

堀川における浮遊ゴミの移動特性に関する研究

STUDY ON THE TRANSPORT CHARACTERISTICS OF FLOATING GARBAGE IN HORI RIVER

武田 誠¹・原田守博²・富永晃宏³・石黒鎌三⁴・近藤貴之⁵・
中島佳郎⁶・吉田 均⁷

Makoto TAKEDA, Morihiro HARADA, Akihiro TOMINAGA, Shozou ISHIGURO,
Takayuki KONDO, Yoshiro NAKASHIMA and Hitoshi YOSHIDA

- 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正会員 工博 名城大学教授 理工学部建設システム工学科 (〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501)
3正会員 工博 名古屋工業大学教授 工学部都市社会工学科 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)
4非会員 庄内川ナビゲーター (〒450-0002 名古屋市中村区名駅4-3-10 東海ビル3F)
5非会員 国土交通省庄内川河川事務所 (〒462-0052 名古屋市北区福德町5-52)
6正会員 特定非営利活動法人堀川まちネット (〒456-0024 名古屋市熱田区森後町7番14号沼田ビル3F)
7正会員 名古屋市環境局公害対策課 (〒460-8508 名古屋市中区三の丸三丁目1番1号)

In this study, the kind and the transport characteristics of floating garbage are examined in Hori River located in center part of Nagoya city. By field observation on floating garbage in Hori River, it was found that more than 70% in floating garbage is natural garbage, a lot of artificial garbage appears in downstream area and the most natural garbage are dead trees and grasses entering into Hori River. In addition, from investigation on floating garbage in water area of Matsushige lock, it was seen that water area of Matsushige lock affected prolongation of floating garbage in Hori River. By numerical analysis, it was seen that the transport characteristics of floating garbage in water area of Matsushige lock is the influence of water flow caused by density change of tidal phenomena in Hori River.

Key Words : *Floating garbage, Hori River, Transport characteristics, Field observation, Numerical simulation*

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、資材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、BOD値で50mg/lを超え悪臭が漂うなど、深刻な水環境の悪化が生じた。その後、水質・悪臭など様々な公害に対する水質汚濁防止法が施行され、排水規制、ヘドロ浚渫、下水道整備などの対策により、水環境の改善が進んだ。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。

2006年に、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」が設立された。その中では、以下に示す5つのグループが構成され、

1年を通じたワークショップ、現地調査など精力的な活動が行われた。

第1グループ「堀川を活かした魅力あるまちづくり」

第2グループ「堀川に関わる連携方策」

第3グループ「水質の感覚的評価と浄化方策」

第4グループ「堀川の良さの再発掘」

第5グループ「環境学習と情報発信・PR」

著者らは、第3グループに属し、堀川の水環境について調査・検討を進めてきた。当初、堀川の水質改善策の提言までも念頭に置いた水質問題を取り扱うべきであるとの指摘もあったが、本ワーキンググループが専門家のみで構成されていないこと、市民との協働という観点から分かり易い現象を対象にしたいという要望があり、議論を重ねて、感覚的評価を重視した「におい」「ゴミ」に焦点を絞り検討した。本報では、得られた成果のうち、「ゴミ」に関する知見をまとめ、堀川における浮遊ゴミの種類と特徴、移動特性、さらに、想定される対策について報告する。

2. 堀川の浮遊ゴミの特性

(1) 調査方法

堀川の浮遊ゴミの種類および量を把握する目的で、大潮である平成18年8月25日に、図-1に示す東田幡橋(堀川河口から13.1km)、五條橋(10.0km)、日置橋(7.9km)、御陵橋(4.4km)で、下げ潮時(6時~13時)と上げ潮時(13時~19時)に橋の中央(御陵橋は兩岸)で写真-1のようなゴミ網(入り口の大きさ;縦40cm,横40cm,目幅2mm)を設置し、浮遊ゴミを採取した。橋毎に得られたゴミを乾燥させた後、ゴミの種類と質量を計測した。なお、東田幡橋は名古屋工業大学富永研究室が、五條橋、日置橋は中部大学都市水工部門が、御陵橋は名城大学原田研究室が調査を実施した。また、季節による比較を行う目的で大潮である平成18年12月5日にも日置橋において同様の観測を行った。

(2) 調査結果および考察

図-2に橋毎のゴミの総質量を示す。本図から、上流はゴミの量が少なく下流に行くほどゴミの量が多くなるのが分かる。特に日置橋上流では下げ潮に比べて上げ潮の方がゴミの量が多いが、これは、後述する松重閘門水域部の存在による堀川の浮流ゴミの移動特性に関係するものと考えられる。また、日置橋での平成18年8月25日と平成18年12月5日のゴミの量に大きな差がある。これは、平成18年8月22日に日雨量33.5mm(最大時間雨量17.5mm)の降雨があり側岸部や都市内にあったゴミが堀川水域に流入したことが原因と考えられる。

つぎに、枯葉など自然の物を「自然ゴミ」、ビニールなど人工の物を「人工ゴミ」と定義し、橋毎のそれらの比率を図-3に示す。本図から、人工ゴミよりも自然ゴミが多く平均で7割を超えること、下流に向かうにつれて人工ゴミが多くなっていることが分かる。また、自然ゴミは、水草のように川の内部から発生するゴミより、落ち葉や枯れ木のような川の外部から流入するゴミの方が多かった。さらに、人工ゴミの中ではビニール類のゴミが多く見られ、下流に行くほどタバコの吸殻が目立った。上中流部は護岸に草木が多く、また、中下流部では通行人が多くビニール類やタバコが捨てられやすい環境である。さらに、堀川の浮遊ゴミは上下流への輸送を繰り返しながら、だんだんと流下する感潮河川の特徴を有している。このようなゴミ流入およびゴミ輸送の特性が調査結果に表れたものと考えられる。また、枯葉などの自然ゴミが多いことから、護岸の整備・除草に伴う草木の流入抑制が、堀川の水環境改善に効果があることが推察される。

平成18年8月25日には、“ねずみ”などの死骸が多数浮いていた。これは、名古屋市内の合流式下水道内に生息している“ねずみ”が平成18年8月22日の大雨による急な管内増水に逃げ遅れた結果であろう。長期間死骸が



図-1 観測場所



写真-1 ゴミ網の設置状況

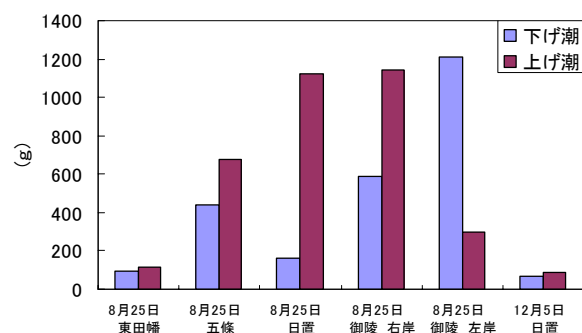


図-2 橋毎の浮遊ゴミの質量

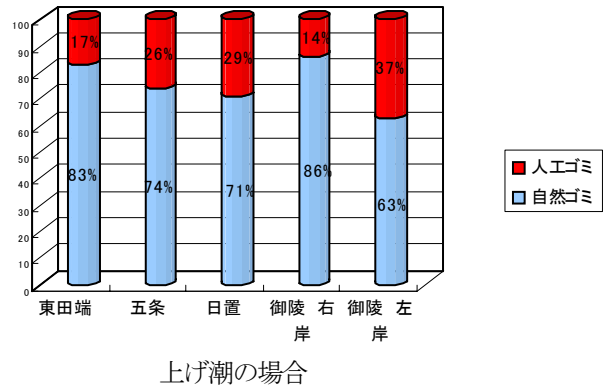
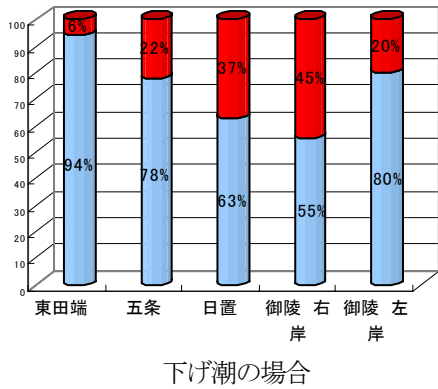


図-3 人工ゴミと自然ゴミの割合



写真-2 側岸に溜まる浮遊ゴミ

浮いている状況は問題であることから、雨水吐における死骸の流出抑制や早期の回収などの対策が必要であろう。

枯葉や枝などは本来川にも在るもので、これをゴミとして取り扱うことは奇異に感じるかもしれない。しかし、集積した枯葉や枝が長期に漂うことは不快であり、親水性の面からもマイナスである。さらに、ヘドロの堆積による悪臭、水質悪化が大きな問題となっており、このヘドロ生成の一要因として、枯葉や枝の川底への堆積があることから、堀川では枯葉や枝などを「自然ゴミ」として取り扱う必要があると考える。また、ゴミは断面内を均等に分布して流れるわけではないため、ここで示された値は目安とみなすべきであろうが、浮遊ゴミに関する定性的な状況は把握できたと考える。

3. 堀川の浮遊ゴミの移動特性

(1) 日置橋直下の浮遊ゴミ

堀川へ流入したゴミは、潮汐変動に伴い堀川内を行き来し、長く留まっている状況を良く目にする。そこで、浮遊ゴミの移動に関する調査を行った。平成18年11月9日8時～18時（中潮）と平成18年12月5日8時30分～18時（大潮）に、目視できるゴミについて日置橋直下の出現位置を調査した。草などの目視しにくいものは過小評価

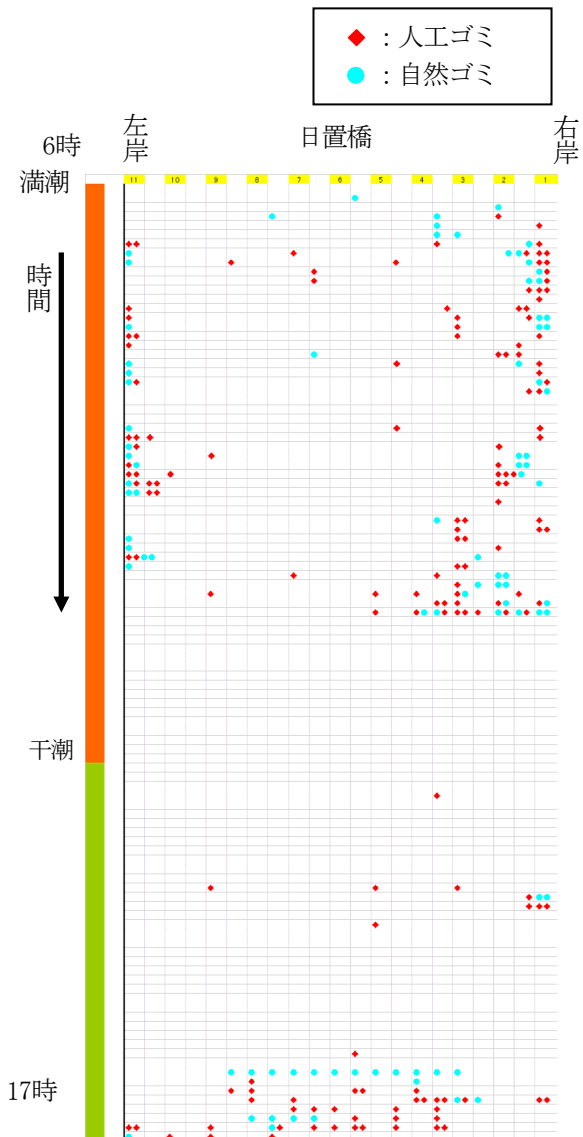


図-4 日置橋直下のゴミの位置（平成18年11月9日）

されている可能性はあるが、可能な限り詳細に記録した。

図-4に調査結果の一例を示す。なお、図中の菱形は人工ゴミを、丸は自然ゴミを表しており、下方向に時間が経過している。本図から、干潮では、ゴミが少なくなっていることが分かる。これは、写真-2にもあるように、

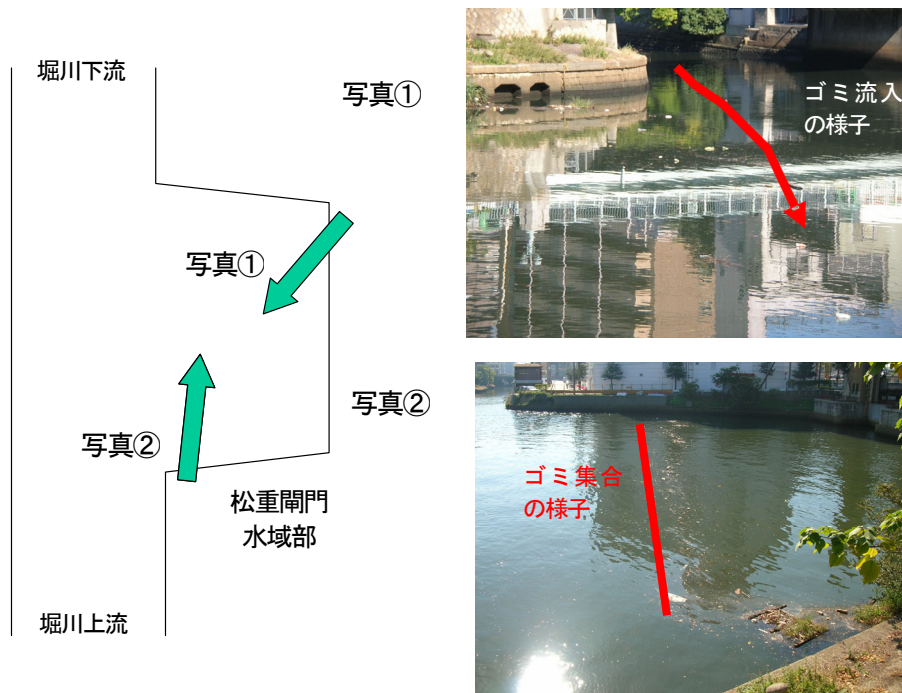


写真-3 松重閘門水域部のゴミの集積（下げ潮時）



写真-4 日置橋下流の浮遊ゴミの様子
（撮影時間：16:50）

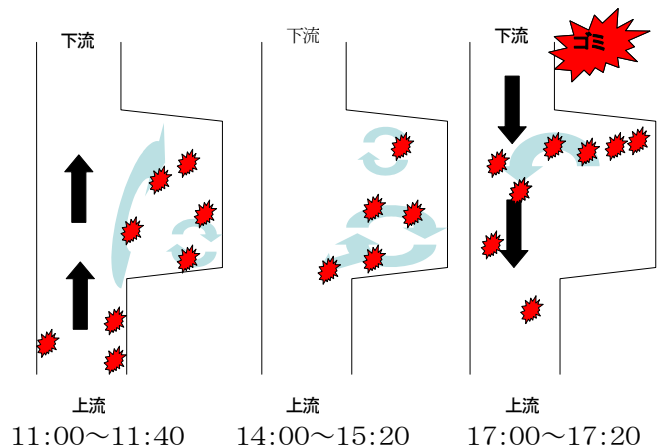


図-5 松重閘門水域部の浮遊ゴミの移動

水位が低下するとともに側岸部にゴミが溜まり、水面を漂わなくなったことが考えられる。また、水位上昇時には再び水面へ戻り、輸送を繰り返すものと推察される。下げ潮の場合にはゴミが両岸に沿って多く流れており、特に右岸側が多いことが分かる。一方、上げ潮の場合ではゴミが川全面に広がっている。同様な状況が平成18年12月5日にも観測された。ゴミが両岸に沿って流れる現象は、水位上昇に伴う浮遊ゴミの出現や側岸からゴミが流入しやすいこと、河川線形の影響などが原因と考えられる。また、上げ潮のゴミが川全面に広がる現象は図-1に示す日置橋下流の松重閘門水域部の影響を受けていると考えた。そこで、平成18年11月9日と平成18年12月5日には、松重閘門水域部のゴミ移動も調査した。

(2) 松重閘門水域部のゴミ輸送

日置橋の下流に位置する松重閘門水域部は、閘門が機

能していたときには、船舶まりとして利用されていた場所である。写真-3に平成18年11月9日の松重閘門水域部におけるゴミ集合の状況を示す。下げ潮時には堀川から水域部へ流入するゴミが認められ、流入したゴミは水域部内を移動しながら集合していた、また、上げ潮における日置橋から堀川下流の様子を写真-4に示す。写真撮影時は夕方(16時50分)であり、見やすくするために「明るさ」と「コントラスト」を上げて表示している。この写真から、水域部から流出したゴミが断面中央部を遡上していることが分かる。松重閘門水域部のゴミ移動の概念図を示せば、図-5のようである。下げ潮では、右岸側を流下してきたゴミが水域部へ流入する様子が見られ、観測した時間内では、その水域部から下流へ流出する様子は見られなかった。また、上げ潮時には、水域部で集合したゴミが堀川へ流出する現象が見られ、特に17時にはまとまったゴミが堀川へ流出する現象がみられた。この

ことは、日置橋において17時に多くのゴミを観測したとことに関連付けられる。また、平成18年12月8日にも同様な松重開門水域部のゴミ輸送が観測された。したがって、堀川の浮遊ゴミの一部は、堀川中流と松重開門水域部の間を行き来しており、松重開門水域部の存在が堀川における浮遊ゴミの長期化に寄与している可能性がある。

(3) GPSを用いたゴミの移動調査

堀川における浮遊ゴミの移動状況を確認するために、GPSを乗せた人工ゴミを堀川に投下し、15分毎のGPSの位置履歴データを取得した。観測期間は平成19年1月9日の6時から平成19年1月11日の10時までとし、納屋橋をスタート地点とした。平成19年1月11日10時に日置橋で流下する人工ゴミを回収した。

図-6に名古屋港の潮位を、図-7にGPSの移動軌跡をX軸を経度、Y軸を緯度として示す。図-7より、人工ゴミは上げ潮1から上げ潮5にかけてだんだんと南方に移動していることがわかる。また、下げ潮3から上げ潮5まではほとんど同じ水域を動いているようであり、その範囲で北上、南下をくり返していることがわかる。これらの位置の南端は松重開門であり、平成19年1月11日に松重開門の上流に位置する日置橋で人工ゴミを回収したことから、人工ゴミは堀川中流と松重開門水域部を行き来していることが改めて示され、松重開門水域部が堀川のゴミ輸送に影響を与えていることが確かめられた。

このことから、大雨後に堀川に大量に流入したゴミは、下げ潮時には、一旦松重開門水域部へ集合されるが、上げ潮時のゴミの流出前にゴミを回収すれば、より効率的な浮遊ゴミの回収が行える。さらに、水域部入り口付近に開閉式のフェンスを設置し、ゴミが流入する際には開けておき、ゴミが流出する際に閉めて、ゴミを確保することも考えられる。このように松重開門水域部の水理機能を十分に活用し、浮遊ゴミの回収を行うことは、十分に実現可能な対策であろう。

(4) 松重開門水域部における浮遊ゴミ移動の数値解析

松重開門水域部における浮遊ゴミの移動特性（下げ潮に流入、上げ潮に流出）の要因究明のために感潮域の密度変化を考慮した3次元数値解析を実施した。用いた解析モデルの基礎式は、デカルト座標の連続式、運動量方程式（鉛直方向は、静水圧の式）、塩分の収支式、密度の状態方程式である。簡単のために堀川の河口から4.4km～13.6kmの範囲を直線と仮定し、図-8のように計算領域を設定した。なお、本図のy軸はx軸のスケールの10倍として表示している。鉛直方向には0.5mの格子を配置し、水位に応じて計算格子を増減させた。ただし、上流側や側岸部で、地盤高が高いことにより河口から連なる水位の存在する表層と同じ高さの表層とならない場合には、平面二次元解析を適用しドライベットの取り扱いも考慮している。境界条件として、上流端に0.3m³/sの淡

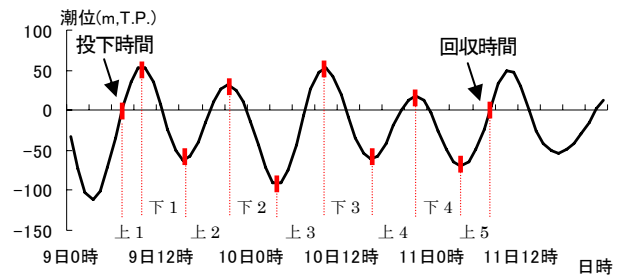


図-6 名古屋港潮位（平成19年1月9日～1月11日）
（※上げ潮1を上1、下げ潮1を下1と示す）

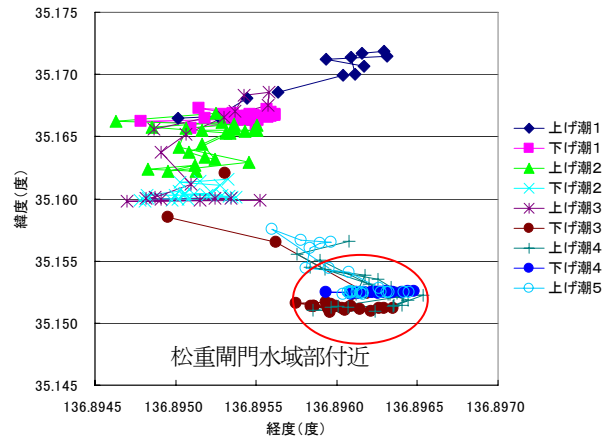


図-7 GPSの移動軌跡

水流量を、下流端に振幅1.0m、周期12時間の潮位変動を与えた。平成18年8月25日6時の2(1)の4つの橋の観測データを基に初期の塩分分布を与え、水温は一定(28.8℃)とし、下流端には表層10.7psu、中間層19.4psu、底層22.7psu、その間を線形補間した塩分分布を与えた。検討には4日間の前駆計算の後の1周期分の解析結果を用いた。さらに、表層の流速値を用いてゴミの移動をラグランジュ的に計算した。

解析結果の一例として、図-9に密度変化が無い場合とある場合の図-8の拡大領域における上げ潮と下げ潮の表層流速分布を示す。図中の時間は計算開始から4日後をゼロとして示している。本図から、密度変化が無い場合には、水域部に流入出する流れが明瞭に現れていないが、密度変化がある場合には、下げ潮時には堀川から水域部へ流入する流れが、上げ潮時には水域部から堀川へ流出する流れが生じていることが分かる。上げ潮の場合、本川と水域部を比べれば、松重開門付近の堀川本川が水域部に比べて早く密度が大きくなるため、底層では、本川から水域部へ向かう流れが生じ、それを補うように表層では水域部から本川へ流れが生じる。一方、下げ潮の場合、それとは逆に、本川の方が先に密度が小さくなるため、底層では密度差に起因する水域部から本川へ向かう流れが生じ、それを補うように表層では本川から水域部へ流れが生じる。また、図-10に密度変化が無い場合とある場合の上げ潮と下げ潮のゴミの移動を示す。なお、下げ潮の場合は6時に図-8の矢印で示す範囲に、上げ潮

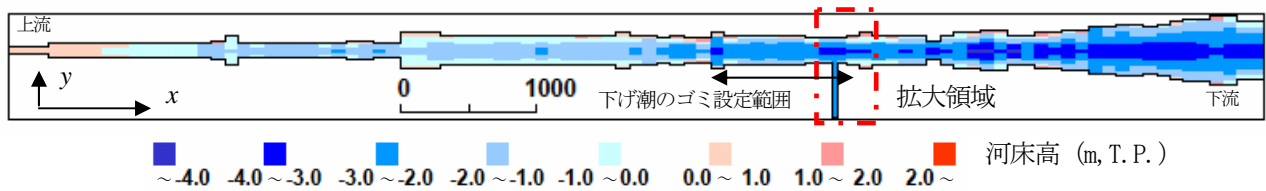


図-8 計算領域

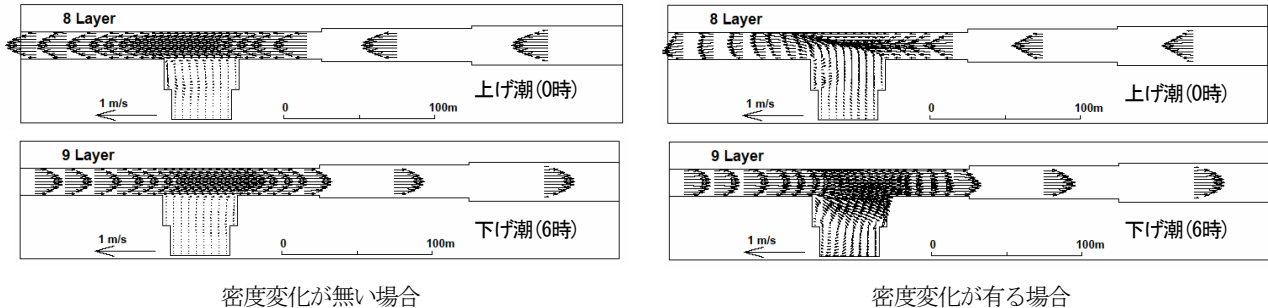


図-9 表層の流速分布

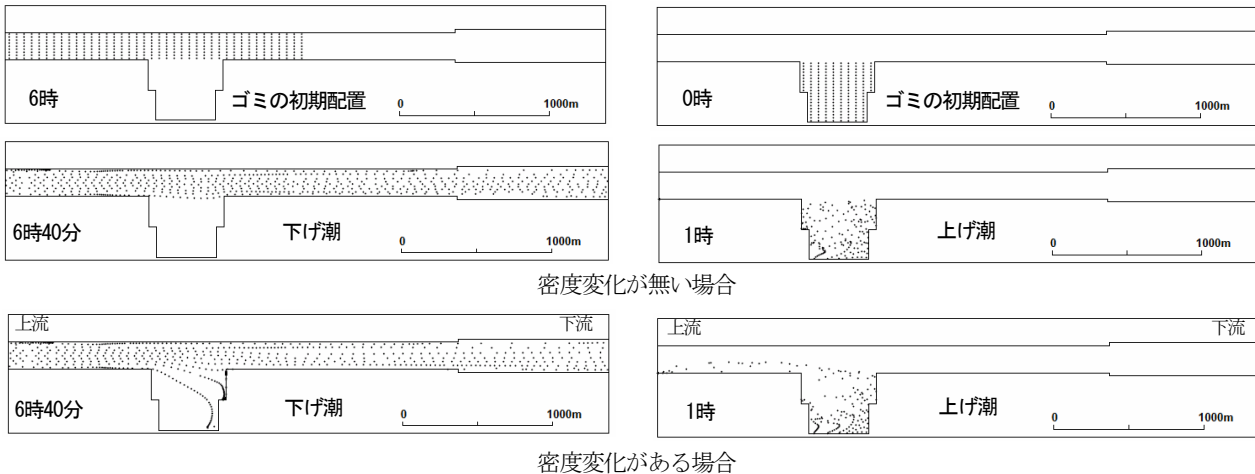


図-10 松重閘門水域部のゴミの移動

の場合は0時に松重閘門水域部にゴミを配置した。図-10より、密度変化が無い場合には、水域部に流入あるいは流出するゴミは非常に少ないことが分かる。一方、密度変化がある場合には、下げ潮時に右岸側にあったゴミが水域部へ流入し、上げ潮時に水域部の下流側からゴミが流出している様子が見られる。本図における流入時の水域部の線状のゴミ集合の様子や、水域部下流側からのゴミ流出などは観測結果と定性的に類似している。したがって、感潮部の密度変化に伴う表層の流れが松重閘門水域部のゴミの輸送に大きく影響していることが推察される。

4. おわりに

得られた結果をまとめれば、以下のようである。

- 1) 堀川を浮遊しているゴミの中で自然ゴミが約7割を占め、下流に行くほど人工ゴミが多い。また、自然ゴミは、枯れ木や草などの堀川の外部から流入するものが多い。
- 2) 日置橋直下の浮流ゴミは、下げ潮の場合側岸部を流

下し、特に右岸側を流れるゴミが多い。また、上げ潮の場合川全面を遡上する。

- 3) 日置橋で観測されたゴミの輸送には、その下流に位置する松重閘門水域部が影響を与えており、下げ潮では、右岸側を流れた浮遊ゴミが水域部へ入り、そこで集合して、上げ潮では堀川の全面へ流出する様子が確認された。
 - 4) GPSを搭載した人工ゴミを流した場合、堀川中流域と松重閘門水域部を行き来する状況が確認された。
 - 5) 松重閘門水域部は、堀川の浮遊ゴミの長期化に寄与し、堀川は他の河川に比べて、浮遊ゴミが長期滞在し、ゴミが目立つ川であることが明らかとなった。
 - 6) 松重閘門水域部の浮遊ゴミの移動は、感潮河川の密度変化の影響を強く受けた流れによって生じていることが、数値解析を用いた検討により示された。
 - 7) 得られた知見から有効なゴミ対策が想定された。
- 最後に、本研究は、土木学会「流域管理と地域計画の連携方策に関わる共同研究」のもとで行ったものであり、記して謝意を表す。

(2007. 9. 30受付)