

〈特別研究課題〉 河床へドロの堆積状況調査法と除去方法に
関する研究

助成研究者 大同大学 大東 憲二



河床へドロの堆積状況調査法と除去方法に関する研究

大東 憲二
(大同大学)

Research on depositional situation investigation method and removal method of riverbed sludge

Kenji Daito
(Daido University)

The administration comes up with policies such as “My town my River maintenance project” and “Clear stream Renaissance II” as a purification activity of Horikawa River now. Nagoya City is working on the dredge work of the sludge in Horikawa River. However, it is feared that sludge rolls, and depraves water quality of Horikawa River in the dredge work.

In this research, the method of work without depraving the water quality in making sludge subside by adding flocculant is examined. It is necessary to investigate which place of Horikawa River a lot of sludge exists to remove sludge efficiently. Then, the method of presuming depositional situation of sludge based on difference of strength of it was proposed, and the effectiveness of this method was verified by the in-situ investigation.

1. はじめに

水攻めの弱さが懸念された清須城の城下町が、町ぐるみで名古屋に移転するためには、多くの物資を輸送する必要があり、堀川は、その運搬路として1610年に福島正則によって開削されたと伝えられている。堀川沿いは、食材や木材を扱う商店が立ち並び、商人が集まる名古屋経済の中心であり、人々の大切な憩いの場であった。しかし、昭和時代に入ると、著しい市街化の促進と人口の増加に伴い、事業排水や生活排水が増大していき、堀川の水質は悪化していった。水質が悪化するに

つれ、堀川沿いに建てられた建物もしだいに背を向けるようになり、堀川は市民生活の中で忘れられた存在となっていった。

現在は、都心に残された数少ない水辺空間として名古屋市内を流れる堀川の存在意義が注目され、名古屋市では1994年からヘドロの浚渫作業が始まっている。また、市民の堀川浄化への想いは、年々高まっており、1990年には、ライオンズクラブと市民団体による「堀川を清流に」署名活動に20万人が署名に応え、国土交通省中部地方整備局長、愛知県知事、名古屋市長に提出され、試験的に庄内川から2日間0.5～3.0m³/sの通水が行われた。また、2007年3月から、木曾川から0.4m³/sの導水が実施されている。この結果、DO値（溶存酸素量）が上昇する等の水質改善効果が見られた。この程度の通水では、危惧されていたヘドロの巻き上がりによる著しい影響は出なかったが、依然として、降雨や船舶のスクリューによるヘドロの巻き上げが報告されている。さらに、近年は、大量のボラが堀川を遡上し、その影響でヘドロが巻き上がり、還元状態のヘドロが酸化されたため、水中の酸素が不足して大量のボラが死ぬという事態も招いている。したがって、堀川のヘドロの除去は重要な課題である。

本研究では、堀川の水質状況や川底に堆積しているヘドロの堆積状況を調べるための試験装置を改良するとともに、ヘドロの巻き上げを押さえたヘドロの適切な除去方法を検討すること¹⁾を目的としている。

2. ヘドロの原位置調査と分析

2.1 目的

堀川を浄化するための効率のよいヘドロ除去方法を検討するためには、堀川のどの箇所にもどの程度のヘドロが堆積しているのかを調査しなくてはならない。また、ヘドロの中の重金属の含有量を分析することにより、ヘドロの安全性を把握しなければならない。サンプリングは松重閘門付近（図1参照）で行い、ヘドロを不攪乱でサンプリングできるヘドロサンプラーを使用した。さらに、サンプリングしたヘドロに対して蛍光X線分析と強熱減量試験を行い、ヘドロの成分調査を行った。また、高感度コーン貫入試験装置を使用し、ヘドロの堆積状況調査を行った。この調査箇所は納屋橋付近（図1参照）である。

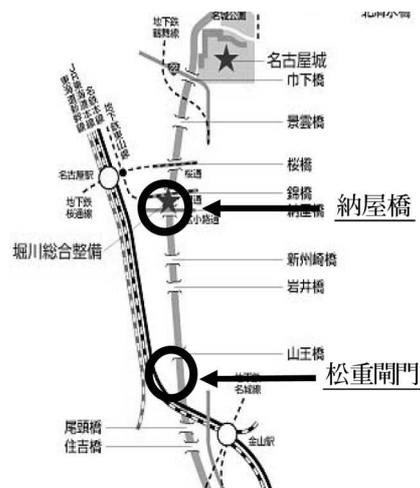


図1 堀川の概要図

2.2 サンプラーによるヘドロのサンプリング

①サンプリングポイント

2008年12月13日（土）のサンプリングポイントは、図2に示す松重閘門付近のA地点とした。松重閘門付近は、過去のデータによると、干潮になると水位が低下しヘドロが水面上に出てくる。このことから、松重閘門には多くのヘドロが堆積していることが予想される。したがって、今回は松重閘門付近でヘドロサンプラーによるヘドロのサンプリングを行うことにした。

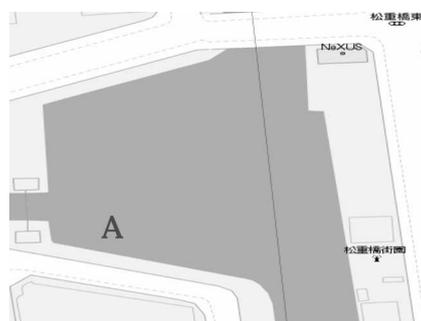


図2 松重閘門付近のサンプリングポイント

② サンプラーの構造

サンプラーは、外枠(アルミ枠)の内側に2重になった塩化ビニールパイプ(直径80mm)が入っており、パイプを繋ぐとその全長は、約2m、4m、6mと長さ変更が出来るようになっている。今回は、サンプラーの重量、堀川の水深、ヘドロの堆積状況を考慮した上で4mのサンプラーにしてサンプリングを行った。

サンプラーの構造は、サンプラーの先端部分に、カッターエッジ(図3参照)が付いている。カッターエッジは、ヘドロの抵抗があるときにサンプラー全体を堀川底部に切り込むためである。外枠の内側には、2重構造(図3参照)になっている塩化ビニールパイプが入っている。2重構造の外管は、外枠のカッターエッジとゴム手袋を利用したもの(写真1参照)で繋いであり、塩化ビニールパイプを回転させることによってゴムがねじれ、サンプラーを川の中から引き抜くときに、ヘドロが抜け落ちないように底部に膜を作る。2重構造パイプの内管は、底部から1mの高さまで10cm間隔に分割できるように組み立ててある。これにより、ヘドロを10cm毎に採取することが出来る。

③ サンプリング方法

1) ゴムボートを2艇並べ、その上に作業スペースである板を載せ、板の上にアルミ製の梯子を載せ、調査艇を組み立てる。櫓は、移動中にサンプラーを固定する役割と、サンプラーを水面から垂直に川底に押し込む際のガイドの役割がある。

2) 調査艇を組み立てた後、櫓にサンプラーを載せ、ワイヤーによりサンプラーと櫓を固定する。

3) サンプラーを乗せた調査艇をエンジン付きゴムボート(2馬力)によりサンプリングポイントまで移動させる。サンプリングポイントに到着後、岸からのロープを調査艇に縛りつけ、また、調査艇からアンカーを降ろし、調査艇を安定させる。

4) 岸からのロープとアンカーのロープが一直線になり、ロープが張ったのを確認してからサンプリングを開始する。

5) サンプラーを垂直に川底まで、慎重に押し込んでいく。その際に、サンプラーが斜めにならないように注意すると同時に、サンプラー落下防止フックの位置を随時かけ直す。また、サンプラー圧入中にヘドロが巻き上がらないように、慎重に少しずつサンプラーを挿入する(写真2参照)。

6) サンプラーを川底まで挿入した後、内管の塩化ビニールパイプを回転させる。塩化ビニールパイプを回転させると同時に、サンプラー底部のゴムチューブも回転し、サンプラー底部に膜ができる。

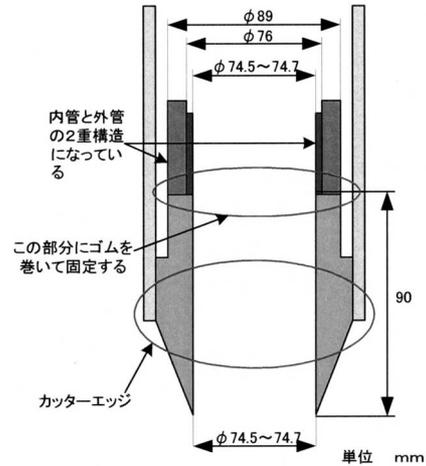


図3 サンプラーの先端の詳細図

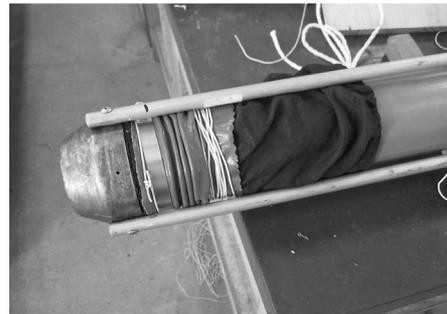


写真1 サンプラー先端ゴムチューブ



写真2 サンプリング風景

7) サンプラーを引き上げる時には、ウインチを回転させ手動によりサンプラーを引き上げる。この際に、サンプラーが垂直に引き上がるように微調整を行う。

8) サンプラーを引き上げた後、エンジン付きゴムボートにより調査艇を陸まで移動させる。陸に到着後、サンプラーを寝かせ、ヘドロ採取を行う。

④サンプリング結果

一度のサンプリングで約60cmのヘドロを採取することができた。しかし、先端部のゴムチューブが完全にねじれておらず、ゴム膜はうまく出来ていなかった。それでも、ヘドロが滑り落ちなかったのは、採取した底部のヘドロが硬かったからだと考えられる。

3. 高感度コーン貫入試験

3.1 調査方法

高感度コーン貫入試験装置は、図4に示すように先端のコーン部にかかる貫入抵抗値の変化から、ヘドロの層厚を測定することができる。エンジン付ゴムボートによって調査ポイントまで移動し、調査ポイントに到着後、川岸からのロープとアンカーからのロープをゴムボートに固定してボートを安定させ、高感度コーン貫入試験装置を垂直に川底まで押し込んでコーン貫入抵抗値(以下、抵抗値と呼ぶ)を測定する。今回は、荷重変換器の測定レンジが500Nと100Nの2種類のコーン貫入試験装置を使用し、結果を比較した。

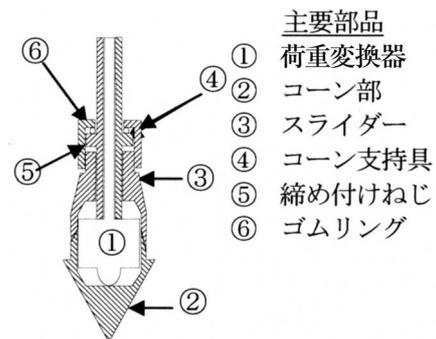


図4 高感度コーン貫入試験装置の先端部の構造

3.2 調査箇所

図1に示す堀川中流部の松重閘門付近(図5参照)で2回調査を行った。調査日時は、1回目は平成21年1月12日で500Nの荷重変換器を搭載したコーン貫入試験装置を使用した。この日の調査時の潮位はN.P. 0.84mであった。2回目は平成21年3月12日で100Nの荷重変換器を搭載したコーン貫入試験装置を使用した。この日の調査時の潮位はN.P. 0.27mであった。

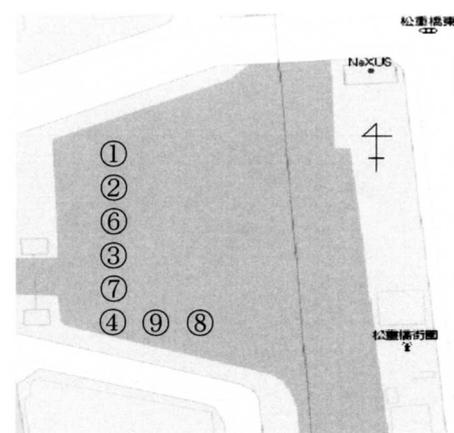


図5 松重閘門での調査ポイント

3.3 調査結果

調査結果を図6(平成21年1月12日調査)と図7(平成21年3月12日調査)に示した。なお、潮位に差があったため、図6中に図7の水深0mの位置を示した。

図6の結果から、ポイント②地点の抵抗値が他の地点と比べると早く変化している。この地点は、他の地点と比べると比較的硬めのヘドロが上層部から堆積していることが分かる。数値にばらつきがあるのは、コーンを押し進めていく時に、硬さの違うヘドロ層を通過するためだと考えられる。また、コーンを押し進める際に、一定の力で貫入されていなかったことも考えられる。ポイント①、③、④地点では、水深約2mから抵抗値が増加している。そして、水深約2.6mから3mで川底に達し、測定が終了している。詳しく見ると、ポイント④地点では水深約2.0mから抵

抗値が大幅に増加している。また、抵抗値がきれいな曲線を描いていることから、この地点には比較的硬いヘドロが均一に堆積していると考えられる。

図7の結果からは、ポイント⑥、⑦地点では干潮時ではあったが水深約50cmでヘドロに接触している。ポイント⑧、⑨地点では水深約50～200cmの間は比較的軟らかいヘドロが堆積しているため、徐々に抵抗値が増加してきている。しかし、水深約200cmから抵抗値が大きく変化している。これは、硬めのヘドロに接触したか、川底の粘土層に達したためではないかと考えられる。試験装置を引き揚げた時に、コーンの先端部に粘土質の泥が付着していた。図7の結果の抵抗値にばらつきがあるのは、ヘドロ層の硬さに違いがあるのと、測定レンジが100Nであるため、コーン貫入試験装置が小さな抵抗値の変化も読み取っているためであると考えられる。

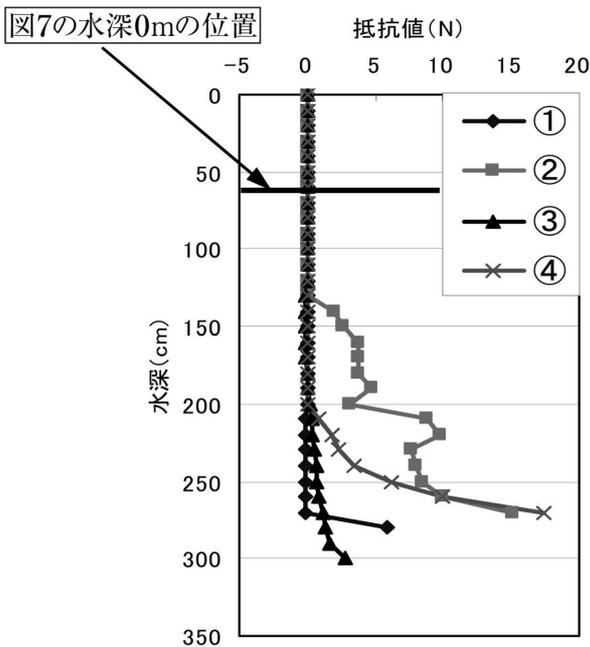


図6 試験結果 (500N試験装置)

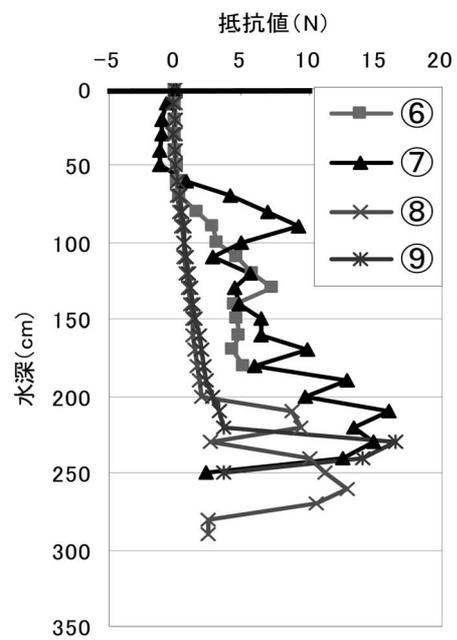


図7 試験結果 (100N試験装置)

4. ヘドロの成分分析

4.1 分析方法

今回行った分析方法は、蛍光X線分析と環境省告示第19号に基づく含有量試験（以下、公定法分析とする）である。蛍光X線分析は、効率の高いエネルギー分散法²⁾で行うX線技術研究所のED05Sを用いて行った。エネルギー分散型蛍光X線分析器は、半導体検出器を使っており検出器自体がエネルギー分析の機能をもっている。蛍光X線分析は（財）日本ガス機器検査協会に、公定法分析は（財）東海技術センターに依頼した。

4.2 分析試料

2008年10月31日（金）に、松重閘門付近のポイント⑨（図5参照）で柄杓により採取した上部のヘドロを自然乾燥させ、蛍光X線分析の試料とした。また、2008年12月13日（土）に松重閘門付近のポイント④（図5参照）でヘドロサンプラーにより採取したヘドロを深さ別に分け、自然乾燥させた後に蛍光X線分析と公定法分析を行った。

4.3 分析結果

1) 松重閘門付近の上層部のヘドロ

2008年10月31日（金）に採取したヘドロの蛍光X線分析を行った結果、カドミウムや水銀といった重金属はND値を表し、計測範囲内では検出されなかった。しかし、微量の砒素が検出されたり、クロムの数値が基準値を超える試料があったりした（図8参照）。ただし、蛍光X線分析で検出されるクロムは、第2種特定有害物質に指定されている六価クロム化合物限定のものではなく、クロム及びその化合物の含有量である。さらに、図9、図10に示すように、塩素と硫黄の数値が基準値（C1 3000mg/kg、S 15000mg/kg）を大幅に超えていた。これは、名古屋港からの海水の遡上が関係しているのではないかと考えられる。

2) 松重閘門付近の層別のヘドロ

2008年12月13日（土）に採取したヘドロを、深さ方向に蛍光X線分析を行った結果、最下層のヘドロでは鉛、クロム（図11参照）の含有量が基準値（Pb 150mg/kg、Cr 250mg/kg）を超えて検出された。特に、クロムは基準値の3倍以上の量が検出された。下層ではカドミウムも微量ではあるが検出された。また、有機物は重金属を吸着しやすいといわれているので、有機物含有量を比較すると、有機物含有量が多い最下層では、高い濃度の重金属が検出されている。このことから、有機物が重金属を吸着しやすいという傾向が確認できた。

公定法分析によるヘドロの分析結果を図12に示す。この分析結果は、元素単体ではなく化合物を含んだものである。分析結果では、六価クロム化合物、シアン化合物、水銀及びその化合物、セレン及びその化合物は検出されなかった。しかし、最下層では、微量ではあるがカドミウムが検出された。

4.4 蛍光X線分析と公定法分析の比較

蛍光X線分析と公定法分析の結果を比較した相関図を図13、14、15に示す。

両試験結果は、全体的に大きな差異がないが、図13に示した砒素に関しては、両試験結果のばら

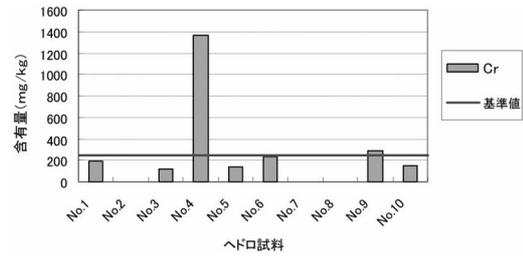


図8 検出クロム含有量

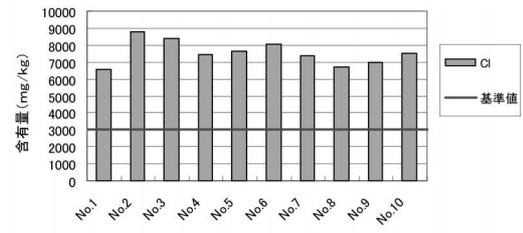


図9 検出塩素含有量

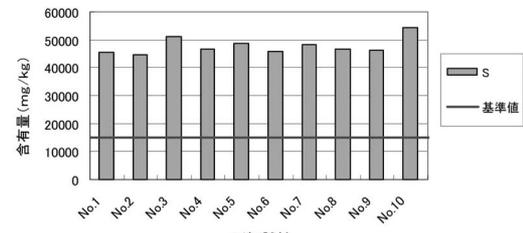


図10 検出硫黄含有量

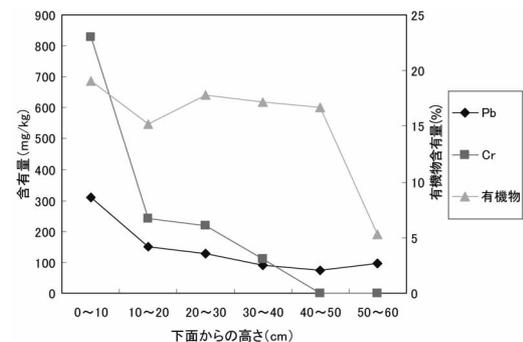


図11 蛍光X線分析結果

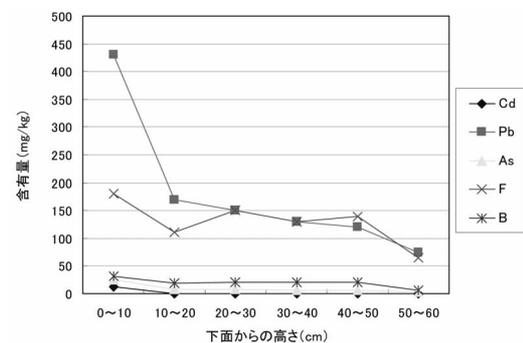


図12 公定法分析結果

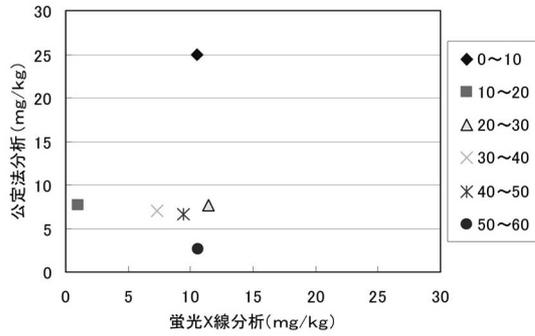


図13 分析結果相関図 (As)

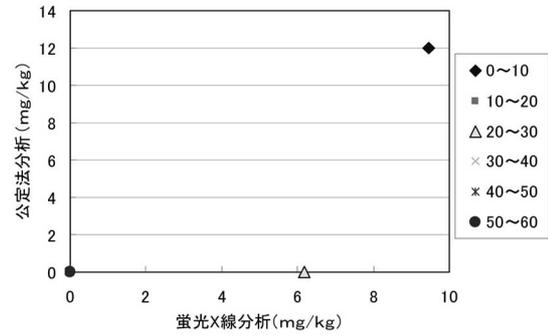


図14 分析結果相関図 (Cd)

つきが大きい。また、図14に示したカドミウムに関しては、カドミウムが検出された試料が少ないために相関を分析できないが、最下層では蛍光X線分析と公定法分析、共に同程度の含有量が検出されている。したがって、砒素とカドミウムについては、蛍光X線分析と公定法分析で得られた分析結果の相関関係は見出せなかったが、図15に示した鉛については、良い相関が得られた。

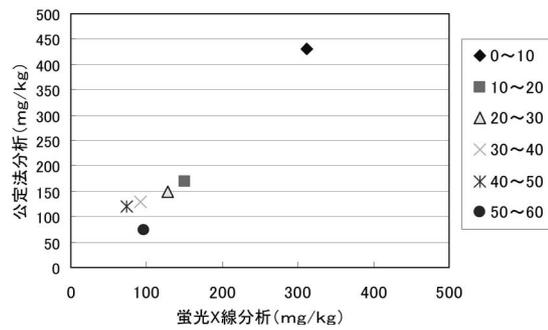


図15 分析結果相関図 (Pb)

5. 納屋橋付近における溶存酸素量

5.1 調査方法

高感度コーン貫入試験と同様に、エンジン付ゴムボートによって調査ポイントまで移動し、調査ポイントに到着後、川岸からのロープとアンカーからのロープをゴムボートに固定してボートを安定させ、DOメーターを水面から20秒経過ごとに20cm下ろしていき、数値が安定したところで計測した。計測は水深2mまで行った。調査日は平成21年1月12日で、調査箇所は図1に示す堀川中流部の納屋橋付近（図16参照）で行った。

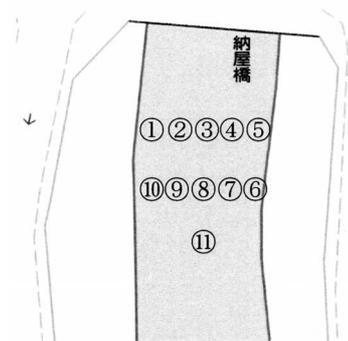


図16 納屋橋での調査ポイント

5.2 調査結果

調査結果を図17に示した。測定地点①では、他の測定地点よりも高いDO値となっている。これは、測定地点①側の護岸から水が一定時間放流されていたため、水面が波立ち、水中に酸素が溶け込んでいたためであると考えられる。測定地点③、④、⑤では、DO値が水面付近と川底付近とで大きく変化していないことが分かる。これは、放流の効果が川の反対側まで行きわたっていないためであると考え

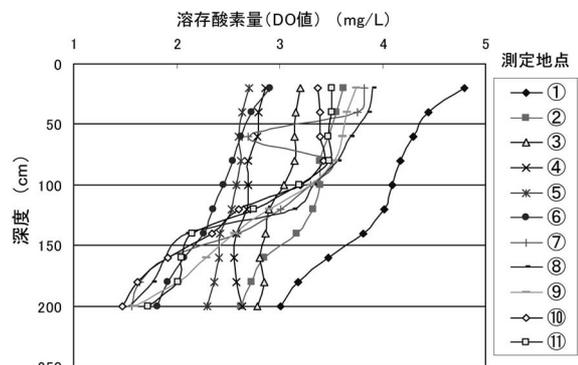


図17 DO値の測定結果

られる。測定地点⑦では、水深約60cmでDO値が大きく変化しているが、これは水中でDOメーターが何かに当たり揺れた可能性がある。また、全体的に水深100cmを過ぎたところからDO値が急激に低下していることも分かった。これは、名古屋港からの海水の遡上の影響で、川底に近くなる程、流れが遅くなり淀んでいる可能性が考えられる。また、全ての調査ポイントで水面から水深200cmまでで約2.0mg/LもDO値が低下していることが確認できた。

6. まとめ

松重閘門でのヘドロの堆積状況調査では、2種類の高感度コーン貫入試験装置を使用し、それらの結果を比較することで、ヘドロの堆積状況をより正確に把握することができた。これにより、松重閘門付近には約2.0mのヘドロが堆積していることが確認できた。また、100Nコーン貫入試験装置によって得られた抵抗値の変化から、比較的軟らかいヘドロと硬いヘドロが互層で存在していることも確認できた。さらに、松重閘門付近のような淀み（川の流れが緩やかな箇所）では、多くのヘドロが堆積してしまうことも今回の調査結果から確認できた。しかし、測定データにばらつきが出たため、調査方法の改善が必要である。

ヘドロのサンプリングでは、ヘドロサンプラーの先端のゴムチューブを改良したことにより、ヘドロの落下を防ぐことが出来た。

今回、採取したヘドロに対して重金属の含有量分析を行った結果、深さ別での含有量に大きい違いがあることが確認できた。また、蛍光X線分析と公定法分析を比較した結果、大きな差異はないが、結果のばらつきが若干あった。また、有機物含有量と比較した結果、有機物が重金属を吸着しやすいということを確認できた。

DOメーターによる溶存酸素量の調査結果からは、納屋橋付近では護岸からの放流によって水中の溶存酸素量が増加していることが確認できた。また、水深が深くなるにつれ、溶存酸素量が低下することも確認できた。今回の調査から、川底に堆積しているヘドロが酸素を消費し、堀川は生物が生息しにくい環境であると言える。

謝辞

本研究は、財団法人日比科学技術振興財団・財団法人東海技術センター・財団法人日本ガス機器検査協会の多大なるご協力をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 柳原盛吾・大東憲二・佐伯茂雄：ヘドロ凝集剤を用いた名古屋堀川の水質改善に関する室内実験，土木学会第61回年次学術講演会講演概要集，pp.185-186，2006.
- 2) X線技術研究所ホームページより：（<http://x-tec.jp/engineering/tech.html>）