

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溪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滞筋部の低下を含む）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か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、溪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 共通の調査の骨組み 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わせること

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、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>

溪流・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>

溪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。溪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、支溪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碎・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。

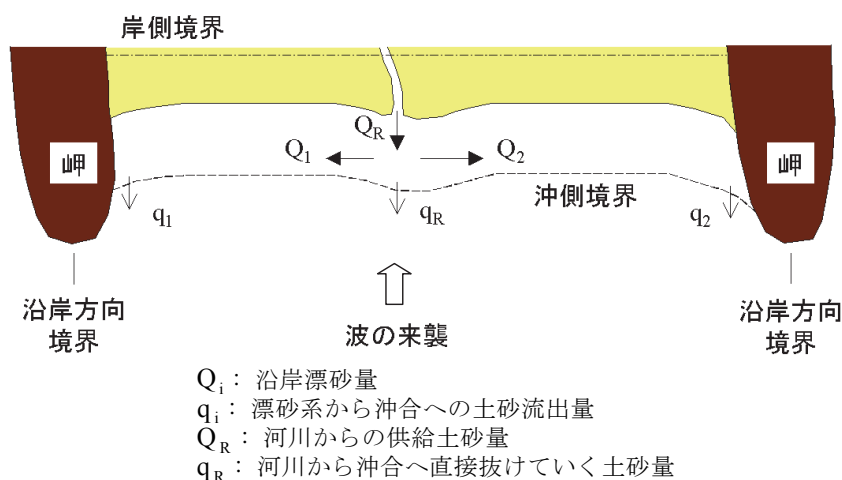


図16-2-1 漂砂系の概念

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溪流を受ける地点、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、組み合わせることを標準とする。

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られたい。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、溪流、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。

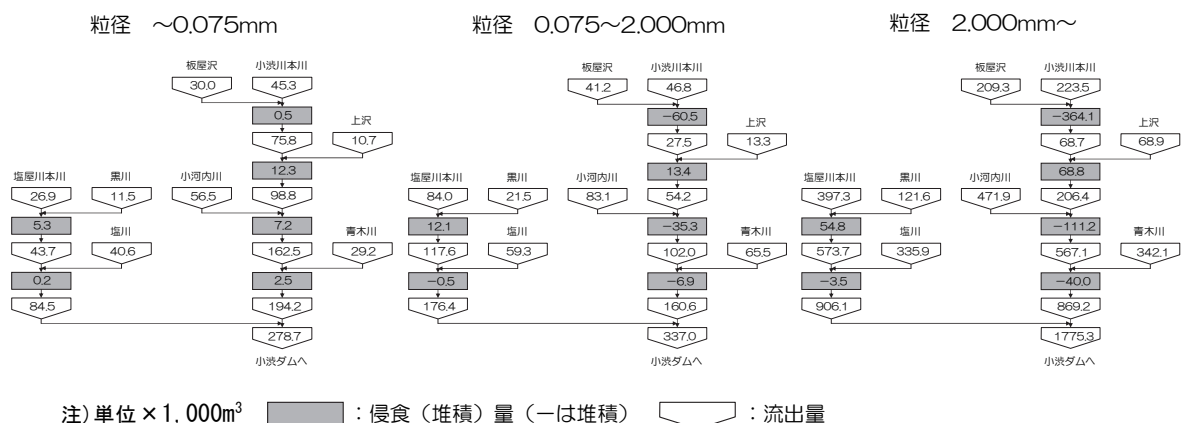


図16-2-2 山地部についての粒径別土砂収支図の作成例（小渋川流砂系：地形測量による
1982年8月・9月出水前後の土砂収支）

「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。

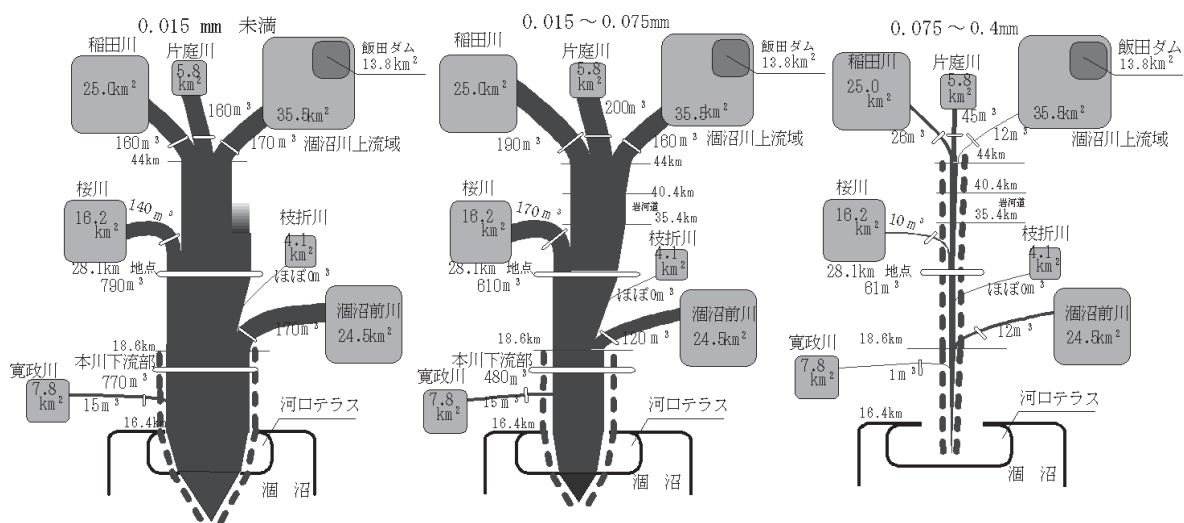


図16-2-3 河道における土砂動態マップの作成例（湖沼川流砂系：浮遊砂量観測による1998年9月16日洪水による総移動量）

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い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。

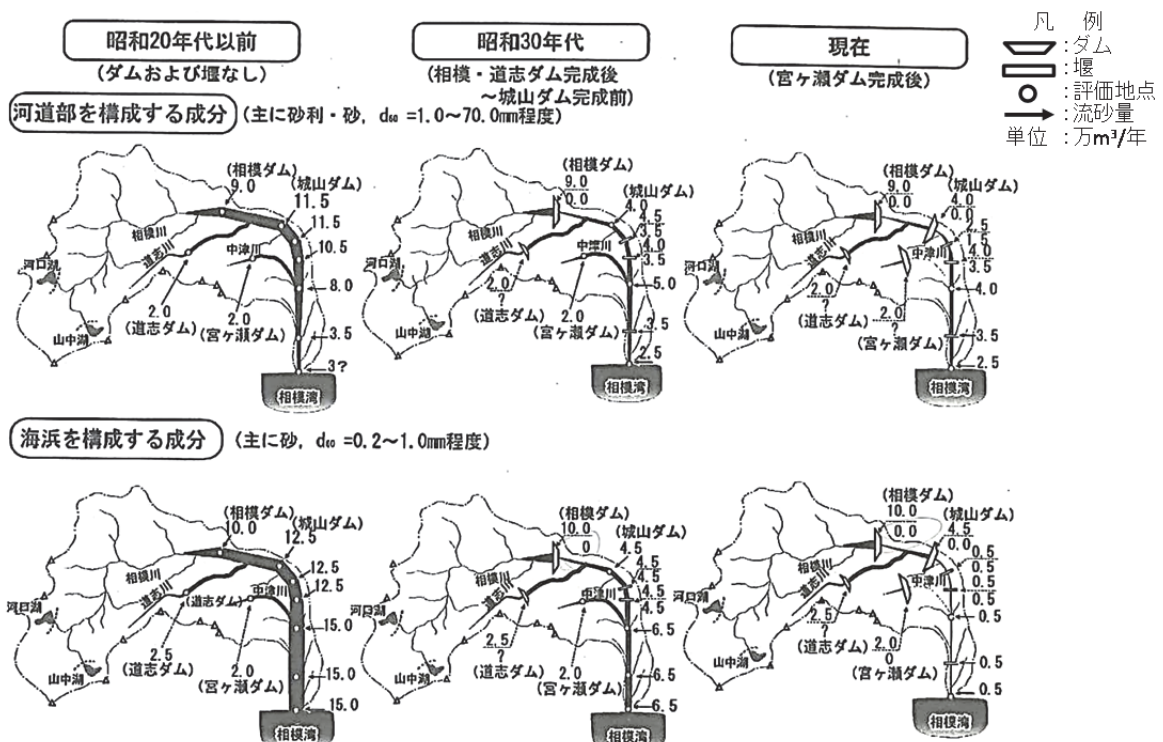


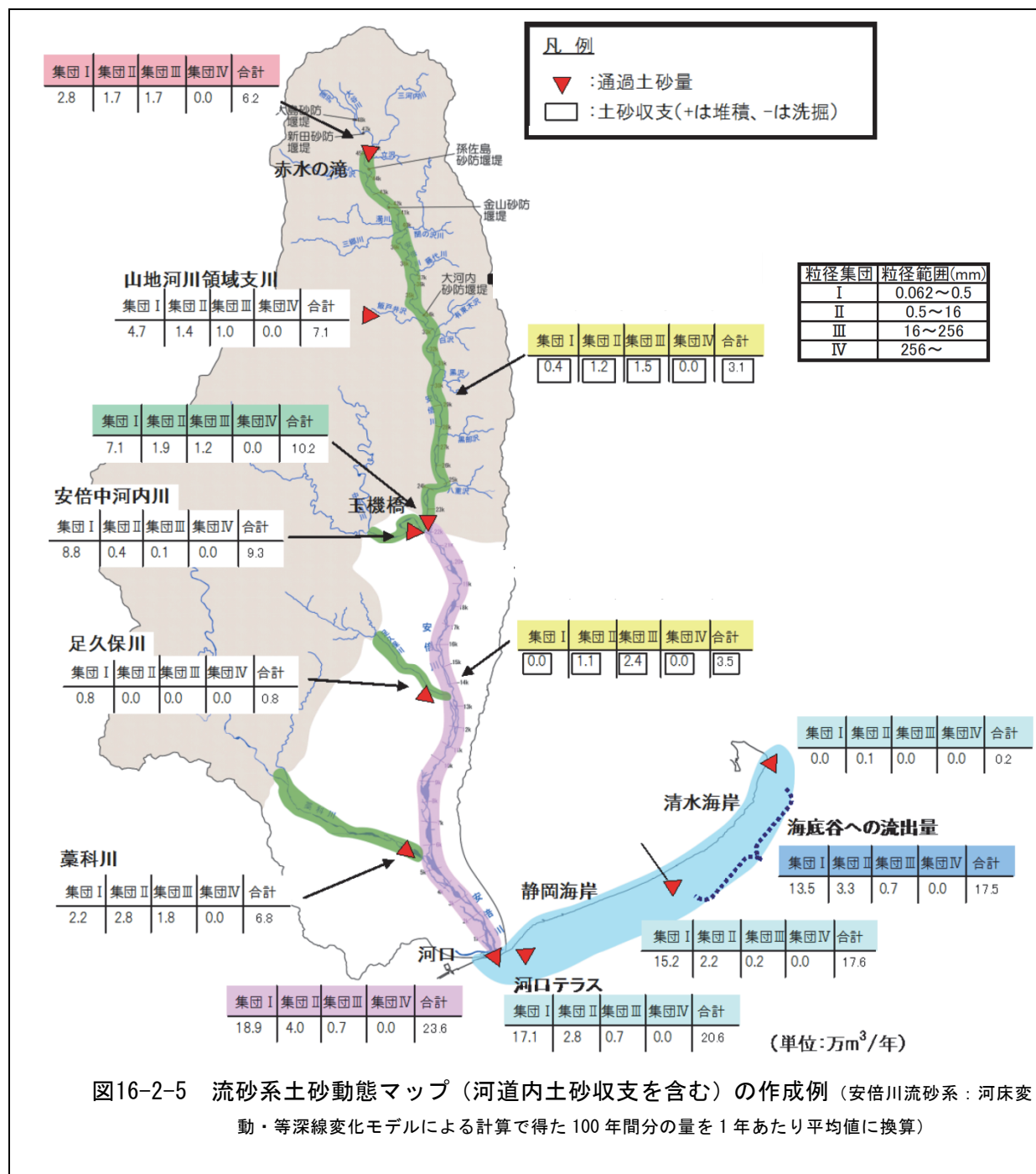
図16-2-4 河道における時系列流砂系土砂動態マップの作成例 (相模川流砂系: ダム貯水池・河道地形測量および流砂量計算による年平均移動量の推定値)

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。



<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 共通の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、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、調査の具体的な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、溪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いえない。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（空間的広がり視点）。

また、洪水の中のある瞬間あるいは一洪水の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（時間的広がり視点）。時間的・空間的広がり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。流速が速い溪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、洪水の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、溪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）において述べた溪流・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ー水面形時系列観測値と洪水流ー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、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、共通の調査がある中でも、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のが大事である。

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がっ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、それをよりの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.