については、所定量を採取できれば、採取器具は問わない。

採取する試料の量は、JIS A1204 に記載の最少質量の目安を参考に、想定される試料の粒径に応じて決定することを標準とする。

＜推　奨＞

様々な粒径の底質で構成される海岸では、表層だけでなく、鉛直方向に試料を採取することを推奨する。

本章の第 9 節 海岸環境調査 と併せて実施する場合には、底生生物の生息に影響する次の項目についても計測することを推奨する。ただし、これらの化学的な項目は、波浪による攪拌作用が強い海岸では、広い範囲にわたって均一化しやすいので、適宜、測点数を減らしても構わない。

1）化学的酸素要求量（COD）
2）強熱減量（IL）
3）硫化物
4）泥色
5）臭気
6）泥温
7）酸化還元電位

上記以外にも、注目生物種の生息状況に影響を与えることが想定される項目については調査することを推奨する。

＜参考となる資料＞

底質の化学的な項目についての調査方法については、下記の資料が参考となる。

1) (社)海洋調査協会：海洋調査技術マニュアル―水質・底質調査編―, pp.69-106, 2008.

7. 3. 3　海底音波探査

＜標　準＞

海底音波探査では、海底の底質及び砂層の厚さ等を把握することを標準とする。

＜参考となる資料＞

海底音波探査の方法については、下記の資料が参考となる。

1) 日本海洋学会編集：沿岸環境調査マニュアル〔底質・生物篇〕 , pp.7-13, 恒星社厚生閣, 1986.

7. 3. 4　データ整理

＜標　準＞

採取した試料について粒度分析を行い、中央粒径などを求め、水深別の粒度分布が分かるように地図上に整理することを標準とする。

粒度分析の方法は JIS A1204 による。

＜推　奨＞

土砂供給源の推定のため、採取した試料の鉱物分析や堆積年代測定（放射線同位体、ルミネッセンスなど）を実施することを推奨する。

＜参考となる資料＞

鉱物分析及び堆積年代測定の方法については、下記の資料が参考となる。

1) 日本海洋学会編集：沿岸環境調査マニュアル〔底質・生物篇〕，pp.35-42，恒星社厚生閣，1986.

2) 岸本瞬，劉海江，高川智博，佐藤愼司：天竜川・遠州灘流砂系におけるルミネッセンス強度測定に基づく土砂移動過程の解明，土木学会論文集B2(海岸工学)，第66巻，pp.626-630，2010.

7．4　漂砂観測

7．4．1　漂砂観測の目的と項目

＜考え方＞

漂砂観測は、浮遊や掃流による底質移動を把握することを目的として、次の項目について行うものである。

1）浮遊砂調査
2）掃流砂調査
3）トレーサによる調査
4）海底面変動調査

7．4．2　浮遊砂調査

＜標　準＞

浮遊砂調査は、波や流れにより浮遊する底質の移動特性を把握するために、濁度計や捕砂器等を用いて行うことを標準とする。

＜推　奨＞

浮遊砂調査と同時に、波浪や流れの観測を行うことを推奨する。

＜参考となる資料＞

浮遊砂調査の方法については、下記の資料が参考となる。

1) 堀川清司編集：海岸環境工学，pp.447-472，東京大学出版会，1985.

7．4．3　掃流砂調査

＜標　準＞

掃流砂調査では、海底面での掃流での移動特性を把握するために、捕砂器を用いて行うことを標準とする。

＜推　奨＞

掃流砂調査と同時に、波浪や流れの観測を行うことを推奨する。

＜参考となる資料＞

掃流砂調査の方法については、下記の資料が参考となる。

1) 堀川清司編集：海岸環境工学，pp.447-472，東京大学出版会，1985.

7. 4. 4　トレーサによる調査

＜標　準＞

トレーサによる調査は、漂砂の移動状況、卓越方向、外力と漂砂量の関係などを把握するため、蛍光砂等を投入し定期的に追跡することにより行うことを標準とする。

＜推　奨＞

トレーサによる調査と同時に、波浪や流れの観測を行うことを推奨する。

＜参考となる資料＞

トレーサによる調査の方法については、下記の資料が参考となる。

1)　堀川清司編集：海岸環境工学，pp.447-472，東京大学出版会，1985.

7. 4. 5　海底面変動調査

＜標　準＞

海底面変動調査は、高波浪等による急激な海底変動を時系列的に把握するために、砂面計等を用いて行うことを標準とする。

＜推　奨＞

海底面変動調査と同時に、波浪や流れの観測を行うことを推奨する。

7. 5　漂砂系における土砂収支の推定

7. 5. 1　土砂収支

＜考え方＞

漂砂系における土砂収支は、一連の漂砂系における底質移動の連続性を考慮して、次の項目について解析を行って推定し、土砂収支図として整理するものである。

1）汀線・等深線の経時変化
2）河川からの供給土砂量
3）海崖からの供給土砂量
4）漂砂系から失われる土砂量
5）漂砂の卓越方向
6）沿岸漂砂量

海岸侵食の原因把握、対策検討のためには流砂系としての見方が有効な場合が多い。河川からの土砂供給を扱う漂砂系の土砂収支図の整理に当たっては、第 16 章 総合的な土砂管理のための調査 も参考とする。

7. 5. 2　汀線・等深線の経時変化

＜標　準＞

汀線の経時変化は、測量成果、あるいは地形図（古地図を含む）や空中写真の比較により把握することを標準とする。また、短期的な汀線変化については、定点で継続的に撮影された画像の解析によって把握することもできる。なお、空中写真を用いる場合には、撮影時点の潮位から汀線の位置を補正する。

海浜断面や等深線の経時変化は、測量成果を用いて把握することを標準とする。

＜参考となる資料＞

汀線・等深線の経時変化の把握方法については、下記の資料が参考となる。

1) 宇多高明，石川仁憲 ：実務者のための養浜マニュアル，pp.44-47，土木研究センター，2005.

画像解析による地形変化調査の方法については、下記の資料が参考となる。

2) 木村晃，大野賢一：鳥取海岸における海底地形の短期変化について，海岸工学論文集，第 53 巻，pp.571-575，2006.

3) 藤原要，的場孝文，熊谷隆則，藤田裕士，堀口敬洋，佐々木崇雄，高木利光：カメラ観測システムを用いた宮崎海岸の土砂移動機構調査,海岸工学論文集,第 54 巻,pp.671-675，2007.

7. 5. 3　河川からの供給土砂調査

＜標　準＞

河川からの供給土砂調査においては、河川及び海岸における粒度分布や鉱物組成から河川からの寄与を明らかにした上で、河口周辺における詳細な深浅測量データの解析や河道横断測量データ等の解析、河床変動計算、流出土砂量計算等により、河川から河口に供給される土砂量及び河口から沖合に流出する土砂量を推定することを標準とする。

このための調査の基本的な枠組みについては、第 16 章 総合的な土砂管理のための調査の 2.2 を参照し、また河床変動計算の方法等については、第 6 章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析 によるものとする。

7. 5. 4　海崖からの供給土砂調査

＜標　準＞

海崖から海岸に供給される土砂の調査については、海崖及びその周辺の地形とその変化、構成物質、風化の程度を調査し、海崖の岩質や粒度分布、海岸の底質の粒度分布等を比較することにより、海崖からの寄与を明らかにすることを標準とする。

7. 5. 5　漂砂系から失われる土砂量の調査

＜標　準＞

一連の漂砂系から失われる土砂量を把握するため、飛砂による陸側への土砂流出量や、海底谷など沖合への土砂流出量を調査するとともに、浚渫や砂利採取等により漂砂系外に人為的に持ち出される土砂の量を把握することを標準とする。

飛砂量は現地観測、又は算定式により求めることを標準とする。詳細は「海岸施設設計便覧［2000 年版］」による。

＜関連通知等＞

1) 土木学会：海岸施設設計便覧［2000 年版］，p.143，2000.

7. 5. 6　漂砂の卓越方向

＜標　準＞

沿岸漂砂の卓越方向は、トレーサによる調査のほか、以下の事項を踏まえて、総合的に判断

することを標準とする。

1）地形
　岬や岩礁、海浜上の構造物など沿岸漂砂に対して障害物となるものがあれば、その漂砂の上手で汀線は前進（沖へ移動）し、下手で汀線は後退する。
2）波浪
　漂砂は主として波の作用によるものであるから、汀線や等深線に対する波向によって漂砂の移動方向が決定される。波向が季節的に変化する海岸があることから、年間を通じて算出された波向別のエネルギー平均波が参考となる。
3）底質
　底質は波及び流れによってふるい分けられ、波のエネルギーが大きい、あるいは流れが強い場合に粒径の大きなものが残り、細かいものが遠くへ運び去られる。この結果、一般に、沿岸漂砂の卓越方向に沿って、底質の粒径が小さくなっていく傾向がある。また、漂砂供給源の鉱物組成と海岸の鉱物組成との比較によって、沿岸漂砂の卓越方向を推定できることがある。

7. 5. 7　沿岸漂砂量

＜標　準＞

　沿岸漂砂量は、汀線変化の解析結果や深浅測量データの解析結果から、若しくは過去の地形変化の再現により適用性が確認された海浜変形モデルを用いて、推定することを標準とする。なお、沿岸漂砂量を推定する期間は、供給土砂量の時間的変化や沿岸構造物の建設等を踏まえて設定することを基本とする。
　沿岸漂砂を阻止する防波堤等の漂砂上手側での汀線変化の解析結果から沿岸漂砂量を推定する場合には、対象期間の汀線変化量に漂砂の移動高を掛けて対象区間の土砂変化量を求め、それを対象期間で除することで沿岸漂砂量を求めることができる。漂砂の移動高は、波のうちあげ高から地形変化の限界水深までの高さであり、深浅測量で得られた海浜断面から推定することを標準とする。また、地形変化の限界水深は、深浅測量で得られた複数時期の海浜断面の比較又は算定式により推定することを標準とする。

＜例　示＞

　海浜変形モデルは、沿岸漂砂量式が組み込まれた海岸線変化モデルと、局所漂砂量式が組み込まれた３次元海浜変形モデルに大別される。海岸線変化モデルには汀線変化モデルと等深線変化モデルがあり、海浜流計算を必要としないなど計算量が比較的小さいことから、長期間あるいは広範囲の計算に多用されている。一方、３次元海浜変形モデルは、波浪や海浜流の平面場に応じた地形変化を計算できることから、構造物周辺の地形変化を計算するのに適している。

＜関連通知等＞

1)　海岸保全施設の技術上の基準・同解説，平成 16 年，農林水産省，国土交通省，海岸保全施設技術研究会編，参-35～36.
2)　土木学会：海岸施設設計便覧［2000 年版］，pp.145-156，2000.

＜参考となる資料＞

　汀線や等深線の解析結果から沿岸漂砂量を推定する方法の詳細については、下記の資料が参考となる。

1） 宇多高明，石川仁憲 ：実務者のための養浜マニュアル，pp.54-55，土木研究センター，2005.

7．5．8　土砂収支図

＜標　準＞

土砂収支図は、一連の漂砂系を対象に、河川及び海崖からの供給土砂量、漂砂系から失われる土砂量とともに、漂砂制御施設や漁港などの沿岸構造物等を境界としてブロックを区分し、ブロック内の土砂変化量とブロック間の沿岸漂砂量を示すものを標準とする。

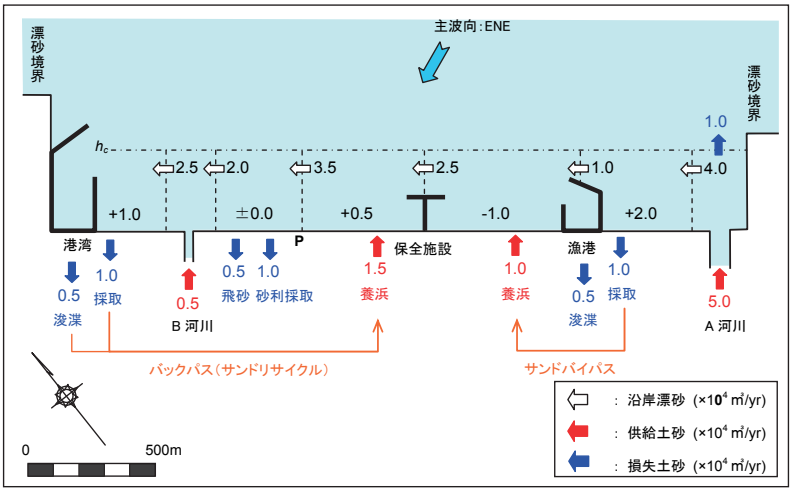


図21-7-2　漂砂系土砂収支図の作成例（イメージ図）

＜推　奨＞

岸沖方向に底質の粒径が異なる海岸では、水深帯別あるいは粒径区分別に沿岸漂砂量等を示した土砂収支図を作成することを推奨する。

河川からの土砂供給を扱う漂砂系の土砂収支図の整理を行う場合には、流砂系の土砂動態についても整理し、両者を比較して漂砂系内の土砂収支及び漂砂調査の課題の整理を行うことを推奨する。流砂系の土砂動態の捉え方、調査結果のまとめ方等については第 16 章 総合的な土砂管理のための調査 に示されている。

第8節　海岸測量

8．1　海岸測量の目的と項目

＜考え方＞

海岸測量は、海岸地形の把握及び海岸地形の変化特性を解明するために、次の調査を行うものである。

1）海浜測量
2）深浅測量
3）低潮線の状況調査

8．2　海岸測量の範囲及び期間

＜標　準＞

海岸測量の範囲及び時期・時間間隔は、調査目的に応じて設定することとし、岸沖方向の範囲については、沖側は波による漂砂の移動限界付近（目安：外洋に面した海岸では水深 20～30m

程度、内湾では水深 10～20m 程度）まで、岸側は波や風による砂の移動範囲までとすることを標準とする。

＜推　奨＞

海浜地形の季節変化を把握する必要がある海岸では、測量を年２回以上実施することを推奨する。また、台風などの影響を受けた場合には、その影響を把握するために測量を実施することを推奨する。

8．3　海浜測量の方法

＜標　準＞

海浜測量は、前浜と後浜を含む範囲の地形を把握するため、「国土交通省公共測量作業規程」に従って、海岸線に沿って陸部に基準線を設けて、適切な間隔に測点を設置し、測点ごとに基準線に対し直角の方向に横断測量を実施することを標準とする。

本章の第 9 節 海岸環境調査 と併せて実施する場合には、スポット的な生物の生息を解釈するための材料とするため、バーム、カスプ等の微地形の存在も把握することを標準とする。

＜推　奨＞

広範囲にわたって面的な測量を行う場合には、レーザープロファイラの使用を推奨する。その詳細は「国土交通省公共測量作業規程」による。

8．4　深浅測量の方法

＜標　準＞

深浅測量は、海底地形又はその経時変化の把握のため、「国土交通省公共測量作業規程」に従って、水深の浅い所ではロッド又はレッドにより、水深の深い所では音響測深機等により行うことを標準とする。

本章の第 9 節 海岸環境調査 と併せて実施する場合には、スポット的な生物の生息を解釈するための材料とするため、バー、トラフ等の微地形の存在も把握することを標準とする。

＜推　奨＞

複雑な海底地形を有する海岸では、マルチビーム音響測深機等による詳細な面的測量を推奨する。

＜関連通知等＞

1）国土交通省公共測量作業規程，平成 20 年 3 月 31 日，国国地第 668 号，国土交通省，一部改正：平成 23 年 3 月 31 日.

8．5　低潮線の状況調査の方法

＜考え方＞

排他的経済水域及び大陸棚の保全及び利用の促進のための低潮線の保全及び拠点施設の整備等に関する基本計画において、我が国の排他的経済水域等を安定的に保全するため、以下の方針に基づき措置を講じることとされている。

排他的経済水域等は、国連海洋法条約において、通常、海岸の低潮線からなる基線を基礎として定められることが規定されている。このため、低潮線が何らかの事由により後退することがあれば、その面積が大幅に縮小するおそれがある。したがって、排他的経済水域等の安定的

な保持のためには、排他的経済水域等の限界を画する基礎となる低潮線を保全する意義は非常に大きい。

このため、排他的経済水域等の基礎となっている低潮線の現状の把握や低潮線保全区域の適切な設定を行うとともに、人為的損壊の未然防止や自然侵食の進行の状況確認とそれに伴う保全措置が必要か否かを検討するため、低潮線の状況の監視・巡視等に関係機関が協力して取り組む。

排他的経済水域等の基礎となっている低潮線は、離島の海岸線等、生活する住民が少ないか又はいない場所に所在し、通常、人の目が行き届かない場合が多い。したがって、低潮線の保全を確実にするためには関係機関が協力して、人為的な損壊行為が行われていないか監視・巡視するとともに、自然侵食による形状の変化がないか調査を実施することが必要である。

また、自然侵食の進行等により低潮線の大幅な後退が認められる場合等、保全措置が必要となった場合には、必要な対策の実施等について検討を行う。

低潮線保全区域の巡視体制の整備を図るとともに、巡視船艇及び航空機の機能を強化するなどにより低潮線保全区域及びその周辺海域の監視・警戒体制の強化を図る。また、監視・警戒・巡視から違反行為を確認した場合の監督処分に至るまでの事務に係る関係行政機関の連携手続を定める。また、関係行政機関は、低潮線保全区域の監視・巡視等の実施及び協力に努める。

関係行政機関は、低潮線保全区域と重複する海岸保全区域等において、低潮線の保全という法の趣旨を考慮し、当該区域の保全を推進する。

＜関連通知等＞

1) 排他的経済水域及び大陸棚の保全及び利用の促進のための低潮線の保全及び拠点施設の整備等に関する基本計画，平成 22 年 7 月 13 日閣議決定，一部変更：平成 23 年 5 月 27 日．

＜標　準＞

低潮線の状況調査では、空中写真、衛星写真等の判読等により、低潮線保全区域における地形及びその時間的変化を把握することを標準とする。

8．6　データ整理

＜標　準＞

測量結果は、潮位の補正などを行い、海浜測量、深浅測量の結果を合わせて海岸地形図として取りまとめることを標準とする。

図の縮尺は、使用目的、測量の範囲、測量の精度等を考慮して選定することとし、縮尺、方位、基準面、測量年月日、測量方法、測器名等を記載することを標準とする。

また、測量で得られた標高・水深データ、オルソ画像等は、その位置情報を含めて電子ファイルとして保存することを標準とする。

なお、低潮線保全区域の空中写真等を撮影した場合には「排他的経済水域及び大陸棚の保全及び利用の促進のための低潮線の保全及び拠点施設の整備等に関する基本計画」政府内部用の低潮線データベースに登録することを標準とする。

＜関連通知等＞

1) 排他的経済水域及び大陸棚の保全及び利用の促進のための低潮線の保全及び拠点施設の整備等に関する基本計画，平成 22 年 7 月 13 日閣議決定，一部変更：平成 23 年 5 月 27 日．

＜参考となる資料＞

データ整理の方法については、下記の資料が参考となる。

1）（社)海洋調査協会：海洋調査技術マニュアル―深浅測量―，2003.

第9節　海岸環境調査

9．1　海岸環境調査の目的と項目

＜考え方＞

本節は、海岸に関わる計画と管理等のためのデータを得ることを目的として実施する、海岸における生物生息状況及び生物の生息環境の調査と、結果の整理・分析に必要な技術的事項を定めるものである。海岸環境調査は海域では船舶を使う必要があるなど、一般に高コストである。そのため、第 11 章 河川環境調査 のような、網羅的な調査を実施するのは現実的ではなく、本章 第 1 節 総説のカテゴリー2 に分類される注目生物種を絞り込んだ調査が中心となる。

なお、ここでの「生息状況」とは、調査時点におけるスナップショット的な生物の分布だけでなく、季節や日周的な変化も含んだものである。

海岸の利用や景観を対象とする調査については、本章の第 10 節 海岸利用調査で扱う。また、海域における水質汚濁については、第 12 章 水質・底質調査 第 4 節 汚濁負荷量調査及び水質汚濁予測調査にて扱う。

9．2　調査実施に当たっての留意点

＜考え方＞

海岸環境調査を効率的に実施するためには、以下の項目に留意する必要がある。

１）環境要素間の関連性

総合的に海岸環境を捉えることを目指した調査計画とする。生物調査の結果は、なるべく多くの環境要素と関連づけて解釈することが不可欠であるので、調査地点は海岸環境調査以外の海岸調査（たとえば底質調査）と同一あるいは近傍となるよう留意する。また、海岸の環境条件は波浪や流れ等の攪乱によって変化するので、調査時期もなるべく同時期となるよう留意する。

２）空間的関連づけ

調査地点を設定する際には、海岸環境の物理的基盤となる地物（海岸地形、河口、構造物、植生など）との位置関係に留意する。

海岸は、周辺の空間と物質的なやりとりを通じて密接に結び付いているため、背後地や近隣の状況も重要である。たとえば河口の近くでは淡水の流入による海水の塩分濃度低下が、海中生物に影響を与える。また、海岸の生物には、遊泳、種子散布、幼生分散等によって他の海岸との間を往来するものや、生活史の中で外洋や河川、内陸へと生息場を変更するものもいるため、近隣の生息場との位置関係及び連結関係（エコロジカル・ネットワーク）も重要となる。

３）過去に経験したイベントの履歴

海岸環境は、高潮、高波や津波に伴う急進的変化と静穏時の漸進的変化を含め、常に変動するものとして特徴づけられるため、調査の実施に当たっては、それまでに海岸が経験した人為改変や数年以内に生じた高波浪などの攪乱要因を整理し、対象とする海岸環境がどのような変化過程を経て調査時に至っているかを考慮する。

海岸環境の時系列の変化過程は、過去に撮影された空中写真等から把握することができる。また、現地調査の際に数年以内に生じた高波浪等による攪乱の痕跡が見られた場合には、位置

情報とともに写真等の記録に残すことで、環境調査の結果を解釈する際に参考とすることができる。

４）調査実施に際しての潮時への配慮
海岸の水深や流況は潮汐によって大きく変動するため、潮時を考慮して調査時間を設定し、調査時にも微妙な潮位変化に注意を払う。

５）調査計画の見直し
調査結果を海岸管理に反映するために、必要に応じて調査計画を見直すことも重要である。

６）調査結果の整理
調査結果が海岸管理に反映されやすいように、調査結果を総合して得られた配慮事項を、海岸事業の段階（調査計画、設計、施工、維持・管理）ごとに整理することが望ましい。
過去にも調査が実施された内容については、データの質の継続性を担保するためにも前回の調査結果との重合わせ図面を作成することが望ましい。
生物の生息状況には、過去に経験した海岸線の変動や高波来襲などが反映されており、防災面でも有用な情報が得られることもある。その場合には得られた情報を必要に応じてその他の海岸調査にもフィードバックする。

７）調査結果の保管
調査結果については、将来実施される調査や他の海岸で実施された調査と比較されることを念頭に置いて、統一した書式で電子データとして保管することが望ましい。
海岸環境の実態把握を目的とした他の調査等と、事業による影響予測を目的とした個別調査の結果は統一書式で保管することが望ましい。

＜参考となる資料＞
エコロジカル・ネットワークについては、下記の資料が参考となる。
1) 全国エコロジカル・ネットワーク構想（案），平成 21 年，環境省全国エコロジカル・ネットワーク構想検討委員会，pp. 1_1-4_1.

事業の段階ごとの配慮事項の整理については、下記の資料が参考となる。
2) 自然共生型海岸づくり研究会編著，国土交通省河川局砂防部保全課海岸室監修：自然共生型海岸づくりの進め方，pp. 52-73，(社)全国海岸協会，2003.

調査結果の統一書式については、下記の資料が参考となる。
3) 海辺の生物国勢調査マニュアル（案）について，平成 15 年，国土交通省河川局海岸室，p. 296.

9．3　海岸環境概況調査

9．3．1　海岸環境概況調査の目的と項目

＜考え方＞

海岸環境概況調査は、海岸及びその周辺における環境の実態を定期的に把握して海岸管理に役立てること、又は調査測線の位置、調査項目の選定などの詳細な調査計画を策定する際の基礎情報とすることを目的とする。

＜標　準＞

海岸環境概況調査は、次の項目について資料調査、現地踏査、聞取り調査によって情報を収集・整理することを標準とする。

1）注目生物種
2）ハビタット分布

＜推　奨＞

海岸環境概況調査に当たっては、公的機関や学会等によって公開されている既往データも活用することを推奨する。
また、地元の学校でその地域の生きものを長年扱っている教員等がいる場合には、聞取り調査を行うことを推奨する。

＜参考となる資料＞

海洋の物理・化学環境に関するデータベース類やデータの入手方法については、下記の資料が参考となる。

1)　(社)海洋調査協会：海洋調査技術マニュアル―水質・底質調査編―，pp. 133-156，2008.

生物について実施されているモニタリング結果については、下記の資料が参考となる。

2)　環境省生物多様性センター：生物多様性情報システム.
3)　JaLTER：日本長期生態学研究ネットワーク.
4)　環境省生物多様性センター：モニタリングサイト 1000.

9．3．2　注目生物種の抽出

＜考え方＞

本来は海岸の生態系全体を保全することが原則であるが、生息する全ての生物を対象種とした調査の実施は現実的でないため、既往の調査結果や知見を基に注目生物種を数種類選定しておくことが重要である。これは、注目生物種の生息場を保全することで、その他の多数の生息生物にとっての生息場も保全されることを意図している。
影響フロー図の作成、生物調査、生息環境調査、環境変化予測を実施する場合には、ここで抽出された生物種を重点的に調査すると効率的である。

9．3．3　注目生物種の選定方法

＜標　準＞

注目生物種は、生息が確認されている種について、生態系における上位性、典型性、希少性の観点に加え、地域の自然環境及びその利用状況（水産、遊漁、ダイビング等）を踏まえ、親近性、地域代表性、生態的重要性等も考慮して選定することを標準とする。

＜推　奨＞

希少種の観点からの注目生物種選定は、IUCN（国際自然保護連合）、環境省、各自治体により取りまとめられているレッドデータブックを参考とすることを推奨する。

＜参考となる資料＞

注目生物種の選定事例については、下記の資料が参考となる。

1) 自然共生型海岸づくり研究会編著，国土交通省河川局砂防部保全課海岸室監修：自然共生型海岸づくりの進め方，pp.44-51，(社)全国海岸協会，2003.

2) 環境庁企画調整局編：自然環境のアセスメント技術(Ⅰ)生態系・自然とのふれあい分野のスコーピングの進め方　環境庁環境影響評価技術検討会中間報告書，pp.65-89，1999.

3) 生物の多様性分野の環境影響評価技術検討会編集：環境アセスメント技術ガイド　生態系，pp.50-58，(財)自然環境研究センター ，2002.

9．3．4　ハビタット分布調査

＜考え方＞

ここで扱うハビタットとは、河川や淡水で使われるのと同じく、物理的及び生物的な環境条件によって分類される生物の生息空間のことである。各ハビタットは閉じたものではなく、異なるハビタットとの間で物質及びエネルギーのやりとりが存在し、そのような複数ハビタットによって海岸生態系は構成されている。

海岸におけるハビタットを分類する上で重要な物理的な条件としては、冠水頻度（陸域、水域、潮間帯)、微地形（バー、トラフ、バーム等)、底質（砂、礫、岩礁等）等が、生物的な条件としては、植生帯、藻場、サンゴ礁の存在などが挙げられる。これらの組合せによって生物の生息空間としての特徴が異なる。

海岸における生物生息状況は、波浪や海水の流れなど、限られた観測機会だけでは把握しきれない非定常な物理的要素にも強く依存する。海岸の植生帯や藻場、サンゴ礁は、こうした非定常な要素の履歴に応じて構成種、生育状況が決まるため、物理的な環境条件の分布を総合的に把握するのにも役立つ。生物の中には特定のハビタットに強く依存して生活するものも多いため、こうしたハビタットの分布を把握することで生息生物の種類と分布状況をおおよそ推測することができる。

9．3．5　ハビタット分布調査の方法

＜標　準＞

ハビタット分布調査は、現存するハビタットのタイプ、空間分布を把握するため、調査対象地における次の要素の分布状況を調査し、各要素の組合せを基に分類したハビタットの分布状況を平面図及び断面図に整理することを標準とする。

１）冠水頻度（陸域～海域）
２）微地形（陸域～海域）
３）底質（陸域～海域）
４）植生（陸域）
５）藻場（海域）
６）サンゴ礁（海域）

まず、最新の空中写真、地形図、海図等を目視で判読し、上記の各要素についての概略の分布図を作成し、空中写真等では判読しにくい情報を現地踏査によって補足することで各要素の分布図を作成することを標準とする。

ここで扱う冠水頻度、微地形、底質等は、たとえば表 21-9-1 のように、目視で把握可能な程度の分類によるものとし、植生、藻場、サンゴ礁については群集を特徴づける生物分類群（ア

マモ場、ガラモ場等）を把握する程度とする。なお、植生分布については、事業対象となっている範囲だけでなく、砂丘や塩性湿地などの連続する背後地も調査対象とする。

表21-9-1　底質の類型区分

底質類型	区分の基準
岩盤	岩盤
転石	等身大以上
巨礫	等身大～人頭大
大礫	人頭大～こぶし大
小礫	こぶし大～米粒大
砂	米粒大～目視での粒子確認可
泥	目視での粒子確認不可
構造物	消波ブロックなど

＜推　奨＞

空中写真や衛星画像等のリモートセンシング技術によって数値的に解析してハビタット分布を判読する方法は現地調査よりも精度は落ちるが、広範囲を調査する必要がある場合には詳細な現地調査地点を絞り込むための予備調査として実施することを推奨する。なお、空中写真はなるべく撮影高度の低いものが適しており、ハングライダーやバルーン等を活用した安価な撮影方法についても検討することを推奨する。

9．3．6　ハビタット分布調査結果の整理

＜標　準＞

概況調査によって得られたハビタットの分布、生物の利用状況などの情報は、市町村白図、空中写真等の図面を基図とした平面図及び、測量成果を基図とした断面図上に整理することを標準とする。

＜推　奨＞

海域については、砂州や岩礁等との位置関係が重要となるので、海底地形のコンターが描かれた基図上に結果を取りまとめることを推奨する。

＜参考となる資料＞

調査結果の整理方法の詳細については、下記の資料が参考となる。

1）海辺の生物国勢調査マニュアル（案）について，平成 15 年，国土交通省河川局海岸室，p. 296.

9．4　影響フロー図の作成

＜考え方＞

海岸環境調査では、本格的な現地調査に臨む前に事業の影響が生態系や各生物種の生態のどこに大きく及ぶのかを環境概況調査の結果を基に検討して、調査対象及び着目点を明確にする必要がある。そのためにも、ネットワーク的関係を持っている影響要因と環境要素、生物との関係を分かりやすく整理した影響フロー図（インパクト・レスポンスフロー図）を作成することが重要である（図 21-9-1）。

影響フロー図を作成する際の生物は、生態的な類似性から分類された生物群レベル（底生生

物、海藻・海草類、ウミガメ類等）で扱う場合と、種レベル（アサリ、アマモ、アカウミガメ等）で扱う場合がある。生物群レベルの扱いは、注目すべき生物種が明確でない場合に、影響されやすい生物群を概略的に把握しようとするときに役立つ。種レベルの扱いは、選定された注目生物種に対する影響を予測し、具体的な対策を講じようとするときに役立つ。そのため、目的に応じて使い分けることが必要である。

なお、ここで作成した影響フロー図は、生物調査及び生息環境調査を実施した後にも調査結果を踏まえて修正されるものである。

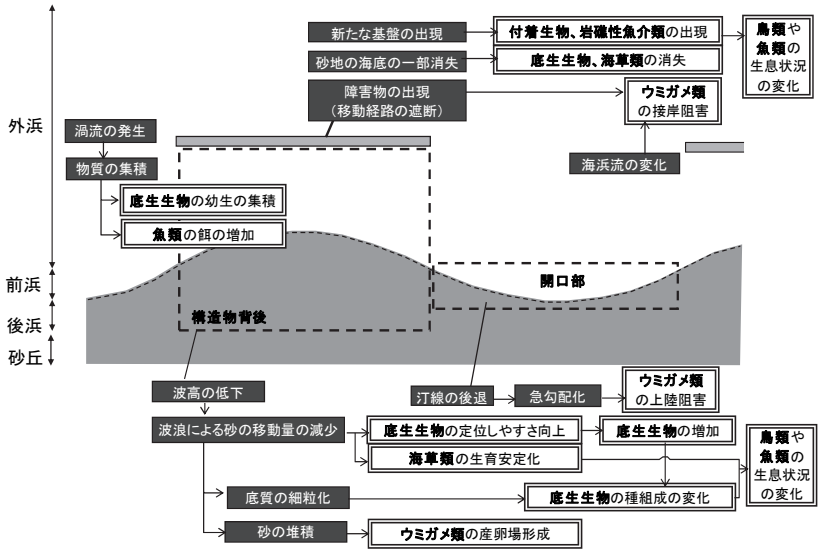


図21-9-1　離岸堤の設置による影響フロー図の例（蒋ら（2006）に加筆）

＜標　準＞

影響フロー図は、事業によって生じると考えられる物理的・化学的な環境変化と生物種・生物群に生じる変化の因果関係を矢印によって現場ごとに図示したものを標準とする。

＜推　奨＞

影響フロー図は、事業で扱う海岸保全施設の種類別に作成することを推奨する。また、変化が生じる場所、施設設置場所との位置関係が識別できるよう、平面図、断面図上に整理することを推奨する。

＜参考となる資料＞

影響フロー図の具体的な作成例については、下記の資料が参考となる。

1)　目黒嗣樹，加藤史訓，福濱方哉：生態系の概念にもとづくインパクト・レスポンスフローを活用した海岸環境調査の提案，海洋開発論文集，第 21 巻，pp. 235-240，2005.
2)　生物の多様性分野の環境影響評価技術検討会編集：環境アセスメント技術ガイド　生態系，pp. 203-225，(財)自然環境研究センター ，2002.
3)　蒋勤，福濱方也，加藤史訓：砂浜海岸生態系の環境影響評価に関する基本的な検討，海岸工学論文集，第 53 巻，pp. 1111-1115，2006.

9．5　生物調査

9．5．1　生物調査の目的と手法

＜標　準＞

生物調査は大きく下記の２種類に分類されるが、注目すべき生物種が明確である場合には、注目生物種の生息状況を把握することを目的とする。対象海岸に生息する生物の種組成についての既往調査結果が乏しく、概況調査の段階で注目生物種を選定できない場合には、生息生物種を把握することを目的とする。

１）注目生物種についての調査
２）生息生物種を把握するための調査

9．5．2　生物調査の実施に当たっての留意事項

＜標　準＞

生物調査の結果は、下記の項目とともに野帳に記録することを標準とする。

１）　調査名
２）　調査年月日
３）　調査場所（海岸又は海域名）
４）　調査担当者氏名（全員）
５）　調査船名、船長名、出港・帰港時刻（船舶を使う調査の場合）
６）　気象（天候、気温、風向・風速等）
７）　海象（波浪の状況、水の色）
８）　調査地点名
９）　調査点における調査の開始・終了時刻
１０）　調査地点の水深
１１）　その他の特記事項（青潮、赤潮、潮目の存在、油膜、漂着物等）

＜推　奨＞

調査実施に当たっては、生息生物種の季節変化、日周変化、潮汐に対応した変化にも配慮することを推奨する。また、生物種によっては生活史の中で、生息場所や生活様式を変えるものもいるため、注目生物種の生活史を踏まえた調査計画を立てることを推奨する。

調査で採取された標本については、将来、分類学的な変更や他の研究での再利用が必要になる場合もある。また、地域の博物館にとってはその地の自然環境を表す資料として貴重なものとなる可能性がある。標本を破棄する場合には、事前に地域の博物館に収蔵希望を確認し、必要に応じて寄贈することを推奨する。

＜参考となる資料＞

調査終了後の標本の取扱いについては、下記の資料が参考となる。

1)　松浦啓一編著：標本学 自然史標本の収集と管理，p.250，東海大学出版会，2003.

9．5．3　注目生物種についての調査

＜標　準＞

注目生物種の生息状況を把握することを目的とした生物調査は、対象生物種の専門家と協議の上、その生物種に最も適した手法により実施することを標準とする。

9．5．4　生息生物種を把握するための調査

＜考え方＞

生息生物種を把握することを目的とした調査を実施する場合には、移動性が低く、調査実施の季節や時間に結果が依存しにくい生物分類群の調査を優先的に実施することが望ましい。海域における調査の具体的な方法は、「海岸域生物環境調査について」に従うことが望ましい。

＜推　奨＞

「海岸域生物環境調査について」に従った調査が実施できない場合及び、陸域の調査については、次に示す順の優先度で実施することを推奨する。ただし、地元から優先的に調査を行う項目についての要望がある場合には、その要望を考慮することを推奨する。

１）陸域
- a)　植物
- b)　昆虫類
- c)　鳥類（海域を含む）

２）海域
- a)　サンゴ類（生息する場合）
- b)　海藻・海草類
- c)　底生生物（潮間帯を含む）
- d)　付着生物（潮間帯を含む）
- e)　魚類
- f)　魚卵・仔稚魚
- g)　プランクトン

これらの調査は、既に対象海岸若しくは近傍の海岸における調査が実施されている場合には、その手法に従うことを推奨する。また、調査の際には補完資料として調査範囲や採集試料の写真撮影を行うことを推奨する。

＜関連通知等＞

1)　海岸域生物環境調査について，平成 7 年 9 月 27 日，河海発第 27 号，建設省.

9．5．5　生息生物種を把握するための調査手法

（1）　植物

＜考え方＞

海浜植物は海岸の陸域生物の生息基盤として欠かせない上に、数少ない調査機会でも確実に把握できるため、海岸の陸域生態系の状態を把握する上で最も重要である。各植物の生息可能範囲は標高に依存した帯状分布となるため、断面で生息状況を把握することが有効であるが、パッチ状に分布する種を見落とさないためにも、平面的な分布も併せて把握することが大事である。

ほとんどの種が初夏に最も生育するが、太平洋側では台風による高波浪を受けて一部が枯死する場合もあることを留意して調査時期を決めることが望ましい。

＜標　準＞

植物調査は、下記に示す手法により初夏～秋の期間中に１回、植生図作成調査及び植物断面調査を行い、植生の分布状況、植生断面及び植生断面上の出現種を把握することを標準とする。

１）植生図作成調査

海岸環境概況調査で作成した概略の植生分布図を基に、空中写真の判読では見分けにくい海岸の詳細な植生や分布を現地で確認し、植生図を作成する。植生図化に用いる凡例は、原則として優占種で区分される群落名とする。

２）植生断面調査

草本群落及び低木群落については、岸沖方向に設定した測線上に連続した方形枠を設置し、ベルトトランセクト調査を実施する。コドラートの大きさは 3×3m とし、コドラート内の種ごとの被度（図 21-9-2）、群度（図 21-9-3）、高さ、階層を記録する。

高木群落については、測線上の代表的な群落に群落高を１辺としたコドラートを設置し、コドラート内の出現種、各階層の高さ、階層ごとの優占種、被度（図 21-9-2）、群度（図 21-9-3）を記録する。

なお、調査時には、林床の堆砂状況、ゴミの状況等も併せて記録し、注目生物種が存在する場合には、その位置、個体数も同時に記録しておく。

これらの情報を基に測線上の植生断面図を作成する。

a）被度階級

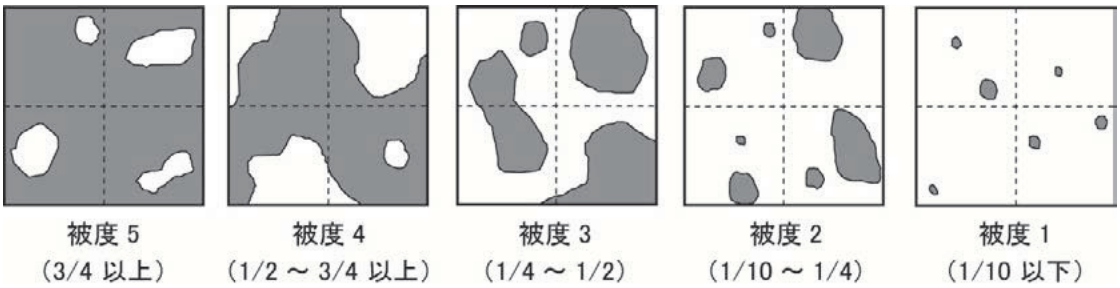


図21-9-2　被度階級の模式図（国土交通省河川局海岸室（2003）を改変）

被度５：被度がコドラート面積の 3/4 以上を占めているもの
被度４：被度がコドラート面積の 1/2～3/4 を占めているもの
被度３：被度がコドラート面積の 1/4～1/2 を占めているもの
被度２：個体数が極めて多いか、又は少なくとも被度がコドラート面積の 1/10～1/4 を占めているもの
被度１：個体数は多いが被度がコドラート面積の 1/20 以下、又は被度が 1/10 以下で個体数が少ないもの
被度＋：個体数も少なく、被度も少ないもの

b） 群度階級

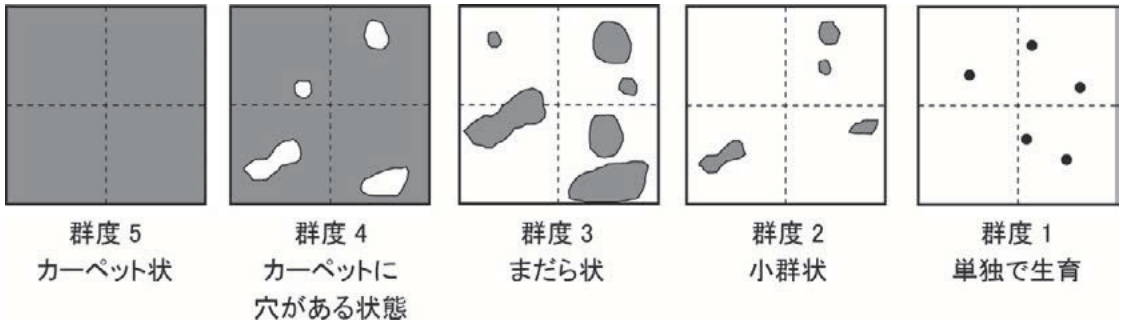


図21-9-3　群度階級の模式図（国土交通省河川局海岸室（2003）を改変）

群度５：調査区内にカーペット状に一面に生育しているもの
群度４：大きなまだら状又は、カーペット状のあちこちに穴があいているような状態のもの
群度３：小群のまだら状のもの
群度２：小群をなしているもの
群度１：単独で生えているもの

（２）　昆虫類

＜考え方＞

海岸には漂着物に依存して生きるハマダンゴムシや、砂地に巣穴を掘るイソコモリグモなど、海岸に固有な種が多く存在する。海岸には爬虫類・哺乳類・鳥類が定住することは稀であるので、これらの昆虫は海岸の生態系の中でも重要な位置を占め、海岸環境の状態を把握する指標となる。

歩行性の昆虫は暗い時間帯に活動するものが多いので、トラップによって調査することが望ましい。飛翔能力を有する昆虫は海浜植物を利用するものが多いので、植生帯において重点的に調査すると効率的である。

＜標　準＞

昆虫類調査は、７～９月に１回、下記の方法により採集を行い、確認時刻、確認種、個体数、確認位置を記録した上で、採取された生物種を断面図上に整理することを標準とする。

測線の両側 15m（観測幅 30m）を対象に、低木帯・高木帯では、たたき落とし法（ビーティング法）により、草本帯では、すくい捕り法（スウィーピング法）により、波の遡上帯では、ふるい取り法（シフティング法）により、さらに、調査範囲全体にわたって、ピットフォールトラップ法によって昆虫を採集する。これらの調査中に植物体等に付着している個体や飛翔している個体を見つけた場合には、捕虫網等によって採集するか、同定が確実な場合は採集せずに目視か鳴き声により種を判別する。

１）たたき落とし法（ビーティング法）
　木の枝をたたき棒でたたいて、下に落ちた昆虫をネットで受け取って採集する。
２）すくい捕り法（スウィーピング法）
　捕虫網を左右に振り、草や木の枝の先端、花などをすくうようにして、それらに付着し

ている昆虫を採集する。

3）ふるい取り法（シフティング法）

目の粗いフルイで海岸の漂着物をふるい、細かい付着物とともに落ちてくる昆虫をシートやバットに受けて、その中からピンセット若しくは吸虫管を使って昆虫を採集する。

4）ピットフォールトラップ調査

プラスチックコップなどを地面と同じレベルにコップの口がくるように30個を測線上に一定間隔で地表に一晩埋めて、落ち込んだ昆虫類を採集する。このとき誘因餌は使用しない。

（３） 鳥類

＜考え方＞

鳥類は海岸で営巣するコアジサシなどの一部の種を除き、ほとんどの種が対象海岸よりもはるかに広い範囲を行動圏とし、ごく一時的に対象海岸を利用するにすぎない。また、海岸を利用する利用時期・利用時間は種によって大きく異なるため、数少ない調査機会で生息実態を把握するのは難しい。そのため、現地で継続的に観察を行っている愛好家や研究者へのヒアリング（海岸環境概況調査の段階で実施）を行うことが最も重要である。

現地観測を実施する場合には、少ない回数でも観察できる種として、秋季を渡りの時期とするシギ・チドリ類や、冬季に海岸を利用するガンカモ類を対象として調査を計画することが望ましい。

＜標　準＞

鳥類調査は、測線上に海岸部並びに海上を見渡すことができる調査定点を設定し、1時間程度の定点観察によって確認された鳥類の種、個体数、確認状況（目視、鳴き声、飛翔、とまり、採餌など）、確認位置、確認時間を記録することを標準とする。

調査は秋季（８月中旬～９月を目安）及び冬季（１２～１月を目安）の年２回、１日につき早朝（秋季は６時から７時の時間帯を含む）と午後の２回実施することを標準とする。

（４） サンゴ類

＜考え方＞

サンゴ類は海岸における一次生産者であるとともに、空間的に複雑な構造をつくり出して様々な生物に生息場を提供するため、サンゴ類の状態を把握することは、その海岸の生態系の状態を保全する上で重要である。

分布域が限られる上に成長が遅いため、他の生物調査のような定量採集を行うことは極力避けて、フィールドで同定することが望ましい。

＜標　準＞

サンゴ類調査は、下記に示すマンタ法及びベルトトランセクト法により目視観察を行い、サンゴ群落の分布状況、出現種を把握することを標準とする。

1）マンタ法

海域におけるサンゴの分布状況の概要を把握するために、測線及びサンゴ礁の外縁に沿って観測者を小型船舶で曳航して、基質上の被度や底質状況等のデータを記録する。曳航速度は 1～1.5ノット程度とし、2分程度の間隔で記録する。被度は植物調査と同じ被度階級(図21-9-2)、底質状況は本節の 9.3.5 に記載の類型区分（表 21-9-1）を用いる。

２）ベルトトランセクト法
測線に沿って潜水移動しながら、幅２ｍ、長さ５ｍの範囲のサンゴ類の種類と被度及び底質状況を連続的に観測し、記録する。被度の階級区分及び底質の類型区分はマンタ法に準じる。

（５）　海藻・海草類

＜考え方＞

海藻・海草類の群落（藻場）は、海中において魚介類の生息場、産卵場、仔稚魚の保育場として重要なハビタットであると同時に、栄養塩類の吸収や光合成による酸素の供給などの重要な役割を担っている。
海岸事業によって設置された人工構造物を固着基盤とした新たな海藻・海草類の出現や、岩盤への砂の堆積による藻場の消失など、海岸事業の影響が顕著に出やすい生物であるので、その変化を把握しておくことが重要である。
繁茂期と衰退期が明瞭で、種によってはほとんど消滅する時期もあるので、適切な調査時期の選定が重要となる。

＜標　準＞

海藻・海草類調査は、マンタ法及びベルトトランセクト法により目視観察を行い、海藻・海草群落の分布状況、出現種を把握することを標準とする。これらの具体的な方法についてはサンゴ類調査に準じる。
調査は春～初夏の期間を含み、年２回以上行うことを標準とする。

＜推　奨＞

サンゴ類調査と海藻・海草類調査は基本的な作業内容が同じであるので、両調査を実施する必要がある場合には同時に実施することを推奨する。

（６）　底生生物

＜考え方＞

底生生物は移動性が乏しいために、海域の性格（外洋性、内湾性、内海性）や底質の性状、海底地形などの違いが種組成に反映しやすいことから、限定された海域の環境条件の特性を把握するのに有効である。
底生生物は体の大きさによって表 21-9-2 に示す４種類に分けられるが、ミクロベントス、メイオベントスについては分類学的な知見の不足により種同定が難しいものも多いので、海岸環境調査として実施する場合には、マクロベントス、メガロベントスを対象とすることが望ましい。

表21-9-2　底生生物の体の大きさによる分類

分　類	摘　要
ミクロベントス	主としてコアサンプラーで採集される顕微鏡的な大きさの生物
メイオベントス	通常1.0～0.5mm目のフルイを通過し、0.1～0.04mm目のフルイに残る生物
マクロベントス	通常1.0～0.5mm目のフルイに残る生物
メガロベントス	底曳網などで採集されるような大型生物

＜標　準＞

底生生物調査はマクロベントス・メガロベントスを対象とし、干潟及び浅海域においてはベルトトランセクト法による目視観察及び枠取り法による採集、沖合域においてはグラブ式採泥法による採集を行い、種別個体数、種別湿重量を記録することを標準とする。調査は夏季（７～９月中旬）と冬季（１２～３月）の年２回以上実施することを標準とする。

１）ベルトトランセクト法

測線に沿って徒歩若しくは潜水によって移動しながら、測線上の幅２ｍ、長さ５ｍの範囲の底生生物、巣穴等の生息痕及び底質状況を連続的に観測し、記録する。底質状況は本節の 9.3.5 と同じ類型区分（表 21-9-1）を用いる。

２）枠取り法

上述のベルトトランセクト法による調査測線上の数点で、方形枠内の深さ 10cm 程度分の底泥を移植ゴテ等によって採集し、1mm 目合のフルイを用いて生物を分離して採集する。なお、底質の粒径が粗く、フルイによる試料の分別が不可能と判断された際は、洗出し法によって生物を分別してもよい。方形枠のサイズは干潟では 25cm×25cm 若しくは 50cm×50cm、水域では 1m×1m とする。

３）グラブ式採泥法

グラブ式採泥器（スミス・マッキンタイヤ型採泥器、エクマンバージ型採泥器等）によって底泥を採取し、1mm 目合のフルイを用いて生物を分離して採集する。なお、底質の粒径が粗く、フルイによる試料の分別が不可能と判断された際は、洗出し法によって生物を分別してもよい。1 測点における採取回数は１測点における底泥面積が 0.1m^2 以上となるように、採泥器のサイズに応じて設定する。

（７）　付着生物

＜考え方＞

海岸保全施設等の設置は、付着生物にとっては新しい着生基質の出現となるために、海岸事業の影響を最も直接的に受ける。また、付着生物相は同一場所における一定期間に累積された環境の変化を総合的に知るための指標として有効である。

付着生物は水中観察で正確に同定することが難しい上に、多数の個体が１箇所に群生することが多いので、目視観察と併せて剝ぎ取り採集を行うことで、正確に同定することが望ましい。

一般に付着生物の種類や量は、夏季に多く冬季に少なくなることから、夏季と冬季の状態を把握することが重要である。

＜標　準＞

付着生物調査は、潮間帯から潮下帯の範囲の付着動物、付着植物を対象とし、ベルトトランセクト法による目視観察及び剝ぎ取り採集を行い、種別個体数、種別湿重量を記録することを標準とする。調査は、夏季（７～９月中旬）と冬季（１２～３月）の年２回以上実施することを標準とする。

１）ベルトトランセクト法

測線に沿って方形枠を置き、枠内の生物の種組成及び量を目視で観察して記録する。方形枠

は、細かい帯状構造を形成する岩礁では 25cm×25cm 程度とし、スクーバ潜水を必要とする潮下帯では 0.5×0.5m あるいは 1×1m とする。付着植物については被度を植物調査と同じ被度階級（図 21-9-2）で、群度を植物調査と同じ群度階級（図 21-9-3）記録する。付着動物については、被度ではなく個体数を 5 段階の階級（非常に多い場合を 5 とし、1 個体ないし数個体の場合を 1 とする）で記録する。

２）剝ぎ取り採集法

その測点の生物相を代表すると考えられる場所に 10cm×10cm の方形枠を置き、スクレイパーなどで枠内の全ての生物を剝ぎ取って採集する。

（８） 魚類

＜考え方＞

魚類調査は対象海岸を利用する魚種の把握及び特定箇所への蝟集状況の把握のためにも重要である。

魚類は浮魚類と底魚類に大きく分けられるが、浮魚類は遊泳力が大きく、広い海域を自由に移動するため、調査点を固定して定量採種することはほとんど不可能に近い。これに対して底魚類は短期間内の移動が少ない上、わりあい規則的に回遊することが多い。そのため、漁獲調査に加えて目視観察を行うことで、浮魚類についての情報を補完することが望ましい。

＜標　準＞

魚類調査は、潜水目視観察及び小型底曳き網による漁獲調査を夏季（７～９月中旬）、冬季（１２～３月）の年２回以上行い、魚種別個体数、種別湿重量を記録することを標準とする。

１）潜水目視観察

測線に沿って一方向にゆっくり遊泳しながら魚類の分布生息状況に応じ、適宜静止して、一定幅の間で魚種、個体数、分布生息状況（遊泳層、藻場・礁等との相対位置、海底の転石の間隙等）を観察・記録する。

２）漁獲調査

小型底曳き網を汀線と並行方向に 3 ノット、20 分間曳網して採集した漁獲物について、種同定、性判別、個体数計数、湿重量計測、各部位の測定を行う。魚類以外の生物が採集された場合には、それらについても同定、計数を行うものとし、その場合の測定項目は下記のとおりとする。各部位の計測は漁獲数が 30 個体までは全数を計測し、30 個体を越える場合は無作為に 30 個体を抽出して行う。

a） 魚類：体長、湿重量、雌雄、生殖腺重量
b） イカ類：全長、外套膜長、湿重量
c） タコ類：全長、外套膜長、湿重量
d） エビ類：全長、頭胸甲長、湿重量、雌雄
e） カニ類：頭胸甲長、頭胸甲幅、湿重量、雌雄
f） 二枚貝類：殻高、殻長、湿重量
g） 巻貝類：殻径、殻高、湿重量

＜推　奨＞

潜水目視観察の際には、水中ビデオを用いて魚類の生息状況及び当該海域の概況を記録することを推奨する。

（９）　魚卵・仔稚魚

＜考え方＞

海産魚の多くは夜間に浮遊卵を産卵し、仔稚魚の多くは日周鉛直移動によって夜間に表層に出現するため、広く出現種を把握するには、明け方の表層を対象にした調査を実施することが効率的である。また、日本周辺の沿岸域では周年にわたり何らかの種類の魚卵、仔稚魚が出現するが、一般に春～夏及び秋季に産卵する種類が多いので、これら２時期に調査を行うことが重要である。

ただし、魚卵には付着卵や沈性卵も存在すること、仔稚魚の中には中層・底層に生息する種も存在するので、表層の曳網調査では採集できない魚種もいることに留意する。

＜標　準＞

魚卵・仔稚魚調査は、網口に濾水計をセットした稚魚ネットを２ノットの速度で５～１０分間表層を海岸線に平行に水平曳きして試料を採集し、魚種別個体数を記録することを標準とする。調査時間は午前中とし、春季（４～６月）及び秋季（９月下旬～１１月）の年２回以上実施することを標準とする。

＜推　奨＞

曳網はなるべく明け方から実施することを推奨する。また、十分な調査時間と器具を確保できる場合には、中層及び底層を対象とした曳網調査も併せて実施することを推奨する。

（１０）　プランクトン

＜考え方＞

プランクトン調査は対象海岸における基礎的な生物量及び特定の箇所への蝟集状況を把握する上で重要である。

一般に植物プランクトンは動物プランクトンよりも微細なため、適した採集方法は異なる。

プランクトンの分布は生息している水の動きに依存するため、特に潮時に留意して調査計画を立てることが望ましい。また、プランクトンは一般には春季と秋季に増殖期があるとされているが、内湾、閉鎖性水域等の富栄養海域では夏季を中心に赤潮がしばしば発生するように、季節的な変化は、水域、地形及び外海水などの海水交換の状況によって一様でないことに留意する。

＜標　準＞

プランクトン調査は、下記の方法により、動物プランクトンと植物プランクトンについて、春季（４～６月）及び秋季（９月下旬～１１月）の年２回以上実施することを標準とする。

１）動物プランクトン

測点で調査船を停止させ、網口に濾水計をセットした北原式定量ネット（目合いNXX13）を用いて海底面上1mから海面まで0.5～1m/secの速度で鉛直曳きによって採集し、実験室内で沈澱管を用いた沈澱量の測定、同定、計数を行う。

２）植物プランクトン
測点で調査船を停止させ、バンドーン型採水器を用いて表層（海面下 0.5m）及び中層（水深の 1/2）より採水し、実験室内で沈澱管を用いた沈澱量の測定、同定、計数を行う。

＜推　奨＞

プランクトン調査は、内湾、閉鎖性水域等の富栄養海域では、春季、秋季以外にもプランクトンの増殖がみられる時期に調査を実施することを推奨する。

＜参考となる資料＞

陸域における生物調査の具体的な解説については、下記の資料が参考となる。

1）　海辺の生物国勢調査マニュアル（案）について，平成 15 年，国土交通省河川局海岸室，p. 296.

海域における生物調査の具体的な解説については、下記の資料が参考となる。

2）　建設省河川局防災海岸課監修：海岸域生物環境調査マニュアル（試行案），p. 161，（財）リバーフロント整備センター，1995.

3）　(社)海洋調査協会：海洋調査技術マニュアル―海洋生物調査編―，p. 219，2006.

9. 6　生息環境調査

9. 6. 1　生息環境調査の目的と項目

＜考え方＞

生息環境調査は、注目生物種の生息に必要な環境条件を把握することを目的として実施する。注目生物種について作成した影響フロー図で重要とされた環境要素について優先的に調査を実施することとなるが、海岸では生物の生息環境として下記の調査が特に重要となる。

１）水質調査
水質は、海中における生物の運動能力や浸透圧調節、酵素活性等の生理に直接影響を与える環境要素として、また、河川からの流入水の影響範囲を把握する手掛かりとして重要である。

２）底質調査
巣穴形成や潜砂による捕食者からの逃避、浮遊幼生の着底対象として、底生生物の種ごとに好適な底質環境が決まっていることから、底生生物を調査対象に選定した場合には、併せて底質調査を実施する必要がある。調査方法は本章の第 7 節　漂砂調査　を参照。

３）波浪調査
波浪は、海岸の生物に加わる攪乱の大きさを表す指標である。各地点での波浪観測の方法は本章の第 5 節　波浪調査　を参照できるが、船舶やモーターボートによる航走波が生物生息に影響を与え得る静穏な海域においては、航走波の影響が及ぶ範囲を把握することが必要である。

４）流れ調査
流れは、海岸の生物の移動経路や分散環境を表す指標である。調査方法は本章の第 6 節　流れの調査　を参照。

５）潮汐調査
潮位は、生物調査の結果の解釈に当たって潮汐の違いによる影響を考慮する上で重要である。

調査方法は本章の第４節 海面変動調査 を参照。

６）地形調査

バー・トラフやバーム、カスプ等の微地形は、スポット的な生物の生息を解釈するための材料となる。調査方法は、本章の第８節 海岸測量 を参照。

これらの項目は､調査対象とする生物分類群に応じて選択することが必要である(表 21-9-3)。

表21-9-3　各生物分類群について重要な生息環境調査項目

		生息環境調査の項目					
		水質	底質	波浪	流れ	潮汐	地形
生物分類群	植物		○				○
	昆虫		○				○
	鳥類		○			○	○
	サンゴ類	○		○	○	○	○
	海藻･海草類	○	○	○	○	○	○
	底生生物	○	○	○	○	○	○
	付着生物	○		○	○	○	○
	魚類	○	○	○	○	○	○
	魚卵･仔稚魚	○	○	○	○	○	○
	プランクトン	○	○	○	○	○	○

これらのうち、波浪調査、流れ調査、潮汐調査、地形調査については、既往の調査結果若しくは公的機関により公表されている観測結果を利用することもできる。

本節ではこれらの各調査に関して特に重要な調査項目を挙げるが、そのほかにも各生物種に特有な環境要素が存在する場合もあるので、最適な調査項目を常に模索することが重要である。

9．6．2　水質調査

＜考え方＞

海岸環境調査として実施する水質調査は、生物調査と同時に実施され、生物調査の測点を臨機応変に変更するための判断材料となる場合もあるため､水質管理を目的とした第 12 章 水質・底質調査 とは異なり、現場で即座に結果を確認できる項目が優先される。

＜標　準＞

水質調査は、次の項目について生物調査と同一測点で実施することを標準とする。

１）水温・塩分

水温と塩分は、CTD を用いて表層（深度 0.5m）から底層（CTD が着底するまで）まで 1m 間隔で水深と合わせて計測することを標準とするが､水深１ｍ以浅若しくは砕波点より岸側では表層（深度 0.5m）のみの計測とする。

２）透明度

透明度は、透明度板（セッキー板）を海水中に垂下し、海面直上からみて視認できる限界の深さを透明度とし、ｍ単位で表すことを標準とする。限界の深さは、まず透明度板を海中に沈めて見えなくなる深さを、次にゆっくり引き上げて見え始めた深さを計測し、両値を平均することで求める。水深１ｍ以浅若しくは砕波点より岸側では実施しなくてもよい。

＜推　奨＞

多項目水質計を用いて観測を行う場合には、下記のうち多項目水質計が対応している項目についても水温・塩分と同時に計測することを推奨する。

１）水素イオン濃度（pH）
２）溶存酸素量（DO）
３）濁度
４）クロロフィル

これらのうち溶存酸素量については、内湾域では底生生物の生息に直接影響する貧酸素水塊の形成状況を把握するのに役立つため、成層によって貧酸素水塊が発生しやすい暖候期（4～12月）にはなるべく調査海域の全域で実施することを推奨する。測点を絞り込む必要がある場合には、湾奥部で貧酸素水塊が形成されやすい水深の深い測点を優先させる。

また、海域の水温・水質は調査日時によって変動しやすいため、計測機の設置が可能な場合には測点を選定した上で、データロガーなどを利用して時系列で把握することを推奨する。計測の時間間隔は調査目的とデータロガーのメモリ容量、データ回収可能なスケジュールに応じて決定するものであるが、最低でも１時間に１回以上は計測できるように設定する。計測水深は調査目的に応じて設定する。

次の項目は、概要調査等でその海域において社会的に求められている場合には、「水質汚濁に係る環境基準について」に指定された方法による調査を行い、環境基準と比較することを推奨する。ただし、波浪による攪拌作用が強い海岸では、これらの項目は広い範囲にわたって均一化しやすいので、適宜、測点数を減らしても構わない。

１）　水素イオン濃度（pH）
２）　化学的酸素要求量（COD）
３）　溶存酸素量（DO）
４）　大腸菌群数
５）　n-ヘキサン抽出物質
６）　全窒素（T-N）
７）　全リン（T-P）
８）　全亜鉛
９）　「人の健康の保護に関する環境基準」に掲げられている重金属
１０）　「人の健康の保護に関する環境基準」に掲げられている有機化合物

次の項目は、有機汚濁や富栄養化の把握に役立つので、内湾では調査することを推奨する。

１）　浮遊物質量（SS）
２）　リン酸態リン（PO_4-P）
３）　アンモニア態窒素（NH_4-N）
４）　亜硝酸態窒素（NO_2-N）
５）　硝酸態窒素（NO_3-N）

＜関連通知等＞

1)　水質汚濁に係る環境基準について，昭和 46 年 12 月 28 日，環境庁告示第 59 号，環境省.

＜参考となる資料＞

水質調査方法については、下記の資料が参考となる。

1）（社)海洋調査協会：海洋調査技術マニュアル―水質・底質調査編―，pp.34-68，2008.

水質調査結果の分析方法については、下記の資料が参考となる。

2） 土木学会：海岸施設設計便覧［2000 年版］，pp.274-282，2000.

9．7　環境変化予測

＜考え方＞

環境変化予測は、海岸環境の保全に資する海岸事業の内容及び工法を模索する際の判断材料を提供するために、海岸事業によって生じる環境変化を定量的若しくは定性的に予測することを目的とする。

ただし、生物の生息状況の変化を予測する手法は、標準手法として定められるほど確立されたものはないので、ここでは空間的な評価を目的とした場合に適した評価手法を例示するにとどめる。

＜例　示＞

海岸事業に伴う空間的な環境変化を予測する手順として、下記の４段階による方法を例示する。

１）生息適地モデルの作成

現地調査結果と既往知見を基に、物理・化学的な環境要素と対象生物の生息密度や出現の有無等の関係を表現した生息適地モデルを作成する。作成されたモデルを踏まえて、必要であれば影響フロー図を修正する。

２）生息適地モデルの妥当性の検証

物理・化学的な環境要素についての現況を再現する数値シミュレーションを実施し、得られた結果を１）で作成した生息適地モデルに適用して現地調査時の注目生物種の生息状況を再現する。再現結果を現地調査データや既往知見と比較して、差異が大きすぎる場合には、生息適地モデルを修正する。

３）生息環境の変化予測

生息適地モデルを作成した物理・化学的な環境要素のうちで影響が大きいものについて、事業後の変化を定量的若しくは定性的に予測する。定量的な予測の実施に当たっては、各環境要素に適切な数値シミュレーションを用いる。

４）注目生物種の生息状況の変化予測

生息環境の変化予測の結果を生息適地モデルにあてはめて、事業後の注目生物の生息状況を予測する。

＜参考となる資料＞

空間的な環境変化の予測手法の一例として下記の資料が参考となる。

1） 田中章：HEP 入門＜ハビタット評価手続＞マニュアル，p.266，朝倉書店，2006.

9．8　海岸生態系の把握

＜考え方＞

海岸生態系の把握は、海岸に生息する生物全体をひとつの系として保全するため、海岸に生息する生物どうしの捕食被食や競争、共生等の関係を通じて達成されているエネルギー及び物質の循環の実態を把握することを目的とする。

ただし、生態系を把握する方法は、標準手法として定められるほど確立されたものはないので、ここでは幾つかの方法を例示するにとどめる。

＜例　示＞

海岸生態系の把握方法としては、植物プランクトンや動物プランクトン等の低次栄養段階を対象とした生態系モデルがあり、これにより炭素やリン、窒素等の物質循環を把握することができる。高次栄養段階については、調査対象とする海岸に出現する生物のうち、出現頻度の高いものや現存量の多い生物を中心に既往知見等を基に捕食被食関係をモデル化する。

＜参考となる資料＞

生態系モデルの詳細については、下記の資料が参考となる。

1)　土木学会：海岸施設設計便覧［2000 年版］，pp. 169-175，2000.

2)　小路淳・堀雅和編集，日本水産学会監修：浅海域の生態系サービス－海の恵みと持続的利用，恒星社厚生閣，2011.

第10節　海岸利用調査

＜考え方＞

海岸は、古来から地域社会において祭りや行事の場として利用されており、地域文化の形成や継承に重要な役割を果たしてきた。近年は、人々のニーズも社会のあらゆる分野で高度化、多様化しており、海岸も、海水浴等の利用に加え様々なレジャーやスポーツ、体験活動・学習活動の場及び健康増進のための海洋療法や憩いの場などとしての利用がなされてきている。

海岸利用調査は、周辺の海岸を含めた海岸利用の現状や歴史的経緯等を把握することを目的として、以下の項目について調査するものである。

１）海水浴、サーフィン等の利用状況
２）祭りなどのイベント
３）景観

＜標準＞

海岸の利用状況については、海水浴客、観光客等の入込数、海水浴や散歩などによって利用される海浜の範囲を把握することを標準とする。

海岸の景観については、「海岸景観形成ガイドライン」に従って調査することを標準とする。

＜推　奨＞

海岸利用の現状については、利用者の年齢構成、一日における変動や季節変動を把握することを推奨する。また、海岸事業による海岸利用の促進効果についても、必要に応じて把握することを推奨する。

＜関連通知等＞

1） 海岸景観形成ガイドライン，平成 18 年 1 月，国土交通省河川局・港湾局，農林水産省農林振興局，水産庁，pp. 31-45.

＜参考となる資料＞

海岸堤防、水門等の景観配慮の視点、方法の一例として、下記の資料が参考となる。

1） 河川・海岸構造物の復旧における景観配慮の手引き，平成 23 年 11 月，国土交通省水管理・国土保全局，pp. 1-35.

第11節　海岸漂着物調査

＜考え方＞

「海岸漂着物対策を総合的かつ効果的に推進するための基本的な方針」では、海岸漂着物対策の推進に関する基本的方向として、以下のように定めている。

海岸漂着物対策は、海岸漂着物等の円滑な処理を図るための施策とその効果的な発生抑制を図るための施策の推進を通じて、海岸における良好な景観及び環境の保全を図ることを目的としてなされるものである。

今後、我が国における海岸漂着物対策を推進するための枠組みとして、

- 海岸漂着物等の円滑な処理とその発生抑制を施策の両輪として講ずること、
- 関係者の相互協力が可能な体制づくりや、民間団体等との連携、協力、支援を通じて、多様な主体の適切な役割分担と連携の確保を図ること、
- 周辺国との間で国際的な協力の推進を図ること

を対策の３つの柱とし、これを軸として施策を展開していくことが必要である。

我が国における海岸漂着物対策は、海岸漂着物等の発生の状況や原因について未解明な部分が多く残っており、海岸漂着物処理推進法の成立によって緒についた段階である。本基本方針に基づき、海岸漂着物等の円滑な処理やその効果的な発生抑制に関する施策の実効性を確保することが必要である。

海岸管理者等は、管理する海岸の土地において、その清潔が保たれるよう、海岸漂着物等の処理のため必要な措置を講じなければならない。このため、海岸管理者等は、海岸の地形、景観、生態系等の自然的条件や海岸の利用の状況、経済活動等の社会的条件に応じて、海岸漂着物等の量及び質に即し、海岸漂着物等の処理のため必要な措置を講ずることが求められる。その際には、海岸漂着物対策の経緯や体制等、地域の実情を踏まえ、海岸漂着物等の回収や処分等に関して市町村の協力等地域の関係者間で適切な役割分担に努めるものとする。

海岸漂着物等の効果的な発生抑制のためには、発生の状況及び原因に関する実態把握が重要であり、国や地方公共団体は調査・実態把握、関係者間の情報共有、インターネットを活用した国民への広報、海岸漂着物の問題に関する普及啓発を図るよう努める。海岸漂着物の実態については､NPO その他の民間団体等や学識経験者等によって自主的に各種の調査活動がなされているところであり、国や地方公共団体はこれらの調査活動の結果を収集、整理し、施策に活用するよう努める。

海岸管理者が実施する海岸漂着物調査は、海岸保全施設の機能や海岸利用等の阻害となる流木や漂着ゴミ等の発生状況及び原因を明らかにすることが目的であり、海岸漂着物等の処理のために必要な措置を講じる際の検討にも役立つものである。

＜標　準＞

海岸漂着物調査は、現地調査等により発生状況（漂着物の分布、量、内容）及び原因を把握することを標準とする。

使用済みの注射器やガスボンベ、信号弾など危険な漂着物の取扱いについては、「海岸漂着危険物ガイドライン」による。

＜関連通知等＞

1）海岸漂着物対策を総合的かつ効果的に推進するための基本的な方針，平成 22 年 3 月 30 日閣議決定，環境省.

2）海岸漂着危険物ガイドライン，平成 21 年 6 月，農林水産省農村振興局・水産庁，国土交通省河川局・港湾局，p. 39.

第12節　海岸災害調査

12．1　海岸災害調査の目的

＜考え方＞

海岸災害調査は、既往災害の調査と災害発生後の調査に分けられる。

既往災害の調査は、災害履歴を整理することにより当該海岸の災害や脆弱性の特徴を把握すること、解析の検証データを整理すること等が目的となる。

災害発生後の調査の対象は海岸保全施設の被災と一般被害に分けられる。海岸保全施設の被災を対象とした調査においては、作用した外力と施設周辺の海岸侵食等の状況、施設の被災状況等から被災機構を解明し、復旧工法の検討や施設の設計基準や管理の充実に生かすことが目的となる。一般被害を対象とした調査においては、災害をもたらした外力とその発生要因、生じた被害の内容、防災や被害拡大防止のためにとられていた措置・対策との関係を調査し、再度災害の防止や被害軽減方策の検討、他海岸での類似災害の予防に生かすことが目的となる。

災害発生直後の現地における調査は迅速に実施されることが望ましいが、調査における安全の確保、救助・捜索活動や被災者・被災地のケアを十分考慮して、適切に項目を設定する。

12．2　海岸災害調査の方法

＜標　準＞

海岸災害調査は、既往文献（古文書等）の調査、現地調査、目撃者からの聞き取り、災害時の写真やビデオの収集などにより、以下の事項を把握することを標準とする。

１）災害の外力

高潮や高波が発生したときの天気図や風、気圧、潮位、波浪等の時系列データ、津波を引き起こした地震の震源域や断層モデル等を整理する。

２）海岸保全施設の被災状況

海岸保全施設が被災した範囲や形態等を整理する。その際、海岸保全施設に作用する外力には、高潮や地震動など河川堤防と共通するものと、波浪のように河川と比べて著しく大きいものがあること、原則として盛土による築造される河川堤防とは異なり、海岸保全施設は盛土とコンクリートの複合構造物として、あるいはコンクリート構造物となることが多いことに留意する。また、海岸堤防・護岸の天端が陥没した場合には、表法先の洗掘状況や止水矢板の損傷状況、堤体内の空洞の発生状況を確認し、空洞化の発生機構等を整理する。

なお、人工海浜における土砂の流出、空洞形成の把握方法については、「人工海浜の安全確保のため留意すべき技術的事項について」による。

３）海浜地形変化の状況
高波浪や津波の前後における汀線や等深線の変化等を整理する。津波については、広範囲の海浜変形のほか、構造物周辺の局所洗掘についても把握する。

４）浸水状況
高潮・高波や津波によって浸水した範囲と浸水深、浸水域での痕跡高及び流れの方向、津波堆積物の分布等について整理する。津波の痕跡高の整理方法については、「設計津波の水位の設定方法等について」による。

５）被害状況
死者・行方不明者等の人的被害、家屋の流失や浸水等の家屋被害、海岸施設以外の公共土木施設被害、農地被害等を整理する。

６）水門・陸閘等の閉鎖、海岸における水防活動、被害拡大の防止のための措置
水門・陸閘等の閉鎖状況、海岸における水防の実施状況等を整理する。

７）避難状況
住民の避難状況について整理する。

８）警報の発令、避難指示・勧告の発令、それら情報の伝達等避難支援措置
津波警報、高潮警報、避難指示・勧告等の発令状況とともに、それらの伝達を支援するために行われた措置について整理する。

＜関連通知等＞

1) 人工海浜の安全確保のため留意すべき技術的事項について，平成 14 年 6 月 25 日，国河海第 24 号・国港海第 125 号，国土交通省河川局砂防部保全課海岸室長，国土交通省港湾局海岸・防災課長通知.
2) 設計津波の水位の設定方法等について，平成 23 年 7 月 8 日，農林水産省農村振興局整備部防災課長，水産庁漁港漁場整備部防災漁村課長，国土交通省水管理・国土保全局砂防部保全課海岸室長，国土交通省港湾局海岸・防災課長通知.

＜参考となる資料＞

津波の痕跡高調査の詳細な方法については、下記の資料が参考となる。

1) 今村文彦：津波被害調査のマニュアル，津波工学研究報告，第 15 号，1998.

過去の津波の痕跡高については、下記の資料が参考となる。

2) 東北大学大学院工学研究科付属災害制御研究センター，原子力安全基盤機構：津波痕跡データベース，2010.

海岸堤防の空洞に関する調査方法については、下記の資料が参考となる。

3) ライフサイクルマネジメントのための海岸保全施設維持管理マニュアル（案）～堤防・護岸・胸壁の点検・診断～，平成 20 年，農林水産省農村振興局防災課，農林水産省水産庁防災漁村課，国土交通省河川局海岸室，国土交通省港湾局海岸・防災課.

＜推　奨＞

原因究明や再度災害防止、対策検討のために必要と考えられる場合には、学識経験者等の意見を聞いて、総合的に検討することを推奨する。

第13節　高潮浸水解析

13．1　高潮浸水解析の目的

＜考え方＞

高潮災害を防止するためには、海岸堤防や水門の整備等のハード面と、警戒・避難体制の強化といったソフト面とが一体となった総合的な対策が重要である。一定の外力レベルまではハード面で対処できるが、それを越える部分についてはハード面だけで被害を防止することはできないので、ハード面とソフト面の連携が必要である。

高潮災害への総合的な対策の検討には、高潮・高波による浸水地域を想定することが必要である。どのような高潮・高波によって、どこで、どの程度浸水するかを想定することで、ハザードマップの作成、避難路や避難場所等の整備、避難計画の検討等が可能になる。

高潮浸水解析は、高潮・高波による浸水地域を想定することが目的である。

13．2　高潮浸水解析の方法

＜標　準＞

高潮浸水解析は、対象とする台風等による高潮（潮位偏差）及び波浪を計算し、陸上部における浸水状況を数値計算で求めることを標準とする。ただし、越波量が高潮による越流量と比べて無視できるほど小さい場合には、波浪の計算を省くことができる。詳細は「津波・高潮ハザードマップマニュアル」による。

高潮の数値計算のモデルについては、本章の第4節 海面変動調査の4.4によるものとする。

波浪の数値計算のモデルについては、本章の第5節 波浪調査の5.4によるものとする。

＜関連通知等＞

1）津波・高潮ハザードマップマニュアル，平成16年4月，内閣府（防災担当），農林水産省農村振興局，農林水産省水産庁，国土交通省河川局，国土交通省港湾局，pp.102-111.

13．2．1　対象とする台風等の設定

＜標　準＞

高潮浸水解析で対象とする台風等は、想定最大規模のものを基本とする。想定台風は、対象地域の既往最大又は伊勢湾台風規模の台風とし、既往台風の経路を参考として、対象地域において被害が最大となる経路を設定することを標準とする。

なお、施設整備水準が十分ではない地域における設計外力による浸水など、解析目的及び対象地区の特性に応じて台風等の規模等を設定することを可とする。

13．2．2　潮位（天文潮）の設定

＜標　準＞

高潮浸水解析に用いる潮位は、朔望平均満潮位とすることを標準とする。

13．2．3　施設条件の設定

＜標　準＞

高潮浸水解析では、高潮の越流と高波の越波による施設の破壊を考慮することを標準とする。

13．2．4　地形データ

＜標　準＞

高潮浸水解析に用いる地形データは、十分な精度を有するデータから作成し、現地実態と合致しているか確認することを標準とする。

13．2．5　解析結果の出力

＜標　準＞

高潮浸水解析で得られた最大浸水深や浸水範囲等は、浸水解析において設定した諸条件とともに、都市計画図等に重ね合わせて表示することを標準とする。

詳細は「津波・高潮ハザードマップマニュアル」による。

＜推　奨＞

避難計画等の検討に資するように、浸水方向や浸水開始時間、浸水域において水没しない建物等も表示することを推奨する。

＜関連通知等＞

1)　津波・高潮ハザードマップマニュアル，平成 16 年 4 月，内閣府（防災担当），農林水産省農村振興局，農林水産省水産庁，国土交通省河川局，国土交通省港湾局.

＜参考となる資料＞

ハザードマップの作成については、下記の資料が参考となる。

1)　海岸における水防警報の手引き（案），平成 22 年 3 月，国土交通省河川局防災課・海岸室，pp. 30-31.

第14節　津波浸水解析

14．1　津波浸水解析の目的

＜考え方＞

津波災害を防止するためには、海岸堤防や水門の整備等のハード面と、警戒・避難体制の強化といったソフト面とが一体となった総合的な対策が重要である。一定の外力レベルまではハード面で対処できるが、それを越える部分についてはハード面だけで被害を防止することはできないので、ハード面とソフト面の連携が必要である。

津波災害への総合的な対策の検討には、津波による浸水の範囲及び水深を想定することが必要である。どのような津波によって、どこで、どの程度浸水するかを想定することで、ハザードマップの作成、避難路や避難場所等の整備、避難計画の検討等が可能になる。

津波浸水解析は、津波による浸水の範囲及び水深を想定することが目的である。

東北地方太平洋沖地震・津波の教訓を踏まえた津波対策として、比較的発生頻度の高い津波に対しては、引き続き、海岸保全施設等の整備を進めていくこととされ、発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波に対しては、住民等の生命を守ることを最優先に、住民等の避難を軸に、土地利用、避難施設、防災施設などを組合せた総合的な津波対策を進めていくこととされている。

こうした考え方に基づき、将来起こり得る津波災害の防止・軽減のため、全国で活用可能な一般的な制度として、「津波防災地域づくりに関する法律（平成 23 年法律第 123 号）」及びそれに基づく「津波防災地域づくりの推進に関する基本的な指針」が定められ、「災害には上限

がない」ことを教訓に、「なんとしても人命を守る」ため、ハード・ソフトの施策を組み合わせた「多重防御」による津波防災地域づくりを進めていく必要がある。

＜関連通知等＞

1) 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告，平成 23 年 9 月 28 日，内閣府中央防災会議東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会.
2) 津波防災まちづくりの考え方，平成 23 年 7 月 6 日，社会資本整備審議会・交通政策審議会交通体系分科会計画部会.
3) 津波防災地域づくりに関する法律，平成 23 年，法律第 123 号.
4) 津波防災地域づくりの推進に関する基本的な指針，平成 24 年 1 月 16 日告示，告示第 51 号，国土交通省.

14. 2　津波浸水解析の方法

＜標　準＞

津波浸水解析は、津波の発生プロセスを踏まえた初期水位の下で、①外洋から沿岸への津波の伝播・到達、②沿岸から陸上への津波の遡上、の一連の過程を連続して数値計算するものである。

津波浸水解析は、海底での摩擦及び移流項を考慮した非線形長波理論（浅水理論）によることを標準とする。ただし、深い海域においては線形長波理論を適用してもよい。

14. 2. 1　海岸保全施設の整備において対象とする津波の設定

＜考え方＞

海岸保全施設等の整備を進めていく上で対象とする津波は、比較的発生頻度が高く、津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波である。

＜標　準＞

海岸保全施設等の整備を進めていく上で対象とする津波は、地域海岸ごとに、過去に発生した津波の実績津波高及びシミュレーションにより想定した津波高、発生が想定される津波の津波高などから、一定の頻度（数十年から百数十年に一度程度）で発生する津波を設定することを基本とする。

なお、地域海岸とは、(一の海岸保全基本計画を作成すべき）一体の海岸の区分（沿岸）を「湾の形状や山付け等の自然条件」、「文献や被災履歴等の過去に発生した津波の実績津波高さ及びシミュレーションの高さ」等から、同一の津波外力を設定し得ると想定される一連のまとまりのある海岸線に分割したものを言う。

＜関連通知等＞

1) 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告，平成 23 年 9 月 28 日，内閣府中央防災会議東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会.
2) 設計津波の水位の設定方法等について，平成 23 年 7 月 8 日，農林水産省農村振興局整備部防災課長，水産庁漁港漁場整備部防災漁村課長，国土交通省水管理・国土保全局砂防部保全課海岸室長，国土交通省港湾局海岸・防災課長通知.
3) 平成 23 年東北地方太平洋沖地震及び津波により被災した海岸堤防等の復旧に関する基本的な考え方，平成 23 年 11 月 16 日，海岸における津波対策検討委員会.

14. 2. 2　総合的な津波対策において対象とする津波の設定

＜考え方＞

住民等の生命を守ることを最優先に、住民等の避難を軸に、土地利用、避難施設、防災施設などを組み合わせた総合的な津波対策を進めていく上で対象とする津波は、発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波である。

＜標　準＞

総合的な津波対策において対象とする津波は、地域海岸ごとに、過去に発生した津波の実績津波高及びシミュレーションにより想定した津波高、発生が想定される津波の津波高などから津波高が最も大きい津波を設定することを基本とする。

＜関連通知等＞

1) 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告，平成 23 年 9 月 28 日，内閣府中央防災会議東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会.
2) 津波防災まちづくりの考え方，平成 23 年 7 月 6 日，社会資本整備審議会・交通政策審議会交通体系分科会計画部会.
3) 津波防災地域づくりに関する法律，平成 23 年，法律第 123 号.
4) 津波防災地域づくりの推進に関する基本的な指針，平成 24 年 1 月 16 日告示，告示第 51 号，国土交通省.

14. 2. 3　津波の初期水位（断層モデル）

＜標　準＞

津波の初期水位は、対象とした津波に対応する断層モデルによって計算される海底基盤の鉛直変位分布（隆起や沈降）を海面に与える方法を用いることを標準とする。

14. 2. 4　潮位（天文潮）の設定

＜標　準＞

津波浸水想定を設定するための津波浸水解析に用いる潮位（天文潮）は、朔望平均満潮位とすることを基本とする。

14. 2. 5　計算領域及び計算格子間隔

＜標　準＞

津波浸水解析の計算領域及び計算格子間隔は、波源域の大きさ、津波の空間波形、海底・海岸地形の特徴、対象地区周辺の微地形、構造物等を考慮して、津波の挙動を精度良く推計できるよう適切に設定することを標準とする。

14. 2. 6　地形データ作成

＜標　準＞

津波浸水解析に用いる地形データは、航空レーザ測量の結果等を活用することを基本とし、実際の地形や地図と比較して不自然なものとなっていないか確認することを標準とする。

津波浸水解析は海域と陸域を一体として行うものであるから、使用する地形データは東京湾平均海面（T.P.）を基準面とすることを標準とする。また、異なる地形データ資料の接合部に

ついては、現地の地形状況などを踏まえて、適切に処理する。

14. 2. 7　粗度係数

＜標　準＞

津波が沿岸域に到達し、陸域に遡上する場合には、海底や地面による抵抗が無視できなくなるため、津波浸水解析において、粗度係数を用いて考慮することを標準とする。

14. 2. 8　各種施設の取扱い

＜標　準＞

津波の伝播過程や遡上過程にあって地盤より高い線的構造物については、計算格子間隔より幅が広いものは地形データとして、計算格子間隔より幅が狭いものは越流条件を適用する格子境界として整理することを基本とする。

14. 2. 9　地震による地盤変動

＜標　準＞

地震による陸域の沈降が想定される場合には、断層モデルから算出される沈降量を、陸域の地形データの高さから差し引くことを基本とする。

地震による陸域の隆起が想定される場合には、隆起量は考慮しない。

14. 2. 10　河川内の津波遡上の取扱い

＜標　準＞

河川内を遡上する津波の挙動の取扱いについては、「津波の河川遡上解析の手引き（案）」を参照することを標準とする。

14. 2. 11　計算時間及び計算時間間隔

＜標　準＞

津波浸水解析の計算時間は、津波の特性等を考慮して、最大の浸水の区域及び水深が得られるように設定することを基本とする。

津波浸水解析の計算時間間隔は、計算の安定性等を考慮して適切に設定することを基本とする。

14. 2. 12　各種施設の条件設定

＜標　準＞

地震や津波による各種施設の被災を考慮することを基本とする。

また、水門・陸閘等については、耐震性を有し自動化された施設、常時閉鎖の施設、耐震性を有し津波到達時間より早く閉鎖できると考えられる施設については閉鎖状態として、それ以外の施設は開放状態として取り扱うことを基本とする。

14. 2. 13　解析結果の出力

＜標　準＞

津波浸水解析で得られた最大浸水深や浸水範囲等は、浸水解析において設定した諸条件とともに、都市計画図等に重ね合わせて表示することを標準とする。

＜推　奨＞

津波浸水想定を設定するための津波浸水解析では、基準水位、及び地震発生から津波が沿岸に到達するまでの時間も表示することを推奨する。

なお、基準水位とは、津波浸水想定に定める水深に係る水位に建築物等への衝突による津波の水位の上昇を考慮して必要と認められる値を加えて定める水位であり、具体的な建築物等が定まっていない時点の津波浸水解析によって算定される任意地点の最大の比エネルギーである。

＜関連通知等＞

1) 津波浸水想定の設定の手引き Ver.1.00，平成 24 年 2 月，国土交通省水管理・国土保全局海岸室 ，国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室.

2) 津波防災地域づくりに係る技術検討報告書，平成 24 年 1 月 27 日，津波防災地域づくりに係る技術検討会.

3) 津波・高潮ハザードマップマニュアル，平成 16 年 4 月，内閣府（防災担当），農林水産省農村振興局，農林水産省水産庁，国土交通省河川局，国土交通省港湾局.

4) (財)国土技術研究センター：津波の河川遡上解析の手引き（案），2007.

第15節　海岸事業の費用便益分析

15．1　海岸事業の費用便益分析の目的

＜考え方＞

海岸事業の費用便益分析は、海岸事業の効率性を明らかにすることが目的である。

15．2　海岸事業の費用便益分析の方法

＜考え方＞

海岸事業の費用便益分析は、海岸事業によって整備される施設等がもたらす便益と、海岸事業に投入される費用とを比較する分析である。

＜標　準＞

海岸事業の費用便益分析は、次の手順で行うことを標準とする。

１）年度別便益の計測
２）年度別費用の計測
３）費用便益分析

15．2．1　年度別便益の計測

＜標　準＞

年度別便益の計測では、便益が及ぶ範囲を特定した上で、浸水防護便益、侵食防止便益、飛砂・飛沫防護便益、海岸環境保全便益、利用便益を対象とすることを標準とする。ただし、これら以外に計測可能な便益があれば、これを計上してもよい。

浸水防護便益は、浸水地域において、海岸事業により防護される資産額の総和とすることを標準とする。

侵食防止便益は、侵食が想定される地域において、海岸事業により消失を免れる土地価値及び家屋等の価値とすることを標準とする。

飛砂・飛沫防護便益は、飛砂や飛沫による被害が生じる地域において、資産被害額及び清掃等の付加労働の発生に伴う人件費又は時間価値を積み上げることにより算定することを標準と

する。
　海岸環境保全便益は、海岸事業による海岸景観の保全・改善、生物生育の場の保全・創出、海水浄化機能の保全・創出等を対象とし、CVM（仮想市場法）を用いて算定することを標準とする。ただし、事業ごとのCVMの実施が困難で、CVMによる類似した事例の便益算定が行われている場合は、その結果を参考にしてもよい。
　海岸利用便益は、海岸事業によるレクリエーション等の利用の維持・向上、アメニティ向上・存続、漁業等利用を対象とし、CVMやTCM（旅行費用法）を用いて算定することを標準とする。ただし、事業ごとのCVMの実施が困難で、CVMによる類似した事例の便益算定が行われている場合は、その結果を参考にしてもよい。
　詳細は「海岸事業の費用便益分析指針（改訂版）」による。

15. 2. 2　年度別費用の計測

＜標　準＞

　年度別費用の計測では、当該事業の事業費及び維持管理費を含め、事業に必要な全ての経費を対象とすることを標準とする。
　詳細は「海岸事業の費用便益分析指針（改訂版）」による。

15. 2. 3　費用便益分析

＜標　準＞

　海岸事業の費用便益分析では、年度別に計測された便益及び費用を基準年度における価値に換算し、評価対象期間にわたり合計した上で、便益と費用を比較することを標準とする。
　基準年度は、分析を実施する年度とすることを標準とする。
　評価対象期間は、「事業期間＋50年（供用期間）」とすることを標準とする。
　詳細は「海岸事業の費用便益分析指針（改訂版）」による。

＜関連通知等＞

1）　海岸事業の費用便益分析指針（改訂版），平成16年6月，農林水産省農村振興局・水産庁，国土交通省河川局・港湾局，p.103.

第 22 章　測量・計測

令和4年6月9日改定

目　次

第 1 節　総説 1
第 2 節　河川等に関する測量 1
2．1　基本事項 1
2．2　河川、砂防に関する測量 1
2．3　ダムに関する測量 2
2．4　海岸に関する測量 2
第 3 節　新しい計測技術 3
3．1　基本事項 3
3．2　航空レーザ測量 3
3．3　地上計測技術 4
3．4　空中計測技術 4
3．5　水中計測技術 5
3．6　GNSS 測量/計測 8
3．7　映像解析・可視化技術 11

平成 26 年 4 月　版

第22章　測量・計測

第1節　総説

＜考え方＞

本章は、河川等に関する測量等の一般的手法を定めるものであって、河川等に関する事業に用いる場合の基準とするものである。

標準化された測量作業の技術的な事項等については、国土交通省公共測量作業規程に詳述されており、基準点測量、水準測量、地形測量・空中写真測量、GNSS を用いた測量、航空レーザ測量、河川測量、深浅測量、海浜及び汀線測量等について規程されている。

加えて、本章では、水文・水理観測(第 2 章)、河道特性調査(第 4 章)、災害調査(第 10 章)、地すべり調査(第 18 章)、海岸調査(第 21 章)等における調査を支援するため、河川等において、調査目的に応じて個別に工夫した事例や新技術など標準化されていない計測手法についても、推奨・例示事項を中心として記載している。

＜関連通知等＞

1) 国土交通省公共測量作業規程，平成 20 年 3 月 31 日，国国地第 668 号，国土交通省，一部改正：平成 23 年 3 月 31 日.
2) 作業規程の準則，平成 20 年 3 月 31 日，国土交通省告示第 413 号，国土交通省，一部改正：平成 23 年 3 月 31 日.

第2節　河川等に関する測量

2．1　基本事項

＜必　須＞

河川、ダム、砂防、海岸に関する測量では、それぞれの目的に応じて測量を行うものとする。

測量作業の詳細な技術的な基準については、国土交通省公共測量作業規程によることとする。

2．2　河川、砂防に関する測量

＜必　須＞

河川及び砂防工事に関する測量については、表 22-2-1　に示す目的に応じて、必要な測量を実施しなければならない。

表22-2-1　河川・砂防に関する測量

目　　的	測量作業名	測量の種類
計画策定	計画用基本図作成	空中写真測量（1/2500 地形図）
距離標設置	距離標設置測量	基準点測量
水準基標設置	水準基標測量	水準測量
河道計画、河川整備計画、河川管理基図等の策定	定期縦断測量	縦断測量
	定期横断測量	横断測量 深浅測量
実施設計書作成 法線等の決定 土工積算	工事用測量	基準点測量 法線測量 地形測量（1/500～1/1000 地形図） 縦断測量、横断測量
用地幅杭の決定 用地買収	用地測量	境界測量 面積計算

＜関連通知等＞

1） 河川定期縦横断測量業務実施要領について，平成 9 年 6 月 12 日，建河治発第 29 号，建設省河川局治水課長.

＜参考となる資料＞

定期縦横断測量の実務については、下記の資料が参考となる。

1） 河川定期縦横断測量業務実施要領・同解説，平成 9 年，建設省河川局，(財)日本建設情報総合センター編.

2．3　ダムに関する測量

＜必　須＞

ダムに関する測量については、以下の目的に応じ、必要な測量を実施しなければならない。

表22-2-1　ダムに関する測量

目　的	測量作業名	測量の種類
貯水池容量算定、河流処理計画 道路計画（付替、工事用） 補償物件概略調査 貯水池周辺地質調査	計画用基本図作成	空中写真測量、航空レーザ測量 （1/2500～1/5000 地形図）
ダム本体概略設計 仮設備概略計画	ダムサイト地形図作成	空中写真測量、地形測量 航空レーザ測量 （1/500～1/1000 地形図）
ダム測量基準点設置 既設構造物との関連把握	基準点測量および水準測量	基準点測量、水準測量
貯水池容量算定 道路路線選定	貯水池地形図作成	空中写真測量、航空レーザ測量、縦断測量、横断測量 （1/1000～1/2500 地形図）
本体設計	ダムサイト地形図および断面図作成	地形測量、地上写真測量 （1/500 地形図） 縦断測量、横断測量
用地幅杭の決定 用地買収	用地測量	境界測量 面積計算
堆砂状況把握	堆砂状況調査	横断測量、航空レーザ測量 深浅測量

2．4　海岸に関する測量

＜必　須＞

海岸に関する測量については、以下の目的に応じ、必要な測量を実施しなければならない。

表22-2-1　海岸に関する測量

目　的	測量作業名	測量の種類
計画策定	海岸地形図作成 計画用基本図作成	水準測量（海浜及び汀線測量） 深浅測量
海岸保全施設設計	設計用基本図作成	水準測量（海浜及び汀線測量） 深浅測量
モニタリング（海岸地形変化）	海岸侵食実態調査 被災実態調査	水準測量（海浜及び汀線測量） 深浅測量

第3節　新しい計測技術

3．1　基本事項

＜考え方＞

平常時における河道や施設の現状、並びに水災害時の被災状況や管理施設の変形などの迅速な把握と監視を行うため、測量・計測に関する今後の技術開発の動向や活用実績も踏まえながら、新しい計測技術の活用を促進し、効率化や精度の向上を図ることが重要である。

＜標　準＞

計測技術や計測機器について「国土交通省公共測量作業規程」に規程されていない新しい手法を用いて公共測量を行う場合には、「国土交通省公共測量作業規程」第 17 条（機器等及び作業方法に関する特例）に基づき実施することを標準とする。すなわち、使用する資料、機器、測量方法等により精度が確保できることを作業機関等からの検証結果等に基づき確認するとともに、確認に当たっては、あらかじめ国土地理院の長の意見を求めるものとする。

3．2　航空レーザ測量

＜考え方＞

航空レーザ測量とは、航空機に搭載したレーザスキャナから地上にレーザ光を照射し、地上から反射するレーザ光との時間差より得られる地上までの距離と、GNSS(GPS)測量機、IMU(慣性計測装置)から得られる航空機の位置情報より、地上の標高や地形の形状を精密に調べる新しい測量方法である。

航空レーザ測量は、1/1,000～1/5,000 の地形図作成、河川堤防や高水敷の連続的な縦横断形状の把握、並びに氾濫解析を実施するための氾濫域の地盤高、砂防施設、ダム等の堤体の変形、岩盤崩壊、地すべり等の発生のおそれのある斜面地形の面的な監視などに活用するものであり、最新の技術開発の動向や活用実積を把握し、計測作業の効率化や計測精度向上を目的に、活用を図ることが重要である。

＜必　須＞

河川等の調査、計画、施工、維持管理において活用することを目的に、航空レーザ測量を実施するに際しては、「国土交通省公共測量作業規程」第 7 章 航空レーザ測量に従うものとする。

＜推　奨＞

なお、今後の技術発展とともに、レーザ測量の精度は高くなり、解析手法も改良されることから最新の技術開発動向も踏まえ、活用目的に応じて最新の解析手法を取り入れることを推奨する。

＜参考となる資料＞

航空レーザ測量の実務については、下記の資料が参考となる。

1）航空レーザ測量による河道及び流域の三次元電子地図作成指針（案），平成 19 年，国土交通省河川局.

2）藤澤和範，笠井美青：地すべり地における航空レーザー測量データ解析マニュアル，土木研究所資料，第 4150 号，2009.

3）齋藤和也監修:図解　航空レーザ計測　基礎から応用まで,(財)日本測量調査技術協会，2008.

3．3　地上計測技術

＜考え方＞

地上計測技術は、堤防の連続的な縦横断形状の把握、並びに河川堤防、砂防施設、ダム等の堤体の変形、岩盤崩壊、地すべり等の発生のおそれのある斜面地形の面的な監視などに活用するものであり、最新の技術開発の動向や活用実績を把握し、計測作業の効率化や計測精度向上を目的に、活用を図ることが重要である。

＜例　示＞

地上計測技術には、たとえば移動型の地上計測システムや固定型の地上計測システムがあり、それぞれレーザスキャン装置や熱センサ等の各種センサを用いて、線的・面的な形状を計測する、時期を変えて計測することで、地盤や施設の変形量を求めることも可能となる。これらの技術については国土交通省公共測量作業規程に定めがないため、公共測量を実施する場合には、準則第 17 条を適用することとなる（本章 3.1 参照）。

たとえば、移動型地上計測システムには、車両の３次元位置や傾きを観測する GNSS/IMU（GPS/IMU）装置とレーザスキャン装置及び画像データを取得するカメラを車両に搭載し、堤防天端を走行しながら連続的に計測し、堤防の縦横断形状を把握する技術などがある。また、固定型の地上計測システムには、３次元レーザスキャンを用いて、地盤や施設の３次元形状の把握や定点の繰り返し計測により地盤や施設の変形量を把握する技術もある。

レーザスキャンの計測では、対象物までの距離、対象物表面の材質、計測解像度（点密度）等の条件で、最適なものを選定する必要がある。装置を設置する際には、対象物全体が見渡され、前に障害物がない場所を選定する必要がある。1 度に計測できない場合は、場所を移動し計測点を重複させて計測することも必要である。

また、堤防や地形の変状を検地するための光ファイバセンサを用いた計測システムなどもある。これは、光ファイバに入射したレーザ光パルスが、光ファイバを進行する際に発生する各種後方散乱光を利用するもので、光ファイバに歪みが生じた場合に発生する散乱光や反射波の到達時間や強度を計測することで、その位置や歪みの量を検知するものである。現地に光ファイバケーブルを敷設するだけなので、電気式の従来型計測システムの欠点である落雷によるセンサの故障や電気ノイズによる計測データの欠損がないことが利点として挙げられる。

3．4　空中計測技術

＜考え方＞

空中計測技術は、流域や施設における現況や被災の全体像（地すべり崩壊地や氾濫浸水域、地震による河道閉塞）の把握などに活用するものであり、最新の空中計測技術の技術開発の動向や活用実績も踏まえ、計測作業の効率化や計測精度向上を目的に、新たな空中計測技術の活用を図ることが重要である。なお、空中計測技術として、実施例の多い航空レーザ測量については本節の 3.2 に別途記述した。

＜例　示＞

空中計測技術には、たとえば航空機や人工衛星による計測システムがあり、それぞれ光学カメラやレーザスキャン装置、熱センサ、合成開口レーダ（SAR）等の各種センサを用いて、面的な形状を計測し、時期を変えて計測することで、地形や施設の変形量を求めることも可能となる。

航空機搭載型の熱センサは、GNSS(GPS)測量機、IMU(慣性計測装置)との連携により、観測エリアの地表面熱画像を取得し、ヒートアイランド調査・河川流入水調査、活火山活動調査等に活用できる。

合成開口レーダ（SAR）装置は、マイクロ波を能動的に照射して、反射波の情報から対象物の形状などを計測するリモートセンシング技術である。マイクロ波が水蒸気を透過する性質を利用して全天候型の画像取得を可能とするものであり、風水害発生時に雨天・夜間でも緊急に被災状況を把握したい場合などに利用される。

SAR 画像は、通常の光学カメラによる画像と異なり、照射したマイクロ波の反射強度を表すため、地物の物性や形状によっては大きな反射強度が出る場合や、水面等では鏡面反射のため反射強度がほとんど得られない場合など、画像判読には注意が必要である。

表22-3-1　空中からの計測技術の特徴

観測手段		特徴（◎：最適、○：適、△：やや不適、×：不適）							特徴を活かした利用例
		時間的優位性				空間的優位性			
		即時性	夜間	悪天候時	継続的観測	最大分解能	広域	局所	
人工衛星※1	ＳＡＲ※2	△	◎	◎	○	1m	◎	△	・地殻変動・浸水域等、長期的・広範囲な被災状況の把握
		・衛星が被災地上空にいることが条件　・分解能は観測周波数に依存							
	光学	△	△	○	○	0.5m	◎	△	
		・衛星が被災地上空にいることが条件 ・悪天候時の撮影は可能だが雲下の状況は把握不可能							
航空機	ＳＡＲ※2	△	○	△	△	－	○	△	・火山活動の把握を人工衛星の回帰を待たずに行う
		・電波法上の手続き・観測したデータ処理に時間を要する ・夜間に離着陸可能な空港は限られる　・分解能は観測周波数に依存 ・センサ等が水弱く、降雨中の航行・観測は不適							
	光学	○	△	○	△	－	○	○	・施設被害等の状況把握
		・雲下の状況は把握不可能　・分解能は飛行高度に依存							
ヘリコプター光学センサ※3		◎	△	×	○	－	○	○	・施設被害等の機動的調査（全体把握や被災箇所の詳細調査等）
		・夜間の活動は装備・環境等の条件が合えば可 ・分解能は飛行高度に依存							
無人航空機光学センサ※3		△	×	○	◎	－	×	◎	・局所的な被災箇所の継続観測
		・現地への運搬が必要　・飛行距離・高度に限界あり							

※1　国土交通省側で雨量計・水位計・震度計等の情報により被害が想定される地域を特定し、JAXA 等に撮影依頼。
※2　Strip map-mode SAR での特徴、海外で Spotlight-mode SAR が実用化されているが、日本では開発中。
※3　ヘリコプター及び無人航空機に搭載する SAR についても、現在、国内で Spotlight-mode SAR を開発中。
注：本表の◎～×は、現状における手段の適否を表したもので、将来的には各手段の即時性や分解能等に改善が期待される。
出典：「大規模自然災害時の初動対応における装備・システムのあり方検討委員会」資料（国土交通省河川局）を基に平成 23 年時点で修正

3．5　水中計測技術

＜考え方＞

水中計測技術は、ダム湖の堆砂、ダム堤体の上流面、河川の樋門・樋管、河川内の橋脚基礎部、河口テラスの形状、海岸の浅海地形や離岸堤など、水中に没した地形や施設の変状の有無や程度を迅速かつ安全に把握するために活用するものであり、最新の水中計測技術の技術開発の動向や活用実績も踏まえ、計測作業の安全確保と効率化や計測精度向上を目的に、新たな水中計測技術の活用を図ることが重要である。

＜例　示＞

水中計測技術には、たとえば音響測深やレーザ測深による計測システムがある。

音響測深は、船から発信された音波が水底で反射されて戻ってくるまでの時間を測定することにより水深を計測するシステムである。測定に当たっては、水温や深度による音速度補正、波浪や潮汐の影響補正等が必要となる。

近年では、船の左右方向に指向角が広く前後方向に指向角が狭い音波を発射して、船の真下の水深だけでなく船の左右方向の水深まで一時に測量することができるマルチビーム音響測深

が利用されている。

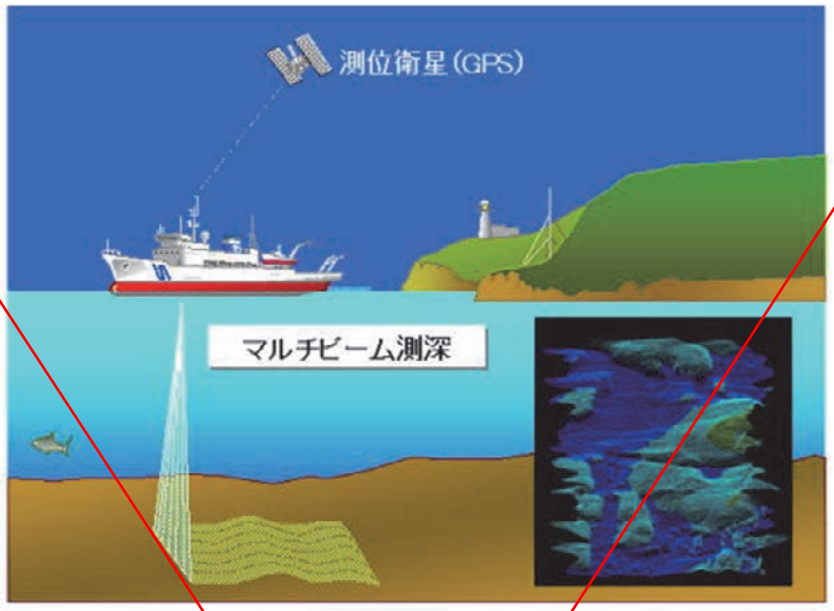


図22-3-1　マルチビーム音響測深のイメージ

出典：第九管区海洋情報部（http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN9/sokuryo/sokuryo_history.htm）

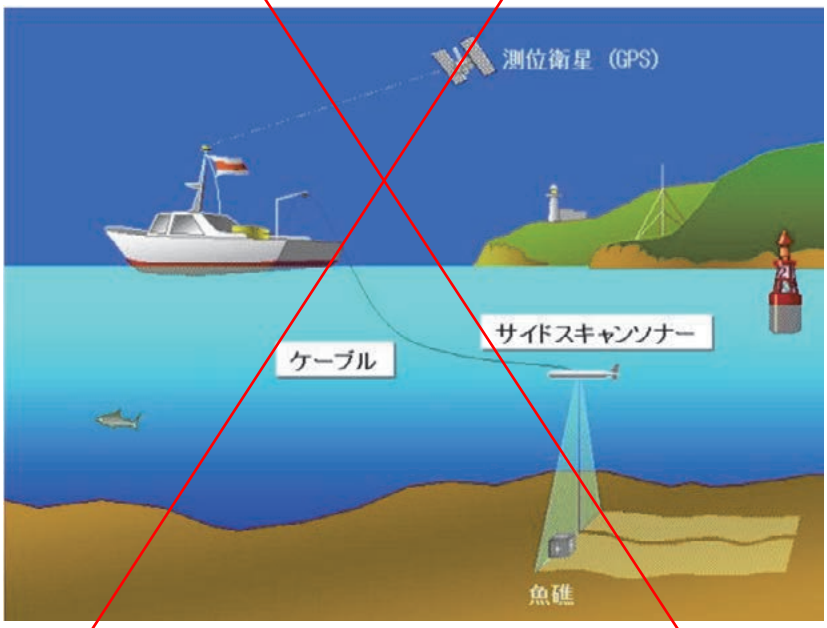


図22-3-2　サイドスキャンソナーのイメージ

出典：第九管区海洋情報部（http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN9/sokuryo/sokuryo_history.htm）

また、水深を測る機器ではないがサイドスキャンソナーというものがある。サイドスキャンソナーは、船舶の後部から曳航される曳航体(フィッシュ)から、超音波ビームを、進行方向に垂直に扇形に発射、 海底面からの反射強度の強弱の分布を濃淡の分布に変換、図化する機器である。非常に細かい起伏や海底面の底質を表現することができるので、海底の割れ目や サンドウエーブ(砂が描く波紋)、溶岩流などの自然現象のほか、海底のパイプラインや沈没船などもリアルに図化できる。海面付近(100m 以浅)を曳航する型と、海底付近(海底上約 100m)まで降ろす深海曳航型の２通りがある。

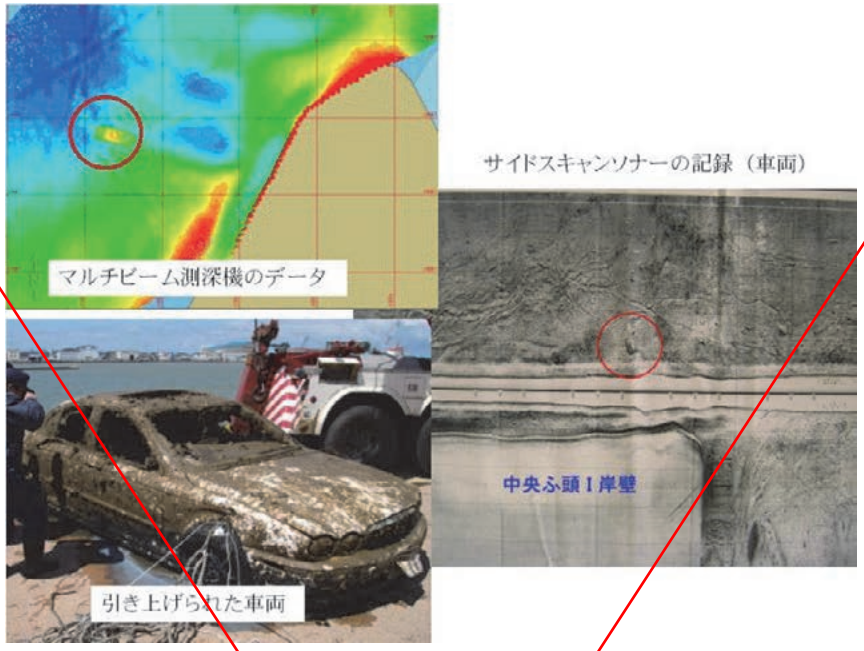


図22-3-3　マルチビーム、サイドスキャンソナーを活用した水中転落車両の探査例

レーザ測深は、赤色のレーザ光（主に海面で反射される）と緑色のレーザ光（主に海底で反射される）を併用して両者の反射時間の差から水深を測定する手法である。航空機は高度 500m 程度を飛行し、発射されるレーザ光は機体の左右にスキャン（走査）されるため、航空機の直下の水深だけでなく左右に幅を持って多数の水深値を短時間に得ることができる。

現在の技術で測深できる深さは海水のきれいな場所でも水深 50m 程度までであるとされており、測量船での測深が困難な岩場などの浅瀬が存在する浅海域での測量を効率的に行うことができる。

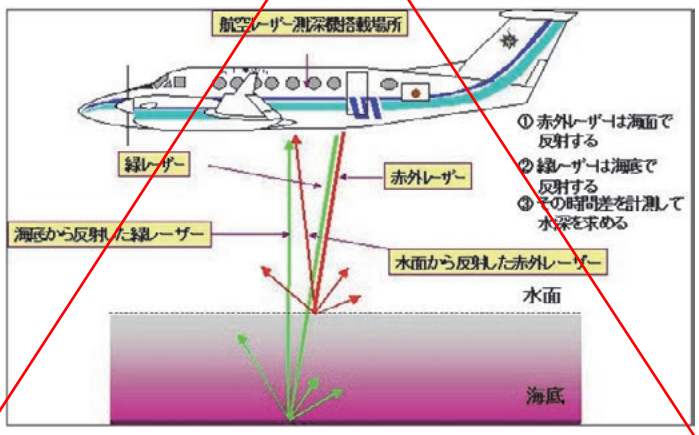


図22-3-4　レーザ測深のイメージ

出典：第九管区海洋情報部（http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN9/sokuryo/sokuryo_history.htm）

＜参考となる資料＞

水中計測技術を活用する際の実務については、下記の資料が参考となる。

1）水路測量業務準則，昭和 57 年 10 月 1 日，保水測第 47 号，海上保安庁，一部改正：平成 22 年 3 月 31 日保海技第 282 号.

2）水路測量業務準則施行細則，昭和 58 年 4 月 27 日，保水海第 13 号，海上保安庁，一部改正：平成 22 年 9 月 17 日保海海第 98 号.

3) マルチビーム（浅海用）音響測深実施指針，平成 14 年 3 月 28 日，保水沿第 208 号，一部改正：平成 22 年 11 月 29 日保海海第 145 号.
4) (社)海洋調査協会：海洋調査技術マニュアル―深浅測量―，2003.
5) David F. Ph.D. Maune：Digital Elevation Model Technologies and Applications, The DEM Users Manual,2nd Edition, 2007.

3. 6　GNSS 測量/計測

＜考え方＞

測位衛星を利用した位置計測では米国が運用する GPS が広く利用されているが、最近ではロシアの GLONASS が本格的な稼動を開始しており、双方の信号を同時に受信できる測量機器も多くなっている。将来は、欧州の Galileo などの測位システムのほか、我が国の準天頂衛星システムを含めた利用も有力視されている。

これらの衛星測位システムを総称して GNSS（Global Navigation Satellite Systems）と呼んでいる。

GNSS を利用した測量/計測は、地形や施設の詳細な３次元位置や位置変化を取得するのに有効であり、目的に応じて最適な方式を採用するとともに、必要な衛星数を確保するための上空視界の確保などの条件に留意して活用することが重要である。

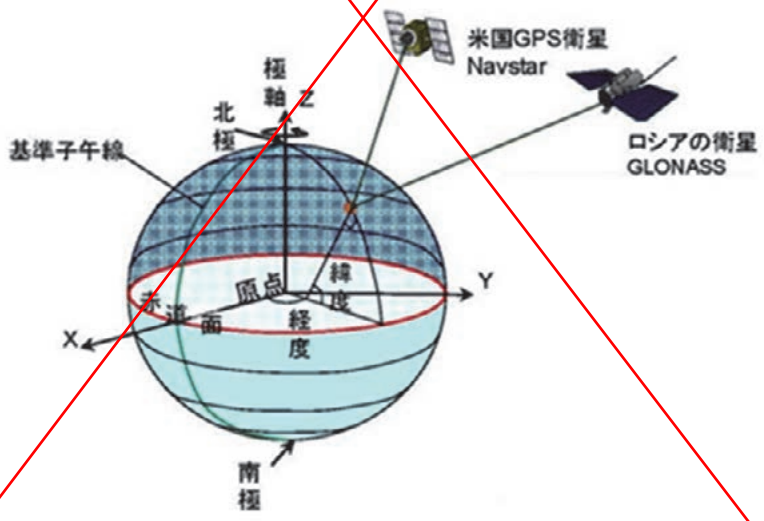


図22-3-5　GNSS の測定手法

出典：九州地方整備局（http://www.qsr.mlit.go.jp/ict/technology/jitsugen_3.html）

１）GNSS 測量/計測の方式

GNSS 測量/計測には大きく２つの方式に分類される。

a)　単独測位：受信機１台を使用して観測点の位置を求める。

b)　相対測位：受信機を２台以上使用して観測点間の相対位置を求める。

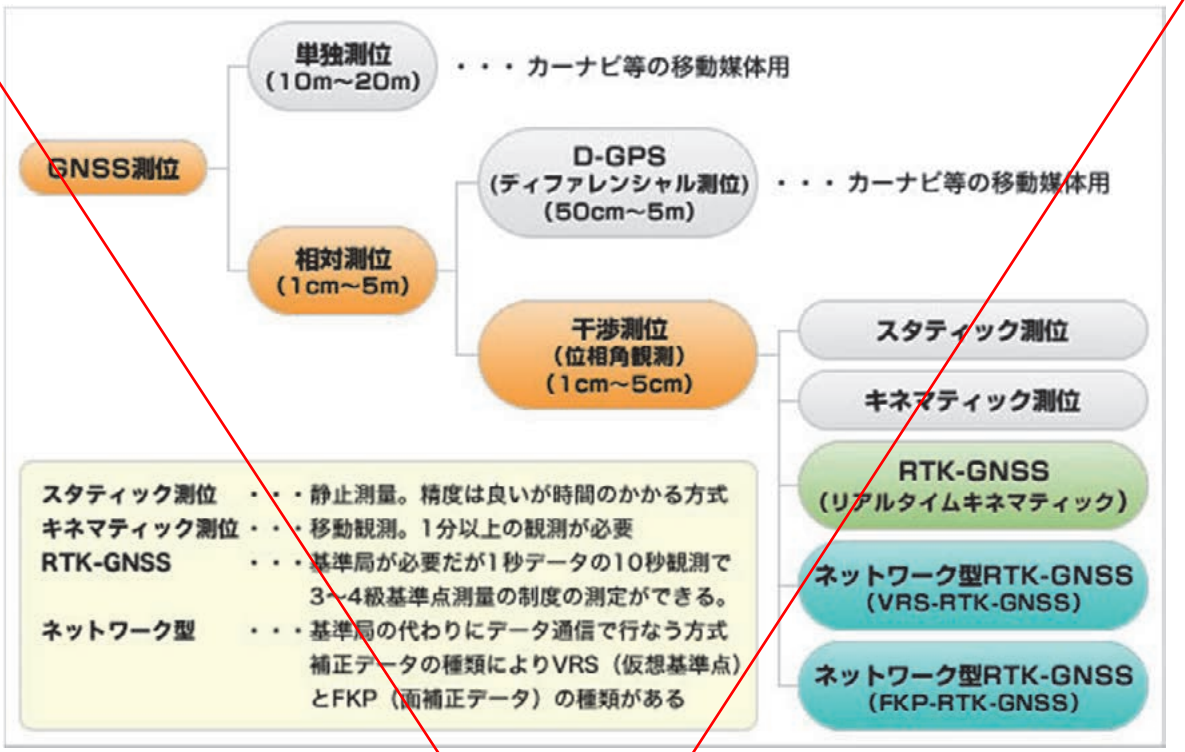


図22-3-6　GNSS 測量/計測の方式の種類

出典：九州地方整備局（http://www.qsr.mlit.go.jp/ict/technology/jitsugen_3.html）

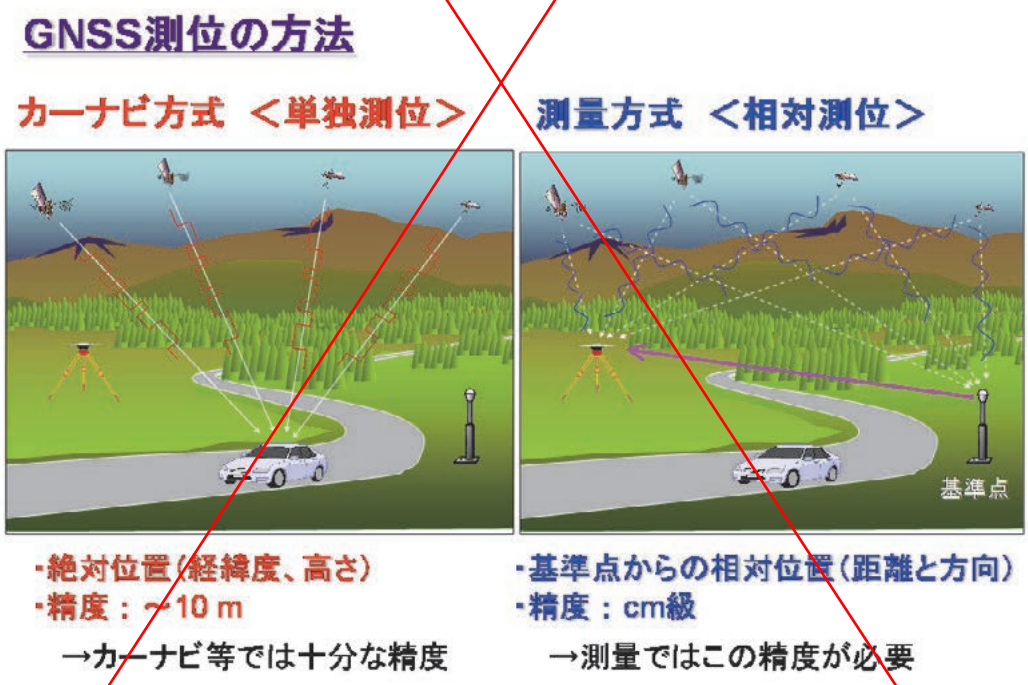


図22-3-7　単独測位と相対測位の違い（国土地理院提供）

相対測位は更に幾つかの方式に分類され、精密な観測が要求される測量では干渉測位方式が採用されている。

一般的に測量では、精度や目的、方式に応じて、数分から数時間の GNSS 衛星信号の観測を行って、観測点の３次元位置座標を求めるが、固定した点での繰り返し観測や連続的な観測によって、観測点の位置座標の変動を定期的あるいはリアルタイムに検出する技術も実用化されている。

２）ネットワーク型 RTK 方式

RTK（Real Time Kinematic）方式は、座標値が与えられた基準局に設置した GNSS 測量機器の観測データを一方の観測点の測量機器に無線で送信し、観測点を短時間に移動しながらその位置座標を求める方式である。これに対して、ネットワーク型 RTK 方式は、国土地理院の電子基準点網等を利用することで、観測点を含む広域的な観測データ等により補正データ等又は面補正データを算出し、移動観測点で観測したデータとともに計算処理することで観測点の位置座標を求める方式である。RTK 方式に比べて、利用者側で基準局を設置する必要がない、より広域に位置座標の観測が可能であるなどのメリットがある。

図22-3-8　ネットワーク型 RTK 方式概念図

出典：九州地方整備局（http://www.qsr.mlit.go.jp/ict/technology/jitsugen_3.html）

我が国では、VRS（Virtual Reference Station：仮想基準点）方式及び FKP（Flächen Korrektur Parameter：面補正パラメータ）方式を利用したサービスが実用化されている。

上に述べたような利点からネットワーク型 RTK 方式の利用が広がっているが、一方で、単点観測のように周辺の観測点から独立に位置を求める方式では観測の異常やミス、作業地域周辺の基準点との不整合をそのまま採用するおそれもあり、「国土交通省公共測量作業規程」に示す手順等を参考に観測計画を立てることが望ましい。

３）精密な計測のための留意点

GNSS 測量/計測のような精密な位置観測では、常に上空に GNSS 衛星を５個以上捕捉することが求められ、また、観測障害や誤差要因となる近くの構造物や樹木によるマルチパスや電波遮蔽を除くなど、機器の設置場所には特に留意する必要がある。

さらに、遠隔地での観測では、電源や通信手段にも配慮する必要がある。計測目的によっては、1cm 以下の位置座標の変化を検出することが要求されるが、このような小さな位置変化となると、GNSS 測量機器を設置した地盤の変動や日射による機器の変形などの雑音要因をいかに除去するかといった技法も重要な要素になる。

「国土交通省公共測量作業規程」では、路線測量や河川縦横断測量等の多くの測量で GNSS 測量を使用した方式が示されている。このほか、河川・砂防分野では、以下に例示するような様々な用途で GNSS 測量/計測が利用されてきている。

a)　土量の計測

盛土の土量算出のため、ネットワーク型 RTK 方式による単点観測法を用いて、受信機を移動させながらデータコレクタで３次元座標を取得。その後、測量データを CAD に取り込み、展開図の作成及び土量の計算を行う。

b)　ダム等施設の変形計測

ダム施設では水位変動によるダム本体の変形や周囲地盤の変位を監視する目的で、施設や構内に GNSS 測量機器を複数設置して連続観測を行い、機器間の位置の変化を監視するシステムが稼動している。

図22-3-9　GNSS ダム変形計測システム概念図

出典：GPS 自動計測による大保脇ダム堤体挙動観測について（北部ダム事務所 調査設計第二課）
(http://www.dc.ogb.go.jp/hokudamu/jimusyo/katudo/happyou/img/ronbun19.2.pdf)

＜標　準＞

「国土交通省公共測量作業規程」では、河川測量その他の章の中で、各種の測量作業における GNSS 測量の適用法について記載しており、GNSS 測量の実施に当たっては、これにしたがって行うことを標準とする。

＜考え方＞

GNSS は、現在稼動している GPS や GLONASS のほかに、今後、準天頂衛星をはじめとして複数の測位衛星システムが利用可能になると考えられる。さらに、高精度な位置計測を可能にする GNSS 補強システムや各分野への応用技術の開発も進められている。

これらの新たな技術や手法の活用に当たっては、その性能や観測条件、制約等について十分にチェックを行い、河川等に関する事業への活用の可否・適用性を検討し、活用していくことが重要である。

＜参考となる資料＞

GNSS を利用した測量/計測の実務については、下記の資料が参考となる。

1)　国土交通省国土地理院：ネットワーク型 RTK-GPS を利用する公共測量作業マニュアル（案），国土地理院技術資料，Ａ１－No.302，2005.

3．7　映像解析・可視化技術

＜考え方＞

映像解析・可視化技術は、デジタル画像からの測量、流速ベクトルの把握、地形や海岸汀線

変化の把握などに活用するものであり、最新の映像解析・可視化技術の技術開発の動向や活用実績も踏まえ、作業の効率化や精度向上を目的に、新たな映像解析・可視化技術の活用を図ることが重要である。

＜例　示＞

映像解析・可視化技術には、たとえばデジタル画像処理を適用した写真測量技術や動画を活用したPIV法による流速ベクトル解析、レーザデータの可視化技術がある。

デジタル画像処理を適用した写真測量技術は、現地で撮影位置を変えて写した複数枚のデジタル写真画像の視差の違いから、対象物の測点の三次元座標をパーソナルコンピュータにより算出し、計測する技術である。

現地では写真撮影のみで、後工程は室内での処理となるため、現地での測量や調査時間が短く、工事の妨げや危険箇所への立ち入りが少なくなる。主に、施工時の測量や岩盤の不連続面の計測、法面やトンネルなどの構造物の挙動計測等に用いられている。

粒子画像流速測定法（PIV：Particle Image Velocimetry）は、ビデオ等の動画像を用いて流速ベクトルを解析する技術である。

PIV法は、隣接するフレーム間の対応点を濃度相関で決定し、画像内の輝度の分布パターンが一定時間内に移動する状況を追跡して、対象領域内における速度ベクトルを同時に多点で面的に計測するものである。本手法により流動又は崩落する移動体の各部分の移動速度、移動方向等の詳細情報を取得することができる。

このほかのビデオ画像解析の一つに、高解像度ビデオカメラによりコンクリート構造物や土構造物を撮影することによって遠くからでも目視と同程度の精度で表面変状を検出できる技術がある。

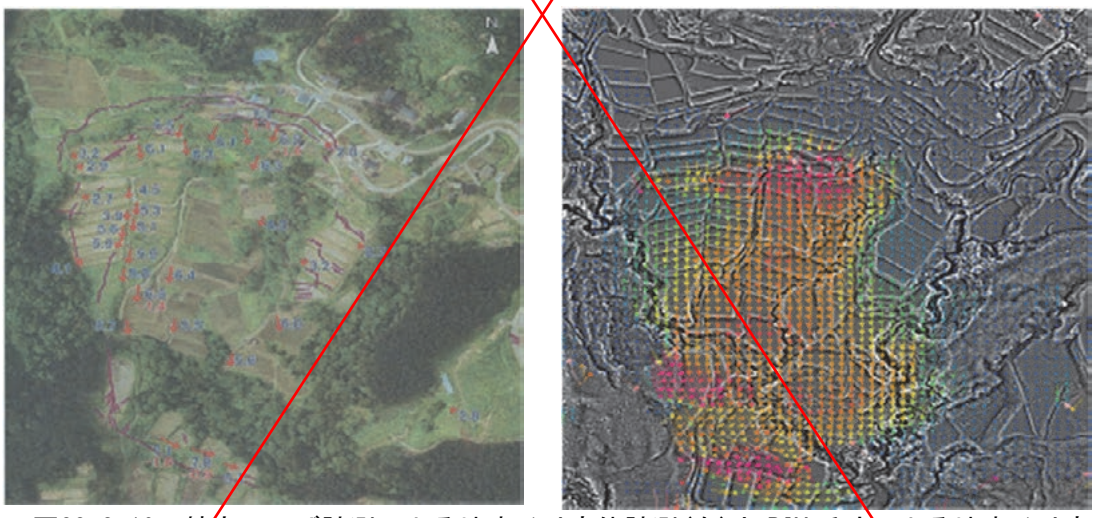


図22-3-10　航空レーザ計測による地すべり変位計測(左)とPIV手法による地すべり変位計測(右)

レーザデータの可視化は、レーザ計測によって取得された1～数m程度のグリッドセルデータを用いて可視化する技術である。可視化によって擬似３次元化する方法には、GISソフトによる簡便な方法、グリッドセルデータを数値変換する方法等がある。前者には陰影図や段彩図等がある。後者には衛星画像解析によく使われた各種フィルターや最近よく使われるグリッド間角度から求める開度、波として解析するウェーブレット変換等がある。また、数種の数値変換結果を重ね合わせてGISソフトによって効果的に表示する手法もある。レーザデータを活用することにより斜面での50cm～1mオーダーの微細な凹凸の判読が可能となっている。

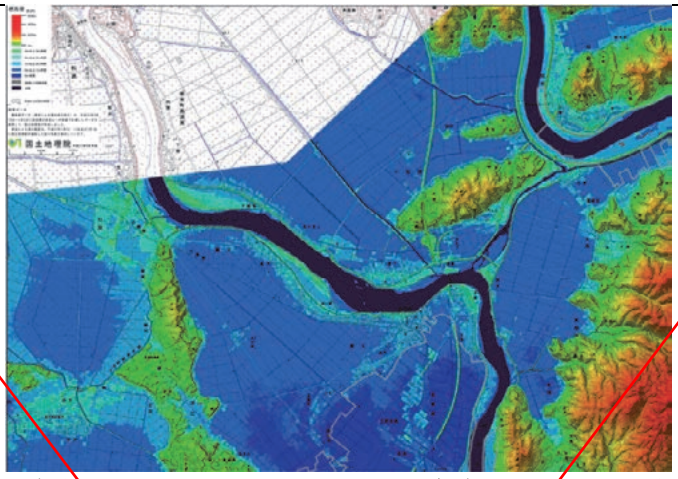


図22-3-11　デジタル標高地形図（航空レーザデータを用いた陰影段彩図）の例

出典：国土地理院　(http://saigai.gsi.go.jp/2012demwork/checkheight/index.html)

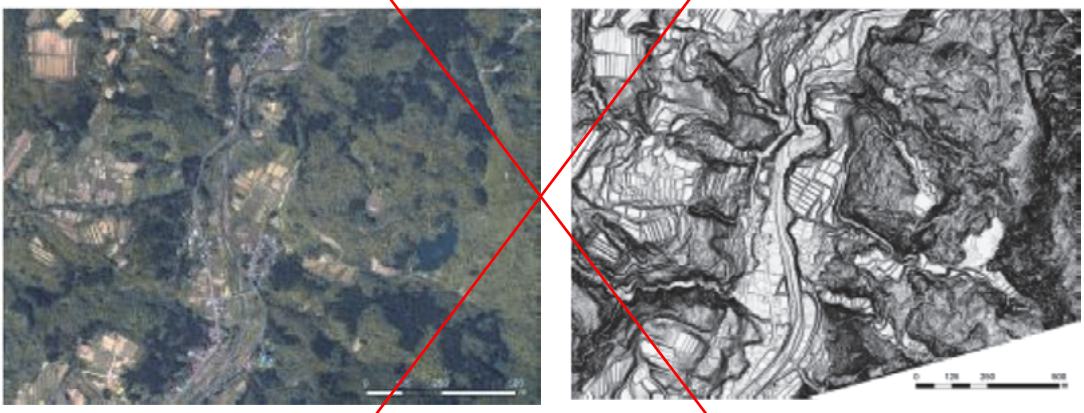


図22-3-12　通常の空中写真から見た地すべり斜面(左)と開度の原理を応用した微地形表示画像(右)

このような新たな計測技術は、河川等に関する事業以外の他分野での活用を念頭に、日々進化し、システム化、コストダウンが図られるものであることから、河川等に関する事業への応用も念頭に、活用の可否・適用性を検討し、取捨選択の上、活用していくことが重要である。

＜参考となる資料＞

映像解析・可視化技術の実務については、下記の資料が参考となる。

1)　加賀昭和，井上義雄，山口克人：逐次棄却法を用いたパターン追跡アルゴリズム，可視化情報学会誌，第 13 巻 Suppl 2 号，1993.

2)　徐超男：応力発光体を用いたセンシング，セラミックス，44-3，pp.154-160，2009.

3)　横山隆三，白沢道生，菊池祐：開度による地形特徴の表示，写真測量とリモートセンシング，Vol.38 No.4，pp.26-34，1999.

第 23 章　調査結果の保存・活用

目　次

第 1 節　総説 1
1．1　目的 1
1．2　調査結果の保存 1
1．3　調査結果の品質確保 1
1．4　電子データのバックアップ 1
1．5　情報管理体制の構築 1
1．6　共通仕様 1
1．7　調査結果の活用 1
1．8　データベースの活用例 2
1．9　地理空間情報の活用 2

平成 26 年 4 月　版

第23章　調査結果の保存・活用

第1節　　総説

1．1　　目的

＜考え方＞

本章は、調査により得られた成果（以下、「調査結果等」）を保存し、有効に活用するための基本的考え方を示すことを目的としている。調査結果等は、河川等の計画、設計及び維持管理等のための基本的情報であり、適正な精度を有した調査結果等が、適切に保存・管理され、有効に活用されることが重要である。

1．2　　調査結果の保存

＜考え方＞

調査結果等については、その使用目的に応じて適切な方法で保存し、蓄積するとともに、できるだけ電子化し、電子データとして保存されることが重要である。

1．3　　調査結果の品質確保

＜標　準＞

保存する調査結果等に関しては照査等により適切な品質を確保することを標準とする。水文資料の照査方法については、第２章 第５節 水文資料の整理・保存と品質管理 によるものとする。

1．4　　電子データのバックアップ

＜標　準＞

電子データを保存したデータベースについては、２重以上のバックアップ体制をとり、システム障害等に備えることを標準とする。

1．5　　情報管理体制の構築

＜考え方＞

調査結果等が適切に保存され、有効に活用されるよう、適切な情報管理体制を構築することを標準とする。

1．6　　共通仕様

＜推　奨＞

調査結果等のうち、電子データについては有効に活用するために相互に利用できることが重要である。したがって、データ仕様の共通化を進めることが望ましい。また、仕様の共通化に当たっては河川管理データだけでなく、その他の国土管理データなど、関連して利用されるデータの仕様にも配慮して検討することが望ましい。

1．7　　調査結果の活用

＜考え方＞

調査結果等は適切に保存され、必要に応じて取り出しやすいように整備し、活用されることが重要である。電子データについては、データベースを整備し、効率的に活用する工夫をすることが大切である。加えて、他機関が整備したデータベースについても、できるだけ有効に活用することが重要である。

＜推　奨＞

河川等のデータベースを効率的に利用するために、水・物質循環解析ソフトウェア共通プラットフォーム（CommonMP）が開発されている。

水文・水質データベースからのデータ取得機能を活用したデータ整理や、水理計算の実施、GIS を活用した結果の表示等、CommonMP を利用して、調査結果等を有効に活用することが望ましい。

1．8　データベースの活用例

＜例　示＞

河川等の調査結果等に関する既存のデータベースとしては、以下のような事例がある。

河川等の調査結果等に関する既存のデータベース事例

データベース（DB）名称	管理者【提供方法】	現在の状態（2011年4月）	データ項目の概要
水文・水質DB	河川情報企画室 【水情報国土より提供】 http://www5.river.go.jp/index.html	①統一河川情報システムと連携させて稼働中 ○H8年度管理者向け データベースシステム構築 ○H14年度公開用 データベースシステム構築	・雨量 ・水位 ・流量 ・水質 ・地下水位 ・地下水質 等
河川環境DB	河川環境課 【水情報国土より提供】 http://www5.river.go.jp/index.html	①河川水辺の国勢調査をDB化している ○H12年度データベースシステム構築	・魚介類調査 ・植物調査 ・底生動物調査 ・鳥類調査 ・河川空間利用実態調査 等
地盤力学情報DB（KuniJiban）	（独）土木研究所 地質チーム 【国土地盤情報検索サイトKuniJibanより提供】 http://www.kunijiban.pwri.go.jp/jp/	①H20年度国土地盤情報検索サイト（KuniJiban）を公開 ②サイトではXMLにて提供 ○関連DB ・地下構造DB（防災科学技術研究所） ・地質情報DB（産業技術総合研究所）	・柱状図 ・土質試験結果 等
国土数値情報	国土計画局 参事官室 【国計局GISホームページより提供】 http://www.mlit.go.jp/kokudokeikaku/gis/index.html	①国土計画局GISホームページ上に国土数値情報として、豊富なデータが提供されている。	地形、土地利用、公共施設、道路、鉄道等国土に関する地理的情報を数値化。メッシュ化したデータも多く、人口統計などほかの統計情報と併せて分析することが可能。特に土地に関する情報は時系列的に整備。
基盤地図情報（航空レーザ測量・LP結果等）	国土地理院 【国土地理院ホームページより提供】 http://www.gsi.go.jp/kiban/index.html	①基盤地図情報として国土地理院のホームページより提供。水管理・国土保全局が計測した航空レーザ測量結果などが提供されている。	航空レーザ測量（レーザプロファイラ調査）によるDEMデータのほか、航空写真によるDEMデータ、基準点などのデータを整備。

1．9　地理空間情報の活用

＜標　準＞

取得したデータについては、位置情報と関連付けた地理空間情報として保存、活用できるようにすることを標準とする。

索　　引

【英字・数字】

3 次元海浜変形モデル..... 21-07-022
ADCP.....02-04-003,02-04-020
CCTV カメラ.....02-03-003,02-03-006
CommonMP.....07-01-001,23-01-002
C バンドレーダ雨量計..... 02-02-008
GNSS 測量..... 22-03-008
PIV 法..... 22-03-012
X バンド MP レーダ雨量計..... 02-02-008

【あ行】

圧密沈下解析..... 15-02-025
安定同位体比計測..... 11-17-069
維持管理編..... 01-02-002,04-01-003,04-02-006,11-01-002,15-03-034
異常値補正.....02-05-002, 02-05-003
一次元不定流計算..... 05-04-009
一次元不等流計算..... 05-04-006
遺伝子解析..... 11-17-070
移動可能渓床堆積土砂量..... 17-04-017
移動可能土砂量..... 17-04-018
インパクトレスポンスフロー..... 11-02-010
インパクト・レスポンスフロー図..... 21-09-030
液状化地盤調査..... 15-02-013
沿岸漂砂..... 21-07-016
沿岸漂砂量..... 21-07-022
円弧すべり解析..... 15-02-024
塩分濃度分布..... 14-02-018
横断線..... 02-04-006,02-04-007,02-04-012,02-04-017,02-04-019
応答モデル..... 03-02-002
汚濁負荷量調査..... 12-04-020
音響測深..... 22-03-005
温度躍層..... 12-02-005

【か行】

海岸概況調査 21-02-004
海岸環境概況調査 21-09-027
海岸環境調査 21-09-026, 21-09-037, 21-09-042
海岸災害調査 21-12-047
海岸線変化モデル 21-07-022
海岸測量 21-08-023
海岸調査 21-01-003
海岸踏査 21-07-017
海岸漂着物調査 21-11-046
海岸利用調査 21-10-045
外水浸水 07-03-003
海藻・海草類調査 21-09-037
海底音波探査 21-07-018
海底面変動調査 21-07-020
概念モデル 03-02-002
開発状況調査 17-08-041
海浜測量 21-08-023
海面変動調査 21-04-009
河口域 14-01-001
火山砂防調査 17-05-020
河床形状 06-03-007
河床材料調査 04-03-020,17-03-013
河床変動計算 17-02-007
河川環境経済調査 08-03-003
河川環境検討シート 11-16-058
河川環境情報図 11-16-059
河川環境調査 11-01-001
河川空間利用者数調査 11-14-054
河川区分検討シート 11-16-059
河川景観調査 11-15-056
河川水辺の国勢調査 11-01-004
河川流量調査 11-03-012
河道形状調査 11-04-013
河道構成材料 04-02-012
河道構成材料調査 11-05-015

河道特性調査 04-01-002
河道における土砂動態マップ 16-02-009
河道の変遷シート 11-16-059
河道変遷 04-07-039
可搬式流速計 02-04-003,02-04-012
仮設備・付替道路等の調査 15-04-075
川の通信簿 11-15-056
環境影響評価 11-18-071
環境影響評価法 11-18-071
環境区分と生物の関連シート 11-16-059
環境調査 17-08-040,19-05-006,20-02-004
環境変化予測 21-09-044
緩混合型 14-02-008
間接計測法 02-04-002
観測所台帳 02-02-006,02-02-010,02-03-009
感潮域把握 14-02-007
感潮区間 14-01-001
気候予測モデル 02-08-006
岸沖漂砂 21-07-016
汽水域 14-01-001
汽水域・河口域の環境調査 14-01-001,14-02-007
気泡式水位計 02-03-003,02-03-006
急傾斜地調査 19-01-001
供給土砂 06-04-022
強混合型 14-02-008
供給土砂調査 21-07-021
許容流出土砂量調査 17-04-014,17-04-018
魚卵・仔稚魚調査 21-09-040
魚類調査 11-09-029,13-04-010,21-09-039
区域指定状況調査 17-08-041
群落組成調査 11-07-021
計画編 01-01-001,01-02-002,03-02-011,04-01-003,16-01-001
景観資源調査 17-08-041
渓流環境調査 17-08-041
渓流現況調査 17-02-005
現地照査 02-05-002

航空レーザ測量 07-02-002,22-03-003
降水 02-02-001
洪水痕跡 02-03-011
洪水伝播特性 02-07-002
洪水ハザードマップ 07-05-011
洪水流観測 04-05-031
洪水流出計算 03-02-002
洪水流出モデル 03-02-003
洪水流の水理解析 05-01-001
降水量 02-02-001
降水量観測 02-02-001
合成雨量 02-02-013
高度照査 02-05-002,02-05-010
高度法 03-02-005
合理式 03-02-010
国土交通省公共測量作業規程..... 22-01-001
湖沼・ダム貯水池の環境調査..... 13-01-001
混合粒径河床材料 04-02-015
昆虫類調査 21-09-035

【さ行】

災害調査 09-02-002,10-01-001
採水位置 12-02-004
採水深度 12-02-005
サウンディング 19-04-004
サウンディング試験 15-03-031
砂防経済調査 17-10-045
サンゴ類調査 21-09-036
三次元流解析 05-04-016
算術平均法 03-02-005
山腹材料調査 17-03-012
塩水遡上区間 14-01-001
自記雨量計 02-02-001
自記水位計 02-03-005
地震時地盤変形解析 15-02-025
地すべり経済調査 18-05-009

地すべり調査 18-01-001
自然観光資源調査 17-08-041
自動記録装置 02-03-007
自動データ伝送装置（テレメータ等） 02-02-005,02-03-007
支配圏法 03-02-005
地盤調査 19-04-003
地盤沈下解析 03-03-009
地盤沈下観測井 02-06-008
地盤沈下量 02-06-008
弱混合型 14-02-008
集中定数系モデル（集中型モデル） 03-02-002
「重要な種及び注目すべき生息地」の整理 11-16-063
準三次元流解析 05-04-014
準線形貯留型モデル 03-02-019
準二次元不定流計算 05-04-012
準二次元不等流計算 05-04-010
小規模河床波 04-03-019,05-05-022
植生図作成調査 11-07-021,21-09-034
植生断面調査 11-07-023,21-09-034
植生調査 11-07-018,20-02-004
植物相調査 11-05-015
植物調査 13-05-015,17-08-041,21-09-034
浸水域調査 07-02-002
浸水解析 07-01-001
浸水想定区域図 07-05-011
深浅測量 21-08-023
浸透流解析 15-02-024
水圧式水位計 02-03-003,02-03-006
水位 02-03-001
水位観測 02-03-001
水域調査 11-04-014
水位計 02-03-003
水位の基準面 02-03-001
水位標 02-03-007
水位流量曲線 02-04-029
水温、溶存酸素濃度分布 14-02-019

水害リスク評価 09-01-001
水質汚濁予測調査 12-04-025
水質自動監視装置 12-02-003
水質調査 12-01-001,14-02-013,21-09-042
水質・底質調査 12-01-001
水質連続観測 14-02-021
水準基標 02-03-008
水面勾配断面積法 02-04-003
水文統計解析 03-01-001
水理構造物法 02-04-002,02-04-003
すべり面調査 18-02-004
生産土砂量調査 17-03-011, 17-04-016
生産流木量調査 17-09-042
正常流量 11-04-013
生息環境調査 21-09-041
生息生物種 21-09-033
生物関連調査 11-01-009
生物調査 21-09-031
堰測法 02-04-003,02-04-028
セグメント 04-02-008
設計編 01-02-002,04-01-003
戦略的環境アセスメント 11-19-074
総合点検 02-02-007,02-03-010
総合的な土砂管理 16-01-001
掃流砂 06-03-010
掃流砂量式 06-03-010
掃流土砂量 04-06-034
粗度係数 05-05-018

【た行】

代表係数法 03-02-005
代表粒径 04-02-013
第四紀断層の調査 15-04-067
滞留時間 13-02-003
高潮解析 21-04-010
高潮浸水解析 21-13-049

高水流量観測 02-04-008
濁度分布 14-02-020
ダム基礎等の調査 15-04-049
ダム湖環境基図 13-05-022
ダムの地質調査 15-04-036
短期流出モデル 03-02-001
タンクモデル 03-02-020
地下水位観測所 02-06-005
地下水位調査 02-06-005
地下水汚染解析 03-03-008,12-02-012
地下水解析 03-03-001
地下水涵養量 02-06-007
地下水水質調査 02-06-006,12-02-012
地下水調査 02-06-002,18-02-004
地下水賦存量 02-06-002
地下水流動 02-06-007
地下水流動解析 03-03-003
地下水利用実態調査 02-06-004
地形調査 17-01-001,18-02-003,20-02-003
地形判読調査 18-02-002
地質調査 02-06-006,18-02-003,18-02-003,20-02-003
地上雨量観測 02-02-002
治水経済調査 08-01-001
地表変動状況調査 18-02-004
中規模河床波 04-03-017
注目生物種 21-09-028
潮位解析 21-04-010
潮位観測 21-04-010
超音波式水位計 02-03-003,02-03-006
超音波流速計測法 02-04-003,02-04-025
長期流出モデル 03-02-001
調査坑等による調査 15-04-052
鳥類調査 11-11-039,13-05-017,21-09-036
貯水池周辺地すべり等の調査 15-04-069
貯留関数法 03-02-014
津波解析 21-05-011

津波浸水解析 21-14-050
ティーセン法 03-02-005
定期点検 02-02-007,02-03-010
底質調査 12-01-001,12-03-013,21-07-017
定常流解析 05-03-004
低水流量観測 02-04-008
底生生物調査 21-09-038
底生動物調査 11-10-033,13-05-011
堤体材料の調査 15-04-071
底泥溶出試験 12-03-019
底泥溶出速度試験 12-03-017
テレメータ 02-02-005,02-03-007,02-04-027
テレメトリ計測 11-17-070
電波式水位計 02-03-003,02-03-006
電波流速計 02-04-024
等雨量線法 03-02-005
等価粗度法（Kinematic Wave 法） 03-02-016
動植物プランクトン調査 13-05-013
透水性地盤調査 15-02-014
動物調査 17-09-042
土研分布モデル 03-02-021
土質・地質調査 15-01-001,15-02-003
土質試験 19-04-004
土質調査 15-02-024,18-02-005
土砂収支 04-06-036,21-07-020
土砂収支図 21-08-023
土砂濃度分布 06-03-017
土砂流送観測 04-06-034
土砂流送特性 04-06-032
土石流対策調査 17-04-014
土石流濃度 17-04-016
土地利用計画調査 17-08-040
トレーサによる調査 21-07-020

【な行】

内水処理計画 07-05-012

内水浸水 07-04-009
流れの観測 21-07-015
流れの調査 21-06-014
雪崩実態調査 20-02-002
雪崩調査 20-01-001
雪崩の運動解析 20-02-003
雪崩要因調査 20-02-002
軟弱地盤調査 15-02-009
二重化 02-03-010

【は行】

ハビタット分布調査 21-09-029
波浪観測 21-05-012
波浪推算 21-05-013
波浪調査 21-05-011
干潟 14-01-004
非接触型流速計 02-04-024
非定常流解析 05-03-004
漂砂観測 21-07-019
漂砂系 16-02-006,21-07-016
漂砂系土砂収支図 16-02-012,21-08-023
漂砂調査 21-07-015
漂砂の卓越方向 21-07-021
標識 02-02-006,02-02-010,02-03-008,02-04-008
標準照査 02-05-002,02-05-009
費用便益分析 08-01-001,21-15-054
浮子測法 02-04-003,02-04-016
付着生物調査 21-09-038
付着藻類調査 11-08-025
物理探査 15-04-050
物理モデル 03-02-002
浮遊土砂量 04-06-035
プランクトン調査 21-09-040
フロート式水位計 02-03-003,02-03-006
分布定数系モデル（分布型モデル） 03-02-002
平面二次元流解析 05-04-012

崩壊可能土砂量 17-04-017,17-04-018
崩壊斜面等調査 19-05-006
崩壊状況調査 17-04-019
法令等指定状況調査 17-08-040
ボーリング 19-04-004
ボーリング調査 15-03-031,15-04-051

【ま行】

水収支解析 03-03-001
水収支モデル 03-03-001
水循環 02-08-001
モニタリング 02-08-004

【や行】

溶存酸素消費速度試験 12-03-018

【ら行】

リアルタイム浸水シミュレーション 07-05-012
リードスイッチ式水位計 02-03-003,02-03-006
陸上昆虫類等調査 11-13-051,13-05-020
粒径加積曲線 04-02-014
粒径集団 16-02-005
粒径分類 04-02-010
粒径別土砂収支図 16-02-009
流砂観測 17-02-007
流砂系 16-01-001
流砂系土砂動態マップ 16-02-012
流砂量式 17-02-008
流出解析 03-02-001
流出解析 17-02-007
流出係数 03-02-010
流出土砂量調査 17-02-005,17-03-013,17-04-017
流出モデル 03-02-001
流出流木量調査 17-09-043
流速測線 02-04-017
流速断面積法 02-04-002,02-04-003

粒度分布 06-03-008
粒度分布調査 04-03-020
流木実態把握 17-09-043
流量観測 02-04-001
流量観測手法 02-04-002
利用実態調査 13-05-021
両生類・爬虫類・哺乳類調査..... 11-12-047,13-05-018
レーザ測深 22-03-007
レーダ雨量計 02-02-008