

# 底質に係わる技術資料

平成 21 年 3 月

湖沼技術研究会底質ワーキング

## はじめに

わが国の湖沼では様々な水質問題が発生しているが、残念ながらその解決を図る過程では湖沼の流動と水質の関係を十分に把握しないまま議論がなされてきた。

そこで、湖水の入れ替わり、密度層の形成や変化などの湖沼の流動現象を十分に把握した上で水質の問題を議論していかないと問題現象を解決できないという考えに基づき、官学共同の「湖沼技術研究会（座長 福岡捷二 広島大学大学院教授：当時）」が平成 11 年度に発足した。

この湖沼技術研究会では、湖沼管理にあたっては湖沼の流動機構を的確に把握することが重要という考えのもと、平成 15 年 3 月に「湖沼管理のための流動機構調査 ―より高度な湖沼管理に資するための調査にむけて―」をとりまとめた。その後、平成 19 年 3 月には、これまで実施してきた我が国の代表的な湖沼における水理・水質現象に関する調査研究成果をとりまとめるとともに、湖沼の水理・水質現象とその影響及び湖沼の水理・水質調査技術の紹介を行い、今後の調査・研究と総合的な湖沼管理のあり方について提言した「湖沼における水理・水質管理の技術」をとりまとめた。

「湖沼における水理・水質管理の技術」においては、湖沼の水質管理においては底泥溶出など、底質の影響把握が重要課題であるとされている。このため、湖沼技術研究会では、「底質ワーキンググループ」を設立して検討を進めてきた。一般に、底泥溶出による水質への影響は、シミュレーションモデルの溶出速度として表現されるが、その精度を向上させるためには、底質調査自体のあり方を十分議論しておく必要がある。そこで底質ワーキンググループでは、各湖沼における底質管理段階、底質調査方法、底質調査結果のシミュレーションモデルへの適用方法について現状を把握し、底質調査方法の改善、精度向上のための提案を行うことを目的として検討を行ってきた。

本書は、この底質ワーキンググループの検討成果を、「湖沼における水理・水質管理の技術」において湖沼底質の記述がされた「3.3 湖沼底質の把握方法」の一部内容を追補し、元の内容を併せる形でとりまとめたものである。

本書が、湖沼管理に携わる実務担当者及び湖沼を調査研究フィールドとする研究者などの知識、知見の一助となれば幸いである。

平成 21 年 3 月

湖沼技術研究会 底質ワーキンググループ

底質ワーキンググループ  
メンバー

石川 忠晴	教授	東京工業大学大学院総合理工学研究科
福島 武彦	教授	筑波大学大学院生命環境科学研究科
鈴木 穰	上席研究員	独立行政法人土木研究所水環境研究グループ（水質）

国土交通省河川局河川環境課

国土交通省北海道開発局網走開発建設部治水課

国土交通省東北地方整備局高瀬川河川事務所調査・品質確保課

国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦河川事務所湖沼環境課

国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所河川環境課

国土交通省中国地方整備局出雲河川事務所水環境課

（事務局）財団法人 河川環境管理財団

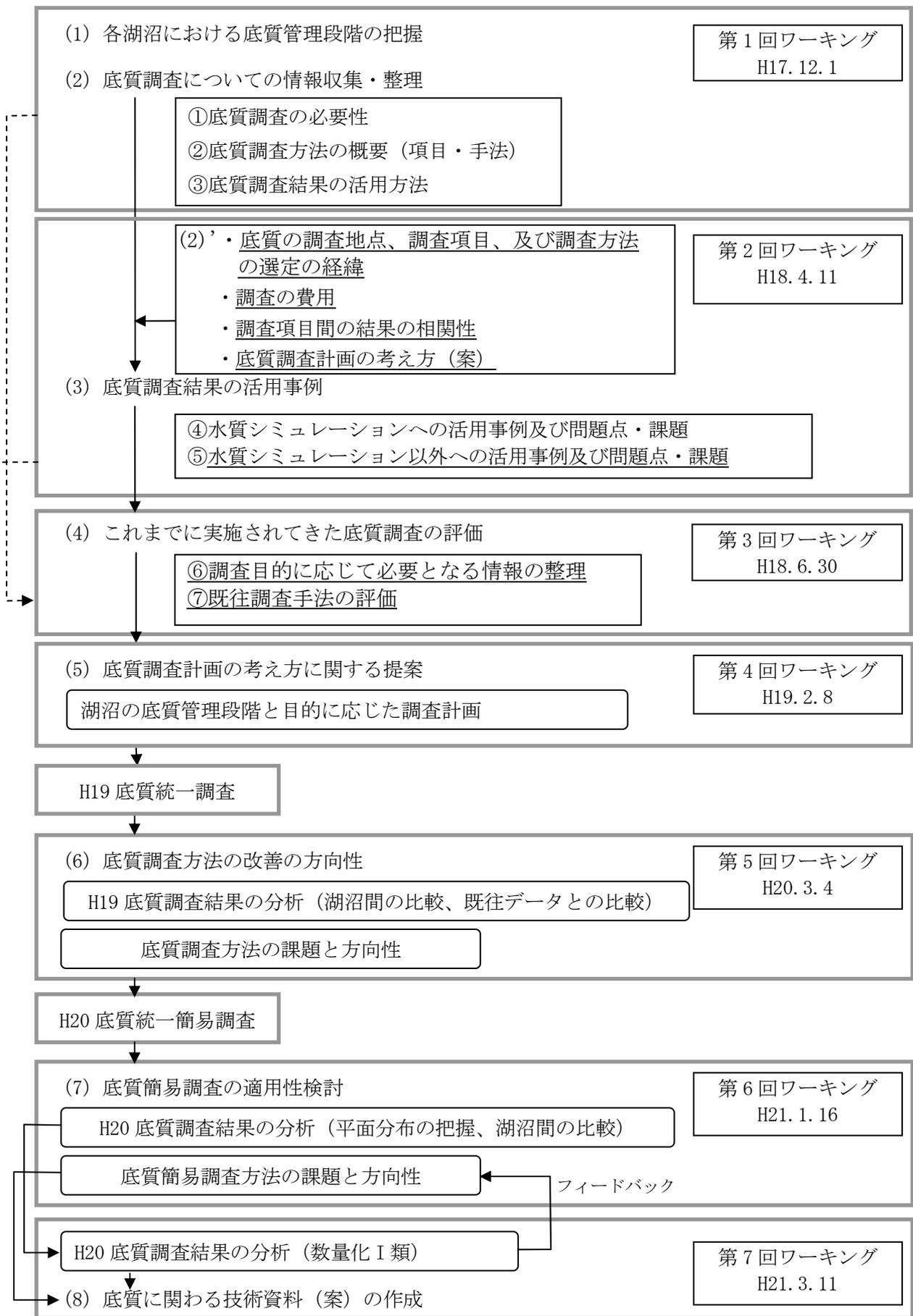


図 底質ワーキングの検討フロー

## 本資料の特徴と主な内容

本資料は「湖沼における水理・水質管理の技術 平成 19 年 3 月」（湖沼技術研究会）の「3 章 3 節 湖沼底質の把握方法」を基に、その後の底質ワーキングにおける検討成果を踏まえ補記したものである。今回新たに追記した内容は以下の表に明示した。

底質ワーキングでは、特に網走湖、小川原湖、霞ヶ浦、琵琶湖、中海・宍道湖を対象として実施した底質調査について、その方法や結果の整理考察について検討した。そして、湖沼底質に係る調査計画立案や結果考察の際に、検討の目安となる情報を提示したものである。

なお、この成果は発表時点のものであり、今後適切な時期に見直しを行うものとする。

表 本資料の主な内容

目 次	今回追記した内容
第 1 章 底泥の特性	
1.1 底泥の堆積過程	
1.2 わが国の湖沼における底質特性	
第 2 章 底質調査の組み立て方	
2.1 底質調査の種類	
2.1.1 簡易調査	○
2.1.2 含有量調査	
2.1.3 底質溶出速度実験	
2.1.4 酸素消費実験	
2.1.5 巻き上げ量調査	
2.1.6 沈降量調査	
2.1.7 ベントス量調査	
2.1.8 その他の調査	
2.2 底質把握方法の工夫	
2.2.1 簡易調査結果による底質平面分布の推定	○
2.2.2 底質の簡易把握方法	
2.3 底質調査の留意点	
2.3.1 底泥鉛直方法の分布による底泥サンプリング誤差	
2.3.2 底泥の平面的なばらつき	
2.3.3 底泥溶出速度実験のばらつき	
2.4 底質調査の組み立て方	
第 3 章 湖沼底質の調査方法	○
3.1 簡易調査	○
3.2 含有量調査	○
3.3 底泥溶出速度実験	○
第 4 章 今後の課題	○
第 5 章 湖沼底質統一調査結果 データ集	○
5.1 平成 19 年度湖沼底質統一調査	○
5.2 平成 20 年度湖沼底質統一簡易調査	○
5.3 個別湖沼データを対象とした化学分析結果の推定式	○

## 目 次

第 1 章	底泥の特性	1
1.1	底泥の堆積過程	1
1.2	わが国の湖沼における底質特性	1
第 2 章	底質調査の組み立て方	8
2.1	底質調査の種類	8
2.1.1	簡易調査	8
2.1.2	含有量調査	8
2.1.3	底泥溶出速度実験	8
2.1.4	酸素消費実験	8
2.1.5	巻き上げ量調査	9
2.1.6	沈降量調査	9
2.1.7	ベントス量調査	9
2.1.8	その他の調査	9
2.2	底質把握方法の工夫	10
2.2.1	簡易調査結果による底質平面分布の推定	10
2.2.2	底質の簡易把握方法	34
2.3	底質調査の留意点	37
2.3.1	底泥鉛直方向の分布による底泥サンプリング誤差	37
2.3.2	底泥の平面的なばらつき	38
2.3.3	底泥溶出速度実験結果のばらつき	39
2.4	底質調査の組み立て方	41
第 3 章	湖沼底質の調査方法	48
3.1	簡易調査	49
3.2	含有量調査	57
3.3	底泥溶出速度実験	58
第 4 章	今後の課題	76
第 5 章	湖沼底質統一調査結果 データ集	77
5.1	平成 19 年度湖沼底質統一調査	77
5.2	平成 20 年度湖沼底質統一簡易調査	101
5.3	個別湖沼のデータを対象とした化学分析結果の推定式	126

# 第 1 章 底泥の特性

## 1.1 底泥の堆積過程

湖沼の底泥は、湖沼水との相互関係による現象（溶出、巻き上げ等）を通じて水質に影響を与えるものである。

湖沼における物質の挙動について、一般的なイメージ図を以下に示す。

湖沼に流入した汚濁物質（有機物や栄養塩）は、流入後に移流、希釈・拡散し、その一部は沈殿し、湖底に堆積する。また、底泥からは、溶出や巻き上げの作用を受けて汚濁物質の一部が水中に回帰する。その間、水中の有機物は湖底に生息する好気性細菌により分解を受け、栄養塩（無機態窒素・無機態リン）等は無機化される。さらに、無機化により生じた栄養塩や二酸化炭素は植物プランクトンによって摂取される。死滅したプランクトンは沈殿し、湖底に堆積する。

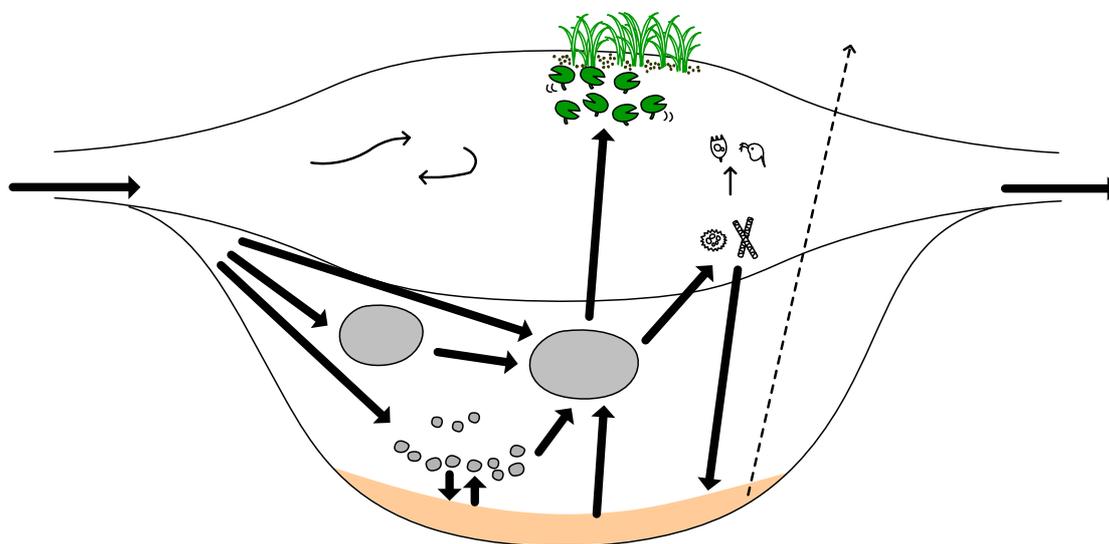


図 1.1.1 湖沼における物質の挙動のイメージ

## 1.2 わが国の湖沼における底質特性

### 1.2.1 底泥含有量

わが国の代表的な湖沼における底質性状を図 1.2.1、図 1.2.2に示す。

流出部では、強熱減量及び TP 濃度は比較的低い濃度を示す傾向にある。一方、流入部では、強熱減量は比較的低いものの、TP 濃度は比較的高い値を示す傾向にある。

閉鎖性が高い水域については、地点により濃度は異なるものの、当該湖沼における最大濃度またはそれに近い高い濃度を示す地点が含まれる。

流入河川からの流入負荷に由来する底質の割合が大きいのは、流入部で濃度の高い TP と考えられ、COD 及び TN は流入河川からの流入による影響は比較的小さいと考えられる。

流出部で底泥濃度が低い要因のひとつとして、水の出入の影響が考えられる。特に網走湖や小川原湖の流出部では潮汐の影響により塩分の移動があるため、底層水に動きがあり、底泥も動きやすく湖中央部よりも好気的な環境にあると考えられる。

ただし水域と底質濃度の間に一定の関係は見られるが、ばらつきがある。

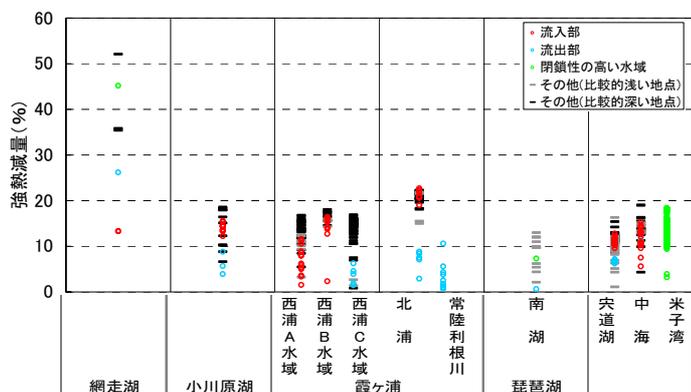


図 1.2.1 代表的な湖沼の底泥強熱減量

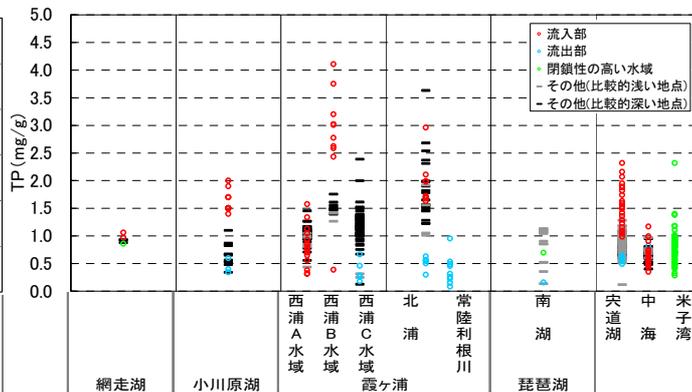


図 1.2.2 代表的な湖沼の底泥 TP 濃度

図 1.2.3に示すように、底質濃度の各項目間には一定の相関関係があるものと考えられる。しかし、その関係性は湖沼ごとに少しずつ異なるため、相関関係の検討は、湖沼ごとに行う必要がある。

ただし、項目間の相関関係によると、強熱減量が10%を超えるような地点では、COD濃度、TN濃度及びTP濃度が高い値を示すことがある。

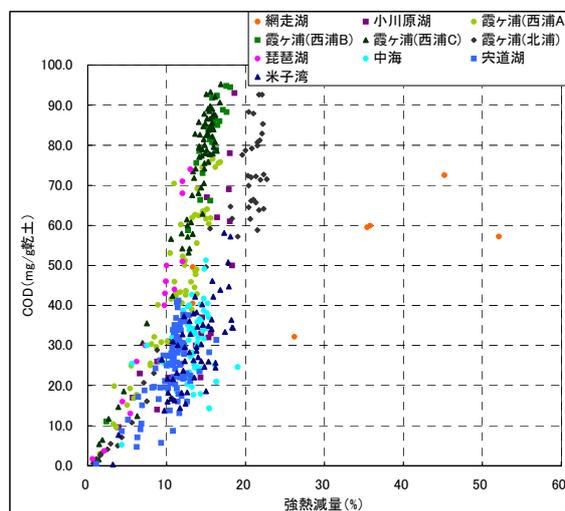


図 1.2.3 強熱減量と底泥 COD 濃度の相関図

また、湖沼ごとの検討例として、霞ヶ浦（西浦）における調査結果をもとに作成した底質項目間の相関図を図 1.2.4に示す。

COD と全窒素については、水域によらず、強熱減量との間に概ね一定の相関関係が見られる。一方、全リンについては、A, B 水域では一定の相関関係が見られるものの、C 水域ではその相関関係が弱い。

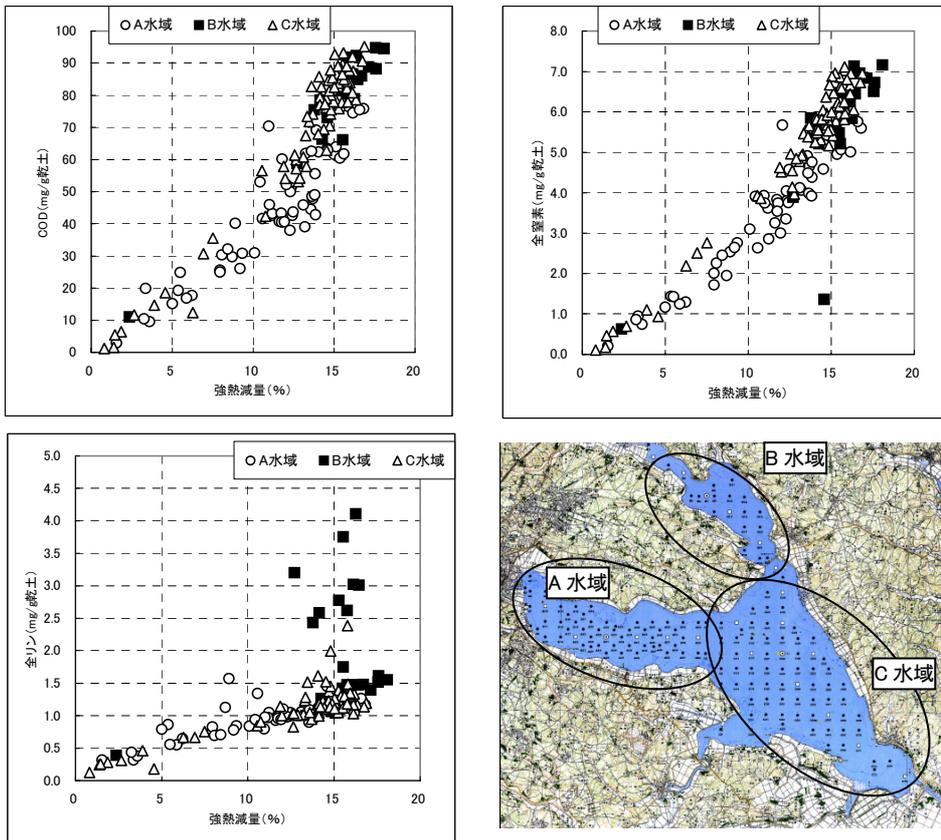


図 1.2.4 物理性状と各調査項目との相関図（霞ヶ浦西浦 平成 15 年 6 月調査）

### 1.2.2 底泥溶出速度

海域、湖沼等における底泥溶出速度については、図 1.2.5のような調査結果がとりまとめられている。

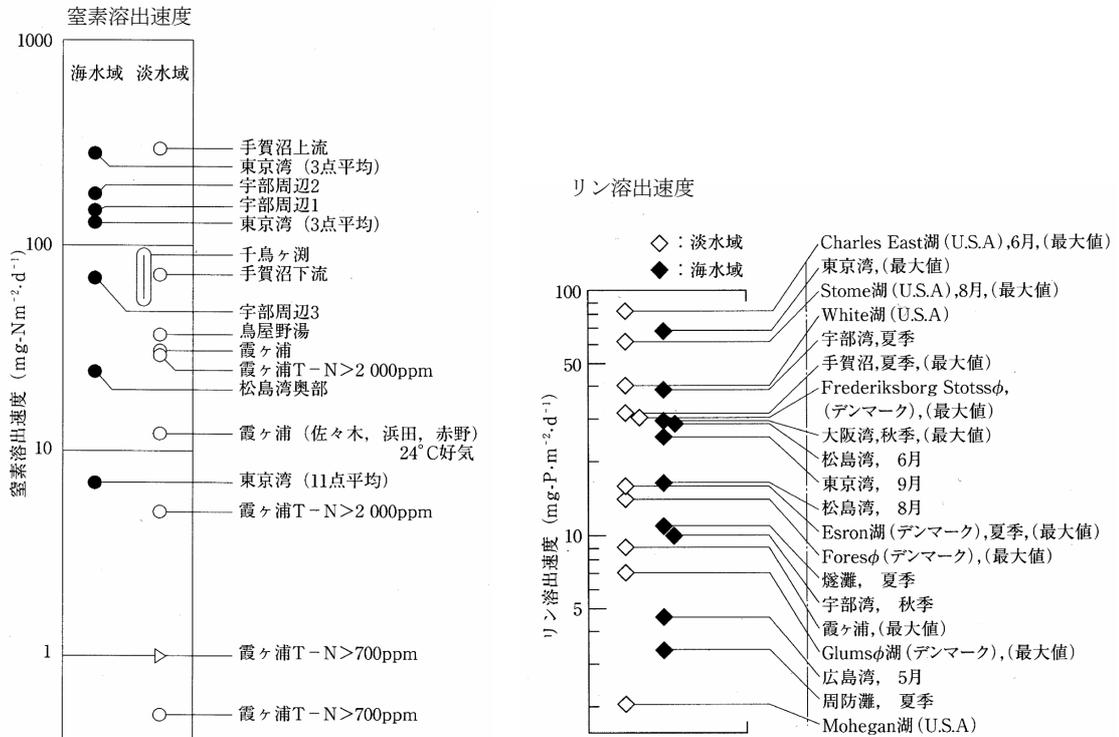
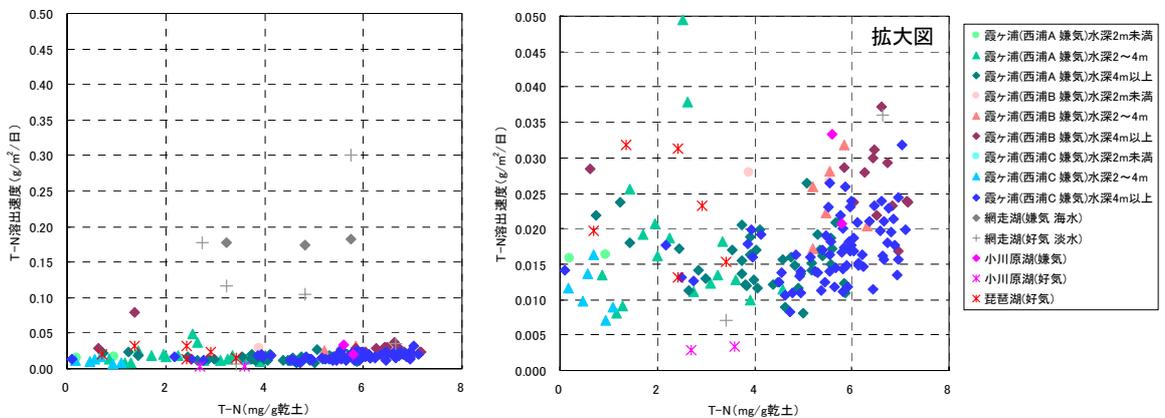


図 1.2.5 底泥からの溶出速度<sup>1)</sup>

わが国の代表的な湖沼における底泥溶出速度を見ると、TN濃度が高いほどTN溶出速度も大きくなる傾向が見られる。一方、他の項目ではそのような傾向は見られない。

また、霞ヶ浦の調査結果によると、TN溶出速度及びTP溶出速度は、水深の深い地点ほど高い値を示す傾向にある。



霞ヶ浦 平成 15 年, 網走湖 平成 4 年, 小川原湖 平成 10 年, 琵琶湖 平成元年

図 1.2.6 底質の TN 濃度と TN 溶出速度との関係

また、水温と溶出速度との関係については、溶解性リンや  $PO_4\text{-P}$  の溶出速度は水温上昇に応じて増加する傾向にあり、 $NH_4\text{-N}$  は水温上昇に応じて底泥溶出速度が増加する傾向にある。<sup>2) 3)</sup>

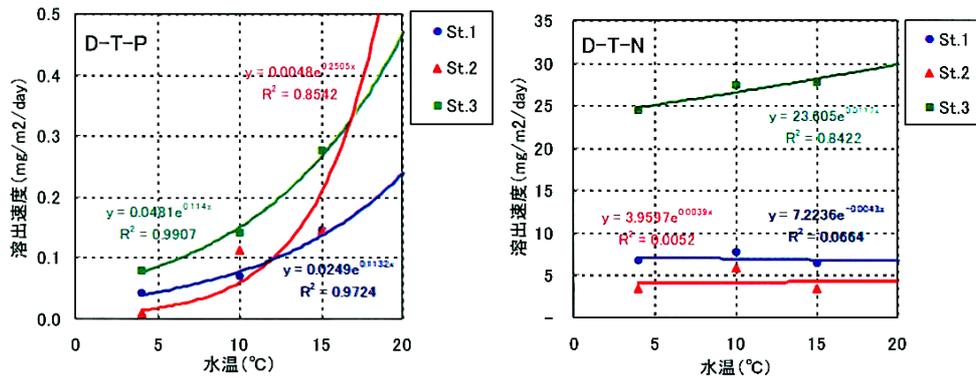


図 1.2.7 水温低下と底泥溶出速度との関係<sup>2)</sup>

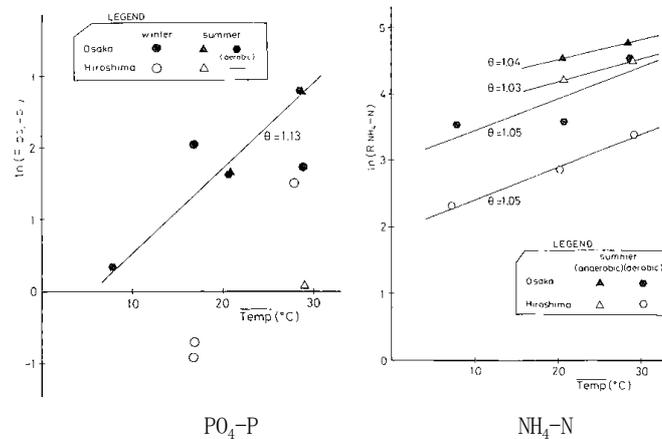
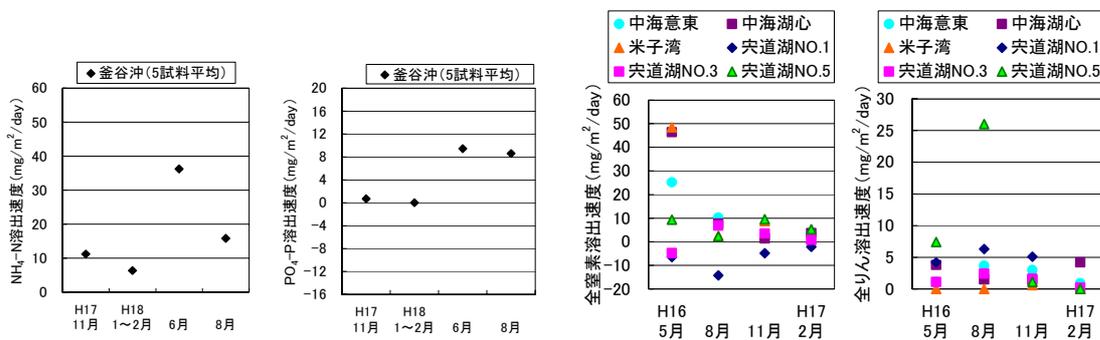


図 1.2.8 溶出速度と温度との関係<sup>3)</sup>

同様に、霞ヶ浦における調査結果によると、釜谷沖地点の  $NH_4\text{-N}$  溶出速度は 6 月に、 $PO_4\text{-P}$  溶出速度は 6 月や 8 月に高い。一方で、汽水湖である中海・宍道湖における調査結果によると、全窒素及び全リン溶出速度は、地点により夏期に高い箇所もあるが、中海湖心等のように春期に高い箇所等もある。



霞ヶ浦 平成 17 年~18 年

中海・宍道湖 平成 16 年~17 年

図 1.2.9 季別の底泥溶出速度

また、DO と溶出速度との関係については、同一の水温条件下では、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{T-P}$  の溶出速度は DO が減少するにつれ大きくなる傾向があり、 $\text{NH}_4\text{-N}$  溶出速度は強い嫌気条件下では大きくなる傾向にある。ただし、 $\text{NH}_4\text{-N}$  溶出速度は、 $\text{PO}_4\text{-P}$  溶出速度に比べて DO 依存性は小さい。<sup>3) 4)</sup>

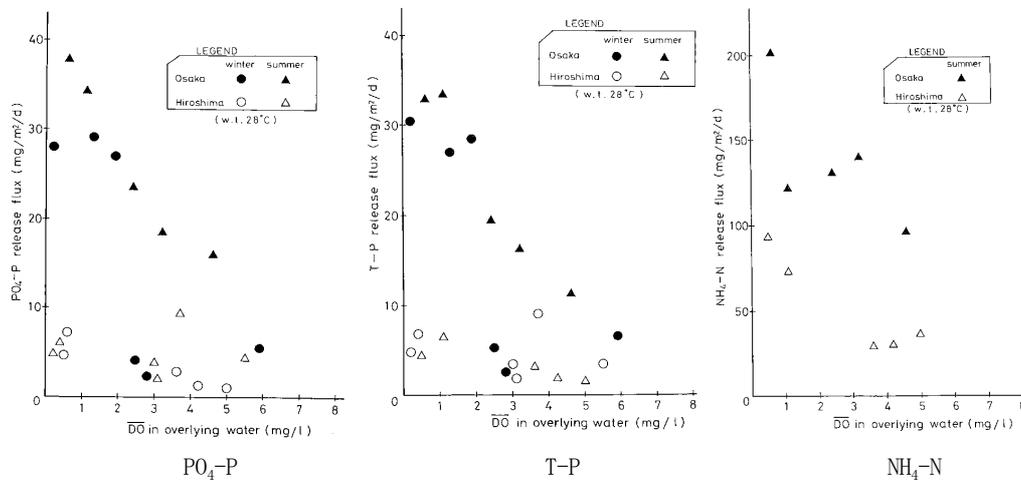


図 1.2.10 DO と溶出速度との関係 (水温 28°C)<sup>3)</sup>

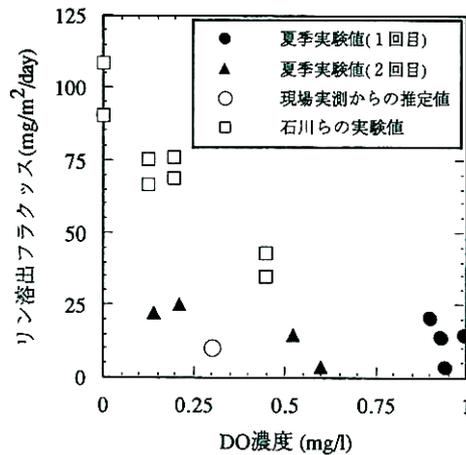
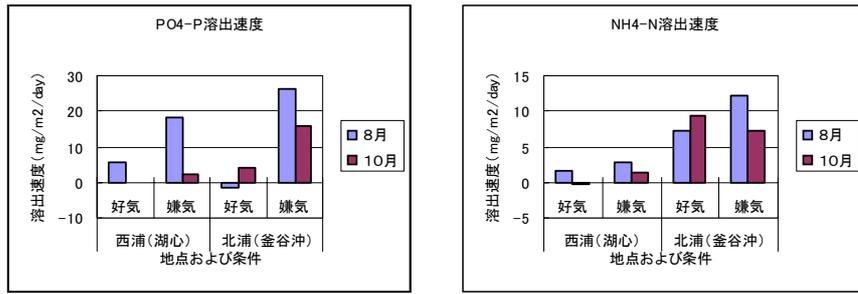


図 1.2.11 DO とリンの溶出速度との関係<sup>4)</sup>

霞ヶ浦における調査結果によると、 $\text{PO}_4\text{-P}$  の溶出速度は、嫌気条件下において北浦釜谷沖の方が西浦湖心よりも大きな値を示し、底泥の有機物含有量の差異が影響したものと考えられる。また、好気条件下では  $\text{PO}_4\text{-P}$  の溶出が顕著に抑えられていたが、Fe、Mn 等の酸化状態にあるイオンとの結合によって溶出しにくい状態であったと考えられる。一方、 $\text{NH}_4\text{-N}$  の溶出速度は好気・嫌気条件による差異は顕著でなく、汚濁程度の異なる北浦・西浦地点間での差異が大きかった。<sup>5)</sup>



※底泥の強熱減量は、西浦湖心で14.8~16.2%、北浦釜谷沖で17.5%であった。

図 1.2.12 溶出速度実験結果<sup>5)</sup>

### 1.2.3 酸素消費速度

酸素消費速度については、調査事例が多くないため、ここでは網走湖及び霞ヶ浦での調査結果を掲載する。

網走湖の調査結果によると、底泥厚による酸素消費速度への影響は小さい。また、霞ヶ浦の調査結果によると実験時間により酸素消費速度の調査結果は変わってくる。

また、いずれの湖沼でも、地点により酸素消費速度は変化するため、湖沼全体としての酸素消費速度をとらえるためには複数地点で調査を実施する必要がある。

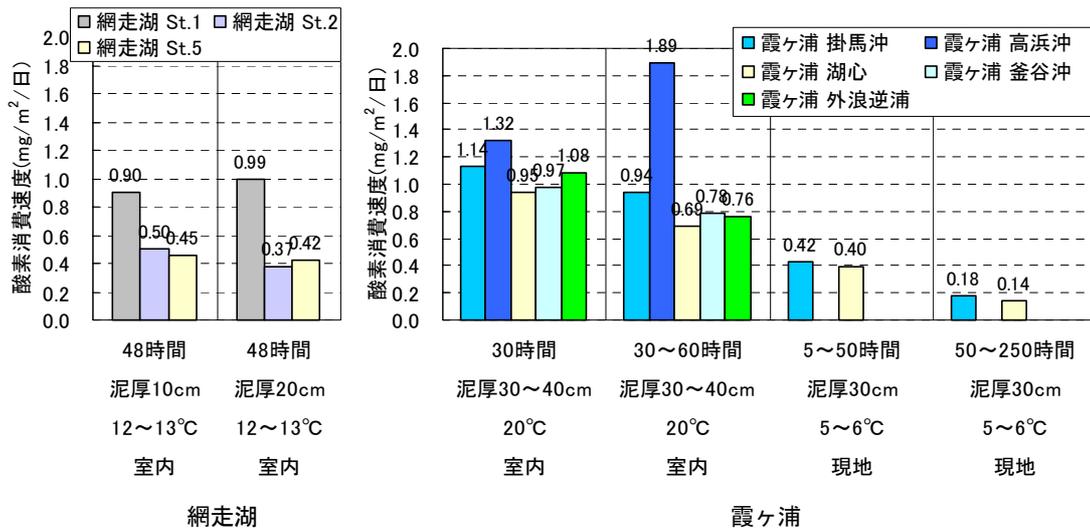


図 1.2.13 酸素消費速度 (網走湖 平成4年、霞ヶ浦 平成16年)

## 第 2 章 底質調査の組み立て方

### 2.1 底質調査の種類

#### 2.1.1 簡易調査

簡易調査は、簡易な指標（泥色、泥臭等）を多地点で調査することにより、湖沼底質の平面分布を概ね網羅的に把握する調査である。簡易調査結果は、底質の基本的な性状把握や含有量推定に活用でき、底質が変化するなど過程の監視に有益である。

簡易調査は、平成 20 年度に全国の 5 湖沼（網走湖、小川原湖、霞ヶ浦、琵琶湖、中海・宍道湖）において試験的に実施された。

#### 2.1.2 含有量調査

含有量調査は、底泥の人為的富栄養化による汚濁の実態を把握するための静的な汚濁性状試験である。

わが国の代表的な湖沼では、毎年実施されている定期調査以外に、各湖沼において数年に 1 回程度底質の現況把握、またはパラメータ設定のために実施されている。

底質対策事業を実施している湖沼（霞ヶ浦、琵琶湖、網走湖）においては、事業効果を把握することを目的として、対策開始以後に別途調査されている。調査期間は、霞ヶ浦及び琵琶湖においては対策事業開始後ほぼ毎年であり、網走湖においては対策事業開始後 2 年間である。

#### 2.1.3 底泥溶出速度実験

底泥溶出速度実験は、湖沼の汚濁負荷の 1 つである底質からの溶出負荷を明らかにするための基礎となる動的な汚濁性状試験である。

わが国の代表的な湖沼では、各湖沼において数年に 1 回程度、底質の現況把握、またはパラメータ設定のために実施されている。なお、底泥溶出速度実験に合わせて、含有量調査も同時に実施されていることが多い。

底質対策事業を実施している湖沼（霞ヶ浦、琵琶湖、網走湖）においては、事業効果を把握することを目的として、対策事業開始以後、ほぼ毎年継続的に調査されている。

#### 2.1.4 酸素消費実験

酸素消費実験は、湖沼及び海域などの水底に長期間にわたって堆積した汚泥の中に含まれる多量の汚濁物を細菌などが分解するときに消費する酸素の量を測定するものである。酸素消費速度は、底層水の貧酸素化の進行のしやすさ、底生生物の生息環境の悪化しやすさ、低湿からの溶出のしやすさの指標となる。

わが国の代表的な湖沼では、底泥の酸素消費量の現況把握、または底泥性状と酸素消費速度の関係把握を目的として実施されている。調査頻度は各湖沼において過去に 1 回実施されている程度であり、調査頻度は比較的低い。湖沼により調査を実施していない湖沼も見られる。

### 2.1.5 巻き上げ量調査

巻き上げ量調査は、浚渫効果の把握、浮上溶出の実態把握等を目的として実施されている。霞ヶ浦で実施例があるのみであり、実施頻度は低い。

### 2.1.6 沈降量調査

沈降量調査は、沈降量・沈降速度の把握、または浮上溶出の実態把握（巻き上げ後の沈降特性の把握）を目的として実施されている。網走湖、霞ヶ浦、中海・宍道湖においてのみ調査が実施されている。3湖沼とも、過去に1～2回調査が実施されている程度である。

### 2.1.7 ベントス量調査

ベントス量調査は、水質浄化対策施設の影響対象としての底生生物の現況把握、または浚渫効果の把握を目的として実施されており、網走湖、霞ヶ浦、中海・宍道湖において調査が実施されている。

### 2.1.8 その他の調査

その他の調査として、隔離幕調査、浮泥層調査、底泥攪乱状況調査、再堆積調査、底泥厚分布調査、及び底泥の年代測定等が実施されている。

隔離幕調査は網走湖における調査事例、その他の調査はいずれも霞ヶ浦において調査実績がある。

## 2.2 底質把握方法の工夫

湖沼の平面的な分布を把握するために、多地点で底泥含有量の化学分析を実施するには多くの費用が必要となる。そこで、比較的簡便に実施できる簡易調査の結果を用いて、化学分析項目を推定する手法について提案する。

### 2.2.1 簡易調査結果による底質平面分布の推定

ここでは底質の簡易調査項目を説明変数とし、数量化Ⅰ類を用いて、底質の化学分析項目の推定方法を検討した。この推定では、平成20年度湖沼底質統一簡易調査結果のうち、化学分析項目と簡易調査項目の両者を観測している地点のデータを用いた。

本節では、わが国の代表的な湖沼における簡易調査結果から作成した化学分析項目の推定式を示す。簡易調査結果の活用により、以下の化学分析項目が推計できることが分かった。

- 「強熱減量」の推定・・・個別湖沼（小川原湖）データを対象とした場合に、精度よく推計できる可能性が確認できた。
- 「TN」の推定・・・個別湖沼（琵琶湖）データを対象とした場合に、精度よく推計できる可能性が確認できた。
- 「TP」の推定・・・個別湖沼（琵琶湖）データを対象とした場合に、精度よく推計できる可能性が確認できた。
- 「硫化物」の推定・・・個別湖沼（小川原湖）を対象とした場合に、精度よく推計できる可能性が確認できた。ただし、個別湖沼（小川原湖）のデータを対象としたケースでの自由度調整済み決定係数は0.206であり、今後データの蓄積による検証が必要となる。

このように一定の精度をもって化学分析項目を推定できる湖沼がある一方で、簡易項目から精度よく推計することが困難な湖沼もある。各湖沼で整理した推定式の決定係数が低い場合には、従来の化学分析が必要となる。

以下では、化学分析項目として、強熱減量、TN、TP、及び硫化物を対象に、それらの推定方法を示す。

## (1) 簡易調査の概要

化学分析項目（ここでは強熱減量、TN、TP、及び硫化物）を推定するための説明変数（アイテム）として、平成 20 年度湖沼底質統一簡易調査（以下、H20 底質統一簡易調査と称す）で観測した簡易調査の結果を用いた。H20 底質統一簡易調査の実施概要及び調査結果の概要を以下に示す。

### 1) 調査実施概要

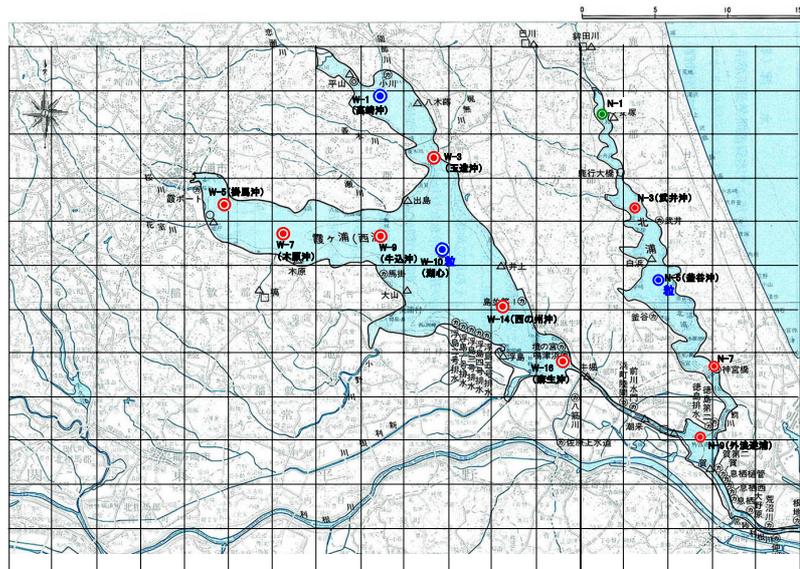
H20 底質統一簡易調査は、網走湖、小川原湖、霞ヶ浦、琵琶湖及び中海・宍道湖で実施した（詳細は「5.2 平成 20 年度湖沼底質統一簡易調査」を参照）。本節における化学分析項目の推計では、同一の地点で化学分析項目と簡易調査項目の両者が得られる底質サンプルを用いて推定式を作成した。

調査対象湖沼の諸元を表 2.2.1 に、推計に用いた各湖沼の底質観測地点を図 2.2.1 に示す。

表 2.2.1 調査対象湖沼の諸元

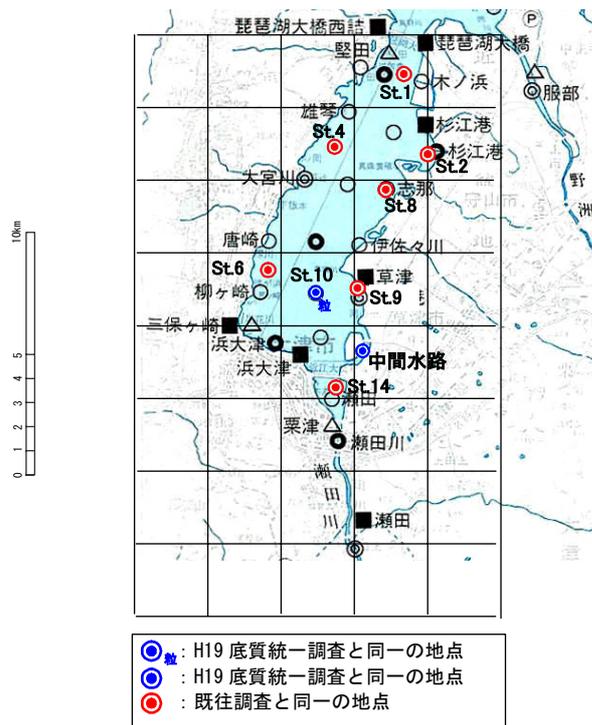
湖沼名		網走湖	小川原湖	霞ヶ浦	琵琶湖	中海	宍道湖	
所在地	都道府県	北海道	青森県	茨城県	滋賀県	鳥取県、島根県	島根県	
湖沼特性	湖面積	km <sup>2</sup>	32.3	65.58	220	674	92.1 (境水道含む)	81.8 (大橋川含む)
	湖容積	百万 m <sup>3</sup>	239.25	721.0	806	27,500	521	366
	平均水深	m	6.1	11.0	4	北湖 43、 南湖 4	5.4	4.5
	最大水深	m	16.1	25.0	7.3	103.58	8.4	6.4
	湖岸延長	km	39	82.7	261	235	81.0	45.0
	湖水面標高	m	0.0	0.56	0.26~0.46	84.371	0.2	0.3
	年総流入水量	百万 m <sup>3</sup> /年	629.9	867	1,390	5,300	2,560	1,850
	回転率	1/年	2.6	1.20	1.7	0.19	4.91	5.05
	成因	—	海跡湖	海跡湖	海跡湖	陥没湖	海跡湖	海跡湖
淡水/汽水	—	汽水	汽水	淡水	淡水	汽水	汽水	
流域特性	流域面積	km <sup>2</sup>	1,380	805.4	2156.7	3,848	2,070	1318.5
	流入河川数	—	6	7	56	121	18	26
	流出河川数	—	1	1	1	1	1	2





- : H19 底質統一調査と同一の地点
- : H19 底質統一調査と同一の地点
- : 既往調査と同一の地点
- : 今回新たに設定した調査地点

図 2.2.1 (3) 調査地点図 (霞ヶ浦)



- : H19 底質統一調査と同一の地点
- : H19 底質統一調査と同一の地点
- : 既往調査と同一の地点

図 2.2.1 (4) 調査地点図 (琵琶湖)

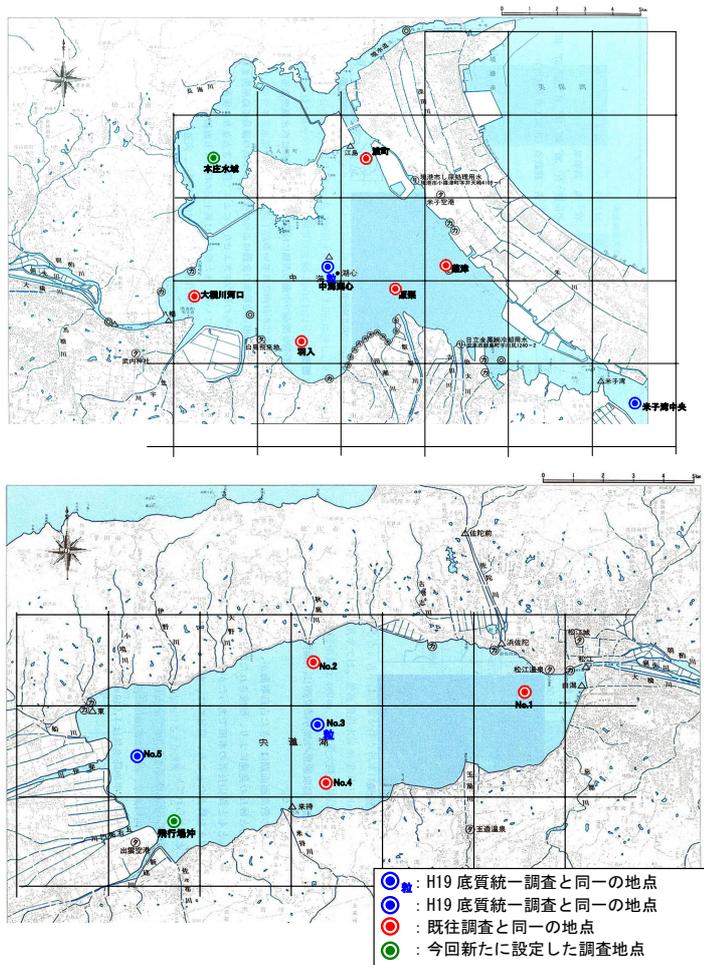


図 2.2.1 (5) 調査地点図 (中海・宍道湖)

## 2) 調査結果概要

### (a) 泥色

泥色については、今回マンセル表示による表記を記録した。

マンセル表示とは、色み、明度（明るさ）、彩度（鮮やかさ）の3軸による表記方法である。色みは表 2.2.2に示す数値とアルファベットの組み合わせによる記号、明度及び彩度は数値により表記される。

また、観測された色み、彩度、明度の頻度分布図を図 2.2.2に示す。

#### マンセル表示の概要

マンセル表示を a/b/c とした場合、

a は色み（赤っぽい、黄色っぽい、黒っぽい・・・など）を、

b は明るさ（黒っぽい、白っぽい）を、

c は鮮やかさ（色が薄い、色が濃い）を表す。

表 2.2.2 色み（マンセル表示）の一覧

色み(マンセル表示)の記号	対応する日本語表記
10YR	黒、黒褐、暗褐 等
2.5Y	黒、黒褐、暗オリーブ褐 等
5Y	黒、オリーブ黒 等
7.5Y	黒、オリーブ黒 等
10Y	黒、オリーブ黒 等
N	黒、暗灰 等
2.5GY	黒、暗オリーブ灰 等
5GY	オリーブ黒、暗オリーブ灰 等
7.5GY	緑黒、暗緑灰 等
10GY、10G	緑黒、暗緑灰 等

※ 今回の調査結果において、データのない記号については表に記載していない。

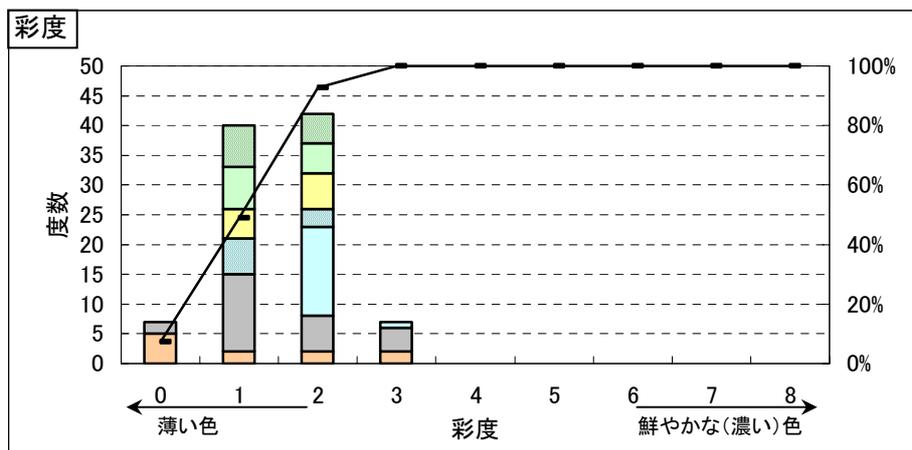
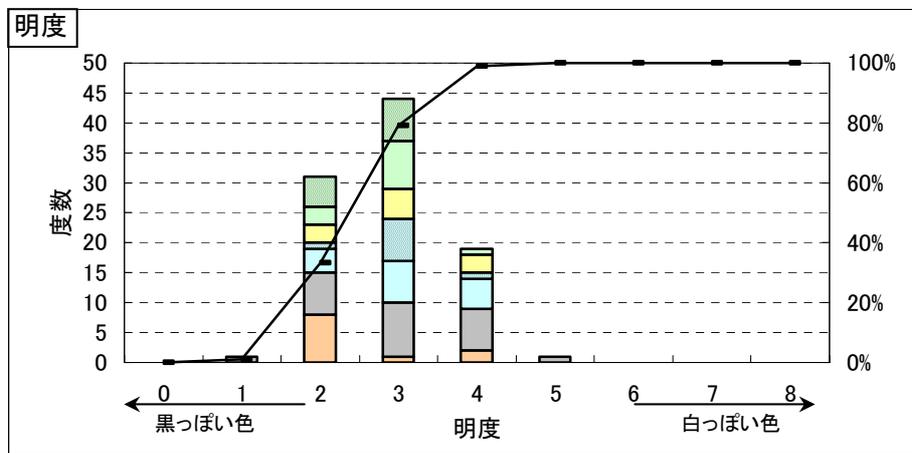
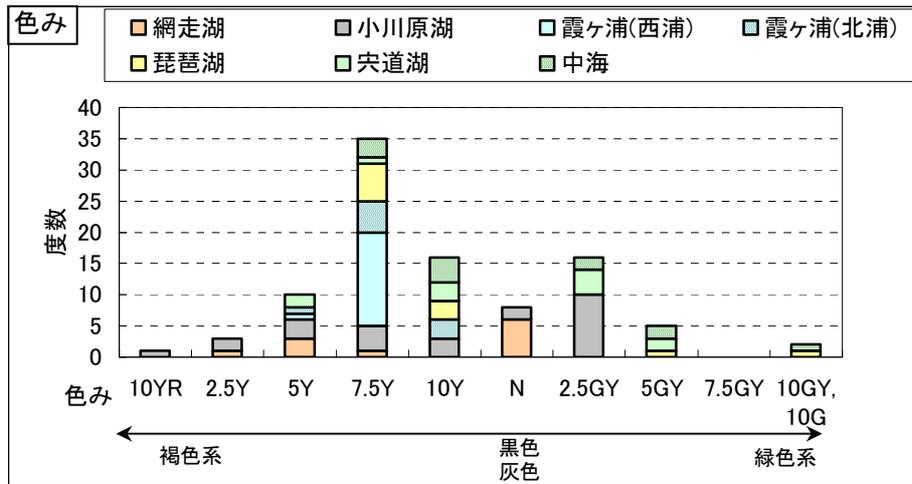


図 2.2.2 底質簡易調査項目の頻度分布図 (色み、明度、彩度)

(b) 泥臭

簡易調査時に使用した泥臭の強さ及び泥臭の種類を表 2.2.3～表 2.2.4に、観測された泥臭の強さ及び泥臭の種類の種類頻度分布図を図 2.2.3に示す。

表 2.2.3 泥臭の強さと指標の対応表

強
弱(または中)
微

表 2.2.4 泥臭の種類と指標の対応表

臭気の大分類	臭気の種類
(0)無臭	無臭
(1)芳香性臭気	メロン臭、すみれ臭、きゅうり臭、芳香族など
(2)植物性臭気	藻臭、青草臭、木材臭、海草臭など
(3)土臭、かび臭	土臭、沼沢臭、かび臭、(ドブ臭)など
(4)魚貝臭	魚臭、肝油臭、はまぐり臭など
(5)薬品性臭気	フェノール臭、タール臭、油臭、油脂臭、パラフィン臭、塩素臭、硫化水素臭、クロロフェノール臭、薬局臭、薬品臭
(6)金属性臭気	かなげ臭、金属臭など
(7)腐敗性臭気	ちゅうかい臭、下水臭、豚小屋臭、腐敗臭など

※1、4、6については、いずれの湖沼も該当する調査結果はなかった。

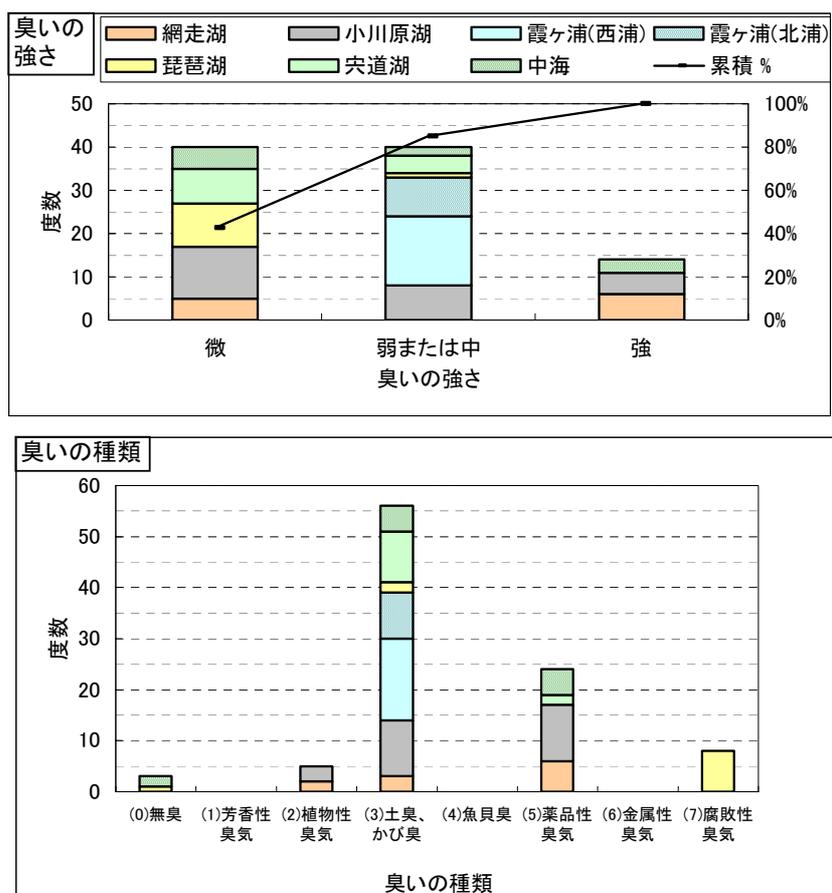


図 2.2.3 底質簡易調査項目の頻度分布図（臭いの強さ、臭いの種類）

(c) 表泥の ORP

簡易調査において観測された表泥の ORP の頻度分布図を図 2.2.4に示す。

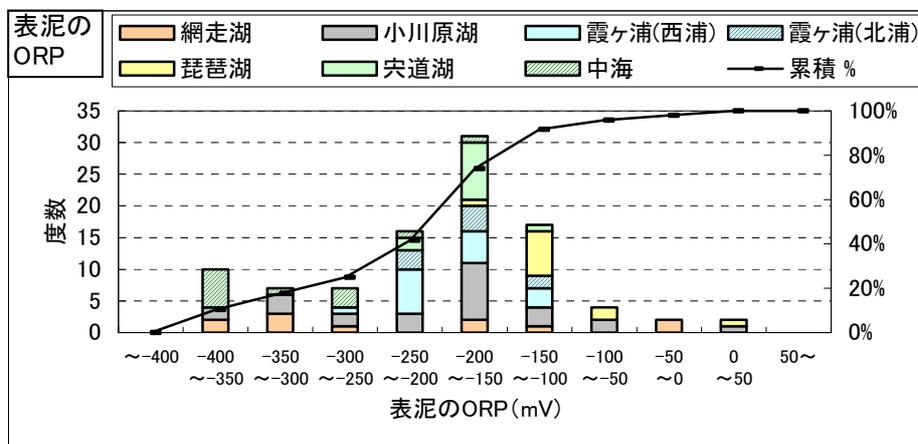


図 2.2.4 底質簡易調査項目の頻度分布図 (表泥の ORP)

(d) 粒度分類

簡易調査において使用した粒度分類を表 2.2.5に、観測された粒度分類の頻度分布図を図 2.2.5に示す。

表 2.2.5 粒度分類の一覧表

	備 考
1 有機質シルト	
2 粘土	
3 砂まじり粘土	砂と粘土の混合物
4 粘土まじりシルト	粘土とシルトの混合物
5 シルト	
6 砂質シルト、砂まじりシルト	砂とシルトの混合物(シルトの方が多い)
7 シルト質砂、シルトまじり砂	砂とシルトの混合物(砂の方が多い)
8 砂	
9 れきまじり砂、小礫まじり砂	礫または小礫と砂の混合物

なお、参考までに、観測時に参考とした粒度の分類及び粒径を以下に示す。

表 2.2.6 観測時に参考とした粒度の分類及び粒径

番 号	①	②	③	④	⑤	⑥
サンプル名称	有機質シルト	粘土	シルト	砂質シルト	シルト質砂	砂
粒 径	—	0.005mm 以下	0.005 mm ~ 0.075 mm	砂とシルトの混合土	シルトと砂の混合土	0.075 mm ~ 2 mm
見分け方	植物等の繊維質が含まれる。	さわった感じがぬるぬるして、指にくっついて離れない。手の中でこねるとヒモ状になる。	さわるとやわらかい。粉のような感じがする。指で触った後、乾くとたやすく落とすことができる。	砂よりシルトが多い。	シルトより砂が多い。	ざらざらしたり、きしんで引っかかった感じがする。

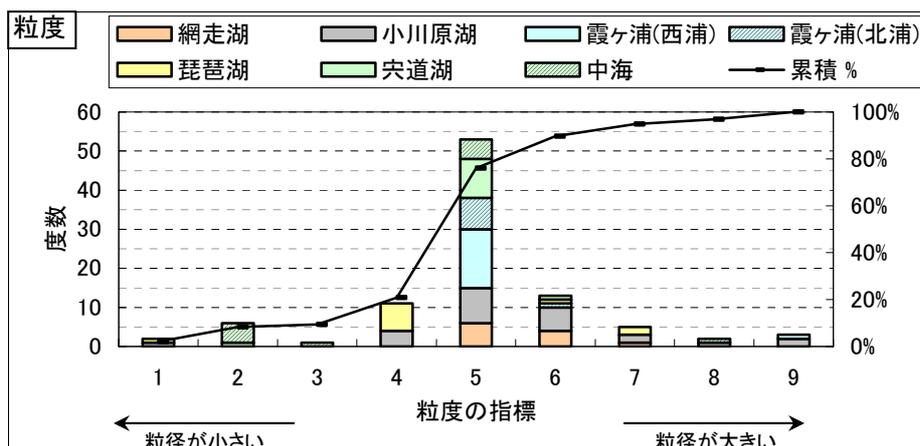


図 2.2.5 底質簡易調査項目の頻度分布図（粒度）

(2) アイテム及びカテゴリー区分

平成 20 年度簡易調査結果を使用して、化学分析結果の推定式の作成（数量化 I 類分析）に使用するアイテム及びカテゴリー区分（説明変数）を、表 2.2.7のとおりを設定した。

なお、調査結果のうち、色み及び臭いの種類については、調査結果に大小の序列がつかないデータであるため、個別カテゴリーと化学分析項目との相関なども別途検討していたが、顕著な相関を認めなかったため、ここでは数量化 I 類のアイテムとして使用しないこととした。

表 2.2.7 設定したアイテム及びカテゴリー区分

アイテム	カテゴリー区分の概要	カテゴリー No.	度数
明度	0~2	1	18
	3	2	21
	4~5	3	11
彩度	0~1	1	22
	2~3	2	28
臭いの強さ	無臭または微	1	22
	弱	2	19
	強	3	9
表泥のORP	-250mV未満	1	14
	-250~-150mV	2	22
	-150mV以上		14
粒度	粘土、砂混じり粘土、粘土まじりシルト	1	14
	シルト、有機質シルト	2	27
	砂質シルト、砂まじりシルト、シルト質砂、シルトまじり砂、砂、礫まじり砂、小礫まじり砂	3	9
汽水湖/淡水湖	汽水湖	1	29
	淡水湖	2	21
調査時期	夏季	1	41
	冬季	2	9
合計		-	50

参考までに、カテゴリー間の単相関係数を以下に示す。

数量化分析では、相互に関連性のある二つの変数を説明変数として用いると、妥当な推計結果が得られないことが知られている。例えば項目間に関連性を認める「表泥の ORP」と「臭いの強さ」などは、数量化 I 類分析における変数選択において、両者を変数として採用せずどちらかの項目に代表させる必要がある。

表 2.2.8 底泥簡易調査項目間の単相関係数

	明度	彩度	臭いの強さ	表泥の ORP	粒度	汽水湖/淡水湖	調査時期
明度	1.00						
彩度	0.32	1.00					
臭いの強さ	-0.42	-0.26	1.00				
表泥の ORP	0.36	0.27	-0.58	1.00			
粒度	0.17	0.05	-0.09	0.16	1.00		
汽水湖/淡水湖	0.16	0.26	-0.14	0.49	-0.11	1.00	
調査時期	0.09	0.00	-0.40	0.56	-0.24	0.55	1.00

※網掛けは、単相関係数の絶対値が0.5を超える箇所である。

これを踏まえ、以降に記載した推定式では、下記の観点からアイテムを取捨選択またはカテゴリーを統合し、適切なアイテム及びカテゴリーを使用した。

- ・ 結果にあまり寄与しないアイテムは削除する
- ・ アイテム相互の関連性の高いものは片方に代表させる
- ・ カテゴリー数量の符号解釈を吟味する

### (3) 推定結果

#### 1) 強熱減量の推定

強熱減量の推定式を湖沼ごとに作成すれば、簡易調査結果による強熱減量の推定はある程度可能と考えられる。使用するアイテムは、明度、彩度、表泥の ORP、粒度を基本として各湖沼で適切に選定する必要がある。

全湖沼のデータから作成した推定式による計算値と実測値の比較図を図 2.2.6に示す。また、個別湖沼のデータからも、データ数の十分な湖沼についてそれぞれ推定式を作成した（第5章参照）。このうち、高い決定係数<sup>※1</sup>の得られたものとして、小川原湖のデータから作成した推定式による計算値と実測値の比較図を図 2.2.7に示す。

推計に使用するデータは、明度、彩度、表泥の ORP、粒度を基本として各湖沼で適切に選定する必要があるが、全湖沼のデータを対象とした場合は、彩度、粒度、調査時期のカテゴリ、小川原湖のデータを対象とした場合は、彩度、臭いの強さ、粒度のカテゴリから推計した。

小川原湖のデータから作成した推定式は、全湖沼のデータから作成した推定式に比べ、決定係数が高い。これは、個別湖沼で特性が異なっており、全湖沼をひとまとめに扱うことでそうした特性が打ち消されたと考えられる。

小川原湖のデータから作成した推定式は、決定係数が 0.755 であり 0.5 を超えていることから、推定式を湖沼ごとに作成すれば、簡易調査結果による強熱減量の推定はある程度可能と考えられる。

小川原湖での強熱減量の推定式のカテゴリスコア（係数）等を表 2.2.9に示す。これによると、【粒度】が細かいほど、【臭いの強さ】が強いほど、そして【彩度】が鮮やかな色であるほど、強熱減量が高い傾向を得た。彩度については明らかでないものの、粒度及び臭いの強さについては底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。

なお、霞ヶ浦のデータから作成した推定式は決定係数が低い値となったが、これは簡易調査結果が地点によらず一様であることによる。霞ヶ浦以外の湖沼については、いずれも 0.5 以上の決定係数を得た。（第5章参照）

---

※1. 決定係数は、外的基準（目的変数）の変動のうち、推定式で説明できる変動の割合を表わし、寄与率とも呼ばれる。相関係数の2乗に等しく、 $R^2$ と表記される。推定式がよく当てはまっていると言えるための決定係数の基準値は一律には存在しないが、ここでは0.5を1つの目安とした。

なお、「データの個数 (n)」が「説明変数 (カテゴリーデータ) の個数 (p)+1」に近いとき、決定係数が実態以上によく過るため、特に (n) と (p+1) の差が小さいときには、自由度修正済み決定係数を用いる方がよい。このため、ここでは決定係数及び自由度修正済み決定係数の両者を記載した。

たとえば、ここで小川原湖のデータを用いて作成した推定式は、データの個数 (n) =9 である一方、独立変数の個数 (p) =6 であり、両者は近いと言える。参考までに、独立変数の個数 (p) を 6 とした場合の必要最小限のデータ数 (n) は 7 である。

※2. 誤差分散は、計算値が含むと考えられる誤差の分散で、(残差の平方和)/(n-p-1)で表される。ここで、n はデータの個数、p は独立変数の個数である。

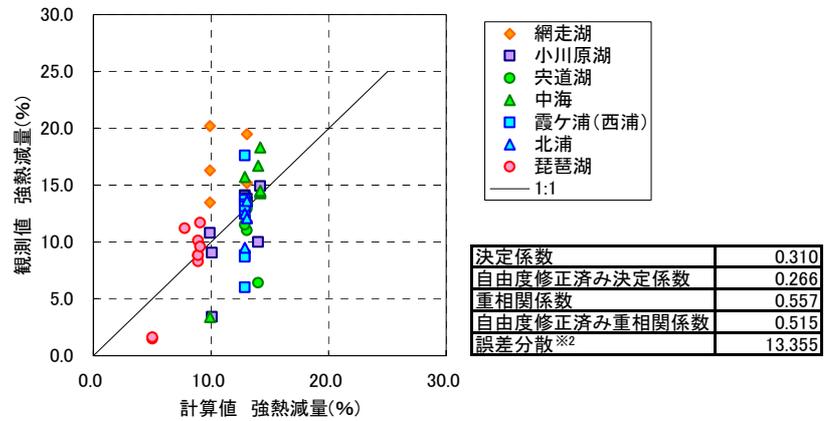


図 2.2.6 全湖沼のデータから作成した推定式による計算値と実測値の比較図（強熱減量）

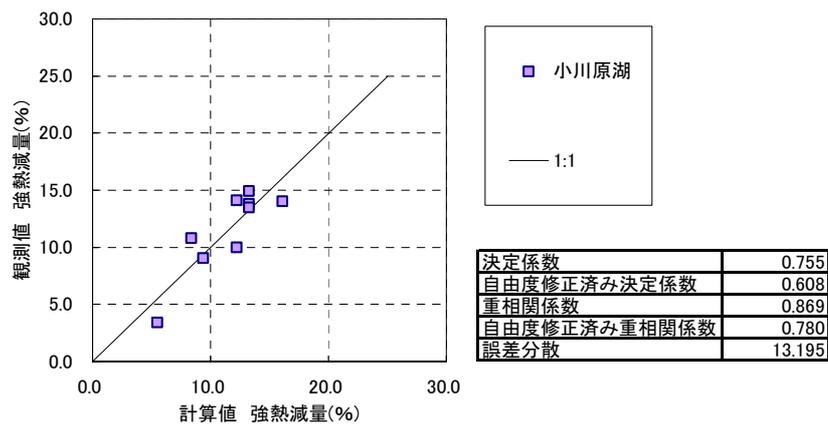


図 2.2.7 小川原湖のデータから作成した推定式による計算値と実測値の比較図（強熱減量）

表 2.2.9 強熱減量の推定式のカテゴリースコア、偏相関係数等の一覧表

(小川原湖のデータから作成した推定式)

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
彩度	1 0~1	5	-1.264	0.531	3位
	2 2~3	4	1.580		
臭いの強さ	1 無臭または微	4	-2.155	0.634	2位
	2 弱または強	5	1.724		
粒度	1 粘土、砂混じり粘土、粘土まじりシルト、シルト、有機質シルト	6	1.285	0.675	1位
	2 砂質シルト、砂まじりシルト、シルト質砂、シルトまじり砂、砂、礫まじり砂、小礫まじり砂	3	-2.571		
定数項		9	11.509	-	-

## 2) TN の推定

TN の推定式を湖沼ごとに作成すれば、簡易調査結果による TN の推定はある程度可能と考えられる。使用するアイテムは、明度、彩度、表泥の ORP、粒度を基本として各湖沼で適切に選定する必要がある。

全湖沼のデータから作成した推定式による計算値と実測値の比較図を図 2.2.8 に示す。また、個別湖沼のデータから作成した推定式のうち、高い決定係数の得られたものとして、琵琶湖のデータから作成した推定式による計算値と実測値の比較図を図 2.2.9 に示す。

推計に使用するデータは、明度、彩度、表泥の ORP、粒度を基本として各湖沼で適切に選定する必要があるが、全湖沼のデータを対象とした場合は、臭いの強さ、粒度、汽水湖/淡水湖の項目、琵琶湖のデータを対象とした場合は明度、彩度、粒度のカテゴリーの項目から推計した。

琵琶湖のデータから作成した推定式は、全湖沼のデータから作成した推定式に比べ、決定係数が高い。これは、個々の湖沼で特性が異なるためと考えられる。

琵琶湖のデータから作成した推定式は、決定係数が 0.745 であり 0.5 を超えていることから、推定式を湖沼ごとに作成すれば、簡易調査結果による TN の推定はある程度可能と考えられる。

琵琶湖での TN の推定式のカテゴリースコア（係数）等を表 2.2.10 に示す。これによると、【明度】が黒っぽいほど、【粒度】が細かいほど、そして【彩度】が鮮やかな色であるほど、TN が高い傾向を得た。彩度については明らかでないものの、明度及び粒度については底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。

なお、0.5 以上の決定係数が得られた湖沼は琵琶湖及び小川原湖であった。（第 5 章参照）

これらの決定係数の高い理由の一つとして、いずれも回転率が比較的小さく、河川からの流入水に由来する底泥の堆積が少ないことが考えられる。

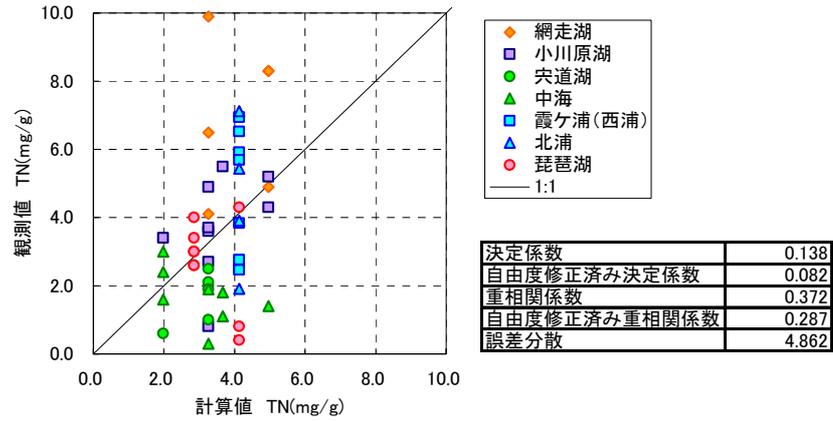


図 2.2.8 全湖沼のデータから作成した推定式による計算値と実測値の比較図 (TN)

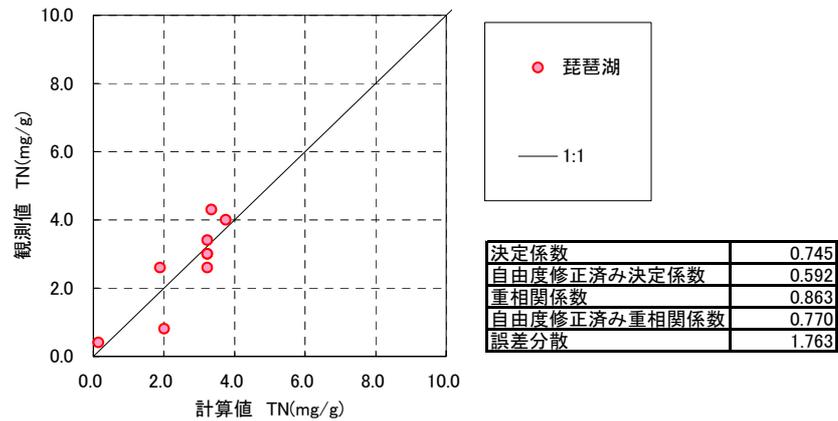


図 2.2.9 琵琶湖のデータから作成した推定式による計算値と実測値の比較図 (TN)

表 2.2.10 TN の推定式のカテゴリースコア、偏相関係数等の一覧表

(琵琶湖のデータから作成した推定式)

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
明度	1 0~2	3	1.236	0.765	1位
	2 3~5	6	-0.618		
彩度	1 0~1	4	-0.746	0.704	3位
	2 2~3	5	0.597		
粒度	1 粘土、砂混じり粘土、粘土まじりシルト	6	0.582	0.745	2位
	2 シルト、有機質シルト、砂質シルト、砂まじりシルト、シルト質砂、シルトまじり砂、砂、礫まじり砂、小礫まじり砂	3	-1.164		
定数項	-	9	2.678	-	-

### 3) TP の推定

TP の推定式を湖沼ごとに作成すれば、簡易調査結果による TP の推定はある程度可能と考えられる。使用するアイテムは、彩度、表泥の ORP、粒度を基本として各湖沼で適切に選定する必要がある。

全湖沼のデータから作成した推定式による計算値と実測値の比較図を図 2.2.10に示す。また、個別湖沼のデータから作成した推定式のうち、高い決定係数の得られたものとして、琵琶湖のデータから作成した推定式による計算値と実測値の比較図を図 2.2.11に示す。

推計に使用するデータは、彩度、表泥の ORP、粒度を基本として各湖沼で適切に選定する必要があるが、全湖沼のデータを対象とした場合は、彩度、明度、汽水湖/淡水湖の項目、琵琶湖のデータを対象とした場合は彩度、表泥の ORP、粒度の項目から推計した。

琵琶湖のデータから作成した推定式は、全湖沼のデータから作成した推定式に比べ、決定係数が高い。これは、個々の湖沼で特性が異なるためと考えられる。

琵琶湖のデータから作成した推定式は、決定係数が0.822であり0.5を超えていることから、推定式を湖沼ごとに作成すれば、簡易調査結果による TP の推定はある程度可能と考えられる。

琵琶湖での TP の推定式のカテゴリースコア（係数）等を表 2.2.11に示す。これによると、【彩度】が鮮やかな色であるほど、【粒度】が細かいほど、そして【表泥の ORP】が低いほど、TP が高い傾向を得た。彩度については明らかでないものの、粒度及び表泥の ORP については底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。

0.5以上の決定係数が得られた湖沼は琵琶湖のみである。（第5章参照）

琵琶湖の決定係数の高い理由のひとつとして、回転率が比較的小さく、河川からの流入水に由来する底泥の堆積が少ないことが考えられる。

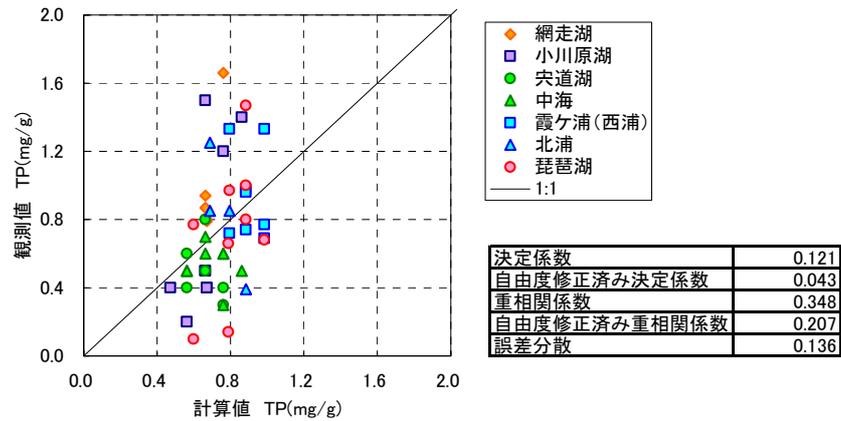


図 2.2.10 全湖沼のデータから作成した推定式による計算値と実測値の比較図 (TP)

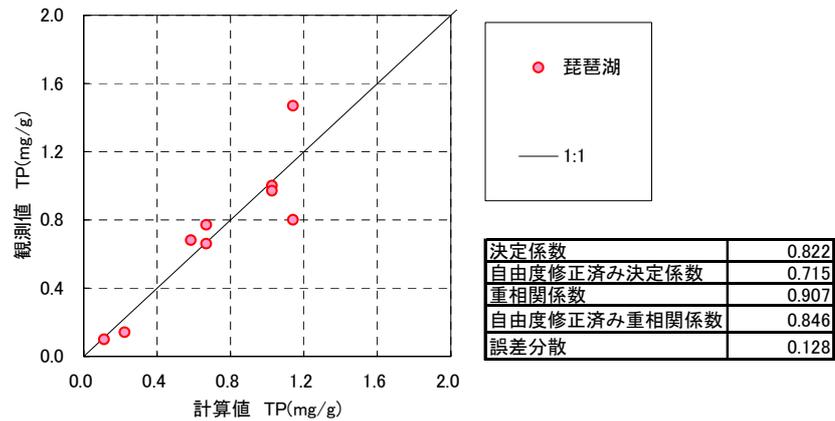


図 2.2.11 琵琶湖のデータから作成した推定式による計算値と実測値の比較図 (TP)

表 2.2.11 TPの推定式のカテゴリースコア、偏相関係数等の一覧表

(琵琶湖のデータから作成した推定式)

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
彩度	1 0~1	4	-0.263	0.754	1位
	2 2~3	5	0.210		
ORP	1 -120mV未満	5	0.050	0.265	3位
	2 -120mV以上	4	-0.063		
粒度	1 粘土、砂混じり粘土、粘土まじりシルト	6	0.148	0.718	2位
	2 シルト、有機質シルト、砂質シルト、砂まじりシルト、シルト質砂、シルトまじり砂、砂、礫まじり砂、小礫まじり砂	3	-0.295		
定数項	-	9	0.732	-	-

#### 4) 硫化物の推定

硫化物の推定式を湖沼ごとに作成すれば、簡易調査結果による硫化物の推定はある程度可能と考えられる。使用するアイテムは、明度、表泥の ORP、粒度を基本として各湖沼で適切に選定する必要がある。

汽水湖のデータから作成した推定式による計算値と実測値の比較図を図 2.2.12に示す。また、個別湖沼のデータから作成した推定式のうち、高い決定係数の得られたものとして、小川原湖のデータから作成した推定式による計算値と実測値の比較図を図 2.2.13に示す。

推計に使用するデータは、明度、表泥の ORP、粒度を基本として各湖沼で適切に選定する必要があるが、汽水湖のデータを対象とした場合は、彩度、粒度、表泥の ORP の項目、小川原湖のデータを対象とした場合は明度、表泥の ORP、粒度の項目から推計した。

小川原湖のデータから作成した推定式は、汽水湖のデータから作成した推定式に比べ、わずかではあるが、決定係数が高い。

小川原湖のデータから作成した推定式は、決定係数が 0.504 であり 0.5 を超えていることから、推定式を湖沼ごとに作成すれば、簡易調査結果による強熱減量の推定はある程度可能と考えられる。ただし、自由度調整済み決定係数(小川原湖のデータを対象としたケース)は、0.206 であり、今後データの蓄積による検証が必要となる。

参考までに、小川原湖での硫化物の推定式のカテゴリースコア(係数)等を表 2.2.12に示す。これによると、【表泥の ORP】が低いほど、【粒度】が細かいほど、そして【明度】が黒っぽい色であるほど、硫化物が高い傾向を得た。表泥の ORP、粒度及び明度のいずれについても、底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。

なお、図 2.2.12では、硫化物の計算値が 3.9mg/g 程度のサンプルが複数サンプルあり、それぞれの実測値は 0.4~7.0 程度と大きくばらついている。これらは、各アイテムのカテゴリーデータがいずれも同一(全アイテムでカテゴリー1)であるため、計算値が同一となる。

0.5 以上の決定係数が得られた湖沼は小川原湖のみであり、中海・宍道湖では決定係数が低かった。中海・宍道湖では、硫化物の由来となる塩分濃度が中海と宍道湖で異なるため、本来特性が異なるところ、これらをひとまとめにして取り扱ったために決定係数が低かったと考えられる。なお、中海または宍道湖のどちらかの湖沼のデータにより推定式を作成するには、データ数が十分にはない。

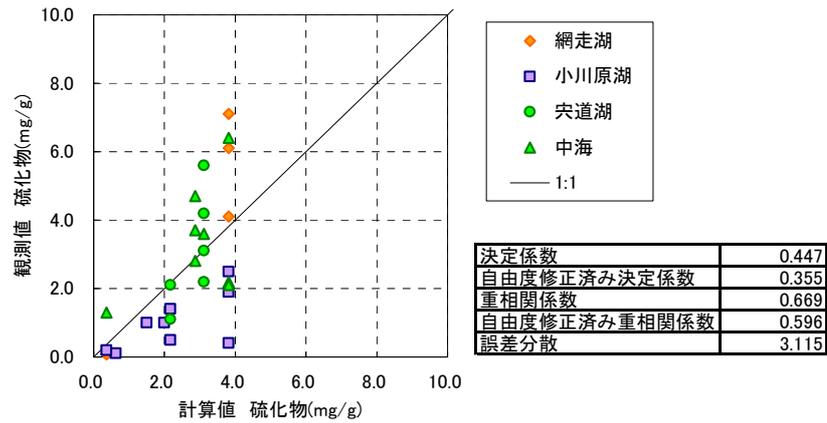


図 2.2.12 汽水湖のデータから作成した推定式による計算値と実測値の比較図（硫化物）

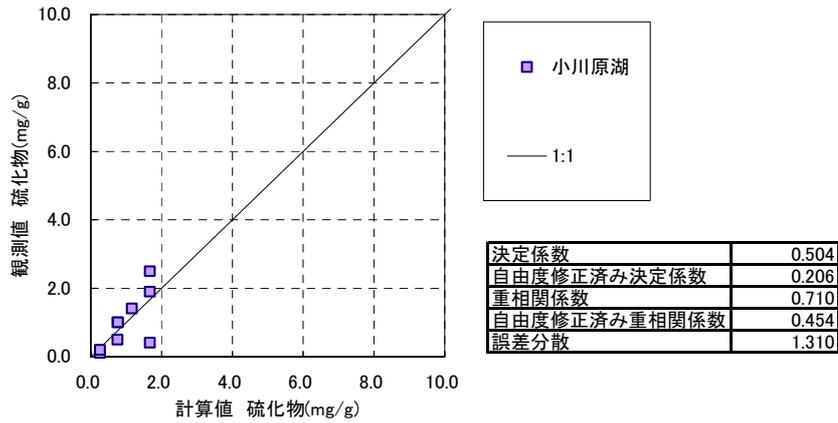


図 2.2.13 小川原湖のデータから作成した推定式による計算値と実測値の比較図（硫化物）

表 2.2.12 硫化物の推定式のカテゴリースコア、偏相関係数等の一覧表

(小川原湖のデータから作成した推定式)

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
明度	1 0~2	4	0.234	0.236	3位
	2 3~5	5	-0.187		
ORP	1 -250mV未満	4	0.281	0.349	1位
	2 -250mV以上	5	-0.225		
粒度	1 粘土、砂混じり粘土、粘土まじりシルト、シルト、有機質シルト	6	0.162	0.300	2位
	2 砂質シルト、砂まじりシルト、シルト質砂、シルトまじり砂、砂、礫まじり砂、小礫まじり砂	3	-0.324		
定数項	-	9	1.000	-	-

#### (4) 簡易項目と化学分析結果との関連性のとりまとめ

前節までの推定式を参考として、簡易項目と化学分析結果との関連性をとりまとめた一覧表を表 2.2.13 に示す。

明度、彩度、臭いの強さ、表泥の ORP、粒度、汽水湖・淡水湖、調査時期について、化学分析結果との関連性に次のような傾向を得た。

- 明度
  - －黒っぽいほど強熱減量、TP、硫化物が高い傾向を得た。黒っぽい泥に硫化物臭がする場合は多い既往知見とも合致する結果である。
  - －TN については湖沼により傾向が異なるため解釈が難しい。TN が出水時の河川からの流入に影響されているとすると、流入河川流域の地質・鉱物なども関係していると考えられる。
  
- 彩度
  - －色がくすんでいるほど硫化物が高い傾向を得た。
  - －強熱減量、TN、TP との関係性は一定ではなく、解釈が難しい。
  
- 臭い
  - －臭いの強さが強いほど各分析項目が高い傾向を得た。
  
- 表泥 ORP
  - －表泥 ORP が低いほど、TN、TP、硫化物が高い傾向を得た。
  - －強熱減量については、汽水湖では ORP が低いほど強熱減量が高い傾向を得たが、一部の湖沼（淡水湖）では、ORP が高いほど強熱減量が高くなる結果が得られ、解釈が難しい。
  
- 粒度
  - －粒度が細かいほど、強熱減量や硫化物が高い傾向がある。
  - －TN、TP は粒度との関連性が一定でない。一部の湖沼では、流入河川付近において、出水時にフラッシュされたもののうち粒径の荒いものが流入河川付近に沈降していて、そうした部分の底質については、流域由来の窒素・リンにより、TN、TP が高い可能性がある。
  
- 汽水湖/淡水湖
  - －汽水湖に比べ、淡水湖で TN、TP が高い傾向にある。

以上のことから、簡易項目と化学分析結果の関係性が比較的明瞭なのは、明度、臭いの強さ、

表泥の ORP、及び粒度である。ただし、湖沼により、関連性が一定でない場合が見られるため、今後データの蓄積とともに関連性を明らかとする必要がある。

なお、本推定式の作成に使用したデータは H20 底質統一簡易調査結果のみであり、データ数が限られている。過去に類似の調査をした結果があれば、データを変換するなどして H20 結果と同様に取り扱えることから、過去のデータの活用により、推定式の精度を向上できる可能性がある。

表 2.2.13 簡易項目と化学分析結果との関連性

アイテム	カテゴリ区分	底質室内分析項目とカテゴリースコアの関係			
		強熱減量	TN	TP	硫化物
明度	1:マンセル値の明度が0~2 (黒っぽい) 2:マンセル値の明度が3 3:マンセル値の明度が4~8 (白っぽい)	・泥色が黒っぽいほど強熱減量が高い(汽水湖、霞ヶ浦、琵琶湖、中海・宍道湖)。	(解釈が難しい) ・泥色が黒っぽいほどTNが高い(汽水湖、小川原湖、琵琶湖、中海・宍道湖)。 ・泥色が白っぽいほどTNが高い(霞ヶ浦)。	・泥色が黒っぽいほどTPが高い(5湖沼、汽水湖、霞ヶ浦、中海・宍道湖)。	・泥色が黒っぽいほど硫化物が高い(小川原湖、中海・宍道湖)。
彩度	1:マンセル値の彩度が0~1 (色がくすんでいる) 2:マンセル値の彩度が2~3 (色が鮮やか)	(解釈が難しい) ・泥色が鮮やかなほど強熱減量が高い(汽水湖、小川原湖) ・泥色がくすんでいるほど強熱減量が高い(5湖沼、霞ヶ浦、中海・宍道湖)	(解釈が難しい) ・泥色が鮮やかなほどTNが高い(琵琶湖) ・泥色がくすんでいるほどTNが高い(霞ヶ浦、中海・宍道湖)	(解釈が難しい) ・泥色が鮮やかなほどTPが高い(5湖沼、汽水湖、小川原湖、琵琶湖) ・泥色がくすんでいるほどTNが高い(霞ヶ浦、中海・宍道湖)	・泥色がくすんでいるほど硫化物が高い(汽水湖、中海・宍道湖)
臭いの強さ	1:無臭または微 2:弱 3:強	・臭いが強いほど強熱減量が高い(小川原湖)	・臭いが強いほどTNが高い(5湖沼、汽水湖)	・臭いが強いほどTPが高い(小川原湖)	
表泥のORP	1:-250mV未満 2:-250mV ~ -150mV 3:-150mV以上	(解釈が難しい) ・表泥のORPが低いほど強熱減量が高い(汽水湖、中海・宍道湖)。 ・表泥のORPが高いほど強熱減量が高い(霞ヶ浦、琵琶湖)。	・表泥のORPが低いほどTNが高い(小川原湖、霞ヶ浦、中海・宍道湖)。	・表泥のORPが低いほどTPが高い(霞ヶ浦、琵琶湖、中海・宍道湖)。	・表泥のORPが低いほど硫化物が高い(汽水湖、小川原湖、中海・宍道湖)。
粒度	1:粘土、砂混じり粘土、粘土混じりシルト 2:シルト、有機質シルト 3:砂質シルト、砂まじりシルト、シルト質砂、シルトまじり砂、砂、礫まじり砂、小礫まじり砂	・粒度が細かいほど強熱減量が高い(5湖沼、小川原湖、琵琶湖)。	(解釈が難しい) ・粒度が粗いほどTNが高い(5湖沼、汽水湖) ・粒度が細かいほどTNが高い(小川原湖、琵琶湖)	(解釈が難しい) ・粒度が粗いほどTPが高い(汽水湖) ・粒度が細かいほどTPが高い(小川原湖、琵琶湖)	・粒度が細かいほど硫化物が高い(汽水湖、小川原湖)。
汽水湖/淡水湖	1:汽水湖 2:淡水湖		・汽水湖より淡水湖においてTNが高い(5湖沼)	・汽水湖より淡水湖においてTPが高い(5湖沼)	
観測時期	1:夏季 2:冬季	・冬季に比べ夏季に観測した方が強熱減量が高い(5湖沼)。			
カテゴリースコアの順位	5湖沼	①調査時期、②粒度、③彩度	①臭いの強さ、②粒度、③汽水/淡水	①彩度、②明度、③汽水/淡水	
	汽水湖	①ORP、②明度、③彩度	①粒度、②臭いの強さ、③明度	①明度、②彩度、③粒度	①粒度、②彩度、③ORP
	小川原湖	①粒度、②臭いの強さ、③彩度	①粒度、②明度、③ORP	①明度、②彩度、③臭いの強さ	①ORP、②粒度、③明度
	中海・宍道湖	①ORP、②彩度、③明度	①彩度、②明度、③ORP	①明度、②彩度、③ORP	①ORP、②彩度、③明度
	霞ヶ浦	①彩度、②明度、③ORP	①ORP、②彩度、③明度	①ORP、②彩度、③明度	
琵琶湖	①粒度、②明度、③ORP	①明度、②粒度、③彩度	①彩度、②ORP		
分析ケース毎の予測式の決定係数R <sup>2</sup> (1)は自由度修正済み決定係数:R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	5湖沼	0.310 ( 0.266 )	0.138 ( 0.082 )	0.121 ( 0.043 )	
	汽水湖	0.212 ( 0.117 )	0.195 ( 0.098 )	0.228 ( 0.100 )	0.447 ( 0.355 )
	小川原湖	0.755 ( 0.608 )	0.732 ( 0.572 )	0.473 ( 0.157 )	0.504 ( 0.206 )
	中海・宍道湖	0.651 ( 0.546 )	0.244 ( 0.017 )	0.424 ( 0.251 )	0.242 ( 0.014 )
	霞ヶ浦	0.075 ( - )	0.446 ( 0.238 )	0.137 ( - )	
琵琶湖	0.713 ( 0.540 )	0.745 ( 0.592 )	0.822 ( 0.715 )		

※網掛けは、決定係数が0.5を超える分析結果であることを示す。

数量化法とは

数量化法とは、性別や職業あるいは5段階評価された成績といったような質的（定性的）な変数の各々のカテゴリーに数量を与え、身長や握力のようなもともと量的（定量的）に測定された変数の場合と同じように、多次元的な解析を行う方法である。

数量化法には数量化 I 類～数量化 IV 類がよく知られており、各手法の概要は表 2.2.14に示すとおりである。

表 2.2.14 数量化 I 類～数量化 IV 類の概要

	説明変数 (アイテム)	目的変数 (外的基準)		備 考
数量化 I 類	質的なデータ	有	量的なデータ	本検討で使用する手法
数量化 II 類	質的なデータ	有	質的なデータ	
数量化 III 類、 数量化 IV 類	質的なデータ	無	—	

本検討では、泥色、泥臭等の質的なデータから、底泥の強熱減量、硫化物、TN、TP といった量的なデータを説明する手法である数量化 I 類を用いた。

数量化 I 類とは<sup>6</sup>

数量化 I 類は、質的な要因に関する情報にもとづいて、量的に測定された外的基準（目的変数）の値を説明あるいは予測するための方法である。

数量化 I 類の分析データは下表のように構成される。

表 2.2.15 数量化 I 類の分析データ

個体 No.	アイテム 外的基準 カテゴリー	臭いの強さ			粒度				表泥のORP					R						
		微	弱	強	粘土	シルト	砂	...	〇〇	~-300mV	-300~ -200mV	-200~ -100mV	...	〇〇mV~	...	C <sub>A</sub>	C <sub>B</sub>	C <sub>C</sub>	...	C <sub>R</sub>
1	y1	0	1	0	1	0	0		0	1	0	0		0		1	0	0		0
2	y2	1	0	0	0	0	1		0	0	0	0		1		0	0	0		1
3	y3	0	0	1	0	1	0		0	0	0	1		0		0	1	0		0
4	y4	0	0	1	0	0	0	...	1	0	1	0	...	0	...	0	0	1	...	0
5	y5	1	0	0	0	0	1		0	0	0	0		1		0	0	0		1
.	.						.										.	.		.
.	.						.										.	.		.
.	.						.										.	.		.
n	yn	1	0	0	0	0	1		0	0	0	0		1		0	0	0		1

ダミー変数  $\delta$   
 $\delta = 0$  または  $1$   
 0: 反応なし、1: 反応あり

これらの各個体に対し、下記のようなダミー変数の線形式を作成し、それぞれのアイテム・カテゴリーに対する  $a$  の値（カテゴリー数量）を求める。

$$\begin{aligned}
 Y_i &= a_{i1}\delta_i(11) + a_{i2}\delta_i(12) + \dots + a_{iR_c}\delta_i(R_{c_r}) \\
 &= \sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^{c_j} a_{jk}\delta_i(jk) \quad \dots (1)
 \end{aligned}$$

(1)式の右辺は、個体  $i$  の反応したカテゴリーに対する係数  $a_{jk}$  を選択して加えることを意味しているので、アイテム  $j$  のカテゴリー  $k$  に  $a_{jk}$  という数量（評点）を与え、また各個体に対してはその個体の反応したカテゴリーの数量を加え合わせた数量（評点）を与えらる。

さらに、(2)式に示すように、各アイテム内のカテゴリーの数量  $a_{jk}$  の平均がゼロを満たすように標準化する。すると、アイテム内のカテゴリーに対する数量  $a_{jk}$  の範囲により、外的基準  $Y_i$  に対する各要因の影響の大きさを知ることができる。また、要因の各アイテムと外的基準との間に定義される偏相関係数からも、各要因アイテムの影響の大きさが分かる。

$$\sum_{k=1}^{c_j} n_{jk} a_{jk} = 0 \quad \dots (2)$$

## 2.2.2 底質の簡易把握方法

### (1) サイドスキャンソナーによる調査

サイドスキャンソナーは、トウフィッシュとよばれる曳航体、それを曳航するための曳航ケーブル、そして海底等からの散乱音を処理し記録するための船上装置の3つの部分から構成される。トウフィッシュを曳航しながら超音波の送受信を繰り返すことによって、一定幅で海底面等を走査できる。(図 2.2.14)

なお、超音波の周波数は、海底調査では、一般に、大陸棚～深海用として12kHzの周波数が、浅海～大陸棚用として30～200kHzの周波数が使用される。また、表層探査装置では、3～7kHz(底質が軟弱な泥質堆積物の場合には30kHz程度でも探査が可能)の周波数が使用される。

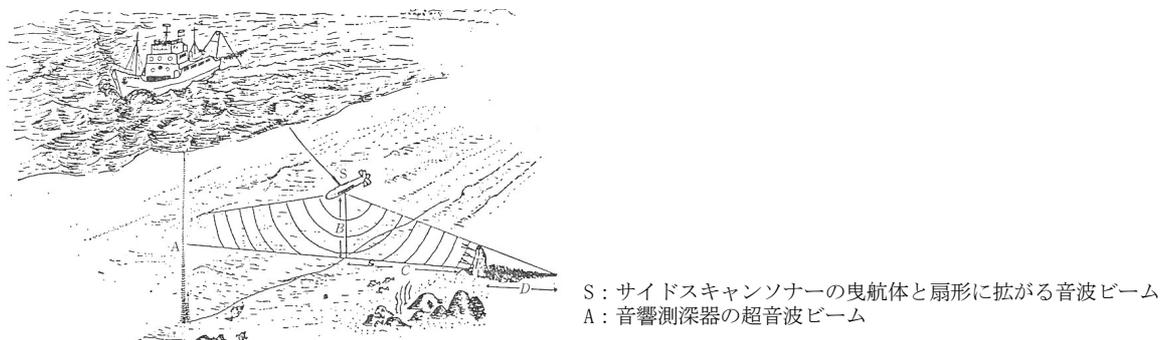


図 2.2.14 サイドスキャンソナーによる海底表面の探査<sup>7)</sup>

サイドスキャンソナーの記録例として、図 2.2.15に海底表面状況図を示す。

これによると、左舷側には砂状の底質、右舷側には砂状または泥状の底質が検出されており、その平面的な分布状況も捉えられている。

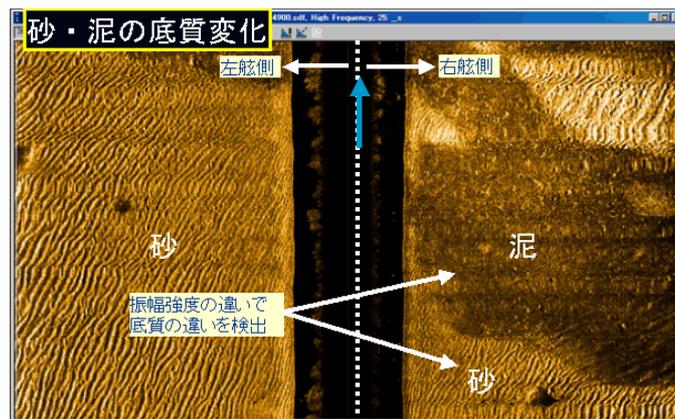


図 2.2.15 海底表面状況図<sup>8)</sup>

## (2) 多周波音響探査機による方法

多周波音響探査機は高周波数と低周波数の超音波を同時に使用し、両者の反射音の測定値の差を利用して堆積厚を調査するものである。使用される低周波数としては、8、12、15、30kHz などがある。

ただし、多周波音響探査機による各周波数における反射位置と地質、土質性状との関係は明確でなく、探査機による測定値のみで判定することはできない。従って、使用に当たっては、調査区域内の柱状採泥地点において、柱状採泥による堆積厚測定値と、探査機による測定値と照合し探査機による指示値が堆積泥中の何れの点であるかの確認（反射層の確認）を行う必要がある。

また、多周波音響探査機に使用する周波数よりもっと低い周波数を使用するものに、地層探査機といわれるものがある。低い周波数（3kHz 基準周波数）を使用して、水底深部まで探査するものであり、記録の解読は専門家によってなされ、土質の判定が行われる。図 2.2.16はその一例である。

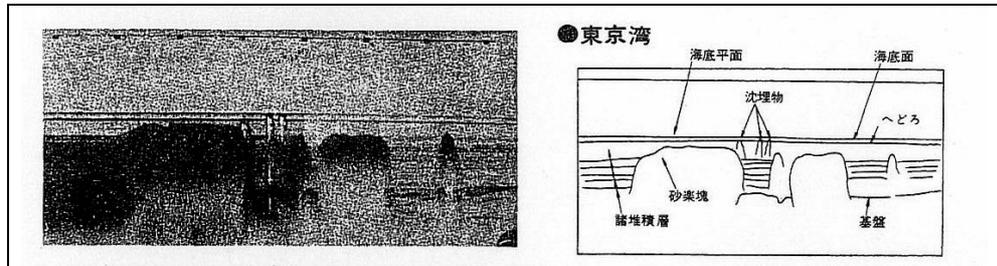


図 2.2.16 多周波音響探査機による記録例<sup>9)</sup>

## (3) 現地計測による底質平面分布の把握の可能性について

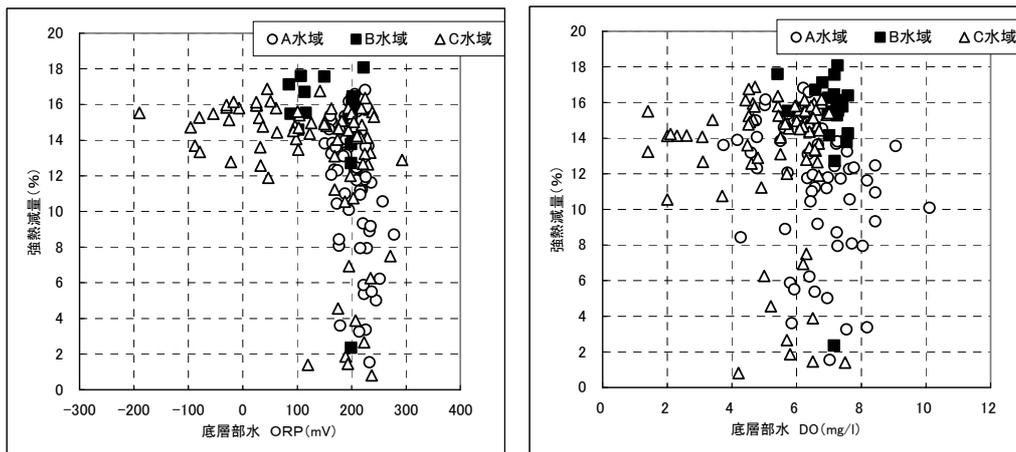
### 1) 底層水の現地計測

現地で簡易に計測できる底層水（底層水の ORP 及び DO の測定位置は、現地の湖底より 0.1m 上）の ORP 及び DO と底質の平面分布については、霞ヶ浦（西浦）における調査結果によると、底層水の ORP が 100mV 以下の箇所は、強熱減量が比較的高い値となり、また、底層水の DO が約 4mg/L 以下の箇所は、含水比、強熱減量、COD、TN が比較的高い値となっている。

これより、湖心で比較的高い有機物濃度が高いことを把握する基礎資料としては、底層水の ORP 及び DO のデータがある程度役立つものと考えられる。

なお、図 2.2.17を見ると、底泥の化学分析結果との関係性は、底層水の DO よりも ORP の方がより明確である。このため、底層水を調査する場合には、まず ORP を調査し、可能であれば DO の調査を追加することが好ましい。

ただし、底層水の状態から底泥平面分布を把握する際には、詳細の底質分布状況とは異なる可能性があることに留意する必要がある。



※ 底層部水のデータは現地の湖底より 0.1m 上の位置で計測したものである。  
 図 2.2.17 底層水の状態と底泥含有量濃度の関係（霞ヶ浦西浦 平成 15 年 6 月調査）

## 2) 底泥の現地計測

現地で簡易に計測できる底泥の ORP と底質の平面分布については、渡良瀬貯水池における調査結果によると、図 2.2.18 に示すとおり、干し上げを行うことにより底泥中の ORP が増加し、また、図 2.2.19 に示すとおり、 $PO_4\text{-P}$  の溶出速度が同時に低下する。これより、底泥の ORP が増加することと  $PO_4\text{-P}$  の溶出速度の低下には関わりがあり、底泥から水質への影響を把握するひとつの手段として底泥の ORP の調査があげられる。

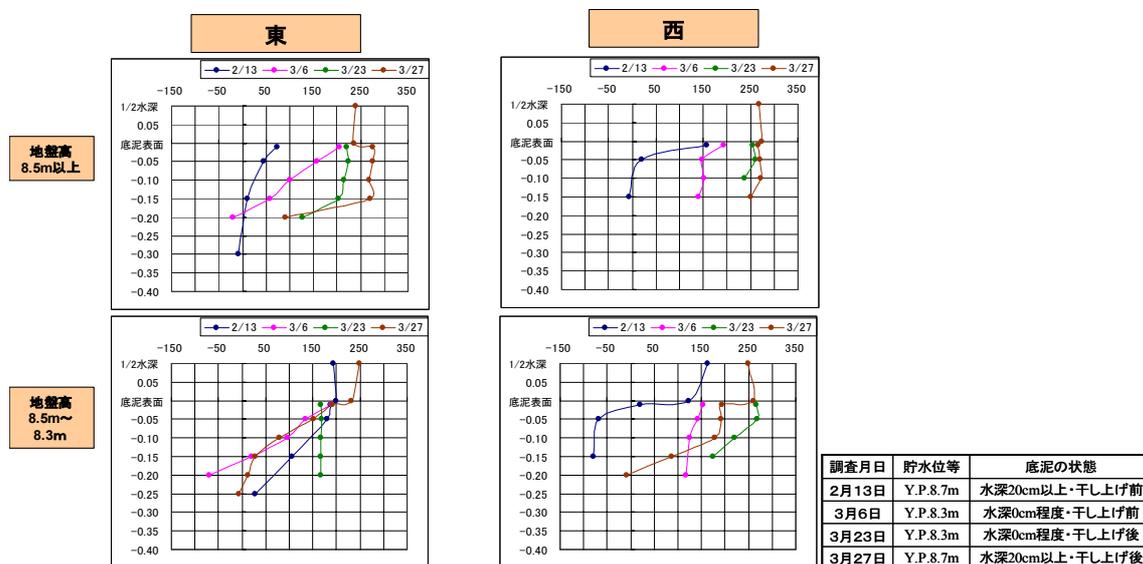


図 2.2.18 干し上げ前後の底泥及び直上水の ORP（渡良瀬貯水池）<sup>10)</sup>

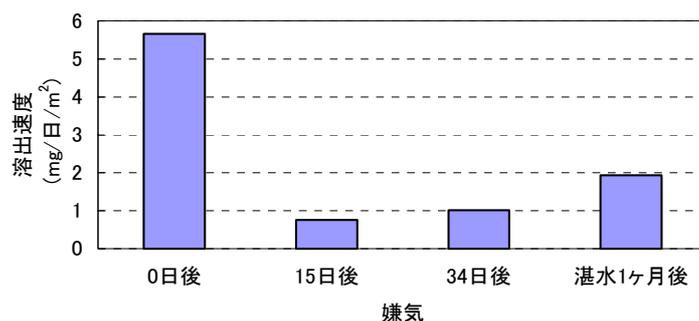


図 2.2.19 PO<sub>4</sub>-P 溶出速度の変化（渡良瀬貯水池 平成 16 年度）<sup>10)</sup>

## 2.3 底質調査の留意点

底泥含有量調査結果は、調査手法による結果の違いが小さいと考えられるため、経年的なデータとして活用可能と考えられる。ただし、サンプリング誤差や深度方向の濃度変化等により、結果に誤差やばらつきが生じる可能性がある。ここでは調査結果から分かる誤差やばらつきの例を示す。

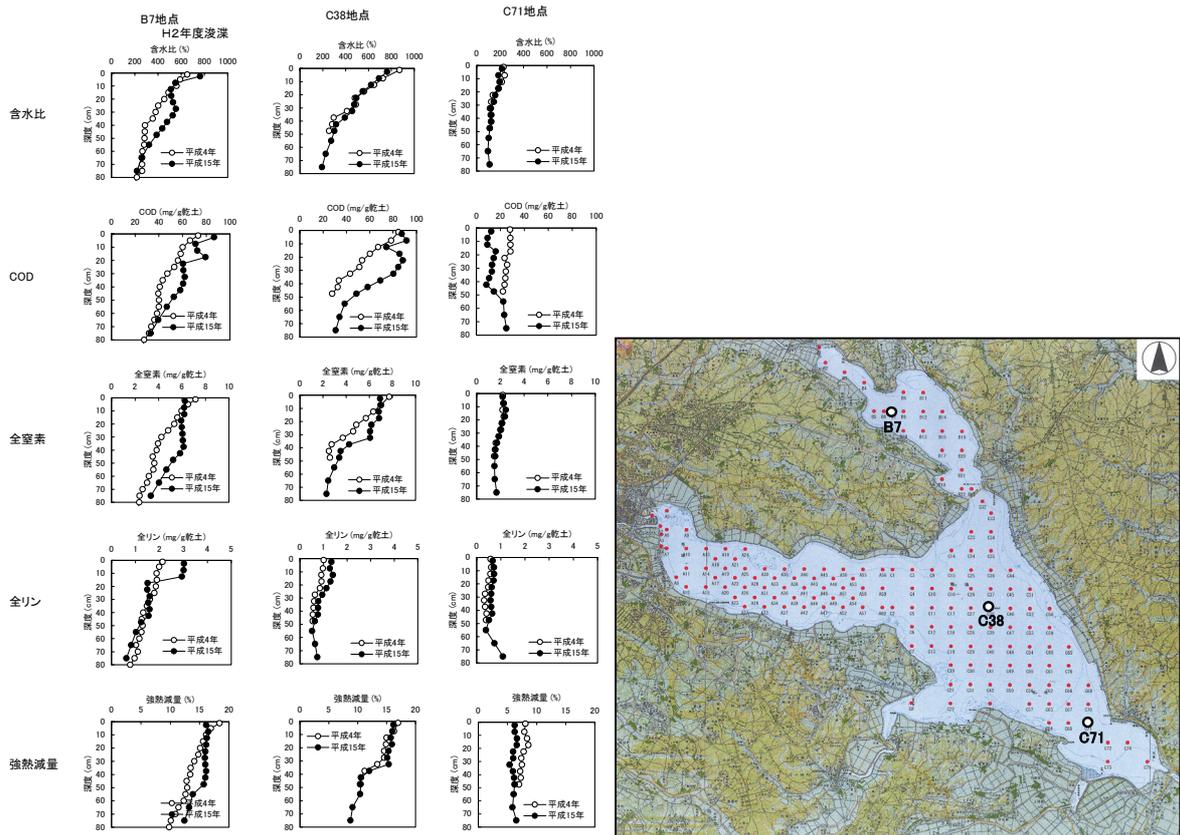
### 2.3.1 底泥鉛直方向の分布による底泥サンプリング誤差

エクマンバージでは、採取できる底泥の深度が底泥の性状（やわらかさ等）により異なりサンプリング誤差の原因となる。また、コアサンプリングでは、コアを底泥にさしこむときの摩擦や圧密により底泥が乱されることがあり、同様にサンプリング誤差の原因となる。これは特に細い径を用いた場合に起こりやすい。

鉛直方向の濃度変化が大きい場合にはサンプリング方法による誤差が比較的大きく、逆に、鉛直方向の濃度変化が小さく濃度がほぼ一様の場合にはサンプリング方法による誤差は比較的小さいものと考えられる。全国の湖沼の表層 5～10cm 程度の底泥性状は、鉛直方向におおむね同様の値を示す地点もあれば、鉛直方向に大きく変化する地点もあり、湖沼により注意を要する場合がある。

ところで、底質の経年的な変化によるばらつきについては、霞ヶ浦における平成 4 年と平成 15 年の底泥鉛直分布を見ると、結果には差異が見られる。これは、底泥の堆積、移動などの作用により経年的に底質が変化したためと考えられる。これより、10 年程度の期間を隔てると底泥の鉛直分布特性は異なっており、底泥鉛直分布の傾向は経年的に変化するものと考えられる。

このことから、底泥採取にあたっては、サンプリング誤差を念頭におき、あらかじめ、湖内の代表 1 地点または数地点について鉛直方向の分布を把握しておく必要がある。また、底泥鉛直方向の分布は、10 年程度の期間が経過すると変化するため、ローリング調査により多年度にわたり調査する場合にはその周期に留意する必要がある。



出典：霞ヶ浦底質調査業務報告書（平成 15 年 9 月）

図 2.3.1 霞ヶ浦における底泥含有量の鉛直分布

### 2.3.2 底泥の平面的なばらつき

霞ヶ浦での調査結果 (H15) によると、約 2km のメッシュ内での複数の調査地点での結果のばらつきは図 2.3.2のとおりである。

ばらつきが大きいブロックのほとんどは湖岸に近い調査地点を含む箇所であり（図中に○で示したブロック）、湖岸近傍には砂質の底泥が、沖には泥質の底泥が存在するために強熱減量のばらつきが大きいものと考えられる。

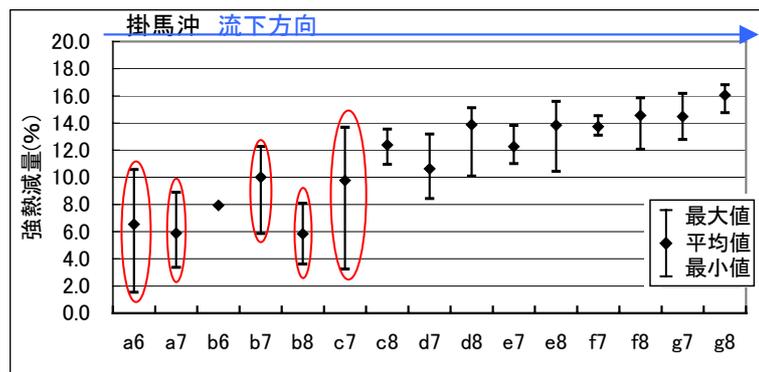


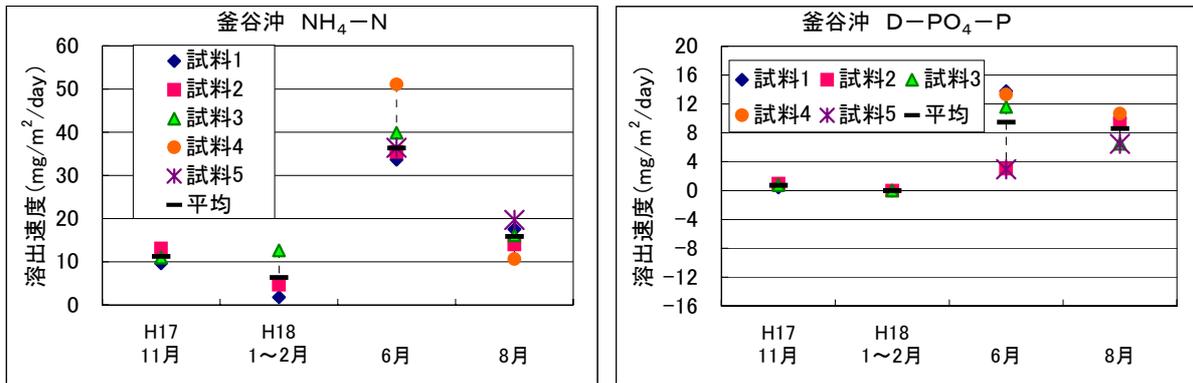
図 2.3.2 ブロック（2km メッシュ）ごとの強熱減量の分布（H15 年 霞ヶ浦）

### 2.3.3 底泥溶出速度実験結果のばらつき

霞ヶ浦での調査結果（H17～18）によると、底泥溶出速度の調査結果は、窒素、リンともに、水域の特性に応じて20～60%程度のばらつきがあると考えられる。結果の一部を図2.3.3に示す。底泥溶出速度をより正確に把握するためには、同一地点において複数の試料を用いた調査をすることが望ましい。

底泥溶出速度は時期により値が異なり、おおむね夏～秋期は大きい値を、冬～春期は小さい値を示す。このため、底泥溶出速度を実施するときには、水温条件の設定に留意する必要がある。なお、現地での溶出速度を再現するためには、現地の底層水温を把握し、実験条件とする必要がある。

底泥溶出速度が大きい時期にはそのばらつきも無視できないものとなる。同一地点における複数の試料を用いた調査を行う場合には、ばらつきの大きい夏～秋期の調査を優先させることが望ましい。



※試料1～試料5は、同一の調査日に、同一の地点で採取した試料による実験結果である

図 2.3.3 底泥溶出速度実験結果（霞ヶ浦 H17～18）

なお、現場において、DO濃度は0であるがNO<sub>3</sub>-Nが存在する場合、図2.3.4に示すように、嫌気状態での溶出試験においてPO<sub>4</sub>-Pの溶出速度が大きく変化することがある。これは、初期のNO<sub>3</sub>-N存在期間においてはPO<sub>4</sub>-Pの溶出が抑制されているが、脱窒によりNO<sub>3</sub>-N濃度が0となった後に、PO<sub>4</sub>-P溶出速度が増加したことによる。

このため、調査にあたっては、現場の条件に適合する範囲のデータを用いて、溶出速度を算出することが必要である。

また、脱窒は比較的速やかに進行することから、現場の状況も変わりやすいと考えられる。このため、現場底層水中のNO<sub>3</sub>-N濃度の変化に注意し、濃度が0となった場合には、再度、採水・採泥を行い、溶出試験を行うことが望ましい。

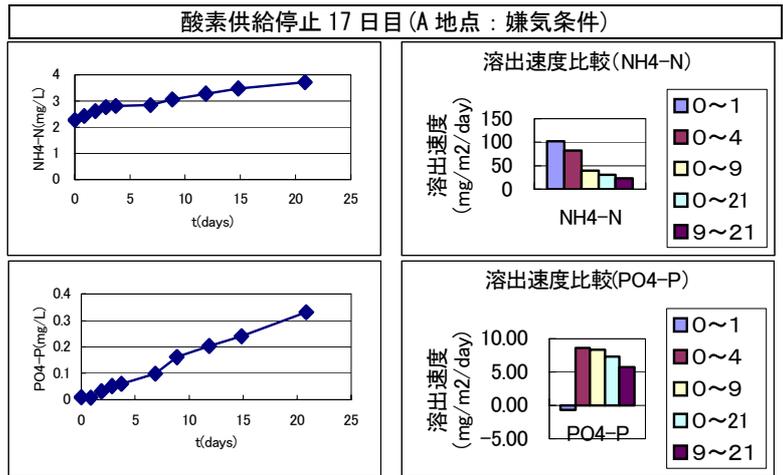


図 2.3.4 現場が無酸素かつ  $\text{NO}_3\text{-N}$  存在である底泥の嫌気溶出試験結果<sup>5)</sup>

また、現場が好気状態であり、溶出試験においても好気状態で測定を行う場合、図 2.3.5 に示すように、 $\text{PO}_4\text{-P}$  溶出速度が小さいことが影響して、溶出傾向が安定しないことがある。

このような場合、調査にあたっては、ある程度の期間の平均値として評価するか、または複数カラムを設置して、その平均で評価することが望ましい。

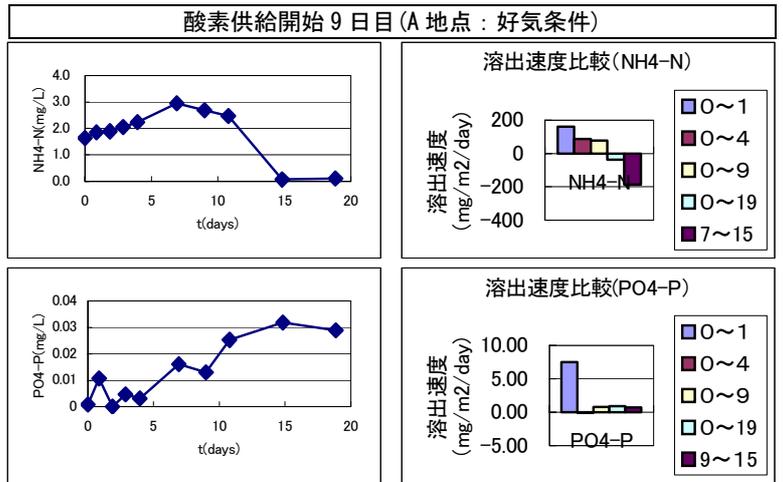


図 2.3.5 現場が好気状態である底泥の好気溶出試験結果<sup>5)</sup>

## 2.4 底質調査の組み立て方

湖沼の管理段階は、水質問題の発生していない状態（「Ⅰ．水質問題の顕在化前」）、及び水質汚濁が進行した状態（対策の実施有無により「Ⅱ．水質問題の顕在化後」または「Ⅲ．対策後」）に区分することができる。

底質管理段階のイメージを図 2.4.1 に示す。

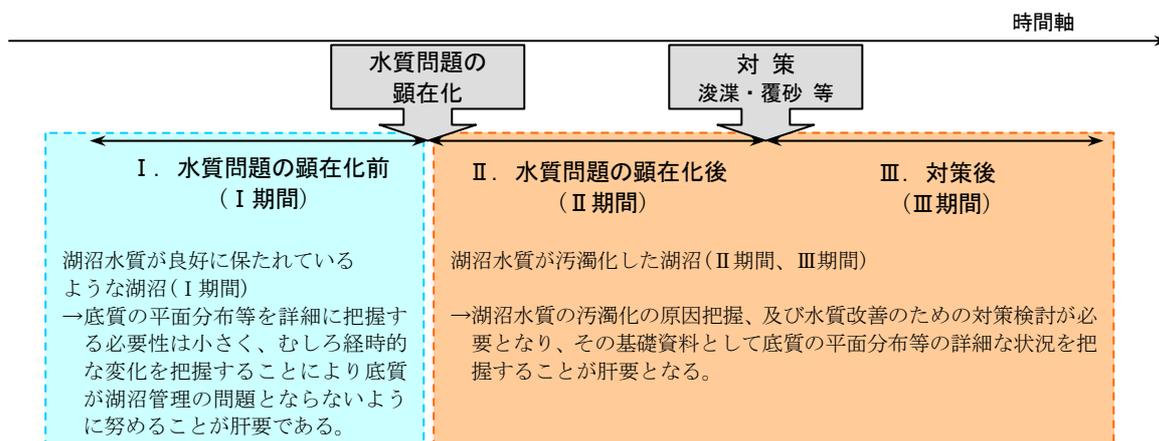


図 2.4.1 底質管理段階のイメージ

湖沼において実施すべき底質調査は、湖沼における底質の管理段階に応じて異なり、それぞれ以下のとおりとなると考えられる。

湖沼水質が良好に保たれているような湖沼（図 2.4.1 のⅠ期間に相当）においては、底質から水中への有機物や栄養塩類の溶出による湖沼水質への影響が比較的小さく、底質が湖沼管理上の問題となるようなことはない。このため、底質の平面分布を概略的に把握し、監視すべき水域や地点を絞った上で、その経時的な変化を把握し、底質の経時的な変化の有無をモニタリングすることが肝要である。

一方、湖沼水質が汚濁化した湖沼（図 2.4.1 のⅡ期間、Ⅲ期間に相当）においては、一般に、底質から水中への有機物や栄養塩類の溶出による湖沼水質への影響の度合いが大きく、底質の管理が湖沼管理上の課題の一つとなる。このような場合には、湖沼水質の汚濁化の原因把握、及び水質改善のための対策検討が必要となり、その基礎資料として底質の平面分布等の詳細な状況を把握することが肝要となる。

各底質管理段階において必要となる調査の目的及び調査内容について次ページ以降にとりまとめた。

表 2.4.1 底質管理の第 I 段階に相当する湖沼における底質調査の目的と内容

フロー	調査の目的と内容
<pre> graph TD     A[底質の監視] --&gt; B{水質問題の 顕在化※}     B -- No --&gt; A     B -- Yes --&gt; C[第Ⅱ段階へ]             </pre> <p>※水質問題が顕在化していなくても、流域からの汚濁流入や湖盆の地形等が特殊であり、既往の事例等から水質問題の顕在化が予期される場合には、必要に応じて“水質問題の原因分析”や“対象事業の実施”（予防的対策）に進むこととする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水質問題顕在化の有無の把握</li> <li>・ 水質問題が顕在化したときに基礎資料となる情報の蓄積</li> </ul> <p>→底質平面分布の状況把握調査 (表 2.4.4(1)参照)</p> <p>→底質経年変化の把握調査 (表 2.4.4(2)参照)</p>

注) 各調査の内容を表 2.4.4に示す。

表 2.4.2 底質管理の第Ⅱ段階に相当する湖沼における底質調査の目的と内容

フロー	調査の目的と内容
<pre> graph TD     Start[第Ⅱ段階 START] --&gt; Monitor[底質の監視]     Monitor --&gt; Decision1{新たな水質問題の顕在化*}     Decision1 -- No --&gt; Monitor     Decision1 -- Yes --&gt; Cause[水質問題の原因分析]     Cause --&gt; Decision2{シミュレーションによる検討の必要性の判断}     Decision2 -- No --&gt; Decision3{底質対策の必要性の判断}     Decision2 -- Yes --&gt; Sim[シミュレーションモデルによる予測]     Sim --&gt; Decision3     Decision3 -- No --&gt; Monitor     Decision3 -- Yes --&gt; Stage3[第Ⅲ段階へ]     </pre> <p>※水質問題が顕在化していなくても、流域からの汚濁流入や湖盆の地形等が特殊であり、既往の事例等から水質問題の顕在化が予期される場合には、必要に応じて“水質問題の原因分析”や“対象事業の実施”（予防的対策）に進むこととする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水質問題顕在化の有無の把握</li> <li>水質問題が顕在化したときに基礎資料となる情報の蓄積</li> </ul> <p>→底質平面分布状況の把握調査 (表 2.4.4(1)参照)</p> <p>→底質経年変化の把握調査 (表 2.4.4(2)参照)</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>顕在化した水質問題の動向把握</li> </ul> <p>→底質経年変化の把握調査 (表 2.4.4(2)参照)</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>水質問題の原因となる水域の特定</li> </ul> <p>→底質平面分布状況の経年調査 (表 2.4.4(3)参照)</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>水質問題への底質の寄与度の把握</li> </ul> <p>→底質寄与度の概略把握調査 (表 2.4.4(4)参照)</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>底泥溶出速度の把握</li> <li>環境条件や底質濃度による底泥溶出速度の変化の定式化</li> </ul> <p>→底質寄与度の詳細把握調査 (表 2.4.4(5)参照)</p>

注) 各調査の内容を表 2.4.4に示す。

表 2.4.3 底質管理の第Ⅱ～Ⅲ段階、または第Ⅲ段階に相当する湖沼における底質調査の目的と内容

フロー	調査の目的と内容
<pre> graph TD     Start[第Ⅲ段階 START] --&gt; Monitor[底質の監視]     Monitor --&gt; Detect{新たな水質問題の顕在化※}     Detect -- No --&gt; Monitor     Detect -- Yes --&gt; Analyze[水質問題の原因分析]     Analyze --&gt; Simu{シミュレーションによる 検討の必要性の判断}     Simu -- No --&gt; Measure{底質対策の 必要性の判断}     Simu -- Yes --&gt; Measure     Measure -- No --&gt; Monitor     Measure -- Yes --&gt; Plan[対策事業の検討]     Plan --&gt; Implement[対策事業の実施]     Implement --&gt; MonitorEff[事業の効果の モニタリング]     MonitorEff --&gt; Eval{十分な効果の現れ (問題の解決)}     Eval -- No --&gt; Analyze     Eval -- Yes --&gt; Next[第Ⅰ段階へ]     </pre>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水質問題顕在化の有無の把握</li> <li>水質問題が顕在化したときに基礎資料となる情報の蓄積</li> </ul> <p>→底質平面分布状況の把握調査 (表 2.4.4(1) 参照)</p> <p>→底質経年変化の把握調査 (表 2.4.4(2) 参照)</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>顕在化した水質問題の動向把握</li> </ul> <p>→底質経年変化の把握調査 (表 2.4.4(2) 参照)</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>水質問題の原因となる水域の特定</li> </ul> <p>→底質平面分布状況の経年調査 (表 2.4.4(3) 参照)</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>水質問題への底質の寄与度の把握</li> </ul> <p>→底質寄与度の概略把握調査 (表 2.4.4(4) 参照)</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>底泥溶出速度の把握</li> <li>環境条件や底質濃度による底泥溶出速度の変化の定式化</li> </ul> <p>→底質寄与度の詳細把握調査 (表 2.4.4(5) 参照)</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>底泥浄化事業規模の決定 (例) 浚渫深度及び浚渫範囲の決定</li> </ul> <p>→事業規模の検討調査 (表 2.4.4(6) 参照)</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>事業実施に伴う発生土砂の利用計画</li> </ul> <p>→発生土砂の性状調査 (表 2.4.4(7) 参照)</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>事業実施による底泥溶出速度や、底質濃度の変化を把握</li> </ul> <p>→事業効果の把握調査 (表 2.4.4(8) 参照)</p>
<p>※水質問題が顕在化していなくても、流域からの汚濁流入や湖盆の地形等が特殊であり、既往の事例等から水質問題の顕在化が予期される場合には、必要に応じて“水質問題の原因分析”や“対象事業の実施”（予防的対策）に進むこととする。</p>	

注) 各調査の内容を表 2.4.4に示す。

表 2.4.4(1) 調査の目的と調査内容（底質平面分布状況の把握調査）

底質平面分布状況の把握調査	
目的	水質問題顕在化の有無の把握 水質問題が顕在化したときに基礎資料となる情報の蓄積
調査地点	湖心、流入部、流出部、閉鎖性の高い水域等に地点を配置（ただし地点間隔は湖沼の大きさ等により個別に設定する）
調査項目	観測項目（粒度分布、泥色、泥臭、pH、ORP 等）、底質濃度（強熱減量、TP 等）、底層水の DO, ORP, 汽水湖においては塩分濃度
調査頻度	必要に応じて実施（第 1 段階では少なくとも 1 回）
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査（底質平面分布）は、底質の経年的な変化傾向が認められた時、または底質項目間の相関性に変化が見られた時に調査を実施する。</li> <li>過去の調査結果が十分にある場合は、調査項目の一部を省略し、予測式により平面分布を推定できる可能性がある。</li> </ul>

表 2.4.4(2) 調査の目的と調査内容（底質経年変化の把握調査）

底質経年変化の把握調査	
目的	水質問題顕在化の有無の把握 水質問題が顕在化したときに基礎資料となる情報の蓄積 Ⅱ～Ⅲ段階では、顕在化した水質問題の動向把握
調査地点	湖沼で代表性のある地点（最深部、流入部、底質悪化のしやすい地点）。 Ⅱ～Ⅲ段階では、水質問題の原因と考えられる水域で代表性のある地点を追加。
調査項目	観測項目（粒度分布、泥色、泥臭、pH、ORP 等）、底質濃度（強熱減量、TOC、COD、TN、TP、硫化物）、底層水の DO, ORP
調査頻度	年 1 回程度（夏季が望ましい）
備考	

表 2.4.4(3) 調査の目的と調査内容（底質平面分布状況の経年調査）

底質平面分布状況の経年調査	
目的	水質問題の原因となる水域の特定
調査地点	湖心、流入部、流出部、閉鎖性の高い水域等に地点を配置（ただし地点間隔は湖沼の大きさ等により個別に設定する）
調査項目	観測項目（粒度分布、泥色、泥臭、pH、ORP 等）、底質濃度（強熱減量、TOC、COD、TN、TP、硫化物）、底層水の DO、ORP
調査頻度	必要に応じて実施
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>過去の調査結果が十分にある場合は、調査項目の一部を省略し、予測式により平面分布を推定できる可能性がある。</li> <li>なお、既に水質問題が発現している場合は、水質調査結果より原因となる水域が特定されることもあり得る。</li> </ul>

表 2.4.4(4) 調査の目的と調査内容（底質寄与度の概略把握調査）

底質寄与度の概略把握調査	
目的	水質問題への底質の寄与度の把握
調査地点	代表性のある地点（最深部、流入部、底質悪化のしやすい地点）
調査項目	底泥溶出速度、堆積速度、底層水の DO、ORP
調査頻度	必要に応じて実施
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>底泥溶出速度の実験条件設定は、水質問題が顕在化したときの現地条件に合わせて設定する。</li> <li>底質鉛直方向の堆積年代測定により堆積速度を推定する。</li> </ul>

表 2.4.4(5) 調査の目的と調査内容（底質寄与度の詳細把握調査）

底質寄与度の詳細把握調査	
目的	底泥溶出速度の把握 環境条件や底質濃度による底泥溶出速度の変化の定式化
調査地点	代表性のある地点 （なお、事前に塩分濃度、含水比、DO などの平面分布を把握した上で設定することが望ましい。また、シミュレーションモデルでの水域分割を参考とする）
調査項目	底泥溶出速度及びその環境条件（底質濃度、水温、DO）による変化特性（窒素、リンなど） 底質濃度（COD、TN、TP、強熱減量）、底層水の DO、ORP DO 消費速度及びその環境条件による変化特性
調査頻度	必要に応じて実施
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>シミュレーションモデルによる検討では、底質濃度、水温、DO 条件により溶出速度が変化するとして定式化されている例が多い。調査においては、シミュレーションモデルでの溶出速度の与え方に応じて、底質濃度の異なる複数の調査地点、及び水温や DO を複数ケース設定した実験を実施することが望ましい。</li> </ul>

表 2.4.4(6) 調査の目的と調査内容（事業規模の検討調査）

事業規模の検討調査	
目的	底泥浄化事業規模の決定 例) 浚渫深度及び浚渫範囲の決定
調査地点	メッシュ状に配置(ただし調査対象水域は対策事業の対象水域のみとする)
調査項目	観測項目(粒度分布, 泥色, 泥臭, pH, ORP 等), 底質濃度(強熱減量, TOC, COD, TN, TP, 硫化物)、底泥溶出速度(窒素、リンなど)
調査頻度	必要に応じて実施
備考	・底泥鉛直方向の調査は、浚渫深度の決定のために必要となる。調査項目は既往調査の結果を用いて項目間の相関を把握することにより、削減できる可能性がある。

表 2.4.4(7) 調査の目的と調査内容（発生土砂の性状調査）

発生土砂の性状調査	
目的	事業実施に伴う発生土砂の利用計画
調査地点	対策事業対象水域の代表地点
調査項目	底質濃度(重金属など、利用目的に応じた必要項目)
調査頻度	必要に応じて実施
備考	・浚渫土の処分、有効利用に係る基準には「水底の土砂に係る判定基準」、「産業廃棄物に係る判定基準」、「土壌の汚染に係る環境基準」がある。

表 2.4.4(8) 調査の目的と調査内容（事業効果の把握調査）

事業効果の把握調査	
目的	事業実施による底泥溶出速度や底質濃度の変化の把握 対策事業の見直し
調査地点	代表性のある地点
調査項目	底泥溶出速度(窒素、リンなど)、観測項目(粒度分布, 泥色, 泥臭, pH, ORP 等), 底質濃度(強熱減量, TOC, COD, TN, TP, 硫化物)、DO消費速度、底層水のDO, ORP
調査頻度	年1回程度
備考	・比較のしかた: 事業実施区域と未実施区域の比較 または、事業実施前後の比較 ・底質の監視のための調査結果も合わせて整理し、対策効果を把握するための参考とする。

### 第 3 章 湖沼底質の調査方法

底質調査方法に関する参考文献の一覧を表 2.4.1 に示す。本章では、底質調査方法を統一するため、主に参考文献に明記されていない事項について、推奨する調査手法をとりまとめた。

なお、本章に記載のない個々の底質調査方法の詳細については、表 2.4.1 に示す参考文献を参照されたい。

また、各調査結果のとりまとめにおいては、将来結果の再整理ができるように、野帳も含むデータを記録、保管することが望ましい。

表 2.4.1 底質調査方法に関する参考文献

	参 考 文 献
含有量調査	「底質の調査・試験マニュアル」 (平成 15 年 底質浄化協会) 「河川水質調査要領 (案) 参考資料」 (平成 17 年 国土交通省河川局河川環境課) * 「地球環境調査計測事典」 (平成 15 年 フジ・テクノシステム) * 「ダイオキシン類に係る底質調査測定マニュアル」 (平成 20 年 3 月 環境省水・大気環境局水環境課) * 「河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル」 (平成 20 年 4 月 国土交通省河川局河川環境課)
底泥溶出速度実験	「底質の調査・試験マニュアル」 (平成 15 年 底質浄化協会) 「河川水質調査要領 (案) 参考資料」 (平成 17 年 国土交通省河川局河川環境課) * 「地球環境調査計測事典」 (平成 15 年 フジ・テクノシステム) *
酸素消費実験	「河川水質調査要領 (案) 参考資料」 (平成 17 年 国土交通省河川局河川環境課) 「地球環境調査計測事典」 (平成 15 年 フジ・テクノシステム) *
巻き上げ量調査	
沈降量調査	「地球環境調査計測事典」 (平成 15 年 フジ・テクノシステム)
ベントス量調査	「地球環境調査計測事典」 (平成 15 年 フジ・テクノシステム)
備 考	「環境工学公式・モデル・数値集」 (平成 16 年 土木学会環境工学委員会) 公式、及びモデル化における考え方等

\*) 詳細の記述はないものの、試料採取、調査項目の設定など一部の情報が盛り込まれていることを示す。

### 3.1 簡易調査

簡易調査は、簡易な指標（泥色、泥臭等）を多地点で観測することにより、湖沼底質の平面分布を概ね網羅的に把握する調査である。簡易調査は、平成 20 年度に全国の 5 湖沼（網走湖、小川原湖、霞ヶ浦、琵琶湖、中海・宍道湖）において試験的に実施された。H20 底質統一簡易調査結果を踏まえ、今後望まれる調査手法は以下のとおりである。

#### 3.1.1 試料採取

##### (1) 底質

コアサンプル 1 本（内径 4～10cm 程度）を採取する。コアサンプルの採泥方法は、柱状採泥器を用いた船上からの採取を基本とする。ただし、柱状採泥器による採取が困難な場合は、採泥方法を明記した上でエクマンバージ採泥器等による採泥を行う。

なお、コアサンプルの採泥は潜水土による採泥を否定するものではない。

##### (2) 水質

水質項目の分析は、いずれも現地でのポータブル水質測定器による測定とする。採水は特に実施しない。



出典：  
離合社パンフ  
レット

図 3.1.1 柱状採泥器の一例

### 3.1.2 調査項目

泥色、泥臭、粒度、表泥の ORP、水質鉛直分布（水温、D0、塩分、pH、濁度、クロロフィル a）を現地で観測する。

### 3.1.3 観測方法

観測は、いずれも現地で行う。各項目の観測・記録方法は以下のとおりである。

#### (1) 泥色

泥色は、図 3.1.2 に示す「新版 標準土色帖（農林水産省農林水産技術会議事務局監修）」の「7.5Y」及び「2.5GY」の 2 枚のチャートの色見本を参考に、Munsell 表示（「7.5Y3/1」等）及び土色名（「オリーブ黒」等）を記録する。なお、泥色の判別は、水の透視度の測定方法と同様に、太陽を背にするなど直射日光を避けた状態で行う。

また、試料をバットに入れ、色見本を並べデジタルカメラで撮影する。

なお、泥色は、「土色計」により測定し記録する手法もある。

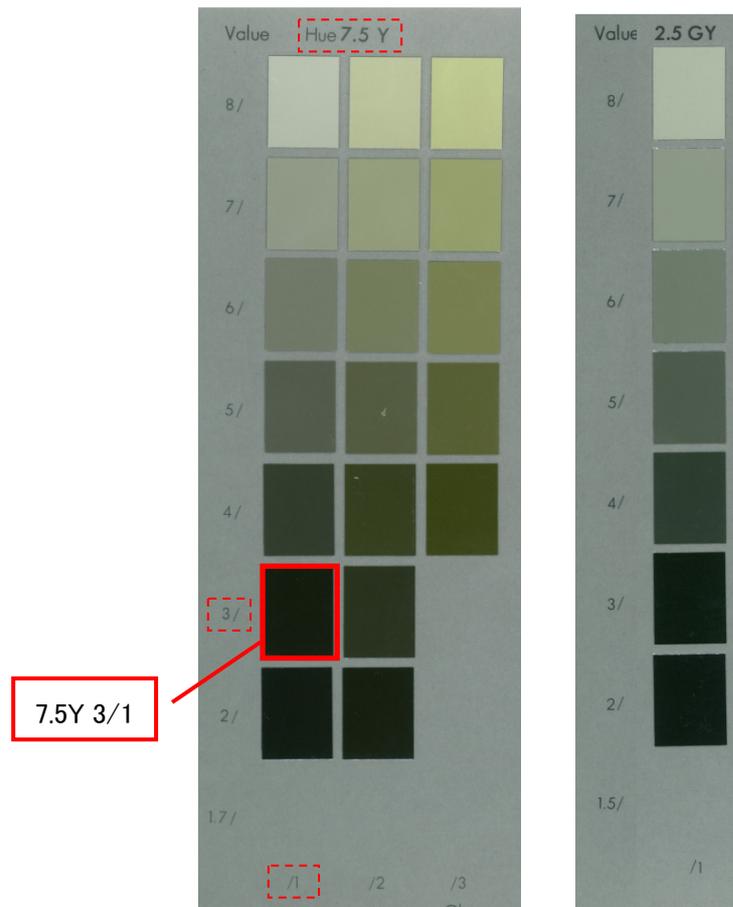


図 3.1.2 標準土色帖のチャート（7.5Y 及び 2.5GY）

**参考** 使用するチャートについて

「新版 標準土色帖(農林水産省農林水産技術会議事務局監修)」には色みの異なる 10 枚以上のチャートが掲載されている。H20 底質統一簡易調査によると、色みと強熱減量、TN 及び TP との関係性が小さかったため、現地作業の単純化のために、「色み」の記録を簡素化し、具体的に H20 底質統一簡易調査結果でデータ数の多かった「7.5Y」及び「2.5GY」の 2 枚のチャート(色み)を使用することとした。

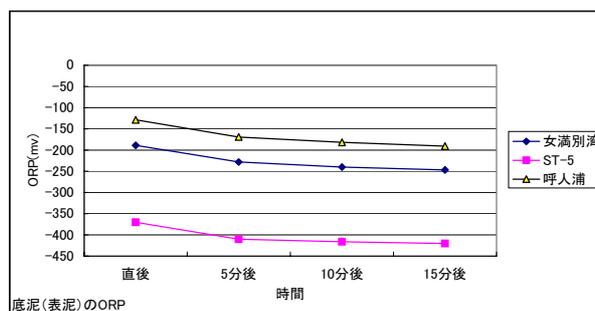
**(2) 表泥の ORP**

表泥の ORP は、現地でポータブル計測器により計測する。具体的には、採取後、泥が空気に触れないように、コアサンプルの採取したままの状態(水を抜かない状態)の表泥にセンサーを 1cm 程度浸した後、5 分程おいて数値が安定してから結果を記録する。

エクマンバージ採泥器等により試料を採取した場合は、試料をバットに移し、表泥にセンサーを 1cm 程度浸した後、5 分程おいて数値が安定してから結果を記録する。

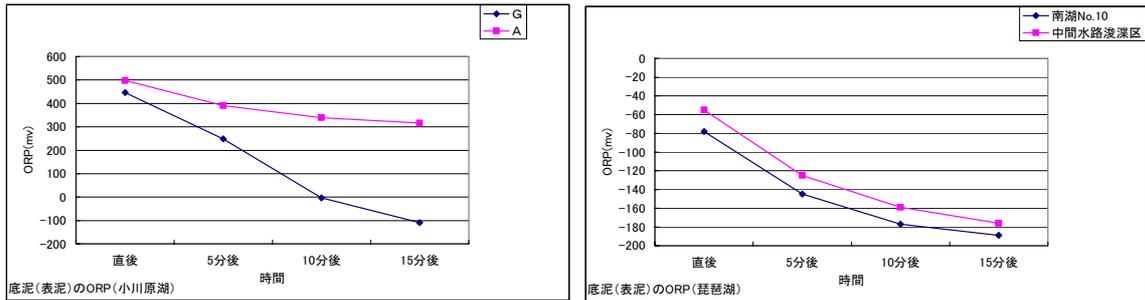
**参考** 測定開始してからの経過時間と ORP の測定値

ORP の測定値は、測定開始(センサーを試料に浸す)後、しばらくの間は安定しないことが過去の調査結果から明らかとなっている。図 3.1.3 及び図 3.1.4 に示すとおり、測定値が安定するのは測定開始からおおよそ 10 分後である。しかしながら、ここでは現地観測の作業性を考慮し、測定開始から 5 分後を目安として、ORP の測定値を読み取り記録することとした。



出典：H19 底質統一調査結果

図 3.1.3 表泥の ORP の経時変化(網走湖)



出典：H19 底質統一調査結果

図 3.1.4 表泥の ORP の経時変化（小川原湖、琵琶湖）

### (3) 泥臭

泥臭は、表 3.1.1 に示す分類を参考に、「泥臭の種類」をひとつ選定し、その名称を記録する。また、泥臭の強さ（強、弱、微）についても「強〇〇臭」、「弱〇〇臭」、「微〇〇臭」のように記載する。

表 3.1.1 底泥の泥臭分類

臭気の大分類	臭気の種類
(0)無臭	無臭
(1)植物性臭気	藻臭、海草臭、わかめ等のおいなど
(2)土臭、かび臭	土臭、土臭いにおい、ドブ臭など
(3)硫化水素臭	硫化水素臭、硫黄臭、腐敗臭、たまごの腐ったようなにおいなど
(4)その他	具体的に記録

#### 参考 泥臭分類について

表 3.1.1 に示す底泥の泥臭分類は、「JIS K 0102（工場排水試験方法）」による臭気の種類を基本とし、H20 底質統一簡易調査結果により実際の調査結果として記録されなかった臭気の種類を削除または統合し、分類を再構成した。なお、JIS K 0102（工場排水試験方法）による臭気分類の1つである「腐敗臭」は「硫化水素臭」と同一ととらえ、「硫化水素臭」に統合することとした。

参考までに、H20 底質統一簡易調査による泥臭の調査結果を表 3.1.2 に示す。

表 3.1.2 H2O 底質統一簡易調査での泥臭の調査結果 (参 考)

臭気の大分類	臭気の種類	H2O調査結果	
		データ数	臭気の種類
(0)無臭	無臭	3	無臭
(1)芳香性臭気	メロン臭、すみれ臭、きゅうり臭、芳香族な	0	
(2)植物性臭気	藻臭、青草臭、木材臭、海草臭など	5	わかめ等のにおい、海草臭、藻臭
(3)土臭、かび臭	土臭、沼沢臭、かび臭、(ドブ臭)など	56	土臭、土くさいにおい、ドブ臭、泥臭
(4)魚貝臭	魚臭、肝油臭、はまぐり臭など	0	
(5)薬品性臭気	フェノール臭、タール臭、油臭、油脂臭、パラフィン臭、塩素臭、硫化水素臭、クロロフェノール臭、薬局臭、薬品臭など	24	たまごの腐ったような臭い、硫化水素臭、硫黄臭
(6)金属性臭気	かなげ臭、金属臭など	0	
(7)腐敗性臭気	ちゅうかい臭、下水臭、豚小屋臭、腐敗臭	8	腐敗臭
	合 計	96	-

※臭気の大分類及び臭気の種類は、「JIS K 0102 (工場排水試験方法)」による臭気分類である。

#### (4) 粒度

粒度は、以下に示すスリツブシ試験により、砂分、シルト分、粘土分の存在を確認し、記録する。スリツブシ試験により、砂分、シルト分、粘土分のうち2つ以上が確認された場合は、その割合の高いものから順に判別し、たとえば砂とシルトの2種類が存在していてシルトの割合が最も高い場合には「砂混じりシルト」と記録する。

なお、細砂、シルト、粘土のサンプル（見本）を現地調査時に携帯しておく大変参考となる。

##### スリツブシ試験

砂分、シルト分、粘土分の割合を見積もるために行う。少量の試料を指の間ですりつぶすが、必要があれば水の中で行う。ざらざらしたり、きしんで引っかかる感じにより砂分の存在が分かる。この操作で判別しにくい場合は、この試験を耳のそばで行うか、歯で行えば、砂はきしむのではっきりわかる。

粘土質の土はさわった感じがぬるぬるして、指にくっついて離れない。かわいた状態では洗わない限り落とせない。

シルト質の土は、さわるとやわらかくて粉のような感じがする。指についた土は、かわいた状態でたやすく落とすことができる。

出典：「土質試験法」（第1回改訂版）土質工学会編

##### 参考

H2O 底質統一簡易調査では、粒度と他項目との一定の関係性は見られたものの、TN 及び TP に対しては粒度の粗いほうが大きい傾向を示すなど、底質に関する知見と必ずしも合致しなかった。現状では現地作業による粒度の把握手法としてスリツブシ試験に代わる有用なものは見つかっていない。粒度を簡易に調査する場合はスリツブシ試験が考えられるが、スリツブシ試験により粒度を適切に把握することは困難と考えられる。

参考までに、H2O 底質統一簡易調査でのレーザー回折法による粒度分布測定結果及びスリツブシ試験による粒度の観測結果を表 3.1.3及び図 3.1.5に示す。

スリツブシ試験による調査結果は、7 サンプル中 5 サンプルで「5.シルト」となっており、

サンプル間の差は小さい。

しかしながら、小川原湖G地点は、スリツブシ試験により「1.有機質シルト」と表現されており、レーザー回折法での調査結果で比較的粒径が大きい（50%粒径で22 $\mu$ m程度）ことを反映している。

小川原湖G地点以外については、スリツブシ試験により「4.粘土混じりシルト」（琵琶湖）、または「5.シルト」（網走湖St.5・霞ヶ浦W5・霞ヶ浦N5・中海湖心・宍道湖）と表現されている。「4.粘土混じりシルト」と「5.シルト」の差は、レーザー回折法での調査結果とうまく整合しないものの、いずれも「1.有機質シルト」とは異なるという意味でレーザー回折法での調査結果をよく反映している。

表 3.1.3 スリツブシ試験による粒度の観測結果（各湖の湖心）

	粒度の指標	備考
網走湖St.5	5	シルト
小川原湖G	1	有機質シルト
霞ヶ浦W5	5	シルト
霞ヶ浦N5	5	シルト
琵琶湖St.10	4	粘土混じりシルト
中海湖心	5	シルト
宍道湖No.3	5	シルト

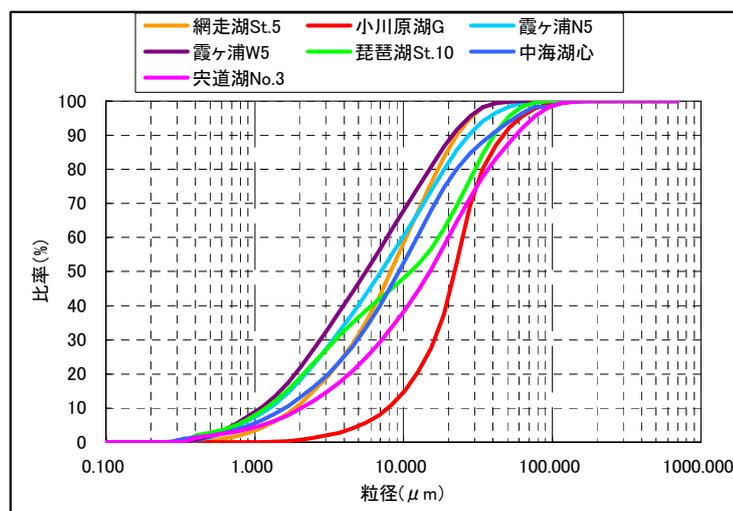


図 3.1.5 レーザー回折法による粒度分布の分析結果（各湖の湖心）

### 3.1.4 観測野帳（例）

観測結果の記録に使用する野帳の例を以下に示す。

表 3.1.4(1) 観測野帳の例（基本項目及び観測項目（底質））

湖沼名		〇〇湖			
現地観測項目等記入表					
項目\調査地点名		St.〇		備考	
基本項目	採取年月日	-	平成 年 月 日		
	採取時刻	-			
	採泥方法		柱状採泥器・その他(具体的に )		
	天候	-			
	気温	℃			
	水深	m			
(柱状試料) 簡易項目等	底泥のORP	mV		水を抜かずにセンサの感知部(約1cm)を表泥に浸してから5分後を目安として記録	
	柱状試料写真撮影	-	<input type="checkbox"/>	アクリル管の表泥0~10cm範囲を撮影	
	混合試料写真撮影	-	<input type="checkbox"/>	バットに入れた状態で撮影	
	泥色	マンセル表示			「標準土色帖」を参考に記録
		色名			同上
	泥温	℃			
	泥臭	臭いの強さ			
		臭いの種類			「臭気の種類」を参考に記録
粒度	-				
備考					

注1) 網掛けの部分に記入する。  
注2) 表中の□は、写真撮影を行ったらチェックを記入する。

表 3.1.4(2) 観測野帳の例 (観測項目(水質))

湖沼名		〇〇湖						
現地観測項目等記入表								
項目\調査地点名		St.〇						
水深	m	塩分濃度	DO	水温	pH	濁度	クロロフィルa	備考
		‰(パーミル)	mg/L	℃	-	度	μg/L	
0.5	m							水深0.5m、1m、2m、以降1mピッチで測定する。
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
	m							
備考								

簡易項目(水質)

最深測定深度は底泥上0.5mの位置とし、その水深及び水質測定結果を記録する。  
例)

●は水質測定位置

注1) 網掛けの部分に記入する。  
 注2) いずれもポータブル水質測定器による測定結果を記入する。  
 注3) 測定深度は、水深0.5m、1m、2m、以降1mピッチとし、最深深度は底泥上0.5mの位置とする。  
 なお、水深3m未満の地点では、水面下0.5m、中層、底泥上0.5mの3層とする。

## 3.2 含有量調査

### 3.2.1 試料採取

試料の採取方法は、底質・水質ともに簡易調査に準ずる。

なお、コアサンプル1本ではサンプル量が不足する場合、必要に応じて複数本のコアサンプルを採取する。

### 3.2.2 分析項目

分析項目は、「2.4節 底質調査の組み立て方」を参考に選定する。

### 3.2.3 分析方法

個々の項目の分析方法は、表 2.4.1に示す参考文献を参照されたい。

なお、各分析項目の概要は表 3.2.1に示すとおりである。

表 3.2.1 各分析項目の概要

	概 要
強熱減量	試料を空气中で強熱したときの重量の減少量であり、通常、重量百分率で表わされる。有機物指標のひとつである。貝殻などの存在によって測定値が高くなる場合がある。
TOC	全有機炭素(total organic carbon)の略で、底泥に含まれる有機物中の炭素量のことである。有機物指標のひとつである。
COD	底泥を酸化剤で分解する際に消費される酸化剤の量を酸素量に換算したもので、有機物指標のひとつである。二価鉄や亜硝酸塩などの存在によって測定値が高くなる場合がある。
TN (KN) <sup>※</sup>	底泥に含有する窒素の量である。底泥中から水中への回帰等により、閉鎖性水域の富栄養化に関わっていると考えられる。
TP	底泥に含有するリンの量である。底泥中から水中への回帰等により、閉鎖性水域の富栄養化に関わっていると考えられる。
硫化物	底泥に含有する硫化物の量である。通常、海水に含まれる硫黄分由来のもので、閉鎖性水域での汚濁指標となる。

※KN（ケルダール窒素）は有機態窒素及びアンモニア態窒素の合計である。一般的な底質分析方法では、厳密にはKN（ケルダール窒素）を計測しているが、数値としてはおおむねTN（全窒素）と読み替えても問題ない。

### 3.3 底泥溶出速度実験

#### 3.3.1 室内実験方法

室内実験方法は、基本的に「底質の調査・試験マニュアル 改定第三版」（平成15年3月 底質浄化協会）の記載内容に準ずる。ただし、当該マニュアルに明記されていない事項については、下記のとおりを実施する。

##### ◆留意事項1:直上水のろ過について

溶出実験に使用する直上水に懸濁物が含まれている場合、ろ過して使用する事例が報告されている。こうした場合、溶出実験に使用する直上水をろ過して使用した方が溶出量は安定する事も知られている。しかしながら、溶出試験条件を統一する観点から、調査目的を浮泥等による影響も含んだ溶出速度の測定と位置づけ、直上水はろ過せずに用いることを基本とする。過年度調査との比較など直上水のろ過処理を実施した場合は、調査報告書に明記しておく。

なお、ろ過しないことの影響として、現地採取から室内実験開始までにカラム内で溶出が進むことが想定される。この場合、室内実験開始時（0日目）の直上水濃度は現地濃度より高くなる。このため、I-Nの溶出速度算定期間は溶出実験期間のなるべく初期に近い期間を選定したほうがよい。また、 $PO_4\text{-P}$ については、既往調査結果において0～1日目の溶出量が安定しない例が多く見られることから、そうした場合は、0～1日目を予備期間として取り扱うことが必要である。

##### ◆留意事項2:運搬時の設定温度について

採取したカラムは、運搬時の水質や微生物活性状況の変化を最小限とするため、速やかに実験室へ運搬し、室内溶出実験を開始する。

運搬時の設定温度は、現地での泥温、実験時の設定温度、及び実験開始までに要する時間により、個別に判断する必要がある。

- ・採取したカラム内での微生物の活性状況を現地と同様とするため、運搬時の設定温度は、基本的に、現地での泥温とほぼ同一とすることが望ましい。
- ・ただし、実験開始までに数日を要するような場合は、微生物の活動や底泥からの溶出によりカラム内の水質・底質が変化すると考えられるため、冷蔵運搬とするほうが良い。
  - 例1：夏期調査の場合など、水深の大きい地点で採取した底泥は、泥温が低いため採泥時と同一条件とするため冷蔵して運搬する必要がある。一方、浅い地点で採取した底泥は、現地条件とほぼ同一とする意味で常温で運搬する方が良い。
  - 例2：現地の泥温が20℃程度、実験時の設定温度が20℃であっても、採泥から数日後に実験を開始する場合、カラム内の水質・底質変化を最小限とするため、冷蔵での運搬が良い。

なお、実験時の設定温度の設定の考え方は以下のとおりである。

- ・溶出速度の調査対象時期と同一の温度とする。（例：夏季の25℃程度の水温下での溶出速度を計測したい場合は、実験時の設定温度は25℃となる。）

- ・過去の調査結果との比較を行う場合は、過去の設定温度と同一とする。(例：過去に 20℃ で実験を実施している場合は、同様の 20℃ に設定する。)

◆留意事項3: 実験に使用するカラムの径について

実験に使用するカラムの径は、4cm 径のカラムでは採泥時の側壁の影響が考えられること、及び結果にばらつきが大きいという知見があることから、10cm 径以上とすることが望ましい。

◆留意事項4: 表泥の酸化層の有無に関するデータの記録・保管について

実際のカラムまたは写真データから、カラム内の表泥の酸化層の有無を判断し、記録・保管しておくこと、有効なデータとなる。

なお、酸化層が存在する場合は、表泥が黄色っぽい色（3 価鉄の色）を示しており、目視により酸化層の有無を判断することができる。なお、深い部分の灰色がかかった色は 2 価鉄の色である。



写真 酸化層が存在すると判断できるサンプルの例（H20 小川原湖 B 地点）

### 3.3.2 従来の溶出速度の計算方法の整理

従来実施されている底質溶出速度実験の方法（網走湖、小川原湖、霞ヶ浦、琵琶湖、中海・宍道湖）について、以下のとおりにまとめた。

溶出速度の計算方法、溶出期間、溶出速度の計算期間について比較したところ、溶出期間及び溶出速度の計算期間は各湖沼で様々であった。

本節では、こうした手法の統一化に向け、調査の実施方法及び溶出速度の算定方法について記載する。

表 3.3.1 溶出速度の計算方法について

溶出速度の計算方法	件数
溶出量を用いている	4
水質変化を用いている	0

表 3.3.2 溶出期間について

溶出期間	件数
7 日	1
20 日	1
28 日	2

表 3.3.3 溶出速度の計算期間について

溶出速度の計算期間		件数
実験途中でピークがある場合	実験の最初から最後	2
	実験の最初からピークまで	1
	溶出量算定結果の平均値	1
	溶出曲線の安定した期間	0
実験中、増減を繰り返す場合	実験の最初から最後	3
	実験の最初からピークまで	0
	溶出量算定結果の平均値	1
	溶出曲線の安定した期間	0

### (1) 基本的な考え方<sup>9)</sup>

溶出速度は、底質の表面から1日あたり、単位面積あたり溶出する物質の量 ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ ) である。したがって、溶出速度は、溶出量 ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ) の経時変化 (溶出量曲線) を整理したときの勾配として表現される。

ただし、溶出量曲線では、はじめのうち不安定な変化があり、それ以降安定した溶出過程に入るため、溶出速度の計算は、この安定した溶出曲線の部分で行うことが必要である。

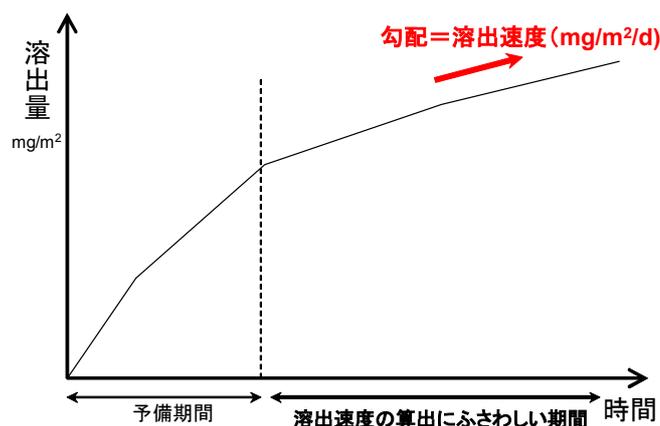


図 3.3.1 溶出量曲線と溶出速度 (イメージ)

### (2) 溶出量の算出式<sup>9)</sup>

溶出実験においては、単一のカラムを室内に静置し、複数の採水日にそれぞれ一定量の水を採水・分析する。このため、溶出実験の進行に伴い、カラム内の水量は減少することとなる (図 3.3.2)。

溶出量の算出においては、このような採水による直上水の減少を補正できるように、データの整理を行う必要がある。

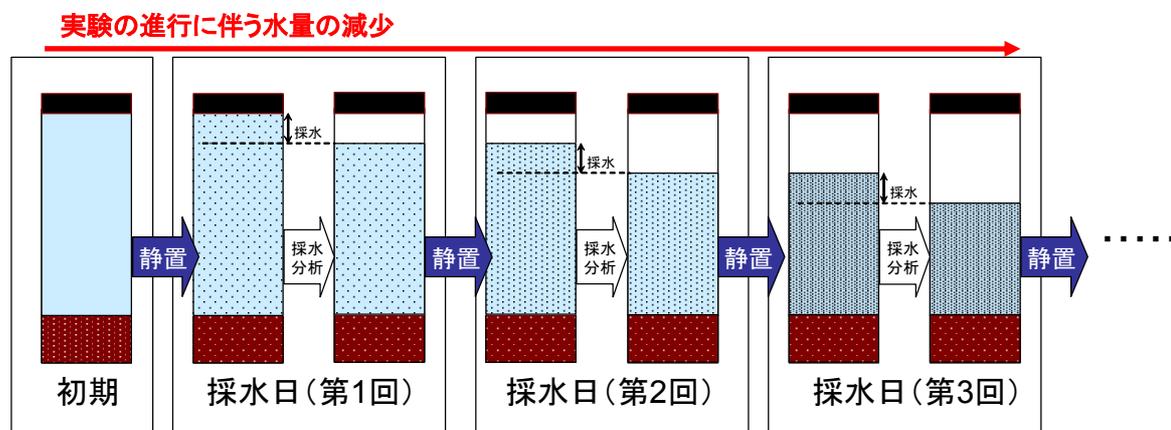


図 3.3.2 溶出実験の各段階におけるカラムのイメージ

溶出量の算出手順は、以下のとおりである。

1. 採水間隔ごとの溶出量（ここでは期間溶出量と呼ぶ）を算出する。
2. 初期から第N回までの期間溶出量を合計する。

採水による直上水の減少を補正するための、溶出量の具体的な算出式を図 3.3.3に示す。

なお、各記号の定義は以下のとおりである。

- R：初期～第N回までの溶出量 (mg/m<sup>2</sup>)
- R<sub>n</sub>：第N-1回～第N回までの期間溶出量 (mg/m<sup>2</sup>)
- A：カラムの底面積 (m<sup>2</sup>)
- V：初期の直上水量 (L)
- V<sub>n</sub>：第n回採水日における採水量 (L)
- C<sub>0</sub>：初期濃度
- C<sub>n</sub>：第n回採水日における物質濃度 (mg/L)

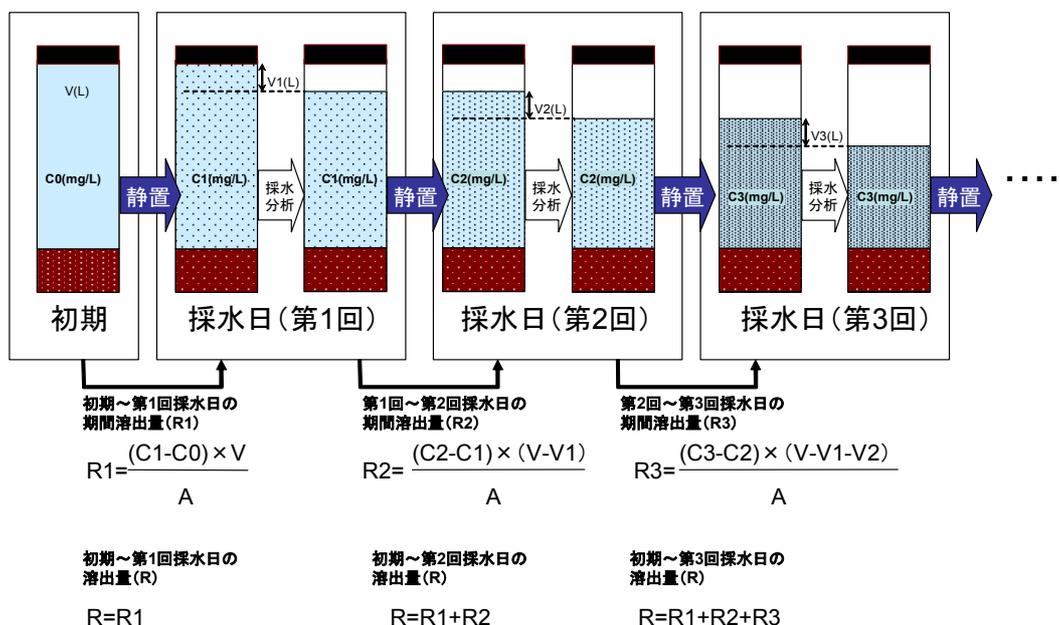


図 3.3.3 溶出実験の各段階における溶出量のイメージと算出式

以上の溶出量の算出式を一般化して表現すると、次のとおりになる。

$$R_N = \frac{\sum_{n=1}^N \left( V - \sum_{k=1}^{n-1} V_k \right) (C_n - C_{n-1})}{A}$$

- R<sub>N</sub>：初期～第N回までの溶出量 (mg/m<sup>2</sup>)
- A：カラムの底面積 (m<sup>2</sup>)
- V：初期の直上水量 (L)
- V<sub>n</sub>：第n回採水日における採水量 (L)
- C<sub>n</sub>：第n回採水日における物質濃度 (mg/L)

### (3) 各水質項目の溶出特性と溶出速度の算出の考え方

具体的なデータ（溶出量曲線）から、統一的な方法で各水質項目の溶出速度を算出するためには、

- 1) 溶出量曲線を得るため実施する溶出試験の条件が統一されていること
  - 2) 当該環境条件下での溶出特性や形態変化特性を踏まえた水質項目ごとに適切な溶出速度算出期間を定めること
- が必要である。

特に溶出速度算出期間設定については、底泥から水質への溶出特性は、D0 条件（嫌気/好気状態）により異なるほか、窒素・リンは形態変化することがあり、溶出していなくてもカラム内の見かけ上の濃度が変化することなどに留意しなければならない。

ここでは、統一的な溶出速度の算出方法を提示することを意図して、

- 1) 溶出試験実施の留意事項
- 2) 各環境条件下での各水質項目の溶出特性、窒素・リンの形態変化、及び溶出速度の算出の考え方

をとりまとめた。好気条件での溶出速度算出について整理した結果を表 3.3.4に、嫌気条件での整理結果を表 3.3.5に示す。

表 3.3.4 各水質項目の溶出特性、形態変化及び溶出速度算出の考え方（好気条件）<sup>11)</sup>

	溶出特性、形態変化	溶出速度算出の考え方
各項目共通	現地湖沼で嫌気状態にある泥を使用する場合は、好気条件に遷移するのに一定の時間を要する。	現地湖沼で嫌気状態にある泥を使用する場合は、遷移期間として予備期間を設ける。
窒素	NH <sub>4</sub> -Nは、分子拡散により底泥から溶出する。このため、溶出速度は、直上水の水質濃度の影響を受ける。	溶出速度の計算期間は、直上水濃度が現地での濃度と同等になった期間を選定する。 (直上水に現地湖水を用いた場合、選定すべき期間は、溶出期間の初期となる)
	硝化 (NH <sub>4</sub> -N から NO <sub>2</sub> -N、NO <sub>3</sub> -N への形態変化) が進む。	溶出速度は NH <sub>4</sub> -N、NO <sub>2</sub> -N 及び NO <sub>3</sub> -N の総量 (I-N) で評価する。
リン	実験初期は、底泥表層の好気層の存在により溶出しにくいいため、結果がばらつく可能性がある。	溶出速度の計算期間は、溶出量曲線の全体を見て、溶出量曲線の平均的な傾きを表現できる期間を選定する。

表 3.3.5 各水質項目の溶出特性、形態変化及び溶出速度算出の考え方（嫌気条件）<sup>11)</sup>

	溶出特性、形態変化	溶出速度算出の考え方
各項目 共通	現地湖沼で好気状態にある泥を使用する場合は、嫌気条件に遷移するのに一定の時間を要する。	現地湖沼で好気状態にある泥を使用する場合は、遷移期間として予備期間を設ける。
窒素	嫌気条件では、脱窒 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ から $\text{N}_2$ への形態変化) が進む。	溶出速度は $\text{NH}_4\text{-N}$ で評価すべきである。溶出速度の計算期間は、溶出量曲線の全体を見て、溶出量曲線の平均的な傾きを表現できる期間を選定する。
リン	水中に $\text{NO}_3\text{-N}$ が存在する間は溶出しにくい。	溶出速度の計算期間は、溶出量曲線の全体を見て、直上水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ がなくなった後の平均的な傾きを表現できる期間を選定する。

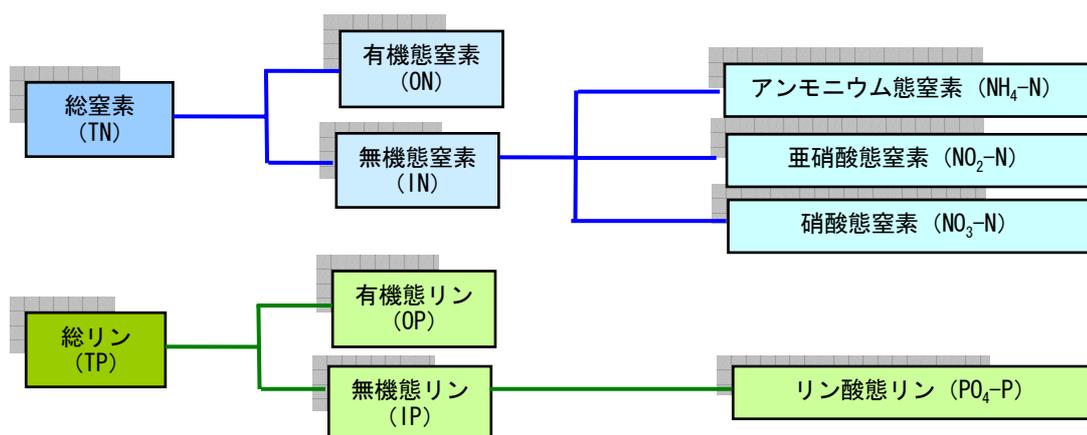


図 3.3.4 (参考) 窒素及びリンの形態

#### (4) 溶出速度の算出方法

##### 1) 評価項目

###### (a) 好気条件

- ・ 窒素は I-N で、リンは  $PO_4\text{-P}$  で評価する。

###### (b) 嫌気条件

- ・ 窒素は  $NH_4\text{-N}$  で、リンは  $PO_4\text{-P}$  で評価する。

##### 2) 採水・分析項目

###### (a) 好気条件

- ・ 実験期間中は、評価項目である I-N 及び  $PO_4\text{-P}$  の分析が必要である。
- ・ 溶出実験前の採水・分析として、直上水に現地湖水を用いる場合は、直上水の I-N 濃度（現地での I-N 濃度）を測定する。直上水に現地湖水を用いない場合は、湖水を採水して I-N を測定する。現地での I-N 濃度は、I-N の溶出速度算定期間選定のために必要である。

###### (b) 嫌気条件

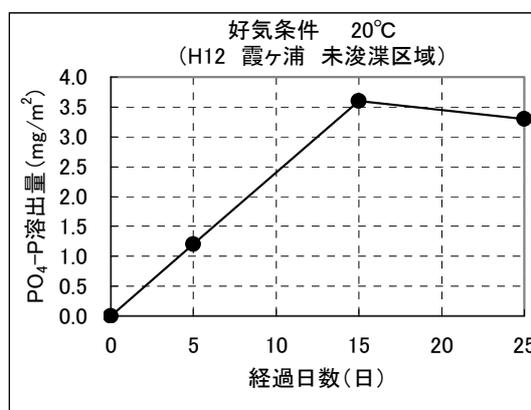
- ・ 実験期間中は、評価項目である  $NH_4\text{-N}$ 、及び  $PO_4\text{-P}$  の分析が必要である。
- ・ また、リンの溶出速度算定期間を選定するための基礎データとして、 $NO_3\text{-N}$  の分析が必要である。

##### 3) 溶出実験期間及び採水・分析頻度

###### (a) 好気条件

- ・ 溶出実験期間は、直上水の I-N 濃度が現地での I-N 濃度と同等になった期間を含み、かつ、溶出量曲線の傾向が十分把握できる期間とする。
- ・ 溶出速度が徐々に低下する等の傾向がある場合は、低下を十分に把握できる時点までを実験期間として設定する。
- ・ 過去の溶出実験結果がある場合は、まず、当該湖沼の代表地点での 25 日間程度の溶出量曲線を整理し、溶出実験期間設定の参考とする。
- ・ 過去に溶出実験を頻繁に実施している霞ヶ浦の調査結果によると、溶出量曲線の傾きは 15 日目以降に小さくなり、溶出実験期間を 10~15 日間とすれば溶出量曲線の傾向は十分把握できる（図 3.3.5、霞ヶ浦  $PO_4\text{-P}$ ）。
- ・ 溶出実験期間中の採水・分析  
I-N は、溶出期間の初期のデータから溶出速度を算出するため実験開始時以外に 3 回（実験期間を 10 日間としたときの目安：1 日目、3 日目、5 日目）、 $PO_4\text{-P}$  は、実験開始時以外に 5 回以上（実験期間を 10 日間としたときの目安：1 日目、3 日目、5 日目、7 日目、10 日目）行う。

※なお、ここに記載したのは、直上水に現地湖水を用いる場合に望まれる採水・分析頻度である。

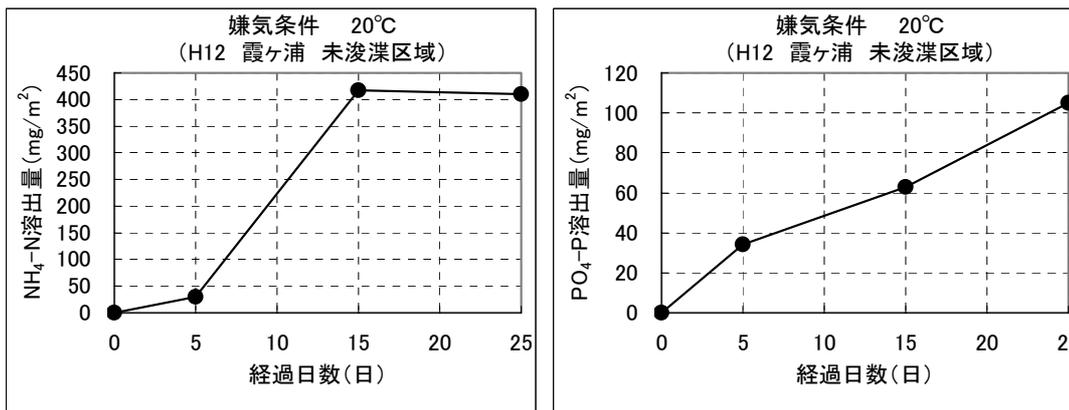


※ 実験開始時の溶出量をゼロとして表示した。

図 3.3.5 好気条件下での溶出量曲線（長期間の実験結果の例）

#### (b) 嫌気条件

- 溶出実験期間は、直上水の NO<sub>3</sub>-N 濃度がなくなった後の 5 日間程度を含み、かつ、溶出量曲線の傾向が十分把握できる期間とする。
- 溶出速度が徐々に低下する等の傾向がある場合は、低下を十分に把握できる時点までを実験期間として設定する。
- 過去の溶出実験結果がある場合は、まず、当該湖沼の代表地点での 25 日間程度の溶出量曲線を整理し、溶出実験期間設定の参考とする。
- 過去に溶出実験を頻繁に実施している霞ヶ浦の調査結果によると、NH<sub>4</sub>-N については 15 日目までに比較して 15 日目以降で、PO<sub>4</sub>-P については 5 日目までに比較して 5 日目以降で、溶出量曲線の傾きは小さくなり、溶出実験期間を 10～15 日間とすれば溶出量曲線の傾向は十分把握できる（図 3.3.6、霞ヶ浦）。
- 溶出実験期間中の採水・分析  
 NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P について、実験開始時以外に、それぞれ 5 回以上行う。（実験期間を 10 日間としたときの目安：1 日目、3 日目、5 日目、7 日目、10 日目）  
 NH<sub>4</sub>-N 及び PO<sub>4</sub>-P は溶出量曲線を整理するためのデータ、NO<sub>3</sub>-N はリンの溶出速度算定期間を選定するための基礎データである。



※ いずれも、実験開始時の溶出量をゼロとして表示した。

図 3.3.6 嫌気条件下での溶出量曲線（長期間の実験結果の例）

#### 4) 溶出速度算定期間選定の考え方

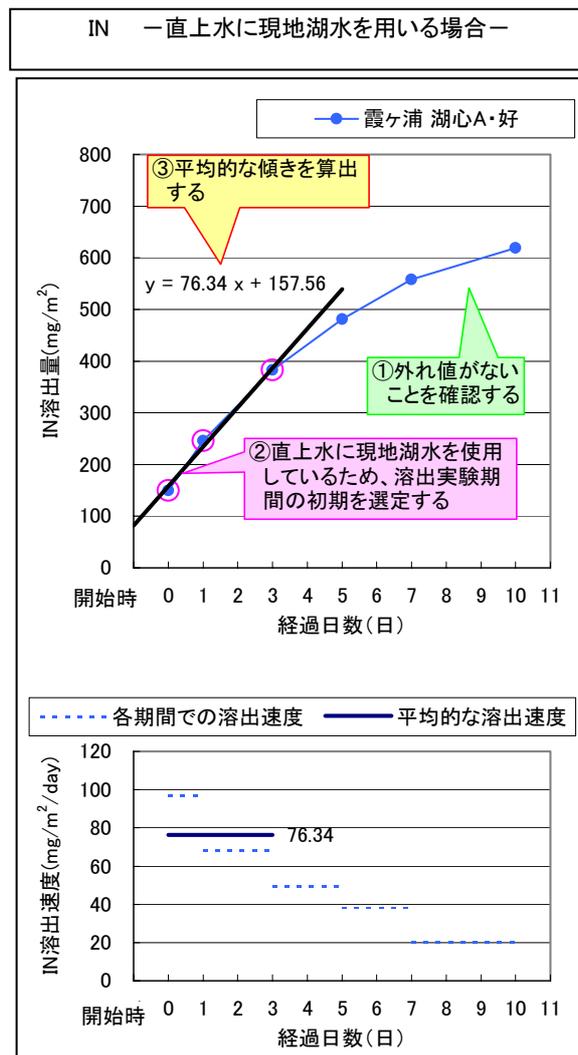
溶出速度を計算する期間は、試験期間全体の変化を見て選定する。溶出速度を計算する際の期間選定の目安を以下に示す。

##### (a) 好気条件

- 嫌気状態の底泥を使用した場合は、好気状態に遷移するまでの期間を予備期間とする。好気状態の底泥を使用する場合は特に予備期間を設けることはしない。
- I-N の溶出速度算定期間は、I-N の溶出量曲線を整理し、外れ値を除外した上で、直上水濃度が現地での濃度と同等になった期間とする。（直上水に現地湖水を用いた場合、選定すべき期間は、溶出期間の初期となる）
- PO<sub>4</sub>-P の溶出速度算定期間は、PO<sub>4</sub>-P の溶出量曲線を整理し、外れ値を除外した上で、溶出量曲線の平均的な傾きを表現できる期間とする。
- I-N、PO<sub>4</sub>-P ともに、採水・分析結果は実験誤差による影響が大きいことがあるため、可能な限り 3 点以上の結果を含む期間を溶出速度算定期間とする。
- 溶出速度を算出する際には、溶出実験に関わる全てのデータ（直上水の入れ替え有無、実験期間、採水回数、採水日、採水量、各水質濃度等）を示すとともに、溶出量曲線及び選定した期間を明示する。これらの情報は、全て報告書等に記録し、保管する。

平成 19 年度湖沼底質統一調査（以下、H19 底質統一調査と称す）の結果から、代表的な溶出量曲線のパターン及び溶出速度算定期間の選定(例)を以下の図 3.3.7及び図 3.3.8に示す。なお、外れ値や期間の取り方は一義的に決まるものではないため、ここでは一例として示す。

また、全国の湖沼における窒素及びリンの溶出速度データを4ページに示したので、溶出速度算定結果のオーダーチェックなどに活用されたい。

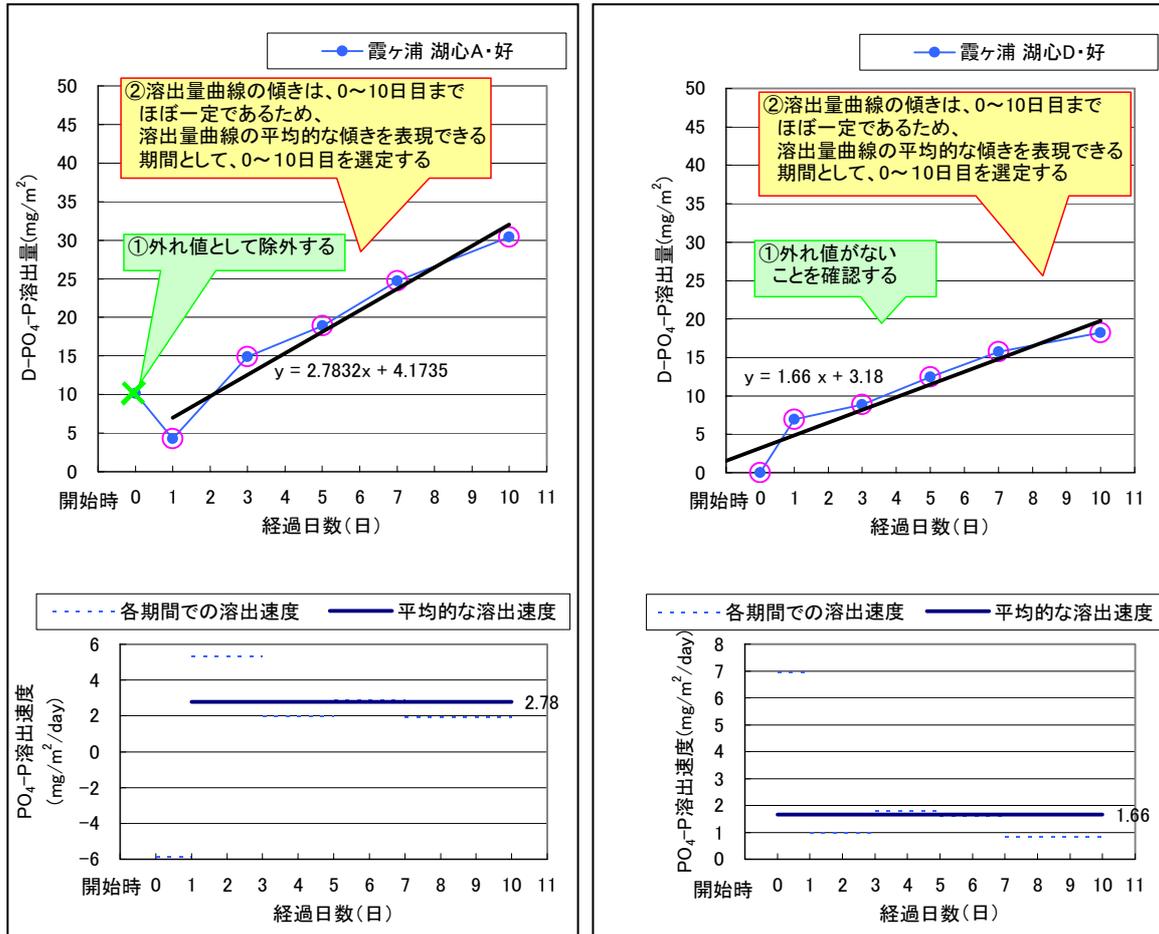


○: 平均的な溶出速度算定に使用するデータ

※ 使用した直上水は現地湖水、底泥は現地で好気条件下にある底泥である。

図 3.3.7 好気条件下での代表的な溶出量曲線及び溶出速度算定期間の選定 (例) I-N  
(H19 底質統一調査 好気条件)

PO<sub>4</sub>-P ー 溶出量の傾きがほぼ一定の場合ー

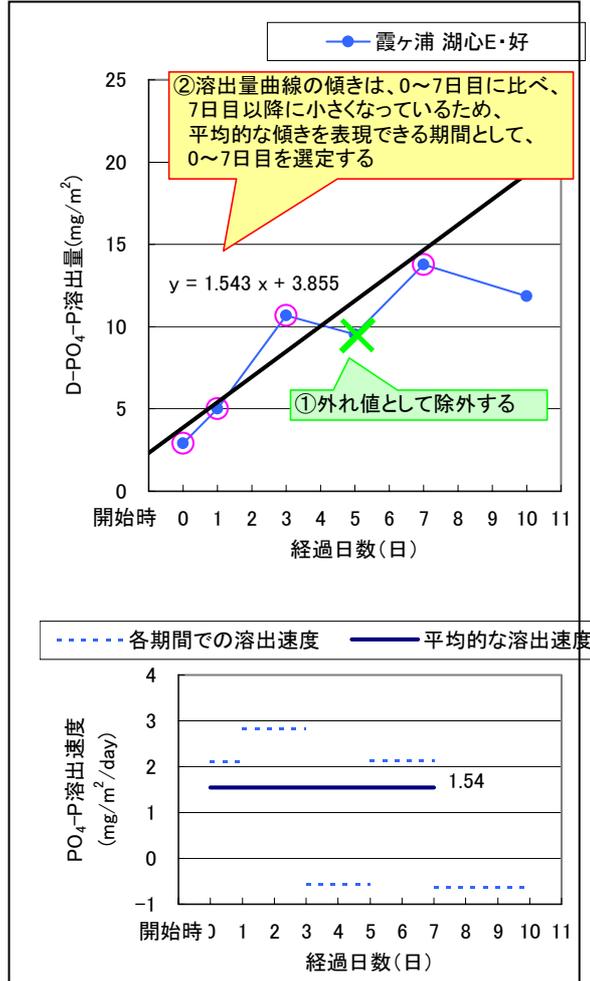
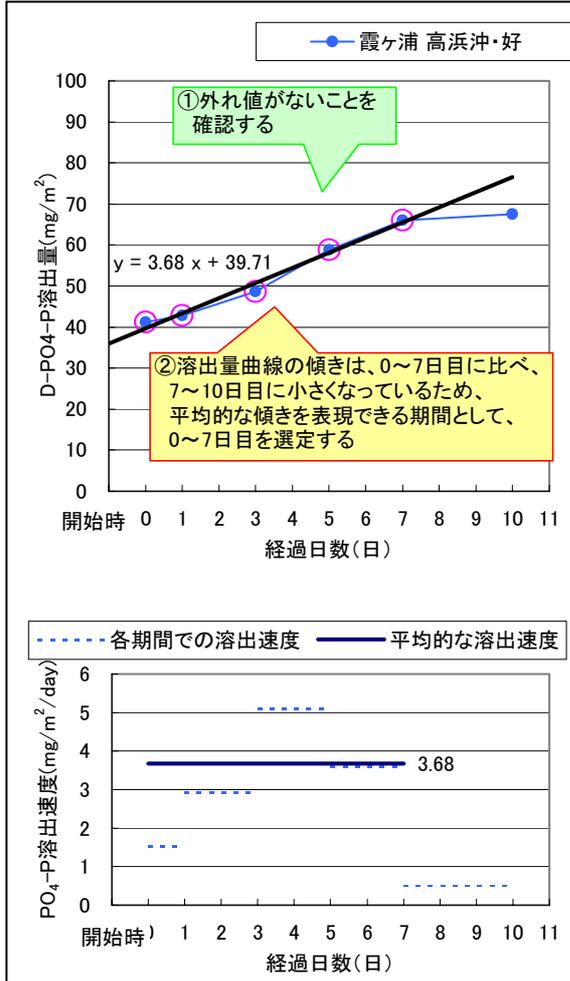


○: 平均的な溶出速度算定に使用するデータ

※ 使用した直上水は現地湖水、底泥は現地で好気条件下にある底泥である。

図 3.3.8(1) 好気条件下での代表的な溶出量曲線及び溶出速度算定期間の選定 (例) PO<sub>4</sub>-P (H19 底質統一調査 好気条件)

PO<sub>4</sub>-P ー溶出量の傾きが徐々に小さくなる場合・溶出量が増減を繰り返す場合ー



○: 平均的な溶出速度算定に使用するデータ

※ 使用した直上水は現地湖水、底泥は現地で好気条件下にある底泥である。

図 3.3.8(2) 好気条件下での代表的な溶出量曲線及び溶出速度算定期間の選定 (例) PO<sub>4</sub>-P (H19 底質統一調査 好気条件)

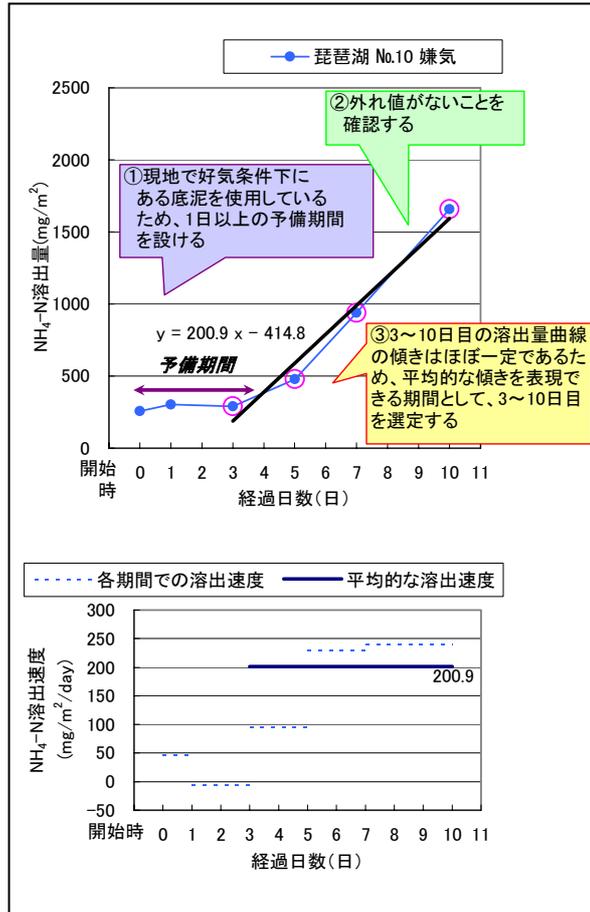
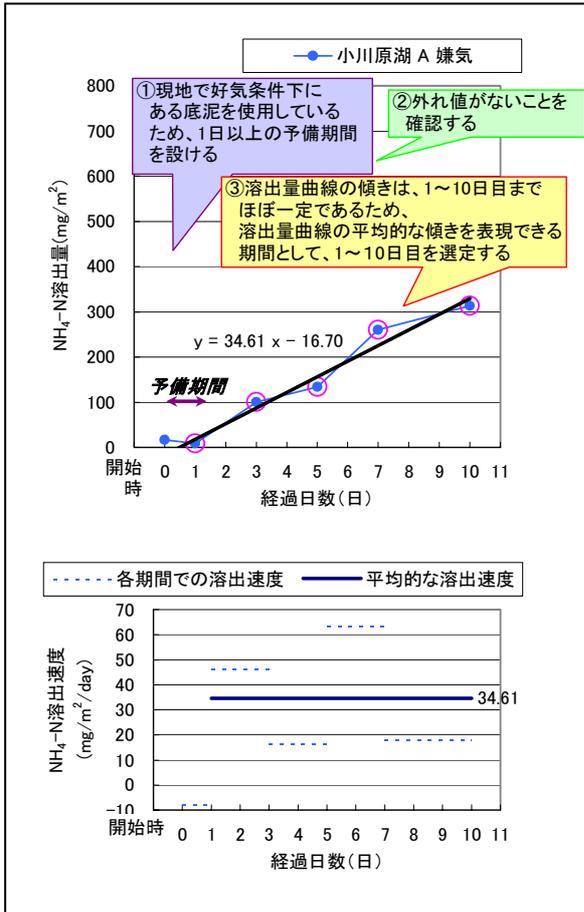
## (b) 嫌気条件

- ・ 好気状態の底泥を使用した場合は、嫌気状態に遷移期間するまでの期間（1 日以上）を予備期間とする。嫌気状態の底泥を使用する場合は特に予備期間を設けることはしない。
- ・  $\text{NH}_4\text{-N}$  の溶出速度算定期間は、 $\text{NH}_4\text{-N}$  の溶出量曲線を整理し、外れ値を除外した上で、溶出量曲線の平均的な傾きを表現できる期間とする。
- ・  $\text{PO}_4\text{-P}$  の溶出速度算定期間は、 $\text{PO}_4\text{-P}$  の溶出量曲線を整理し、外れ値を除外した上で、直上水中の  $\text{NO}_3\text{-N}$  がなくなった後の平均的な傾きを表現できる期間とする。
- ・  $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$  ともに、採水・分析結果は実験誤差による影響が大きいことがあるため、可能な限り 3 点以上の結果を含む期間を溶出速度算定期間とする。
- ・ 溶出速度を算出する際には、溶出実験に関わる全てのデータ(直上水の入れ替え有無、実験期間、採水回数、採水日、採水量、各水質濃度等)を示すとともに、溶出量曲線及び選定した期間を明示する。これらの情報は、全て報告書等に記録し、保管する。

H19 底質統一調査結果から、代表的な溶出量曲線のパターン及び溶出速度算定期間の選定(例)を以下の図 3.3.9(1)及び図 3.3.9(2)に示す。なお、外れ値や期間の取り方は一義的に決まるものではないため、ここでは一例として示す。

また、全国の湖沼における窒素及びリンの溶出速度データを4ページに示したので、溶出速度算定結果のオーダーチェックなどに活用されたい。

NH<sub>4</sub>-N ー 溶出量の傾きがほぼ一定の場合ー

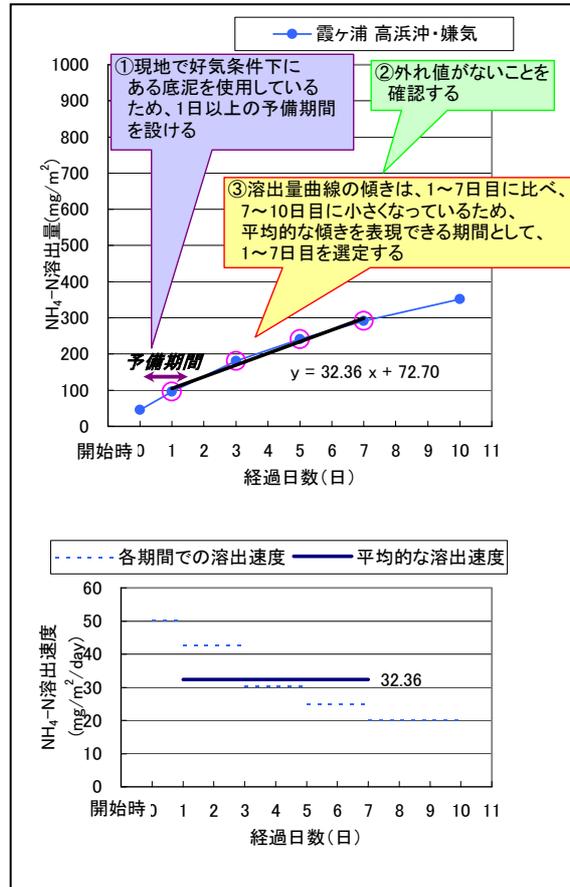


○: 平均的な溶出速度算定に使用するデータ

※ 使用した直上水は現地湖水、底泥は現地で好気条件下にある底泥である。

図 3.3.9(1) 嫌気条件下での代表的な溶出量曲線及び溶出速度算定期間の選定 (例) NH<sub>4</sub>-N (H19 底質統一調査 嫌気条件)

NH<sub>4</sub>-N ー溶出量の傾きが徐々に小さくなる場合ー

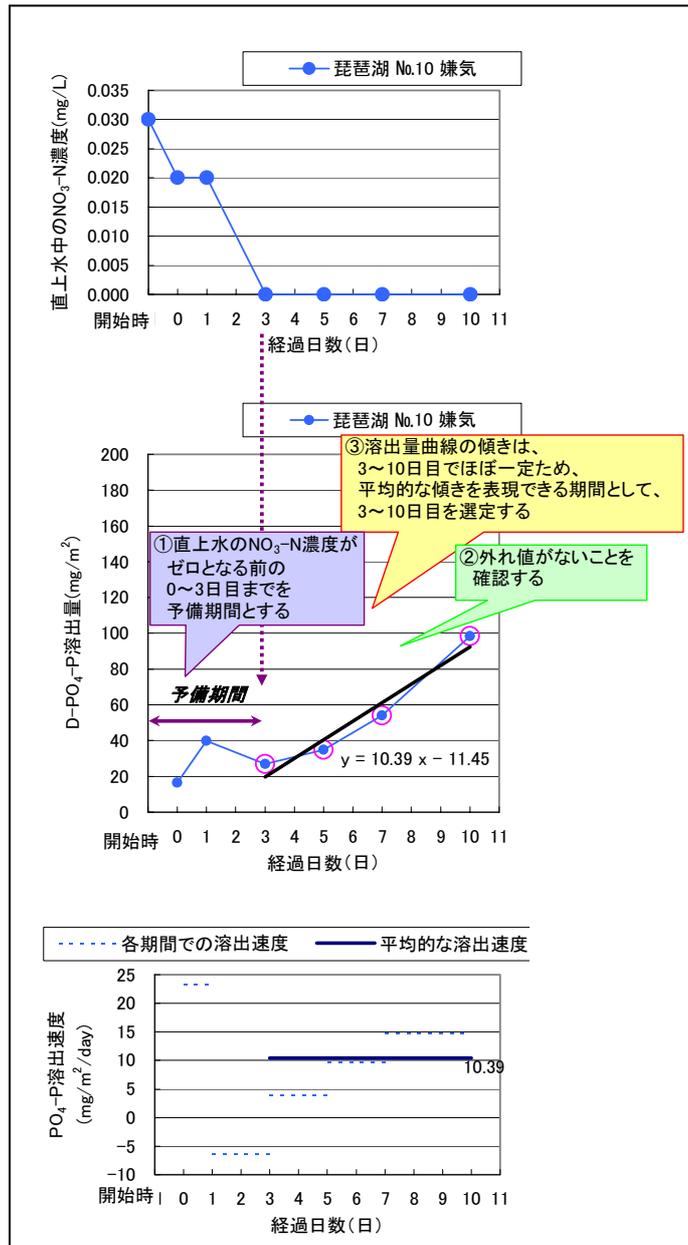


○: 平均的な溶出速度算定に使用するデータ

※ 使用した直上水は現地湖水、底泥は現地好気条件下にある底泥である。

図 3.3.9(2) 嫌気条件下での代表的な溶出量曲線及び溶出速度算定期間の選定 (例) NH<sub>4</sub>-N (H19 底質統一調査 嫌気条件)

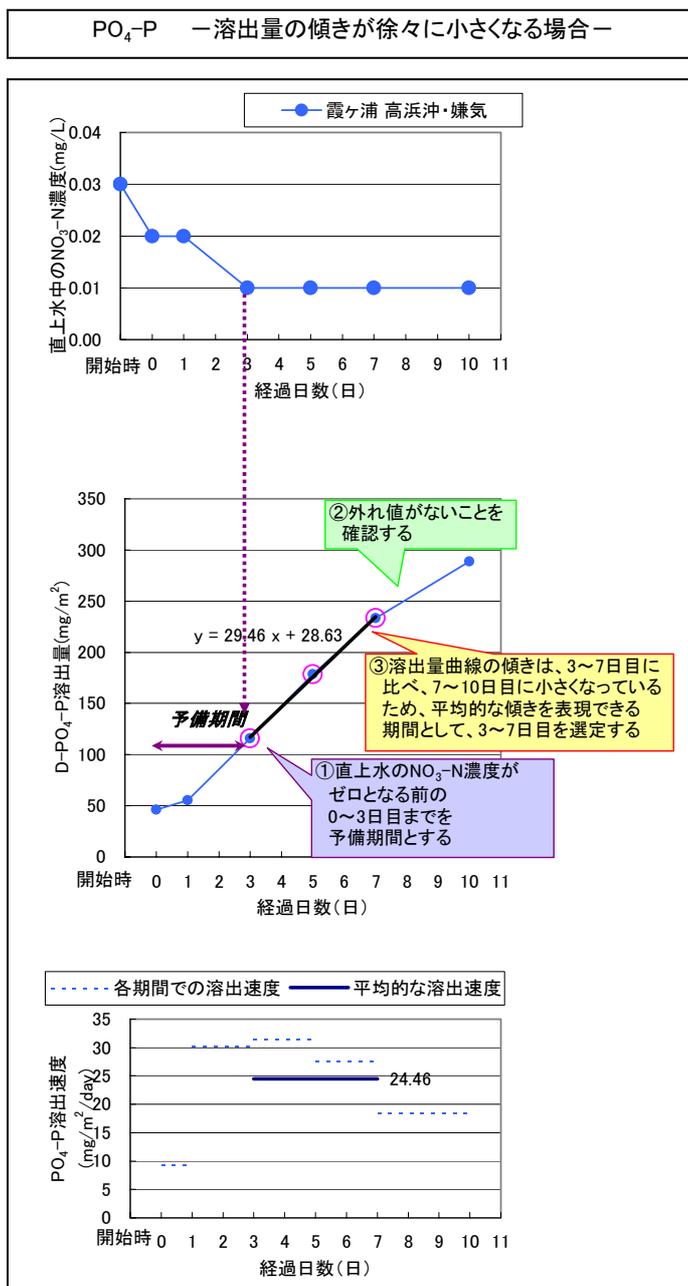
PO<sub>4</sub>-P ー 溶出量の傾きがほぼ一定の場合ー



○:平均的な溶出速度算定に使用するデータ

※ 使用した直上水は現地湖水、底泥は現地で好気条件下にある底泥である。

図 3.3.10(1) 嫌気条件下での代表的な溶出量曲線及び溶出速度算定期間の選定 (例) PO<sub>4</sub>-P (H19 底質統一調査 嫌気条件)



○:平均的な溶出速度算定に使用するデータ

※ 使用した直上水は現地湖水、底泥は現地で好気条件下にある底泥である。

図 3.3.10(2) 嫌気条件下での代表的な溶出量曲線及び溶出速度算定期間の選定 (例) PO<sub>4</sub>-P (H19 底質統一調査 嫌気条件)

## 第 4 章 今後の課題

### (1) 統一的な手法による底質調査データの蓄積と調査手法の改善

底質については、これまで調査が統一的な方法で行われてこなかったところであるが、今回、簡易調査、底泥溶出速度実験の手法について検討し、統一的な手法を提案した。今後、単一の湖沼での経年的な比較、及び他湖沼との横並び比較を可能とするため、各湖沼で統一的な手法による底質調査を行い、調査の質を確保するとともに、継続的なデータの蓄積を行うことが必要である。

また、今後、データが蓄積されていく中で、手法を適宜見直し、改善していくことが望ましい。

### (2) 底質調査結果の管理・活用

底質調査結果は、水質調査結果に比較して既往データが十分に管理、活用されていない状況にある。底質調査結果はもちろんのこと、底泥採取時の状況が分かるような野帳等についても、情報を管理し、活用していく必要がある。

また、底質調査結果の水質シミュレーションモデルへの適用については、今まで、底質は水質への栄養塩回帰の要素として取り扱われてきた。今後もそれには変わらないが、底泥そのものが変化するような底泥モデルを開発中の湖沼もあり、今後の動向が注目される。なお、底泥自体の変化をシミュレーションモデル等に反映させるためには、時間を追って鉛直分布を調査することなども必要となる。

## 第 5 章 湖沼底質統一調査結果 データ集

### 5.1 平成 19 年度湖沼底質統一調査

#### 5.1.1 調査実施概要

##### (1) 調査地点

調査は既往の調査が実施されている箇所を基本とし、各湖沼において表 5.1.1 に示す複数地点で行った。

表 5.1.1 各湖沼における調査地点

		湖心	流入部	閉鎖性の高い水域*	地点数
網走湖		St.5	女満別湾浚渫区 (覆砂区) 注2)	呼人浦浚渫区	3
小川原湖		G	A		2
霞ヶ浦	西浦	湖心	高浜沖 (既浚渫区) 注1)		3
	北浦	釜谷沖			
琵琶湖	南湖	No.10 (H 元年調査位置)		中間水路浚渫区注) 1	2
中海・宍道湖	中海	中海湖心		米子湾中央	4
	宍道湖	宍道湖湖心 (NO.3/S-3)	NO.5/S-5		

注 1) 閉鎖性の高い水域での調査地点は、既浚渫の区域に設定する。(既往の調査時にすでに浚渫が行われているため、同様な条件とする。)

注 2) 覆砂を行っていない地点が望ましいが、対象水域の覆砂が終了している場合は、既往の調査時に覆砂が終了している地点とする。

合計：14 地点

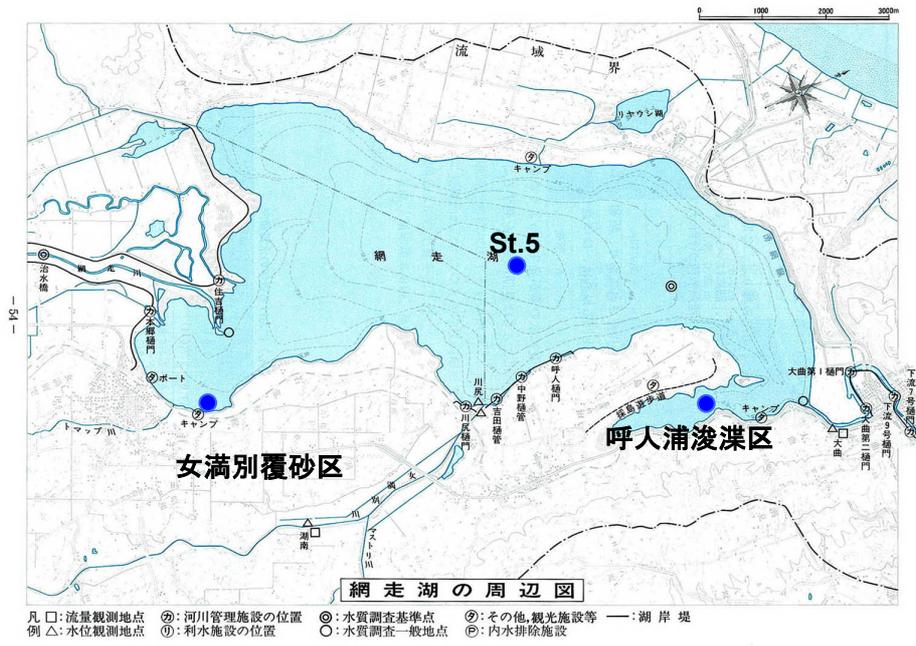


図 5.1.1(1) 調査地点 (網走湖)

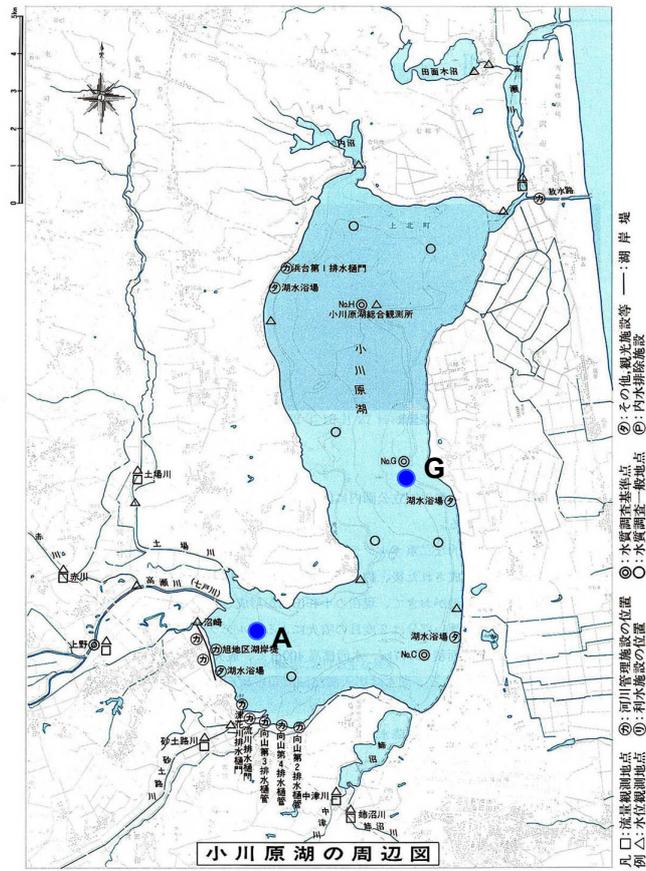


図 5.1.1(2) 調査地点 (小川原湖)

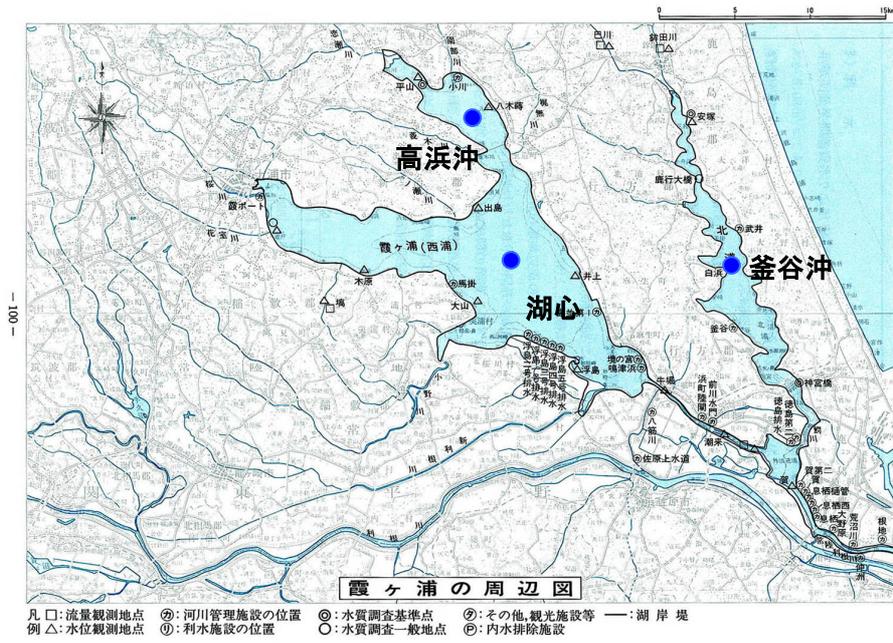


図 5.1.1(3) 調査地点 (霞ヶ浦)

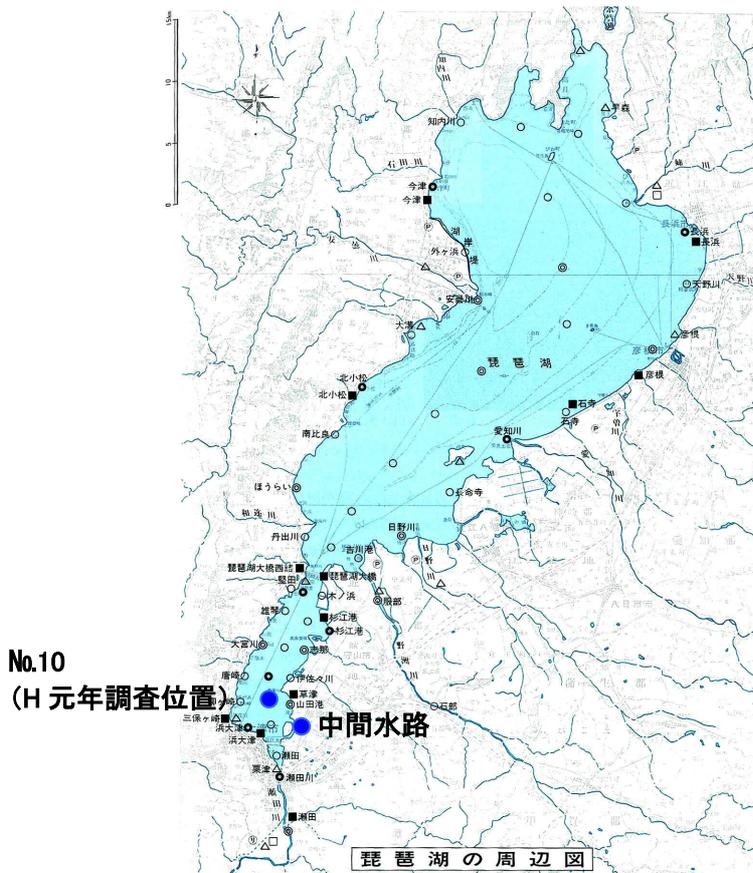


図 5.1.1(4) 調査地点 (琵琶湖)

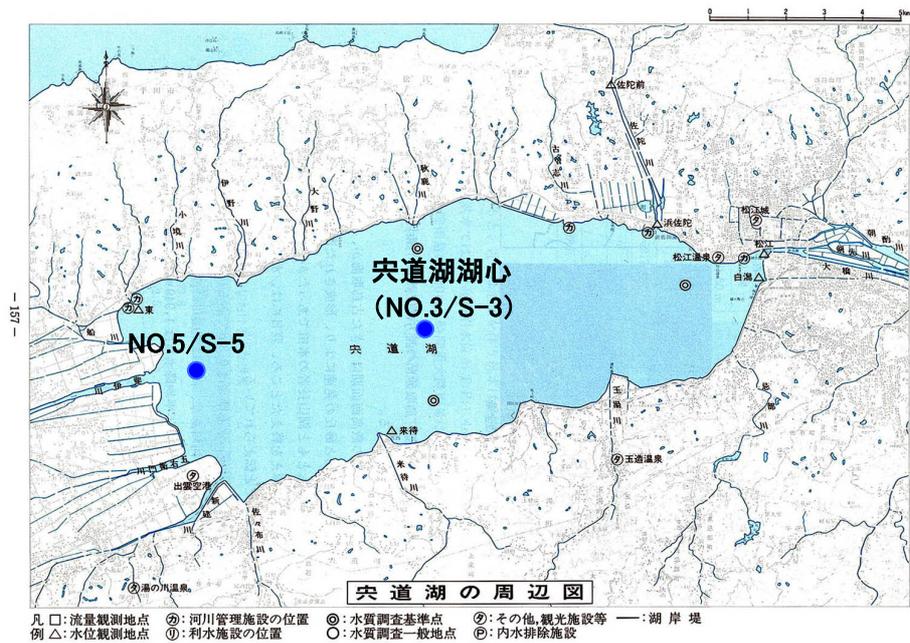
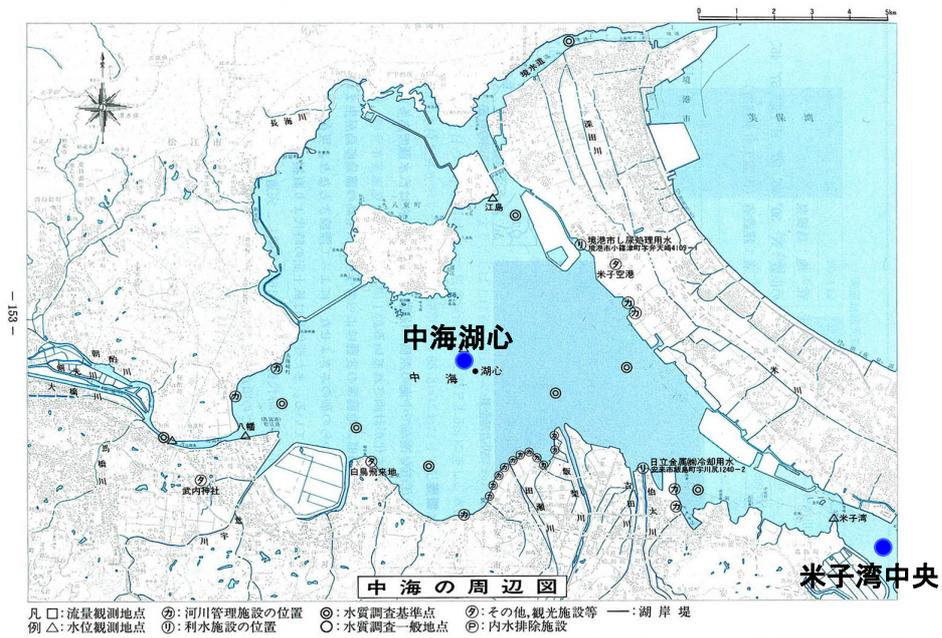


図 5.1.1(5) 調査地点(中海・中道湖)

## (2) 調査回数及び調査時期

調査回数は1回とし、平成19年夏期を基本として実施した。

## (3) サンプルング方法

底泥のサンプルング方法は、「底質の調査・試験マニュアル」に準じ、以下のとおりとした。

表 5.1.2 サンプルング方法

	採取器具	備考
底泥 (溶出試験用)	10cm 径の亚克力管 (長さ 100cm)	底泥厚 15cm : 静置溶出試験用
底泥 (表泥 ORP 計測、 含有分析用)	10cm 径の亚克力管 (長さ 100cm)	底泥厚 15cm : 現地で表泥 ORP を計測し、表泥 0~5cm を分取。
湖水 (底泥直上 0.5m)	バンドーン、土研式等採 水器による。又は、ダイ バーが亚克力管等を 用い当該水深で採取。	

また、調査に伴う現地採泥時には、以下の項目を測定・記録した。

表 5.1.3 現地測定項目

	現地測定項目	備考
現地測定項目	水深、泥色、におい、水温、泥 温、底層水の DO、ORP、塩分 濃度 (汽水湖)、表泥の ORP <sup>注1</sup>	底層水 : 底泥直上 0.5m 汽水湖 : 網走湖、小川原湖、 中海・宍道湖

注1) 表泥の ORP の測定は、コアサンプルにより採取した試料に対して表泥の ORP を測定する。その際、泥が空気に触れないように、コアサンプルで採取した状態 (水を抜かない状態) のままで測定。

## (4) 室内分析項目

### 1) 底質分析

柱状採泥によるサンプルの表層 0~5cm の層について分析を行った。分析項目は以下のとおりとする。

表 5.1.4 底質含有量分析項目

	室内分析項目
底質含有量	強熱減量、含水比、COD、TN、TP、硫化物、pH、粒 度分布 <sup>注1</sup>

注1) 表泥の ORP の測定は、現地で測定予定。

## 2) 底泥溶出実験

底泥溶出実験は、実験条件を嫌気・20℃の条件（ケース1）、及び好気・20℃（ケース2：既往の実験結果との比較のため）の2ケースとし、表5.1.5及び図5.1.2の要領で実施した。

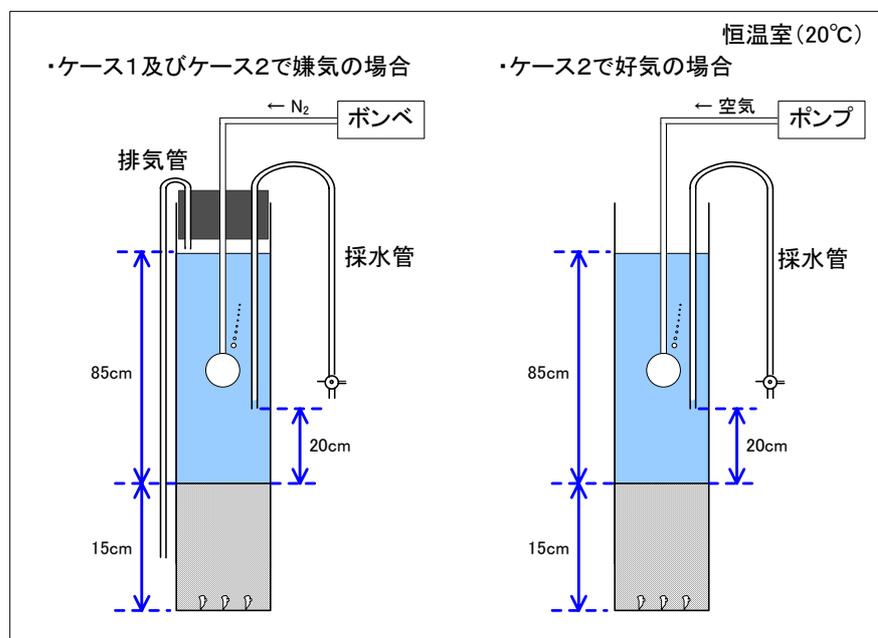


図 5.1.2 室内実験のイメージ

表 5.1.5 室内実験条件及び室内分析項目

	室内実験条件	室内分析項目	備考
底泥溶出速度	ケース1) 嫌気・20℃条件 水温条件：20℃ DO条件：嫌気条件 溶媒：現地湖水 実験期間：10日間（全11日間） 採水頻度：試験開始前 <sup>注1</sup> 、0、1、3、5、7、10日後 カラム数：1本	pH、DO <sup>注5</sup> 、ORP、 D-T-N <sup>注2</sup> 、D-T-P <sup>注2</sup> 、 D-COD <sup>注2</sup> 、D-TOC、 NO <sub>3</sub> -N、NO <sub>2</sub> -N、 NH <sub>4</sub> -N、D-PO <sub>4</sub> -P 観測内容： 水の色、濁り、臭い、 底泥面の色・様子を 毎回記録する。観察 記録と写真による。	ケース2) について、 霞ヶ浦の湖心では、試 験開始時の湖水の入 替えの有無を比較す る。 既往の試験に併せ、水 を入れ替え無①、水 を入れ替え有②を設定 する。入れ替える場合 は、1μm孔径のGFP 等でろ過した現地湖 水を用いる。 ②の測定項目： pH、DO、ORP、 NH <sub>4</sub> -N、D-PO <sub>4</sub> -P、 D-COD <sup>注2</sup>
	ケース2) 好気・20℃条件 水温条件：底泥採取時の水温 DO条件：好気条件または嫌気条件 （現地条件に合わせて設定） 溶媒：現地湖水 実験期間：10日間（全11日間） 採水頻度：試験開始前 <sup>注1</sup> 、0、1、3、5、7、10日後 カラム数：1本または3本 <sup>注3</sup>		

注1) 本実験においては、「試験開始前」はカラム作成時、「0日目」はカラム作成後1日目（カラム作成直後の反応が安定されると推定される時期）とする。

注2) D-COD、D-T-N及びD-T-Pは、0日後及び10日後のみ分析を行う。

注3) ケース2のカラム数は、各湖沼の湖心（各水域の代表1地点）のみ3本、その他の地点は1本とする。さらに霞ヶ浦の湖心では、水の入替えの有無を比較するため3本追加する。

### 5.1.2 底泥含有量分析結果

底泥含有量分析結果を表 5.1.6に示す。

表 5.1.6 現地観測結果及び含有量試験結果

	項目/単位	湖沼名	網走湖			小川原湖		霞ヶ浦			琵琶湖		宍道湖		中海		
		調査地点名	女満別湾	ST-5 (湖心)	呼人浦	G (湖心)	A	高浜沖 (西浦B水域)	湖心 (西浦C水域)	釜谷沖 (北浦)	南湖 No. 10	中間水路 浚渫区	宍 NO. 3 (湖心)	宍 NO. 5	中海湖心	米子湾	
現地 観測 項目	水深	(m)	2.60	15.90	2.40	20.10	11.30	4.3	6.0	6.5	4.10	1.80	5.7	5.0	6.6	4.3	
	泥温	℃	22.1	10.7	23.4	10.5	7.2	29.7	28.3	28.4	26.5	28.0	17.3	16.6	14.5	12	
	外観・性状	(-)				シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト					
	泥色	(-)	黒灰色	黒色	黒灰色	黒	黒	7.5Y3/1 オリーブ黒	7.5Y3/1 オリーブ黒	7.5Y3/1 オリーブ黒	灰色	灰色	黒色	黒色	黒色	黒色	
	臭気	(-)	泥臭	硫化水素臭	泥臭	強硫化物臭	弱硫化物臭	弱土臭	弱土臭	弱土臭	泥臭	泥臭	ドブ臭	ドブ臭	ドブ臭	H <sub>2</sub> S 臭	
	底層水の DO	(mg/L)	12.2	0.7	8.2	0.7	11.7	6.2	5.4	5.7	7.9	7.2	8.6	9.5	6.1	9.4	
	底層水の ORP 直後	(mV)	33	-333	-57	-6.1	459	323	337	329	197	159	189 (湖底上0.5m)	164 (湖底上0.5m)	209 (湖底上0.5m)	144 (湖底上0.5m)	
	底泥(表泥)の ORP 直後	(mV)	-189	-370	-129	-109.8	308.4	207	242	189	-189	-176	-208	-228	-259	-227	
	塩分濃度(汽水湖のみ)	‰(パーミル)	0.63	16.40	1.17	9.51	2.05	-	-	-	-	-	7.2	5.7	27.4	22.8	
含有 量	強熱減量(IL)	%乾泥	16.0	12.1	18.9	13.4	15.4	14.4	14.6	16.0	9.3	9.2	14.1	14.2	15.1	14.5	
	含水比	%	86.0	75.0	90.0	486	368	501.4	627.3	836.8	261.0	196.7	682	343	360	710	
	COD	mg/g 乾泥	53.0	41.0	65.0	71.6	64.4	39.0	47.7	65.2	13.3	13.0	21.3	26.9	28.1	28.2	
	TN	mg/g 乾泥	6.6	6.2	4.1	6.33	3.75	6.79	6.90	6.11	2.6	2.9	2.96	1.56	2.49	2.64	
	TP	mg/g 乾泥	0.7	1.1	0.8	0.60	1.61	1.37	1.17	0.99	0.9	1.2	0.67	1.10	0.66	0.61	
	硫化物	mg/g 乾泥	0.72	5.7	0.05	4.44	1.06	0.10	0.17	0.41	0.1	0.2	2.25	1.82	1.07	1.73	
	pH	-	6.7	6.6	8.3	6.6	6.4	7.0	6.6	6.7	6.8	6.8	7.7	7.4	7.7	6.9	
	ORP	mv	-247	-420	-191	-109.8	308.4	207	242	189	-189	-176	-208	-228	-259	-227	
	礫(2~75mm)	(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	砂(75μ~2mm)	(%)	0.0	0.0	0.0	16.1	1.4	0.6	0.7	0.9	6.5	4.0	0.1	9.9	1.7	2.1	
	シルト(5~75μm)	(%)	67.7	42.2	39.9	72.1	86.0	65.7	65.7	65.8	76.0	80.3	33.1	38.6	38.8	45.7	
	粘土(5μm以下)	(%)	32.3	57.8	60.1	11.8	12.6	33.7	33.6	33.3	17.5	15.7	66.8	51.5	59.5	52.2	
	90%粒経	(μm)	34.6	42.0	38.0	163.3	40.2	38.0	37.2	30.8	61.3	50.6	-	-	-	-	
	50%粒経	(μm)	12.0	3.9	2.4	17.7	14.7	10.9	11.6	12.3	14.7	14.3	2.3	4.6	2.8	4.1	
10%粒経	(μm)	-	-	-	4.5	4.3	-	-	-	3.5	3.8	-	-	-	-		
平均粒経	(μm)	16.0	11.0	11.0	26.8	13.5	17.7	16.7	16.7	27.3	23.8	-	-	-	-		

すでに平成 19 年度の底質調査が各湖沼で実施されていたケースについては、その結果を統一調査結果として活用した。

### 5.1.3 底質溶出速度算出結果

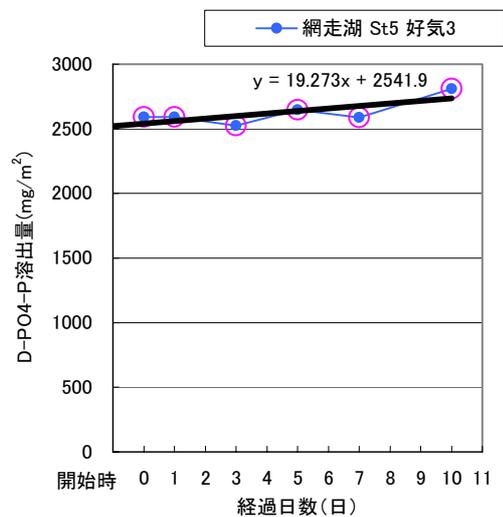
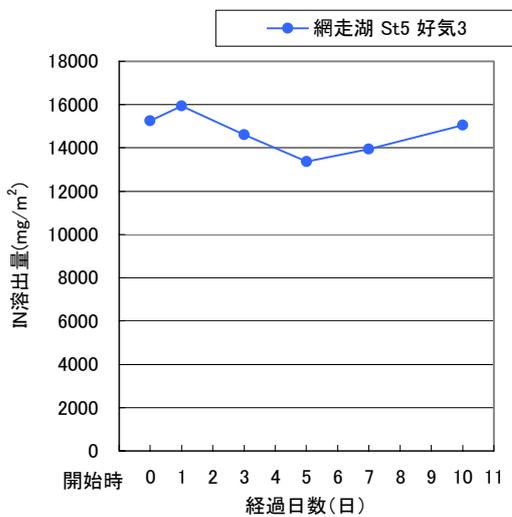
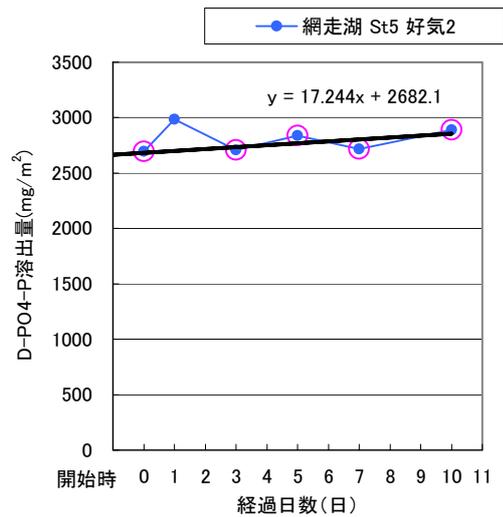
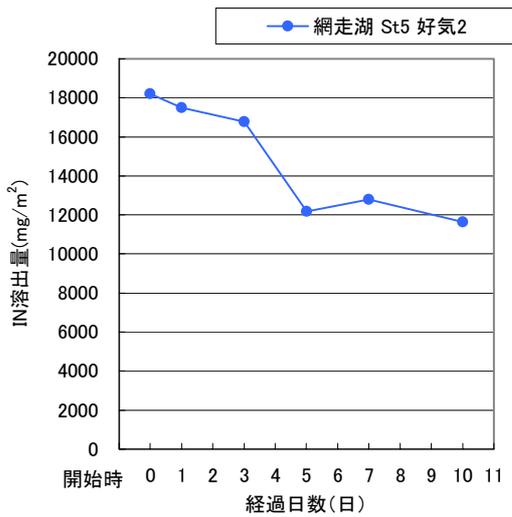
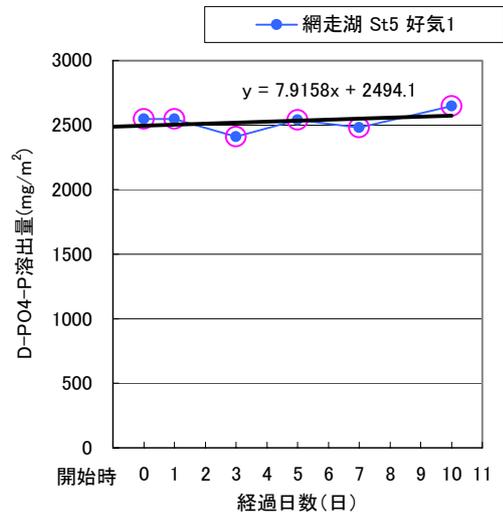
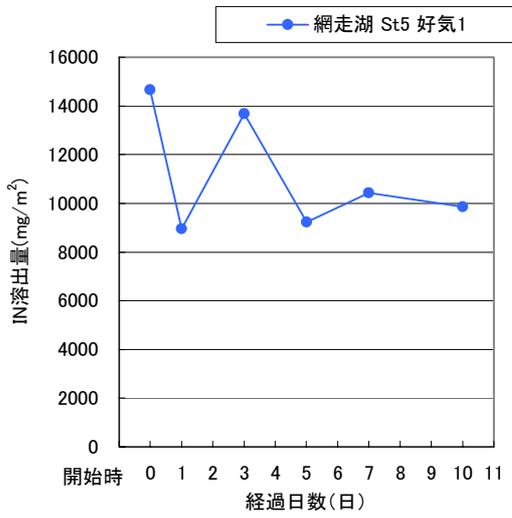


図 5.1.3(1) 溶出量曲線及び溶出速度(好気条件)

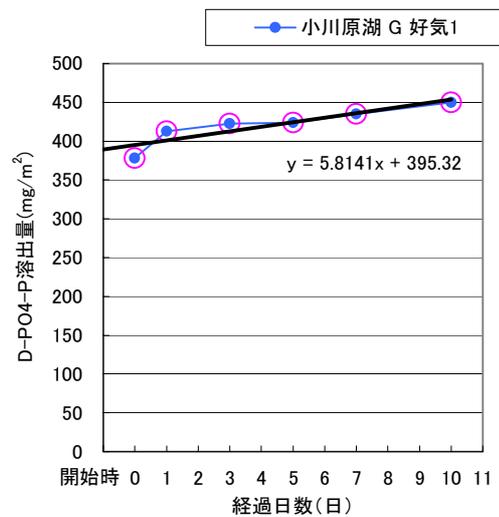
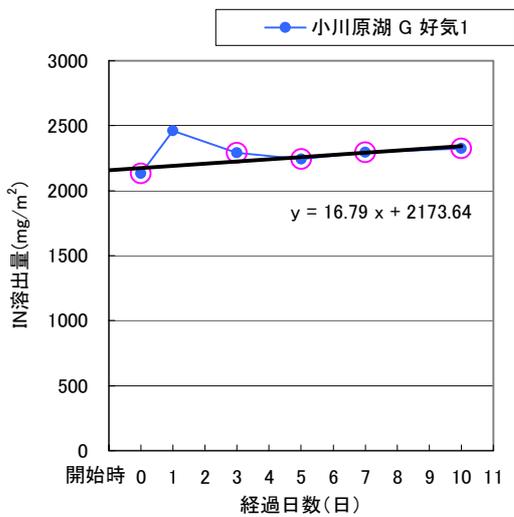
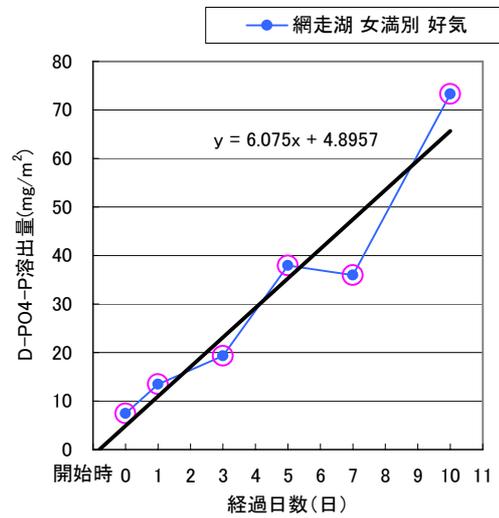
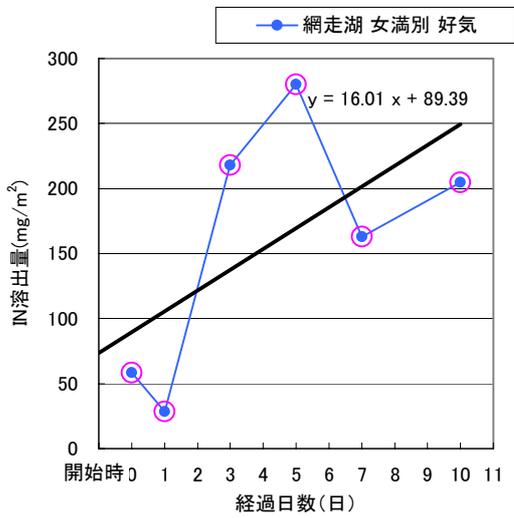
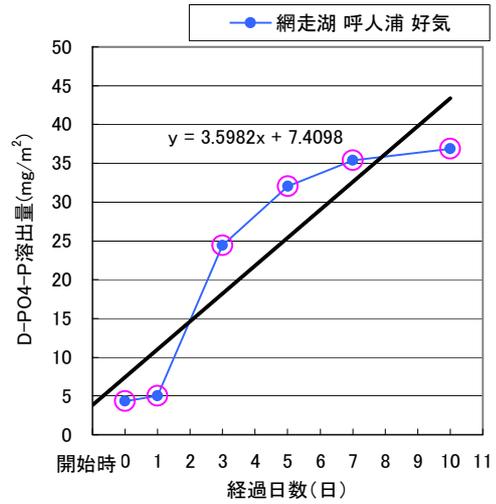
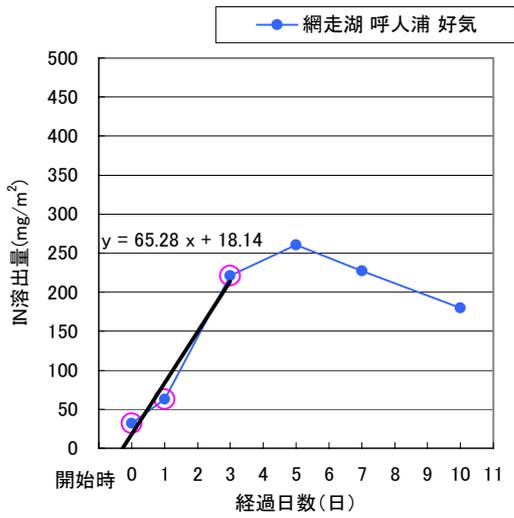


図 5.1.3(2) 溶出量曲線及び溶出速度(好気条件)

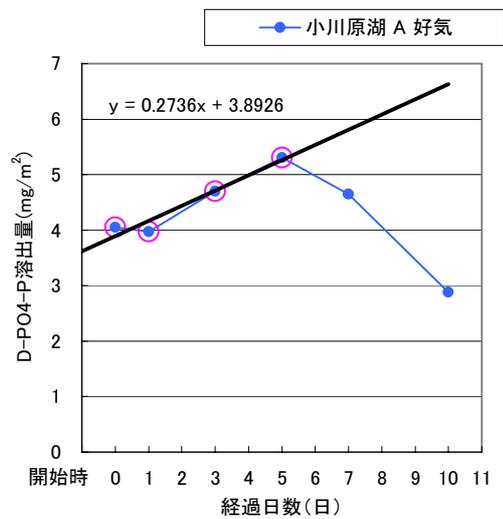
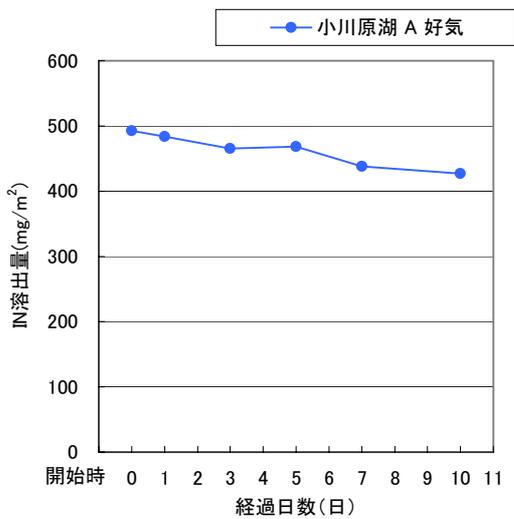
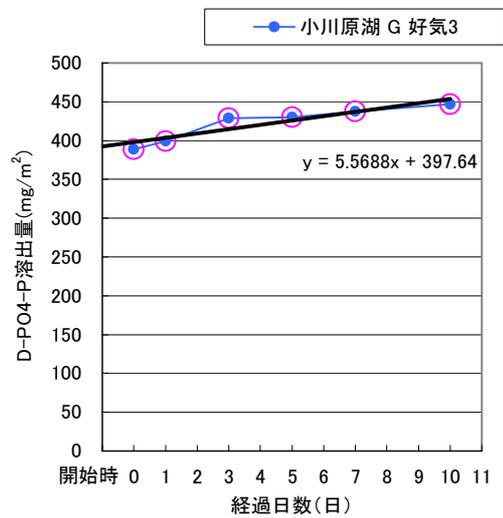
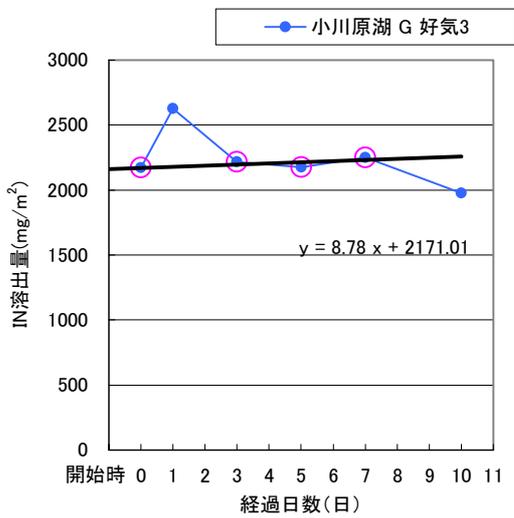
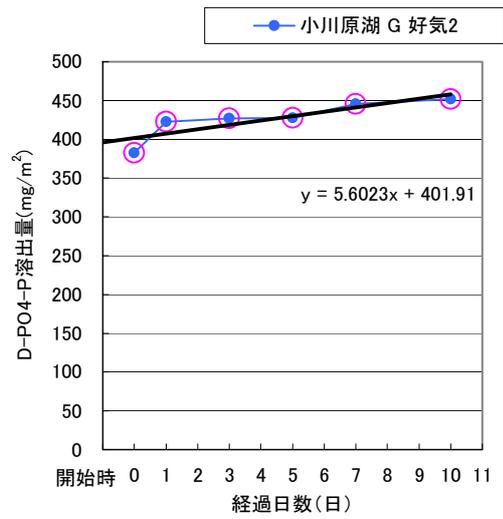
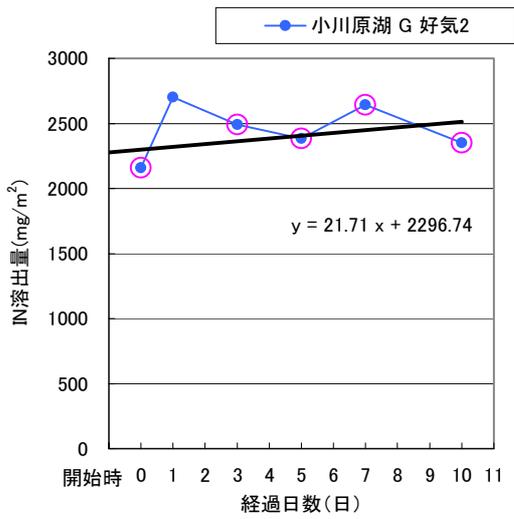


図 5.1.3(3) 溶出量曲線及び溶出速度(好気条件)

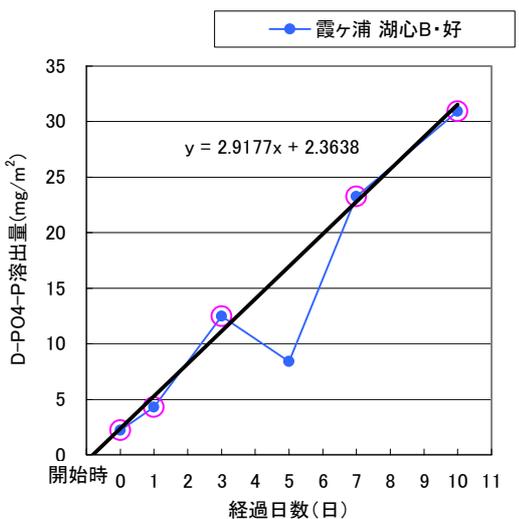
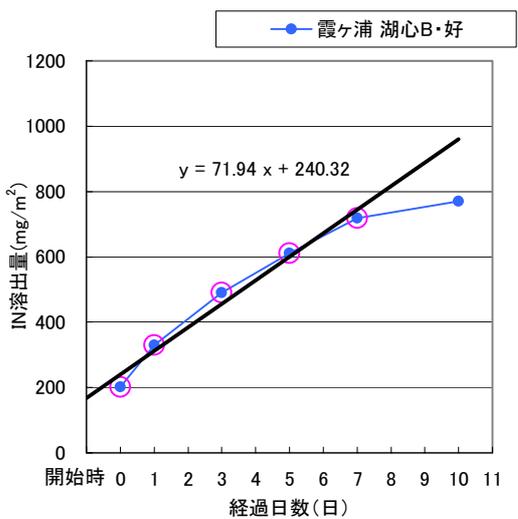
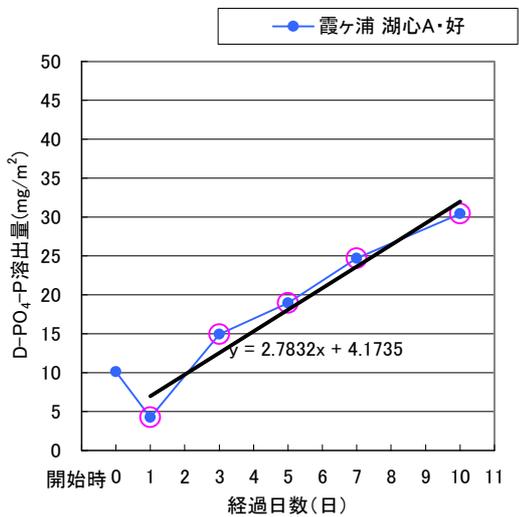
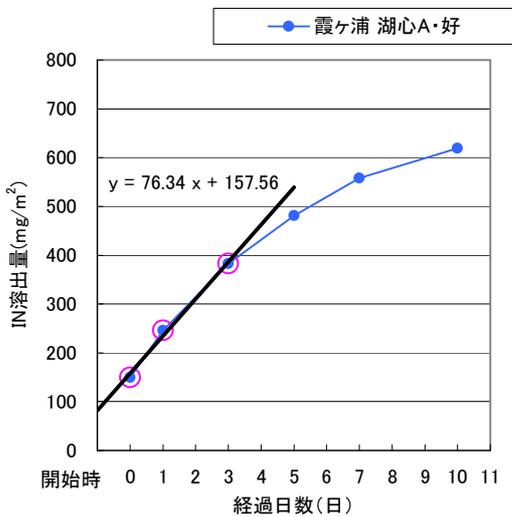
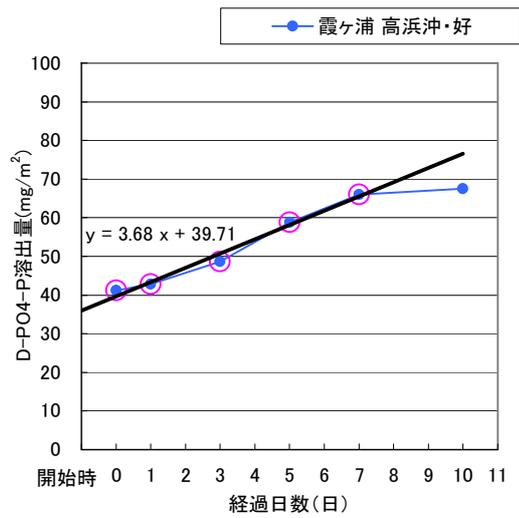
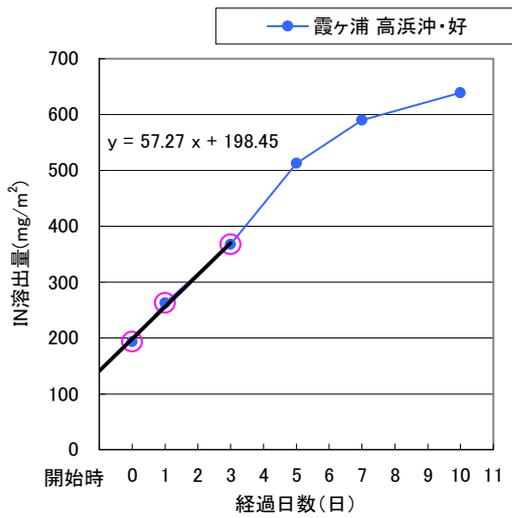


図 5.1.3(4) 溶出量曲線及び溶出速度(好気条件)

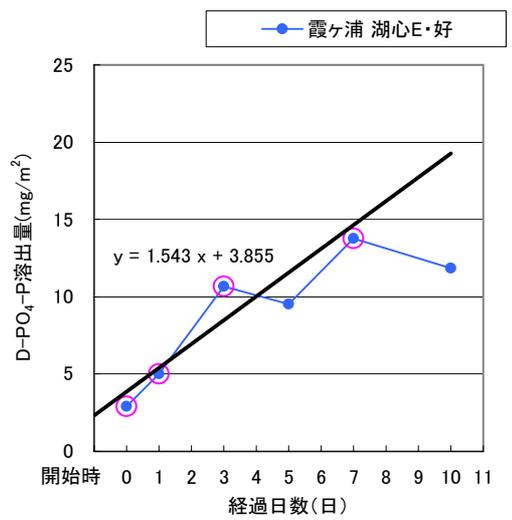
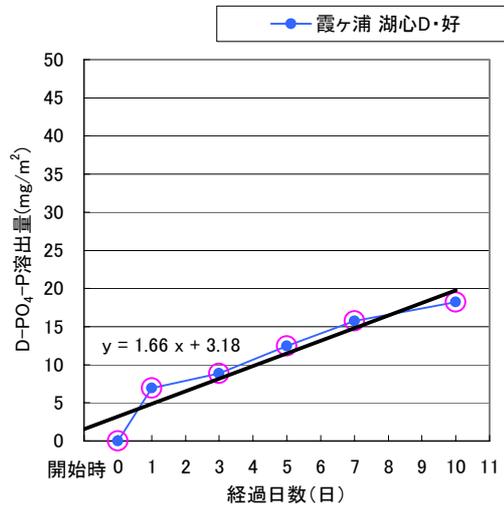
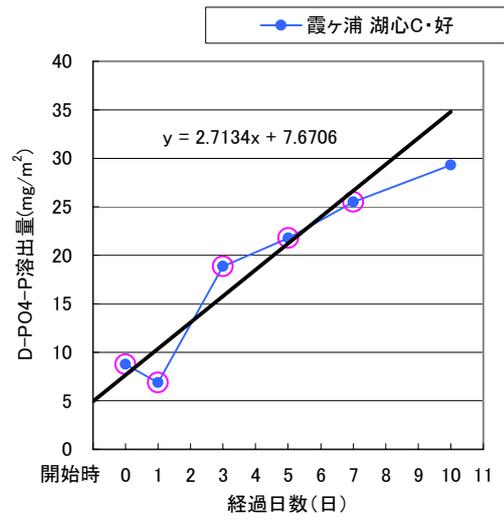
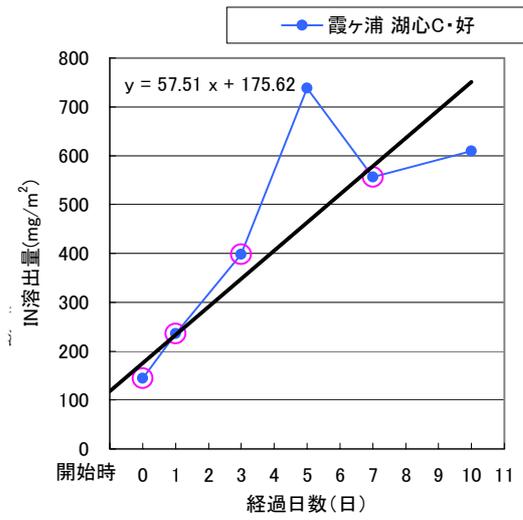


図 5.1.3(5) 溶出量曲線及び溶出速度(好気条件)

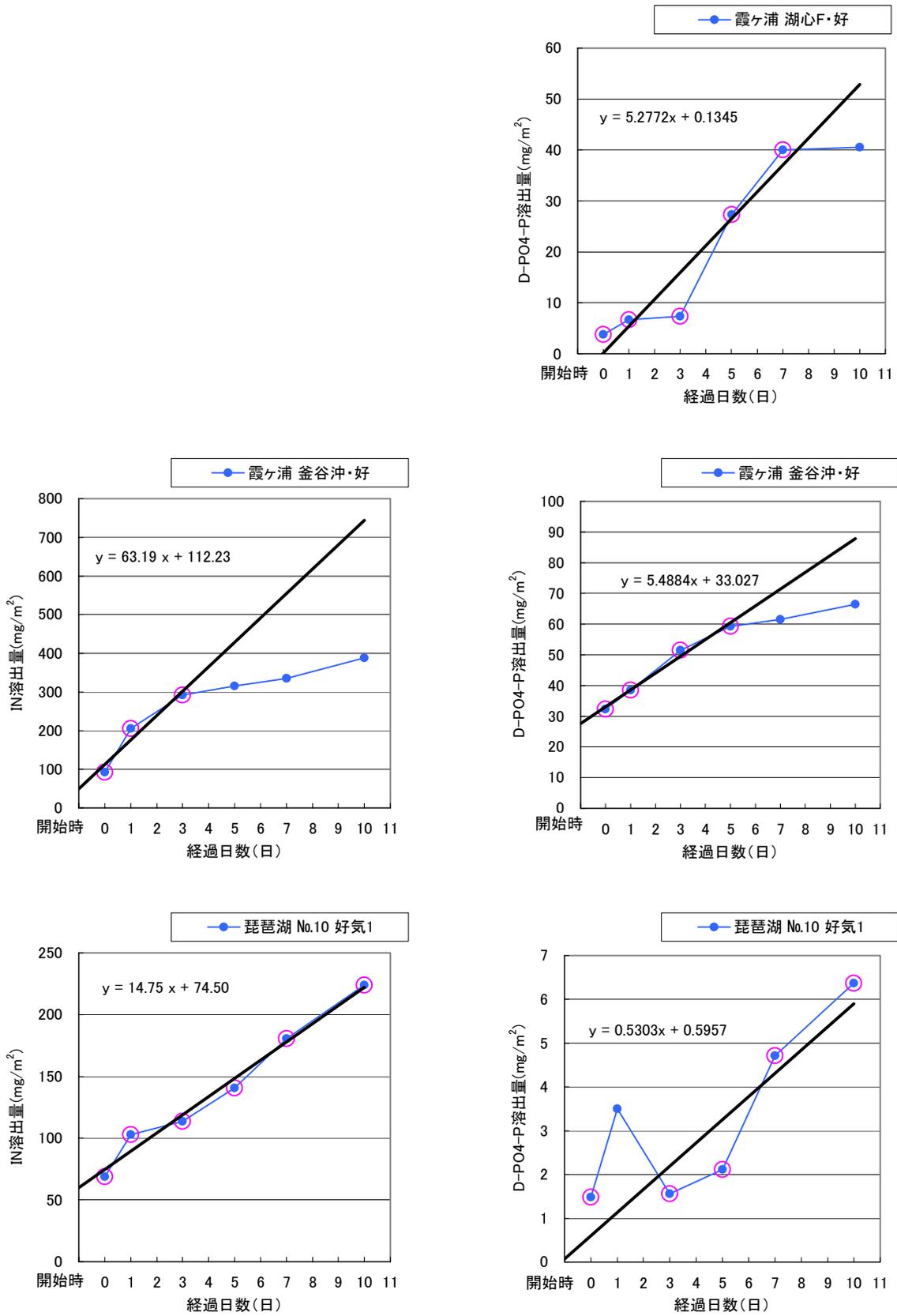


図 5.1.3(6) 溶出量曲線及び溶出速度(好気条件)

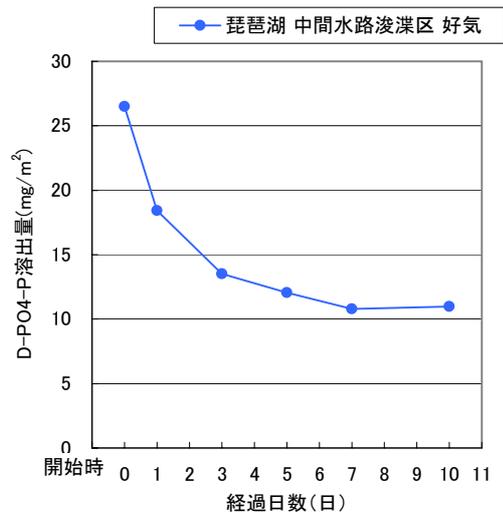
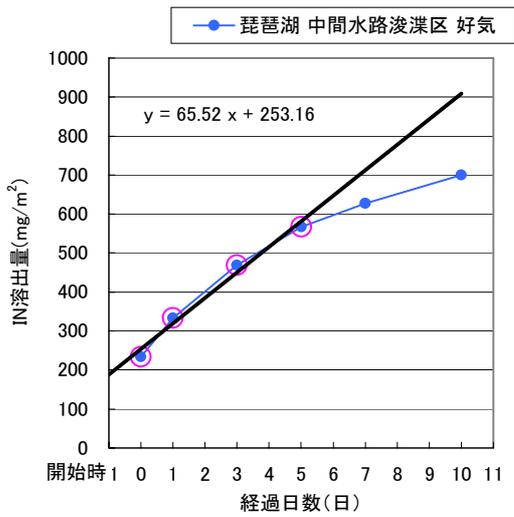
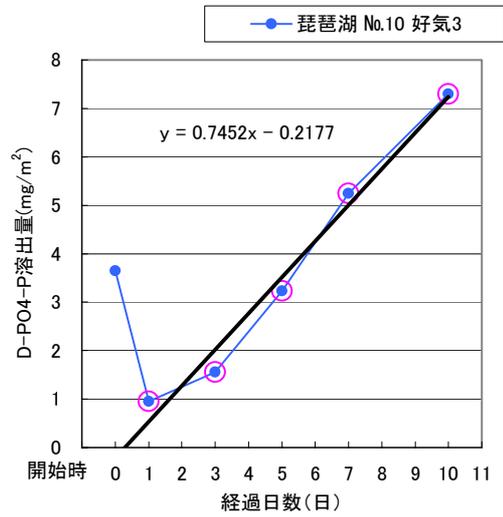
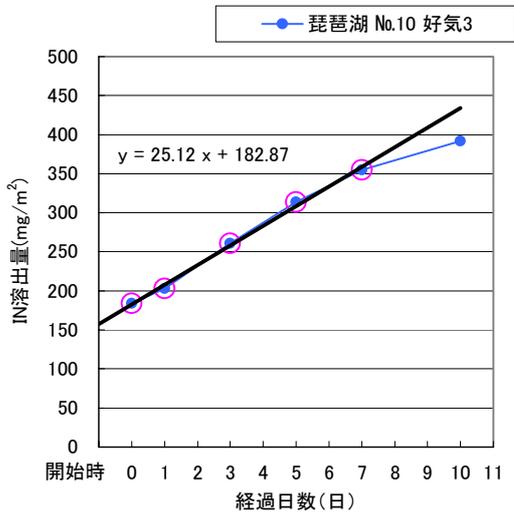
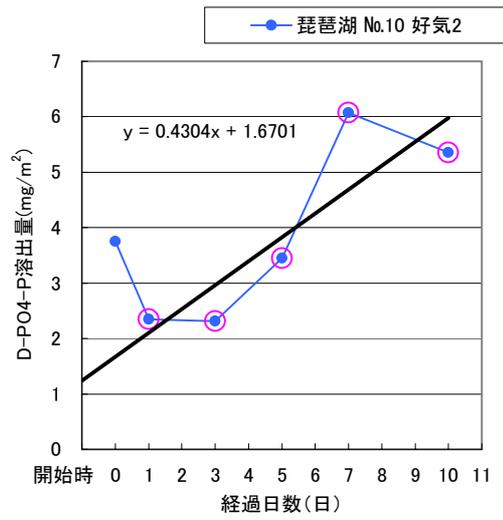
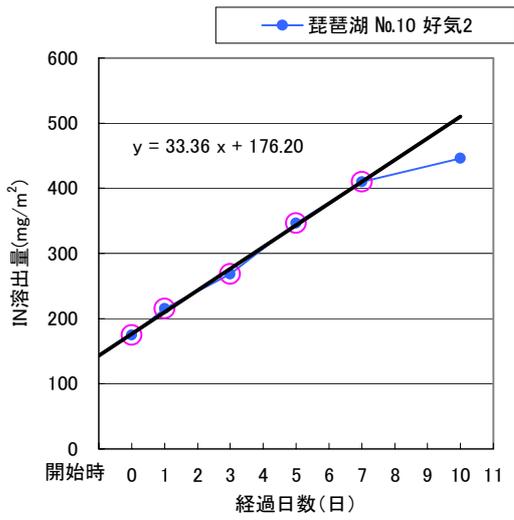


図 5.1.3(7) 溶出量曲線及び溶出速度(好気条件)

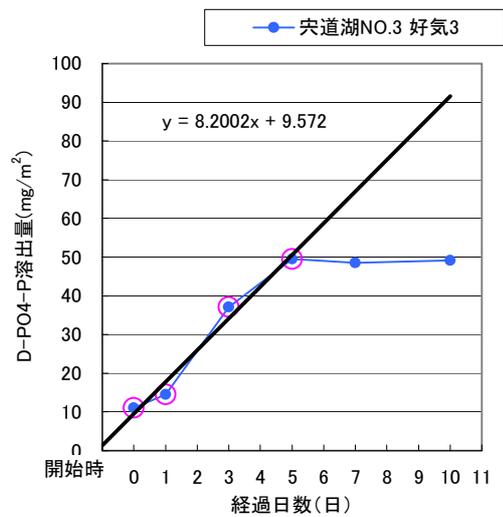
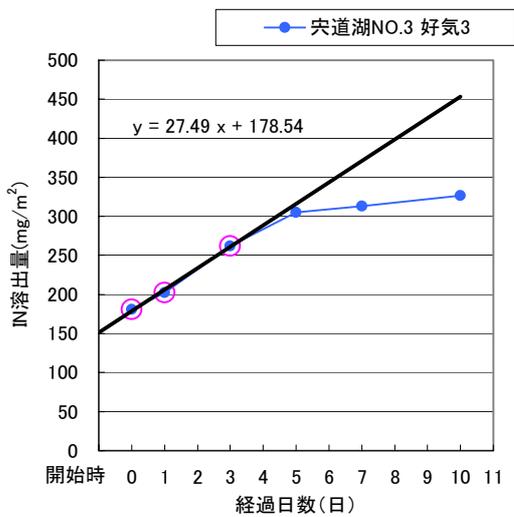
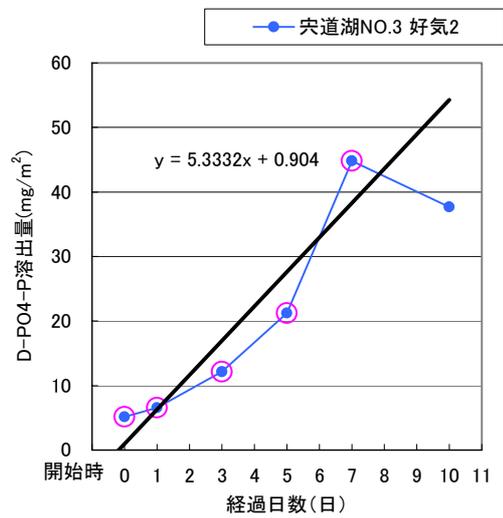
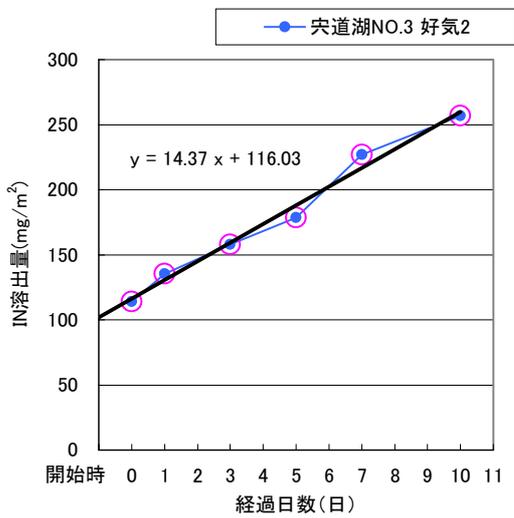
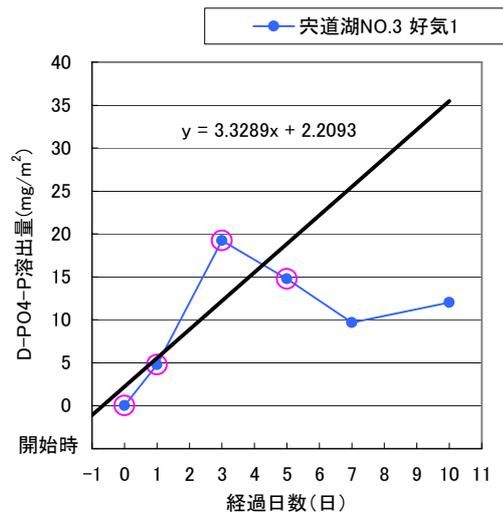
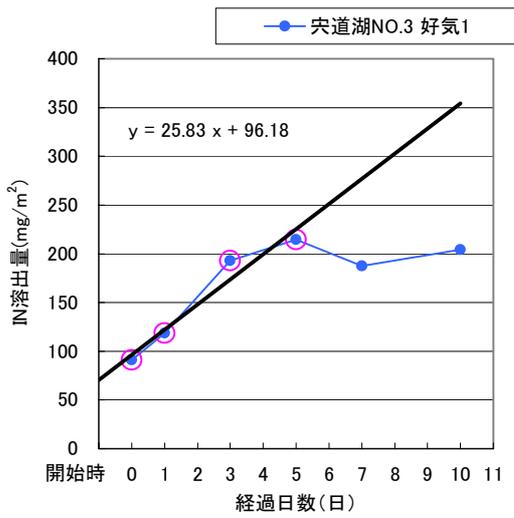


図 5.1.3(8) 溶出量曲線及び溶出速度(好気条件)

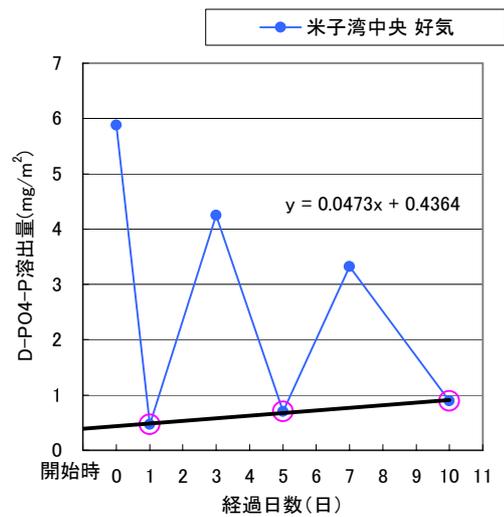
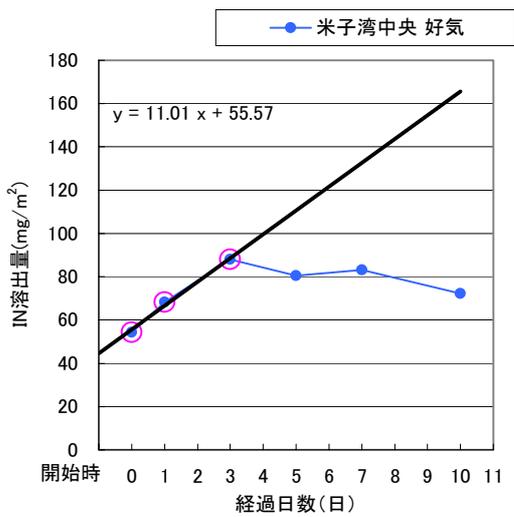
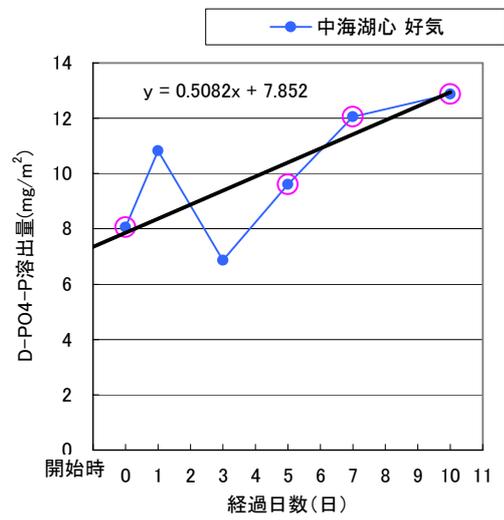
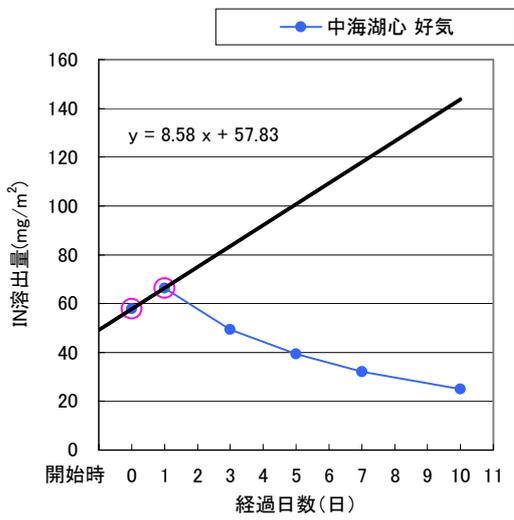
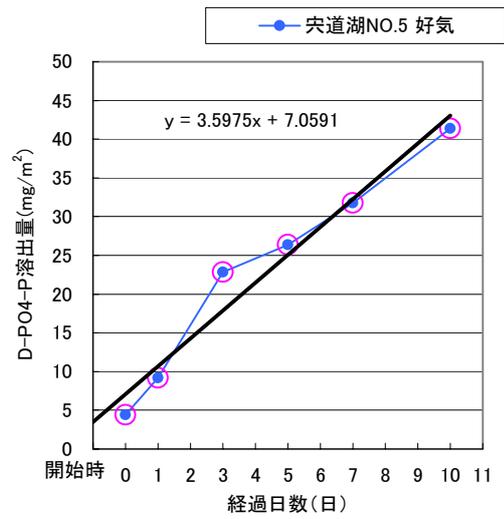
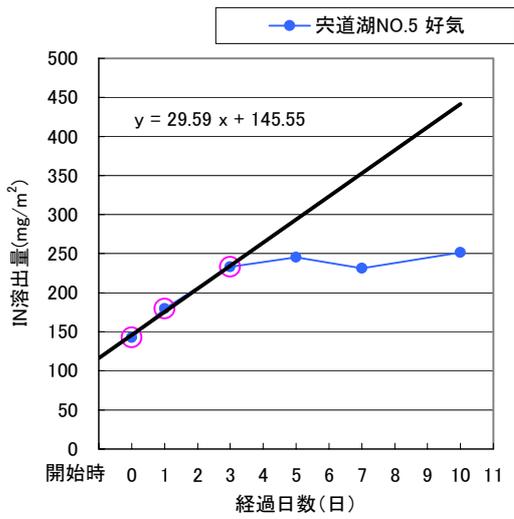


図 5.1.3(9) 溶出量曲線及び溶出速度(好気条件)

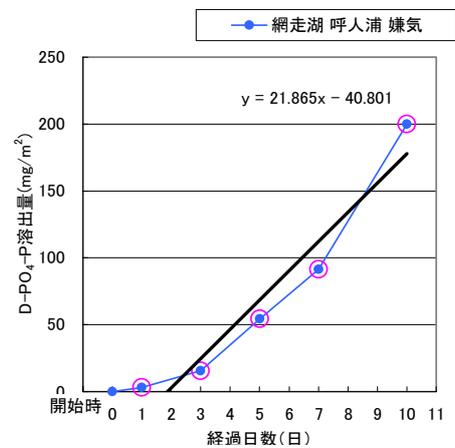
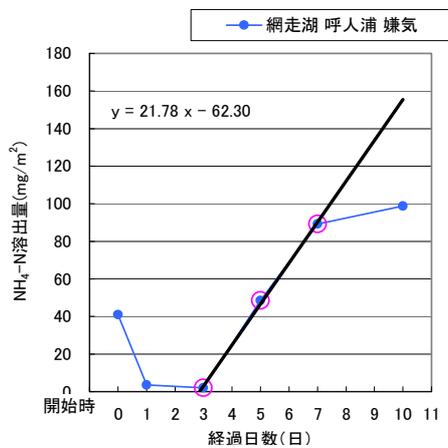
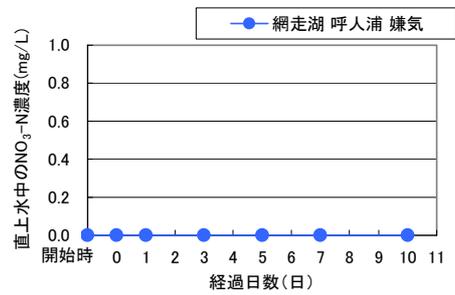
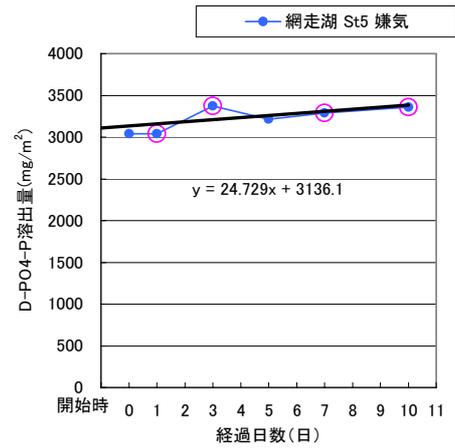
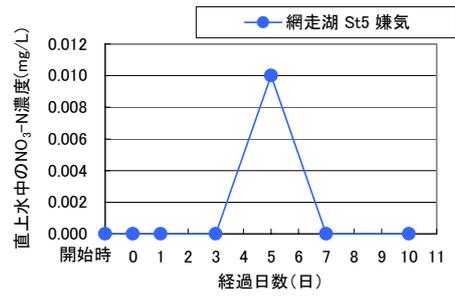
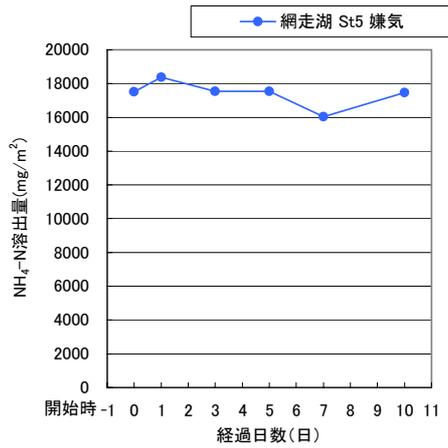


図 5.1.4(1) 溶出量曲線及び溶出速度(嫌気条件)

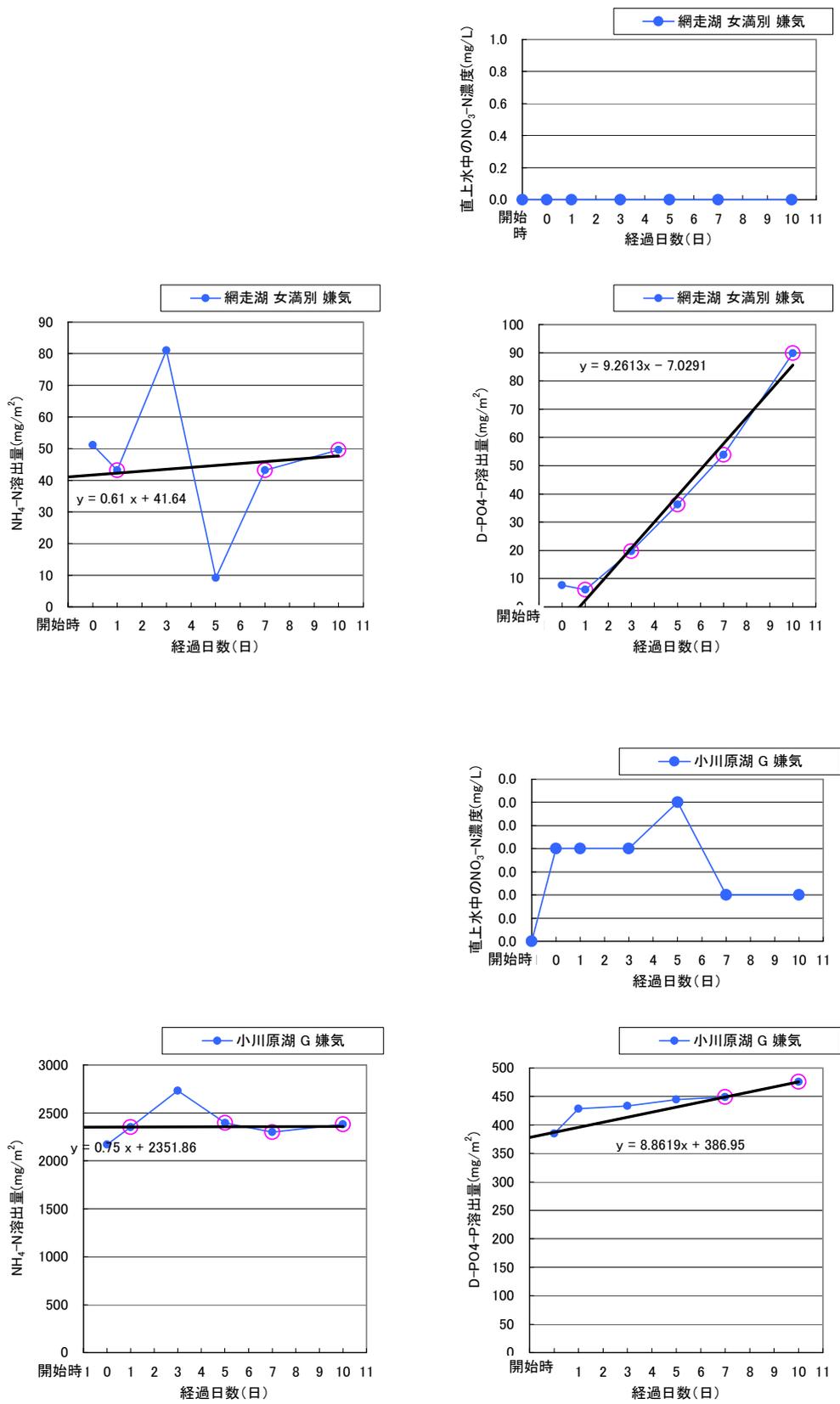


図 5.1.4(2) 溶出量曲線及び溶出速度(嫌気条件)

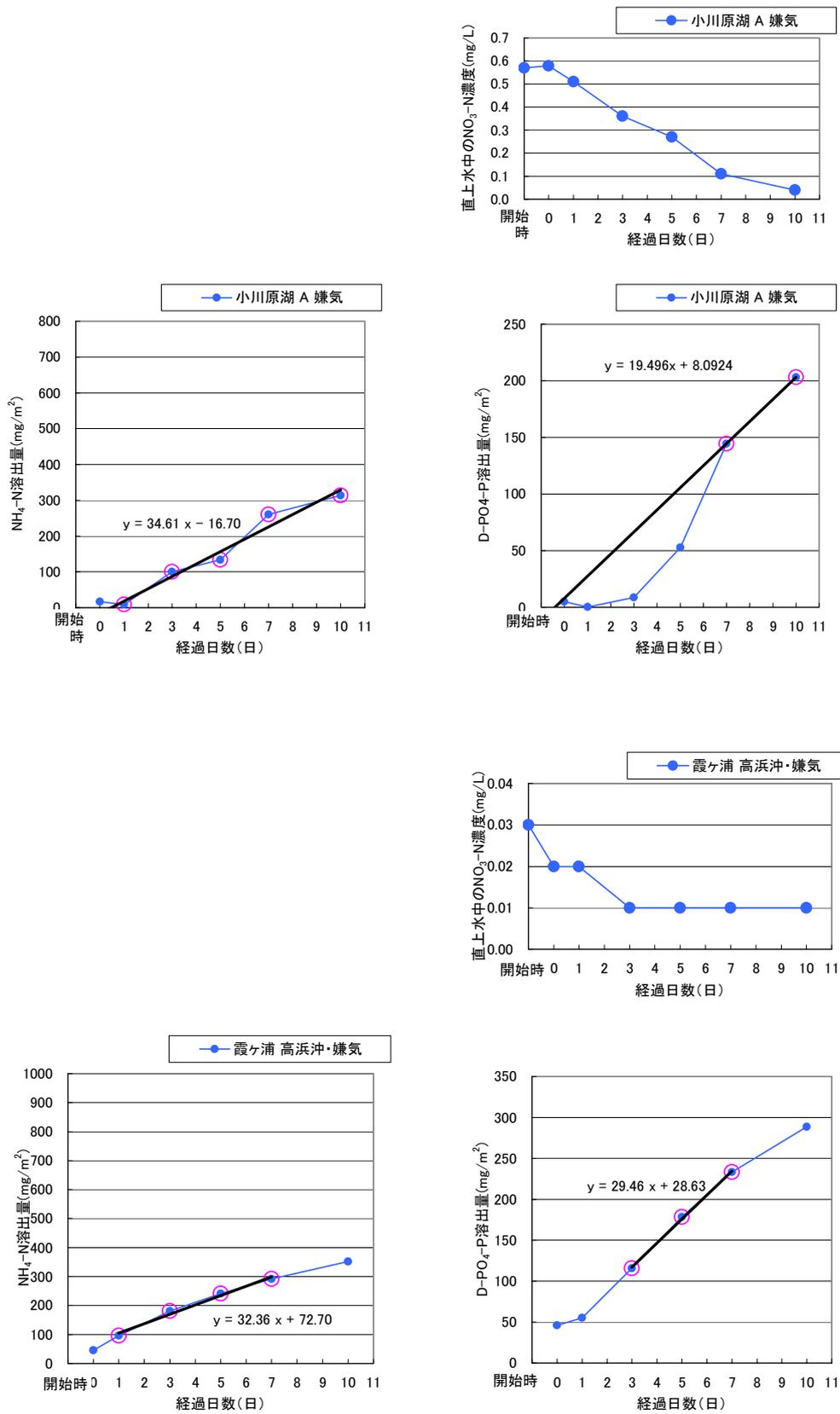


図 5.1.4(3) 溶出量曲線及び溶出速度(嫌気条件)

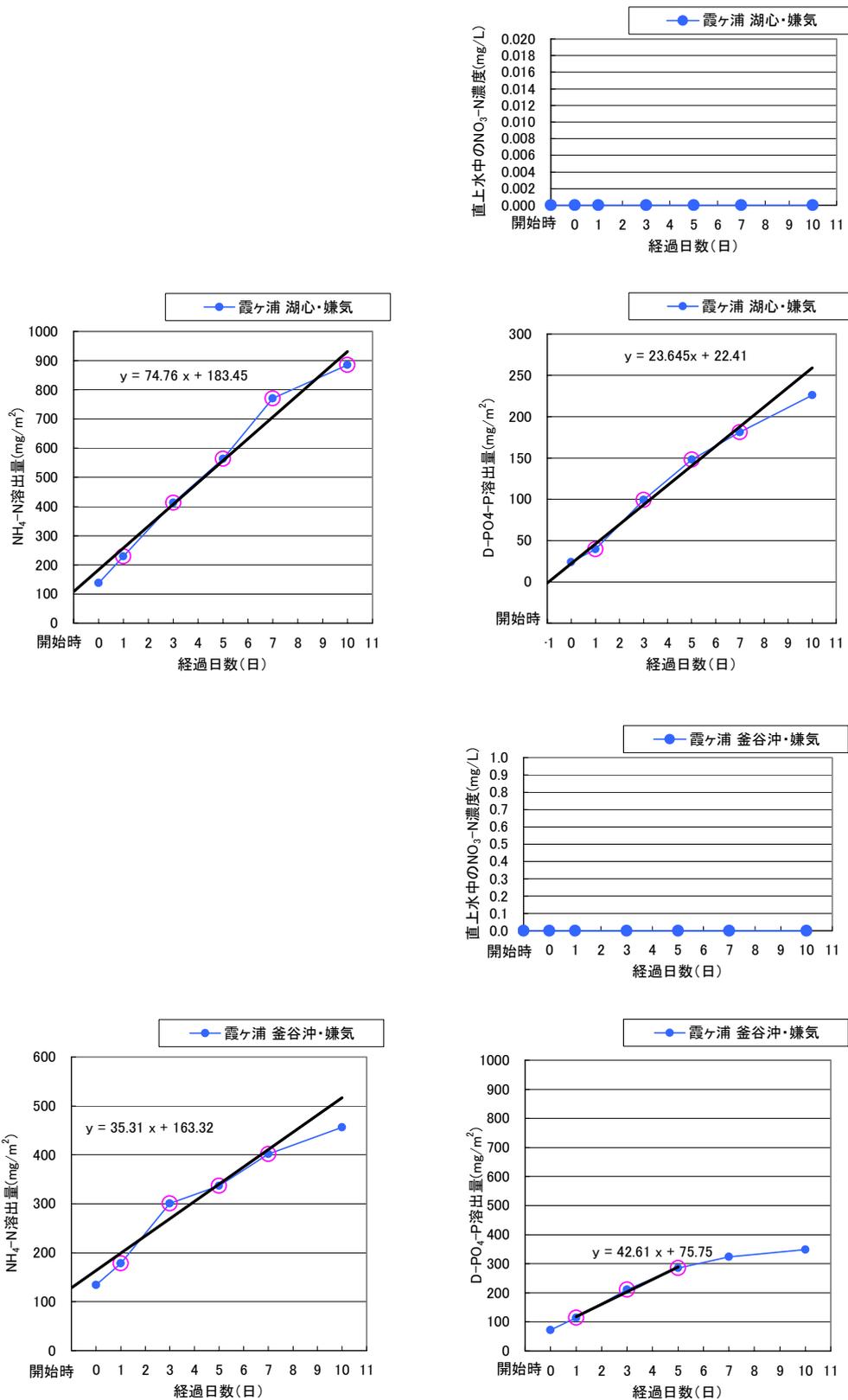


図 5.1.4(4) 溶出量曲線及び溶出速度(嫌気条件)

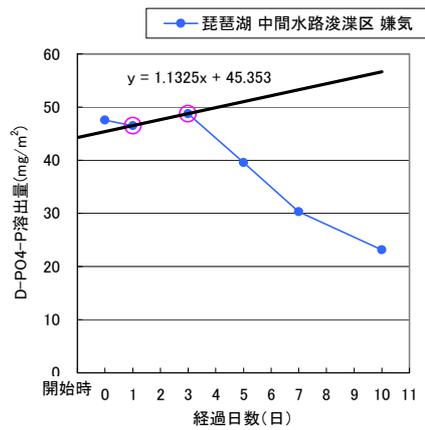
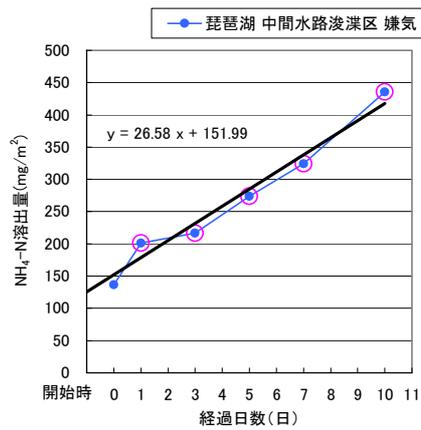
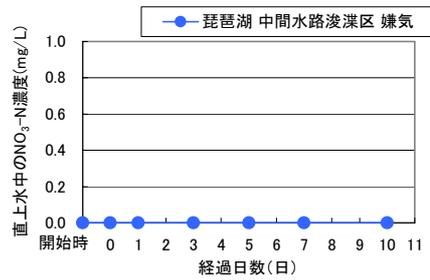
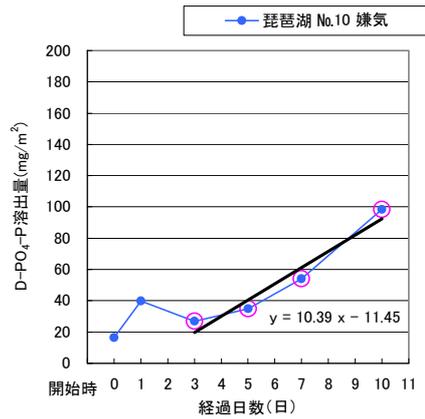
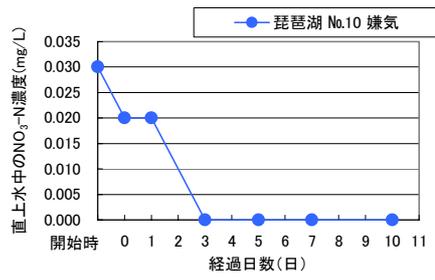
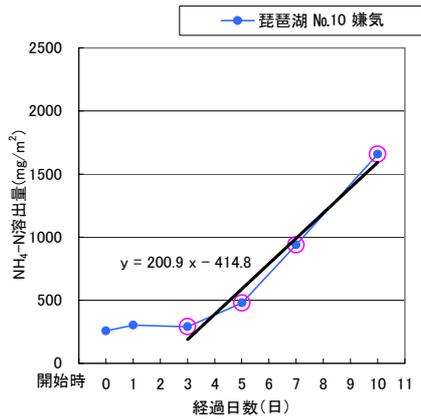


図 5.1.4(5) 溶出量曲線及び溶出速度(嫌気条件)

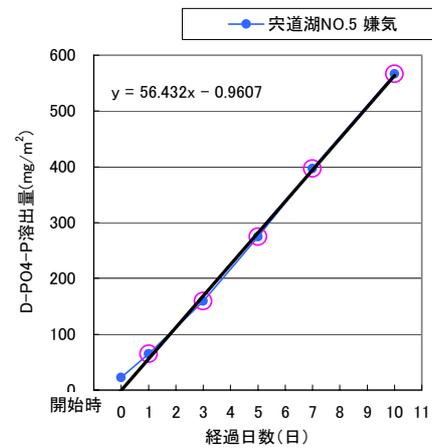
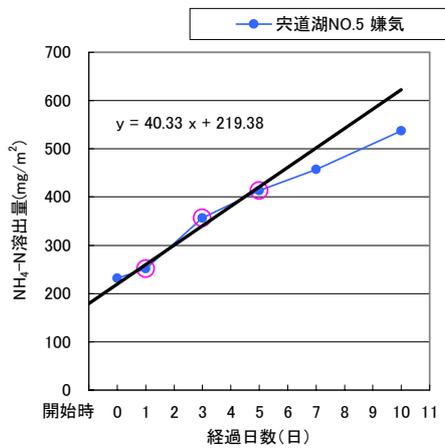
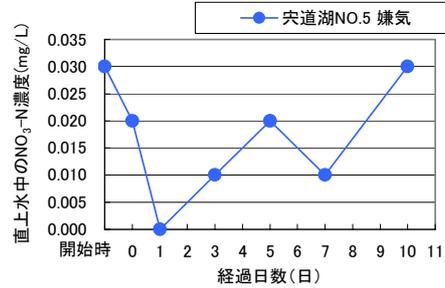
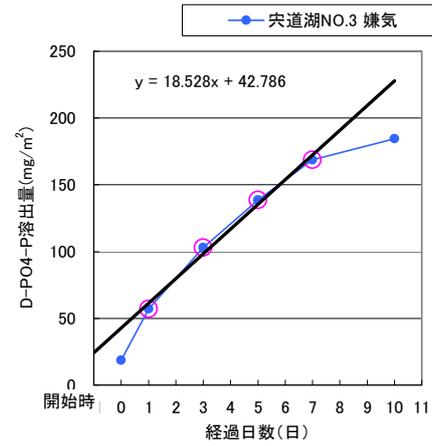
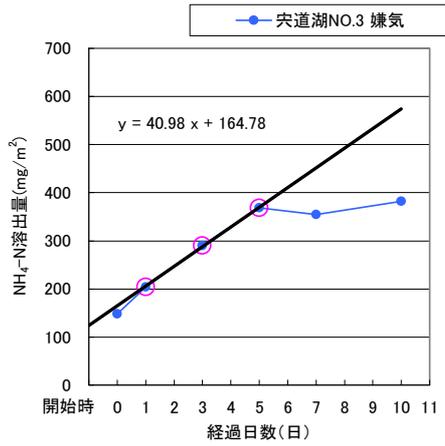
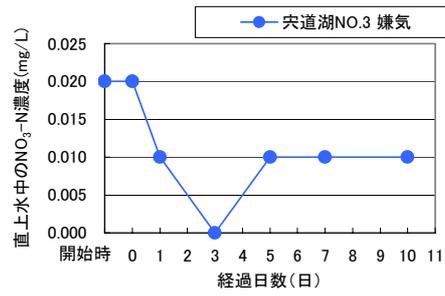


図 5.1.4(6) 溶出量曲線及び溶出速度(嫌気条件)

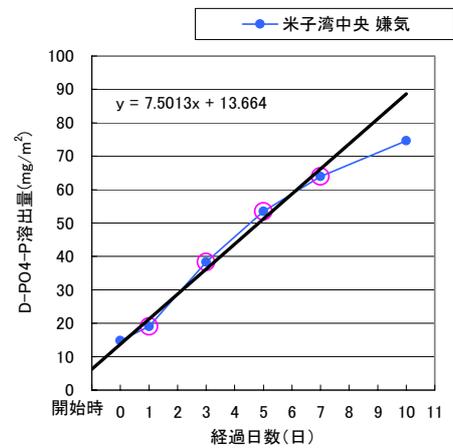
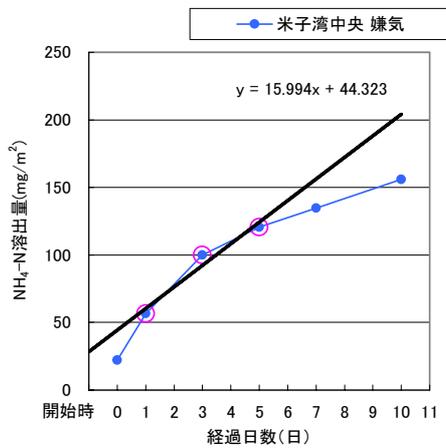
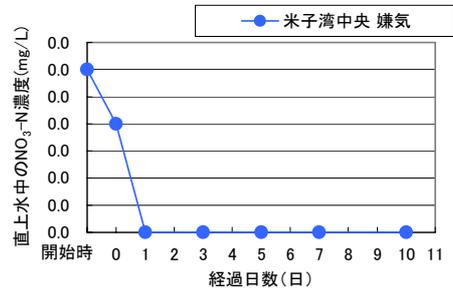
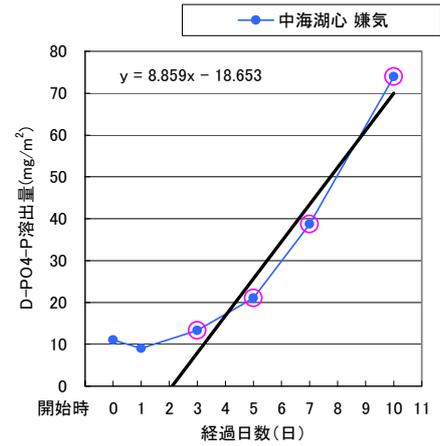
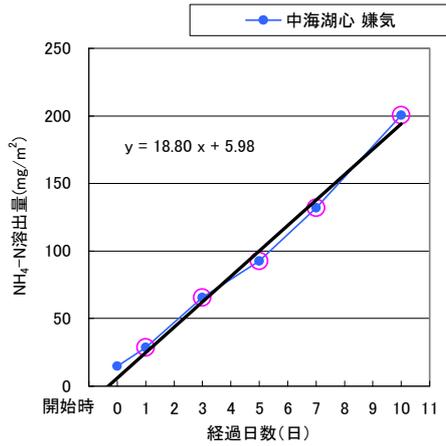
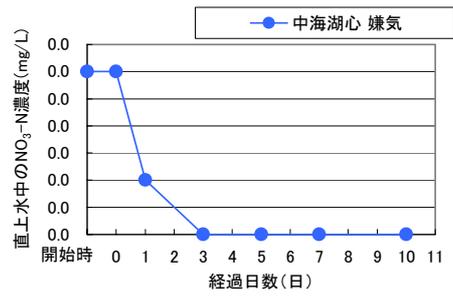


図 5.1.4(7) 溶出量曲線及び溶出速度(嫌気条件)

## 5.2 平成 20 年度湖沼底質統一簡易調査

### 5.2.1 調査実施概要

#### (1) 調査の目的

平成 19 年度湖沼底質統一調査や既往データより、一部の簡易な指標（泥色、泥臭など）による底質の特性把握の可能性が示唆された。このような方法が有効であれば、簡易な調査によって湖沼底質の平面分布が概ね網羅的に把握できることとなり、特に水質悪化前の監視段階の湖沼においては有益な知見となる。このため、主要 5 湖沼を対象として簡易な調査と底質含有量等の調査を組み合わせた底質平面分布調査を行い、簡易な指標の適用性を検証した。

#### (2) 調査内容

##### 1) 調査項目

調査項目は、簡易な指標と底質含有量等との関連性を明らかにする観点から、表 5.2.1 に示すとおりとした。

表 5.2.1 調査項目

	調査項目	
簡易な指標	・泥色 ・泥臭	・表泥の ORP ・粒度
底質含有量等	・強熱減量 ・COD ・TN ・TP	・硫化物 ・含水比 ・pH ・底質粒度分布
水質	・塩分濃度 ・DO ・水温	・pH ・濁度 ・クロロフィル a

##### 2) 調査地点

調査地点は、湖沼ごとにメッシュを設定し、以下に示す間隔で簡易的な指標と底質含有量等を測定した。調査地点には、平成 19 年度湖沼底質統一調査の地点及び既往の調査地点（底質平面分布、定期底質調査）を含めるようにした。

- ・簡易的な指標：メッシュ状に 1.5～3.0km 間隔※
- ・底質含有量等：2～3 メッシュごとに 1 カ所程度

各湖沼の調査地点位置図を図 5.2.1～図 5.2.5に示す。

※メッシュ内に既往の底質調査地点がある場合は、可能であればその地点に合わせた。

上記以外のメッシュでは、基本的にメッシュ中央に調査地点を配置した。

なお、湖岸部のメッシュで湖水面の占める面積が 5 割未満であり、かつ、近隣のメッシュに十分に調査地点が配置されている場合には、当該メッシュに調査地点を配置しないこととした。

### 3) 調査回数及び調査時期

調査回数は1回とした。調査実施期間は以下のとおりである。

表 5.2.2 各湖沼における調査実施期間

	調査実施期間
網走湖	平成20年8月18日～8月26日
小川原湖	平成20年9月4日～9月6日
霞ヶ浦	平成20年9月17日～9月18日
琵琶湖	平成20年12月15日
宍道湖	平成20年8月18日
中海	平成20年9月17日

### 4) 調査地点と調査項目の対応

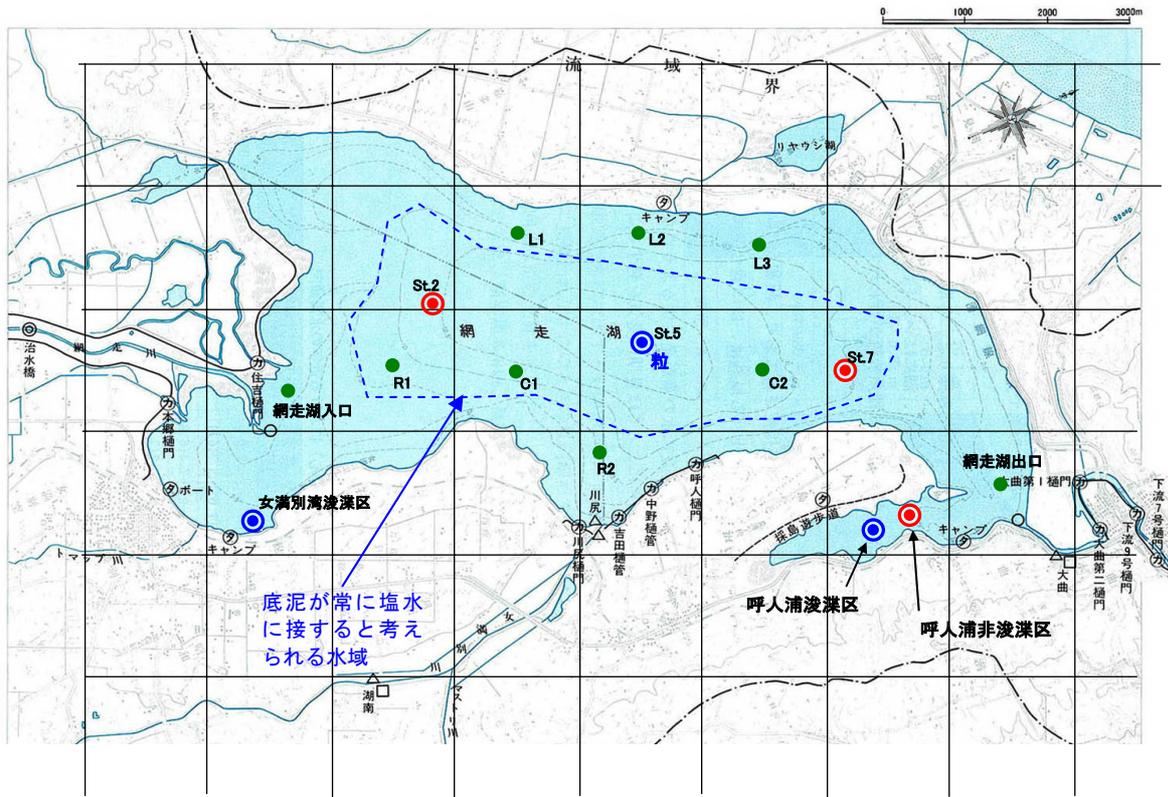
●●●地点では、簡易な項目、底質含有量等（底質粒度分布を除く）及び水質を調査し、●●地点では、簡易な項目、底質含有量等（底質粒度分布を含む）及び水質を調査した。●●●地点では簡易な項目及び水質のみを調査した。

各調査地点と調査項目の対応表を以下に示す。

表 5.2.3 調査地点と調査項目の対応表

	●●	●●	●●●	●●●	●
簡易な項目	○	○	○	○	○
底質含有量等	○	○	○	○	—
底質粒度分布	—	—	○	—	—
水質	○	○	○	○	○

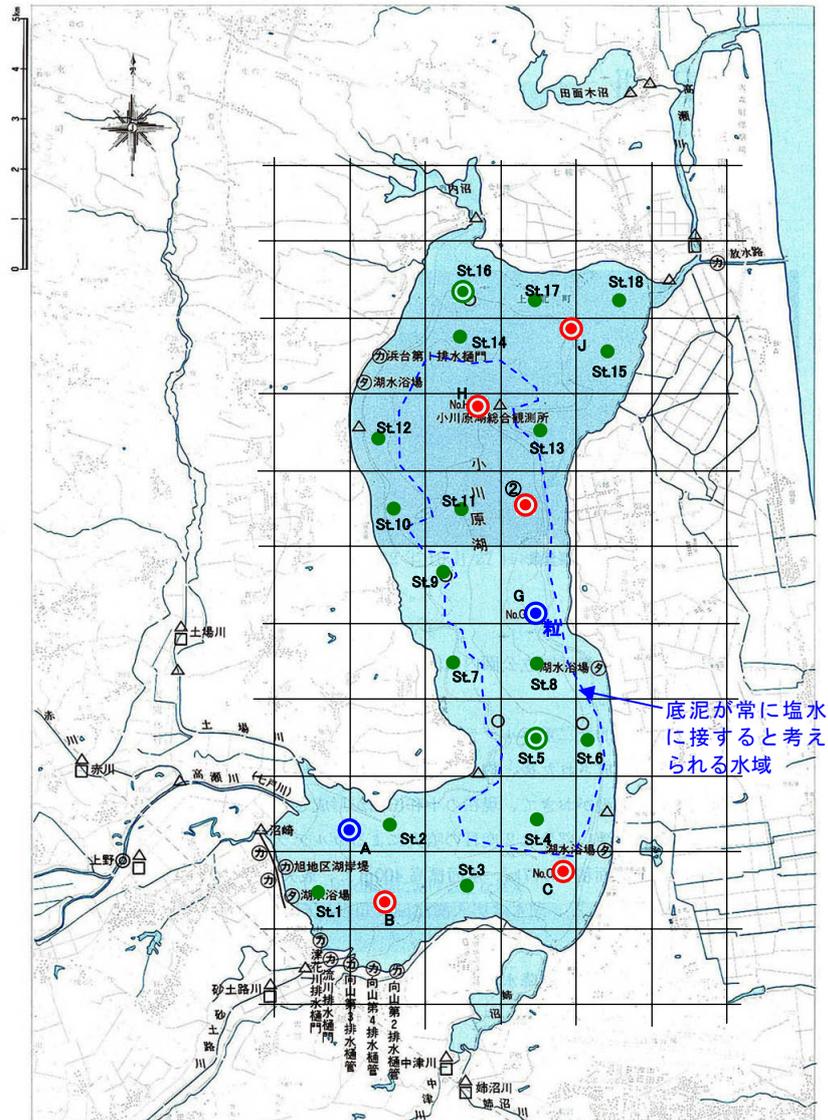
注) ○は調査を実施したことを、—は調査を実施しなかったことを示す。



- 粒 : H19 底質統一調査と同一の地点
- : H19 底質統一調査と同一の地点
- St : 既往調査と同一の地点
- : 今回新たに設定した調査地点

図 5.2.1 底質調査地点位置（網走湖） 1.5km メッシュ

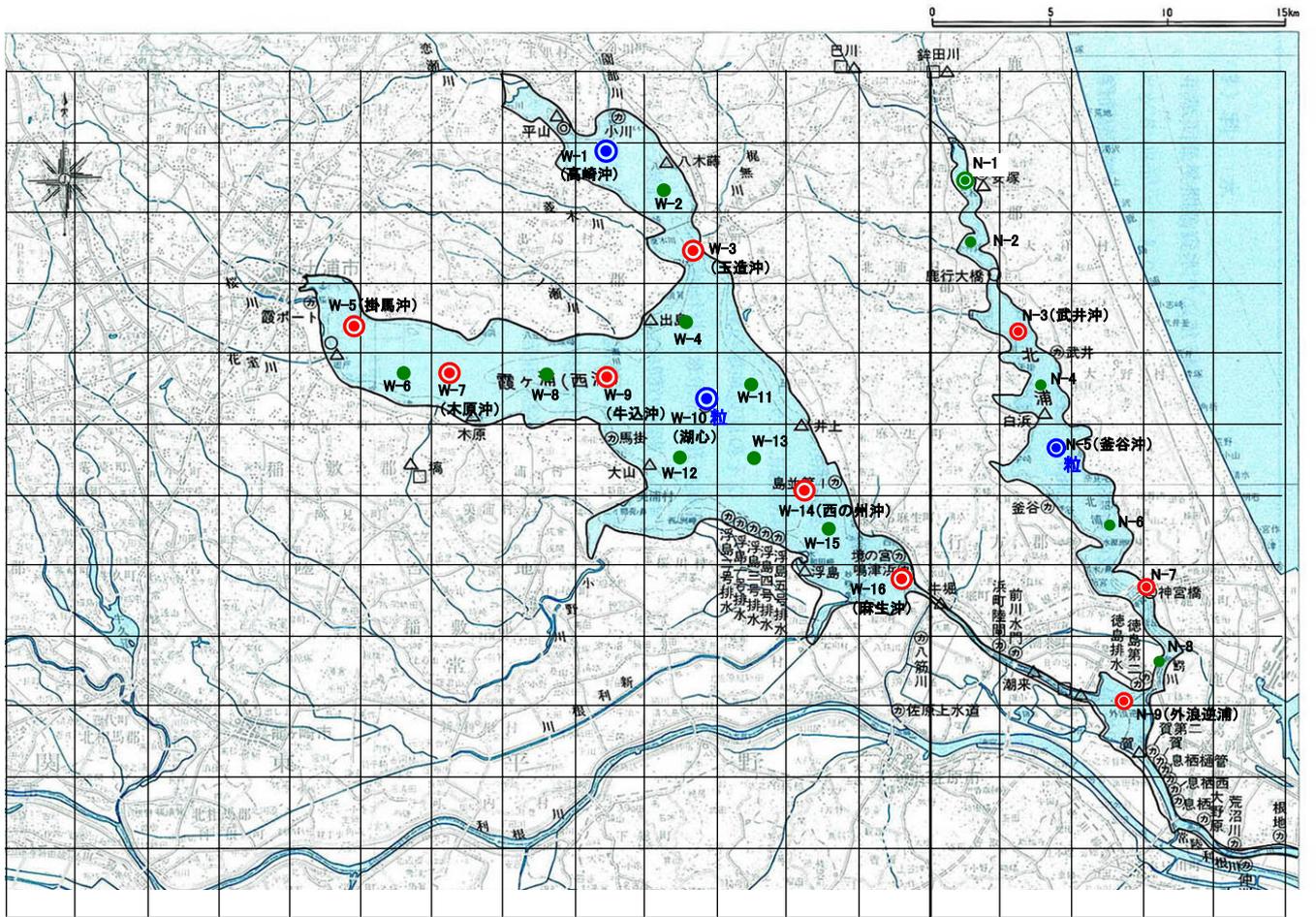
調査地点数：全項目 6 地点、簡易項目のみ 9 地点、合計 15 地点



- (Red circle with dot) : 既往調査と同一の地点 (全項目)
- (Blue circle with dot) : H19 底質統一調査と同一の地点 (全項目)
- (Green circle with dot) : 今回新たに設定した調査地点 (全項目)
- (Small green dot) : 今回新たに設定した調査地点 (簡易項目のみ)

図 5.2.2 底質調査地点位置 (小川原湖) 1.5km メッシュ

調査地点数 : 全項目 9 地点、簡易項目のみ 16 地点、合計 25 地点



- 粒: H19 底質統一調査と同一の地点
- : H19 底質統一調査と同一の地点
- : 既往調査と同一の地点
- : 今回新たに設定した調査地点
- : 今回新たに設定した調査地点

図 5.2.3 底質調査地点位置（霞ヶ浦） 3km メッシュ

調査地点数：全項目 13 地点、簡易項目のみ 12 地点、合計 25 地点

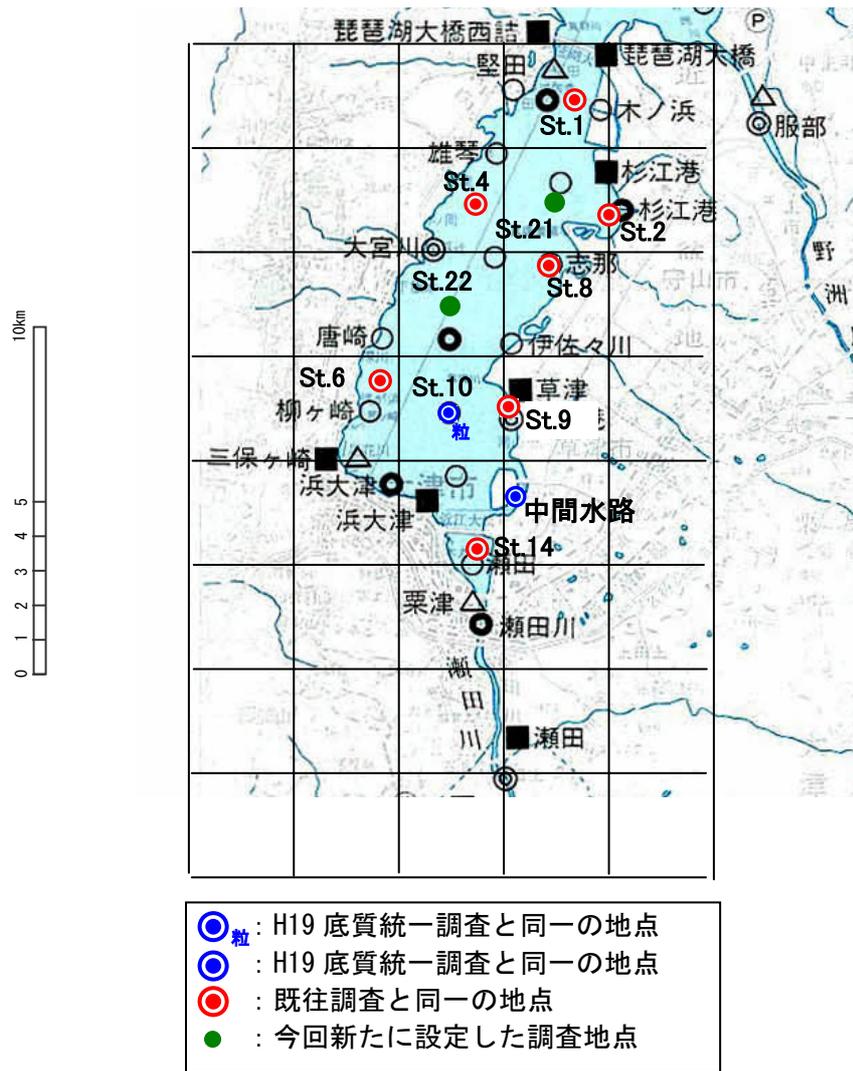


図 5.2.4 底質調査地点位置（琵琶湖 南湖） 3kmメッシュ

調査地点数：全項目 9 地点、簡易項目のみ 2 地点、合計 11 地点

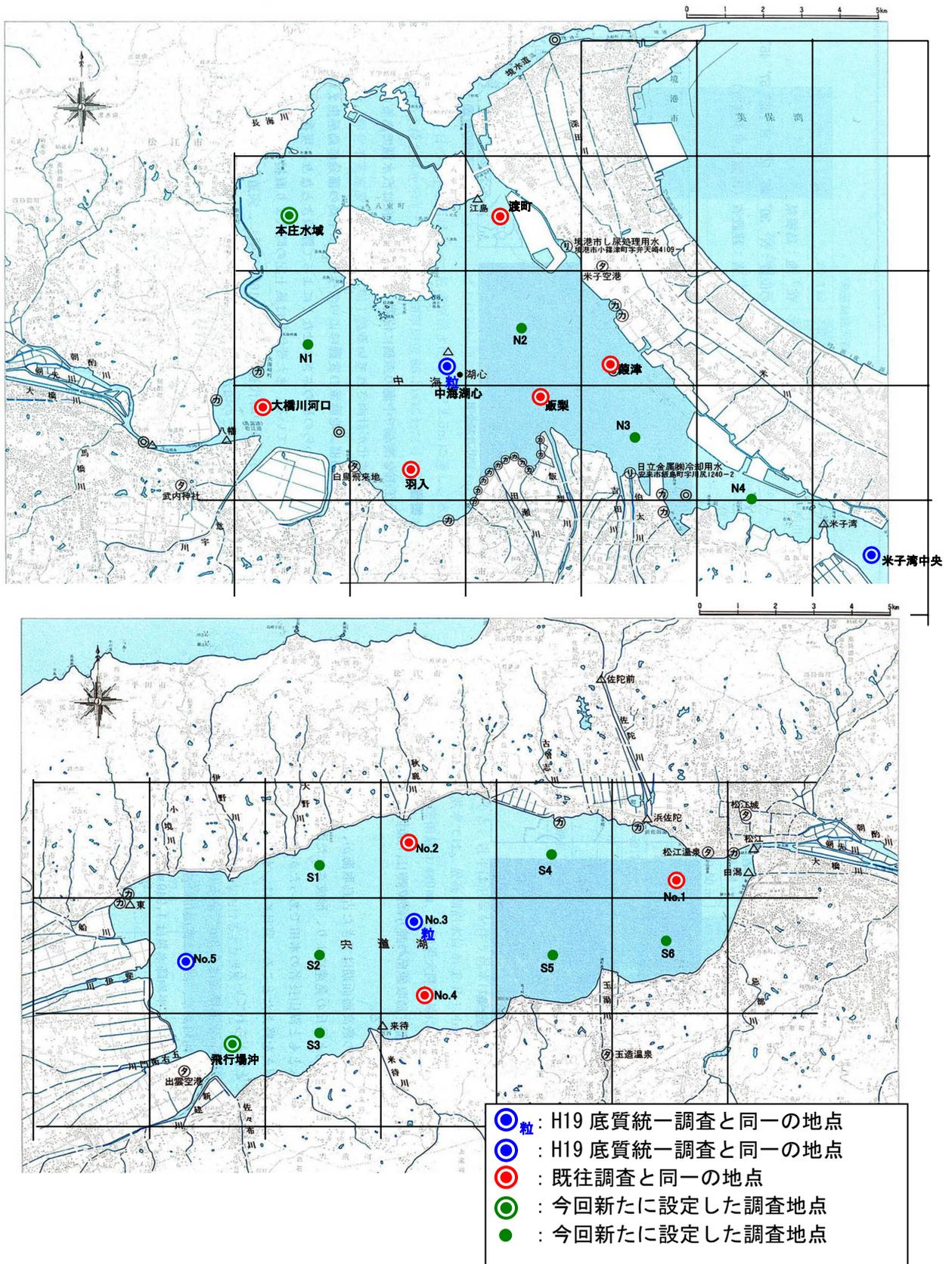


図 5.2.5 底質調査地点位置（中海・宍道湖） 3km メッシュ

調査地点数（中海）：全項目 8 地点、簡易項目のみ 4 地点、合計 12 地点  
 調査地点数（宍道湖）：全項目 6 地点、簡易項目のみ 6 地点、合計 12 地点

## 5) 調査方法

### (a) 試料の採取

#### a) 底質

簡易な指標及び底質含有量等を調査する地点（地点）では、コアサンプル1本（内径4～10cm程度）及びエックマンバージ採泥器による採泥試料（0～5cm程度の表泥）を採取した。コアサンプルの採泥方法は、柱状採泥器を用いた船上からの採取を基本とした。また、地点においてコアサンプル1本ではサンプル量が不足する場合、必要に応じて複数本のコアサンプルを採取した。

簡易指標のみを調査する地点（地点）では、コアサンプル1本のみを採取した。コアサンプルの採泥方法は、柱状採泥器を用いた船上からの採取を基本とした。ただし、簡易指標のみを調査する地点において柱状採泥器による採取が困難な場合は、採泥方法を明記した上でエックマンバージ採泥器による採泥を行った。



出典：離合社パンフレット

図 5.2.6 柱状採泥器の一例

#### <柱状採泥方法に関する補足>

- 一定の調査実績がある柱状採泥方法としては、以下文献を参照した。  
「湖沼環境調査指針（社）日本水質汚濁研究協会変 1982年発行」  
「底質の調査・試験マニュアル 改訂第三版（社）底質浄化協会 2003年3月」

#### b) 水質

水質項目の分析は、いずれも現地でのポータブル水質測定器による測定とした。

表 5.2.4 採取試料一覧表

調査地点		簡易な指標及び 底質含有量等の調査地点 (     地点)		簡易な指標の調査地点 (  地点)	
		簡易な指標	底質含有量等	簡易な指標	底質含有量等
底質 採泥	コアサンプル		●*1	●	—
	エックマン バージ採泥器	●	—	—*2	—
水質		—*3		—*3	

●：試料採取を実施することを示す。

\*1：「簡易な指標」調査を行った後に「底質含有量等」（室内分析）に用いる。

\*2：柱状採泥器による採取が困難な場合は、採泥方法を明記の上でエックマンバージ採泥器を用いる。

\*3：ポータブル水質測定器による測定のみを行い、採水は特に実施しない。

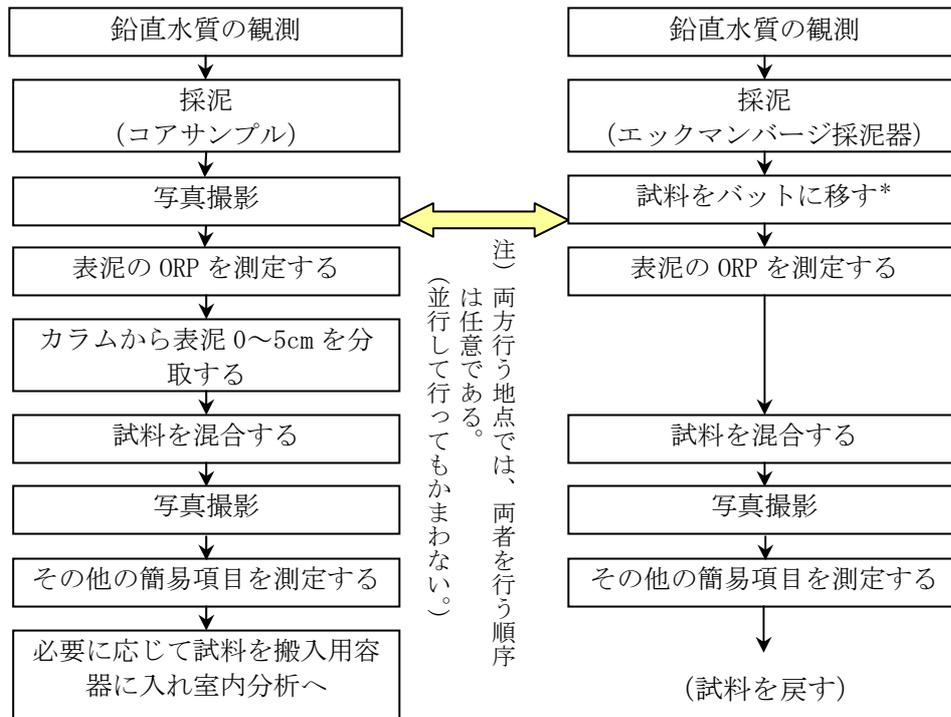
(b) 現地測定及び室内分析

a) 簡易な指標

簡易な指標は、いずれの項目も、底泥の採取直後に現地において測定した。測定フローは以下のとおりである。

採取したコアサンプルは、柱状試料のまま写真撮影し、表泥の ORP 測定に使用した後、表泥 0～5cm を分取し、バットに入れた状態で再度写真撮影し、その他の簡易な項目の測定及び底質含有量等調査（室内分析）に用いた。

エックマンバージ採泥器による採取試料は、バットにうつし、表泥の ORP 測定に使用した後、写真撮影し、その他の簡易な項目の測定を行った。このとき、表層 0～5cm 付近の底泥のみを取り分けてバットに移し、表泥の ORP 測定や写真撮影等に使用した。



\* エックマンバージ採泥器による採取試料は、その含水比が比較的低い場合等は、表層泥（湖水と接していた部分）とそれ以外等を判別することができる。このような場合には、表層 0～5cm 付近の底泥のみを取り分けてバットに移すこととした。

図 5.2.7 簡易な指標の測定フロー

● 表泥の ORP

現地において採取した表泥の ORP を、ポータブルの ORP センサーにより、試料の採取直後に測定した。

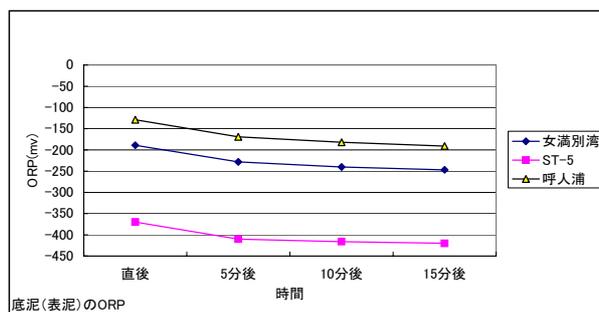
エックマンバージ採泥器による採取試料は、バットにうつし、表泥にセンサーを 1cm 程度浸した後、10 分程おいて数値が安定してから結果を記録した。

コアサンプルは、採取後、泥が空気に触れないように、採取したままの状態（水を抜かない状態）で表泥にセンサーを 1cm 程度浸した後、10 分程おいて数値が安定してから結果を記録した。

解説)

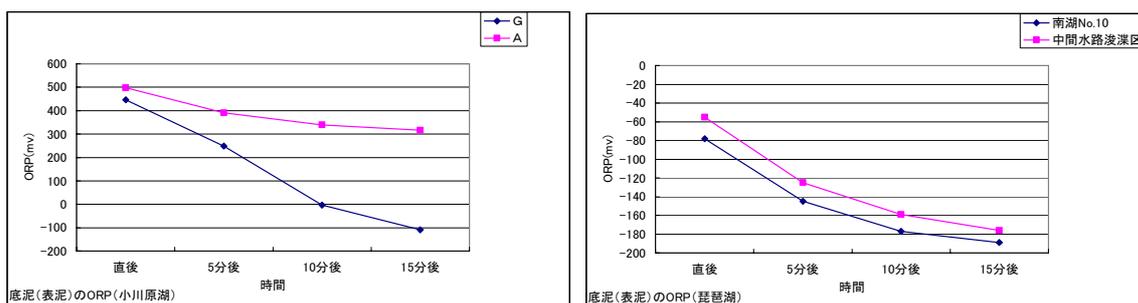
ORP の測定値は、測定開始（センサーを試料に浸す）後、しばらくの間は安定しないことが過去の調査結果から明らかとなった。このため、いずれの試料に対しても、測定値がほぼ安定すると考えられる測定開始から 10 分後を目安として、ORP の測定値を読み取り記録することとした。

参考 測定開始してからの経過時間と ORP の測定値



出典：H19 底質統一調査結果

図 5.2.8 表泥の ORP の経時変化（網走湖）



出典：H19 底質統一調査結果

図 5.2.9 表泥の ORP の経時変化（小川原湖、琵琶湖）

● 泥色

泥色は、「新版 標準土色帖(農林水産省農林水産技術会議事務局監修)」の色見本を参考に Munsell 表示(「5YR3/1」等)及び土色名(「黒褐」等)を記録した。なお、泥色の判別は、水の透視度の測定方法と同様に、太陽を背にするなど直射日光を避けた状態で行うこととした。

また、試料をバットに入れ、色見本を並べデジタルカメラで撮影した。

霞ヶ浦では、測定結果の比較検証のため、別途用意する「土色計」により泥色を測定し記録した。

● 泥臭

泥臭は、JIS 規格を参考に、以下の臭気の種類と種類より「臭気の種類」をひとつ選定し、その名称を記録した。

また、臭いの程度(強、弱、微)についても「強〇〇臭」、「弱〇〇臭」、「微〇〇臭」のように記載した。

表 5.2.5 に基づく泥臭の判断の参考として、具体的なにおいの表現による臭気の種類を表 5.2.6 に示す。

表 5.2.5 臭気の種類と種類の一例

臭気の大分類	臭気の種類
(0) 無臭	無臭
(1) 芳香性臭気	メロン臭、すみれ臭、きゅうり臭、芳香族など
(2) 植物性臭気	藻臭、青草臭、木材臭、海草臭など
(3) 土臭、かび臭	土臭、沼沢臭、かび臭、(ドブ臭) など
(4) 魚貝臭	魚臭、肝油臭、はまぐり臭など
(5) 薬品性臭気	フェノール臭、タール臭、油臭、油脂臭、パラフィン臭、塩素臭、硫化水素臭、クロロフェノール臭、薬局臭、薬品臭など
(6) 金属性臭気	かなげ臭、金属臭など
(7) 腐敗性臭気	ちゅうかい臭、下水臭、豚小屋臭、腐敗臭など

※1 ( ) は、出典に記載がないものの、過去の調査結果との継続性の観点から今回追記した臭気の種類である。

※2 出典の資料には(8)不快臭の記載があるが、これらは(1)～(7)の臭気を「強〇〇臭」とすれば表現できると考えられるためここでは削除した。

出典：JIS K 0102 (工場排水試験方法)、下水試験方法

表 5.2.6 具体的なにおいの表現による臭気の種類（参考）

		具体的なにおいによる分類	小分類	大分類
(1)	1)	きゅうりのにおい。	きゅうり臭	芳香性臭気
(2)	1)	わかめ等のにおい。	海草臭	植物性臭気
	2)	草のにおい。	青草臭	植物性臭気
	3)	ヒノキ、スギ等のにおい。	木材臭	植物性臭気
(3)	1)	土臭いのにおい。	土臭	土臭、かび臭
	2)	水田に水を張ったようなにおい。	沼沢臭	土臭、かび臭
	3)	かびくさいにおい。	かび臭	土臭、かび臭
	4)	排水溝のにおい。	ドブ臭	土臭、かび臭
(4)	1)	生臭さのまじった魚のにおい。	魚臭	魚貝臭
	2)	生臭さのまじった潮のにおい。貝くさいにおい。	はまぐり臭	魚貝臭
	3)	塩気のない油ののった秋刀魚を焼いたにおい。	肝油臭	魚貝臭
(5)	1)	たまごの腐ったようなにおい。	硫化水素臭	薬品性臭気
	2)	塩素、カルキのにおい。	塩素臭	薬品性臭気
	3)	アスファルト舗装工事のにおい。	タール臭	薬品性臭気
	4)	病院等の薬品くささ。	薬品臭	薬品性臭気
(6)	1)	鼻血がでたときのように金属のようにおい。	金属臭	金属性臭気
(7)	1)	清掃が行き届かない（公衆）トイレのようにおい。	下水臭	腐敗性臭気
	2)	生ゴミのにおい。	ちゅうかい臭	腐敗性臭気
	3)	家畜や動物園のにおい。	豚小屋臭	腐敗性臭気
	4)	生ゴミの腐ったようなにおい。	腐敗臭	腐敗性臭気

※本表は、文献等からの転載ではなく今回独自に記載したものである。

● 粒度

粒度は、以下に示すスリツブシ試験により、砂分、シルト分、粘土分の存在を確認し、記録した。その際に、別途用意した細砂、シルト、粘土等のサンプル（写真 5.2.1）の感触を参考とした。

なお、スリツブシ試験により、砂分、シルト分、粘土分のうち2つ以上が確認された場合は、その割合の高いものから順に判別し、たとえば砂とシルトの2種類が存在していてシルトの割合が最も高い場合には「砂混じりシルト」と記録した。

スリツブシ試験	
砂分、シルト分、粘土分の割合を見積もるために行う。少量の試料を指の間ですりつぶすが、必要があれば水の中で行う。 <u>ざらざらしたり、きしんで引っかかる感じにより砂分の存在が分かる。</u> この操作で判別しにくい場合は、この試験を耳のそばで行うか、歯で行えば、砂はきしむのはっきりわかる。	
<u>粘土質の土はさわった感じがぬるぬるして、指にくっついて離れない。</u> かわいた状態では洗わない限り落とせない。	
<u>シルト質の土は、さわるとやわらかくて粉のような感じがする。</u> 指についた土は、かわいた状態でたやすく落とすことができる。	
出典：「土質試験法」（第1回改訂版）土質工学会編	

観測時に参考とした粒度の分類及び粒径を以下に示す。

番号	①	②	③	④	⑤	⑥
サンプル名称	有機質シルト	粘土	シルト	砂質シルト	シルト質砂	砂
粒径	—	0.005mm以下	0.005 mm ~ 0.075 mm	砂とシルトの混合土	シルトと砂の混合土	0.075 mm ~ 2 mm
見分け方	植物等の繊維質が含まれる。	さわった感じがぬるぬるして、指にくっついて離れない。手の中でこねるとヒモ状になる。	さわるとやわらかい。粉のような感じがする。指で触った後、乾くとたやすく落とすことができる。	砂よりシルトが多い。	シルトより砂が多い。	ざらざらしたり、きしんで引っかかった感じがする。



写真 5.2.1 粒度の判別に使用した細砂、シルト、粘土等のサンプル

b)底質含有量等

底質含有量等の分析項目は、以下の表に示すとおりとした。また、統一調査では全湖沼ともに同一の方法で試験を行う必要があることから、推奨する分析方法を以下のとおりとした。

なお、底質粒度分布は、事務局が指定する分析機関で室内分析した。

各湖沼における分析方法の一覧表を表 5.2.8に示す。

表 5.2.7 底質含有量等分析項目及び推奨する分析方法

項目	単位	推奨する分析方法
強熱減量(IL)	%乾泥	第3編 第1章 3節 3.3
含水比	%	第3編 第1章 2節 2.5
COD	mg/g 乾泥	第3編 第1章 4節 4.1.4 (CODMn)
TN	mg/g 乾泥	第3編 第1章 4節 4.5 (ケルダール窒素)
TP	mg/g 乾泥	第3編 第1章 4節 4.6
硫化物	mg/g 乾泥	第3編 第1章 4節 4.3
pH	—	第3編 第1章 3節 3.1
底質粒度分布	—	第3編 第1章 2節 2.4

出典：底質の調査・試験マニュアル 改訂第三版（社団法人 底質浄化協会）

表 5.2.8(1) 各湖沼における底質含有量等分析方法（網走湖）

項目	単位	分析方法	最小表示桁	数値の丸め方
ORP（底泥）	mV	水質汚濁調査指針 5.14 日本水産資源保護協会編1980	整数	四捨五入
強熱減量(IL)	%乾泥	II-4.2	小数第1位	切捨て
COD	mg/g乾泥	II-4.4	小数第1位	切捨て
TN	mg/g乾泥	II-4.5.1.1 中和滴定法	小数第1位	切捨て
TP	mg/g乾泥	II-4.6	小数第2位	切捨て
硫化物	mg/g乾泥	II-4.3	小数第1位	切捨て
含水比	%	II-4.1	整数	切捨て
pH	—	ガラス電極法	小数第1位	切捨て

出典：pH：地盤工学会基準 JGS 0211-2000

ORP：水質汚濁調査指針

上記以外：底質調査方法平成13年3月版

表 5.2.8 (2) 各湖沼における底質含有量等分析方法（小川原湖）

項目	単位	分析方法	最小表示桁	数値の丸め方
強熱減量(IL)	%乾泥	底質調査方法 II-4 重量法	小数第1位	切捨て
含水比	%	底質調査方法 II-3 重量法に準拠	整数	切捨て
COD	mg/g乾泥	底質調査方法 II-20 過マンガン酸カリウム消費量	小数第1位	切捨て
TN	mg/g乾泥	底質調査方法 II-18.1 中和滴定法	小数第1位	切捨て
TP	mg/g乾泥	底質調査方法 II-19.1 硝酸-過塩素酸分解法	小数第2位	切捨て
硫化物	mg/g乾泥	底質調査方法 II-17 よう素滴定法	小数第1位	切捨て
pH	—	農芸化学実験書 第1巻4編2章12節 ガラス電極法	小数第1位	切捨て

出典：pHを除き底質調査方法

表 5.2.8 (3) 各湖沼における底質含有量等分析方法 (霞ヶ浦)

項目	単位	分析方法	最小表示桁	数値の丸め方
ORP (底泥)	mV	河川水質試験方法 (案) II.6.3.1 白金電極法	整数	—
強熱減量(IL)	%乾泥	第3編 第1章 3節 3.3	小数第1位	切捨て
COD	mg/g乾泥	第3編 第1章 4節 4.1.4 (COD <sub>Mn</sub> )	小数第1位	切捨て
TN	mg/g乾泥	第3編 第1章 4節 4.5 (ケルダール窒素)	小数第2位	切捨て
TP	mg/g乾泥	第3編 第1章 4節 4.6	小数第2位	切捨て
硫化物	mg/g乾泥	第3編 第1章 4節 4.3	小数第2位	切捨て
含水比	%	第3編 第1章 2節 2.5	小数第1位	切捨て
pH	—	第3編 第1章 3節 3.1	小数第1位	切捨て

出典：ORPを除き底質の調査・試験マニュアル 改訂第3版(社団法人 底質浄化協会)

表 5.2.8 (4) 各湖沼における底質含有量等分析方法 (琵琶湖)

項目	単位	分析方法	最小表示桁	数値の丸め方
ORP (底泥)	mV	下水試験方法 第5節 電極法	整数	四捨五入
強熱減量(IL)	%乾泥	底質調査方法 II.4 重量法	小数第1位	切捨て
COD	mg/g乾泥	底質調査方法 II.20 よう素滴定法	小数第1位	切捨て
TN	mg/g乾泥	底質調査方法 II.18.1 中和滴定法	小数第1位	切捨て
TP	mg/g乾泥	底質調査方法 II.19.1 硝酸-硫酸分解法 (吸光度法)	小数第2位	切捨て
硫化物	mg/g乾泥	底質調査方法 II.17 よう素滴定法	小数第1位	切捨て
含水比	%	底質調査方法 II.3 重量法	小数第1位	切捨て
pH	—	遠心分離等による間隙水の測定 (ガラス電極法)	小数第1位	切捨て

出典：下水試験方法、底質調査方法、土質試験方法

表 5.2.8 (5) 各湖沼における底質含有量等分析方法 (中海・宍道湖)

地点名		分析方法	最小表示桁	数値の丸め方
ORP (底泥)	mv	白金電極法	整数	—
強熱減量	%乾泥	重量法	小数第1位	切り捨て
COD	mg/g乾泥	COD Mn法	小数第1位	切り捨て
TN	mg/g乾泥	ケルダール分解後、インドフェノール青吸光度法	小数第1位	切り捨て
TP	mg/g乾泥	硝酸-硫酸分解後、アスコルビン酸法	小数第1位	切り捨て
硫化物	mg/g乾泥	ヨウ素滴定法	小数第1位	切り捨て
含水比	%	重量法	整数	切り捨て
pH	—	ガラス電極法	小数第1位	切り捨て

c)水質項目

現地においてポータブル水質測定器を用いて、塩分濃度（あるいは電気伝導度）、DO、pH、水温、濁度及びクロロフィル a を測定した。

測定深度は、水面下 0.5m、1m、2m、以降 1m ピッチとし、最下層は底泥上 0.5m とした。なお、水深 3m 未満の地点では、表層下 0.5m、中層、底泥上 0.5m の 3 層とした。

(c) 試料の搬入

現地で採取した底泥（コアサンプル）は、速やかに分析実施機関に搬入した。

## 5.2.2 調査結果

各湖沼での調査結果一覧表を表 5.2.9～表 5.2.14に示す。

表 5.2.9 調査結果一覧表（網走湖）

湖沼名		網走湖	網走湖	網走湖	網走湖	網走湖	網走湖	網走湖	網走湖	網走湖	網走湖	網走湖	網走湖	網走湖	網走湖	網走湖	網走湖	備考
項目\調査地点名		呼人浦 浅濎区	呼人浦 非浅濎区	網走湖出口	St.7	女満別湾 浅濎区	網走湖入口	R1	R2	C2	C1	St.2	L1	St.5	L3	L2		
基本項目	採取年月日	-	H20.8.18	H20.8.18	H20.8.18	H20.8.18	H20.8.21	H20.8.21	H20.8.21	H20.8.21	H20.8.22	H20.8.22	H20.8.22	H20.8.22	H20.8.25	H20.8.26	H20.8.26	
	採取時刻	-	10:30	13:00	14:00	15:30	9:45	10:30	11:15	14:15	9:16	10:25	13:45	15:05	10:15	9:30	11:10	
	天候	-	はれ	はれ	曇り	はれ	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	はれ	はれ	曇り	はれ	曇り
	気温	℃	20.9	21.5	20.0	21.0	15.0	17.0	16.0	18.0	17.1	17.0	18.0	16.0	18.8	18.5	18.8	
	水深	m	2.60	3.30	3.65	10.3	2.90	1.60	5.60	3.3	13.47	14.40	9.00	1.7	16.01	2.20	1.40	
簡易項目等 (柱状試料)	底泥のORP	mV	-16	-49	-123	-288	-162	/	-321	-163	-341	-351	-346	/	-366	/	/	水を抜かずセンサの感知部(約1cm)を表面に浸してから10分後を目安として記録
	柱状試料写真撮影	-	■	■	■	■	■	/	■	■	■	■	■	/	■	/	/	アクリル管の表面0~10cm範囲を撮影
	混合試料写真撮影	-	■	■	■	■	■	/	■	■	■	■	■	/	■	/	/	バットに入れた状態で撮影
	泥色	マンセル表示	2.5Y/4/3	5Y/4/3	7.5Y/2/1	/1.7/1	5Y/3/2	/	/1.5/0	5Y/2/2	/1.5/0	/1.5/0	/1.5/0	/1.5/0	/1.5/0	/1.5/0	/1.5/0	「標準土色帖」を参考に記録
		色名	オリーブ褐	暗オリーブ	黒	黒	オリーブ黒	/	黒	オリーブ黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒	同上
	泥温	℃	24.8	22.6	21.3	18.7	17.9	/	15.8	19.9	12.7	11.0	12.1	/	10.8	/	/	
	泥臭	臭いの強さ	微	微	微	強	微	/	強	微	強	強	強	/	強	/	/	
	臭いの種類	藻臭	泥臭	海藻臭	硫黄臭	土臭	/	硫黄臭	土臭	硫黄臭	硫黄臭	硫黄臭	硫黄臭	硫黄臭	硫黄臭	硫黄臭	「臭気の種類」を参考に記録	
粒度	-	砂質シルト	砂質シルト	シルト質砂	シルト	砂質シルト	/	シルト	砂質シルト	シルト	シルト	シルト	/	シルト	/	/	貸与サンプルを参考に記録	
簡易項目等 (エックマンバット採泥試料)	底泥のORP	mV	-66	-112	/	-350	-175	-111	/	/	/	/	-354	-121	-368	-134	-166	水を抜かずセンサの感知部(約1cm)を表面に浸してから10分後を目安として記録
	混合試料写真撮影	-	■	■	/	■	■	■	/	/	/	/	■	■	■	■	■	バットに入れた状態で撮影
	泥色	マンセル表示	10YR/3/3	5Y/4/2	/	/1.7/1	2.5Y/2/1	7.5Y/3/2	/	/	/	/	/1.5/0	5Y/4/2	/1.5/0	7.5Y/2/2	7.5Y/5/2	「標準土色帖」を参考に記録
		色名	暗褐	灰オリーブ	/	黒	黒	オリーブ黒	/	/	/	/	黒	灰オリーブ	黒	オリーブ黒	灰オリーブ	同上
	泥温	℃	24.8	22.2	/	11.5	17.8	15.9	/	/	/	/	9.2	16.2	8.0	19.6	17.7	
	泥臭	臭いの強さ	微	微	/	強	微	微	/	/	/	/	強	微	強	微	微	強・弱・微から選んで記載
	臭いの種類	藻臭	泥臭	/	硫黄臭	土臭	藻臭	/	/	/	/	硫黄臭	藻臭	硫黄臭	藻臭	藻臭	「臭気の種類」を参考に記録	
粒度(外観)	-	シルト	砂混じりシルト	/	シルト	砂質シルト	砂	/	/	/	/	シルト	砂礫	シルト	砂	砂	貸与サンプルを参考に記録	
室内分析	強熱減量(IL)	%乾泥	20.2	16.3	/	19.5	13.5	/	/	/	/	11.8	/	15.2	/	/	/	
	COD	mg/g乾泥	63.1	53.1	/	16.1	15.4	/	/	/	/	12.4	/	55.4	/	/	/	
	TN	mg/g乾泥	9.9	6.5	/	8.3	4.1	/	/	/	/	4.9	/	8.3	/	/	/	
	TP	mg/g乾泥	0.79	0.80	/	0.80	1.66	/	/	/	/	0.87	/	0.94	/	/	/	
	硫化物	mg/g乾泥	0.20	0.17	/	6.10	0.08	/	/	/	/	4.10	/	7.10	/	/	/	
	含水比	%	820	343	/	1384	312	/	/	/	/	363	/	740	/	/	/	
	pH	-	7.8	7.1	/	7.9	7.5	/	/	/	/	8.5	/	8.5	/	/	/	
備考				柱状採泥器で採泥も、5~10cmで刺さらなくなるシジミ混入			柱状採泥器で採泥出来ずエックマンバットにより採泥シジミ混入						柱状採泥器で採泥出来ずエックマンバットにより採泥シジミ混入		柱状採泥器で採泥出来ずエックマンバットにより採泥シジミ混入	柱状採泥器で採泥出来ずエックマンバットにより採泥シジミ混入		

表 5.2.10 (1) 調査結果一覧表 (小川原湖)

湖沼名		小川原湖													
項目\調査地点名		㊸地点	A地点	B地点	C地点	G地点	H地点	J地点	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	
基本項目	採取年月日	-	H20年9月6日	H20年9月4日	H20年9月4日	H20年9月4日	H20年9月6日	H20年9月5日	H20年9月6日	H20年9月4日	H20年9月4日	H20年9月4日	H20年9月4日	H20年9月4日	H20年9月4日
	採取時刻	-	11:10	11:00	13:28	14:40	9:52	10:25	12:10	11:38	10:20	14:03	15:15	16:20	15:50
	天候	-	曇	晴	晴	晴	曇	曇	曇	晴	晴	晴	曇	曇	曇
	気温	℃	21.6	23.9	23.6	23.7	20.7	19.3	21.5	23.7	23.5	24.7	22.1	21.4	22.1
	水温	℃	10	18.71	17.8	13.97	10.22	12.48	14.99	17.2	14.8	14.98	10.85	10.5	10.18
	水深	m	22.7	8	4.3	14	20.4	16.8	12.5	5	11.57	11.7	17.5	19	20.1
(柱状試料) 簡易項目等	底泥のORP	mV	-347	-136	-50	-213	-362	-259	-222	-138	-163	-129	-151	-305	-338
	柱状試料写真撮影	-	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
	混合試料写真撮影	-	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
	泥色	マンセル表示	2.5GY 2/1	7.5Y 3/2	10YR 3/1	2.5GY 1/3	2.5GY 2/1	2.5GY 4/1	5Y 4/2	10Y 3/1	2.5GY 2/1	10Y 2/1	2.5GY 3/1	2.5GY 2/1	N 1.5/0
		色名	黒	オリーブ黒	黒褐色	黒	黒	暗オリーブ灰	灰オリーブ	オリーブ黒	黒	黒	暗オリーブ灰	暗オリーブ灰	黒
	泥温	℃	13.3	19	20.3	13.6	14.3	15.2	17.2	21	18.4	19.7	14	11.4	10.6
	泥臭	臭いの強さ	強硫化水素臭	微土臭	微硫化水素臭	強硫化水素臭	強硫化水素臭	弱硫化水素臭	微土臭	微土臭	弱土臭	弱硫化水素臭	微土臭	中硫化水素臭	強硫化水素臭
		臭いの種類	たまごの腐ったような臭い	土くさい臭い	たまごの腐ったような臭い	たまごの腐ったような臭い	たまごの腐ったような臭い	たまごの腐ったような臭い	土くさい臭い	土くさい臭い	土くさい臭い	たまごの腐ったような臭い	土くさい臭い	たまごの腐ったような臭い	たまごの腐ったような臭い
	粒度(外観)	-	粘土まじりシルト	シルト	砂まじりシルト	シルト	有機質シルト	砂まじりシルト	粘土まじりシルト	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト
	(エックマンバゲージ採泥試料) 簡易項目等	底泥のORP	mV	-373	-110	-51	-113	-357	-255	-195	/	/	/	/	-399
混合試料写真撮影		-	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☐	☐	☐	☐	☑	☐
泥色		マンセル表示	N 1.5/0	10YR 3/2	10YR 3/2	2.5GY 2/1	N 1.5/0	2.5GY 4/1	2.5Y 2/1	/	/	/	/	/	N 1.5/0
		色名	黒	黒褐色	黒褐色	黒	黒	暗オリーブ灰	黒	/	/	/	/	/	黒
泥温		℃	10.46	18.9	23.4	13.3	10.4	11.9	18	/	/	/	/	/	10.6
泥臭		臭いの強さ	強硫化水素臭	微土臭	なし	強硫化水素臭	強硫化水素臭	強硫化水素臭	微土臭	/	/	/	/	/	強硫化水素臭
	臭いの種類	たまごの腐ったような臭い	土くさい臭い	なし	たまごの腐ったような臭い	たまごの腐ったような臭い	たまごの腐ったような臭い	土くさい臭い	/	/	/	/	/	たまごの腐ったような臭い	
粒度(外観)	-	シルト	シルト	砂まじりシルト	シルト	有機質シルト	有機質砂まじりシルト	砂まじりシルト	/	/	/	/	/	シルト	
室内分析	強熱減量(IL)	%乾泥	14.9	14.1	3.4	14.0	13.8	9.1	10.0	/	/	/	/	13.5	
	COD	mg/g乾泥	54.8	26.4	4.0	36.2	41.6	17.1	20.5	/	/	/	/	35.0	
	TN	mg/g乾泥	5.5	3.6	0.8	4.3	5.2	2.7	3.4	/	/	/	/	4.9	
	TP	mg/g乾泥	0.5	1.2	0.2	1.4	0.5	0.4	0.4	/	/	/	/	1.5	
	硫化物	mg/g乾泥	0.4	1.0	< 0.1	1.4	1.9	1.0	0.5	/	/	/	/	2.5	
	含水比	%	290	135	40	285	294	146	165	/	/	/	/	301	
	pH	-	8.1	7.0	8.0	7.5	8.4	7.6	7.7	/	/	/	/	7.5	
備考		底層水は多成分水質計AA Q1183(アレック電子社製)による現地観測													

表 5.2.10 (2) 調査結果一覧表 (小川原湖)

湖沼名		小川原湖												
項目\調査地点名		St.7	St.8	St.9	St.10	St.11	St.12	St.13	St.14	St.15	St.16	St.17	St.18	
基本項目	採取年月日	-	H20年9月5日	H20年9月6日	H20年9月5日	H20年9月5日	H20年9月5日	H20年9月5日	H20年9月6日	H20年9月5日	H20年9月5日	H20年9月5日	H20年9月5日	
	採取時刻	-	8:35	9:27	9:00	9:15	9:30	9:58	11:50	10:55	12:45	11:12	11:38	12:01
	天候	-	曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇
	気温	℃	18.8	20.7	19	18.9	19	19.2	21.7	19.5	20.6	19.7	20.6	20.8
	水温	℃	18.5	9.99	18.86	19.09	10.82	15.63	21.92	15.04	21.78	19.68	19.22	21.28
	水深	m	10.7	24.5	11.5	9.7	18.7	12.9	2.73	13	1	9.3	9.6	2.2
(柱状試料) 簡易項目等	底泥のORP	mV	-176	-367	-156	-167	-196	-176	-294	-209	47	-187	-180	-53
	柱状試料写真撮影	-	<input checked="" type="checkbox"/>											
	混合試料写真撮影	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
	泥色	マンセル表示	7.5Y 3/2	N 1.5/0	7.5Y 4/2	10Y 4/2	2.5GY 3/1	2.5GY 3/1	5Y 3/1	2.5GY 4/1	2.5Y 4/3	7.5Y 4/3	5Y 3/2	2.5Y 5/3
		色名	オリーブ黒	黒	灰オリーブ	オリーブ灰	暗オリーブ灰	暗オリーブ灰	オリーブ黒	暗オリーブ灰	オリーブ褐	暗オリーブ	オリーブ黒	黄褐
	泥温	℃	17.7	11.5	18.4	18.7	12.5	16.4	22.5	16.6	21.6	19.7	19.9	21.9
	泥臭	臭いの強さ	微土臭	強硫化水素臭	微硫化水素臭	中土臭	弱硫化水素臭	微土臭	微海藻臭	微土臭	弱海藻臭	微土臭	微土臭	中海草臭
		臭いの種類	土くさい臭い	たまごの腐ったような臭い	たまごの腐ったような臭い	土くさい臭い	たまごの腐ったような臭い	土くさい臭い	わかめ等の臭い	土くさい臭い	わかめ等の臭い	土くさい臭い	土くさい臭い	わかめ等の臭い
粒度(外観)	-	砂まじりシルト	シルト	シルトまじり砂	シルトまじり砂	粘土まじりシルト	粘土まじりシルト	れきまじり砂	砂まじりシルト	れきまじり砂	砂まじりシルト	砂まじりシルト	砂	
(エックマンベジ採泥試料) 簡易項目等	底泥のORP	mV	/	/	/	/	/	/	/	/	-82	/	/	
	混合試料写真撮影	-	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
	泥色	マンセル表示	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7.5Y 4/2	/	/
		色名	/	/	/	/	/	/	/	/	/	灰オリーブ	/	/
	泥温	℃	/	/	/	/	/	/	/	/	18.7	/	/	
	泥臭	臭いの強さ	/	/	/	/	/	/	/	/	/	微土臭	/	/
		臭いの種類	/	/	/	/	/	/	/	/	/	土くさい臭い	/	/
粒度(外観)	-	/	/	/	/	/	/	/	/	砂まじりシルト	/	/		
室内分析	強熱減量(IL)	%乾泥									10.8			
	COD	mg/g乾泥									17.7			
	TN	mg/g乾泥									3.7			
	TP	mg/g乾泥									0.4			
	硫化物	mg/g乾泥									0.2			
	含水比	%									140			
	pH	-									8.1			
備考		底層水は多成分水質計AA Q1183(アレック電子社製)による現地観測												

表 5.2.11(1) 調査結果一覧表（霞ヶ浦）

湖沼名		霞ヶ浦 (西浦)																	
項目\調査地点名		W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6	W-7	W-8	W-9	W-10	W-11	W-12	W-13	W-14	W-15	W-16		
基本項目	採取年月日	-	H20.9.17																
	採取時刻	-	8:35	9:15	9:30	10:00	10:55	11:20	11:40	12:17	12:57	14:00	14:30	13:30	14:55	15:15	15:45	16:10	
	天候	-	晴れ	晴れ															
	気温	℃	23.9	24.9	26.3	26.7	28.7	28.7	28.7	28.7	28.5	28.3	28.4	28.4	27.8	26.8	26.7	26.0	
	水深	m	4.2	4.2	5.7	3.1	3.5	4.3	5.1	6.3	6.5	6.1	5.6	6.1	6.1	4.2	4.5	7.0	
(柱状試料) 簡易項目等	底泥のORP	mV	-229	-136	-251	-130	-126	-223	-185	-205	-184	-230	-180	-172	-189	-206	-235	-237	
	柱状試料写真撮影	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	混合試料写真撮影	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	泥色	マンセル表示	7.5Y4/2	7.5Y4/3	7.5Y4/2	5Y2/2	7.5Y2/2	7.5Y3/2	7.5Y4/2	7.5Y4/2	7.5Y4/2	7.5Y3/2	7.5Y2/2						
		色名	灰オリーブ	暗オリーブ	灰オリーブ	オリーブ黒	灰オリーブ	灰オリーブ	灰オリーブ	オリーブ黒	オリーブ黒								
	泥温	℃	26.4	25.9	25.4	25.4	26.3	26.9	26.5	26.6	25.6	25.7	25.5	26.3	26.0	25.2	25.2	24.8	
	泥臭	臭いの強さ	弱	弱	弱	弱	弱	弱	弱	弱	弱	弱	弱	弱	弱	弱	弱	弱	
臭いの種類		土臭																	
粒度	-	シルト	シルト	シルト	小礫混じり砂	シルト													
(エックマンバー) 簡易項目等	底泥のORP	mV																	
	混合試料写真撮影	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□		
	泥色	マンセル表示																	
		色名																	
	泥温	℃																	
	泥臭	臭いの強さ																	
臭いの種類																			
室内分析結果	粒度(外観)	-																	
	強熱減量(IL)		13.7		13.3		17.6		8.8		12.5	13.1				8.7	6.0		
	COD		45.7		50.2		24.4		33.9		45.3	45.8				24.4	16.6		
	TN		5.91		6.94		2.49		2.76		5.68	6.52				3.83	2.47		
	TP		1.33		1.33		0.77		0.74		0.98	0.96				0.72	0.69		
	硫化物		0.04		0.04		0.05		0.01		0.06	0.07				0.03	0.11		
	含水比		246		285		125		211		297	307				210	118		
	pH		6.9		6.6		6.3		6.4		6.5	6.1				6.1	6.7		
備考		ORPは白金電極法による機器測定値																	

表 5.2.11 (2) 調査結果一覧表 (霞ヶ浦)

湖沼名			北浦	備 考									
項目\調査地点名			N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7	N-8	N-9		
基本項目	採取年月日	-	H20.9.18										
	採取時刻	-	10:45	10:25	10:00	9:43	9:08	8:50	8:25	8:05	7:50		
	天候	-	雨	曇り	曇り	雨	雨	雨	雨	雨	雨		
	気温	℃	23.3	23.4	23.7	24.3	24.2	23.9	23.4	23.2	23.2		
	水深	m	2.3	3.6	6.6	7.3	6.5	5.2	2.4	6.0	3.1		
(柱状試料) 簡易項目等	底泥のORP	mV	-132	-162	-197	-216	-233	-219	-164	-136	-189	水を抜かずセンサの感知部(約1cm)を表泥に浸してから10分後を目安として記録	
	柱状試料写真撮影	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	アクリル管の表泥0~10cm範囲を撮影	
	混合試料写真撮影	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	バットに入れた状態で撮影	
	泥色	マンセル表示	5Y4/2	7.5Y3/1	7.5Y3/1	7.5Y3/1	7.5Y3/1	10Y3/1	10Y3/2	10Y3/2	7.5Y2/1	「標準土色帖」を参考に記録	
		色名	灰オリーブ	オリーブ黒	黒	同上							
	泥温	℃	23.3	24.9	24.9	25.0	25.0	24.6	24.7	24.6	24.7		
	泥臭	臭いの強さ		弱	弱	弱	弱	弱	弱	弱	弱	弱	
臭いの種類			土臭	「臭気の種類」を参考に記録									
粒度	-	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	砂混じりシルト	貸与サンプルを参考に記録	
(エックマンバー) 簡易項目等	底泥のORP	mV										水を抜かずセンサの感知部(約1cm)を表泥に浸してから10分後を目安として記録	
	混合試料写真撮影	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	バットに入れた状態で撮影	
	泥色	マンセル表示											「標準土色帖」を参考に記録
		色名											同上
	泥温	℃											
	泥臭	臭いの強さ											強・弱・微から選んで記載
臭いの種類												「臭気の種類」を参考に記録	
粒度(外観)	-											貸与サンプルを参考に記録	
室内分析結果	強熱減量(IL)		12.5		12.1		13.6		9.5				
	COD		29.9		29.6		47.8		12.7				
	TN		3.91		5.44		7.12		1.91				
	TP		0.85		1.25		0.85		0.39				
	硫化物		0.06		0.38		0.38		0.12				
	含水比		206		214		349		80				
	pH		6.3		6.7		6.0		6.8				
備 考			ORPは白金電極法による機器測定値										

表 5.2.12 調査結果一覧表（琵琶湖）

湖沼名		琵琶湖	琵琶湖	琵琶湖	琵琶湖	琵琶湖	琵琶湖	琵琶湖	琵琶湖	琵琶湖	琵琶湖	琵琶湖	琵琶湖	備 考
項目\調査地点名		St.1	St.2	St.8	St.9	St.中間水路	St.14	St.21	St.22	St.10	St.4	St.6		
基本項目	採取年月日	-	H20.12.15	H20.12.15	H20.12.15	H20.12.15	H20.12.15	H20.12.15	H20.12.15	H20.12.15	H20.12.15	H20.12.15	H20.12.15	
	採取時刻	-	9:22	10:44	11:16	11:53	12:39	13:07	10:21	15:00	13:47	15:23	14:20	
	天候	-	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	晴	晴	晴	
	気温	℃	5.8	7.1	7.1	9.8	10.4	10.2	6.7	9.5	8.6	8.9	9.1	
	水深	m	6.0	2.5	3.1	2.8	1.6	2.1	2.4	6.7	4.0	4.5	4.0	
(柱状試料) 簡易項目等	底泥のORP	mV	-155	-127	10	-111	-116	-137	-76	-76	-123	-105	-121	
	柱状試料写真撮影	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	混合試料写真撮影	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	泥色	マンセル表示	7.5Y3/2	7.5Y3/2	10G4/1	7.5Y3/2	10Y4/2	7.5Y2/1	10Y3/1	7.5Y3/2	10Y4/1	7.5Y2/2	5GY2/1	
		色名	オリーブ黒	オリーブ黒	暗緑灰	オリーブ黒	オリーブ灰	オリーブ黒	オリーブ黒	オリーブ黒	灰	オリーブ黒	オリーブ黒	
	泥温	℃	11.5	10.2	10.3	9.4	9.5	9.8	10.6	9.7	9.5	11.5	10.7	
	泥臭	臭いの強さ	微	微	微	微	微	微	微	微	微	微	弱	微
臭いの種類		腐敗臭	腐敗臭	無臭	腐敗臭	腐敗臭	腐敗臭	土臭	土臭	腐敗臭	腐敗臭	腐敗臭		
粒度	-	②粘土、③シルト	②粘土、③シルト	⑤シルト質砂、⑥砂	②粘土、③シルト	②粘土、③シルト	⑤シルト質砂、⑥砂	⑤シルト質砂、⑥砂	②粘土、③シルト	②粘土、③シルト	①有機質シルト、③シルト	②粘土、③シルト		
(セックマンバーン採泥試料) 簡易項目等	底泥のORP	mV	-134	-139	-109	-108	-126	-95			-140	-86	-127	
	混合試料写真撮影	-	■	■	■	■	■	□	□	■	■	■		
	泥色	マンセル表示	7.5Y3/2	7.5Y3/2	7.5Y3/2	7.5Y3/2	10Y4/2	7.5Y2/1			10Y4/1	7.5Y2/2	5GY2/1	
		色名	オリーブ黒	オリーブ黒	オリーブ黒	オリーブ黒	オリーブ灰	オリーブ黒			灰	オリーブ黒	オリーブ黒	
	泥温	℃	11.5	10.3	10.2	9.5	9.6	9.8			9.5	11.5	11.0	
	泥臭	臭いの強さ	微	微	微	微	微	微			微	弱	微	
臭いの種類		腐敗臭	腐敗臭	腐敗臭	腐敗臭	腐敗臭	腐敗臭			腐敗臭	腐敗臭	腐敗臭		
粒度(外観)	-	②粘土、③シルト	②粘土、③シルト	③シルト、④砂質シルト	②粘土、③シルト	②粘土、③シルト	⑤シルト質砂、⑥砂			②粘土、③シルト	①有機質シルト、③シルト	①有機質シルト、③シルト		
室内分析	強熱減量(IL)	%乾泥	8.8	8.3	1.5	8.8	10.1	1.6	-	-	9.6	11.2	11.7	
	COD	mg/g乾泥	38.3	35.7	4.2	34.2	26.4	10.3	-	-	18.5	50.1	42.1	
	TN	mg/g乾泥	3.4	3.0	0.4	3.0	2.6	0.8	-	-	2.6	4.3	4.0	
	TP	mg/g乾泥	0.8	1.5	0.1	1.0	1.0	0.1	-	-	0.8	0.7	0.7	
	硫化物	mg/g乾泥	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	-	-	0.0	0.4	0.3	
	含水比	%	8.8	8.3	1.5	8.8	10.1	1.6	-	-	9.6	11.2	11.7	
pH	-	6.7	7.0	7.1	6.8	6.7	7.2	-	-	6.9	6.8	6.8		
備 考		世界測地座標 東経:135° 56' 246" 北緯: 35° 04' 453"	世界測地座標 東経:135° 56' 491" 北緯: 35° 04' 877"	世界測地座標 東経:135° 55' 571" 北緯: 35° 03' 990"	世界測地座標 東経:135° 54' 641" 北緯: 35° 01' 683"	世界測地座標 東経:135° 55' 169" 北緯: 35° 00' 551"	世界測地座標 東経:135° 54' 265" 北緯: 34° 59' 761"	世界測地座標 東経:135° 55' 651" 北緯: 35° 04' 915"	世界測地座標 東経:135° 54' 004" 北緯: 35° 03' 288"	世界測地座標 東経:135° 53' 902" 北緯: 35° 01' 860"	世界測地座標 東経:135° 54' 297" 北緯: 35° 04' 845"	世界測地座標 東経:135° 52' 365" 北緯: 35° 02' 010"		

表 5.2.13 調査結果一覧表（宍道湖）

湖沼名		宍道湖	宍道湖	宍道湖	宍道湖	宍道湖	宍道湖	宍道湖	宍道湖	宍道湖	宍道湖	宍道湖	宍道湖	備 考
項目\調査地点名		NO.5	飛行場沖	S3	S2	S1	NO.4	NO.3	NO.2	S5	S4	S6	NO.1	
基本項目	採取年月日	—	H20.8.28	H20.8.28	H20.8.28	H20.8.28	H20.8.28	H20.8.28	H20.8.28	H20.8.28	H20.8.28	H20.8.28	H20.8.28	
	採取時刻	—	12:40	12:11	11:54	11:37	13:08	10:38	11:04	13:28	10:19	13:52	9:57	9:31
	天候	—	雨	雨	雨	曇り	雨	曇り	雨	雨	雨	雨	曇り	曇り
	気温	℃	29.0	28.8	28.6	28.6	28.7	28.8	28.4	28.2	28.6	27.8	28.0	27.3
	水深	m	5.0	4.7	5.4	5.7	5.2	5.4	5.7	5.1	5.3	5.1	4.5	4.4
（柱状試料） 簡易項目等	底泥のORP	mV	-209	-188	-172	-219	-177	-157	-169	-174	-144	-181	-187	-174
	柱状試料写真撮影	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	混合試料写真撮影	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	泥色	マンセル表示	2.5GY 2/1	10GY 2/1	2.5GY 3/1	10Y 3/2	5GY 2/1	10Y 3/2	5GY 3/1	2.5GY 3/1	5Y 3/2	2.5GY 3/1	7.5Y 4/2	5Y 3/2
		色名	黒	緑黒	暗オリーブ灰	オリーブ黒	オリーブ黒	オリーブ黒	暗オリーブ灰	暗オリーブ灰	オリーブ黒	暗オリーブ灰	灰オリーブ'	オリーブ黒
	泥温	℃	26.8	26.5	26.5	26.8	26.0	27.0	27.0	26.2	27.1	27.2	26.5	27.1
	泥臭	臭いの強さ	弱00臭	微00臭	微00臭	微00臭	微00臭	弱00臭	弱00臭	微00臭	微00臭	弱	微弱00臭	微00臭
		臭いの種類	ドブ臭	ドブ臭	土臭	土臭	土臭	硫化水素臭	硫化水素臭	ドブ臭	土臭	ドブ臭	土臭	土臭
粒度(外観)	—	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	砂まじりシルト	シルト	粘土	
（エックマンバージ採泥試料） 簡易項目等	底泥のORP	mV	-205	-207	-	-	-	-165	-288	-192	-	-	-	-157
	混合試料写真撮影	—	○	○	-	-	-	○	○	○	-	-	-	○
	泥色	マンセル表示	2.5GY 2/1	10GY 2/1	-	-	-	2.5GY 2/1	5GY 2/1	2.5GY 2/1	-	-	-	2.5Y 3/3
		色名	黒	緑黒	-	-	-	黒	オリーブ黒	黒	-	-	-	暗オリーブ褐
	泥温	℃	26.5	26.6	-	-	-	26.4	26.7	26.3	-	-	-	27.1
	泥臭	臭いの強さ	弱00臭	微00臭	-	-	-	弱00臭	弱00臭	微00臭	-	-	-	微00臭
		臭いの種類	ドブ臭	ドブ臭	-	-	-	硫化水素臭	硫化水素臭	ドブ臭	-	-	-	土臭
粒度(外観)	—	シルト	シルト	-	-	-	シルト	シルト	シルト	-	-	-	粘土	
室内分析	強熱減量	%乾泥	11.0	13.3				11.5	13.1	12.9				6.4
	COD	mg/g乾泥	32.1	32.3				17.4	22.2	14.6				3.7
	TN	mg/g乾泥	2.0	2.1				1.0	1.9	2.5				0.6
	TP	mg/g乾泥	0.5	0.8				0.4	0.4	0.6				0.3
	硫化物	mg/g乾泥	2.2	4.2				2.1	5.6	3.1				1.1
	含水比	%	251	100				264	399	261				81
	pH	-	7.7	7.4				7.7	7.8	7.8				7.5
備 考														

表 5.2.14 調査結果一覧表（中海）

湖沼名		中海	中海	中海	中海	中海	中海	中海	中海	中海	中海	中海	中海	中海	備 考
項目\調査地点名		大橋川河口	N1	羽入	中海湖心	飯梨川河口	N2	米子湾中央部	N4	N3	葭津	渡町	本庄水域		
基本項目	採取年月日	—	H20.9.17	H20.9.17	H20.9.17	H20.9.17	H20.9.17	H20.9.17	H20.9.17	H20.9.17	H20.9.17	H20.9.17	H20.9.17	H20.9.17	
	採取時刻	—	9:25	9:50	8:43	10:50	11:17	11:39	14:02	13:38	13:15	12:50	12:10	10:15	
	天候	—	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り	曇り	曇り	晴れ	晴れ	
	気温	℃	28.1	28.4	27.2	29.2	29.0	29.7	28.8	28.9	29.0	29.3	29.3	28.9	
	水深	m	4.9	5.3	5.3	6.7	6.5	7.7	4.4	7.0	7.0	7.8	14.4	6.3	
(柱状試料等)	底泥のORP	mV	-236	-368	-339	-293	-375	-261	-381	-393	-353	-255	-162	-382	
	柱状試料写真撮影	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	混合試料写真撮影	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	泥色	マンセル表示	5GY 2/1	5GY 2/1	10Y 3/2	7.5Y 2/2	10GY 2/1	7.5Y 2/2	2.5GY 3/1	7.5Y 3/1	2.5GY 3/1	10Y 3/1	10Y 3/2	10Y 3/2	
		色名	オリーブ黒	オリーブ黒	オリーブ黒	オリーブ黒	緑黒	オリーブ黒	暗オリーブ灰	オリーブ黒	暗オリーブ灰	オリーブ黒	オリーブ黒	オリーブ黒	
	泥温	℃	26.0	27.2	26.7	27.2	26.8	26.7	27.0	25.8	26.1	25.9	28.0	27.7	
	泥臭	臭いの強さ	弱00臭	微00臭	微00臭	微00臭	強00臭	微00臭	強00臭	弱00臭	—	微00臭	—	強00臭	
		臭いの種類	硫化水素臭	土臭	ドブ臭	土臭	硫化水素臭	土臭	硫化水素臭	硫化水素臭	無臭	土臭	無臭	硫化水素臭	
	粒度(外観)	—	粘土	シルト	粘土	シルト	粘土	シルト	粘土	シルト	粘土	砂混じり粘土	砂	シルト	
	底泥のORP	mV	-245	—	-383	-279	-389	—	-399	—	—	-310	-245	-386	
混合試料写真撮影	—	○	—	○	○	○	—	○	—	—	○	○	○		
(エックマンページ採泥試料)	泥色	マンセル表示	5GY 2/1	—	10Y 3/2	7.5Y 2/2	10GY 2/1	—	2.5GY 2/1	—	—	10Y 3/1	10Y 3/2	10Y 3/2	
		色名	オリーブ黒	—	オリーブ黒	オリーブ黒	緑黒	—	黒	—	—	オリーブ黒	オリーブ黒	オリーブ黒	
	泥温	℃	27.1	—	25.5	27.6	25.2	—	25.8	—	—	24.5	25.6	26.6	
	泥臭	臭いの強さ	弱00臭	—	微00臭	微00臭	強00臭	—	強00臭	—	—	微00臭	—	強00臭	
		臭いの種類	硫化水素臭	—	ドブ臭	土臭	硫化水素臭	—	硫化水素臭	—	—	土臭	無臭	硫化水素臭	
	粒度(外観)	—	粘土	—	粘土	シルト	粘土	—	粘土	—	—	砂混じり粘土	砂	シルト	
室内分析	強熱減量	%乾泥	14.3	—	16.7	15.7	18.3	—	14.4	—	—	14.5	3.4	12.7	
	COD	mg/g乾泥	22.9	—	18.1	10.5	26.3	—	23.6	—	—	16.0	4.8	15.6	
	TN	mg/g乾泥	2.4	—	3	1.9	1.8	—	1.1	—	—	1.6	0.3	1.4	
	TP	mg/g乾泥	0.7	—	0.6	0.5	0.6	—	0.5	—	—	0.5	0.3	0.6	
	硫化物	mg/g乾泥	3.6	—	4.7	2.8	6.4	—	2.2	—	—	2.1	1.3	3.7	
	含水比	%	213	—	426	273	237	—	249	—	—	219	53	216	
	pH	—	7.4	—	7.4	7.7	7.8	—	7.2	—	—	7.6	7.9	7.7	
備 考															

### 5.3 個別湖沼のデータを対象とした化学分析結果の推定式

以下には、個別湖沼のデータを対象として作成した化学分析結果の推定式を示す。

なお、網走湖(データ数=6)については、必要なサンプル数を下回り推定式が作成できないため、ここには掲載していない。

また、硫化物の推定式は、汽水湖(小川原湖及び中海・宍道湖)のみについて作成し、掲載した。

### 5.3.1 小川原湖

#### (1) 強熱減量の推定式

【粒度】が細かいほど、【臭いの強さ】が強いほど、そして【彩度】が鮮やかな色であるほど、強熱減量が高い傾向を得た。彩度については明らかでないものの、粒度及び臭いの強さについては底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。

表 5.3.1 カテゴリー区分、カテゴリースコア、及び偏相関係数（小川原湖）

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
彩度	1 0~1	5	-1.264	0.531	3位
	2 2~3	4	1.580		
臭いの強さ	1 無臭または微	4	-2.155	0.634	2位
	2 弱または強	5	1.724		
粒度	1 粘土、砂混じり粘土、粘土まじりシルト、シルト、有機質シルト	6	1.285	0.675	1位
	2 砂質シルト、砂まじりシルト、シルト質砂、シルつまじり砂、砂、礫まじり砂、小礫まじり砂	3	-2.571		
定数項		9	11.509	-	-

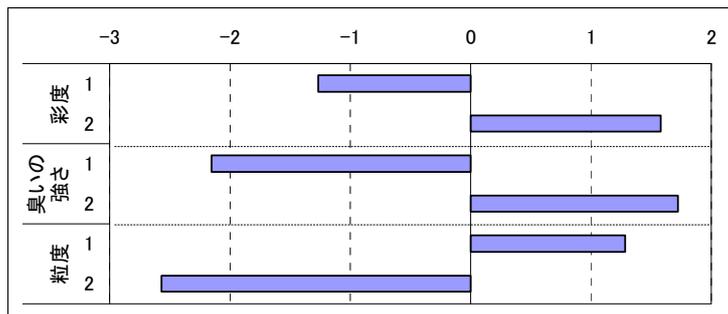


図 5.3.1 カテゴリースコアの比較（小川原湖）

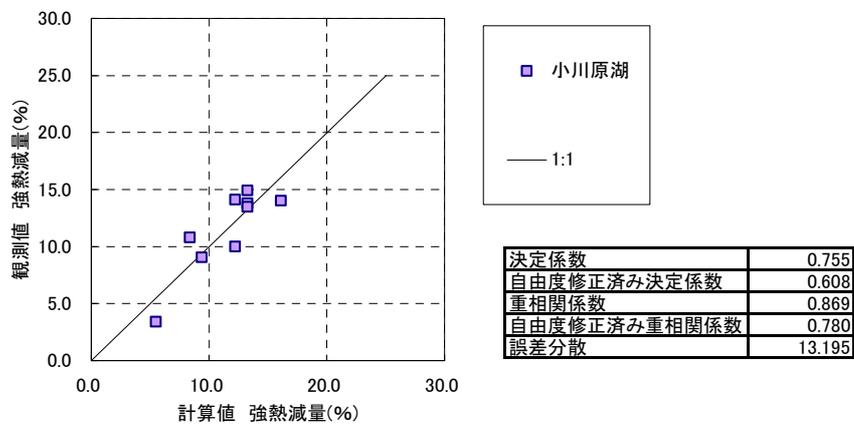


図 5.3.2 推定結果（小川原湖）

## (2) TN の推定式

【粒度】が細かいほど、【明度】が黒っぽい色であるほど、そして【表泥の ORP】が低いほど、TN が高い傾向を得た。底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。

表 5.3.2 カテゴリー区分、カテゴリースコア、及び偏相関係数（小川原湖）

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
明度	1 0~2	4	0.533	0.390	2位
	2 3~5	5	-0.426		
ORP	1 -250mV未満	4	0.382	0.361	3位
	2 -250mV以上	5	-0.306		
粒度	1 粘土、砂混じり粘土、粘土まじりシルト、シルト、有機質シルト	6	0.443	0.550	1位
	2 砂質シルト、砂まじりシルト、シルト質砂、シルつまじり砂、砂、礫まじり砂、小礫まじり砂	3	-0.886		
定数項	-	9	3.789	-	-

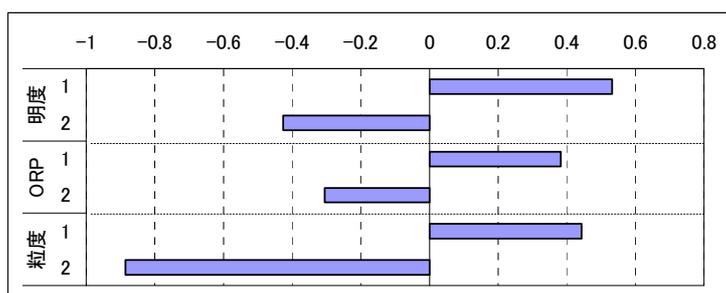


図 5.3.3 カテゴリースコアの比較（小川原湖）

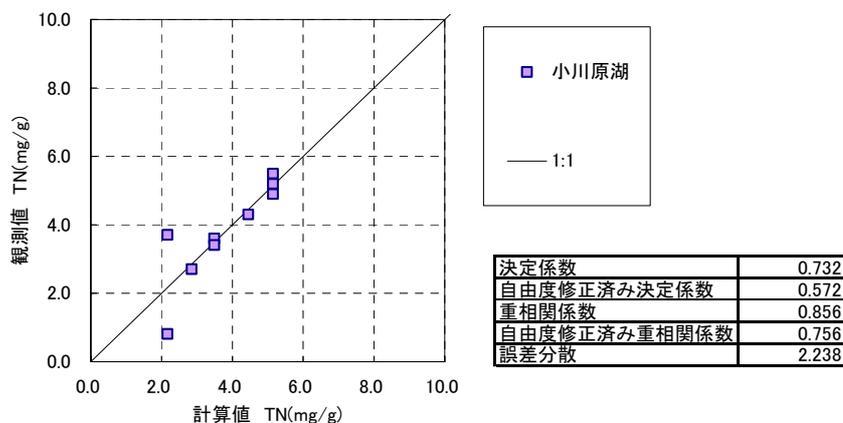


図 5.3.4 推定結果（小川原湖）

### (3) TP の推定式

【粒度】が細かいほど、【彩度】が鮮やかな色であるほど、そして【臭いの強さ】が強いほど、TPが高い傾向を得た。彩度については明らかでないものの、粒度及び臭いの強さについては底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。

表 5.3.3 カテゴリー区分、カテゴリースコア、及び偏相関係数（小川原湖）

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
彩度	1 0~1	5	-0.180	0.409	2位
	2 2~3	4	0.225		
臭いの強さ	1 無臭または微	4	-0.233	0.408	3位
	2 弱または強	5	0.186		
粒度	1 粘土、砂混じり粘土、粘土まじりシルト、シルト、有機質シルト	6	0.125	0.410	1位
	2 砂質シルト、砂まじりシルト、シルト質砂、シルつまじり砂、砂、礫まじり砂、小礫まじり砂	3	-0.251		
定数項	-	9	0.722	-	-

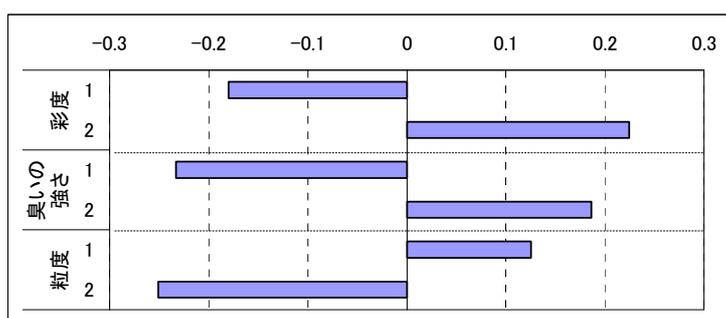


図 5.3.5 カテゴリースコアの比較（小川原湖）

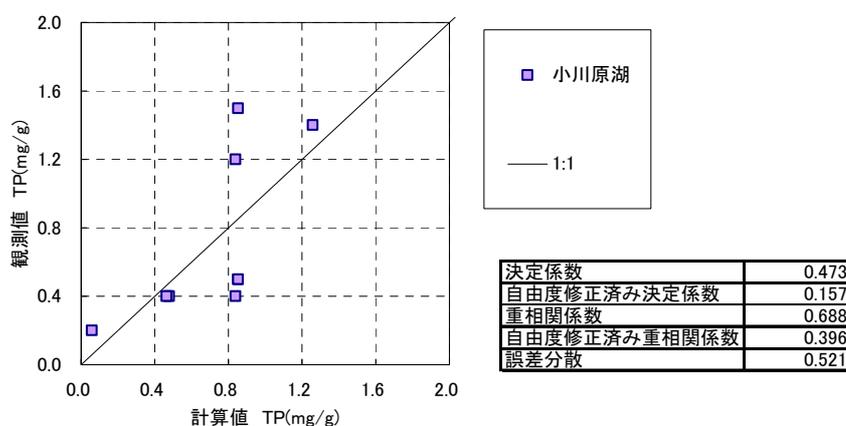


図 5.3.6 推定結果（小川原湖）

#### (4) 硫化物の推定式

【表泥の ORP】が低いほど、【粒度】が細かいほど、そして【明度】が黒っぽい色であるほど、硫化物が高い傾向を得た。底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。

表 5.3.4 カテゴリー区分、カテゴリースコア、及び偏相関係数（小川原湖）

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
明度	1 0~2	4	0.234	0.236	3位
	2 3~5	5	-0.187		
ORP	1 -250mV未満	4	0.281	0.349	1位
	2 -250mV以上	5	-0.225		
粒度	1 粘土、砂混じり粘土、粘土まじりシルト、シルト、有機質シルト	6	0.162	0.300	2位
	2 砂質シルト、砂まじりシルト、シルト質砂、シルつまじり砂、砂、礫まじり砂、小礫まじり砂	3	-0.324		
定数項	-	9	1.000	-	-

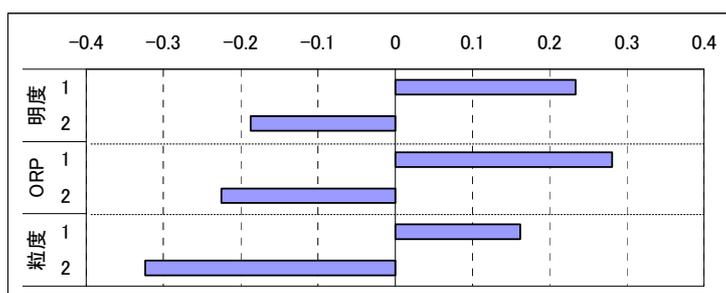


図 5.3.7 カテゴリースコアの比較（小川原湖）

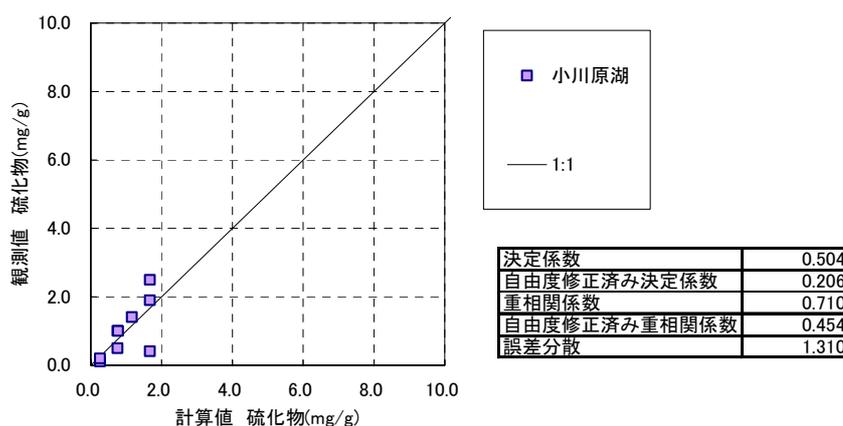


図 5.3.8 推定結果（小川原湖）

### 5.3.2 霞ヶ浦

#### (1) 強熱減量の推定式

【彩度】がくすんだ色であるほど、【明度】が黒っぽい色であるほど、そして【表泥のORP】が高いほど、強熱減量が高い傾向を得た。彩度については明らかでないものの、明度については底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。一方で、表泥のORPについては、底質の特性と照らして解釈が難しい。

表 5.3.5 カテゴリー区分、カテゴリースコア、及び偏相関係数（霞ヶ浦）

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
明度	1 0~2	3	0.957	0.183	2位
	2 3~5	9	-0.319		
彩度	1 0~1	2	1.386	0.208	1位
	2 2~3	10	-0.277		
ORP	1 -200mV未満	6	-0.490	0.168	3位
	2 -200mV以上	6	0.490		
定数項	-	12	11.783	-	-

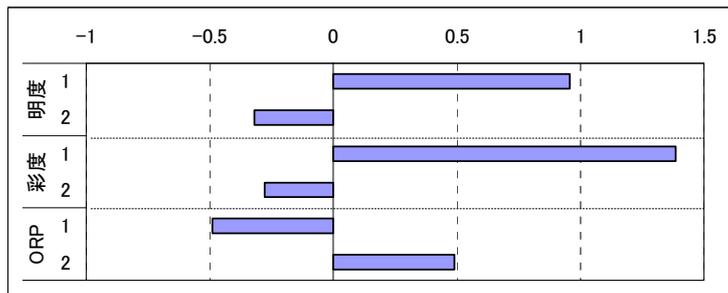


図 5.3.9 カテゴリースコアの比較（霞ヶ浦）

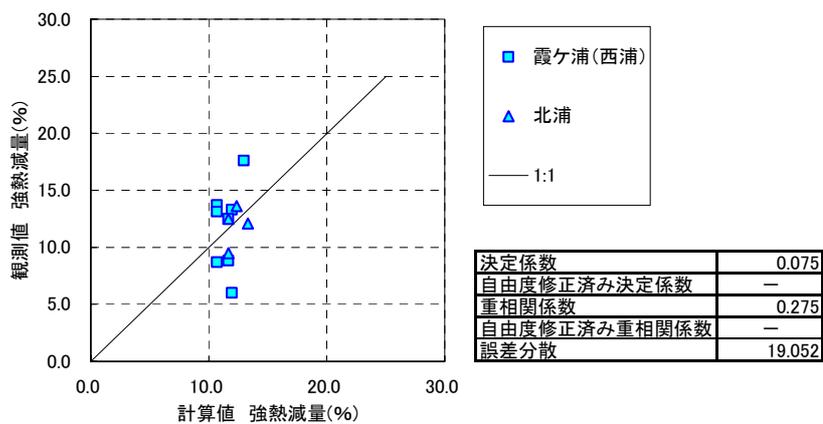


図 5.3.10 推定結果（霞ヶ浦）

## (2) TN の推定式

【表泥の ORP】が低いほど、【彩度】がくすんだ色であるほど、そして【明度】が白っぽい色であるほど、TN が高い傾向を得た。彩度については明らかでないものの、表泥の ORP については底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。一方で、明度については、底質の特性と照らして解釈が難しい。

表 5.3.6 カテゴリー区分、カテゴリースコア、及び偏相関係数（霞ヶ浦）

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
明度	1 0~2	3	-0.636	0.248	3位
	2 3~5	9	0.212		
彩度	1 0~1	2	1.486	0.428	2位
	2 2~3	10	-0.297		
ORP	1 -200mV未満	6	0.954	0.568	1位
	2 -200mV以上	6	-0.954		
定数項	-	12	4.582	-	-

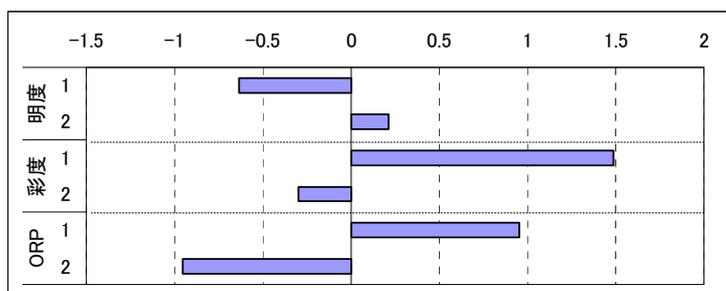


図 5.3.11 カテゴリースコアの比較（霞ヶ浦）

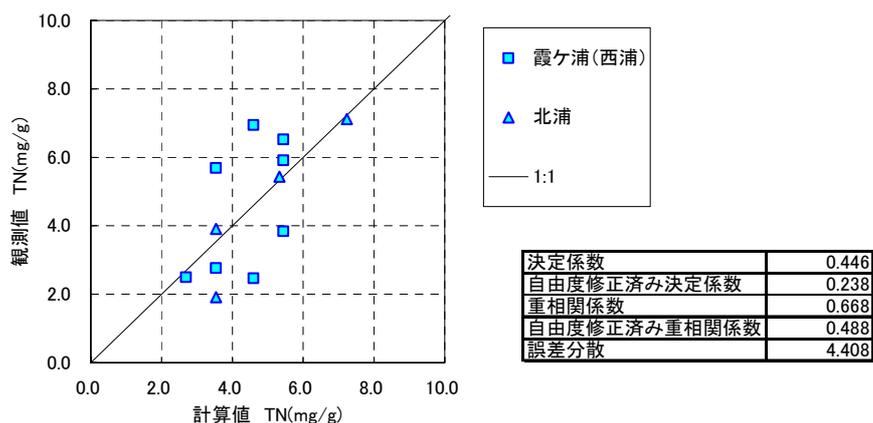


図 5.3.12 推定結果（霞ヶ浦）

### (3) TP の推定式

【表泥の ORP】が低いほど、【彩度】がくすんだ色であるほど、そして【明度】が黒っぽい色であるほど、TP が高い傾向を得た。彩度については明らかでないものの、表泥の ORP 及び明度については底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。

表 5.3.7 カテゴリー区分、カテゴリースコア、及び偏相関係数（霞ヶ浦）

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
明度	1 0~2	3	0.032	0.070	3位
	2 3~5	9	-0.011		
彩度	1 0~1	2	0.156	0.257	2位
	2 2~3	10	-0.031		
ORP	1 -200mV未満	6	0.071	0.267	1位
	2 -200mV以上	6	-0.071		
定数項	-	12	0.905	-	-

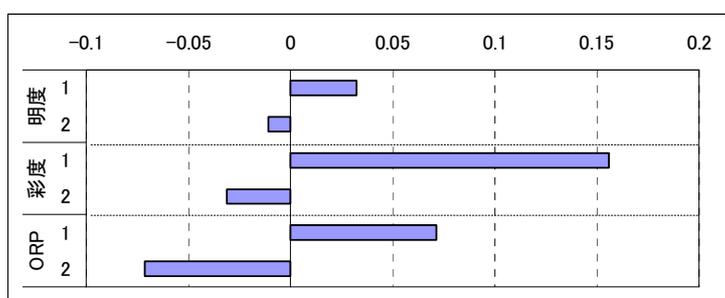


図 5.3.13 カテゴリースコアの比較（霞ヶ浦）

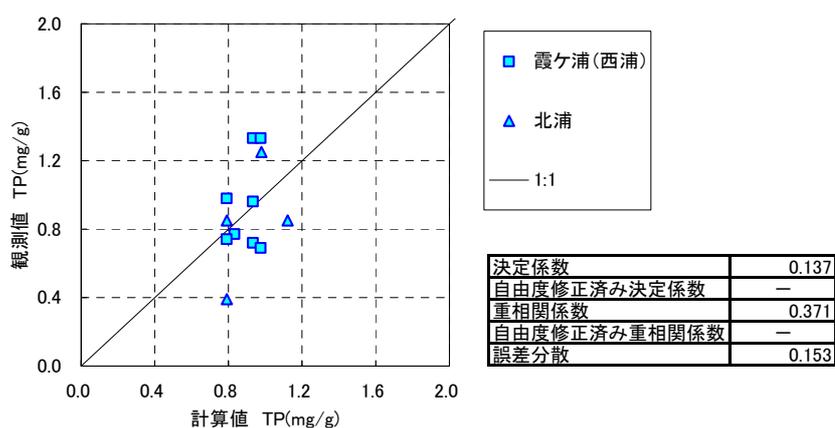


図 5.3.14 推定結果（霞ヶ浦）

### 5.3.3 琵琶湖

#### (1) 強熱減量の推定式

【粒度】が細かいほど、【明度】が黒っぽい色であるほど、そして【表泥の ORP】が高いほど、強熱減量が高い傾向を得た。粒度及び明度については底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。一方で、表泥の ORP については、底質の特性と照らして解釈が難しい。

表 5.3.8 カテゴリー区分、カテゴリースコア、及び偏相関係数（琵琶湖）

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
明度	1 0~2	3	3.342	0.701	2位
	2 3~5	6	-1.671		
ORP	1 -120mV未満	5	-1.402	0.581	3位
	2 -120mV以上	4	1.752		
粒度	1 粘土、砂混じり粘土、粘土まじりシルト、シルト、有機質シルト、砂質シルト、砂まじりシルト	6	2.780	0.844	1位
	2 シルト質砂、シルトまじり砂、砂、礫まじり砂、小礫まじり砂	3	-5.561		
定数項	-	9	7.956	-	-

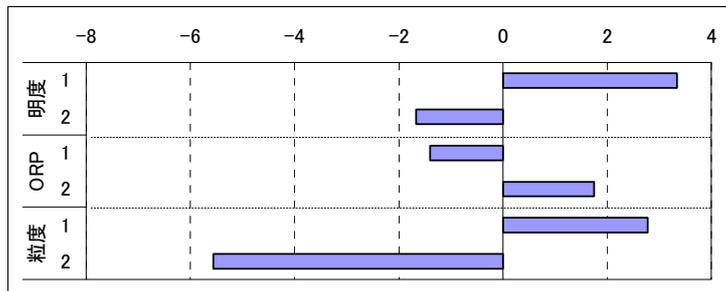


図 5.3.15 カテゴリースコアの比較（琵琶湖）

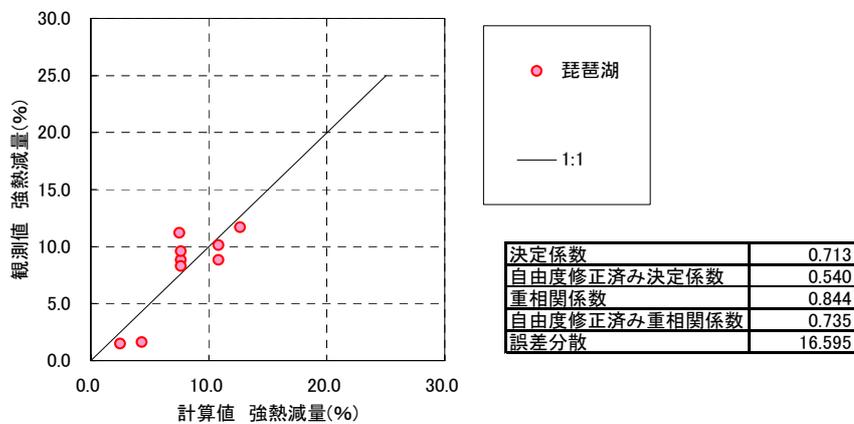


図 5.3.16 推定結果（琵琶湖）

## (2) TN の推定式

【明度】が黒っぽい色であるほど、【粒度】が細かいほど、そして【彩度】が鮮やかな色であるほど、TNが高い傾向を得た。彩度については明らかでないものの、明度及び粒度については底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。

表 5.3.9 カテゴリー区分、カテゴリースコア、及び偏相関係数（琵琶湖）

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
明度	1 0~2	3	1.236	0.765	1位
	2 3~5	6	-0.618		
彩度	1 0~1	4	-0.746	0.704	3位
	2 2~3	5	0.597		
粒度	1 粘土、砂混じり粘土、粘土まじりシルト	6	0.582	0.745	2位
	2 シルト、有機質シルト、砂質シルト、砂まじりシルト、シルト質砂、シルトまじり砂、砂、礫まじり砂、小礫まじり砂	3	-1.164		
定数項	-	9	2.678	-	-

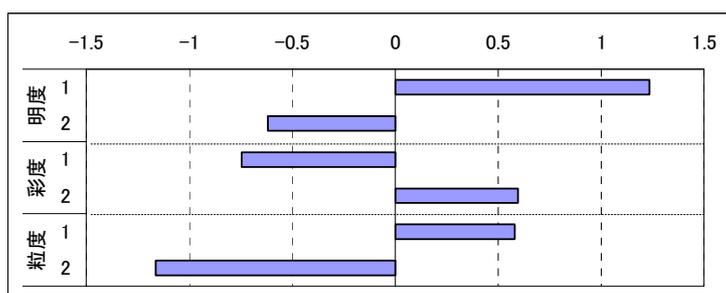


図 5.3.17 カテゴリースコアの比較（琵琶湖）

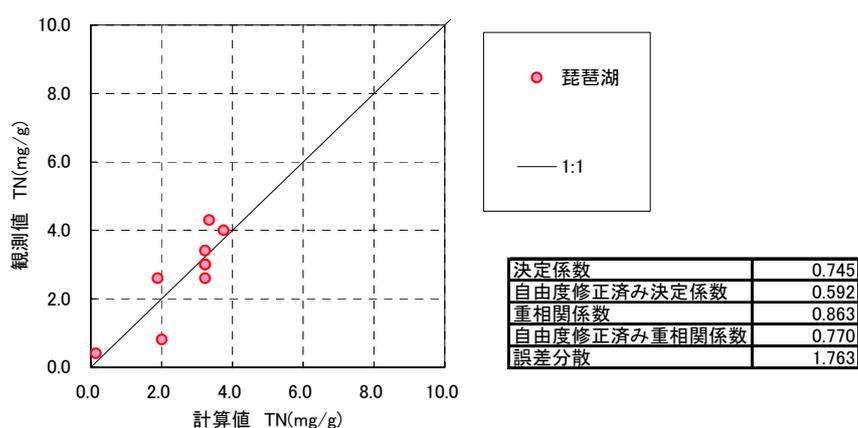


図 5.3.18 推定結果（琵琶湖）

### (3) TP の推定式

【彩度】が鮮やかな色であるほど、【粒度】が細かいほど、そして【表泥の ORP】が低いほど、TP が高い傾向を得た。彩度については明らかでないものの、粒度及び表泥の ORP については底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。

表 5.3.10 カテゴリー区分、カテゴリースコア、及び偏相関係数（琵琶湖）

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
彩度	1 0~1	4	-0.263	0.754	1位
	2 2~3	5	0.210		
ORP	1 -120mV未満	5	0.050	0.265	3位
	2 -120mV以上	4	-0.063		
粒度	1 粘土、砂混じり粘土、粘土まじりシルト	6	0.148	0.718	2位
	2 シルト、有機質シルト、砂質シルト、砂まじりシルト、シルト質砂、シルトまじり砂、砂、礫まじり砂、小礫まじり砂	3	-0.295		
定数項	-	9	0.732	-	-

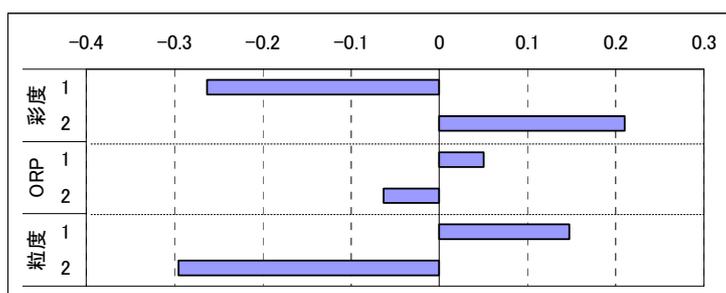


図 5.3.19 カテゴリースコアの比較（琵琶湖）

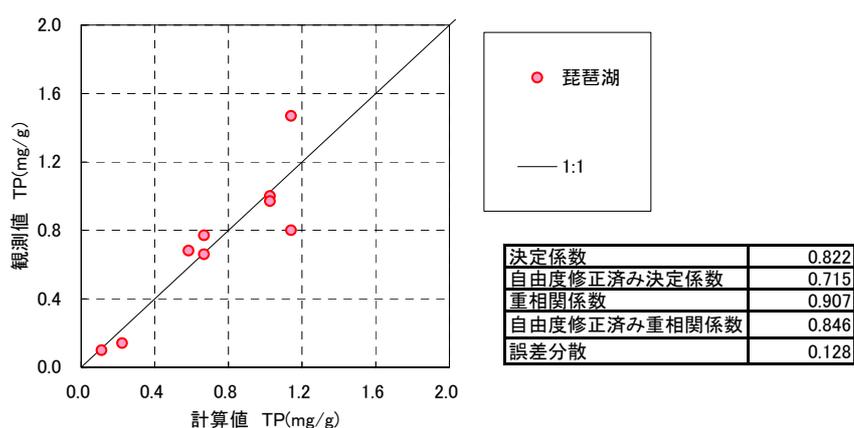


図 5.3.20 推定結果（琵琶湖）

### 5.3.4 中海・宍道湖

#### (1) 強熱減量の推定式

【表泥のORP】が低いほど、【彩度】がくすんだ色であるほど、そして【明度】が黒っぽい色であるほど、強熱減量が高い傾向を得た。彩度については明らかでないものの、表泥のORP及び明度については底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。

表 5.3.11 カテゴリー区分、カテゴリースコア、及び偏相関係数（中海・宍道湖）

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
明度	1 0~2	5	1.278	0.375	3位
	2 3~5	9	-0.710		
彩度	1 0~1	8	1.235	0.515	2位
	2 2~3	6	-1.647		
ORP	1 -250mV未満	6	2.908	0.749	1位
	2 -250mV以上	8	-2.181		
定数項	-	14	12.729	-	-

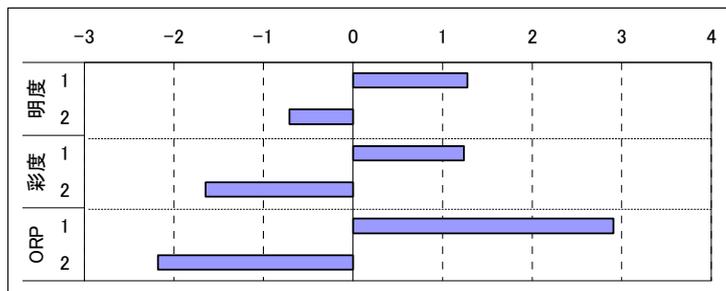


図 5.3.21 カテゴリースコアの比較（中海・宍道湖）

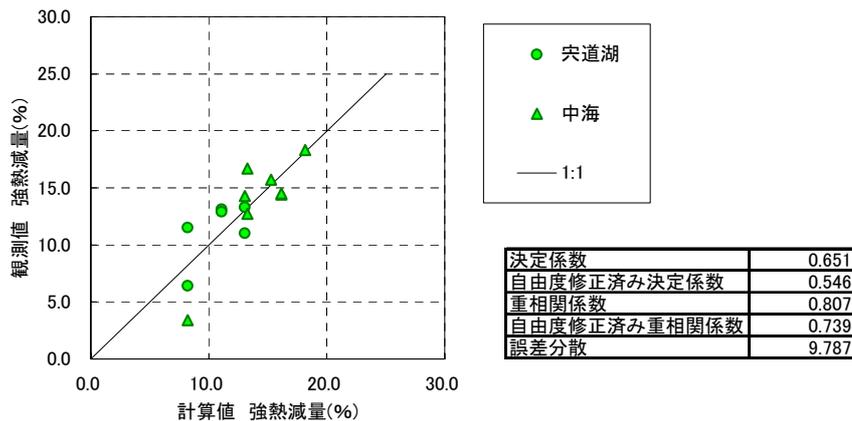


図 5.3.22 推定結果（中海・宍道湖）

## (2) TN の推定式

【彩度】がくすんだ色であるほど、【明度】が黒っぽい色であるほど、そして【表泥の ORP】が低いほど、TN が高い傾向を得た。彩度については明らかでないものの、明度及び表泥の ORP については底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。

表 5.3.12 カテゴリー区分、カテゴリースコア、及び偏相関係数（中海・宍道湖）

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
明度	1 0~2	5	0.257	0.276	2位
	2 3~5	9	-0.143		
彩度	1 0~1	8	0.197	0.320	1位
	2 2~3	6	-0.262		
ORP	1 -250mV未満	6	0.157	0.210	3位
	2 -250mV以上	8	-0.117		
定数項	-	14	1.686	-	-

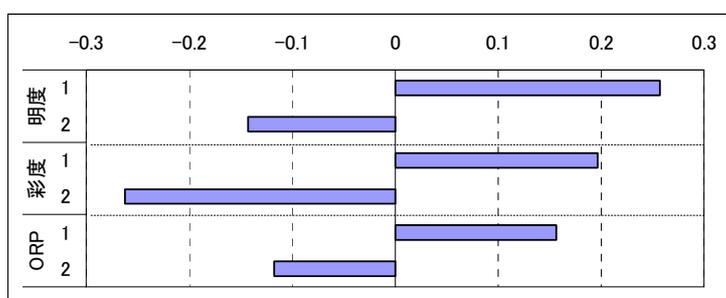


図 5.3.23 カテゴリースコアの比較（中海・宍道湖）

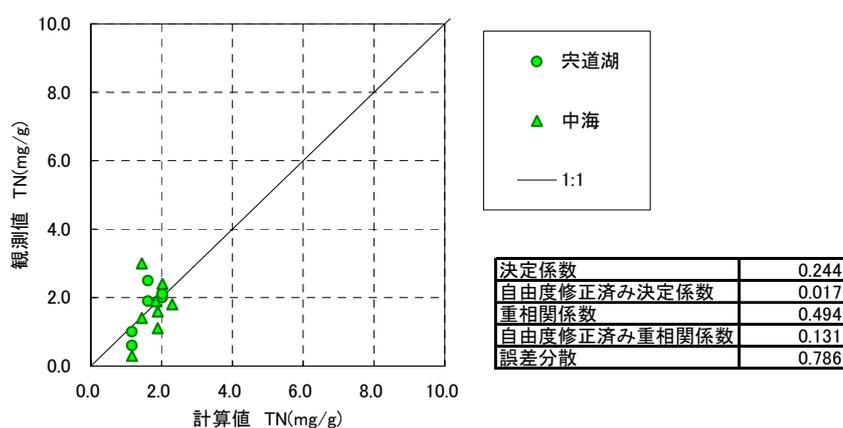


図 5.3.24 推定結果（中海・宍道湖）

### (3) TP の推定式

【明度】が黒っぽい色であるほど、【彩度】がくすんだ色であるほど、そして【表泥の ORP】が低いほど、TP が高い傾向を得た。彩度については明らかでないものの、明度及び表泥の ORP については底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。

表 5.3.13 カテゴリー区分、カテゴリースコア、及び偏相関係数（中海・宍道湖）

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
明度	1 0~2	5	0.079	0.471	1位
	2 3~5	9	-0.044		
彩度	1 0~1	8	0.039	0.378	2位
	2 2~3	6	-0.053		
ORP	1 -250mV未満	6	0.038	0.300	3位
	2 -250mV以上	8	-0.029		
定数項	-	14	0.521	-	-

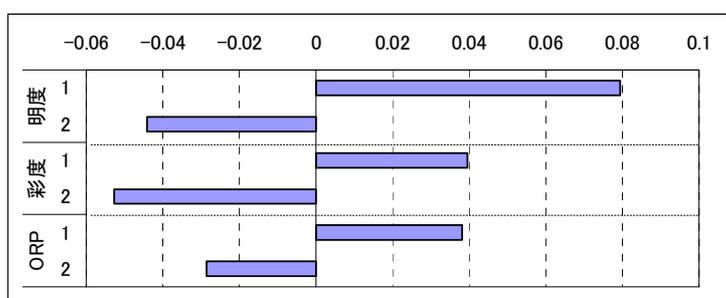


図 5.3.25 カテゴリースコアの比較（中海・宍道湖）

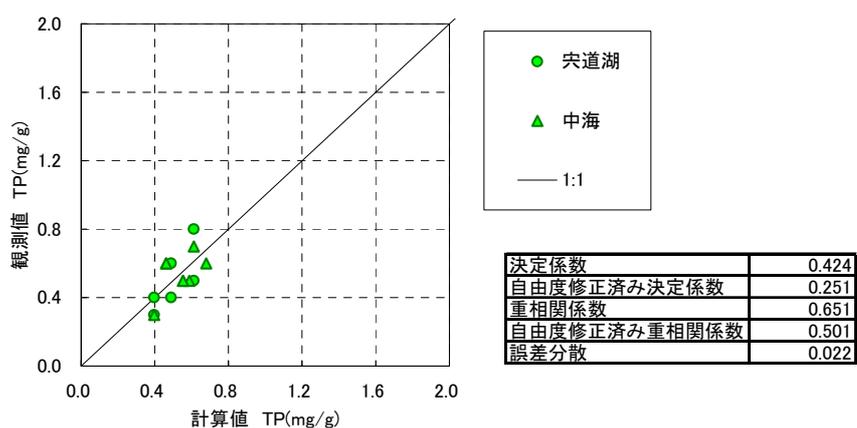


図 5.3.26 推定結果（中海・宍道湖）

#### (4) 硫化物の推定式

【表泥の ORP】が低いほど、【彩度】がくすんだ色であるほど、そして【明度】が黒っぽい色であるほど、硫化物が高い傾向を得た。彩度については明らかでないものの、表泥の ORP 及び明度については底質の特性と照らして妥当な推定結果が得られたと考えられる。

表 5.3.14 カテゴリー区分、カテゴリースコア、及び偏相関係数（中海・宍道湖）

アイテム	カテゴリー	n	カテゴリースコア	偏相関係数	
明度	1 0~1	5	0.427	0.221	3位
	2 2~3	9	-0.237		
彩度	1 0~1	8	0.407	0.314	2位
	2 2~3	6	-0.542		
ORP	1 -250mV未満	6	0.512	0.316	1位
	2 -250mV以上	8	-0.384		
定数項	-	14	-	-	-

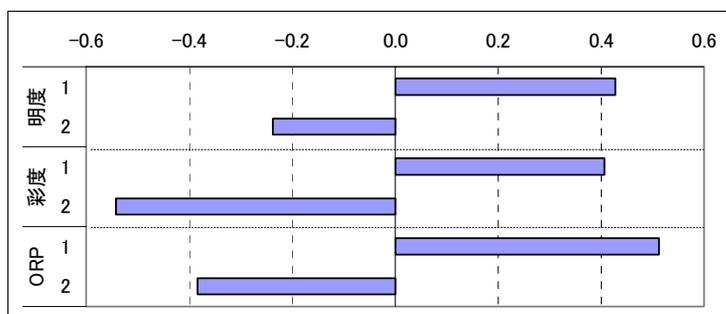


図 5.3.27 カテゴリースコアの比較（中海・宍道湖）

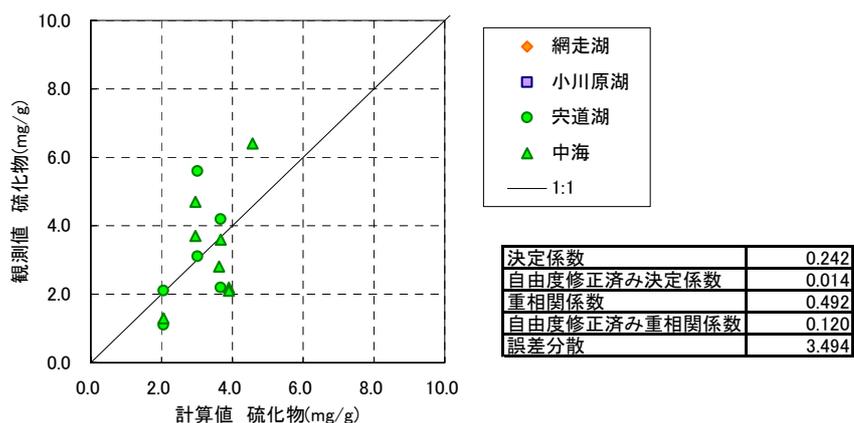


図 5.3.28 推定結果（中海・宍道湖）

## 参考文献

- 1) 水理公式集 平成 11 年版、土木学会、1999 年 11 月
- 2) 佐藤徳人、一条正憲：低温水を用いた水質改善効果の検討
- 3) 細川恭史、三好英一、堀江毅：栄養塩溶出速度の温度・DO 依存性について、港湾技研資料(運輸省港湾技術研究所)No. 405, pp. 1~39, Dec. 1981
- 4) 井上徹教、中村由行、御子神学、山室真澄、神谷宏：底泥からのリンの溶出速度に関する実験的研究、土木学会第 50 回年次学術講演会(平成 7 年 9 月), pp. 900~901
- 5) 鈴木穰、阿部千雅：底泥-水間の物質移動に関する調査、土木研究所成果報告書(平成 17 年度), 382-422, 2006
- 6) 田中豊、脇本和昌：多変量統計解析法, 現代数学社, 1983 年, p137-151
- 7) 沿岸環境調査マニュアル〔底質・生物篇〕、日本海洋学会編、恒星社厚生閣、1986 年 4 月
- 8) 株式会社環境シミュレーション研究所 WEB (<http://www.esl.co.jp/04SS/SS10.htm>)
- 9) 底質の調査・試験マニュアル 改定第三版、平成 15 年 3 月 底質浄化協会
- 10) 「第 4 回渡良瀬貯水池水質改善検討委員会」資料
- 11) 高柳淳二ら、閉鎖性水域の底泥対策技術に関する研究, 土木研究所報告 No. 209 (2008), p123-173

### その他の参考となる文献

- 12) H. L. Golterman (2004) The Chemistry of Phosphate and Nitrogen Compounds in Sediments. Kluwer Academic Publishers
- 13) P. E. O' Sullivan & C. S. Reynolds (2004) The Lakes Handbooks Volume 1. Blackwell Publishing
- 14) G. D. Cooke, E. B. Welch, S. A. Peterson and S. A. Nichols (2005) Restoration and Management of Lakes and Reservoirs. Taylor & Francis

