

# 名古屋堀川におけるヘドロの堆積状況調査と成分分析

大同大学大学院 学生会員 平松 都利  
大同大学 正会員 大東 憲二

## 1. はじめに

堀川は大正時代まで清流であり、人々の大切な憩いの場であった。昭和時代に入ると市街地の拡大と人口の増加に伴って堀川の水質は悪化した。昭和 60 年代にはヘドロや粗大ゴミがあふれ、堀川は市民生活の中で忘れられた存在となった。現在、都心に残された数少ない水辺空間として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を始めている。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、現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  $0.5\sim 3.0\text{m}^3/\text{s}$  の通水が行われた。また、2007 年 3 月から、木曽川から  $0.4\text{m}^3/\text{s}$  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ーによるヘドロの巻き上がりが報告されている。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、名古屋市内を流れる堀川を浄化するための効率よいヘドロ除去方法を検討している<sup>1)</sup>が、そのためには、堀川にどの程度のヘドロが堆積しているかを把握しておく必要がある。今回は、2 種類の高感度コーン貫入試験装置を用いてヘドロの堆積状況調査を行った。また、サンプリングしたヘドロに対して蛍光 X 線分析と環境省告示第 19 号に基づく重金属含有量試験を行い、両者の結果を比較した。さらに、水中の溶存酸素量も調査し、堀川が生物の生息しやすい環境かどうかを検討した。

## 2. 高感度コーン貫入試験装置

### 2.1 調査方法

高感度コーン貫入試験装置は、図-1 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、

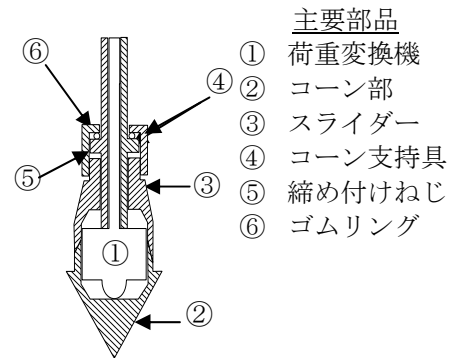


図-1 高感度コーン貫入試験装置の先端部の構造

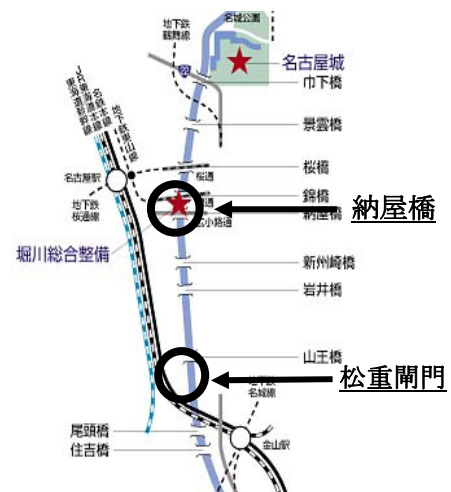


図-2 堀川の概要図



図-3 松重閘門での調査ポイント

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、荷重変換機の測定レンジが 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。

## 2.2 調査箇所

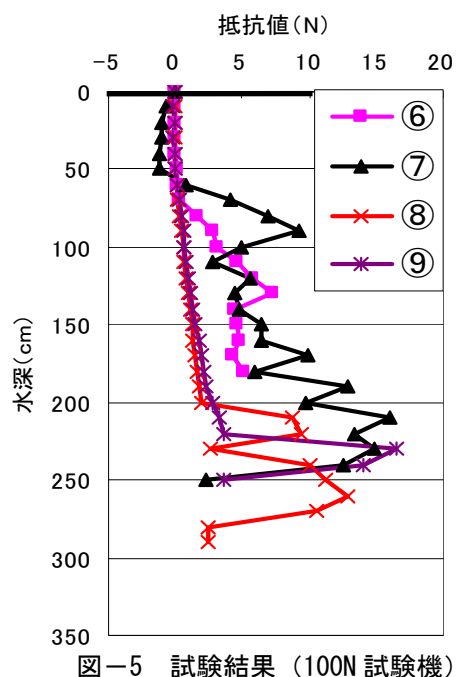
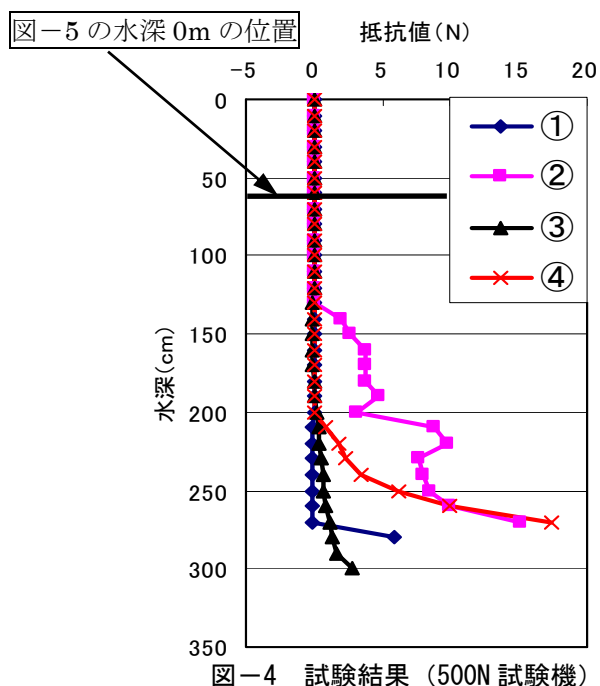
図-2 に示す堀川中流部の松重閘門付近（図-3 参照）で 2 回調査を行った。調査日時は、1 回目は平成 21 年 1 月 12 日で 500N の荷重変換機を搭載したコーン貫入試験装置を使用した。この日の調査時の潮位は N.P. 0.84m であった。2 回目は平成 21 年 3 月 12 日で 100N の荷重変換機を搭載したコーン貫入試験装置を使用した。この日の調査時の潮位は N.P. 0.27m であった。

## 2.3 調査結果

調査結果を図-4（平成 21 年 1 月 12 日調査）と図-5（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-4 中に図-5 の水深 0m の位置を示した。

図-4 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、他の地点に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-5 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。コーンを引き揚げた時に、コーンの先端部に粘土質のようなものが付着していた。図-5 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、コーン貫入試験機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。



### 3. ヘドロのサンプリング

#### 3.1 サンプリングポイント

ヘドロのサンプリングは図-3 に示した松重閘門付近のポイント④で行った。松重閘門は干潮になるとヘドロが水面上に出てくる。このことから、ヘドロが多く堆積していることが予想される。よって、今回は松重閘門付近でサンプリングを行うことにした。

#### 3.2 サンプラーの構造

サンプラーは先端部分に、カッターエッジ（図-6 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-6 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。

#### 3.3 サンプリング方法

1) 調査艇はゴムボートを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取り付けたものである。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) ワイヤーにより、櫓とサンプラーを固定し、エンジン付きゴムボートでサンプリングポイントまで移動する。

3) ポイントに到着後、岸からのロープとアンカーでボートを固定して調査を開始する。サンプラーを垂直に、慎重に押し込んでいく。この際、サンプラーが斜めにならないようにする。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していく。（写真-2 参照）

4) 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。

5) 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。

6) 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。

#### 3.4 サンプリング結果

今回は、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ためであると考えられる。

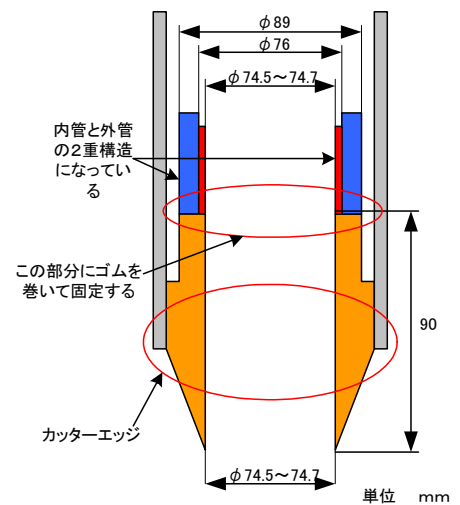


図-6 サンプラーの先端の詳細図



写真-1 サンプラー先端の  
ゴムチューブ



写真-2 サンプリング風景

## 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<sup>2)</sup>で行う X 線技術研究所の ED05S を用いて行われた。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-3 参照）で柄杓により採取した上層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-3 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-6 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-7、図-8 に示すように、塩素と硫黄の数値が基準値（Cl 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に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-9 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

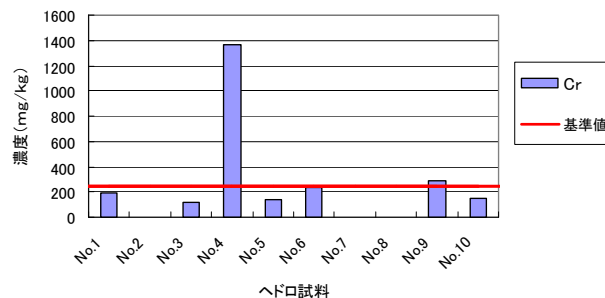


図-6 検出クロム含有量

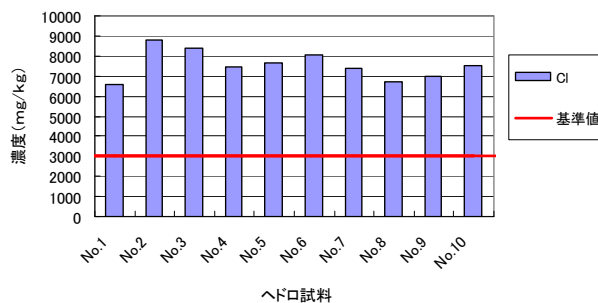


図-7 検出塩素含有量

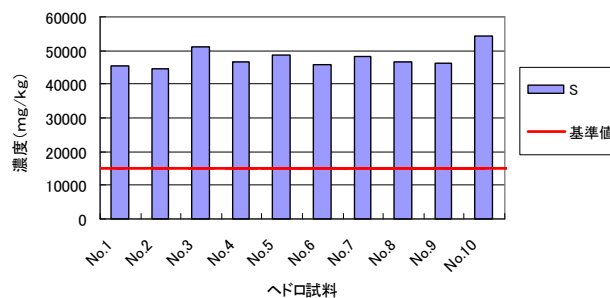


図-8 検出硫黄含有量

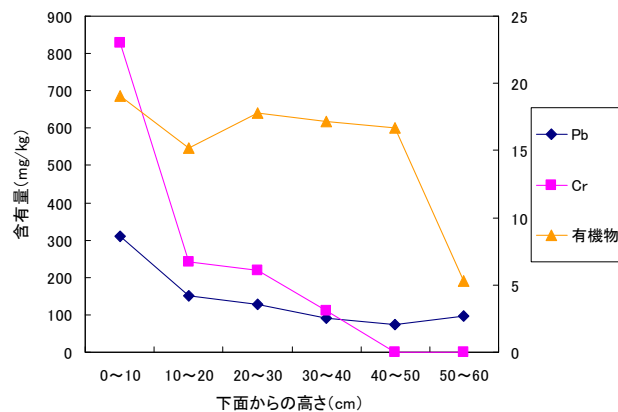


図-9 蛍光 X 線分析結果

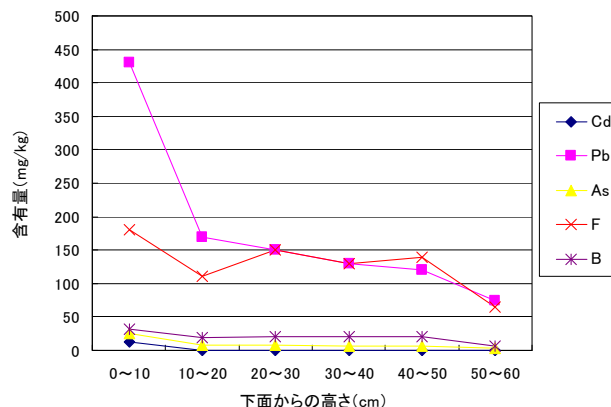


図-10 公定法分析結果

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-10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線分析と環境省告示第19号に基づく含有量試験による含有量試験結果の比較

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）の結果を比較した相関図を図-11、12、13に示す。

両試験結果は、全体的に大きな差異がないが、砒素に関しては、蛍光X線分析の結果にばらつきがあるのに対して、公定法分析は安定した結果となっている。この原因として挙げられるのは、蛍光X線分析は乾燥させた少量の試料から分析を行っているため、試料の部位によって結果に違いが出てしまったのではと考えられる。また、カドミウムに関しては、検出された試料が少ないため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、鉛については、ほぼ同位の結果が得られていることが確認できた。

### 5. 納屋橋付近における溶存酸素量

#### 5.1 調査方法

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-2に示す堀川中流部の納屋橋付近（図-14参照）で行った。

#### 5.2 調査結果

調査結果を図-15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、

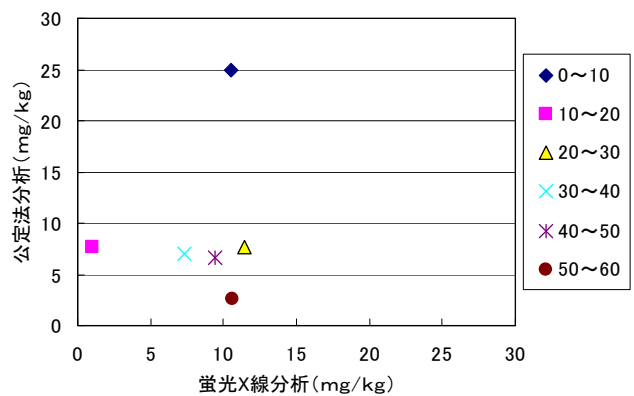


図-11 分析結果相関図 (As)

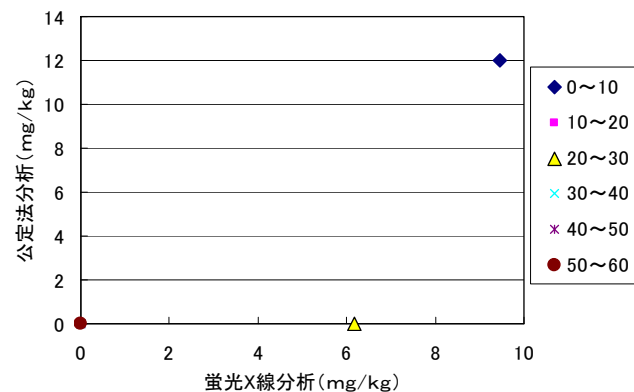


図-12 分析結果相関図 (Cd)

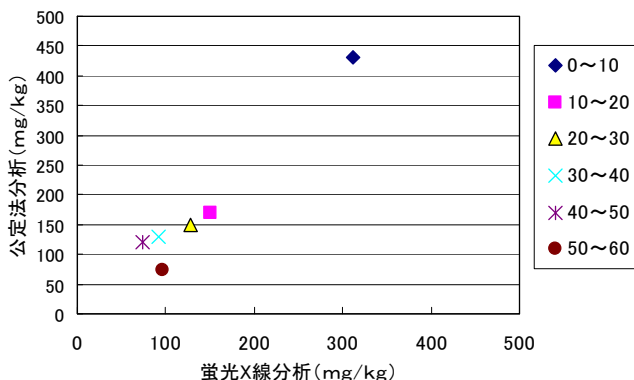


図-13 分析結果相関図 (Pb)

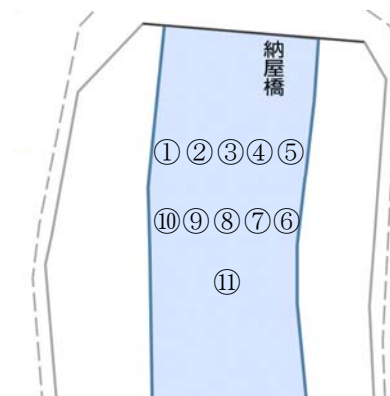


図-14 納屋橋での調査ポイント

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。水面から 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。

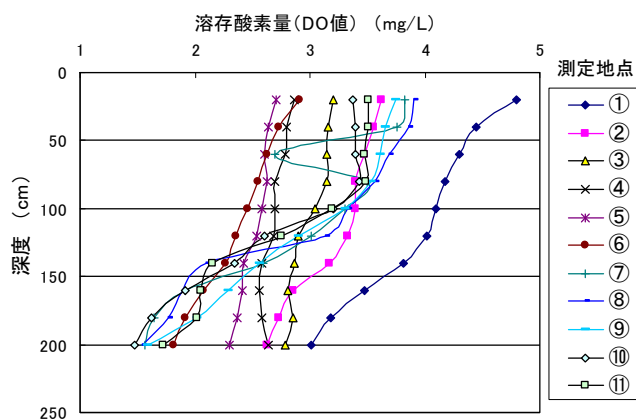


図-15 DO 値の測定結果

## 6. まとめ

松重閘門でのヘドロの堆積状況調査では、比較的川の流れの緩やか箇所ですら少なくとも 1.5m ものヘドロが堆積していることが確認できた。また、納屋橋においては、多い箇所では約 0.5m のヘドロが堆積していることが確認できた。しかし、調査方法に問題があり、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。

ヘドロの堆積状況では、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よどみ（比較的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。

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 線分析と環境省告示第 19 号に基づく含有量試験を比較した結果、大きい差異はないが、蛍光 X 線分析では元素によっては、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>)