

〈一般研究課題〉 快適な水辺環境の創造に寄与する
都市河川の水理・水質特性の評価と対策に関する研究
助成研究者 中部大学 武田 誠



快適な水辺環境の創造に寄与する 都市河川の水理・水質特性の評価と対策に関する研究 —堀川における浮遊物の移動特性とにおいの状況に関する研究—

武田 誠
(中部大学)

Study on hydraulic and water quality characteristics in urban river for creation of comfortable waterside environment

Makoto Takeda
(Chubu University)

Abstract

This study treated the problem of float and bad smell of Hori River in Nagoya city. At first, the seasonal changes of float were clarified by capturing float by using the net at Hioki Bridge. Furthermore, the transport characteristic of float was investigated in upstream area from Matsushige lock in Hori River. From this research, the process of the accumulation of float in the upstream area of Hori River was shown. It was found that bad smell occurred in downstream area from Kameya Bridge and in the area between Matsushige lock and Naka Bridge. Moreover, it was found that bad smell occurred strongly in the case of flood tide, summer season and rainy day. Finally, it was found that the thickness of sludge and ignition loss was higher value in Matsushige lock and Naka Bridge. From these results, the relationship between transport characteristics of float and states of sludge and bad smell were also studied. Furthermore, an effective countermeasure on bad smell was shown.

1. はじめに

名古屋市の中心部を南北に流れる堀川は、名古屋城築城にあわせて、物資の運搬のために掘削された人工河川であり、当時は沿川に人々が集い賑わっていた。高度経済成長期には、他の都市河川と同様に工場排水などによる水質悪化が進行し、昭和41年にはBOD値が54.8mg/lにもなった。こ

の対策としてヘドロの除去、下水道整備、水面清掃などが実施され、昭和40年代後半になると急速に浄化が進み、近年は環境基準（河川D類型、BOD 8mg/l以下）が達成されるなど水環境の改善が進んだ¹⁾。しかし、未だ水質・悪臭・ゴミの問題は十分に解決されておらず、市民からの水環境改善の要望は高い。

近年、堀川の水利・水質特性の把握を目的とした研究事例がいくつか報告されている。武田・松尾^{2) 3)}は、堀川の水利・水質の特徴を整理し、松重閘門からの流入水の堀川に与える影響を現地観測および数値解析により示している。富永⁴⁾は、ADCPを用いて堀川の潮汐変動に伴う流量や河岸凹部の流れの様子を示している。また、2006年には名古屋市堀川の再生を目的として、産官学民が一同に会して堀川の活用・水環境改善を議論する「堀川再生のための連携プロジェクト2006」⁵⁾が設立され、水質のみではなく感覚的な評価が可能である「におい」「ゴミ」についても採り上げ、調査・検討が行われた。その成果として、堀川を漂う浮遊物には枯葉などの自然物が多いこと、松重閘門水域部では下げ潮時に右岸側の浮遊物が流入し、溜まった浮遊物は上げ潮時に堀川に流出し遡上するという特徴が得られた⁶⁾。

本研究では、堀川の浮遊物の季節変化、松重閘門水域部より上流域に着目した浮遊物の移動特性、において底泥の分布特性に関する検討を行い、特に、浮遊物の移動特性と、におい・ヘドロの状況との関係を明らかにした。なお、浮遊物の移動特性から水利特性の、においとヘドロの特性から水質特性（水環境特性）の把握を試みている。

2. 堀川の浮遊物の特性

(1) 調査方法

堀川の浮遊物の種類と割合、それらの季節変化を把握する目的で、平成19年6月16日、8月30日、10月28日、12月9日(全て大潮)の下げ潮時(満潮～干潮)と上げ潮時(干潮～満潮)に図1の日置橋(堀川河口から約7.9km)の上から網（入り口の大きさ；縦40cm、横40cm、目幅2mm、写真1）を設置して浮遊物の回収を行った。対象としている浮遊物は目幅2mmで捕獲できるものであり、SSで評価



図1 堀川全体図



写真1 網の設置状況

表1 観測日近傍の日降水量

	当日	1日前	2日前	3日前
6月16日	0	1	15	0
8月30日	0	5	0	0
10月28日	0	22.5	11	0
12月9日	0	0	0	0

単位(mm/day)

される微細なものは含まれていない。6月の上げ潮時には網を橋の中央に設置したが、6月の下げ潮時、8月、10月、12月の観測では浮遊物が多く回収できる右岸側に設置した。当日および3日前までの降雨量を表1に示す。観測当日は4回とも晴れであり、それぞれの観測日の3日前まではいずれも曇りや小雨であったが、それが観測結果に大きな影響を及ぼしていないと考えている。浮遊物の分類手順を以下に示す。

- ①下げ潮時と上げ潮時に回収した浮遊物を1週間程度天日干しする。
- ②浮遊物を自然物と人工物に分類し、さらに、自然物を葉や枝などに、人工物をタバコ、ビニールなどに細かく分類する。
- ③それぞれ分類された物の質量を計測する。

(2) 調査結果

図2に月毎の自然物および人工物の質量を示す。回収した浮遊物の中で、ビンや木片などの明らかに質量が大きいものは除いた。全体の質量に対する自然物の質量は、4回の観測の平均で56%程度に

なった。図2からも分かるように、12月以外の観測では自然物と人工物に大きな差はみられないが、12月には自然物が非常に多くなる結果が得られた。名古屋地域の紅葉のピークは11月中旬から下旬であり、落葉するのは11月下旬から12月上旬となる。観測を行った12月9日はちょうど落葉のピーク時にあたり、その影響を受けて、自然物が非常に多い結果になったと考えられる。また、写真2は平成19年5月17日の伝馬橋付近の様子であり、浮遊物が多く集積していることがわかる。この塊を構成している浮遊物をみても、枯葉などの自然物が多い。つまり、質量的には人工物と自然物の割合には大きな差がない観測日もあったが、自然物は一般に軽いものも多く、浮遊している物の数としては、枝葉などの自然物が多いといえる。

3. 堀川における浮遊物の移動特性

(1) 松重閘門水域部における浮遊物の移動特性

堀川の浮遊物に着目した武田らの研究⁹⁾により、堀川では下げ潮時に松重閘門水域部に浮遊物が流入・集合し、上げ潮時に堀川へ流出することを繰り返しており、堀川は浮遊物が名古屋港まで流下しにくい河川であることが示された。さらに、松重閘門水域部における浮遊物の移動特性は、松重閘門水域部と堀川本川との密度変化が引き起こす3次元的な流れのなかの、表層の流れの影響を受けたものであることが示された。ここでは、特に松重閘門水域部より上流域に着目し、現地調査により浮遊物の移動特性を検討する。以後、図1のように松重閘門水域部より上流側を「上流域」、下流側を「下流域」と記す。

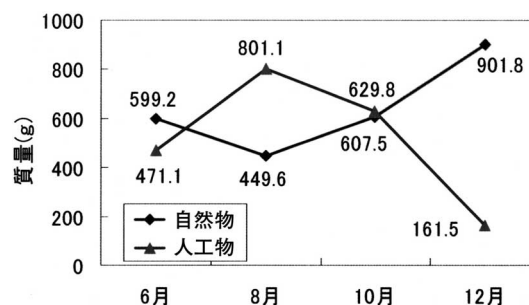


図2 月毎の浮遊物の質量



写真2 浮遊物の塊 (伝馬橋)

(2) 調査結果

前出した写真2は大潮である平成19年5月17日16時の伝馬橋付近の様子である。浮遊物が多く集積し、上げ潮時に伝馬橋付近でその様子が顕著に現れていた。このような上流域の浮遊物集積のメカニズムを把握するために平成19年11月15日（中潮）に上流域の上げ潮時の表層の流れを調査した。その結果、錦橋で上流向きの表層流れがあるとき、上流にあたる桜橋では下流向きの表層流れとなっていることが認められた。このときは、名古屋港の潮位は上げ潮を示しており、満潮予定時刻2時間40分前であった。平成19年5月17日と11月15日の大潮時の調査では、共に、干潮時に松重閘門水域部に滞留していた浮遊物が上げ潮時の伝馬橋付近で集積した塊の中に確認された。平成19年12月1日の小潮時においても名古屋港満潮時刻の約2時間20分前に、伝馬橋付近において浮遊物が集積している様子が観測されている。

伝馬橋付近以外でも、城北橋や朝日橋付近にて浮遊物の塊が確認された。これらはそれぞれ、下水道施設からの排水の影響、上流側の川幅の急縮の影響と考えられる。以下では、伝馬橋付近の浮遊物の集積に焦点を絞って考察する。

(3) 集積メカニズムに関する考察

現地調査から、名古屋港が上げ潮の場合でも、満潮時刻前に上流域の表層流れが先に下流向きに流れるという、潮位変化と流れのズレが生じていることが分かった。この流れの特徴を考慮した上流域における浮遊物の集積のメカニズムを図3に示す。上げ潮になると、浮遊物は表層の流れに乗って上流へと遡上していく。しかし、名古屋港の満潮時刻よりも前に、上流域ではすでに下流へ向かう表層流れとなるため、上流へ向かう流れと下流へ向かう流れがぶつかる場所が生じ、浮遊物が集積したものと考えられる。なお、他地点ではあるが、日置橋において表層が下流向きの流れの場合に底層で上流向きの流れを確認したことと、この集積の時刻が上げ潮時であり、堀川の流入流量は潮汐変動に伴う流量よりもはるかに小さいことから、このような下流向きの流れは、鉛直方向全ての位置において生じているわけではなく、底層では上流方向の流れとなっていることが推察される。さらに、図4に示すように、干潮時に松重閘門水域部にあった浮遊物が、上げ潮時に上流域（伝馬橋付近）において集積した浮遊物の中にみられた。したがって、堀川水面を漂う浮遊物は、松重閘門水域部へ流入・流出することにより、下流側へ流下しにくいだけでなく、上流域においても浮遊物が集積する機構を有していることから、堀川は浮遊物（ゴミ）が目立つ河川であると言える。なお、小潮よりも大潮で浮遊物の集積の度合いが激しいようであるが、それが集積のメカニズムによるものか、後述するように大潮の大きな水位変動に起因する浮遊物の量的増加によるものかは現在のところ定かではない。

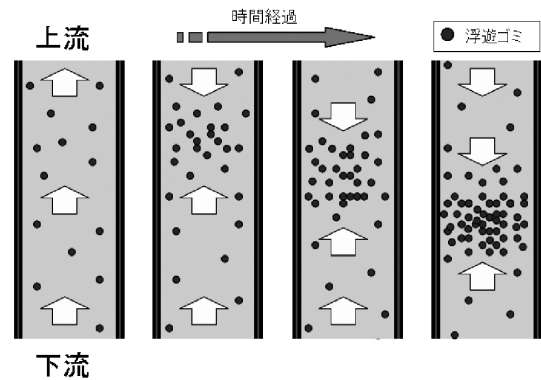


図3 浮遊ゴミの集積

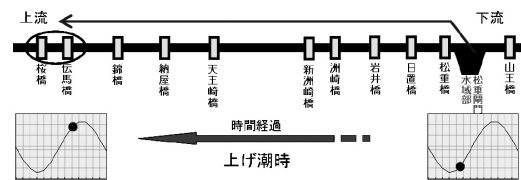


図4 浮遊ゴミの移動

(4) 拡散メカニズムに関する考察

浮遊物は、上げ潮時は中央に集まって遡上し、下げ潮時には側岸に沿うように流下する特性がみられた。上流域で集積した浮遊物の塊が流下するとき、兩岸のくぼみ部（平面の止水域）に溜まり、さらに、下げ潮の水位低下により兩岸の段差部分（川底露出部分）に乗り上げることで、浮遊物が減少していると考えられる。一方、上げ潮時の表層の流れが上流向きの時には、水位が上がり、兩岸の段差部分に溜まっていた浮遊物が流出することで水面に再度現れることから、浮遊物が目立つものと推察される。また、兩岸の段差部分は護岸が整備されていない場所に多く、上流域の護岸整備が下流域に比べて進んでいないことが、下流域では浮遊物が少なく上流域では浮遊物が目立つ原因のひとつであるとも推察される。

4. 堀川のにおいの調査

(1) 堀川のにおいの縦断観測

図1に示す宮の渡し～朝日橋までの間の橋16地点で平成18年9月24日、平成19年8月12日に船上から、平成19年8月30日に陸上から、においに関するアンケート調査を行った。これらの観測日はすべて大潮である。記入項目は「においの種類」、「臭気強度」、「快・不快度：においに対する不快感」、「活用形態：その場で何ができるか？」の4項目で、「においの種類」に関しては複数回答可である。なお、平成18年9月24日は19名が、平成19年8月12日は16名が、平成19年8月30日は3名が調査に参加した。

①平成18年9月24日のにおいの種類

「ドブ臭」と答えた人が圧倒的に多く、その次に「下水のにおい」が多かった。場所の特性としては、全体的に「ドブ臭」が非常に多く、下流域では「磯のにおい」が、上流域では「下水のにおい」が多くなった。新州崎橋では「消毒」、「馬糞のにおい」、「ゴムのにおい」など多種のにおいがあり、店舗が多く隣接している納屋橋では「飲食店のにおい」があった。

②平成19年8月12日のにおいの種類

「ドブ臭」と答えた人が圧倒的に多く、その次に「生ゴミ」、「下水のにおい」が多かった。場所の特性としては、全体的に「ドブ臭」が非常に多く、下流域では「磯のにおい」が、上流域では「生ゴミ」、「下水のにおい」が多くなった。

③平成19年8月30日のにおいの種類

「ドブ臭」「下水のにおい」が全体的に多かった。場所の特性としては下流域に「木材臭」、上流域には「生ゴミ」がみられた。

項目	強度
無臭	0
やっと感知できるにおい	1
何のにおいであるかわかる弱いにおい	2
楽に感知できるにおい	3
強いにおい	4
強烈なにおい	5

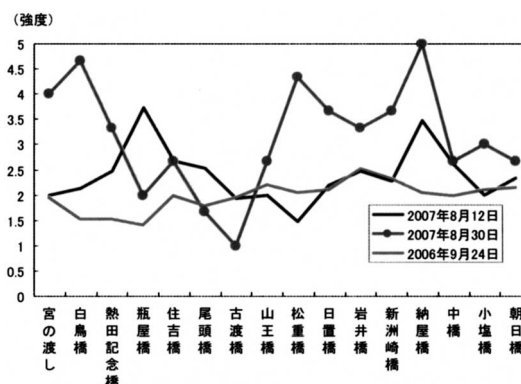


図5 臭気強度の比較

表2 気象データ

	天候	前日の天候	平均気温	平均湿度
2006年9月24日	晴れ	晴れ	21.8℃	57%
2007年8月12日	晴れ	晴れ	29.1℃	59%
2007年8月30日	曇り時々雨	曇り時々雨	26.1℃	75%

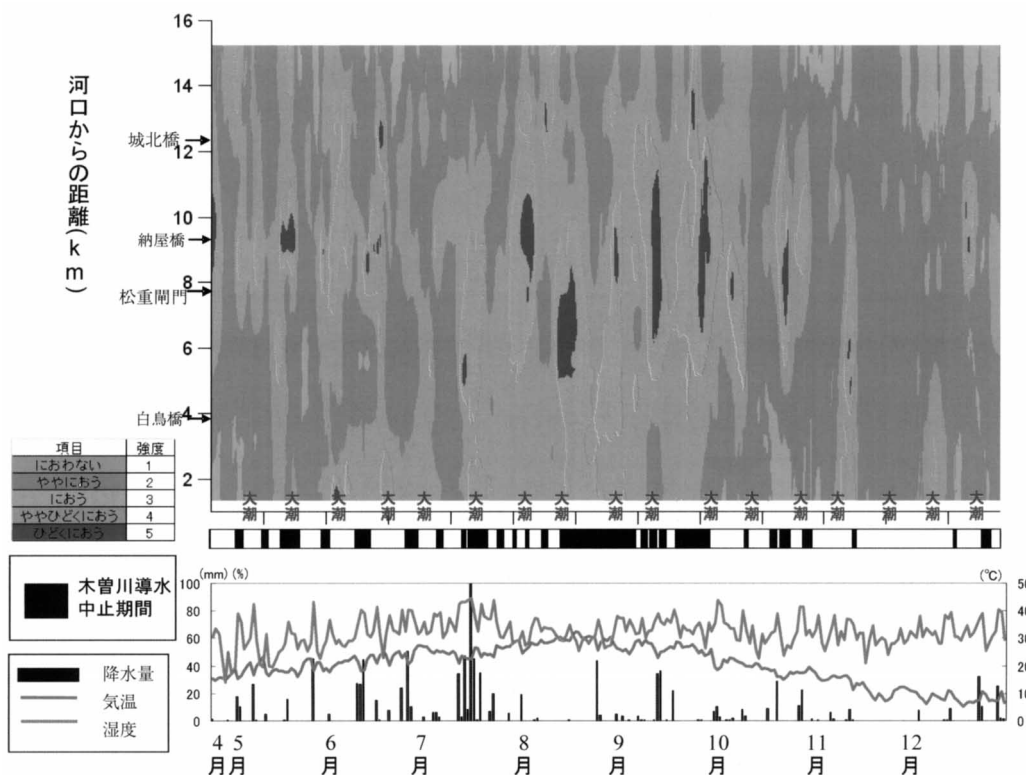


図6 堀川1000人調査隊の観測結果からみるにおいの状況

④観測結果の比較

においの種類について、全体的に「ドブ臭」が多くみられたがこれは堀川全体に堆積しているヘドロから発生していると考えられる。また、それぞれの臭気強度を数値化し、その平均値の分布を図5に示す。さらに、観測日の気象データを表2に示す。臭気強度について、平成18年9月24日の観測では岩井橋が、平成19年8月12日の観測では瓶屋橋、納屋橋が、平成19年8月30日の観測では白鳥橋、松重橋、納屋橋が高い値を示している。これらから特定の場所が臭うわけではないことが予想されるが、堀川では瓶屋橋から下流と松重橋から中橋の間で臭うようである。また平成18年度の観測時に比べ平成19年度の観測時の方が臭うという結果から、堀川が発する悪臭には表2に示す気象の変化が大きく関わっており、季節では夏が、また、雨の日、気温が高く、湿度の高い日に臭うことが推察される。

(2) 堀川1000人調査隊の観測結果からみるにおい

4(1)で示した堀川のにおいに関する調査において、アンケート数が十分な量でないことは否めない。一方、現在、木曽川導水の効果の把握を目的とした社会実験として、「堀川1000人調査隊2010」が組織され活動しており、においに関する調査も進められている。ここでは、堀川1000人調査隊のホームページの掲示板⁷⁾の中から定点観測隊によるにおいに関する平成19年4月から12月までの月日ごとの観測結果(593個のデータ)を整理し、臭気強度を数値化し時空間のにおいの分布を図6のように図化した。本図の縦軸が堀川の河口からの距離、横軸は時間であり、においの強度を色で示し、月日ごとの平均気温、平均湿度、日降水量⁸⁾を、また木曽川導水の中止期間を併せて示している。本図から、「大潮時」「夏場」「雨の日」「河口から6km～11km」が強く臭うことが分かった。大潮時では大きな水位変動のため流れが速くなることでヘドロが巻き上が

りやすくなり、さらに、大きく水位低下することからヘドロが露出するなどしてにおいが強く生じるものと考えられる。さらに、気温が上がれば河川水やヘドロの臭気成分が蒸発し気化されやすくなるため臭うと推察される。雨の日に強くにおうという結果から、未処理の汚水の流入や堀川の流量の増加に伴うヘドロの巻き上げが考えられる。堀川におけるにおいはこれらの要因が複雑に関与してより強く臭うことが予想される。

(3) 水の状況別におい調査

平成19年10月28日に水の状況の違いによるにおいの調査を日置橋で行った。朝7時から夕方17時まで2時間おきに日置橋の表層水を採水し、また、状況別として船が通過した直後の水を、さらに、他地点との比較として庄内川と中部大学の近

くを流れる郊外の都市河川である内津川の水も採水した。採水した水を13名の方に先入観が入らぬようにどの川の水なのか、またどの時間の水なのかは知らせずに嗅ぎ比べて順位をつけてもらった。またその水の状況を「におわない」、「やや臭う」、「臭う」、「ひどく臭う」にそれぞれ分類してもらった。

得られた結果を数値化して、その平均値を示したのが図7である。本図から、まず、臭気強度と順位の平均値に差が表れていないことが分かる。これは、異なる二つの指標を用いたが、結果的に、においに関する同じ傾向が得られたものと考えられる。また、干潮時と船通過直後に臭うことが分かる。

(4) 堀川においの調査のまとめ

においの縦断観測の結果から、堀川では臭っている場所が状況により変化し、特に、瓶屋橋から下流と松重橋から中橋の間で臭うという結果を得た。堀川1000人調査隊の調査結果からも、概ね同様の場所で臭うことが示された。また、においが強い状況として、「大潮」「高い気温」「降雨」が挙げられる。大潮の場合、速い流速によりヘドロが巻き上がり、大きな水位低下によりヘドロが露出する。高い気温の状況であれば、ヘドロから悪臭成分の気化が進む。降雨が強ければ、未処理の汚水が直接河川へ流れ込むとともに、激しい流動によりヘドロが巻き上がる。すなわち、これらはすべてヘドロと関連付けられることから、ヘドロが堀川の悪臭に大きく関わっている可能性がある。

5. 堀川におけるヘドロ調査

平成19年12月27日に図1に示す16地点に松重閘門水域部内を加えた朝日橋から宮の渡しまでの17地点で、写真2のようにヘドロの堆積厚調査およびヘドロの採取による強熱減量試験を行った。ヘドロの採取にはエクマンバージ採泥器を用いた。また、堆積厚の調査には標尺(5m)とポール(6m)を用い、川底に標尺を当てヘドロ内にポールを押し込んでそれらの差を計測した。

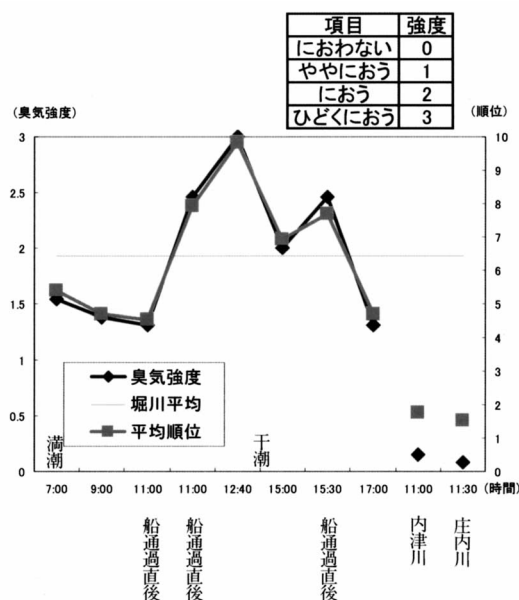


図7 状況別においの臭気強度



写真3 ヘドロ調査の様子

(1) 採取したヘドロの様子

採取したヘドロの様子は大きく分けて古渡橋から下流部と山王橋から上流部で違いがでた。上流部のヘドロは、粒径が比較的大きく、葉、枝、石などの混合物が多くみられた（以下、ザラザラ状と表記）。一方、下流部のヘドロは粒径が非常に小さく、混合物が少なく（形が残っていない）、粘度の高い様子がみられた（以下、トロトロ状と表記）。また、上流部でも松重閘門と中橋のヘドロはトロトロ状であり、下流部でも住吉橋のヘドロはザラザラ状であった。さらに、ヘドロはひどく臭かった。



トロトロ状のヘドロ



ザラザラ状のヘドロ

写真4 採取したヘドロの様子

(2) ヘドロの堆積厚の調査結果

ヘドロの堆積厚の調査結果を図8に示す。水深の関係から尾頭橋より下流ではポールが河床までとどかず、計測できなかった。本図から松重閘門や納屋橋でヘドロが多く堆積していることが分かる。納屋橋付近（伝馬橋付近）は堀川上流部の浮遊物の移動特性と、また松重閘門は、松重閘門水域部の浮遊物の移動特性と深く関係していると考えられる。すなわち、浮遊物が集積するところでは、ヘドロも堆積しやすいと考えられる。

(3) 強熱減量試験の結果

強熱減量とヘドロの堆積厚の分布を図9に示す。上流部では中橋と松重閘門水域部で高い値を示しており、また下流部でも高い値を示している。ヘドロの堆積厚が大きい場所では強熱減量の値が高いことが分かった。中橋、松重閘門と熱田記念橋より下流部のヘドロの特徴として、トロトロ状であることが分かっている。これらの水域では流れが遅く有機物が堆積しやすく、トロトロ状のヘドロに変化したと考えられる。

(4) ヘドロの状況とにおいの関係

瓶屋橋から下流域と松重橋から中橋の中流域で臭ったことから、そのあたりでみられた有機物を多く含むトロトロ状のヘドロが臭いに強く関係していると推察される。これらの水域ではヘドロの堆積も多くみられ、流れの状況によってはヘドロが巻き上がり、また、水位低下によってヘドロが露出し、においが強く発生する。

したがって、松重閘門水域部や伝馬橋付近の浮遊物の集合などの移動特性により、浮遊物が行

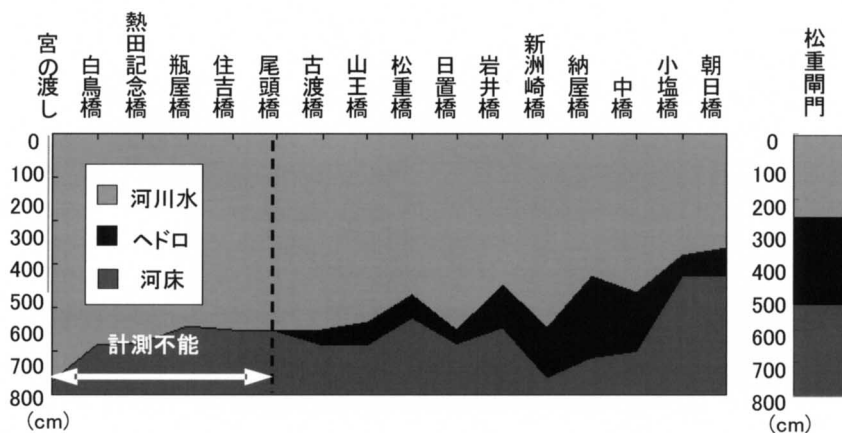


図8 ヘドロの堆積厚の分布

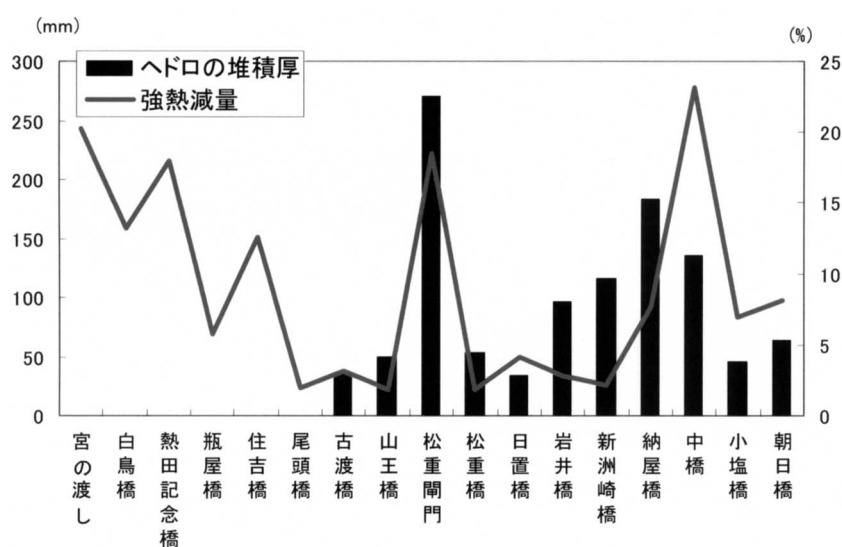


図9 強熱減量とヘドロの堆積厚の分布

き来し、集合体として大いに目立つだけでなく、それらの場所では浮遊物が沈降し、ヘドロが溜まりやすくトロトロ状へと変質している。さらに、上流域では、川幅が狭く道路からみて水面が近いために、においを強く感じる場所であり、ヘドロ堆積の増加と質的变化を受けて、堀川内でもにおいを強く感じる場所と考えられる。このように、松重閘門から中橋に至る水域の浮遊物の移動特性は、ヘドロ堆積とにおいの分布に強く関係していることが示された。

本検討結果から、川幅が狭く水面を近くに感じとることができる松重閘門から中橋の区間を重点的にヘドロの浚渫を行うことで、悪臭の発生も防ぐことができると考える。

6. 結論

本研究で得られた成果を以下に示す。

- 1) 本調査結果によると、堀川における浮遊物には、質量でみて56%の割合で自然物が含まれており、季節変化により12月に多くなることが示された。さらに、質的には同程度の自然物と人工物であっても、数量でみれば、自然物の方が多いことが推察された。
- 2) 下げ潮時の松重閘門水域部における浮遊物の流入、集合と上げ潮時の水域部から堀川本川への

流出と、堀川上流域への遡上により、浮遊物が堀川内に長期間存在するのみではなく、上流域において集合する機構を有している。したがって、堀川は浮遊物（ゴミ）が目立つ河川であるといえる。

- 3) 浮遊物は、下げ潮時には兩岸の窪み部や段差部に留まり、水面を漂わなくなり、上げ潮時には再び水面を漂う。したがって、この特性により、大潮の上げ潮では浮遊物が増大することとなる。
- 4) においに関する調査の結果、堀川内は「ヘドロ臭」が多くの場所で感知され、次に、下流域では潮のにおいが、上流域では下水のにおいが感知される。また、臭う場所としては、瓶屋橋から下流と松重閘門から中橋に至る区間であった。さらに、「大潮」「気温の高い夏場」「雨の日」に強く臭うことが示され、それらが関与する臭う原因として、ヘドロとの関係が指摘された。
- 5) 底泥の調査を行い、堀川内のヘドロの堆積厚および強熱減量の分布を示した。さらに、ヘドロの状況として、下流側ではヘドロの粒径が非常に小さく、粘度の高いトロトロ状であり、上流側では粒径が比較的大きく、葉、枝、石などの混合物が多くみられるザラザラ状であったが、上流側でも浮遊物が集合していた中橋と松重閘門ではトロトロ状であった。これらの結果から、浮遊物の移動特性とヘドロの状況、においの状況には関係があることが推察された。
- 6) 本検討結果から、川幅が狭く水面を近くに感じとることができる松重閘門から中橋の区間を重点的にヘドロの浚渫を行うことが、悪臭対策にとって効果的であるといえる。

本研究では、現地調査を用いて、名古屋市堀川の重点的課題である浮遊ゴミ（ここでは、浮遊物と表記）、においについて検討を進めてきた。研究成果として、浮遊物の流動特性とヘドロの状況との関係が示されたことは大きな成果と考える。また、堀川特有の浮遊物の流動特性により、流入した浮遊物は長期滞在し、沈降してヘドロ化しやすいことが示された。このことから、自然浄化機能が強く期待できない現状では、堀川に出来る限り枯葉などの自然物を入れないことが必要である。したがって、護岸の整備や樹木の管理など枯葉などの流入抑制を進めることも大切な対策であるといえる。

参考文献

- 1) 名古屋市（特に、堀川）：<http://www.city.nagoya.jp/>（平成20年5月1日確認）
- 2) 武田誠，日置梓，遠山智，松尾直規：冬季の堀川の水質変化に関する現地観測と数値解析，環境工学論文集第43巻，pp.483-491，2006。
- 3) 武田誠，松尾直規：堀川の流れと水質に関する現地調査，水工学論文集 第51巻，pp.1135-1140，2007。
- 4) 富永晃宏，佐々木高志，郭 緯：堀川の潮汐変動に伴う流量特性と河岸凹部の流れ構造の現地観測，水工学論文集 第52巻，pp.781-786，2008。
- 5) 堀川再生のための連携プロジェクト2006：<http://www.horikawa-saisei.jp/>（平成20年5月1日確認）
- 6) 武田誠，原田守博，富永晃宏，石黒隼三，近藤貴之，中島佳郎，吉田均：堀川における浮遊ゴミの移動特性に関する研究，水工学論文集 第52巻，pp.1111-1116，2008。
- 7) 堀川1000人調査隊：<http://www.horikawa1000nin.jp/>（平成20年5月1日確認）
- 8) 名古屋地方気象台：<http://www.tokyo-jma.go.jp/home/nagoya/>（平成20年5月1日確認）