

第IX章 汚濁解析に必要な水質調査**1. 水質調査****1.1 目的・意義**

近年、国民の自然への認識が高まるにつれて河川の持つ自然環境や水辺空間としての機能が着目され、治水機能重視の管理から利水、環境を含めた総合的な河川管理が求められるようになってきた。平成9年に改正された河川法では、このような背景をもとに「河川環境の整備と保全」がその目的に明記され、河川管理者は河川環境を把握し保全していくことが必要とされている。河川審議会では河川計画で検討すべき事として、危機管理に対する治水施設の質的向上、自然共存型社会に向けての健全な水循環の確保、水質保全、土砂対策、良好な河川景観と良好な水辺空間の形成の推進、活力あふれる地域個性発揮型社会の実現に向けた水と緑を基本とした圏域形成などを挙げている。

本章で対象とする「汚濁解析に必要な水質調査」は、良好な河川環境の維持・管理の一貫として実施するものであり、水質汚濁防止法による「水質の汚濁の状況の監視等」の水質調査の参考として行うことが望ましい調査である。

水質汚濁防止法では、工場および事業場から公共用水域に排出される汚水対策や生活排水対策により水質の汚濁を防止することを目的としているが、河川環境の保全はこれら汚濁源ばかりでなく流域全体を総合的に管理、監視していくことが必要とされている。

河川環境は、流水の清澄さばかりでなく河川空間に存在する植生、その場を生活空間とする様々な生物群集が一体となった生態系としてとらえることが必要であり、中でも河川水質を良好な状態で維持することは、生態系を保全する上で最も重要な事項であると言えることができる。河川における水質汚濁の進行は、治水機能優先が謳われていた時代に損なわれた浄化機能の低下や、流域開発に伴う汚濁負荷量の増加が大きく影響している。しかしながら、近自然河川工法の採用による河川が本来持つ浄化機能の回復や、排水規制や総量規制による負荷量の削減によって良好な河川水質を取り戻す効果が見られてきている。その反面、緩やかな水質汚濁の進行やなかなか水質が改善しない河川が存在することも事実である。

汚濁解析に必要な水質調査を実施することにより、流域内の汚濁源の特定、汚濁負荷量の把握、河川の持つ浄化機能の把握が可能となり、河川管理を進める上で重要な情報を入手することができる。また、流域の開発計画を事前に把握することにより将来水質を予測することができ、水質保全対策を早期に立案することも可能となる。

以上のことから、「汚濁解析に必要な水質調査」は、河川管理者が「河川環境の整備と保全」を実現するために、参考として行うことが望ましいものである。

なお、汚濁解析に必要な水質調査は、1. 基本調査、2. 詳細調査、3. 特定調査、4. 対策調査の4項目から構成されており、それぞれの調査を以下のように定義する。

1. 基本調査

基本調査は、汚濁解析を実施する水域の特性を明らかにする場合に実施する。なお、最新の既往資料等により、流域内の水質汚濁要因の要素やその代表的負荷量が明らかになっている場合には調査を省略することができる。

2. 詳細調査

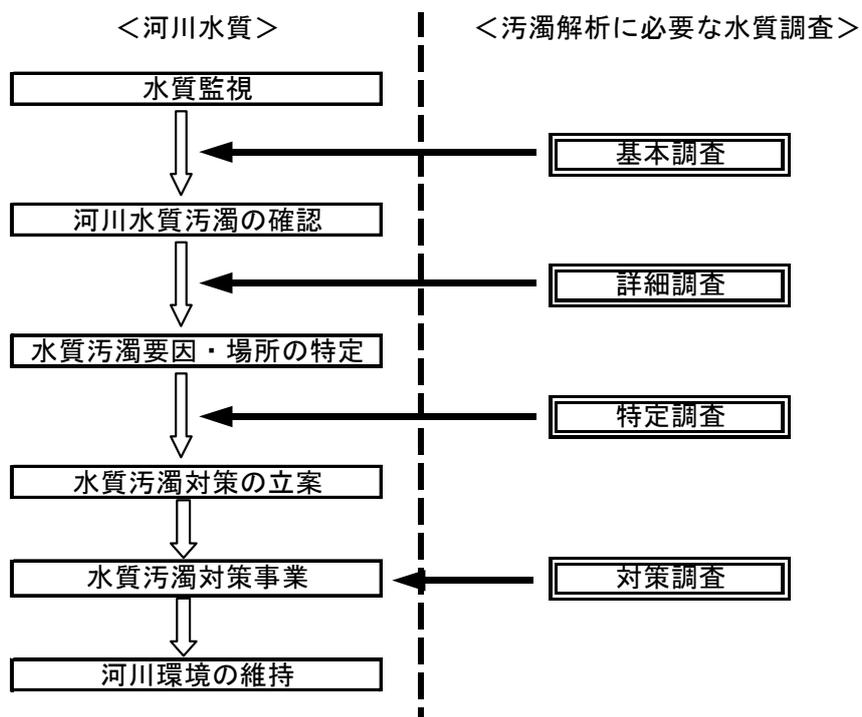
詳細調査は、汚濁解析を行う地点では必ず実施する。ただし、最新の資料により対象地点の汚濁負荷量の特性が明らかになっている場合は調査を省略することができる。

3. 特定調査

特定調査は、水質予測を行う際に必要なパラメーターの同定のために実施する。ただし、一般値を用いることが可能な水域では調査を省略することができる。

4. 対策調査

対策調査は、水質改善を目的とした事業、工事などが行われる場合に実施する。



「汚濁解析に必要な水質調査項目」の位置付け

1.2 水質汚濁の定義

水質汚濁とは、工場・事業所等の排水や生活排水により河川・湖沼・海域・地下水などの水域に有機態および無機態物質が流入し、水が汚染され悪臭の発生や生態系を悪化させる現象を言う。

1.3 適用水域

汚濁解析に必要な水質調査は、現在水質汚濁が進行もしくは将来水質汚濁が進行する可能性のある水域、水質汚濁対策事業が実施あるいは今後必要とされる水域に適用する。

解 説

水質汚濁解析に伴う水質調査は全ての水域で実施すべき調査とはいえないため、ここではその適用範囲を、①現在水質汚濁が進行している水域、②将来水質汚濁が進行する可能性のある水域、③水質汚濁対策事業が実施されている水域、④今後何らかの水質汚濁対策事業が必要とされる水域に限定するものとする。

なお、「現在水質汚濁が進行している水域」とは、「環境基準が満たされていない水域」あるいは「管理目標水質を達成していない水域」を指す。

IX章

1.4 基本調査

1.4.1 目的

河川、湖沼、ダム貯水池の水質汚濁解析では、流域の土地利用、水質汚濁防止対策の実施状況、および将来計画、河川等の水理、水質特性を勘察し、総合的に解析していくことが望ましい。その場合、対象河川等の水質を左右する汚濁負荷量およびその原因である汚濁発生源について調査を行うこととなる。

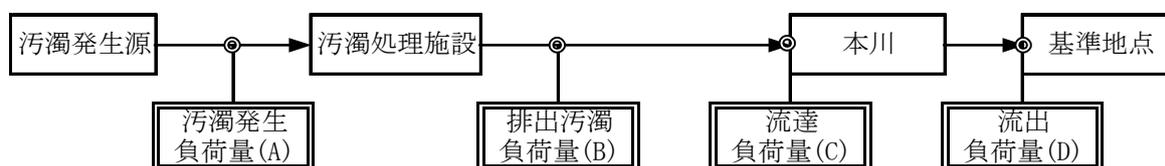
出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章

解 説

水質汚濁防止法（第4条2,3）では、指定水域の総量削減方針、総量削減計画を定めている。現在、指定水域の指定を受けていない水域においても主要河川における汚濁負荷量の総量あるいは発生源別の汚濁負荷量を把握することは、良好な水質環境を維持する上で重要なことである。

1.4.2 負荷量の定義

汚濁発生源から河川および湖沼の基準地点に到達する汚濁負荷量を以下のように定義する。



汚濁発生負荷量：汚濁発生源から直接排出される負荷量。

排出汚濁負荷量：処理後に排出される負荷量。（処理施設をもつ事業所の場合は汚濁発生負荷量と排出汚濁負荷量は同じものとなる。）

流達負荷量：水路または支川を通過して本川に到達する負荷量。

流出負荷量：本川を流下し任意の基準地点に到達する負荷量。

排出率： $(B) / (A)$

流達率： $(C) / (B)$

浄化残率： $(D) / (C)$

浄化率： $\{(C) - (D)\} / (C)$

流出率： $(D) / (B)$

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

各負荷量の名称および率の算出方法は文献によって異なる場合が多く、ここでは改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）、河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）にしたがって表記方法を統一する

1.4.3 集水域基礎調査

(1) 目的

集水域基礎調査では対象とする流域にどのような水質汚濁要因の要素が存在しているかについて、既往資料を用いて把握することを目的に実施するものとする。
なお、対象とする水質汚濁要因が最新資料により特定可能である場合には、集水域基礎調査を省略することができる。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

集水域基礎調査では、汚濁解析を実施しようとする水域の水質汚濁がどのような要因に依存しているかについて、既往資料等を用いて事前に把握することを目的としている。水質汚濁は、流域内に存在する全ての汚濁発生源が関与している訳ではないが、これらの情報を詳細に分類・集計しておくことで容易に汚濁要因を特定することが可能になる場合が多い。しかしながら、収集・整理すべき項目は多岐にわたっており、多大な労力を必要とするのは避けられない状況にある。なお、これら社会特性、河川特性、自然地理特性に関する最新の情報は、河川台帳と同様に本来河川管理者が整備しておくべき資料と解すべきであり、汚濁解析とは別に順次揃えていくことが望まれる。ただし、水質汚濁要因が最新資料により特定可能である場合や、特定の要因に限定されている場合には調査の全てあるいは一部を省略してもよい。

(2) 調査区域

調査区域は原則として当該流域の全域とするが、水および土地利用状況並びにそれらの将来計画等から、当該流域外の区域であっても一体として調査すべき区域は含めることが望ましい。

出典：流域別下水道整備総合計画調査指針と解説第1章

解 説

流域外において、汚濁負荷の排出先が当該流域となるような水および土地の利用状況が見られる場合は自然の流域界にこだわらず調査範囲を拡大することが望ましい。

(3) 調査項目

水質汚濁に係わる社会特性、河川特性、自然地理特性の要素を具体的に示す項目とする。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

社会特性は流域内の汚濁発生源の基礎資料となるものであり、人口、産業構造、土地利用状況を、河川特性では流量、河道、水質状況、治水・利水施設状況等を、自然地理特性では流域の地形、地質、気象、植生を対象とすることが考えられる。

IX章

(4) 調査方法

最新の資料を収集・整理することを基本とするが、資料が不十分な場合は補足調査を実施して資料を補完してもよい。

解 説

社会特性に関わる統計資料には、行政界区域の統計資料と地域メッシュ統計資料とがある。

行政界区域の統計資料は区市町村単位に整理されており、地域メッシュ統計資料は一辺約1kmの標準メッシュで区画されているがいずれも河川の流域界とは一致しない。そのため、何らかの方法で河川流域に適合するように配分する事が必要となる。また、土地利用状況については「土地利用図」に流域界を区画し、土地利用状況別に面積を測定することができる。

河川特性は、「河川現況調査」、「河川便覧」等をもとに流域面積、流路延長、河道形態、河道内構造物の種類などについて整理するとともに、流量状況については「流量年表」を、水質状況については「水質年鑑」、「全国一級河川の水質現況」、「公共用水域の水質測定結果」等を用いるとよい。また、治水・利水施設状況は「河川管理台帳」等を用いることができる。

自然地理特性は、地形に関する情報は「地形図」、「空中写真」等を用い、地質については「地質図」、「表層地質図」その他の既往調査資料を用いるとよい。また、植生については「土地利用図」、「空中写真」、「緑の国勢調査」を用いるとよい。気象情報については気象観測地点の気温、降水量、積雪量、晴天日数、降雪および降水日数等について「気象庁月報」、「気象庁年報」、「雨量年表」等を用いて整理することができる。

なお、対象となる資料の種類・保管先については「河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章」に詳細が記されている。

(5) 資料整理方法

対象となる水域に適した各種集計様式を作成し、流域基礎データを整理する。なお、解説に集計様式の一例を示すが、同様式に限定する必要はない。

出典：河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

主要項目の集計様式（案）を参考図表-12に示すが、対象とする流域の特性によっては異なる集計様式を用いた方が利用しやすい場合もある。なお、資料は表1.1が参考となる。

表1.1 集水域基礎調査参考資料一覧

調査項目	資料名	編集・出版又は保管等
1. 社会特性調査		
(1) 人口	地形図 (1/20万, 1/5万, 1/2.5万) 国勢調査報告 都道府県区市町村別報告 区市町村丁別人口及び世帯概要 地域メッシュ統計 住民基本台帳による世帯人口 自然公園利用状況調査 環境統計要覧 都市計画年報 下水道統計	国土交通省国土地理院、(財) 日本地図センター 総務省統計局、(財) 日本統計協会 都道府県 都道府県 総務省統計局、(財) 日本統計協会 都道府県、区市町村 環境省自然環境局 環境省 国土交通省 (社) 日本下水道協会
(2) 産業	清掃事業概要公共施設状況調べ 事業所統計調査報告 事業所統計調査、地域メッシュ統計 都道府県別統計年鑑 農林センサス 耕地及び作付面積統計 畜産統計 工業統計 特定施設の届出資料 河川水質管理計画書	都道府県 総務省統計局 { (財) 日本統計協会 } 総務省統計局 { (財) 日本統計協会 } 都道府県 農林水産省 農林水産省、 { (財) 農林統計協会 } 都道府県 経済産業省 都道府県公害部局、指定都市公害部局 国土交通省河川局、河川工事事務所
(3) 土地利用	土地利用図 (1/20万分, 1/5万分, 1/2.5万分) 国土統計要覧 地域統計要覧 都道府県区市町村別面積調べ 国土数値情報データ 河川現況調査 下水道統計	国土交通省国土地理院、(財) 日本地図センター 国土交通省 地域振興整備公団 国土交通省国土地理院 国土交通省国土地理院 国土交通省各地方整備局河川部 (社) 日本下水道協会
(4) 汚水処理施設の処理状況		
2. 河川基本特性調査		
(1) 流域の特性	地形図 (1/20万, 1/5万) 河川現況調査 河川便覧	国土交通省国土地理院 各工事事務所 (社) 日本河川協会
(2) 河川の特性	河川現況調査 河川便覧	各工事事務所 (社) 日本河川協会
(3) 流量状況	流量年表 河川現況調査 河川便覧	国土交通省河川局、(社) 日本河川協会 各工事事務所 (社) 日本河川協会
(4) 水質状況	水質年表 日本河川水質年鑑 全国一級河川の水質状況 各地方水質汚濁対策連絡協議会資料	国土交通省河川局 国土交通省河川局、(社) 日本河川協会 国土交通省河川局、各地方整備局河川部 各地方整備局河川部、関係都道府県
(5) 治水及び利水施設状況	事業計画書 河川管理台帳 河川現況調査 河川便覧 ダム管理年表 流量年表	各工事事務所 各工事事務所 各工事事務所 (社) 日本河川協会 国土交通省河川局 国土交通省河川局、(社) 日本河川協会
3. 自然地理特性調査		
(1) 地形	地形図 空中写真 地形分類基準	国土交通省国土地理院、(財) 日本地図センター 国土交通省国土地理院、(財) 日本地図センター 国土交通省国土地理院
(2) 地質	地質図 表層地質図 表層地質の分類基準	独立行政法人 産業技術総合研究所 独立行政法人 産業技術総合研究所 独立行政法人 産業技術総合研究所
(3) 植生	緑の国勢調査	環境省
(4) 気象	気象庁月報 気象庁年報 雨量年表 都道府県月報	気象庁、(財) 日本気象協会 気象庁、(財) 日本気象協会 国土交通省河川局、(社) 日本河川協会 都道府県

IX章

1.4.4 汚濁原単位調査（汚濁発生負荷量調査）

(1) 目的

汚濁発生要因別に汚濁発生負荷量（汚濁原単位）を実測によって把握する。

出典：河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章
流域別下水道整備総合計画調査指針と解説第3章

解 説

対象水域内の全汚濁発生源についてその汚濁発生量を実測することは困難であるため、主要な汚濁発生源を抽出して調査を行い、得られた原単位から流域の汚濁発生負荷量を算出することができる。

(2) 対象汚濁源

汚濁負荷量は以下の汚濁源に分けて算出する事を基本とするが、対象とする水域の現状に即して対象汚濁源を選定する。

- 点源
1. 生活排水からの汚濁負荷
 2. 工場排水からの汚濁負荷
 3. 事業所排水からの汚濁負荷
 4. 畜産排水からの汚濁負荷
 5. 観光排水からの汚濁負荷
- 面源
1. 農地からの汚濁負荷
 2. 市街地からの汚濁負荷
 3. 山林からの汚濁負荷
 4. 降雨からの汚濁負荷

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章
流域別下水道整備総合計画調査指針と解説第3章

解 説

各発生源における発生負荷量の計測は、污水处理施設に流入前の負荷量を対象とする。

点源

1. 生活排水からの汚濁負荷

生活排水からの汚濁負荷は、便所でのし尿、台所、風呂場、洗濯での雑排水を対象とする。

なお、家庭からの負荷量は直接下水道施設に排出される場合や浄化槽を用いて敷地内処理をして排出される場合、単独浄化槽のようにし尿のみを処理し雑排水は未処理のまま排出される場合などがあり、調査に際しては事前に污水处理方式を把握しておくことが必要である。

また、家庭からの排水は時間的変動が大きいことから、調査時間の設定も重要である。

2. 工場排水からの汚濁負荷

工場の汚濁負荷は、排水処理施設に流入する前の汚濁負荷を対象とし当該工場から発生するすべての負荷量を測定することが望ましい。なお、工場の汚濁負荷は業種によって異なるため、当該流域の主要業種、主要工場を対象に実測することが望ましい。

立ち入り調査は、他官庁、地方自治体等と極力連携をはかるとともに対象工場にデータの提供を要請することもできる。また、独自で調査を行う場合には調査の目的および他の目的には使用しないことを説明し、協力を得ることが重要である。

3. 事業所排水からの汚濁負荷

事業所の汚濁負荷は、工場以外の飲食店、レストラン、給食センター、大規模弁当製造業、ホテル、旅館、スーパーマーケット、市場等の飲食に関する事業所、さらに公民館、公営競技場等を対象とする。

なお、これら事業所からの排水は時間的（季節、曜日、時刻）にパターンが決まっているため、事前にその排出パターンを把握して調査時期を設定することが望ましい。排水量の実測が困難である場合、水道メータの時間変化を読みとり、排水量とすることも可能である。

4. 畜産排水からの汚濁負荷

畜産排水の汚濁負荷は、牛、馬、豚、鶏等を対象とする。

牛・馬の負荷発生箇所は、畜舎内と畜舎外に分けられ畜舎外の負荷量は農地あるいは自然系の負荷として取り扱われる。そのため、牛・馬・豚については畜舎に設置された溜ますからの負荷量が家畜負荷量の排出量として位置づけられる。なお、鶏についてはほぼ全量が農地還元されている実態があるため、排出負荷量からは除外することができる。ただし、大規模養鶏団地のように施設の洗浄による汚濁負荷が無視できない規模である場合は、対象とする。

5. 観光排水からの汚濁負荷

観光排水の汚濁負荷は、旅館、ホテル、休憩地、土産物屋、ドライブイン等を対象とする。

これら観光排水は季節的変動が大きく、また祝祭日など曜日による変動も大きいいため調査時期の選定はこれらの要素を反映させる必要がある。

面源

1. 農地からの汚濁負荷

農地からの汚濁負荷は、主要な利用形態である水田と畑地を対象とする。

水田からの発生負荷量は、稲の成長過程や水管理方法（灌漑法）によって大きく変動するため調査方法や得られた負荷量の取り扱い方（年平均、月平均）に注意が必要である。畑地からの発生負荷量は、地下浸透によるものと洪水時の表面流出によるものとがある。晴天時や小降雨時には表面流出は無視できるほど小さいため、暗渠排水などを対象とした地下浸透水を対象とするとよい。一方、洪水時には表面流出による負荷量が大きくなるため、対象とする畑地からの流出を集水できる地点（河川あるいは水路）にて調査を実施する。

2. 市街地からの汚濁負荷

市街地の汚濁負荷は、面的な広がりを持つ道路、屋根、公園等に堆積している様々な物質（降下煤塵、粉塵、ほこり、排気ガス中の凝固物、動物の排泄物、小動物の死骸、落ち葉、浸食土壌、残土等）が対象となる。これらの堆積物は降雨によって掃流されて河川へ流入するため、調査は洪水時が中心となる。

3. 山林からの汚濁負荷

山地、原野の汚濁負荷は、洪水時の表面流出による土壌等の浸食と地下浸透したものが地表に流出する際に地中の物質を溶脱する事によって生じる。前者の表面流出は洪水時のみの現象であるが、後者は晴天時、洪水時ともに発生する。

4. 降雨からの汚濁負荷

降雨からの汚濁負荷は、降雨に含まれる物質によって決定されるため降雨水質と降雨量の積で求められる。降雨の水質は、対象とする地域や降雨量、雨の降り始めと終わりでは異なる。そのため、降雨負荷量は数パターンの降雨を対象に調査を実施することが望ましい。

(3) 汚濁負荷量算出項目

BOD、COD、T-N、T-Pを中心に、必要に応じて項目を追加する。

IX章

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章
流域別下水道整備総合計画調査指針と解説第3章

解 説

有機汚濁の指標項目はBOD(生物化学的酸素要求量)、COD(化学的酸素要求量)の2項目であり、水質環境基準も河川ではBOD、湖沼ではCODによって定められている。したがって、有機汚濁負荷量の算出はBOD、CODの両者を対象に行うことが望ましい。また、湖沼等の閉鎖性水域は流入する栄養塩(T-N：総窒素、T-P：総リン)を利用して藻類が増殖し水質を悪化させる。そのため、栄養塩の負荷量についても対象項目とするとよい。

(4) 調査地点の選定

点源では、污水处理施設に流入前の地点とし、採水と流量観測が容易である地点を選定するとよい。

面源では、対象とする汚濁源からの排水が集約される地点とし、採水と流量観測が容易である地点を選定するとよい。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

面源負荷を対象とする場合、調査地点は汚濁負荷が当該水域（河川、湖沼、海域）に流入する直前の地点とし、以下の要件を満たすことが望まれる。

1. 対象とする汚濁源からの排水が集約される地点であること。
2. 横断方向に均一な水質であること。
3. 採水と流量観測が容易であること。

(5) 調査方法

点源は、晴天時および降雨時に関係なく負荷が一樣に発生するものとするが、汚濁源によっては汚濁の発生が時刻、曜日、季節によって異なる場合があるため調査時期の設定は事前調査によって把握しておくことよい。

面源は、平常時および洪水時によってその発生機構が異なり負荷が大きく変動するため、平常時および洪水時の両方について調査を行う。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

汚濁源別の調査は以下のように実施するものとするが、当調査手法は一例を示したに過ぎず、対象水域の特性に応じた調査方法を選定することが望まれる。

点源

1. 生活排水からの汚濁負荷

①対象地点の選定

当該流域の平均的な住宅地であり、以下の要件を満たすこと。

- ・排水系統が明らかで、各戸の排水が1カ所に集中していること。
- ・他の住宅排水が混入していないこと。
- ・アンケート等の協力が得られやすいこと。

②調査項目

水質（BOD、COD、SS、T-N、T-P、その他）、流量、その他（天候、気温、水温、外観等）

③調査日、時間、回数

季節、曜日、時間帯により負荷が大きく変動するため、以下の条件を参考に設定する。

季節：春夏秋冬の4回（最低夏冬の2回）

曜日：金曜から月曜までの4日間（最低日、月の2日間）

時間：就寝時間を除く毎正時

④原単位の算出

原単位(g/人・day) = 日負荷量(g/day) / 居住人口(人)

日負荷量(g/day) = 実測日負荷量(g/day) + 持ち出し負荷量(g/day)

実測日負荷量(g/day) = 日平均濃度(mg/L) × 日流量(L/day) × 1/1000

* 持ち出し負荷量：外出などにより区域外に持ち出す負荷量であり、アンケート等で推定する。

2. 工場排水からの汚濁負荷

①対象地点の選定

当該流域の代表的な業種、工場であり、以下の要件を満たすこと。

- ・排水系統が明らかで、処理施設流入前に採水・流量測定ができること。
- ・アンケート等の協力が得られやすいこと。

②調査項目

水質（BOD, COD, SS, T-N, T-P, その他）、流量、その他（天候, 気温, 水温, 外観等）

* 工場により、特異な水質条件がある場合は追加する。

③調査日、時間、回数

工場によりその操業形態が異なるため、以下の条件を組み合わせ設定する。

- ・季節変動が小さい工場：季別に1回（4回/年）
- ・季節変動が大きい工場：月に1回（12回/年）
- ・日間変動が少ない工場：1日1回、任意時刻
- ・日中と夜間で変動がある工場：日中1回、夜間1回
- ・日間変動があり、24時間操業している工場：一定時間間隔で24時間観測
- ・日間変動があり、操業時間帯が決まっている工場：操業時間帯に一定時間間隔で観測

④原単位の算出

製品出荷額をベースとし、次式により算出。

原単位(g/day・百万円) = $\Sigma \{ \text{日平均負荷量(g/day)} \} / \Sigma \{ \text{製造品出荷額(百万円)} \}$

3. 事業所排水からの汚濁負荷

工場排水からの汚濁負荷調査に準じる。

4. 畜産排水からの汚濁負荷

①調査地点の選定

飼育している家畜の種類別に畜舎を選定する。

②調査方法

畜舎では下図に示す工程により、約80%の発生負荷量が除去されている。そのため、畜舎の総発生負荷量を把握するためには畜舎の一角にビニールシートなどの不透水性シートを敷き、1日分の排泄物を収集、分析することが必要である。また、対象となる畜舎からのボロ出し量と、固液分離による分離固形物量および汚水の水量と水質を把握することにより、種々の原単位を算出することができる。

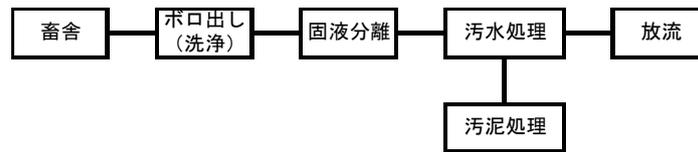


図1.1 畜舎の汚濁負荷発生工程

③調査項目

対象とした家畜頭数、発生量、ボロ出し量、固液分離による量、固液分離のろ液量、洗浄水量、水質（BOD, COD, SS, T-N, T-P, その他）

④原単位の算出

原単位(g/頭・日) = (混合試料濃度 - 洗浄水濃度) × 排出水量 / 調査頭数

ボロ出しおよび固液分離後の原単位

原単位(g/頭・日) = (混合試料濃度 - 洗浄水濃度) × 排出水量 × (1 - α) × (1 - β) / 調査頭数

* α : ボロ出し率、β : 固液分離除去率

5. 観光排水からの汚濁負荷

生活排水からの汚濁負荷調査に準じる。

①調査項目

観光施設の収容人員および職員数、客数、水量、水質（BOD, COD, SS, T-N, T-P, その他）

②調査日、時間、回数

利用者が集中する5月連休、8月お盆、正月のいずれか1回と平常時1回の合計2回
各調査回とも毎正時に計測：24回/day

③原単位の算出

1日、1人当り原単位

原単位(g/day・人) = 日総負荷量(g/day) / 利用者数(人)

*利用者数には従業員を含む

面源

1. 農地からの汚濁負荷

水田と畑地に分けて調査方法を示す。

1) 水田

①調査方法

対象とする水田の条件を考慮し、次のいずれかの方法を選択する。

- ・ 水収支ライシメーターを用いる方法
- ・ 1区画の水田を用いる方法
- ・ 広域圃場の用排水路を用いる方法
- ・ 農耕地に隣接する河川の上・下流での物質収支を用いる方法

②調査項目

流入・流出水質（BOD, COD, SS, T-N, T-P, その他）、流入・流出流量、雨量、その他（天候、気温、水温、外観等）

③調査日、時間、回数

灌漑期

平常時：月1～2回（4時間間隔で24時間）

洪水時：洪水期間に2～3回

非灌漑期

洪水時：洪水期間に2～3回

④原単位の算出

灌漑期（平常時）

$$\text{原単位 (g/ha・day)} = 1/n \sum [\text{排出水量 (m}^3/\text{ha・day)} \times \{\text{排出水質 (mg/L)} - \text{流入水質 (mg/L)}\}]$$

n：調査回数

灌漑期（洪水時）

$$\text{原単位 (g/ha・mm)} = 1/n \sum \{\text{流出負荷量 (g)} / \text{集水面積 (ha)} / \text{降雨量 (mm)}\}$$

n：調査回数

灌漑期（平均）

$$\text{原単位 (g/ha・day)} = \text{平常時原単位 (g/ha・day)} + \text{洪水時原単位 (g/ha・mm)} \times \text{灌漑期間中総雨量 (mm)} / \text{灌漑日数 (day)}$$

非灌漑期（洪水時）

$$\text{原単位 (g/ha・mm)} = 1/n \sum \{\text{流出負荷量 (g)} / \text{集水面積 (ha)} / \text{降雨量 (mm)}\}$$

n：調査回数

非灌漑期（平均）

$$\text{原単位 (g/ha・day)} = \text{平常時原単位 (g/ha・day)} + \text{洪水時原単位 (g/ha・mm)} \times \text{非灌漑期間中総雨量 (mm)} / \text{非灌漑日数 (day)}$$

年平均

$$\text{原単位 (g/ha・day)} = \text{灌漑期平均原単位 (g/ha・day)} \times \text{灌漑日数 (日)} / 365 \text{日} + \text{非灌漑期間平均原単位 (g/ha・day)} \times \text{非灌漑日数 (day)} / 365 \text{日}$$

2)畑地

①調査方法

畑地は水田に比較して面積が小さいため、複数の対象区域を設定して平均的な負荷量を把握できるように考慮することが望ましい。また、表面流出負荷量に影響を与える栽培作物の種類と被覆度、施肥管理の方法、土壌成分、勾配などについても調査を行う。

②調査項目

水質（BOD, COD, SS, T-N, T-P, その他）、流出流量、雨量、その他（天候, 気温, 水温, 外観等）

③調査日、時間、回数

洪水時：年数回（1回につき流出の始めから終わりまでに数回、ピーク時は必ず実施）

平常時：年数回

④原単位の算出

洪水時原単位

$$\text{原単位 (g/ha・mm)} = 1/n \sum \{\text{洪水時負荷量 (g)} / \text{集水面積 (ha)} / \text{降雨量 (mm)}\}$$

$$\text{洪水時負荷量 (g)} = \sum \{ (S_i Q_i + S_{i+1} Q_{i+1}) / 2 \times (t_{i+1} - t_i) \} - \{ (S_1 Q_1 + S_n Q_n) / 2 \times (t_n - t_1) \}$$

S_i ：i番目の水質濃度 Q_i ：i番目の流量

S_1 ：降雨の影響が出始める前の水質

S_n ：出水後の水質

Q_1 ：降雨の影響が出始める前の流量

Q_n ：出水後の流量

$t_{i+1} - t_i$ ：i番目と(i+1)番目の間隔時間

$t_n - t_1$ ：第1回目から最終回までの時間

n：洪水時調査の実施回数

IX章

平常時原単位

$$\text{原単位 (g/ha} \cdot \text{day)} = 1/n \sum \{ \text{水質濃度 (mg/L)} \times \text{流量 (m}^3\text{/day)} / \text{集水面積 (ha)} \}$$

n : 平常時調査の実施回数

2. 市街地からの汚濁負荷

①調査方法

対象区域の集水地点にて排出負荷量を数多く測定し、多変量重回帰分析あるいは汚濁流出モデルを用いて原単位を算出する。

②調査項目

水質 (BOD, COD, SS, T-N, T-P, その他)、流量、雨量、その他 (天候, 気温, 水温, 外観等)

③調査日、時間、回数

降雨による流出負荷総量が把握できるように1降雨について数回計測する。

対象降雨は少なくとも年4回以上とする。

④原単位の算出

多変量重回帰分析 (説明変数を3項目に設定した場合。)

$$\text{原単位 (kg/ha)} = aX_1 + bX_2 + cX_3 + d \quad X_1, X_2, X_3 : \text{説明変数}$$

a, b, c, d : 偏回帰係数 (解析によって求まる値)

*説明変数としては、有効雨量(mm)、有効降雨強度(mm/ha)、先行降雨係数(mm/day)を用いる場合が多い。

3. 山林からの汚濁負荷

①調査地点の選定

上流部に人家などの他の汚濁源が存在しない地点を選定する。

②調査項目

水質 (BOD, COD, SS, T-N, T-P, その他)、流量、雨量、その他 (天候, 気温, 水温, 外観等)

③調査日、時間、回数

平常時 : 1日1回、年4回 (季別)

洪水時 : 年2~3回、1降雨による流出総量が把握できるように適宜調査回数を設定

④原単位の算出

平常時

$$\text{原単位 (g/ha} \cdot \text{day)} = 1/n \sum \{ \text{水質濃度 (mg/L)} \times \text{流量 (m}^3\text{/day)} / \text{集水面積 (ha)} \}$$

n : 平常時調査の実施回数

洪水時

$$\text{原単位 (g/ha} \cdot \text{mm)} = 1/n \sum \{ \text{洪水時負荷量 (g)} / \text{集水面積 (ha)} / \text{降雨量 (mm)} \}$$

$$\text{洪水時負荷量 (g)} = \sum \{ (S_i Q_i + S_{i+1} \cdot Q_{i+1}) / 2 \times (t_{i+1} - t_i) \} - \{ (S_1 Q_1 + S_n Q_n) / 2 \times (t_n - t_1) \}$$

S_i : i番目の水質濃度 Q_i : i番目の流量

S_1 : 降雨の影響が出始める前の水質

S_n : 出水後の水質

Q_1 : 降雨の影響が出始める前の流量

Q_n : 出水後の流量

$t_{i+1} - t_i$: i番目と(i+1)番目の間隔時間

$t_n - t_1$: 第1回目から最終回までの時間

n : 降雨時調査の実施回数

4. 降雨からの汚濁負荷

①調査地点の選定

雨量観測を実施している地点を選定する。

②調査項目

水質（BOD, COD, SS, T-N, T-P, その他）

③調査頻度

降雨の水質濃度は、大気中に含まれる物質によって大きく影響を受けるため、季節や降雨量によっても異なる。

そのため、季節性を考慮して数多くの降雨を観測することが望ましい。

④原単位の算出

一降雨毎の負荷量は降水量と水質濃度との積によって算出されることから、原単位は年間負荷量を1haに換算した値(kg/ha/年)として算出する。

ただし、年間負荷量が実測で得られない場合は、数例の実測降雨負荷量をもとに年間雨量から換算しても良い。

なお、発生汚濁負荷量の実測方法（調査時刻、曜日、年間調査頻度等の設定）については、河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章に詳細が記されているため、具体的な調査方法は同マニュアルを参考とし、現地の状況に応じて調査方法を変更する。

(6) 資料整理方法

実測による負荷量をもとに、1. 汚濁発生負荷量、2. 汚濁原単位、を汚濁源別に算出し、対象流域の全汚濁負荷量が把握できるように整理する。

出典：河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

対象流域の汚濁発生負荷量は、集水域基礎調査結果と実測による汚濁原単位調査結果から算出することができる。ただし、対象水域内を水質基準地点等を基準に小ブロックに分割し、ブロック毎に汚濁発生負荷量を算出しておくことが汚濁解析を進める上で便利である。

なお、汚濁原単位を用いた負荷量の算出方法は河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章に詳細が記されているため、参考にできる。

1.4.5 調査結果の活用と評価

対象とする流域の汚濁発生源や将来計画を把握することにより、当該水域の将来水質予測および水質汚濁対策方法の検討に活用できる。

算出された汚濁発生源別の原単位については、「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説」に示された原単位実測事例と比較することにより、その値を比較検討することができる。

1.5 詳細調査（重点地点の汚濁負荷量調査）

解 説

詳細調査は、汚濁解析を行う地点で実施すべき調査項目・方法について記述するものであり、解析を行う際には実施する事が望ましい。ただし、最新の資料により汚濁解析を行う地点の汚濁負荷量の特性が明らかになっている場合は調査を省略することができる。なお、ここで言う重点地点とは汚濁解析を行う地点を意味している。

1.5.1 河川順流域

(1) 河川順流域の定義

河川順流域とは、河道内で潮汐の影響を受けない区間とする。

(2) 目的

河川順流域における流達・流出負荷量を実測によって把握する。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

汚濁解析を行う場合には、汚濁解析を実施する地点（=重点地点あるいは水質基準点：公共用水域の水質基準地点とは異なる）に到達する負荷量を算出する必要がある。

各負荷量は図1.2に示すように、汚濁発生源の汚濁発生負荷量が水路・支川へ到達する負荷を排出汚濁負荷量、本川へ到達する負荷量を流達負荷量、本川を流下し水質基準地点に到達する負荷を流出負荷量と呼んでいる。

また、排出汚濁負荷量が本川に到達する割合を流達率（=流達負荷量／排出汚濁負荷量）、排出汚濁負荷量が水質基準地点に到達する割合を流出率（=流出負荷量／排出汚濁負荷量）、流達負荷量が水質基準地点に到達する割合を浄化残率（=流出負荷量／流達負荷量）と呼び区別している。

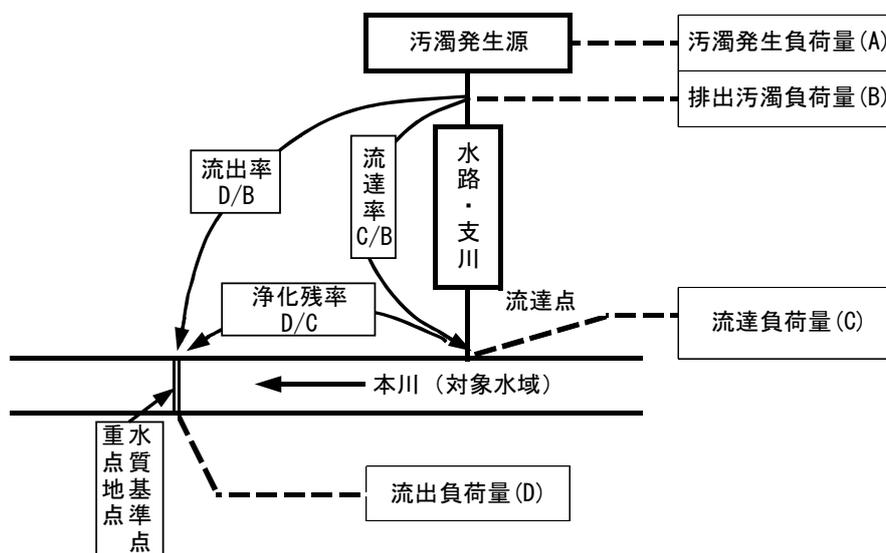


図1.2 負荷流出の概念図

（出典：「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説」に加筆）

(3) 調査項目

対象とする項目はBOD、COD、T-N、T-Pの4項目を中心とし、必要に応じて追加項目を設ける。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章

解 説

有機汚濁の指標項目はBOD、CODの2項目であり、水質環境基準も河川ではBOD、湖沼ではCODによって定められている。したがって、河川順流域であってもその排出先を考慮して流達・流出負荷量の算出はBOD、CODの両者を対象に行うことが望ましい。また、湖沼等の閉鎖性水域は流入する栄養塩を利用して藻類が増殖し水質を悪化させる。そのため、河川を經由する栄養塩の負荷量についても対象項目とするとよい。

(4) 調査地点の選定

調査地点は、汚濁負荷が対象河川へ流入する直前で以下の要件を満足する位置を選定するとよい。

1. 流域全ての汚濁負荷が排出される地点
2. 横断方向の混合が十分行われ、水質が均一である地点
3. 流量観測および試料採取が容易に行える地点

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章

(5) 採水位置および採水深度

横断方向の採水位置あるいは間隔と、深さ方向の採水深度の決め方は、横断方向および深さ方向の汚濁濃度分布を考慮して定めるものとし、あらかじめ横断方向および水深方向の水質分布を調査して決定するとよい。ただし、横断方向および水深方向の混合が十分に行われている地点については、水面より2割の深度における採水を川幅にもよるが横断方向に数カ所行えばよい。

出典：水質調査方法（昭和46年9月30日環水管第30号）
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

調査地点および採水深度の設定は、水質調査方法（昭和46年9月環水管第30号）にほぼ準拠した方法を採用している。ただし、当調査が濃度の把握ではなく量の把握であることを考慮し、河道内の区分流量を反映させるために横断方向に複数の採水位置を設けるものとした。

水質分析の検体数を少なくするために混合試料を作成して分析する場合、採取した試料を区分流量比に応じて混合し、1試料とする。混合試料の作成は、分析室で行う。

(6) 観測頻度および観測時期

調査は平常時、洪水時の両方で実施する。

平常時の観測は24時間にわたって等間隔で実施する。

洪水時の観測は2～3洪水を対象に行い、観測開始時点は水位の上がり始める時点とし水位上昇時には等間隔で5回程度の観測を行う。また、水位下降時には水位の変化に応じて観測間隔を徐々に長くして行う。

出典：河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

洪水時の負荷量は水位上昇時に大きく、そのピークは水位のピークよりも早い時間帯に現れること

IX章

が知られている。そのため、水位上昇時には比較的短い時間間隔で測定し、ピークを逃さないことが重要となる。また、出水規模によっては水位の低下に長時間を要する場合があります、その間の負荷量はあまり大きく変動することがない。そのため、観測間隔を徐々に長くしていった総量を把握できるように観測計画を立案することが重要である。

なお、調査地点に水質自動監視装置が設置され、監視項目や監視頻度が当調査に適合する場合には洪水時の連続調査の一部を自動監視装置によって代用することができる。

(7) 負荷量の算出

負荷量は、流量と水質濃度から算出するが、算出にあたっては観測時間間隔とその間の平均負荷量から日負荷量あるいは1出水に対する負荷量として求めることができる。

出典：河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

負荷量は流量と水質濃度から算出され、1出水に対する負荷量と年間流出負荷量とがある。

1出水に対する総負荷量

$$\text{負荷量} = \sum \{ (S_i \cdot Q_i + S_{i+1} \cdot Q_{i+1}) / 2 \times (T_{i+1} - T_i) \}$$

S_i, Q_i : i 番目の水質濃度、流量

S_{i+1}, Q_{i+1} : $i+1$ 番目の水質濃度、流量

$T_{i+1} - T_i$: i 番目と $i+1$ 番目の時間間隔

年間流出負荷量

平常時および洪水時に観測した流量(Q)と負荷量(L)との関係から相関式を導き出し、流量の時系列データに当てはめて算出する。なお、流量と負荷量の関係式は指数関数が一般的である。

$$\text{負荷量} = \sum aQ^b \quad \text{負荷量(L)} = a\text{流量(Q)}^b \quad a, b : \text{相関式の係数}$$

1.5.2 河川感潮域

(1) 河川感潮域の定義

感潮域の範囲は、上流端は順流区間で無くなる所、下流端は海との境界とする。

出典：河川法施行令第五条第2項

(2) 目的

河川感潮域における流達・流出負荷量を実測によって把握する。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

感潮河川では、潮汐による混合および拡散による影響が大きいため、塩水遡上の混合状況（強混合、緩混合、弱混合等）や潮汐周期を考慮した調査が必要である。

(3) 調査項目

対象とする項目はBOD、COD、T-N、T-Pの4項目を中心とするが、必要に応じて追加項目を設ける。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

感潮域においても順流域に準じた項目を対象とするが、特異な汚濁要因が存在する場合には項目を追加して実施するとよい。

(4) 調査地点の選定

調査地点は、河口付近から感潮域の上流端までの間に、流入支川、排水路などの数に応じて数地点以上設けるとよい。また、河川水の影響を受ける海域については、3地点以上設けることが望ましい。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

感潮域に流入支川や排水路が少ない場合には、調査地点数は比較的少なくすることができる。なお、支川や排水路が本川と同様に潮汐影響を受ける場合には、支川および排水路の合流点付近に調査地点を設け、調査区間における水収支と物質収支が把握できるように考慮する事が必要である。また、海域に設ける調査地点は感潮域に流入する海水の影響を把握するためのものであり、河川の海への延長方向に設けるものとする。

なお、感潮域では潮汐の影響により流向が逆転する場合があるため、流量測定を行う場合には注意が必要である。

感潮域の流量測定は、流向・流速が同時に計測できることが条件となるため、①流向・流速計をアンカー等で水中に固定する方法、②ADCPによる測定方法等が考えられる。なお、これらの方法を用いる場合には、流向・流速の測定と同時に流下断面の把握を目的とした水位を測定する必要がある。また、ADCPを用いた測定では機器を船上に設置する方法と河床に設置する方法の2法があるが、センサー前面に生じる不感領域を考慮すると表層の河川水流速を測定するためには河床に設置する方が望ましいと考える。

(5) 採水位置および採水深度

横断方向の採水位置あるいは間隔は、横断方向の汚濁濃度分布を考慮して定めるとよい。また、水深方向では海水と河川水の混合状態を考慮して少なくとも3深度あるいは1mピッチで行うとよい。

このような採水位置および深度の決定にあたっては、事前に予備調査を行って横断面における流速分布、汚濁濃度分布を把握しておくことが望ましい。

出典：水質調査方法（昭和46年9月30日環水管第30号）
改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

調査地点および採水深度の設定は、水質調査方法(昭和46年9月環水管第30号)にほぼ準拠した方法を採用している。ただし、当調査が濃度の把握ではなく量の把握であることを考慮し、河道内の区分流量を反映させるために横断方向に複数の採水位置を設けるものとした。

なお、感潮域では横断方向および水深方向ともに拡散が十分に行われ難いため、順流域よりは採水位置を多く設定することが必要となる。

IX章

(6) 観測頻度および観測時期

調査は、2潮時にわたって1～2時間間隔で実施するとよい。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

一般に潮汐周期は12時間25分であるため、2潮時は約24時間50分に相当する。
なお、夜間の観測が危険な場合は昼間の1潮時を対象に行ってもかまわない。

(7) 負荷量の算出

負荷量は、流量と水質濃度から算出するが、感潮域では潮汐周期によって流向が反転する場合があることに留意する必要がある。算出にあたっては観測時間間隔とその間の平均負荷量から日負荷量あるいは1潮汐に対する負荷量として求める。

出典：河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

1.5.3 湖沼

(1) 湖沼の定義

湖沼とは、自然要因により形成された公共水面、貯水池や堰などによる人工水面をいう。

(2) 目的

湖沼では、外来性有機汚濁物質の流入と流出の差分による水質汚濁と、富栄養化現象に代表される内因性水質汚濁とが存在する。前者については流達負荷量および負荷量収支の把握を、後者については内部生産と水質悪化との関係把握を目的に実施する。

また、貯水池では利水面に影響のある水質問題として冷水・濁水現象があり、出水後の水温、濁度の挙動把握を目的に実施する。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編16章
改訂ダム貯水池水質調査要領

解 説

湖沼の汚濁負荷量には、直接負荷成分として流入負荷量、流出負荷量、底泥溶出負荷量が存在する。

また、流入した無機態栄養塩を利用して藻類が増殖し、有機物の指標となるBOD、COD濃度の上昇という2次の汚濁負荷（内部生産）が存在する。さらに、出水によって低水温の河川水や高濁度の河川水が貯水池に流入した場合、利水面に影響を及ぼす冷水現象や濁水現象が発生する。そのため、湖沼の調査では汚濁解析の目的を明確にし、調査内容を設定することが必要となる。

なお、貯水池の冷水・濁水現象の調査については改訂ダム貯水池水質調査要領第Ⅱ章3-1冷水・濁水対策調査に詳細が記されているため、具体的な調査方法は同要領を参考に実施するものとする。

(3) 調査項目

流達負荷量および負荷量収支調査では対象とする項目をCOD、T-N、T-Pの3項目を中心とするが、富栄養化汚濁の可能性のある湖沼については適切な項目を追加するものとする。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編16章
改訂ダム貯水池水質調査要領

解 説

流達負荷量の算出は、湖沼の環境基準がCODによって定められているため有機汚濁の指標にはCODを採用する。ただし、富栄養化汚濁の可能性のある湖沼については栄養塩の流入が藻類の増殖を引き起こすためT-N、T-Pの負荷量についても対象とする。

なお、富栄養化汚濁調査では湖沼の鉛直的な水理特性を把握する目的で機器計測による水温、濁度、D0(溶存酸素)の鉛直分布観測(水面から0.1m, 0.5m, 1.0m、以下1mピッチ)を実施するとよい。さらに、栄養塩項目については藻類に利用されやすい無機成分や藻類量を指標する以下の項目を調査対象とすることが考えられる。

水質項目：COD、NH₄-N(アンモニウム態窒素)、NO₂-N(亜硝酸態窒素)、NO₃-N(硝酸態窒素)、T-N(全窒素)、PO₄-P(オルトリン酸態リン)、T-P(全リン)、クロロフィルa、フェオフィチン、植物プランクトン*

*植物プランクトンは表層のみを対象としても良い。

(4) 調査地点の選定

調査地点は、流達負荷量の把握にあつては湖沼に流入する全ての河川および排水路の最下流端を対象に、負荷量収支を把握するためには湖水が流出する地点を含めた調査地点とし、採水および流量観測が容易に行える場所を選定するとよい。ただし、湖沼への流入負荷量が他の河川および排水路に比較して極めて小さい場合には調査地点から除外することができる。

富栄養化現象の調査では、対象湖沼の水理条件を考慮して以下の基準で選定するとよい。

1. 基準地点：水域全体の特性を最も代表する地点(湖心あるいは最深部)
2. 補助地点：主要流入河川水が流入したのち十分に混合する地点
 - 湖水が流出する地点
 - 湖水を取水する地点
 - 排水や下水の流入によって恒常的に汚染が認められる地点
 - 湖内において温泉水や湧水等が流入する地点

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準(案)同解説調査編第16章
湖沼環境調査指針

(5) 採水位置および採水深度

流達負荷量および負荷量収支の調査では、横断方向の採水位置あるいは間隔と深さ方向の採水深度の決め方は、横断方向および深さ方向の汚濁濃度分布を考慮して定めるものとし、あらかじめ横断方向および水深方向の水質分布を調査して決定するとよい。ただし、横断方向および水深方向の混合が十分に行われている地点については、水面より2割の深度における採水を川幅にもよるが横断方向に数カ所行えばよい。

富栄養化現象の調査では3層の採水を基本とし、採水深度は対象湖沼の水温鉛直分布形状をもとに決定するとよい。

表層：水面から0.5m層

中層：1/2水深(全水深の1/2地点)あるいは変水層

下層：湖底上1m

出典：改訂ダム貯水池水質調査要領
湖沼環境調査指針

解 説

比較的水深のある湖沼では水温の鉛直分布形状により成層期、循環期、逆列成層期が存在し、成層

IX章

期では水温躍層（変水層）を境に上・下層で大きく水質が変化する。そのため、富栄養化現象の調査では上・中・下層の3層について調査を行わなければ湖沼全体を把握することが困難となる。

(6) 観測頻度

流達負荷量調査および負荷量収支の調査では、平常時は月1回の頻度、洪水時はその規模に応じて観測頻度を設定するとよい。また、富栄養化現象の調査では月1回の観測頻度が望ましい。

解 説

湖沼における汚濁現象の進行は長いスパンで生じる場合が多く、長期にわたるデータの蓄積が重要となる。したがって、以下のように観測頻度を設定することが望ましい。

平常時：月1回（1日当たり1回）

洪水時：流量が増大を始めてから洪水前の状態に戻るまでの間に、負荷の変動状況が把握できる間隔で観測を実施

調査対象地点に水質自動監視装置が設置されている場合は、その測定項目を検討した上で観測データを代用することができる。

富栄養化現象調査では、対象とする現象に応じて調査頻度を決定すべきであるが月1回の観測頻度が望ましい。なお、結氷初期の観測には危険が伴うため、その期間の観測ができなくなるのはやむを得ない。

(7) 資料の整理方法

観測値をもとに、年間流達負荷量を算出し整理することができる。

解 説

負荷量の算出は以下のように行う。

<月1回程度の頻度で水質・流量データが把握できる場合>

$$\text{年間負荷総量 (t/year)} = 0.0864 \times \sum \{Q_j \times C_j \times P_j\}$$

Q_j : j月の平均流量 (m^3/s)

C_j : j月の平均水質 (mg/L)

P_j : j月の日数

<年間を通した流量データが得られる場合>

観測された流量と負荷量をもとに流量－負荷量相関式を算出し、年間の流量データに当てはめる。

$$\text{流量－負荷量相関式} : L = aQ^b$$

L : 負荷量 (kg/day, t/day)

Q : 日流量 (m^3/day)

a, b : 定数

$$\text{年間負荷総量 (t/year)} = \sum L$$

富栄養化現象調査では、水温・D0の鉛直分布測定結果をもとに対象湖沼の循環期、成層期の理化学的性状について整理する。また、富栄養化現象が発現する場合はその原因生物の消長についても整理する。

貯水池の冷水・濁水現象については、数値シミュレーション等によりその対策が検討できるように観測データを整理する。

1.5.4 調査結果の評価と活用

水質汚濁に係わる環境基準など、河川および湖沼水質として明瞭な評価基準のある項目については基準と比較して評価するとよい。また、算出された年間負荷量については項目毎の負荷量や集水域の汚濁源との関係から河川および湖沼の汚濁特性の把握に活用することができる。また、解析結果は河川および湖沼の水質保全対策の基礎資料として活用される。

1.6 特定調査（水質汚濁予測に係わる調査）

1.6.1 目的

河川および湖沼に流入した汚濁負荷が、水域内で物理的および生物・化学的に生じる水質変化の挙動を把握する。

解 説

河川および湖沼における水質汚濁は、さまざまな物理的、生物・化学的な変化を受けた結果として生じるものであり、その変化特性は対象とする水域によって大きく異なる。そのため、水質に比較的大きな影響を与える現象については定量的な調査を実施し、水質予測の精度向上を目指す必要がある。

1.6.2 河川自浄作用調査

(1) 目的

河川に流入した汚濁負荷が、河道内の輸送過程で物理的および生物・化学的に起こる水質変化（減少および供給）の挙動を定量的に把握する。

出典：河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章
流域別下水道整備総合計画調査指針と解説第3章

解 説

自浄作用は、汚濁水をもとの清浄な水に戻す全ての浄化機能と定義され、①沈殿と河床堆積物の形成、②付着性および自由浮遊性生物の食物源として消費され無機化される、の二つの機構によって行われる。このような汚濁負荷の減少を1次減少反応式で近似した場合次式で示され、その減少速度係数を自浄係数と定義される。

$$dC/dt = -KC \quad \text{または} \quad C = C_0 e^{-Kt}$$

C ：濃度, C_0 ：初期濃度, t ：時間, K ：減少速度係数(=自浄係数)

なお、自浄係数(K)は上記の沈殿(K_s)、分解(K_f)の和として表され、河川によって、また同一の河川でも流量、水温、汚濁源の種類によって大きく変化する。

なお、河川では汚濁指標としてBODを用いており、BODの減少をStreeter-Phelps式を用いると以下のように表される。

$$\frac{\partial L}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 L}{\partial x^2} - U \frac{\partial L}{\partial x} - (K_1 + K_3)L + L_a$$

L ：最終BOD

D_x ：流下方向の拡散係数

U ：平均流速

K_1 ：脱酸素係数(分解によるBOD減少係数)

K_3 ：沈殿によるBOD減少係数

L_a ：河床からのBOD溶出速度

x ：流下方向の距離

IX章

河川で実測されるBOD減少係数(K_r)は、上記の沈殿(K_d)、分解(K_I)、河床からの溶出(L_a)を全て含んだ現象である。したがって、河川自浄作用調査を実施することは、対象河川の持つ U 、 D_x をはじめ L 、 K_I 、 K_d 、 L_a といった特性を把握することと言い換えることができる。

(2) 調査項目

河川順流域における有機性汚濁の指標にはBODを用い、水質予測は原則としてStreeter-Phelps式およびその修正式を用いて行うことから、調査項目はBOD、DO、流量の3項目を中心とするとよい。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

自浄係数(K)は沈殿(K_d)と分解(K_I)の和として表され、そのうち分解はDOの変化を伴う現象である。そのため、調査項目にはBODとともにDOを含めるとよい。なお、対象とする水域の水質特性によってはBOD以外の項目についても自浄係数が必要となる場合があるため、必要に応じて項目を追加する。

追加水質項目：COD、溶解性BOD、SS、T-N、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、T-P、溶解性T-P、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、クロロフィルa

なお、都市河川および下水処理水が流入する河川ではアンモニア性窒素の硝化作用により酸素を消費するため、N-BOD(窒素系有機物の分解、硝化によるBOD)や硝化バクテリア等の項目を追加する場合もある。

(3) 調査地点の選定

調査は河川順流域の上・下流2地点を対象に行うものとし、調査区間は以下の条件を有する区間を選定するとよい。

1. 上流端および下流端とも流量観測資料が得られる地点であること。
2. 河床勾配が区間内で一定であり、大きく変動しないこと。
3. 区間内に支川や大きな排水路の流入がないこと。
4. 上流端および下流端の横断方向の水質が一樣であること。
5. 区間延長は2 km以上であること。
6. BODは少なくとも3 mg/L以上あり、測定値が誤差の範囲に入ってしまうこと。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

水質汚濁解析を実施する河川では、上記の条件を満足する区間を選定することは非常に困難である。特に、都市河川を対象に行う場合には多数の支川や水路の流入、多くの汚濁源が区間内に存在する。

そのような場合には各支川の流入点等で汚濁負荷量を測定し、小ブロックに分割して調査を実施するなどの詳細な調査計画を立案することが重要である。

(4) 調査時期

調査は、河川流量が比較的安定している平常時、低水時および渇水時に行うものとする。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

流量の多い時期は、水質が希釈されてBOD等の測定値に誤差を生じやすく、また河床堆積物が洗掘・掃流されて下流水質が上流よりも悪化する場合がある。降雨直後においても同様の現象が生じる場合があるため、流量の安定している時期を選定する必要がある。

また、BODについては河川水温によっても浄化が影響されるため、夏季および冬季にそれぞれ測定することも考慮すべきである。

(5) 観測回数および時間

調査区間の流下時間を事前に測定し、この時間を基準にして、その時間の前後に30分間隔で各2回、合計5回の流量観測および採水を行うとよい。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

流入負荷量の時間変化や流下時間の誤差を考慮して上記の観測回数を設定するとよい。

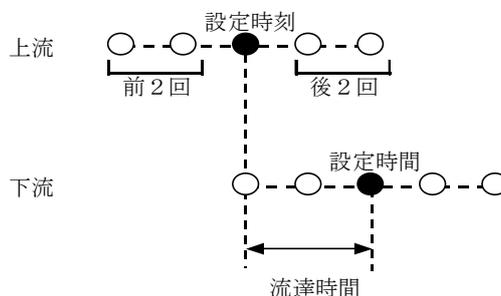


図1.3 調査時刻の設定例

(6) 採水位置および採水深度

採水位置および採水深度は原則として本章 1.5.1(5)にしたがうが、水深が極端に浅く河床の底泥を乱す恐れがある場合は表面水を採水するとよい。また、水深が深い場合は上・下の混合を確認のうえ、5割および8割の深度で採水することが望ましい。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

(7) 係数の算出

観測結果をもとに浄化係数を算出する。また、必要に応じて脱酸素係数、再曝気係数についても算出するとよい。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章
河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章

解 説

浄化係数(=BOD減少係数： K_1)は実測によって算出する以外に方法はないが、脱酸素係数(K_2)は室内試験によって算出される。また、再曝気係数については種々の算定式が提唱されており、対象とする河川の状況に応じて使い分けることが必要である。

① 浄化係数(BOD減少係数： K_1)

BOD減少係数は、脱酸素係数と沈殿によるBOD減少係数の和 ($K_1 = K_2 + K_3$) として与えられ、

IX章

現地実測によって得られる。上・下流端の汚濁物質濃度をそれぞれ L_0 、 L とした場合、BOD減少係数を用いると両者の関係は次式のように表される。

$$L = L_0 \cdot e^{-K_1 t}$$

したがって、対象区間における上・下流端の汚濁物質濃度を測定することにより、BOD減少係数は一義的に算出される。なお、脱酸素係数が明らかになっている場合には沈殿によるBOD減少係数も算出できることになる。

②脱酸素係数 (K_1)

室内試験によって算出する浄化係数の一つであり、分解による有機物の分解速度を指す。有機物を含んだ試水の濃度変化は図1.4のように得られ、途中で濃度勾配が変化することがわかる。前半は炭水化物などのように比較的酸化されやすい有機物の分解に起因するものであり、後半は窒素化合物の酸化によるものと考えられている。

前半の曲線をその傾向のまま延長すると、一定値 L_0 に接近してくるが、この値 L_0 を最終BOD (UOD=Ultimate Biochemical Oxygen Demand) と呼ぶ。

最終BODを L_0 、消費BODを E 、残留BODを L とすれば、三者には $L = L_0 - E$ の関係が成立し、次式から脱酸素係数が定義される。

なお、脱酸素係数は通常10を底とする場合は小文字で表し、 K_1 と k_1 の関係は $K_1 = 2.31k_1$ となる。

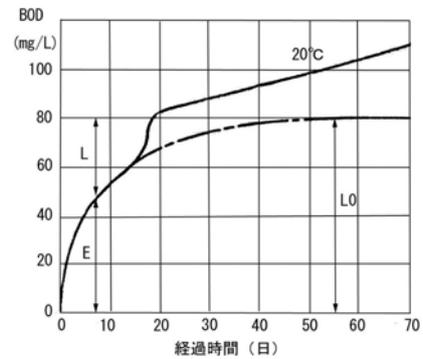


図1.4 BOD曲線

$$\frac{dL}{dt} = -K_1 L \xrightarrow{\text{積分}} L = L_0 \exp(-K_1 t)$$

t : 時間 (day) K_1 : 脱酸素係数 (1/day)

このような脱酸素係数の算出は室内試験により行い、BODの測定と同一条件 (20°C) で経時的なBOD濃度の変化をもとに最小二乗法、対数差法、傾斜法、能率法、2点法を用いて求めることができる。

ちなみに、Thomasの傾斜法による方法を以下に示す。

BOD5を次式で近似する。

$$BOD_5 = L_0 (2.31k_1 \cdot t) \left[1 + \left(\frac{2.31}{6} \right) k_1 \cdot t \right]^{-3}$$

上式より

$$\left(\frac{t}{BOD_5} \right)^{1/3} = \left(\frac{1}{2.31k_1 \cdot L_0} \right)^{1/3} + \frac{(2.31k_1)^{2/3}}{6L_0^{1/3}} \cdot t$$

$\left(\frac{t}{BOD_5} \right)^{1/3}$ を縦軸に、 t を横軸にして図示すると直線が得られ、その切片Aおよび勾配Bを図から読みとる。また、切片Aと勾配Bは次式で表されることから、脱酸素係数はこのA、Bを用いて算出することができる。

$$A = \left(\frac{1}{2.31k_1 L_0} \right)^{1/3} \quad B = \frac{(2.31k_1)^{2/3}}{6L_0^{1/3}} \quad \longrightarrow \quad k_1 = \frac{2.61 \times B}{A}$$

なお、脱酸素係数は水温によって異なり、脱酸素係数と温度との関係式がいくつか提唱されている。

—Streeter-Phelpsの式—

$$K_t = K_{20} \times 1.047(t-20)$$

t : 水温

K_t : $t^\circ\text{C}$ における脱酸素係数

K_{20} : 20°C における脱酸素係数

—Mareの式—

上記のStreeter-Phelpsの式の定数1.047を、水温が 5°C 以下の時1.145、水温が $5\sim 20^\circ\text{C}$ の時1.065を用いる。

—Echkenfelder-O' connerの式—

$$\log\left(\frac{K_{20}}{K_t}\right) = 0.0368(t_t - t_{20}) \quad 0^\circ\text{C} < t < 28^\circ\text{C}$$

—Rohlichの式—

$$K_t = 0.007 \times K_{25} \times t^{1.54}$$

③再曝気係数(K_2)

水中の溶存酸素は、有機物の分解などによって消費されるとともに大気と水面の境界で大気から水中に供給される。この溶存酸素の供給率を再曝気係数と呼んでいる。

再曝気係数を算出する式はいくつか提唱されており、以下に示す。

—経験式—

$$K_2 = CU^n / H^m$$

$$K_2(20^\circ\text{C}) = \frac{0.016(1+0.17F_r^2)(SU)^{2/3}}{H}$$

K_2 : 再曝気係数(1/s) C : 定数 n, m : 係数 ($n: 0.67\sim 1.0, m: 0.85\sim 1.86$)

U : 平均流速(m/s) H : 水深(m) F_r : Froude数 S : エネルギー勾配

—Dobbins (ドビンズ) の式—

$$K_2 = \frac{C_A \sqrt{C_5 D \alpha}}{C_4^{3/2} H} \coth \sqrt{\frac{C_5 \phi}{C_4 D}}$$

K_2 : 再曝気係数(1/s) D : 分子拡散係数(m^2/s) H : 水深(m)

$C_A = 1.0 + 0.3F_r^2$ (風等による水表面の攪乱による水表面積の増加を表す係数)

F_r : Froude数 $C_s = 0.65 + 15000[(\nu^3/E)^{1/4}/H]^2$ ν : 動粘性係数(m^2/s)

$E = USg$ E : 単位質量当たりのエネルギー散逸率(m^2/s^3) U : 平均流速(m/s)

S : エネルギー勾配 g : 重力加速度(m/s^2) $C_5 = 14.3$ $\alpha = \rho(\nu E)^{3/4}/\sigma$

$\phi = \rho \nu^{9/4} E^{1/4} / \sigma$ ρ : 密度(kg/m^3) σ : 表面張力(N/m)

IX章

－村上の式－

$$K_2 = 8.58 \frac{(gv)^{2/3} (D\rho)^{1/2} n^{3/4} U^{9/8}}{\sigma^{1/2} HR^{1/2}}$$

n : Manningの粗度係数 R : 径深(m)

出典：水理公式集[平成11年版] 土木学会

なお、これら脱酸素係数の算出および再曝気係数の算出方法については、「水質汚濁 現象と防止対策：杉本, 技報堂」、「水理公式集 土木学会」等の文献が参考になる。

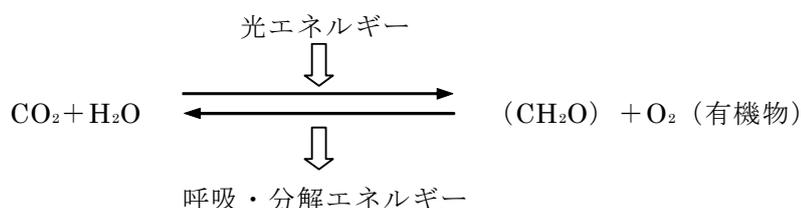
1.6.3 内部生産量調査（一次生産量調査）

(1) 目的

流れの緩やかな河川および湖沼を対象に、主に植物の光合成によって生産されている有機物量の生産量および生産速度を把握する。

解 説

水域における生物の生存は、主に植物が光合成によって生産した有機物によって維持されている。このように、光合成生産は生態系内の物質生産の第一段階であることから一次生産と呼んでいる。この一次生産にはエネルギー源としての光と、物質源としての各種元素類が不可欠であり、光合成を次のような式で表すことができる。



一定時間内（1日、1週間、1ヶ月、1年等）に生産される有機物の総量を総生産(gross production)と呼び、通常、単位面積（ m^2 、 Km^2 ）あるいは単位体積（L、 m^3 ）で表す。

生産された有機物の一部は、植物自身の呼吸によって消費される。総生産から呼吸(R)による消費を差し引いた残りを純生産(net production)と呼び、0または負になることもある。

一次生産によって生産された有機物は、それ自体がBODあるいはCOD物質であり、一次生産量の高い水域では富栄養化現象が生じることとなる。そのため、対象水域の一次生産量あるいは生産速度（生産量を対象時間で除して算出）を把握しておくことは、その水域の水質汚濁特性を解明し、水質予測を行う上で重要である。

(2) 調査区間および調査位置

河川を対象として調査を実施する場合は、緩やかな流速の区間を対象とし、調査位置は日射の届く河川流心部とすることが望ましい。
湖沼を対象とする場合は、対象とする湖沼を代表する地点1箇所とするとよい。

出典：河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章
湖沼環境調査指針

(3) 調査方法

内部生産量を測定する方法には、

1. 直接法（現場法）
2. 疑似現場法
3. タンク法
4. クロロフィル法
5. ソロキン法

等があり、対象水域の特性に応じて測定方法を選択するものとする。

出典：河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案）第2章
湖沼環境調査指針

解 説

各調査方法の詳細は「湖沼環境調査指針」に示されているため、対象とする水域に適した調査方法を採用する。

1.6.4 基準藻類増殖速度調査

(1) 目的

湖沼などで増殖する藻類の最大比増殖速度を条件毎に把握する。
有機物の生産者である藻類の増殖速度を室内試験により算出し、種々の条件下における藻類増殖速度(=有機物生産速度)を把握するものである。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章

解 説

湖沼における富栄養化汚濁は藻類の過大な増殖が原因となっており、その増殖速度は照度、温度、栄養塩濃度によって影響を受ける。ここで算出する最大比増殖速度は好適条件下における藻類の最大増殖速度であり、この値を基準として他の因子による影響度を加味して水質予測計算に反映させる。なお、AGP(Algal Growth Potential)試験を併用することで、対象水域の水質が持つ潜在的藻類増殖能力や、将来水質の予測、水質汚濁抑制効果の判定を行うことができる。

(2) 調査方法

藻類の最大比増殖速度測定は、室内培養試験によって行う。
対象藻類はその目的によって、

1. 対象水域の主要種（単一種）
2. 対象水域の現地藻（混合種）
3. 指標種（単一種）

を用い、照度は対象とした藻類の至適条件とする。
培養温度は複数の温度条件で実施し、温度による増殖速度の違いを温度係数として把握することも必要である。
なお、最大比増殖速度は藻類量の時系列変化から対数増殖期の速度から算出する。

解 説

藻類の最大比増殖速度を算出するためには、培養方法をその目的に応じて設定する必要があり手順が複雑にならざるを得ない。試験方法の詳細は「藻類研究法」に示されているため、対象とする水域および藻類に応じて試験方法を選定するものとする。

IX 章

1.6.5 懸濁物質沈降速度調査

(1) 目的

沈降によって系外に除去される懸濁物質（性状を含めて）の除去速度（量）を把握する。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章

解 説

沈降による懸濁物質の系外への除去は、湖沼など滞留域における物質循環の一要素となっており物質収支を基本とする水質予測では重要な項目となっている。なお、沈降速度は対象とする水域や懸濁物質の性状によって大きく異なるため、実測によって把握することを基本とする。

(2) 調査項目

沈降物総量(乾重量, $g \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$)、強熱減量(%)、T-N(mg/g)、T-P(mg/g)を基本とするが、調査目的によっては他の項目を追加する。

解 説

沈降量は単位面積、単位時間あたりに沈降する総量を把握するとともに、沈降物に含まれる物質量を明らかにするため有機物量の指標となる強熱減量や、藻類の増殖に必要な栄養塩類の除去量を把握するためにT-N、T-Pを調査項目とするとよい。

(3) 調査位置

調査は、湖沼の代表地点となる湖心を対象に実施するが、湖面積の大きな湖沼および性状の異なる複数の流入河川があるような湖沼では補助点を設けるとよい。

出典：湖沼環境調査指針

(4) 調査回数および調査時期

調査回数および調査時期は、対象とする湖沼の特性によって決定するものとするが、最低年3回を目安とすることができる。

なお、湖沼には受熱期、成層期、放熱期、循環期が存在し、各期において沈降特性が異なるため季別の調査が必要である。また、藻類のブルームが見られる湖沼では発生前期、最盛期、衰退期を対象とした調査も必要となる。

出典：湖沼環境調査指針

(5) 調査方法

調査地点に沈降物を捕捉するトラップを一定期間設置し、トラップに捕捉された沈降物量および設置期間から沈降速度、沈降量を把握する。

出典：湖沼環境調査指針

解 説

沈降物を採取する一定の方法は確立されておらず、対象とする水域毎に事前調査を実施し調査方法を決定することが必要である、また、沈降速度の測定についても室内試験で実施する方法があるがこれについても手法は確立されていない。

以下に、一般的な現地調査方法を示す。

①トラップの形状

トラップは一般的には円筒型容器を用い、高い捕捉効果を得るために上面内径を d とした場合、容器の高さを $3d$ 以上にする。

②トラップの設置

トラップは図1.5のように設置し、水深の深い湖沼では一定間隔で鉛直方向に複数のトラップを設置する。また、水深の浅い湖沼では底部と中間部の2点に設置する。

③設置期間

設置期間は対象とする水域の特性に応じて決定するが、沈降物量の多い湖沼では1～2日以上、沈降物量の少ない湖沼では10日以上を目安に設定するとよい。なお、設置期間が長くなると捕捉物質の分解や変質が生じ、正確な沈降量を把握できなくなる恐れがある。

なお、クロロフィルが測定項目に含まれている場合には2週間以内に回収することが望ましい。

④沈降量、沈降速度の算出

トラップによって捕捉された沈降物を105～110℃で恒量になるまで乾燥し、デシケーター中で放冷し重量を測定する。

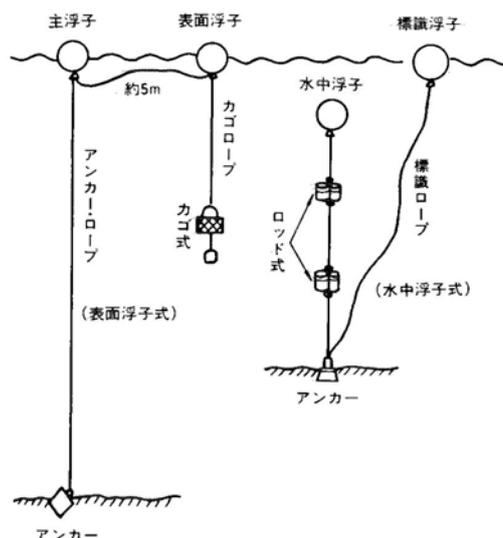


図1.5 トラップの設置方法

$$\text{沈降量 (g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}) = \text{測定重量} / (\text{S} \cdot \text{D})$$

g : 測定重量

S : トラップ面積 (m^2)

D : 捕捉期間 (day)

沈降速度は、得られた沈降量を湖水の平均水質（捕捉期間のトラップより上方の平均水質）で除して算出する。湖水の平均水質には、観測期間に大きな変動がない場合はトラップの設置時と回収時の平均を用いることも可能である。

$$\text{沈降速度 (m/day)} = \text{沈降量} / \text{平均水質}$$

なお、浅い湖沼を対象とした沈降物調査では底泥からの巻き上げによって本来の沈降物以外の懸濁物質がトラップに捕捉されるという現象が生じる。そのため、真の沈降物量を算出するためには捕捉された沈降物から巻き上げによる沈降物を分離する必要がある。このような沈降物の分離方法については、「福島武彦, 相崎守弘, 村岡浩爾: 浅い湖における沈殿量の測定方法とその起源, 国立公害研究所研究報告, 第51号」に詳細が記されている。

IX章

1.6.6 有機物分解速度調査

(1) 目的

藻類の呼吸や微生物による有機物の分解速度を把握し、水質予測の基礎資料とする。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章

解 説

有機物の分解(無機化)は湖沼内における物質循環の一要素であり、内部生産が無機物から有機物への変化過程であったのに対して、分解速度は有機物から無機物への回帰速度を明らかにするものである。

(2) 調査方法

分解量を測定する方法としては、

1. 酸素ビン法
2. モデル基質法
3. ETS法

があり、比較的容易に行えるのは酸素ビン法である。

出典：湖沼環境調査指針

解 説

一般の湖沼では好気条件下で分解が進行しており、分解量を測定する方法としてはD0を指標とする酸素ビン法が比較的簡便に実施できる。各調査方法の詳細は湖沼環境調査指針に示されているため、対象とする水域の特性に応じて試験方法を選定するものとする。

1.6.7 底泥溶出速度調査

(1) 目的

底泥に蓄積された物質が水中に回帰する速度を把握し、水質予測の基礎資料とする。

出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編第16章

湖沼環境調査指針

解 説

湖沼の水質汚濁は、集水域から流入する汚濁負荷とともに底泥から溶出して水中に回帰する負荷が無視できない大きな要因になっている。底泥からの溶出速度は温度やD0濃度、底泥に蓄積されている物質濃度に大きく支配されており、実測によって把握することが重要である。なお、ここでいう底泥の溶出試験は廃棄物の海洋投棄に係わる海洋汚染防止法に基づく環境庁告示13号（産業廃棄物に含まれる融解物質の検定方法を定める件）および同14号（海洋汚染防止法施行令第5号第1項に規定する埋め立て場所等に排出しようとする廃棄物に含まれる有害物質の検定方法を定める件）による試験方法や、底質の暫定除去基準値を定めた分析方法の底質調査方法（昭和50年10月28日付環水管第120号）などの試験方法とは全く異なり、自然界における底泥からの溶出現象を明らかにするものである。

なお、湖沼における底質と水質の関係は図1.6のように得られ、水中から分解・沈降によって底質に供給される成分と底泥から溶出して水中に回帰する成分がある。これらの現象は同時に進行しており、水質の有機汚濁は溶解性有機物の溶出や無機態栄養塩の水中への回帰に伴う植物プランクトンの増殖によってもたらされることになる。

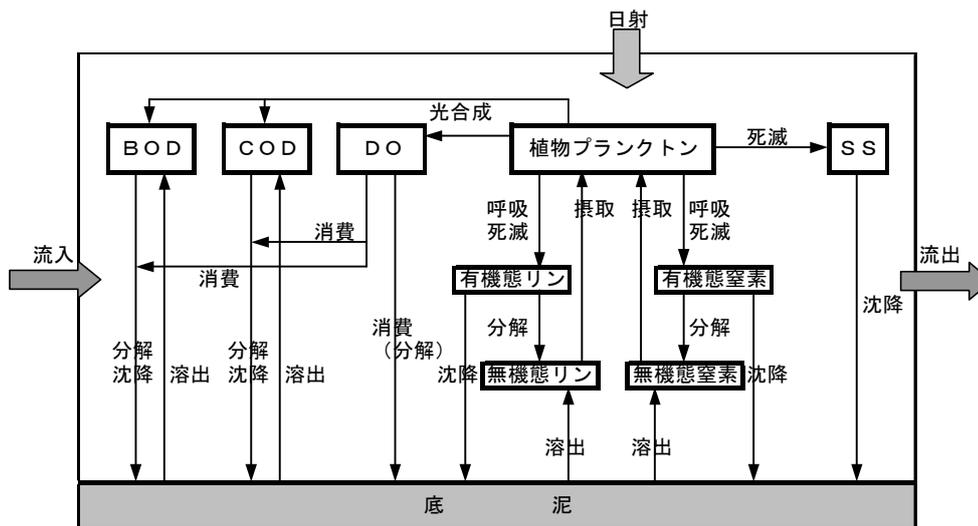


図1.6 水質と底質の関係

(2) 調査項目

溶出速度は、BOD、COD、T-N、NO₂-N、NO₃-N、NH₄-N、T-P、PO₄-Pを中心とし、水域の汚濁特性に応じて項目を追加する。

解 説

さまざまな有機物が沈降・堆積した底泥では、嫌気的条件下のもとで様々な物質が水中に回帰してくることが知られている。BOD、CODは溶解性成分として水中に回帰し、結果として水中の有機物濃度（BOD、COD）を押し上げる結果になる。また、沈降によって系外に排除された栄養塩は藻類にとって最も利用しやすい無機化した状態で水中に回帰し、再び藻類の増殖に利用されることになる。

(3) 調査位置

底泥の湖内における分布は水質に比較して不均一であるため、水質調査地点とともに湖沼の特性に応じた複数の地点を対象に行う。

出典：湖沼環境調査指針

(4) 調査頻度

調査頻度は、原則として2ヶ月に1回とすることが望ましい。

出典：湖沼環境調査指針

(5) 調査方法

調査は、室内試験および現地試験によって行う方法があるが、現地試験では施設の設置に莫大な経費を必要とすることから一般的には擬似現場法と呼ばれる室内試験を用いる。

出典：湖沼環境調査指針

解 説

溶出試験の標準的な方法は確立されていないが、以下に一般的な室内試験および現地試験方法を示す。

IX章

＜擬似現場法（室内試験）＞

- ①対象水域の底泥はコアサンプラーまたはダイバーによる直接採取とし、堆積状況を乱さないように不攪乱試料として試験室に搬入する。
- ②底泥直上にはろ過した現地水を静かに注ぎ、一定時間静置して底質と試水が安定するのを待つ。
- ③試験条件のコントロール

溶出速度は水温およびDO条件によって大きく変化することから、少なくとも水温は3条件DOは2条件（好気、嫌気）で試験を実施する。そのため、試験装置は水温およびDO条件を制御できることが必要となる。

- ④試験開始後一定時間毎に底泥直上水を採取し、必要な水質項目の分析を行う。

なお、溶出試験の期間は分析に必要な水量と装置内の水量に支配されるため、事前に試験計画を作成して試験装置の容量や試験項目を特定しておくことが必要である。また、試験装置内の試水に有機物が多量に含まれている場合には試験期間中に有機態から無機態への形態変化が生じ、正確な溶出量が把握できなくなる恐れがある。そのため、溶出試験と併用して分解試験を実施して溶出量を補正することも必要となる。

試験方法および装置の詳細については（参考）底質試験方法に記されており、対象とする水域の特性に応じて手法を選定する。

＜現場法（チャンバー法）＞

現場法では、湖底およびその直上水柱を隔離し、その隔離された水中内の栄養塩濃度の経時変化から溶出速度を算出するものである。

以下に、チャンバーを用いた試験方法の一例を示す。

- ①底泥および水塊を隔離するチャンバーを図1.7のように、湖底に水平に設置する。
- ②一定時間底泥が落ち着くのを待ち、チャンバー内の底層水を底泥が巻き上がらないように緩やかに攪拌する。
- ③一定時間毎に直上水を採取し、水質分析を行う。
- ④試験期間中はチャンバー内の環境条件を把握するため、濁度計、DO計、水温計等を施設内に設置し、モニターすることが必要である。

なお、現場法の試験方法については、（参考）底質試験方法に隔離水界法、チャンバー法の実例が詳細されているため、対象水域の特性に応じて試験方法を選定する。

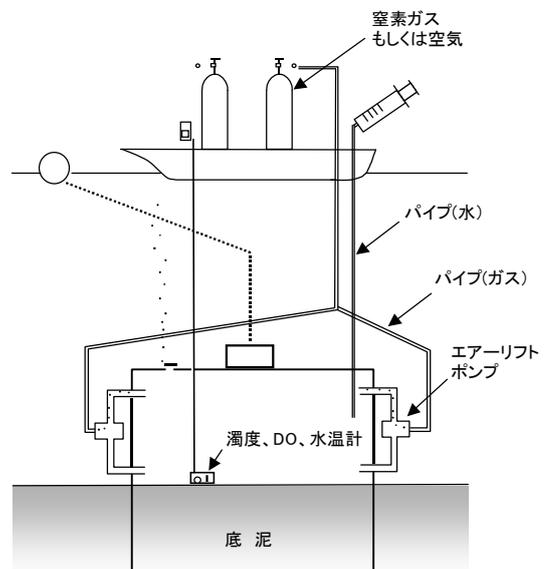


図1.7 チャンバー法の一例

1.6.8 調査結果の評価と活用

得られた各種数値を既往文献等に示されている値と比較することにより、対象水域の汚濁特性、汚濁の度合いを比較・検証することができる。

また、算出されたこれら係数は水質予測を行う際の重要なパラメータであることから、対象水域に適合した水質予測モデルの構築に活用することができる。さらに、構築された水質予測モデルを用いることにより、水質汚濁対策手法の立案、効果の検証を行うことができる。

1. 河川自浄作用調査

調査によって得られたBOD減少係数(K)、脱酸素係数(K_1)は一般的な値と比較することで対象とする河川の自浄能力、汚濁物質の性状を評価することができる。ちなみに、脱酸素係数は0.05~0.3(1/day)の範囲にあり、清澄な河川ほどこの値は小さくなる。また、BOD減少係数は脱酸素係数とほぼ同じオーダーから10に近い値も見られる。

また、得られた係数をもとに対象河川における汚濁負荷許容量を算出することができ、流域汚濁対策の資料として活用できる。

2. 内部生産量調査

調査によって得られた内部生産量を比較することで、対象とする水域が持つ生産量(=富栄養化度合)を評価することができる。ちなみに、日本の湖沼を対象とした純生産量($\text{gC}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$)は以下のように得られている。(藻類の生態より抜粋)

貧栄養：0.04~0.51、中栄養：0.08~0.50、富栄養：0.08~1.38

なお、季節的な生産量の変化を明らかにすることで内部生産による有機汚濁の発生を予測する資料として活用できる。

3. 藻類増殖速度調査

調査では各種条件下における増殖速度が得られるため、制限栄養塩の推定、負荷量の評価、将来水質の予測に活用することができる。

4. 懸濁物質沈降速度調査

調査により沈降・堆積によって系外に除去される物質量が把握でき、対象水域の特性および物質収支の解明に活用することができる。

5. 有機物分解速度調査

各種条件による分解速度を明らかにすることで、対象水域の物質収支の解明に活用することができる。特に、有機態から無機態の変換は藻類などの一次生産量に大きく寄与するため将来水質の予測に活用できる。

6. 底泥溶出速度調査

底泥からの溶出速度を把握することにより、底質環境の評価に利用することができる。一般的に、溶出速度は底泥が嫌気条件下にさらされ、堆積している物質濃度が高いほど大きくなることが知られており、高い溶出速度は底質環境の悪化を意味する。また、底泥溶出速度は流入負荷の少ない水域では水質を左右する大きな要因となるため、水質予測に活用することができる。

IX章

1.7 対策調査（保全対策・水質浄化事業の評価のための調査）

1.7.1 目的

河川および湖沼において、水質汚濁の改善を目的とした水質保全対策事業、水質浄化事業の実施に際して、事業実施前に行う改善目標水質の設定、事業実施中の水質汚濁予測および監視、事業実施後の水質評価のために行うものである。

なお、ここで対象とする事業は水質改善を目標とした事業に限定し、他の目的を持つ事業については対応する各章を参照するものとする。

1.7.2 事前調査

(1) 目的

事前調査では、水質保全対策事業や水質浄化事業の工法の選択やその効果を予測するための基礎資料を得るために実施する。したがって、現状の水質汚濁要因の解析、予測モデル構築のための基礎資料の収集・調査が主体となる。

解 説

水質汚濁の改善を目的とした事業を対象とするため、事前調査では現況の水質汚濁がどのような要因によって生じているかの要因解析が重要となる。また、その工法を選択する場合には採用した工法による効果が事前に予測されることが必要であり、水質予測モデルの構築は事前調査に欠かせない要素となる。

(2) 調査範囲

事業実施地点を基準として、集水域全域および事業による影響範囲全域とすることが望ましい。

(3) 調査項目

水質改善目標項目とするが、事業実施前のバックグラウンドの確認のために水質では生活環境項目、健康項目を、底質では堆積厚、粒度、含水率といった物理的性状と化学的性状（健康項目、pH、強熱減量、COD、TOC、T-N、NO₂-N、NO₃-N、NH₄-N、T-P、PO₄-P、硫化物等）について対象とするとよい。

解 説

水質改善事業の実施では、対象水域の水質・底質資料が長期にわたって蓄積されていることが前提であり、事業実施前の調査ではバックグラウンドの把握を目的として調査を行うものとする。水質の生活環境項目ではpH、BOD(河川)、COD(湖沼)、SS、DO、大腸菌群数、T-N(総窒素)、T-P(総リン)を、健康項目ではCd(カドミウム)、T-CN(全シアン)、Pb(鉛)、Cr(VI)(六価クロム)、As(ヒ素)、T-Hg(総水銀)、R-Hg(アルキル水銀)、PCB(ポリ塩化ビフェニール)、TCE(トリクロロエチレン)、CCl₂(テトラクロロエチレン)、CCl₄(四塩化炭素)、CH₂Cl₂(ジクロロメタン)、CH₂Cl-CH₂Cl(1,2-ジクロロエタン)、CH₃-CCl₃(1,1,1-トリクロロエタン)、CHCl₂-CH₂Cl(1,1,2-トリクロロエタン)、CH₂=CCl₂(1,1-ジクロロエチレン)、C₂H₂Cl₂(シス-1,2-ジクロロエチレン)、CHCl=CH₂-Cl(1,3-ジクロロプロペン)、TMTD(チウラム)、CAT(シマジン)、チオベンカルブ、C₆H₆(ベンゼン)、Se(セレン)、硝酸性窒素および亜硝酸性窒素、F(フッ素)、B(ホウ素)の26項目を、その他に富栄養化関連項目としてNO₂-N、NO₃-N、NH₄-N、PO₄-Pを対象とすることが考えられる。

なお、水質保全事業或いは水質浄化事業の中で浚渫事業に関するものについては、X章 1.6管理のための調査を参考に調査項目を設定するとよい。

(4) 調査頻度

水質調査は4回／年（季別）、底質調査は1回／年を基本とする。

解 説

水質改善事業に伴う調査については、9.4事業計画調査委調査に事業内容別に調査期間および頻度が記されており、調査頻度の設定はこれらを参考に設定する。

1.7.3 事業実施中の調査

(1) 目的

事業実施に伴う水質汚濁など、水域環境への影響を監視するために行う。

(2) 調査地点の選定

事業に伴う汚水の排出先にある既往水質調査地点とともに、汚水の拡散範囲を対象に調査地点を選定するとよい。

調査地点は、排出負荷量を把握するために排水出口に1箇所、河川および湖沼への拡散影響を把握するための調査地点を数地点選定することが望ましい。なお、湖沼では鉛直方向にも調査地点を設定するとよい。

(3) 調査項目

汚水の常時監視を目的として濁度、SSの2項目を中心とするが、事業内容に応じて調査項目を追加するものとする。

解 説

水質改善事業に伴ってコンクリート構造物を現地施工する場合は、アルカリ成分の流出の可能性がある。また、浚渫および河道掘削によって底泥が巻き上がり、嫌気化した間隙水や還元土壌によって河川水のDOが低下する可能性もある。そのため、事業内容によってはpHやDOを調査項目に追加することが必要となる。

(4) 調査頻度

水質監視は日1回以上とすることが望ましい。

解 説

水質改善事業には、直接浄化、浚渫、浄化用水導入、流水保全水路等があり、いずれの事業も河道内での掘削、施設施工等の作業に伴う汚水の流出が発生する可能性がある。そのため、工事期間中は時系列的な水質変化を把握する必要がある。ただし、濁度、pH、DOは水質自動監視装置による自動観測も可能である。一方、自動監視による測定が困難な項目については日1回以上の頻度で測定を行うことが望ましい。

なお、濁度とSSのように両者の間に高い相関関係が認められる場合は、測定頻度を軽減し水質自動監視装置の測定結果から推定することも可能である。

IX章

事業実施に伴う調査については、X章 1.5 工事の調査の工種による調査項目、頻度を参考にして調査頻度、項目を決定するとよい。

1.7.4 事後調査

(1) 目的

事業実施前後の水質を比較し、水質の改善効果の評価を行うとともに事業による環境影響の評価を行う。

(2) 調査範囲および調査地点の選定

事前調査と同じ地点を対象とし、事業実施地点を基準として、集水域全域および事業による影響範囲全域とするとよい。

(3) 調査項目

事前調査結果との比較が行えるよう、水質・底質ともに事前調査の実施項目を対象とするとよい。

水質では生活環境項目、健康項目を、底質では堆積厚、粒度、含水率といった物理的性状と化学性状（健康項目、pH、強熱減量、COD、TOC、T-N、NO₂-N、NO₃-N、NH₄-N、T-P、PO₄-P、硫化物等）について対象とするとよい。

(4) 調査頻度

事前調査との比較を目的に、水質調査は4回／年（季別）、底質調査は1回／年とすることが望ましい。

解 説

水質改善事業の効果は、短期間に確認できる場合と長時間必要とする場合がある。そのため、調査は上記頻度で数年にわたって継続実施することが望まれる。

1.7.5 調査結果の評価と活用

事前調査では、既存の近傍の水質調査結果と比較して事前調査結果が妥当なものであるかを評価した上で事業の影響および効果の予測、評価のためのデータとして活用することができる。

事業実施中では事業による水域環境への影響を常時監視し、環境への影響が少なくなる適切な手法が採用できるようにする。

事後調査では事前調査結果との比較および事業計画との比較により、事業の影響や効果の評価するためのデータとして活用する。

2. 底質調査

2.1 目的

水質汚濁機構解明のための底質調査は、水質と底質の相互影響を解明し、底質が水質に与える影響を把握することを目的とする。

2.2 調査すべき水域

水質汚濁が著しく、河床、湖底の堆積状況または汚濁の現状把握の調査結果において底泥が水質汚濁に影響を及ぼしていると判断される水質の汚濁域の底質について、調査を実施する。

解 説

(1)の堆積状況または汚濁の現状把握の調査結果により、底泥が水質汚濁に影響を及ぼしていると判断され、どのようにどの程度の影響であるかを解明するための調査であり、水質を評価する地点（河川の利水地点や湖心など）に影響する範囲として、底泥の汚濁分布に加えて、河床勾配や流況、支川の流入状況を考慮して調査範囲を設定する。

底泥の汚濁が水質に及ぼす影響が大きい水域としては、河川では感潮域、堰湛水区域の停滞性水域、湖沼では流入河川の河口域、水深の深い湖中央部が代表的であり、特に有機物汚濁が著しく、底泥が還元状態にある場合の影響は大きい。また、底泥が微細化し浮泥状態にある水域では、出水や強風などの気象条件により、底泥が巻き上げられて水の濁りを増加する。なお、全域にわたって河床材料が砂礫である水域では、水質の汚濁状況が顕著であったとしても、流域からの流入や排水による影響によるものであり、底泥の水質への影響は殆ど無いと考えられる。

2.3 採泥地点

対象水域の底質の分布状況を把握するために、平面的にほぼ均等な距離で採泥地点を選定するほか、底泥の堆積状況と汚濁状況を踏まえ、底質の水質への影響を詳細に把握するための代表地点を対象水域の大きさに応じて、数地点選定する。

解 説

水質への底質の影響を定量的に把握するためには、対象水域の全水量に対する全底泥面積当たりの影響量（汚濁負荷量）を定量化する必要があるため、表泥の含有量の汚濁分布調査を全対象水域を対象として実施する。調査地点は、ほぼ均等な距離で設定するが、(1)の堆積状況または汚濁の現状把握の調査結果や河床勾配、流況等を踏まえ、隣り合った地点での濃度変動が少ない水域では間隔を広く、隣り合った地点での濃度変動が大きい水域では間隔を狭く設定する。

全域の汚濁分布を把握した後、水質への影響量を定量的に且つ経時的に評価する汚濁機構解明のための代表地点を選定する。代表地点は、表泥の含有量との関係を数式化できるように、含有量濃度に差のある地点を数地点選定し、さらに、堆積状況も考慮し、酸化還元状態等が異なる地点が含まれると良い。

2.4 測定項目

対象水域の底質の分布状況を把握するための調査においては、堆積状況、底質環境を把握する項目、水質汚濁に影響を及ぼしている有機物や有害化学物質を調査する。さらに、代表地点において、底質の酸素消費速度試験、水質汚濁に影響する物質の底泥溶出速度試験を実施する。

解 説

項目の選定の基本的な考え方は、第IV章 表2.4と同様である。

底質の粒度分布、比重、水分の堆積状態の把握は、底泥の嫌気化や巻き上がり易さなど底泥が水質に及ぼす影響として重要な要因であり、底泥からの水質への汚濁物質の溶出には酸化還元電位やpHの底質環境が大きく影響するため、これらの項目については、原則として全対象水域での分布状況を把握する。有機物汚濁物質や有害化学物質については、水質汚濁に影響を及ぼしていると想定される項目について、水質汚濁状況と底質汚濁状況を踏まえて選定する。有害化学物質による水質汚濁については、該当する有害化学物質を選定するが、湖沼等の停滞性水域におけるCODや藻類（クロロフィル）等の富栄養化の汚濁については、強熱減量やTOCの他、底泥中の窒素、リンの栄養塩を選定する。

また、汚濁した底泥の堆積状況を把握する目的で、底泥の堆積厚の調査も実施すると良い。

代表地点では、底泥の酸素消費速度試験、底泥溶出速度試験の反応速度試験を実施する。これらの結果は、水質汚濁予測式などの数値計算による汚濁の定量的な評価において必要とされる。酸素消費速度については、底泥の有機物質や硫化水素等の還元性物質の含有量との関係式、底泥溶出速度試験については、対象物質の表泥の含有量との関係式を導き出すことが多い。

底泥の酸素消費速度試験、底泥溶出速度試験の試験方法や結果の評価、活用については、(参考)底質試験方法に従うものとする。

水質汚濁機構解明のための調査項目の選定例を表2.1に示す。

表2.1(1) 水質汚濁機構解明のための項目選定の例（水銀汚濁の著しい河川）

分類	調査項目	調査地点	選定理由
堆積状況の判定	粒度分布	全地点	汚濁状況判定の基本情報および底泥の巻き上がり易さ判定のために選定
	比重		
	水分		
底質環境の判定	pH	全地点	表泥の酸化還元状態判定のため選定
	酸化還元電位		
有機物汚濁の判定	強熱減量	全地点	底泥の酸素消費速度に影響する有機物汚濁の指標として選定 還元状態の把握および底泥の酸素消費速度に影響する還元物質の代表指標として選定
	硫化物		
化学物質による汚濁の判定	水銀 [※]	全地点	汚濁分布状況把握のために選定 底泥の巻き上げにより、水質に直接影響する濃度を把握のために選定 底泥溶出速度に影響する対象物質の含有量把握のために選定
	アルキル水銀		
水質、生態系への影響の判定	底泥の酸素消費速度試験	代表地点	水質底層の溶存酸素の消費速度により、底泥の酸化還元状態に影響する要素として選定 還元状態における水銀の水質への溶出量の定量化のために選定
	総水銀の底泥溶出速度試験 [※]		

※：カドミウムの汚濁の著しい水域では、水銀の代わりにカドミウムを項目として選定するなど、流域の汚濁特性に合わせて項目を選定する。

表2.1(2) 水質汚濁機構解明のための項目選定の例（富栄養化湖沼）

分類	調査項目	調査地点	選定理由
堆積状況の判定	粒度分布	全地点	汚濁状況判定の基本情報および底泥の巻き上がり易さ判定のために選定
	比重		
	水分		
底質環境の判定	pH	全地点	表泥の酸化還元状態判定のため選定
	酸化還元電位		
有機物汚濁の判定	強熱減量	全地点	汚濁分布把握のために選定 底泥の酸素消費速度に影響する有機物汚濁の指標として選定
	TOC		
	硫化物	代表地点	還元状態の把握および底泥の酸素消費速度に影響する還元物質の代表指標として選定
	総窒素	全地点	汚濁分布把握のために選定 C/N比による堆積底泥の起源判定のため選定 底泥溶出速度に影響する対象物質の含有量把握のために選定
	総リン		汚濁分布把握のために選定 底泥溶出速度に影響する対象物質の含有量把握のために選定
	アンモニウム態窒素		底泥の巻き上げにより、水質に直接影響する濃度を把握のために選定
	オルトリン酸態リン		
水質、生態系への影響の判定	底泥の酸素消費速度試験	代表地点	水質底層の溶存酸素の消費速度により、底泥の酸化還元状態に影響する要素として選定 還元状態における水銀の水質への溶出量の定量化のために選定
	底泥溶出速度試験		

2.5 採泥の時期および頻度

底泥の溶出速度等の水質に及ぼす底泥の影響は、水温に大きく左右されるため、水温の高い夏季の調査が必要であり、可能であれば、年間の異なる季節毎に数回実施することが望ましい。

また、底泥の巻き上げによる水質への影響が想定される場合は、出水や強風発生直後に底泥の巻き上げによる汚濁対象項目や水の濁りの状況を判定する水質調査とともに酸化還元状態等の底質環境を把握する。

解 説

水質に影響を及ぼす溶出速度の要因となる底泥の有機物分解や酸化還元反応の反応速度は、水温の上昇により促進されるため、底質調査の実施時期による結果の変動が大きい。

したがって、代表地点における底泥の酸素消費速度試験や底泥溶出速度試験については、年間の異なる季節毎に複数回の調査を実施することが望ましい。含有量については変動が少ないため、全対象水域における汚濁分布状況は1回程度の調査で良いが、酸化還元電位やpHの底質環境項目については、溶出速度試験等と同様に季節毎の状況を把握することが望ましい。年間に複数回の調査の実施が困難な場合は、最初の年に最も影響の大きい夏季に調査を実施し、必要に応じて数年間で残りの季節の調査を実施する。

汚濁底泥が浮泥状態であったり、湖沼の水深が浅い場合は、流速の変化や水流の乱れにより底泥の巻き上げが発生し、間隙水中の汚濁物質が水中に拡散すると同時に底泥表面が攪乱されて酸化還元電位などの底質環境が変動する。したがって、底泥の巻き上げによる堆積状況の変動状況を把握するために、気象の影響の少ない水位の安定した時期の調査とともに出水時や強風直後の調査を実施することが望ましい。

2.6 調査結果の評価と活用

水質汚濁機構において、底質は水環境における水質汚濁要因の一要素であり、調査結果のうち、水質に影響を与える底泥の酸素消費速度、底泥の溶出速度試験結果の水質への汚濁速度の評価が重要である。汚濁の速度には、酸化還元電位、水温、水中の溶存酸素量等の要素のほか、底泥中の有機物の含有量、有害物質の含有量等が関与する。したがって、底質試験方法により得られた酸素消費速度、底泥の溶出速度の結果を酸化還元電位や水温等の底質環境および有機物量や有害物質の含有量との関係をモデル式等で整理し、水質予測式等を用いて水質に与える底質の影響量を計算する。

解 説

水質汚濁機構解明のための水質調査において、含有量の調査結果は、「(1) 河床、湖底の堆積状況または汚濁の現状把握」の評価と同様に該当水域における経年的な汚濁傾向や汚濁の分布範囲等を把握することにより評価する。

ただし、水質汚濁機構解明を目的とする調査結果の検討においては、時間の経過における底質の環境変化による水質への影響を解析し、活用することが多いため、酸化還元反応による重金属の形態変化や栄養塩の溶出量の変化量、底泥の酸素消費による水中の下層の無酸素化等の物質の化学反応による状態の変化量についての検討も必要となる。

湖沼底泥の主要な酸化還元反応とそれが関与する酸化還元電位のレベルを次のように区分している文献（渡辺 裕・寺沢四郎著「環境測定法Ⅲ 一農地土壌一」、共立出版生態学研究法講座29）もあるが、実際には、底泥中の鉄イオンの濃度などの緩衝により反応系は複雑となり、酸化還元電位のレベルと化合物の形態の変化を簡単には評価できない。

NO_3^-	\rightarrow	NO_2^-	450	～	400mV
NO_2^-	\rightarrow	NH_4^+	400	～	350mV
Fe^{3+}	\rightarrow	Fe^{2+}	300	～	200mV
SO_4^{2-}	\rightarrow	S	100	～	60mV

ただし、酸化還元電位（ORP）の測定値がマイナス値である場合、その底泥は還元状態であると判定して良く、上記の還元反応や脱窒反応が底泥中で起きていると想定できる。

底質の化学反応による状態の変化に大きく関わる要素としては、酸化還元電位その他、水温（泥温）、水中の溶存酸素量、底質中の有機物や化学物質の含有量等があり、酸素消費速度や底泥溶出速度の水質への底質の影響量については、それらの要素との関係をモデル式等で整理し、底泥中の化学反応の機構解明の基礎資料とする。

詳細については、（参考）底質試験方法を参照する。

IX章

【参考】感潮域における浮泥調査

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，D0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。

解 説

1) 浮泥の定義

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参考-1.1に示す。

参考-1.1 各水域における浮泥の性状

水域		含水比 (%)	強熱減量 (%)	土含水量 (%)	文献名
淡水	霞ヶ浦	200~300	4~10	0~70	a)
	手賀沼	360	16	6	b)
海水	東京湾	400~500	4~10	0~500	c) d)
	大阪湾	300~500	2~10		
汽水	中海*	8月 590	19		e) "
	"	12月 750	23		

*：浚渫後窪地内

a) 土と基礎 26(1), 1~24, 1978, 軽部重太郎

b) 土と基礎 26(1), 33~40, 1978, 嘉門雅史

c) 土と基礎 26(1), 43~44, 1978, 中田邦夫

d) 通産省工業技術院報告 63-1~63-15, 1992, 塩沢孝之

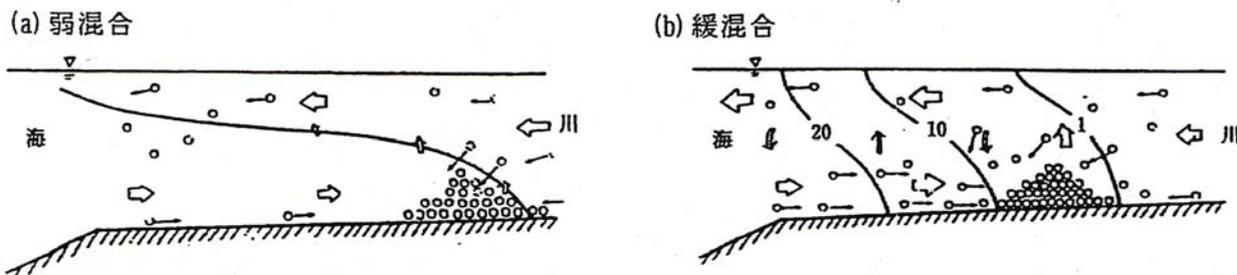
e) 生態工学を活用した汽水湖・中海の直接浄化 第30回下水道研究発表会講演集, 秋葉ら (出典)

・海洋調査技術マニュアル 水深測量編 初版(昭和61年10月 (社)海洋調査協会)

・生態工学を活用した汽水湖・中海の直接浄化、秋葉ら(第30回下水道研究発表会講演集)

2) 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がる場所や深掘れ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おこなうことは避ける必要がある。

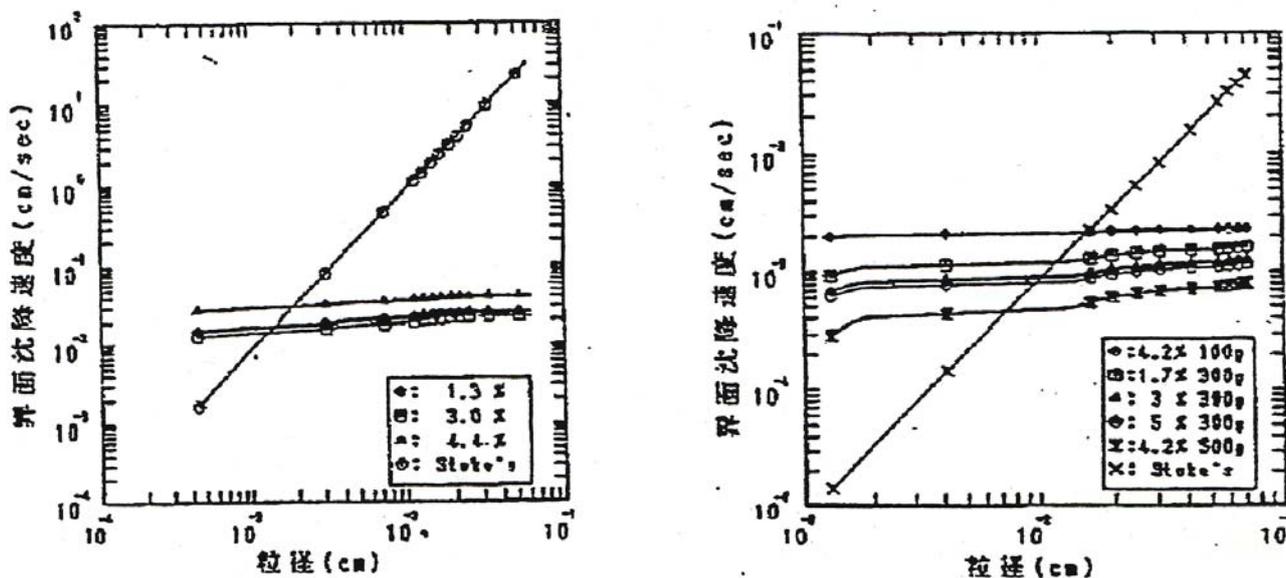


参考図-1 感潮域における濁質の分布と堆積の概念図(数字は塩分)

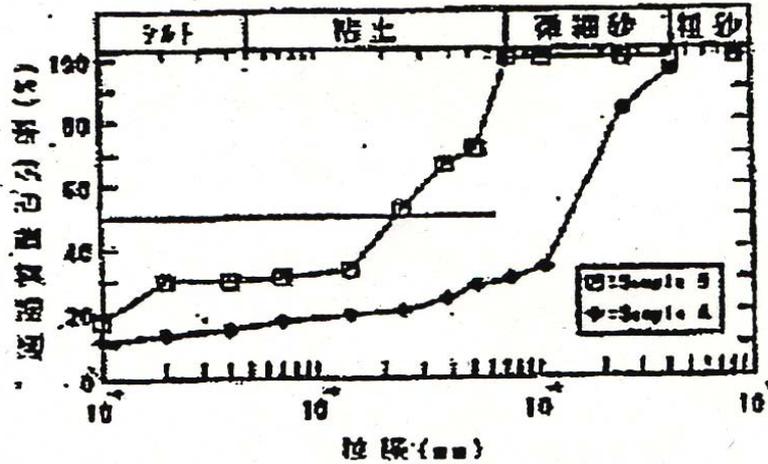
(原題は「Turbidity maximum出現の機構(杉本, 1988)」)

(出典：西條八束・奥田節夫編「河川感潮域」、名古屋大学出版会、1996年)

浮泥の界面沈降速度と粒径との関係の一例を参考図-2に粒度分布曲線の一例を参考図-3に示す。



参考図-2 界面沈降速度と粒径との関係 (左：筑後川河口域、右：東与賀沿岸域)



参考図-3 浮泥の粒度分布曲線

(出典：静水中における浮泥の沈降速度と粒径の関係について)

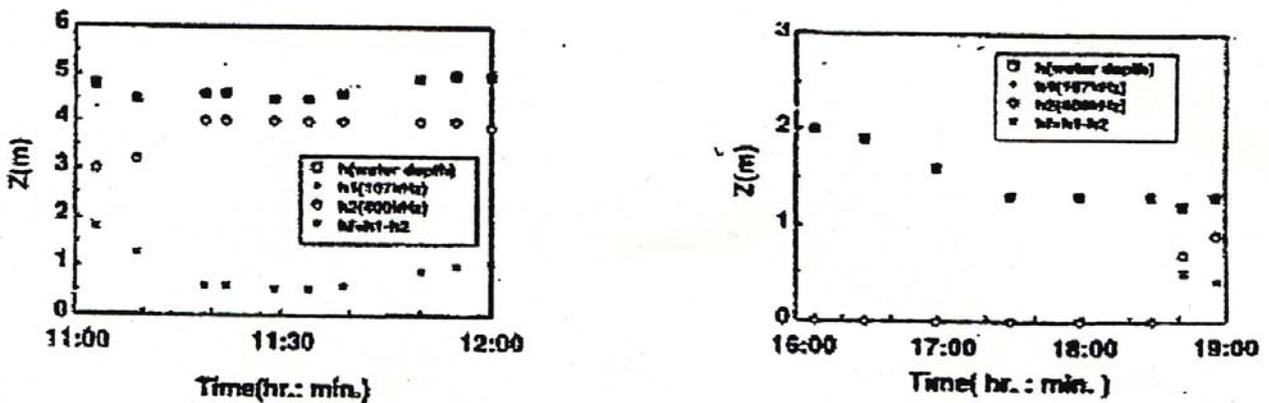
3) 調査時期

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または干潮時におこなう。ただし、浮泥堆積量の変化を見るのであれば、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。

以下に佐賀県の六角川における浮泥層厚の測定例を示す。

浮泥層厚の測定には、107kHzと400kHzの周波数振動子をもつ魚群探知器を用い、400kHzによって検出される面を浮泥の上側界面とし、107kHzによって検出される面を浮泥の下側界面(≒底面)と定義した。参考図-4にその調査結果を示す。



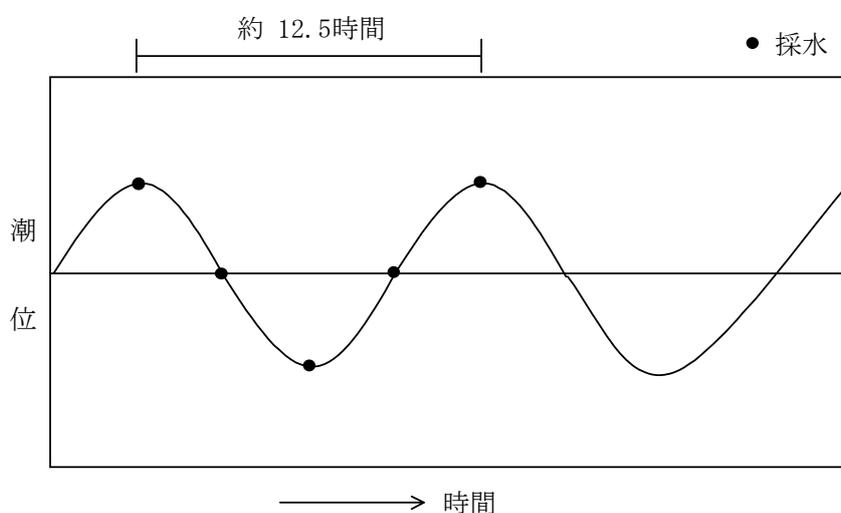
参考図-4 浮泥層厚の経時変化 (左：満潮時，右：干潮時)

(出典：河川感潮部における高濃度SS水塊の挙動と底泥の堆積抑制に関する検討－佐賀県六角川をフィールドとして－，山西博幸)

4) 調査頻度

調査頻度は、調査項目により原則として以下のとおりとする。

- ① 調査期間は調査の目的にあわせて任意の時期に行うとする。
- ② 流量観測，計器測定項目，採水分析項目は2潮時または25時間にわたって定間隔で行うものとする。その時間間隔は1～2時間を原則として、少なくとも4時間以内とする。
- ③ 海域への影響を調査する場合は、豊水，平水，低水といった異なる流況時に調査を行う。また、海域への総負荷量の算出のためには、洪水時の調査もおこなう。汚濁源からの排水は、その種類の状況によって、時間が大きく変動することが考えられる。このため、観測測定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隻または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



参考図-5 採水時刻（1日5回採水）

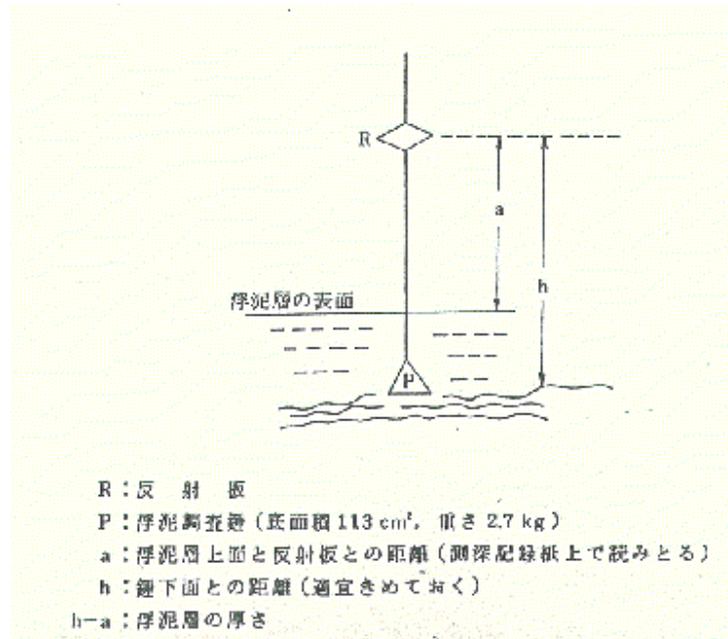
5) 浮泥厚の測定

河床に堆積しているヘドロを簡易的に測定する方法としては、測量用ポールを用い、貫入できるまでの層をヘドロ層とするやり方もある。また、ヘドロ層まで貫入するような、適当な重量を持つ鉄棒を予め調べておき、船上から落下させて測定する方法も検討されている。

(出典)

・土木研究所彙報 第53号 河川の総合負荷量調査実施マニュアル(案)

(平成元年11月 建設省土木研究所)



参考図-6 浮泥厚の測定方法

(出典：海洋調査技術マニュアル 水深測量編 初版，昭和61年10月 (社)海洋調査協会)

6) 採取方法

巻き上がりやすい浮泥の特性に留意して、コアサンプルによる採取を行う。

コアサンプルは、細長いパイプを底泥に貫入し、堆積物をパイプ中に捕獲・採取する装置である。汚染底質の層厚調査，堆積速度決定などの堆積物の柱状断面調査では、堆積物を現場のまま乱さずに1～2mの長さで柱状に採取することが要求される。

パイプを堆積物中に貫入させるには、パイプを人力や重錘の打撃によって押し込む方法（押し込み式）とコアサンプラーに重錘を取り付けてその自重により貫入させる方法（重力式）がある。また、ダイバーなどが水中に潜って、浮泥の状況を目視により確認しながら、容器に採取する方法も考えられる。

(出典)

- ・沿岸環境調査マニュアル(底質・生物編) (日本海用学会編)

7) 採泥時に実施すべき事項

採泥日時，採泥地点（図示すること），採泥方法（使用した採泥器の型名），底質の状態（堆積物，砂，泥などの別，色，臭気など）およびpHは直ちに観測測定し記録する。試料はできるだけ速やかに分析する。直ちに分析を行えない場合には、温度を低く保っておくこととする。

不攪乱試料については、特に手を加えず採取した状態で、実験室に持ちかえることとする。

(出典)

- ・改訂版 底質調査方法とその解説 ((社)日本環境測定分析協会)

8) 調査結果の評価と活用

浮泥の調査においては、河川流量から浮泥の負荷量の算出方法のひとつとして、L-Q曲線による方法がある。この方法は、平常時（低水流量時）と洪水時のそれぞれの河川流量（Q）と負荷量（L）をグラフ（散布図）にプロットすることにより、L-Q曲線を算出する。この曲線から任意の河川流量の負荷量を算出することができる。