

7. 石神井川感潮区間の流れに関する分析

Analysis on Flow in the Shakujii River Tide Section

技術支援課 ○高崎忠勝、枝澤知樹、川合将文

1. はじめに

石神井川の王子駅付近は、しばしばスカムやゴミ等の浮遊物の滞留がみられ、悪臭や河川景観の悪化が問題となっている。この付近は、潮汐の影響を受ける感潮区間に位置しており、出水の影響がない時（以下、平水時）の河川の流れは緩やかである。

石神井川感潮区間の環境改善に向けた有効な取り組みを行うには、スカム発生や浮遊物滞留メカニズムの把握が必要である。スカム発生メカニズムに関しては既往の観測、実験、シミュレーション等により多くの知見が示されている^{1~3)}。一方、浮遊物の滞留については十分な検討が行われていない。

浮遊物の滞留は、平水時の流れに起因する問題である。感潮区間は潮汐の影響によって時々刻々と流れが変わるので、潮汐と河川の流れの関連性を把握する必要がある。また、目黒川等では風が東京湾から河川沿いに上流に向かって吹くことが報告されており^{4,5)}、こうした風は水面付近の水の流れに影響を及ぼす。

本報では、石神井川感潮区間における流量観測結果と河川沿いに設置した風向風速計の連続計測結果をもとに水面付近の流れを分析し、浮遊物滞留メカニズムを考察する。

2. 感潮区間の流れ

石神井川は荒川水系の中小河川であり、王子駅の東側で隅田川に合流する。流量観測および水位観測所、風向風速計の設置位置を図-1に示す。



図-1 調査箇所

図中の水位観測所についてみると溝田橋観測所は東京都水防災総合情報システムが取り込んでいる観測所であり、観音橋観測所と松橋観測所は北区水位・雨量情報システムの観測所である。いずれの観測所も水位を1分間隔で計測している。石神井川はJR京浜東北線から隅田川までが感潮区間となっており、この区間に溝田橋観測所が位置している。潮汐の影響を受けない区間の平水時流量は、2017年11月20日に行った流量観測で、観音橋 $1.32\text{m}^3/\text{s}$ 、松橋 $1.54\text{m}^3/\text{s}$ の結果を得ている。

王子駅付近に位置するA地点（王子桜橋）の2016年9月10日11時の水面状況を写真-1に示す。写真には水面が多くスカムで覆われている。このように多量のスカムが浮遊する状況における王子駅付近の水の流れを把握するために感潮区間を対象にした二次元不定流計算により流量時系列を求める。計算に際しては水位観測所のある溝田橋を下流端として溝田橋水位データを与え、上流から感潮区間に流下する流量は松橋で観測された $1.54\text{m}^3/\text{s}$ とした。また、写



写真-1 スカムの滞留状況

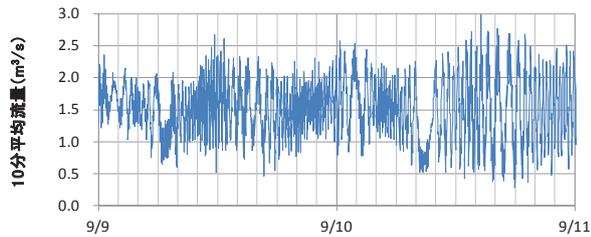


図-2 感潮区間の流量

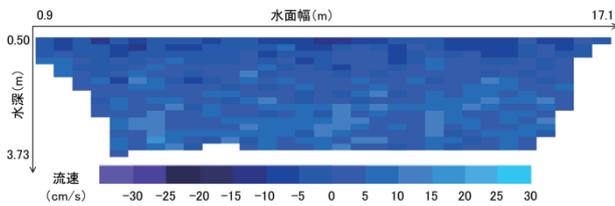


図-3 ADCPによる流速分布 (10/10 17:00)

真-1の撮影時刻を含むように計算期間を設定した。

王子駅付近に位置する鎗溝橋地点の2016年9月9日～10日の計算流量を図-2に示す。図において流量は10分平均の値を示しており、流量の値がプラスの時は上流から下流に水が流れている。図の流量をみると時刻によって変化しているものの期間を通じてプラスとなっており、常に上流から下流に水が流れている。一方で、水が下流に流れているにも拘わらず写真のように浮遊物が滞留しており、平均的な水の流れと表面付近の水の流れが異なることが考えられる。

水面付近の水の流れを把握するために鎗溝橋において流量観測を行った。観測においては鉛直方向の流速分布を詳細に把握することができる超音波ドップラー流向流速計（以下、ADCP）を用いた。使用し

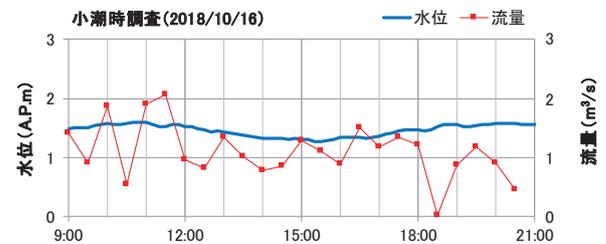
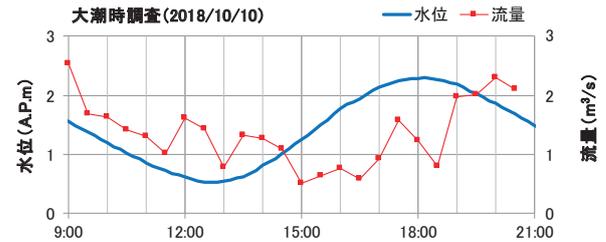
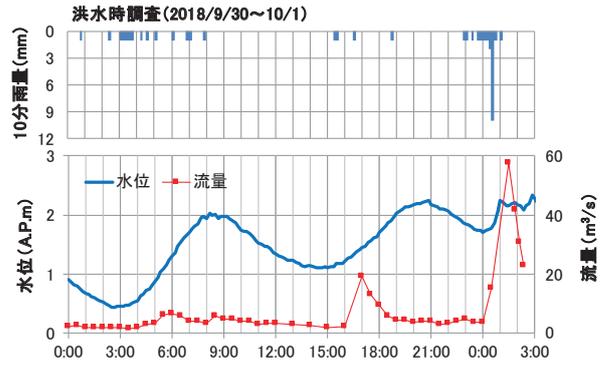


図-4 観測流量

た機器はTeledyne RD Instrument社 Workhorse ADCPである。ロープに繋いだADCPを水面に浮かべ、橋上からロープを引いてADCPを横断方向に移動させることによって観測を行った。ADCPを用いた観測では図-3のように横断面全体の流速分布を把握することができる。この図は10月10日17:00の流速分布を示しており、水面付近ではマイナスの流速となることが分かる。

ADCPを用いた洪水時の観測を2018年9月30日～10月1日、平水時については大潮時の観測を2018年10月10日、小潮時の観測を2018年10月16日に実施した。

鎗溝橋で観測した流量および溝田橋観測所の水位を図-4に示す。洪水時の観測流量は1.61～57.72m³/sであり、流量の最大値57.72m³/sは10月1日1:30に観測している。板橋区役所に設置されている雨量計では10月1日0:00～1:00の間に60分雨量17mmを記録しており、短時間の強雨の後に大きな流量が発生している。大潮時の観測流量は0.51～2.54m³/s、小潮時の

観測流量は0.02~2.06m³/sであった。いずれの観測流量も0m³/sより大きく、図-2で示した計算結果と同様に常に上流から下流に水が流れていることを確認した。

平水時における溝田橋水位と鎌溝橋流量の関係を図-5に示す。図(a)は同時刻における水位と流量の関係を示しており、図(b)は1時間前と現時刻の水位差を水位変化量として算定した上で同時刻における水位変化量と流量の関係を示したものである。図(a)に示したように水位と流量に一意の関係はみられない。このため、台地部の河川のように水位流量曲線⁶⁾をもとに一時刻における水位から流量を推定することはできない。しかし、感潮区間である神田川下流域や日本橋川においては時間当たりの水位変化量と流量の間に線形の関係がみられ⁷⁾、図(b)

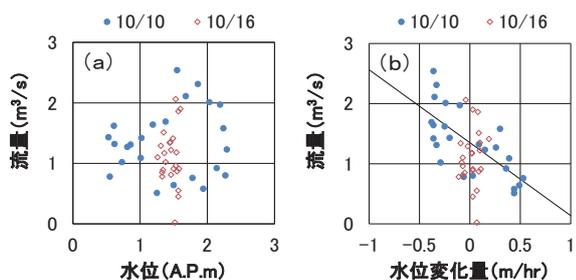


図-5 平水時の水位と流量の関係

に示したように石神井川感潮区間でも同様の関係がみられる。潮汐の影響が大きい大潮時の調査について水位変化量と流量の関係は式(1)のように表される。

$$Q = -1.21 \times H' + 1.35 \quad \text{式(1)}$$

ここに、 Q : 流量 (m³/s)、 H' : 水位変化量 (m/hr)

満潮あるいは干潮付近では時間あたりの水位変化が小さくなり、その時の流量は、式(1)において水位変化量を0とすることで得られる。こうして得られた流量1.35m³/sは、松橋の平水時流量1.54m³/sの88%となっており同規模の流量であることから、上流から感潮区間に流下する流量を表していると考えられる。

鉛直方向の平均的な流速分布を把握するために、図-3のようにADCPで得られた流速分布を水平方向に平均して鉛直流速分布を求めた。また、ADCPは水面付近の流速を測定できないので、水面付近の上層3層の平均流速から線形近似により表面流速を推定する。

各調査時の10:00、12:00、14:00、16:00、18:00、20:00の鉛直流速分布を図-6~8に示す。図をみると洪水時調査(9/30)の表面流速はプラスとなっているが、大潮時調査(10/10)と小潮時調査(10/16)の表面流速にはマイナスがみられ、下流から上流への流れとなっている。

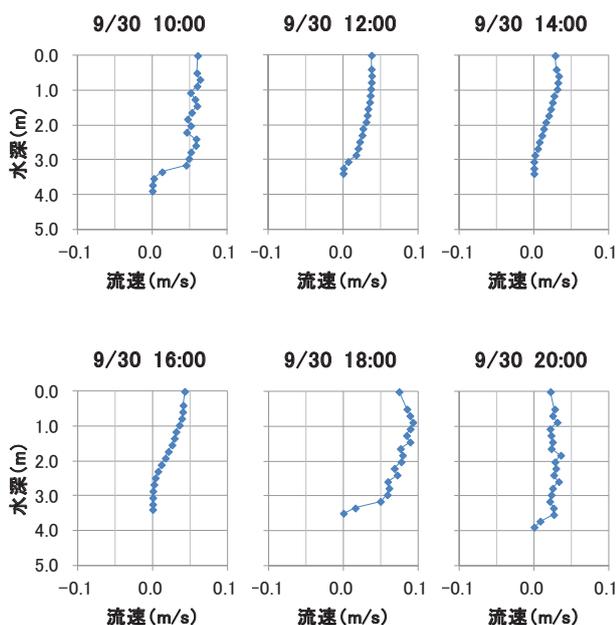


図-6 鉛直流速分布(洪水時)

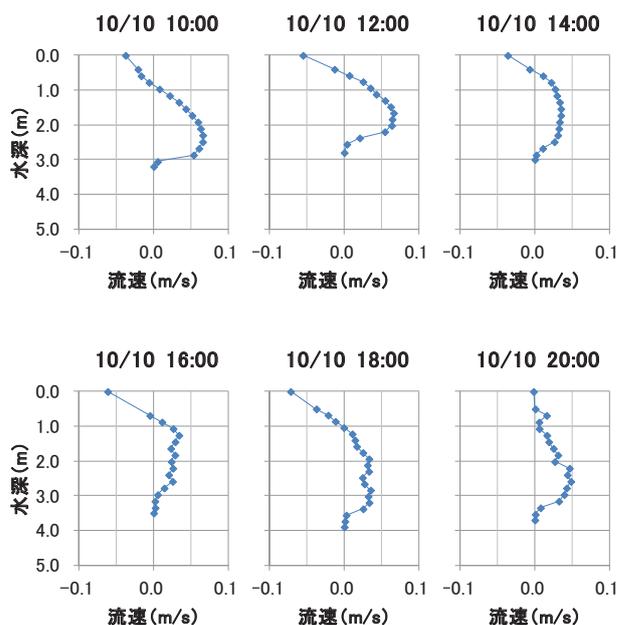
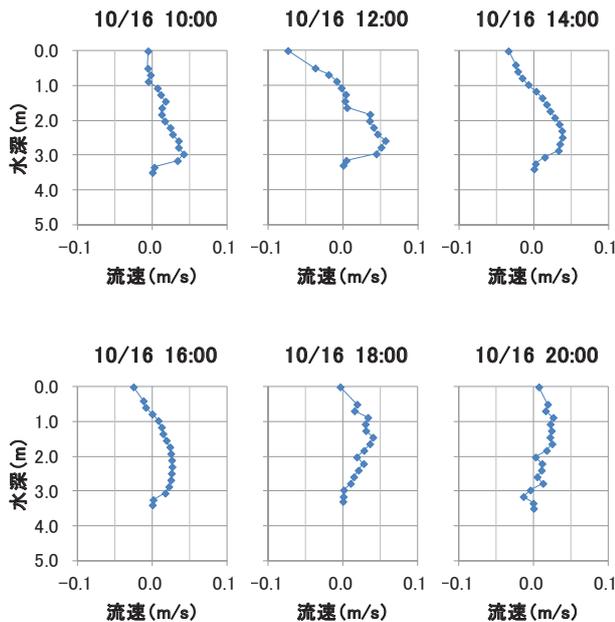
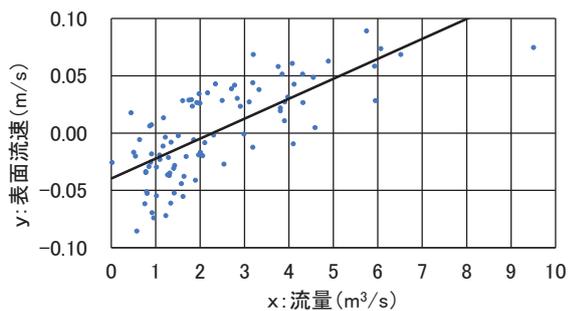


図-7 鉛直流速分布(大潮時)



図－8 鉛直流速分布（小潮時）



図－9 流量と表面流速

流量観測時の流量と表面流速の関係を図－9に示す。ばらつきがあるものの流量が大きくなると表面流速も大きくなる傾向がみられる。10m³/s以下の流量と表面流速の関係を線形近似で表すと式(2)になる。

$$v_s = 0.0174 \times Q - 0.0396 \quad \text{式(2)}$$

ここに、 v_s ：表面流速（m/s）、 Q ：流量（m³/s）
この式において表面流速が0になる流量を算定すると2.3m³/sが得られる。よって、2.3m³/s以上の流量を確保することで浮遊物の滞留防止が期待できる。また、4.6m³/s以上の観測流量では全ての表面流速がプラスとなっていることから、浮遊物を速やかに流下させるためには4.6m³/s以上の流量確保が望まれる。

3. 河川沿いの風向風速

図－3のように横断面全体でみると、王子駅付近

表－1 風向風速計の計測期間

計測地点	期間	データ取得
A	2016/10/11 14:30 ～ 2016/12/05 15:28	2分間隔
B	2016/09/06 18:00 ～ 2016/09/13 14:29	1分間隔
	2016/09/16 10:10 ～ 2016/09/30 15:49	1分間隔
	2016/09/30 16:00 ～ 2016/10/12 11:32	2分間隔
	2016/10/27 14:12 ～ 2016/12/12 10:16	2分間隔
C	2016/09/06 18:00 ～ 2016/09/13 15:21	1分間隔
	2016/09/16 10:13 ～ 2016/09/30 16:00	1分間隔
	2016/09/30 16:20 ～ 2016/12/12 10:40	2分間隔

では上流から下流に水が流れていることを水理計算や流量観測によって確認したが、一方で、表面付近で下流から上流への水の流れが生じていることを確認した。潮汐を考慮した水理計算では下流から上流への流れが生じていないことから、潮汐以外の原因によって表面付近における逆方向の流れが生じていると考えられる。

河川沿いの風の実態把握を目的として、図－1に示した3箇所に風向風速計（young社 CYG-3002VM）を設置し、風向風速を計測した。風向風速計は護岸の転落防止柵に固定した。計測期間とデータ取得間隔は表－1のとおりである。

取得した風向データを16方位に割り振り、16方位のデータ数から風向の頻度を算定する。B、C地点はデータの取得間隔が異なる期間があるが、全取得データを同様に取り扱い扱った。

全取得データの風向頻度分布を図－10に示す。図中には石神井川の流れの方向を示した。A地点について割合が大きい風向をみると、東北東の19%である。A地点において東北東は河川の下流側にあたる。東北東と方位が隣接する北東と東を含めると35%になり、計測データの約1/3は下流からの風となっている。東北東の逆方向となる西南西のデータは12%あり、南西と西を含めると30%になり、下流からの風の頻度が上流からの風より若干高い。

湾曲部であるB地点で割合が大きいのは北北東の16%であり、北と北東を含めると45%になる。これらは下流からの風だと考えられる。上流からの風だと判断される南東、南南東、南の合計は16%である。B地点では半分近くの計測データが上流に向かう風となっており、下流に向かう風は少ない。

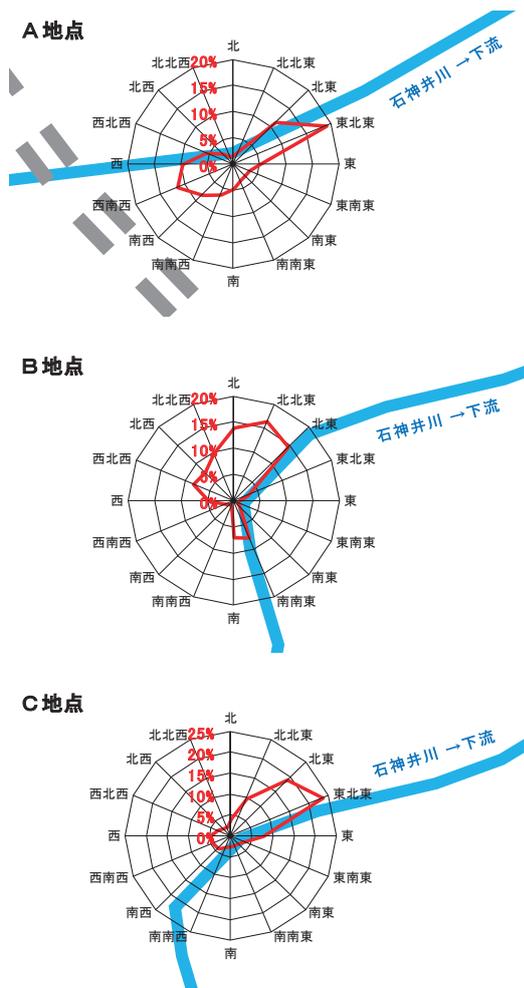


図-10 風向の分布

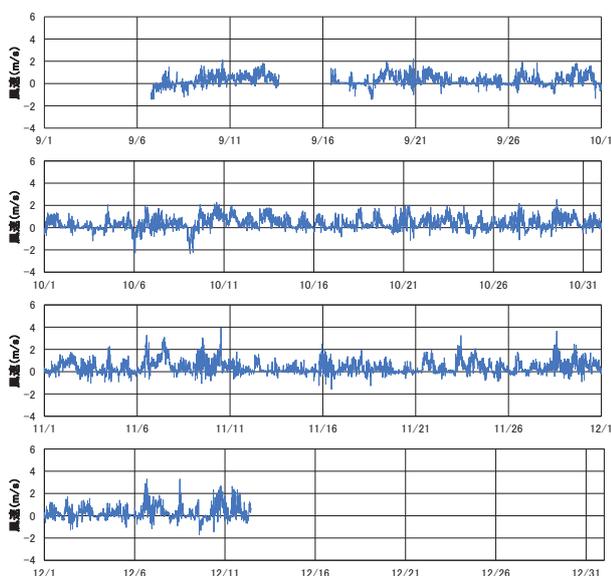


図-11 上流方向風速 (C地点)

C地点で割合が大きいのは東北東の24%、北東と東を含めると50%であり、これらは下流からの風だと判断される。上流からの風だと考えられる南西、西

南西、西の合計は14%である。計測データの半分が上流に向かう風となっており、下流に向かう風は少ない。

以上のことから、石神井川感潮区間では河川の下流から上流に向かって風が吹く時間が長いものと判断される。

浮遊物の移動に及ぼす風の影響を把握するために計測期間が最も長いC地点における上流に向かう風速を算定する。各データについて、風向と風速をもとに東北東成分の風速を算定した上で10分間平均値を求める。

計測期間における上流方向風速を図-11に示す。図では上流に向かう風をプラスで表している。計測期間を通じて風速がプラスのことが多く、計測期間の平均風速は0.37m/sとなった。

表面流速は風速の数%程度の影響を受ける^{8~10}ことを考慮すると、石神井川の感潮区間は流速が極めて小さいため、風が上流に向かって吹いている時には水面付近の水の流れも上流に向かったものになると考えられる。また、風が上流に向かって吹く頻度が高いために、王子駅付近より下流で発生したスカムについても王子駅付近に移動し滞留するものと考えられる。

4. まとめ

石神井川感潮区間においてADCPを用いた流量観測を実施し、流速の鉛直分布を把握するとともに風向風速計を設置し、水面付近の流れに影響を及ぼすと考えられる河川沿いの風向風速を計測した。

洪水時、平水時の全ての流量観測において流量はプラスであったが、平水時の表面流速はマイナスとなることが多かった。また、3箇所を設置した風向風速計は、いずれも下流から上流に向かって河川に沿って吹く風の頻度が高かった。

これらのことから、石神井川感潮区間では、下流から吹く風の影響により水面付近の水の流れは上流に向かうことが多く、このためにスカムやゴミ等の浮遊物が感潮区間上流部にあたる王子駅付近に滞留するものと考えられる。

流量観測時の流量と表面流速の関係から表面流速

が0m/sとなる流量は2.3m³/sだと推定され、また、観測流量が4.6m³/s以上の時に表面流速は全てプラスとなった。このことから2.3m³/sの流量を確保すること

でスカムの滞留防止を期待でき、4.6m³/sの流量を確保することでスカムを速やかに流下させることができる。

参 考 文 献

- 1) 山崎正夫、津久井公昭（1991）：河川におけるスカムの発生に関する研究（その1） スカムの起源に関する研究、東京都環境科学研究所年報、1991
- 2) 山崎正夫、津久井公昭（1991）：河川におけるスカムの発生に関する研究（その2） ー神田川白鳥橋～飯田橋間の堆積状況調査結果一、東京都環境科学研究所年報、1991-2
- 3) 山崎正夫、津久井公昭（1992）：河川におけるスカムの発生に関する研究（その3） ー降雨後のたい積状況変化について一、東京都環境科学研究所年報、1992
- 4) 森川陽一、前村良雄、伊藤将文（2010）：過密都市における河川の風道・冷却効果について、リバーフロント研究所報告、第21号
- 5) 鍵屋浩司、足永靖信（2013）：ヒートアイランド対策に資する「風の道」を活用した都市ガイドライン、国土技術政策総合研究所資料、No.730
- 6) 高崎忠勝、小作好明、秋山泰一郎（2017）：中小河川の洪水流量推定を考慮した水位流量曲線の作成手法、平29.都土木技術支援・人材育成センター年報
- 7) 高崎忠勝、杉原大介、藤崎哲朗（2010）：神田川下流域および日本橋川の流況特性、平22.都土木技術支援・人材育成センター年報
- 8) 本永良樹、萬矢敦啓、深見和彦（2013）：河床変動及び強風を伴う河川表面流速の特性と風による影響の補正に関する検討、土木学会論文集B1(水工学) Vol.69、No.4、I_745-I_750
- 9) 東高德、深見和彦、吉谷純一、田村正秀、淀川巳之助、中島洋一、小松朗、小林範之、永山正典（2002）：河川流量調査を目的とした非接触型流速計に対する風の影響 2. 室内水路実験、土木学会第57回年次学術講演会
- 10) 近藤純正、内藤玄一、藤縄幸雄（1974）：風による海洋最上層の流速、国立防災科学技術センター研究報告、10、67