

1-9 河川水質調査方法の体系化に関する調査

研究予算：運営交付金（治水勘定）

研究期間：平成12～平成14

担当チーム：水循環研究グループ（水質）

研究担当者：田中宏明、小森行也、佐々木稔、岡安祐司

【要旨】

現在、河川の水質調査は河川砂防技術基準（案）等に基づいて実施されているところであるが、調査目的が多様化するなか、河川管理者が実施する水質調査にあった調査計画作成のため、詳細な調査項目、調査地点、調査頻度などについて考え方を整理した河川水質調査要領（案）の作成が求められている。このため、本調査は、水質測定の妥当性を明確にし、河川水質調査の体系化を行うことにより、水質調査の効率化を図ることを目的とし、成果を「河川水質調査要領（案）」としてまとめるため、国土交通省各地方整備局水質担当者、各地方整備局技術事務所と連携し実施している。この中で土木研究所は、主に水質調査の目的、調査計画を含めた総論の考え方の整理と、調査の体系化が遅れている底質調査、特に底質からの溶出量の調査方法を担当し、試験期間等の溶出試験条件の新たな知見を得た。

1. はじめに

現在、河川の水質調査は河川砂防技術基準（案）等に基づいて実施されているところであるが、調査目的が多様化するなか、河川管理者が実施する水質調査にあった調査計画作成のため、詳細な調査項目、調査地点、調査頻度などについて考え方を整理した河川水質調査要領（案）の作成が求められている。このため、本調査は、水質測定の妥当性を明確にし、河川水質調査の体系化を行うことにより、水質調査の効率化を図ることを目的とし、成果を「河川水質調査要領（案）」としてまとめるため、国土交通省、地方整備局水質担当者、地方整備局技術事務所と連携し実施した。土木研究者水質チームは総論の作成、調査要領全体の考え方を指導するとともに、体系化が遅れている底泥溶出試験、酸素消費速度試験の体系化を担当した。

2. 底泥溶出試験、酸素消費速度試験

既存マニュアルや各地域整備局に対するアンケート調査による実施事例の整理を行い、底泥溶出試験、酸素消費速度試験の現状把握を行った。本調査において、底泥溶出試験、酸素消費速度試験の現状における案を提案するとともに、今後の課題についても整理した。

2.1 底泥溶出試験に関するアンケート調査結果と課題の検討

アンケートは平成3～12年度の成果について回答を求めた。底泥溶出試験に関する回答では、平成3～8年度は1～2例であったのに対し、平成9～12年度は4～7例と実施事例が多かった。

2.1.1 試験の目的

試験の目的については、①水質汚濁要因の把握のため、

②浚渫事業の計画策定、③浚渫事業の事業評価、④水質予測モデルの定数算定のため、⑤その他の事例に分けると①が50%以上、次いで②が30%以上を占めていた。

2.1.2 対象水域等

湖での1調査地点が定面積当たり調査地点数は0.07～33個/km²の範囲にあり、大きく異なっていた。

調査対象水域に配置した調査地点の数は、1～150地点と、5地点以下が最も多く12例、次が11～15地点の範囲が2事例、6～10地点の範囲、16～50地点（実数33地点）、101～150地点の範囲（実数150地点）をとっている事例もあった。

1調査地点当たりのカバー面積（対象面積/調査地点数）は0.03～13.8km²の範囲であり、0.1以上～0.5km²以下が6事例、0.6km²以上～5.0km²以下が6事例と多く、5.1km²以上は1事例であった。目的別の手法の規格化が必要である。

2.1.3 調査地点の選定において配慮した事項

調査地点の選定において配慮した事項は、①浚渫実施域、②底泥の性状（砂質かヘドロか）、③底質平面分布状況（既往の調査結果）、④水質汚濁域、⑤流況、⑥その他であり、浚渫実施域の効果検証や事前調査、既往調査結果を地点選定に配慮していること。将来の浚渫域の事例もあった。

2.1.4 試験方法の出典・根拠の把握

試験方法の出典・根拠として、既存マニュアルでは①「建設省河川砂防技術基準（案）同解説 調査編、建設省河川局監修、社団法人日本河川協会」¹⁾、②「底質の調査・試験マニュアル 改訂版 平成7年3月 底質浄化協会 編」²⁾、③「湖沼環境調査指針、社団法人日本水質汚濁研究会編、公害対策技術同友会」³⁾であることが確認

された。特に②を根拠とする例が多かった。

溶出実験は19例、酸素消費速度試験は3例が回答されたが、上記3種のマニュアルに拠らないその他の方法よるとの回答が、半数以上もあった。これは、調査手法が統一されていないことを示しており、手法の規格化が必要である。

2.1.5 1地点当たりの調査頻度

1地点当たりの調査頻度は18例中12例が「1回」で最も多く、その他は2～18回であった。2回/年×9年間の例もあった。また4回/年も3例みられた。目的に応じた調査頻度の設定が必要である。

2.1.6 試験装置について

試験装置については、①試験実施場所（室内と現地）、②試験方法（バッチ、連続、その他）、③装置内底泥表面積、④溶媒水高さ、⑤底泥厚、⑥試験水量の観点で調査した。①は、室内が殆ど（14/19例）であり、②は、バッチ式14：連続式4：その他1の比率であった。連続式の滞留時間は4日間と20日間であった。バッチ式と連続式の装置の例を図-1に示した。

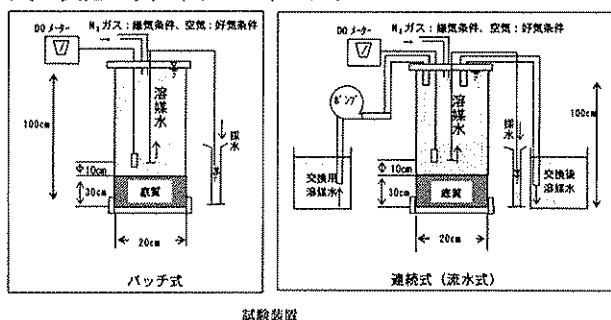


図-1 室内溶出試験装置の例^{2),4)}

③は、50cm²（直径約8cmφ）以下が7例、51～100cm²（直径約8cm～11cmφ）が1例、101cm²（直径約11cm）以上が9例であった。現地実験では268.6cm²（直径18cmφ）、2,500cm²（50×50cm）、10,000cm²（100×100cm）の3例であった。④は、1.8～120cmの範囲にあり、50cm以下が42%、50～120cmが53%、100cm以上が5%であった。⑤は50cm未満が74%、50～100cmが21%、無回答5%であった。⑥は、100ml未満～10,000ml以上まで広い範囲で実施されており、試験装置に関する規格の統一性はみられなかった。

2.1.7 試験条件

試験条件は、①攪拌の有無、②酸素条件、③温度条件、④試験水の種類、⑤試験期間、⑥サンプリング頻度について調査した。①は、静置溶出が18例、攪拌溶出のみは1例、静置溶出と併せて攪拌溶出を実施した例が3例であった。②は、好気条件が13例、嫌気条件が8例、両方を同時に実施した事例が5例であった。好気条件のDO濃度

は4.6～9.2mg/lの範囲で設定されており、現地合わせや飽和等、調査毎に様々であった。③は、1温度のみの設定の事例が16例と最も多く、その他は2温度が1例、4温度が2例であった。設定温度は、18～20℃が最も多く11例、次いで25～30℃が7例であり、試料採取時水温との回答もみられた。④は、現地直上水（ろ過処理9例、未処理3例）12例、蒸留水2例、その他となっており、その他では条件統一のため模擬湖水を作成し実験に供した例もみられた。⑤は、1～30日の範囲であり、16～20日が9例で最も多く、次いで26～30日が5例、5日以下が5例であった。16～20日は関西での湖沼の事例に多く、21日以上は関東の湖沼の事例であった。⑥は、期間中5回以下が14例で多く、6～10回が4例、30回以上が1例であった。また経過日数（経過時間）については、0,1,5,10,20日に実施した事例が各実施日に対して8～14例と多かった。以上の試験条件の調査結果から、①、③、④、⑥は比較的共通点がみられたが、②、⑤はバラツキがみられた。

2.1.8 分析項目

合計19項目が回答された。TPが14例、PO₄-Pが10例、TNが9例と多く、以下COD、NO₃-Nが6例、DTN、DTP、NO₂-N、NH₄-Nが5例と続いた。窒素の溶出現象を把握する観点に立つと、TNの他、無機態窒素を含めた試験項目を調査要領に示す必要がある。

2.1.9 同時実施底質調査

①土質試験、②堆積泥の年代測定、③間隙水の分析、④平面分布調査、⑤鉛直分布調査、⑥含有量試験の6種類について調査し、回答結果で同時実施事例が最も多いのは⑥含有量試験であり、次いで⑤鉛直分布調査、④平面分布調査の順で実施事例が多かった。

2.1.10 調査結果のとりまとめ

溶出試験結果から16例が溶出速度を算定していた。溶出速度の算定方法は、得られた結果に合わせて、どの期間のデータを選定するかを検討する必要があり、この点について過去のマニュアルでは詳述されていない。従って、とりまとめの考え方や、実際の算出方法を溶出試験方法に反映させる必要がある。

2.1.11 調査結果の活用

河川では、水質予測モデルのパラメータ設定、基礎データ収集、現地溶出量の収集、湖底泥の乾出が溶出現象に及ぼす影響評価等に利用され、湖沼では、浚渫計画、浚渫・覆砂効果検討、水質保全計画に利用されている。

2.1.12 調査実施の課題

調査実施の課題として、①調査地点の選定、②調査頻度の選定、③分析項目の選定、④調査時期の選定、⑤現

地での採泥等の調査方法、⑥溶出試験方法、⑦調査結果の取りまとめ方法、⑧結果の信頼性、⑨調査結果の活用方法があげられた。①、②、④は、調査の時空間的な代表性の問題であり、溶出試験に留まらず、底質調査一般として、今後の水質調査要領において考え方を提示する必要がある課題である。③、⑤は、目的に応じた手法の規格化を行い、比較出来るようにする必要がある。⑥については、室内実験のバッチ式と連続式の目的分類や現地試験の隔離水塊、湖底設置型溶出試験装置がどのような目的の時に必要となるのか、巻上げ溶出試験はどのように規格化すべきか等課題は多い。

以上を踏まえ、本調査では、実際の利用頻度が最も高いと目される室内試験の規格化を最優先に考えることとした。中でも⑦は、従来の試験マニュアルでは言及していない、実データの傾向の違いによる溶出速度算定時の対処方法等を水質調査要領へ今後盛り込めるよう検討を行った。これらの事項はアンケート結果におけるマニュアルへの記載希望事項とも重なり合っていた。

2.2 酸素消費速度試験に関するアンケート調査結果と課題の検討

溶出実験と同様に、①試験の目的、②対象水域等、③調査地点数、④調査地点の選定において配慮した事項、⑤試験方法の出典・根拠、⑥1地点当たりの調査頻度、⑦試験装置について、⑧試験条件について、⑨分析項目、⑩同時実施底質調査、⑪調査結果のとりまとめ、⑫調査結果の活用、⑬調査実施の課題について調査を行った。回答は3例と少なかった。①は、水質予測モデルの定数算定、水質汚濁要因の把握、底泥表層の酸化による改善効果の評価であった。②、③は、利根川では管理区官長86kmで調査点が2点（但し調査対象区間は明確でなかった）、中海（米子湾）では、湖面積96.9km²に対し調査点は1点、同じく中海（米子湾）の別の検討では、湖面積86.2km²、対象面積8.3km²、調査点は4点であった。④は、底質の平面分布状況、底泥の状況（砂質かヘドロか）であった。⑤は、「河川砂防技術指針」、「底質調査・試験マニュアル」であった。⑥は、1回/年で、1年間と3年間の事例があった。⑦は全てバッチ式、試験水量は、800~1,200mlであった。⑧の内温度条件は、1ケースでは18℃、25℃、3ケースでは10℃、20℃、30℃があった。試験水は現地直上水で、ろ過処理有と無しがあった。試験期間は1~7日であり、サンプリング頻度は、0, 0.5, 1, 2, 3, 5, 8, 12, 24時間の事例、1, 3, 7日の事例、0, 10, 20, 30分、1~24時間（1時間ピッチ）の3事例があった。⑨はDOで、センサー方式、手分析（全量分析）の両方の事例がみられた。⑩は、TOC、CODの含有量試験

や土質試験であった。⑪は、底泥の酸素消費速度の算定であり、酸素消費速度の温度定数を求めている事例もあった。以上の結果から、酸素消費速度試験における調査方法も手法は多様であり、地域を比較するための手法の規格化が必要である。

2.3 底泥溶出試験方法の検討

2.3.1 底泥溶出の機構

底泥溶出の機構は、静置溶出、浮上溶出、巻上げ溶出が複合したものと考えられる。静置溶出とは、底泥間隙水中溶解性成分が、拡散により直上水へ回帰する現象を指し、浮上溶出とは、湖底流により表層泥の土粒子が浮き上がって間隙水が直上水へ移動する現象を指す。さらに巻上げ溶出は、底泥が湖水の運動に伴い直上水中に巻上げられ、土粒子そのものが直上水と混合状態になる現象を指す。さらにこれらの現象は、間隙水中の物質濃度、底泥の含水比に負荷量が左右される。また、底泥中の分解には、温度や酸素（酸化還元）条件、対象物質の存在形態（例えばリン化合物の存在形態）が影響を与える。さらに、浮上、巻上げ溶出には、土粒子の密度や粒径、湖水の流動状況が影響する。これら底泥溶出現象の機構について、溶出試験においてどのような実験条件の規格化を行うかが課題となる。

2.3.2 底泥溶出試験とその関連調査

底泥の溶出機構を踏まえた調査として、①底泥平面分布調査、②底泥鉛直分布調査、③底泥溶出速度試験、④底泥浮上状況把握調査、⑤沈降物量調査、⑥底泥の堆積年代調査、⑦堆積量調査が挙げられ、①、②、⑤、⑥、⑦は主に溶出現象の背景把握が目的である。③には模擬浚渫試験や巻上げを想定した完全混合溶出試験が含まれる。④は現地における浮上実態の把握を目的としている。

2.3.3 底泥溶出試験方法の検討

試験方法は、①調査地点の選定、②採泥方法、③試験方法（装置等）、④試験条件、⑤分析項目、⑥溶出速度算定方法について検討を行った。

①調査地点の選定は、既往底質調査結果より底質汚濁水域を把握し、更に実態調査を実施することで、底質の状況（堆積厚や酸化還元状況を含む）を把握し、これらの情報をもとに検討対象とする水域に必要な調査地点数を設定する必要がある。調査地点の選定に関する知見は現在収集中であり、ケーススタディーによる検討や既往資料の統計解析も実施し、今後の調査要領の改定に反映させる予定である。

②採泥方法は、現地状況の再現の観点からは不攪乱試料の採取となる。不攪乱試料の採取は、ダイバーにより試験装置に直接採取するケースが多いが、i) 試料採取時に

装置陥入の影響による微小な攪乱は生じてしまう、ii) 同一地点で複数試料を採取した場合に採取された試料にバラツキが生じる、iii) 装置が大型化するほど現地作業は困難になる等の課題がある。さらに試験に供する泥厚は一定にする必要があることから、採取後の泥厚調整についても今後の調査要領の改定時に反映させる必要がある。

③試験方法（装置等）は、室内実験系に限定すると大型装置によるバッチ式、連続式、小型装置の複数使用が挙げられる。これらには長所、短所が各々ある。大型装置は、経過日数により試験に用いられる底質は変わらない点で、経過日数毎に別の底質となる小型装置より精度が良い。一方小型装置は、多検体への適用性や、直上水の全量を試験に供する点でサンプリング精度では、大型より優れている。さらに大型については、直上水の量が増えるバッチ式に比べ直上水を補給し一定に保つ連続式が優れている点もある。これらの手法を用途を明確にして規格化する必要がある。何れの手法についても現状のマニュアルや実施事例に記載されているものより詳細な注意事項の整理、とりまとめ方法の解説が必要であり、これらを含めて今後の調査要領の改定に反映させる必要がある。

④試験条件は、水温、DO、ORP が上げられ、何れも試験結果を左右する大きな試験条件である。水温は物質の分解速度を支配する微生物の活性を左右するし、DO も好気的環境、嫌気的環境にそれぞれ適用した微生物の活性を左右する。さらに ORP は、特に DO が 0 mg/l の条件下でこの程度の還元状態かを把握するのに欠かせない要素である。図-2 に示されているように、ORP の低下に伴いりん溶出量が増加することも知られている。

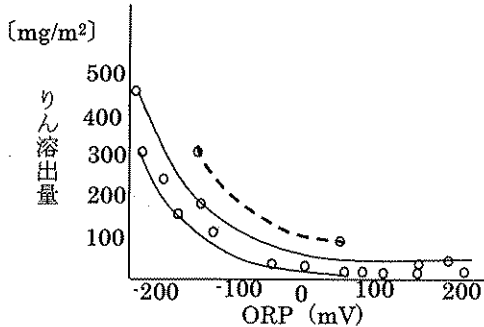


図-2 ORP とりん溶出量の関係^⑤

試験期間については実験を実施した。図-3 に示したように、直上水の濃度は、210 時間以降変化が小さくなっており、従来実施されてきた 10 日間(240 時間)以上の期間を経ずとも溶出速度を求めることが可能な事例を得た。

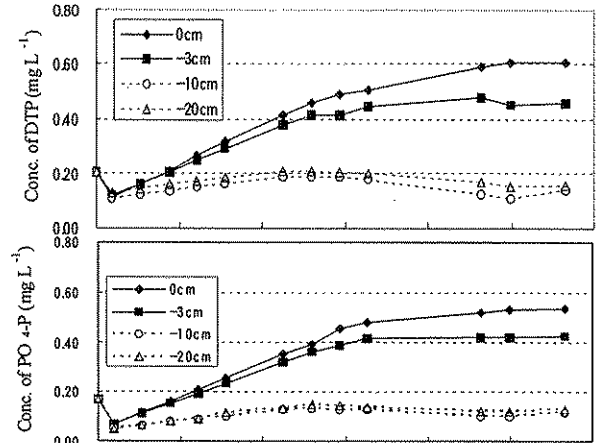


図-3 室内静置溶出試験の経過(模擬浚渫)^⑥

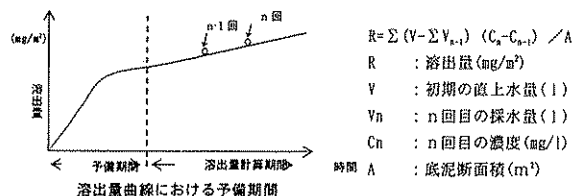
また模擬浚渫試験についても検討を行った。図-3 の 0, 3, 10, 20cm はそれぞれ、模擬浚渫の泥厚を示しており、従来考えられてきた、極表層の除去(本実験では 3cm)では期待された浚渫効果は確認されず、一定量以上の模擬浚渫により溶出の抑制効果が得られることを確認した。

⑤分析項目は、水域の汚濁因子により設定されるが、リンでは溶存態として $PO_4\text{-P}$ 、と TP、窒素では溶存態として、 NH_4 、 NO_2 、 NO_3 、と TN の分析を推奨する。必要性に応じ、COD や TOC も実施する。

⑥静置溶出速度算定方法は、大型装置のバッチ式、流水式、小型によりそれぞれ異なるので、それぞれの考え方と留意点を整理した。

バッチ式では、想定する溶出現象のモデルにより算定方法が異なる。図-4 に示した「底質調査試験マニュアル」に記載されているモデルは、定常的な溶出を想定しており、初期の不安定期を過ぎると直上水と底泥の濃度勾配の変化に応じた直上水濃度の上昇が生じ、直上水と底泥の関係が安定した期間について直線的な相関関係を設定し、溶出速度を求める方法が示されている。

・溶出量
汚濁物質の濃度変化を線図に表すと、程度の差はあれ、予備期間が当初現われ、それ以後安定した溶出過程に入る。溶出量の計算はこの安定した溶出曲線の部分で行う。



・溶出速度
溶出試験の結果は最後に溶出速度で整理する。これは底質の表面から 1 日当り、単位面積当り、何 mg の溶出物質が出てくるかを表す指数 ($mg/m^2/d$) である。これは、溶出量の経時変化である溶出量曲線の勾配を意味する。

図-4 静置溶出試験における溶出速度の算定方法^⑦

図-5の太線、積算溶出量の変化は、0日から3日の間は安定していないが、3日以降は10日まではほぼ安定している。ここで、3-7日、5-10日、7-15日、3-10日の溶出速度を求め図-6に示した。この例では、3-10日が平均的な溶出速度を与えていることが判る。一方、動的な溶出速度を算定するモデルでは溶出速度の算定に初期の濃度変化部分を含めたデータを用いる。

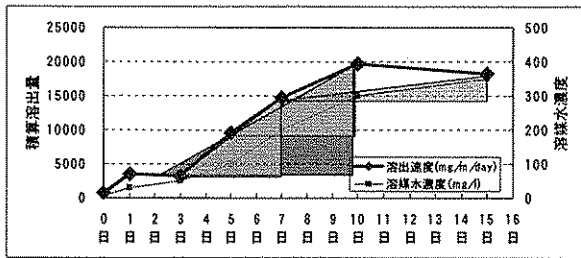


図-5 静置式の実験結果の模式図

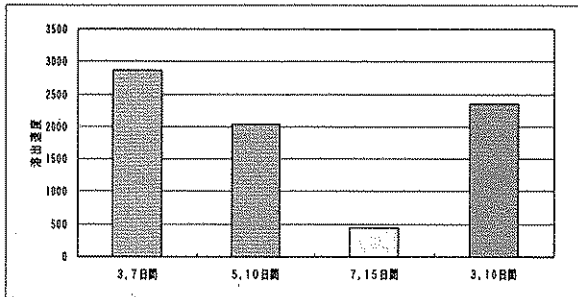


図-6 静置式の計算期間による比較例

流水式では、その直上水の滞留時間（交換速度）を予備実験で調整の上実施する必要があり、初期の不安定期間を除くと、底泥と直上水の濃度勾配が安定化し、結果、直上水濃度が安定化するとのモデルを想定し、溶出速度の算定を行う。図-7に示したように、連続式では、直上水濃度の変化は、溶出速度の変化と比例関係にある変化を示す。連続式では、バッチ式のような2点間の積算値の差による算定ではなく、1つの直上水濃度と直上水の交換率を用い、1つの溶出速度が算定可能である。

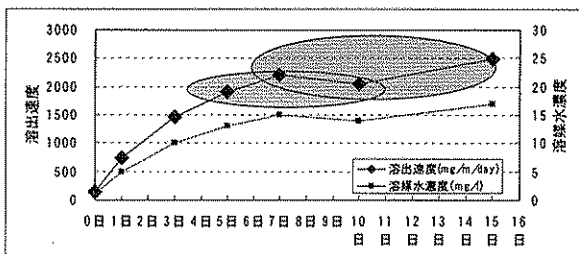


図-7 連続式の実験結果（溶媒水濃度と溶出速度）

これにより、先述した直上水濃度が安定しているか否かは、直上水濃度のデータ群について統計処理を行い、主に標準偏差を利用して、より安定したデータ群を抽出し、このデータ群により溶出速度を算出することが望ま

しい。図-8では5, 7, 10日と7, 10, 15日を統計的に比較し、標準偏差の小さい5, 7, 10日の平均値を以て溶出速度とすることとなる。この考え方は、調査結果がブレを生じた時に有効で、この先に示したモデルで考える場合、相互に近隣している3者（ないし2者）の統計値の比較から最適なデータ群を選定することとなる。

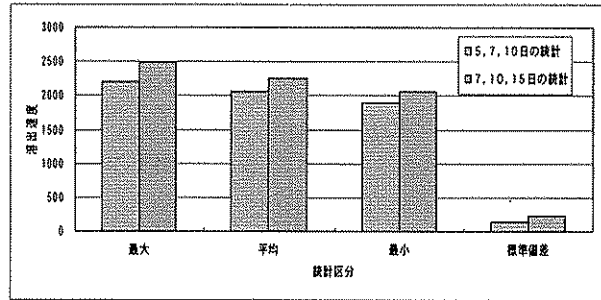


図-8 連続式の溶出速度の算定

小型装置の場合は、直上水を全量分析に供するため、想定した日数について、濃度変化が生じたと思なすこととなる。このため、予備実験で必要日数の検討を行っておく必要がある。

試験方法の留意点に関する検討では、バッチ式の室内実験において、採水方法による影響を調査した。調査の結果、採水時に生じる装置内底泥表面の揺らぎにより、直上水のDO、ORPの急速な減少が確認された。採水時の乱れを最小限に抑制する手法の適用が静置溶出実験ではきわめて重要であるとの知見を得た。

2.3.4 巻上げ溶出試験の検討

巻上げ溶出に関しては、底泥水混合比による室内実験を実施し以下の知見を得た。

底泥試料を5、10、50、100倍（水：底泥比）の希釈率で調整したスラリーを、350rpmの強度で15分間攪拌する巻き上げ操作を行った後、懸濁液中の溶存態リンとSSを分析した。底泥の巻き上げによるDOの低下率はそれぞれの実験系に含む底泥の量に依存し、DOの低下に伴うP04-Pの溶解脱離量は間隙水の側からみたTRPであるモデル計算式(1)と水の側からみたMRAである(2)によって算定した(図-9)。

$$TRP = \frac{C_s \cdot W_s \cdot \Delta SS \cdot V_w}{\rho_s (1 - W_s)} \quad (1)$$

C_s : concentration of nutrients in the pore water
 W_s : water content in the sediment (0-3 or 6-9 cm)
 ΔSS : SS in the diluted solution
 V_w : volume of the diluted solution
 ρ_s : pore water density in the sediment (0-3 or 6-9 cm)

$$MRA = \Delta C_w \cdot V_w = (C_{w2} - C_{w1}) \cdot V_w \quad (2)$$

C_w : concentration of nutrients in the slurry
 C_{w1} : initial concentration of nutrients in diluted solution before test
 C_{w2} : concentration of nutrients in diluted solution after test

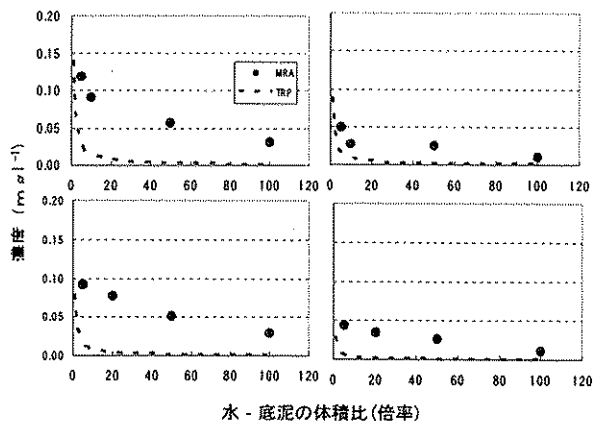


図-9 水-底泥体積比の変化に伴うTP溶出量の実測と推定の比較⁶⁾

この結果、底泥-水混合比が溶解脱着量の推定に大きく影響することが確認された。

また、異なる孔径サイズ (1.0、0.45、0.20 μm) のろ紙による分画分析の結果 (図-10) では、P04-P濃度に違いがほとんどみられないことから、モデル計算値より高く検出されていたリンは懸濁粒子態の浮遊残物ではなく粒子から離脱した溶解性リンであることが推測された。

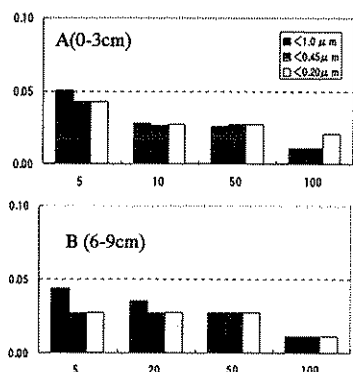


図-10 異なる孔径ろ紙による分画分析結果
TP溶出量の実測と推定の比較⁶⁾

この知見より巻上げ溶出試験においては、懸濁態と溶解態を区分して分析し評価する必要性が示唆された。

2.4 底泥の酸素消費速度の検討

2.4.1 底泥による酸素消費の機構

底泥中の有機物や還元物質は、生物分解や酸化反応により酸素を消費する。この現象は、微生物の活動によるものであり、その活性は水温により左右される。

2.4.2 底泥の酸素消費速度試験方法の検討

試験方法は、①調査地点の選定、②採泥方法、③試験方法 (装置等)、④試験条件、⑤分析項目、⑥酸素消費速度算定方法について検討を行った。

①、②については溶出試験と重複するので割愛する。

③試験方法 (装置等) は、大型装置によるモニタリング方式と、小型装置による攪拌方式がある。大型装置によるモニタリング方式が現地状況に近い実験条件を設定できるのに対し、小型装置による攪拌方式は、現地条件の再現とは異なり、一定時間あたりの最大消費速度を求めるものとなる。DO観測の安定性や、多検体への適用性、密閉条件の安定性は小型装置が優れていると考えられる。

④試験条件は、水温、ORPが挙げられ、試験期間は、酸素の消費が指数関数的な現象であること、試料により酸素消費の時間的変化が大きいこと等を踏まえ、初期は頻度を多く測定する必要がある。可能であれば、DO計の記録をレコーダー等に収録しておくのが良い。当所の実施した巻上げ実験では初期の低下 (5分以内) が極めて重要である。

⑤分析項目は、水温、DO、ORP以外では、還元物質 (硫黄化合物) の測定が挙げられる。

⑥酸素消費速度の算定方法は、図-11に示した「底質調査試験マニュアル」²⁾に記載されているモデルでは、DOの低減が一定傾向を示した時期の変化を元に算出するよう示されている。実際の試料では、DOの低減が初期に集中しその後緩慢になる場合もみられることから、酸素消費速度の算定に用いるデータ期間の判断には注意を要する。

$$SOD = \frac{\sum \{(V - \sum V_{n-1}) (C_{n-1} - C_n)\}}{A}$$

SOD: 第n回目までの底泥酸素消費量 (mg/m²)

A: 底泥断面積 (m²)

V: 初期頂上水量 (l) (リットル)

V_n: n回目の採水量 (l) (リットル)

C_n: n回目までの純酸素消費量 (mg/l)

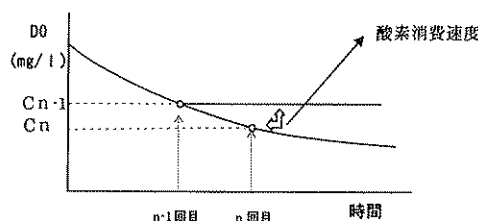


図-11 酸素消費速度の算定方法²⁾

2.5 溶出試験・酸素消費速度試験方法の比較検討

2.5.1 溶出試験

①「建設省河川砂防技術基準 (案) 同解説 調査編、建設省河川局監修、社団法人日本河川協会」、②「底質の調査・試験マニュアル 改訂版 平成7年3月 底質浄化協会 編」、③「湖沼環境調査指針、社団法人日本水質

汚濁研究会編、公害対策技術同友会」の各マニュアルを比較検討したところ、大きな相違点は直上水の入れ換えに関する事項であった。①河川砂防技術基準は連続注入・押し出し排水であり、流量は直上水が完全に混合するよう設定するようになっているが、②底質の調査・試験マニュアルは入れ換え、補充を行わない。③湖沼環境調査指針は、採取した分を補充する方式となっている。①河川砂防技術基準は底泥表面の流速も実験上の測定対象となっており、明確に河床泥での溶出現象に特化している。

底泥溶出試験に関する文献を28件収集した。溶出機構（静置溶出、巻上げ溶出）の検討、現地測定装置に開発検討等多岐に渡っており、今後詳細な検討をさらに加える必要がある。

2.5.2 酸素消費速度

①「建設省河川砂防技術基準（案）同解説 調査編、建設省河川局監修、社団法人日本河川協会」¹⁾、②「底質の調査・試験マニュアル 改訂版 平成7年3月 底質浄化協会編」²⁾の各マニュアルを比較検討したところ、溶出試験同様に大きな相違点は直上水の入れ換えに関する事項であった。①河川砂防技術基準は連続注入・押し出し排水であり、流量は直上水が完全に混合するよう設定するようになっているが、②底質の調査・試験マニュアルは入れ換え、補充を行わずサイホンで採水する方式を採っている。①河川砂防技術基準は底泥表面の流速も実験上の測定対象となっており、明確に河床泥での酸素消費現象に特化している。

底泥溶出試験に関する文献を4件収集した。酸素消費を静置状態、巻上げ状態で検討したもの、現地測定装置による検討等であった。今後詳細な検討をさらに加える必要がある。

2.6 溶出試験の規格化に当たっての主な課題への対応 主な課題と対応を表-1に整理した。

表-1 溶出試験の規格化に当たっての主な課題と対応
1. サンプルング手法 特に試験供試料の対象水域に対する代表性をケーススタディーや統計処理により検討する。
2. 試験方法の比較 同一供試泥による、異なる試験方法間の比較を行う。
3. 試験方法別留意点整理 ①底泥に関する実験結果から、バッチ式室内実験における試験期間の検討を行った結果、これまで15~20日間が必要と思われていた実験期間は、10日間程度でも安定する場合があるとの知見を得た。 ②巻上げ溶出を検討する試験からは、水と底泥の割合が重要であること、現象評価の観点から溶存態と懸濁態

の分析結果が必要であるとの知見を得た。
③試験操作の詳細について留意点の整理を行ったため、今後項目ごとの検討を行う必要がある。

4. 溶出現象、酸素消費現象の機構解明
底泥中のりん化合物の存在形態を検討することで、溶出機構を検討する。

5. 試験結果の評価
①バッチ式、連続式の室内実験について試験結果から溶出速度を算定する考え方を本調査で示した。
②現地実験装置による評価に関して検討が必要である。

3. 河川水質調査方法の体系化

3.1 河川水質調査方法の体系化の考え方

河川管理者が行う河川水質調査等の項目、頻度の増加に伴い、調査結果の利用、測定項目の選定が必ずしも十分検討されていない場合もある現状を踏まえ、河川管理者の調査目的の明確化、目的に沿った合理的な調査計画の立案を念頭に要領の作成を行った。

3.1.1 対象範囲

対象とする水域は、河川、湖沼及びこれらの周辺の地下水を対象とし、ダム、堰については既存要領（「ダム貯水池水質調査要領」、「堰水質調査要領」）によるものとした。また、水質事故についても調査対象から除いた。

3.1.2 対象とする目的

対象とする目的を①河川管理上必要な水質調査、②利水のための水質調査、③公共用水域監視のための水質調査、④河川底質調査、⑤汚濁解析に必要な水質調査、⑥事業実施・事業評価のための水質調査に整理し、これらの目的に応じた水質調査の考え方を取りまとめた。

3.1.3 水質調査計画の策定・見直し

調査計画の策定・見直しについて、①河川と流域の特徴把握、②他機関との連携、協力、③水質問題の抽出、④事前調査（基礎調査）、⑤水質保全（改善）目標の検討、⑥水質調査内容の検討、⑦水質調査計画書の作成、⑧水質調査の実施、⑨結果のとりまとめと利用、⑩水質問題に対する水質保全対策の検討、⑪水質調査計画の見直し。の11点に整理し、これらに沿って水質調査要領のとりまとめを行った。

3.1.4 水質調査計画書の策定

体系的、継続的な水質調査が行われるよう、水質調査計画書を現場で策定することとし、これに基づき水質調査を行う体系とした。

3.2 河川水質調査要領（案）

河川水質調査要領（案）を表-2のようにとりまとめた。

表—2 河川水質調査要領（案） 調査・解説編 目次	
1.	総説
2.	調査対象水域の空間特性を踏まえた調査点・調査項目・調査頻度の考え方
3.	調査対象時の時間特性を踏まえた調査点・調査項目・調査頻度の考え方
4.	河川管理上必要な水質調査
5.	利水のための水質調査
6.	公共用水域監視のための水質調査
7.	河川底質調査
8.	汚濁解析に必要な水質調査
9.	事業実施・事業評価のための水質調査
10.	試料の採取及び現地調査
11.	調査結果の整理方法

3.3 河川底質調査

河川管理者にとって、河床泥や、ダム、湖沼の底泥からの有機物や窒素、リンの溶出量を把握することは、水域の管理の観点から重要である。溶出量を把握する底泥溶出実験は、従来は各々の河川管理者が既往の知見のなかから、自ら手法を選択し、実施してきたため、各調査結果の比較を行う場合、手法の違いが常に課題となっていた。

今回、試験期間の設定新たに得られた知見および、既往知見の整理・検討、各地方整備局の検討結果、「底質の調査・試験マニュアル」²⁾等を基に、体系化の遅れていると考えられる底泥溶出速度試験と底泥の酸素消費速度試験について底泥溶出試験方法の規格化を表—3のように行った。今後も底泥に関する調査検討は重点研究プロジェクトとして継続する。

表—3 河川水質調査要領（案）目次 7章 河川底質調査部分	
7.	河川底質調査
7.1	調査の目的
7.1.1	底質調査の目的
7.1.2	底質の定義
7.1.3	底質調査計画立案に当たっての留意点
7.2	関係法及び基準
7.2.1	関係法令・通知
7.2.2	基準
7.3	調査対象の特性を踏まえた調査地点、調査項目、頻度の考え方

7.3.1	河川管理上必要な調査
7.3.2	公共用水域の水質調査に伴う調査
7.3.3	事業実施のための調査
7.3.4	底質調査結果の評価と活用
7.4	底質試験方法
7.4.1	底泥溶出速度試験
7.4.2	酸素消費速度試験

4. まとめ

- 1) 国土交通省、地方整備局水質担当者、地方整備局技術事務所と連携し、河川管理者が実施する水質調査に合った調査計画作成のための、調査項目、調査地点、調査頻度などについて考え方を整理した。
- 2) これらを体系的に河川水質調査要領（案）として初めてまとめた。
- 3) 河川砂防技術基準（案）では具体の記述が少ない溶出試験方法について、既存溶出試験方法、国土交通省が実施した溶出試験の結果を整理検討の上、河川底質調査における試験方法を具体的に水質調査要領に（案）にまとめた。
- 4) 課題として、比較が十分できなかった試験方法の検討や改良を検討する必要がある。今後、重点プロジェクト研究である底泥水間の研究において、本要領（案）の課題や諸外国の技術開発情報などを参考に調査計画方法、調査試験方法の改良・開発など現場技術の改善を行う。

5. 参考文献

- 1) 建設省河川局監修、社団法人日本河川協会「建設省河川砂防技術基準（案）同解説 調査編、」1997
- 2) 底質浄化協会編：「底質の調査・試験マニュアル」1993
- 3)、社団法人日本水質汚濁研究会編、公害対策技術同友会「湖沼環境調査指針」1982
- 4) 建設省土木研究所下水道部水質研究室：「河川および湖沼の底泥からの栄養塩類の溶出」（土木研究所資料第1165号）1976
- 5) 向田隆史他：「中海底泥（米子湾）について」建設省出雲工事事務所報告書 1979
- 6) Jianhua Li, Junnosuke Wada, Minoru Sasaki and Hiroaki Tanaka (2002.10) Simulated Dredging for Evaluation of Release of Phosphorus from lake Sediments. 5TH International Symposium on Sediment Quality p32, Chicago, USA.