

堀川における浮遊物の移動特性と悪臭 およびヘドロの堆積状況との関係

STUDY ON THE RELATION BETWEEN TRANSPORT CHARACTERISTICS OF
FLOAT AND BAD SMELL AND ANAEROBIC SEDIMENTS IN THE HORI RIVER

武田 誠¹・松尾直規²・レグミウゲンダ³

Makoto TAKEDA, Naoki MATSUO and Ugendra REGMI

1正会員 博士(工) 中部大学准教授 工学部都市建設工学科 (〒487-8501 愛知県春日井市松本町1200)

2フェロー 工学博士 中部大学教授 工学部都市建設工学科 (〒487-8501 愛知県春日井市松本町1200)

3学生会員 中部大学大学院工学研究科 博士後期課程学生 (〒487-8501 愛知県春日井市松本町1200)

This study treated the relation between float and bad smell and anaerobic sediments in the Hori River in Nagoya city. The kinds and the seasonal change of float were clarified by observation at the Hioki Bridge, and also the transport characteristics of float were investigated in the upward area from the Matsushige lock in the Hori River. From this research, the process of the accumulation of float in the upstream area was shown. The bad smell in the Hori River usually occurred in the downward area from the Kameya Bridge and in the area between the Matsushige lock and the Naka Bridge, where the thickness of sediment and its ignition loss was high value. Moreover, it was found that bad smell occurred strongly in the time of spring tide, summer and rainy day. From these results, the relationship between transport characteristics of float and the situation of anaerobic sediments is discussed. Furthermore, effective measure on bad smell was shown.

Key Words : *Hori river, Floating garbage, Transport characteristics, Bad smell, Sludge, Field research*

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、かつては沿川に人々が集い賑わっていた。高度経済成長期に入ると、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。

都市河川における水環境改善は、多くの国や都市において重要な検討課題となっており、著者らが参加したWorld City Water Forum 2009²⁾でも、多くの改善事例が紹介されており、参加者の関心も高いようであった。近年、堀川の水理・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³⁾⁴⁾は、堀川の水理・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。富永ら⁵⁾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、武田ら⁶⁾により、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ことから浮遊物は名古屋港へ流下しにくいという特徴が得られた。

ここでも浮遊物、なおいに関する課題を対象とし、なおいの要因と考えられるヘドロにも着目した。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、悪臭の時空間分布と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悪臭発生の時空間分布、ヘドロの堆積状況との関係を明らかにした。

2. 堀川の浮遊物の特性

(1) 浮遊物の種類と量の変化

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(入りの大きさ;縦40cm,横40cm,目幅2mm)を設置して浮遊物の回収を行った。早朝から目視可能な夕方までを観測範囲とし、上げ潮時および下げ潮時の期間は概ね6時間である。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月の観測では物が多く回収できる右岸側に設置した。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、降雨量はわずかであり、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。下げ潮時と上げ潮時に回収した浮遊物を1週間程度天日干した。その後、自然物と人工物に分類し、さらに、自然物の中でも葉や枝など、同様に人工物でもタバコ、ビニールなど細かく分類を行う。そして、それぞれ分類された物の質量を計測する。



図-1 堀川全体図

(2) 調査結果

「自然物」を葉や枝などの自然の物、「人工物」をタバコやビニールなどの人工の物と定義する。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。図-2に浮遊物の全質量(上げ潮時と下げ潮時の合算値)を示す。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、6月と10月の観測では自然物と人工物に大きな差はみられないが、8月は人工物が多くなり、12月は自然物が非常に多くなっている。8月は夏季であり人々の屋外活動が活発になること、植物の繁茂期であり落ち葉などが少ないことが考えられる。また、12月は名古屋地域の紅葉の落葉期の影響を受けて、自然物が非常に多い結果になったと考えられる。本調査で川面の浮遊物をすべて捕獲できているわけではなく、得られた結果は目安に過ぎないが、堀川を浮いている浮遊物は人工物に比べて自然物が少なくないこと、冬(落葉期)には自然物が多くなることは注目される結果と考える。

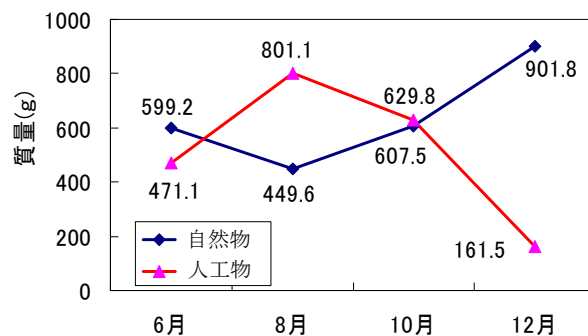


図-2 月ごとの浮遊物の量



写真-1 浮遊物の塊(伝馬橋)

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⁶⁾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。なお、便宜上、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。

(2) 上流域の浮遊物の集積とそのメカニズム

写真-1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、上げ潮である平成20年9月16日16時～18時30分に、伝馬橋、桜橋、中橋、五条橋の水面下0.2m、1.0m、2.0m、3.0mで電磁流速計（AEM-3D：アレック電子社製）を用いて流速を計測した。調査時の名古屋港の潮位と観測結果から得られる表層および水面下2mの流れの分布を図-3（上流方向を正值（赤色）、下流方向を負値（青色））に示す。本図から、明らかに満潮になる前（当日の名古屋港満潮時は19時であるので、約2時間前）に上流側の表層で下流向きに流れが転じており、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存在していることが分かる。

上げ潮時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-4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。

さらに、図-5に示すように、干潮時に松重開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、松重開門水域部へ流入・流出することにより、下流側へ流出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。これが、堀川を浮遊物（ゴミ）が目立つ河川にしている。

4. 堀川1000人調査隊2010の観測結果からみる堀川のにおいの分布

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、な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なおいに関する平成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、なおいの強度を色で示し、月日ごとの平均気温、平均湿度、日降水量と、木曽川導水の中止期間を併せて示している。本図から、「大潮時に強く臭う」、「夏場に強く臭う」、「河口から6km～11kmがよく臭う」、「比較的雨の日に強く臭う」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して、なおいが強く生じ

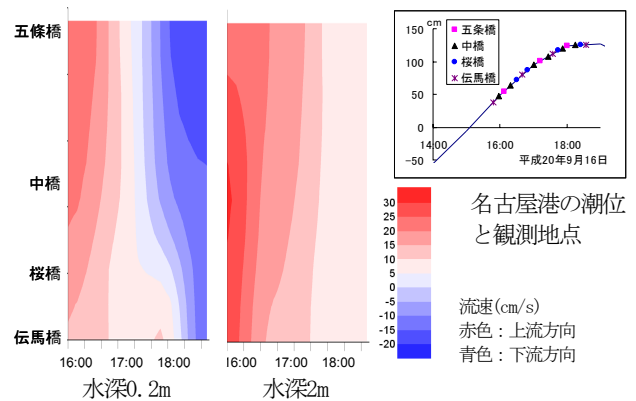


図-3 主流方向の流速の時空間分布

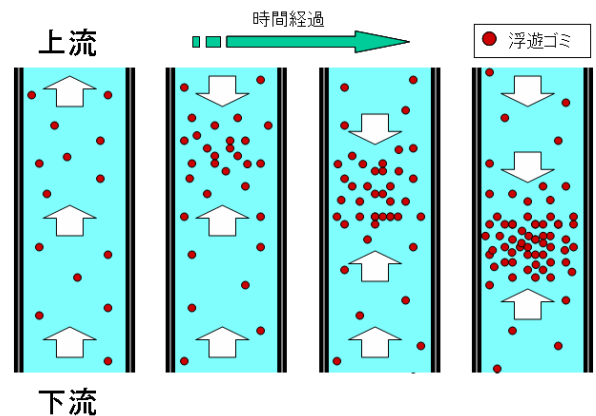


図-4 浮遊物の集積

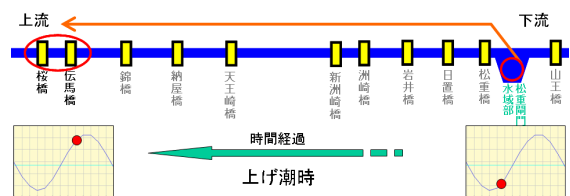


図-5 浮遊物の移動

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気化しやすくなるため臭うと推察される。雨の日に強く臭うという結果から、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」はこれらの要因が重なりあってより強く臭うことが予想される。すなわち、これらの多くは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20年8月28日、9月2日、10月23日に図-1に示す朝日橋から宮の渡しまでの16地点に松重開門水域部内を加えた17地点で、底泥（ヘドロ）の堆積厚調査およびヘドロの採取、水質測定を行い、採取したヘドロの粒度試験、強熱減量試験を行った。ヘドロの採取にはエクスマンバー採泥器を用いた。また、堆積厚の調査には標尺とポー

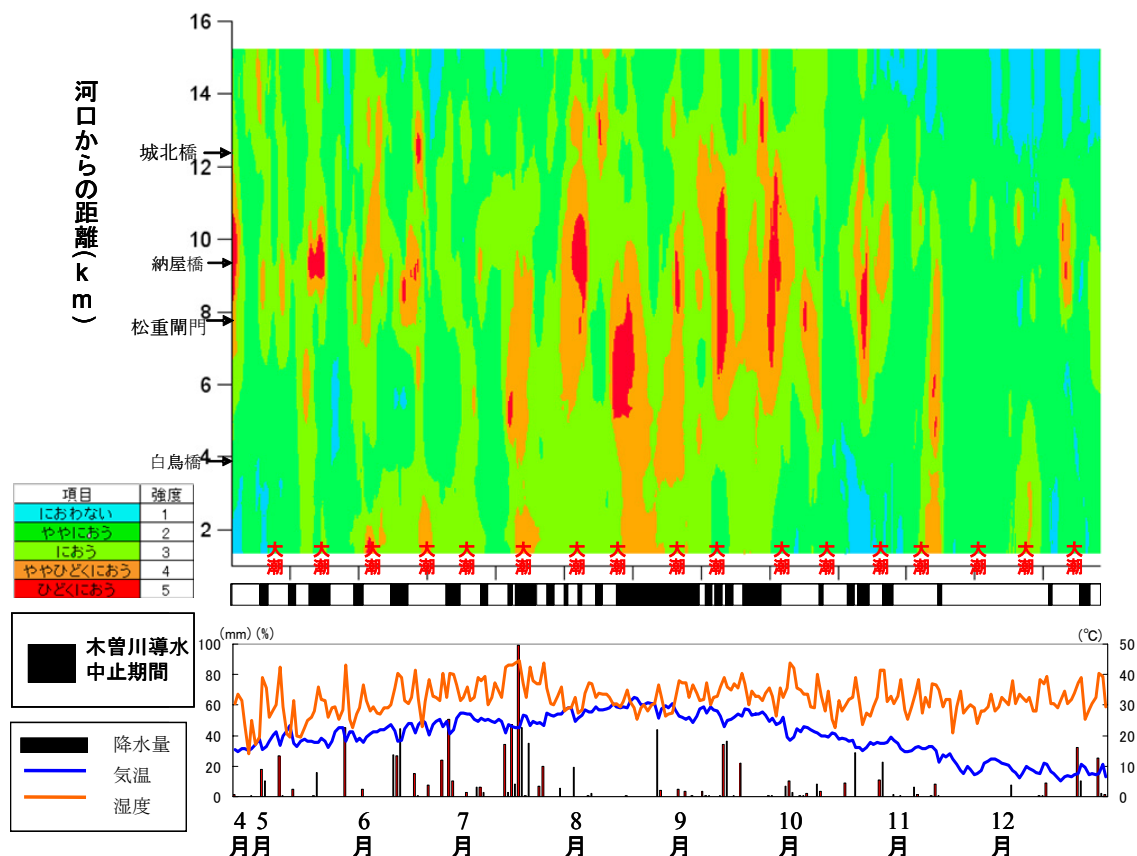


図-6 堀川1000人調査隊の観測結果からみるにの状況

ルを用い、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（ヘドロの堆積厚）を計測した。なお、以下で示すように、8月と9月の結果には、平成20年8月28日～29日の平成20年8月末豪雨の洪水の影響がみられる。

(1) ヘドロの堆積厚の分布

図-7に、ヘドロの堆積厚の分布を示す。本図から、ヘドロが多く堆積している場所と堆積していない場所が認められる。ヘドロが堆積している場所は、堀川下流、松重閘門水域部、納屋橋周辺である。堀川下流は川幅が広くなることと、海水の塩分が強まることによる密度流の影響を受けて流速が遅くなり、さらに塩分の影響を受けて粘土の凝集が生じ、それに有機物が付着して沈降しやすくなることが考えられる⁸⁾。松重閘門水域部および納屋橋周辺は、3.で示した浮遊物の集合が強く影響し、塩分による凝集の影響とあわせて、沈降しやすいものと考えられる。なお、納屋橋周辺（3.で示した伝馬橋など）の浮遊物の集合地点は、潮位、淡水流入、浮遊物の状況によって異なると考えられ、さらには、表層以下の水中では浮遊物集積時にも流れは存在すると考えられる。したがって、上流側のヘドロ堆積状況は、凹部である松重閘門水域部のようなピンポイントではなく、分布を持っていることが考えられる。

つぎに、ヘドロの粒度分布を図-8に示す。本図から、ヘドロが堆積している箇所（松重閘門水域部と熱田記念橋（河口））と堆積していない箇所（岩井橋）の粒度分布が明らかに異なることが分かる。中橋をみてみれば、平成20年8月28日から9月2日にかけて、粒度分布が大きく変化している。これは、平成20年8月末豪雨の影響を受けて、細かい粒径のヘドロが流下したものと考えられる。一方、岩井橋では、8月、9月、10月と大きな差は見られない。これは、岩井橋では粗い粒径のヘドロで河床が構成されており、洪水の影響を強く受けなかったものと考えられる。また、松重閘門水域部も大きな変化は無い。これは、松重閘門水域部が、本川の流路よりも若干ずれた所に位置していることから、洪水の影響を直接的に受けなかったものと考えられる。さらに、河口では、洪水時に流入した淡水は密度の影響を受けて、水表面を流れることとなるので、底層のヘドロに大きな影響を与えなかったと考えられる。また、本図から、9月から10月にかけて、粒度分布が粗くなっていることも分る。

(2) ヘドロの分類

表-1に示すように、採取したヘドロの様子は大きく分けて瓶屋橋から下流部の河口域と住吉橋から上流部の河川域で違いがでた。河川域のヘドロは、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、

表-1 ヘドロの様子

	8月28日	9月2日	10月23日
宮の渡し	トロトロ	—	トロトロ
白鳥橋	トロトロ	トロトロ	トロトロ
熱田記念橋	トロトロ	トロトロ	トロトロ
瓶屋橋	トロザラ	枯れ木	ザラザラ
住吉橋	ザラザラ	—	ザラザラ
尾頭橋	—	—	ザラザラ
古渡橋	ザラザラ	ザラザラ	落ち葉
山王橋	—	—	ザラザラ
松重開門	トロトロ	トロトロ	トロトロ
松重橋	ザラザラ	ザラザラ	トロザラ
日置橋	ザラザラ	—	—
岩井橋	ザラザラ	ザラザラ	ザラザラ
新洲崎橋	トロザラ	—	トロザラ
納屋橋	トロザラ	ザラザラ	ザラザラ
中橋	トロトロ	トロザラ	トロザラ
小塩橋	トロザラ	—	ザラザラ
朝日橋	ザラザラ	ザラザラ	ザラザラ

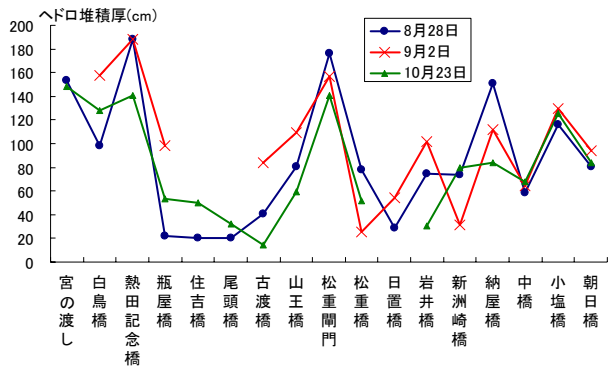


図-7 ヘドロの堆積厚

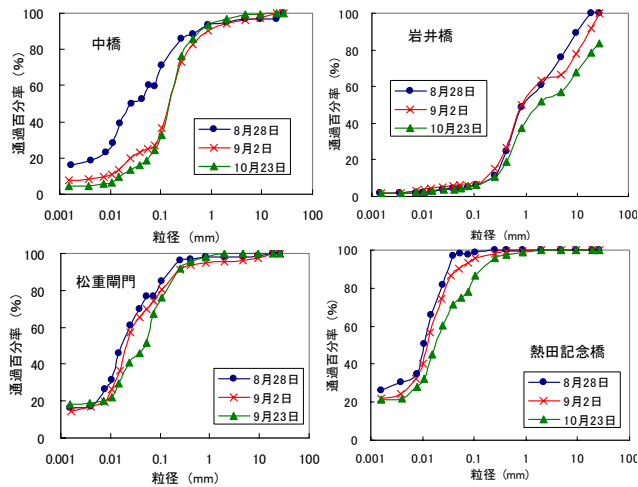


図-8 粒度分布

ザラザラ状と表記)。一方、河口域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、河川域でも松重開門水域部付近と中橋付近のヘドロはトロトロ状(中橋付近は、中間のトロザラ状)であった。さらに、トロトロ状のヘドロはひどく臭かった。

これらの分類を工学的に取り扱うために、細粒含有率(土の炉乾燥質量に対して試験用網ふるい75 μ m通過分の炉乾燥質量が占める割合(%))を求めた。ここで、細粒含有率が60%以上をトロトロ状、20%~60%をトロザラ状、20%以下をザラザラ状と定義して、図化したものを図-9に示す。本図と表-1の比較より、上記の細粒含有率の定義がヘドロの感覚的な分類を十分に表現できていることが分かる。

図-10に、8月における強熱減量の空間分布を示す。本図から、75 μ m以下の細粒分は場所による変化があまり見られなかったが、河口、松重開門水域部、中橋などのヘドロ堆積厚の大きい場所、浮遊物が溜まっている場所で、粗粒分の強熱減量の値が大きいことが示された。また、図-7、図-9と比較してみると、ヘドロが溜まってい

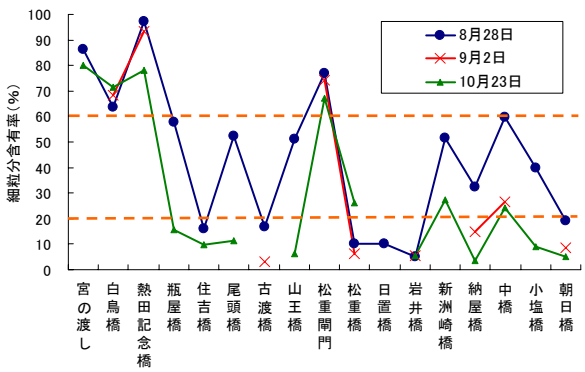


図-9 細粒含有率

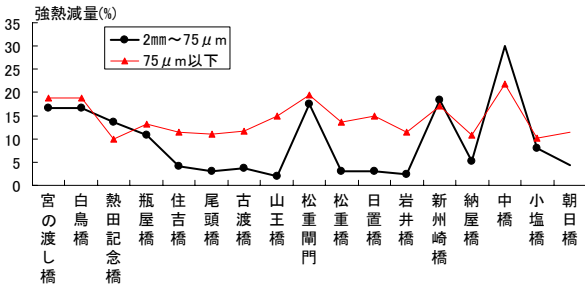


図-10 強熱減量

る場所では、細粒分含有率が高く、強熱減量も高いことが分かる。

本研究により、名古屋市堀川におけるヘドロの分布が3つの種類(トロトロ状、トロザラ状、ザラザラ状)のヘドロに分かれること、それらが細粒分含有率で分類できること、浮遊物の移動特性や流れの特性が堆積状況に大きく関係していること、溜まっている箇所はトロトロ状のヘドロであり、強熱減量も高い値を示すことが示された。粒径によっては流れに伴うヘドロの巻き上がり状況も異なるであろうし、ヘドロの性質(有機物の含有の違い)によっては水質に与える影響も異なるなど、ヘドロの特性は水質変化に大きな影響を与えることが推察さ

れる。堀川のヘドロの場所的な特性が異なることは水質の変化に対しても、ヘドロの場所的な違いを考慮する必要があるということであろう。著者らの水質解析³⁾では、ヘドロの効果を定数（あるいは水温の関数）で表していたが、こういった取り扱い是不十分であり、ヘドロ（粒度分布、強熱減量）の空間分布とその水質に与える影響を考慮した解析が必要であると考えられる。

6. 対策の検討

ここで、得られた成果を参考に、堀川の水環境改善のための有効な対策について考察する。

本研究により、回収した浮遊物のなかで自然物が質量比50%を超え、冬場に多くなることが示されたが、前述したように、ヘドロが大きな問題となっていること、自然浄化機構が期待できない状況であることを考えれば、堀川への自然物の流入制御となる、川沿いの樹木・草花の適切な管理を行う必要があると考える。

また、浮遊物の堀川上流域での集積は、そのすぐ下流にある納屋橋周辺の繁華街で、浮遊物が目に付きやすいことにつながるものであり、下流側の松重閘門水域部の存在による浮遊物が名古屋港へ流出しにくい特徴とあわせると、堀川は、浮遊物が目に付きやすい（問題となりやすい）川であるといえる。このことを市民にアピールすることにより、浮遊物（特に人工ゴミ）の減少に務めるよう、モラルの向上を図る必要がある。

さらに、堀川1000人調査隊における観測結果を整理することにより、夏場の大潮時に強く臭うことが示された。これはヘドロが露出すること、強い流れによって巻き上がることで、臭い成分が気化しやすくなることなどのヘドロの臭いに与える影響と強く関係している。一方で、河口から6km～11kmで臭うことが示されたが、ヘドロの調査において、さらに下流の河口域であってもヘドロが溜まっていることも示されている。河口付近では、河川断面および水深の状況から干潮時にヘドロが露出しないこと、川底の流速が小さいことから大きなヘドロの巻き上がりが発生しないこと、川幅が広いことから、川底にヘドロが溜まっても、臭いが強く感じられない。したがって、における観点からは、上流側のヘドロが悪影響を与えていることから、下流側よりも上流側のヘドロの浚渫がににおいて効果的であるといえる。

7. おわりに

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の自然物は、質量でみて、56%の割合で含まれており、季節変化により、特に12月に多くなることが示された。

- 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、上流域において集積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) 臭う場所としては、概ね河口から6km～11kmであることが示された。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。
- 4) ヘドロの調査を行い、堀川内の堆積厚、粒度分布および強熱減量の空間分布を示した。これにより、堀川内では、ヘドロが溜まっている場所（堀川河口域、松重閘門水域部、納屋橋付近など）と溜まっていない場所（岩井橋など）があり、溜まっている場所では、トロトロ状のヘドロ、溜まっていない場所では、ザラザラ状のヘドロであった。また、溜まっている場所では、粒度分布から細かい粒子で構成されていることが分かり、強熱減量の値も高いものであった。なお、細粒分含有率を求め、60%以上をトロトロ状、20%以下をザラザラ状と定義すれば、感覚的評価と同様の分類が可能となった。

- 5) 得られた結果を参考に、堀川の水環境改善のための有効な対策が示された。

なお、本研究において、堀川のヘドロが大きく3種類に区分された。今後は、粒度あるいは強熱減量の違いによるヘドロの水質に与える影響を把握する必要がある。

参考文献

- 1) 名古屋市：
<http://www.city.nagoya.jp/>(平成21年9月26日確認)
- 2) World City Water Forum 2009：
<http://www.wcwf2009.org/> (平成21年9月26日確認)
- 3) 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。
- 4) 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。
- 5) 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。
- 6) 武田誠，原田守博，富永晃宏他：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) 嘉門雅史，浅川美利：新体系土工学 16 土の力学(I)，土木学会，1988。

(2009. 9. 30 受付)