

閉鎖性水域における底泥巻上げと水質鉛直分布に関する考察

Study on mechanism of sediment resuspension and vertical distribution of water quality in a closed water area

寒地土木研究所 ○正員 横山 洋 (Hiroshi Yokoyama)
正員 山下彰司 (Shoji Yamashita)

1. はじめに

茨戸川は石狩川の捷水路工事により形成された、全長約 20km の旧川である。茨戸川は流れが停滞することや、流域の都市化進行等による汚濁負荷の流入により、富栄養化現象が発現してきた。河床の浚渫や流域の下水道整備等、水質改善対策の進捗により、以前に比べ水質はかなり改善された。しかし BOD は水質基準値(3mg/L 以下)を満たしておらず、さらなる水質改善が望まれる。また茨戸川では夏季を中心に水温躍層の形成が確認されている。また場所により、底面近傍の DO 濃度低下現象も確認されている。

既往の研究により、茨戸川水域内への汚濁負荷の流入及び流出には、底泥の巻き上げ及び沈降が大きい役割を占めていることがわかっている。例えば藻類増殖の支配因子である T-P について、底泥からの巻き上げによる供給は 7 割以上を占めている¹⁾。そのため、茨戸川の水質変動の予測及び改善策を検討するにあたり、水中懸濁物の底泥からの巻き上げ形態とその量を把握することが重要である。

本研究では、底面からの巻き上げと、主たる影響外力である風向風速及び河川流動との関係について、2005 年夏季の現地観測結果をもとに考察した。また水温躍層が形成されやすい夏季の茨戸川の水質鉛直分布の変遷について観測結果を考察した。

2. 茨戸川の概要

茨戸川の概況を図-1 に示す。茨戸川を含む石狩川下流域は感潮区間であり、茨戸川の流動は潮汐及び石狩川の背水の影響を受け、日周期で変動している。茨戸川は 2 箇所の狭窄部を境に、上部湖盆、中部湖盆及び下部湖盆の 3 領域に分かれ、それぞれ流動特性が異なっている。下部湖盆は下流部で石狩川と運河を通じて流れの交換が生じており、また流入河川(伏竜川)及び茨戸処理場からの処理水流入がある。下部湖盆は 3 水域の中で滞留時間が最も短い。一方、上部湖盆、中部湖盆には主だった流入河川がないことから、下部湖盆と比べて滞留時間が長い。本研究では閉鎖性が強い上部湖盆と中部湖盆の底泥巻上げ特性に着目してデータ分析を行う。

図-2 に石狩川開発建設部で実施した気象観測による 7～9 月の風向風速(毎時)特性を示す。風向は全体的に東南東が卓越しており、次いで北西方向の頻度が多い。方位別の平均風速は、北西及び南東方向でピークを示しており、最大で 3m/s 程度である。以上から茨戸川の流動に対しては、北西及び南東方向の風の影響が強いことが予測される。茨戸川は河道全長が約 20km と長いこと、

また風と河道のなす角は蛇行形状に伴い場所により変化することより、風の影響度は縦断的に変化していると考えられる。本研究では河道と風向のなす角度にも着目して底泥巻上げと風の影響を考察する。

3. 現地調査

現地調査の主な項目は、セジメントトラップによる沈降物捕集、ADCP (RD Instruments 社製 Workhorse Sentinel 1200kHz) による河川流動連続観測、自記クロロフィル濁度計(アレック電子製 ACLW-CMP)による水温、濁度及びクロロフィルの連続観測、投げ込み式水質観測機器(アレック電子製 Compact-STD)による鉛直水質観測である。以下に調査項目ごとの概要を示す。

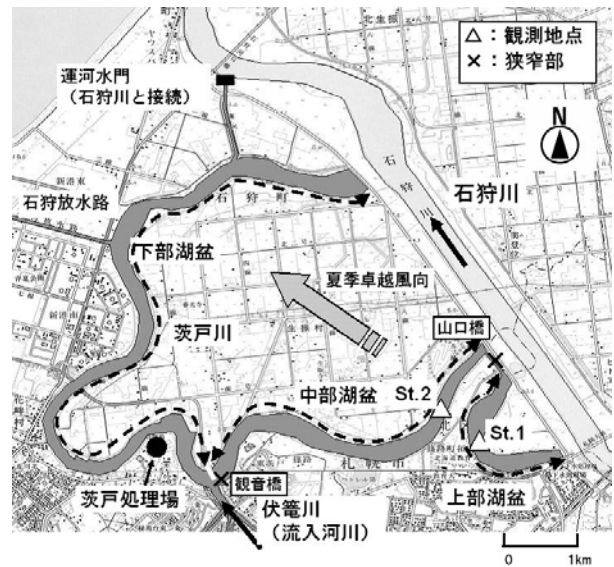
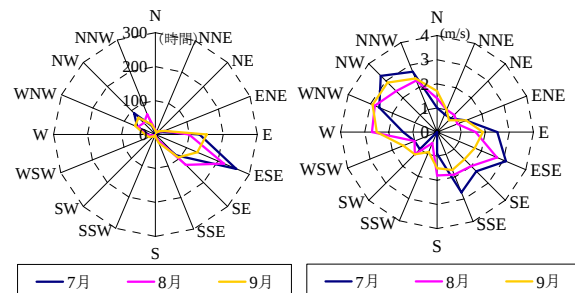


図-1 茨戸川の概況



(a)風向頻度

(b)平均風速

図-2 茨戸観測所での風向特性(2005年)

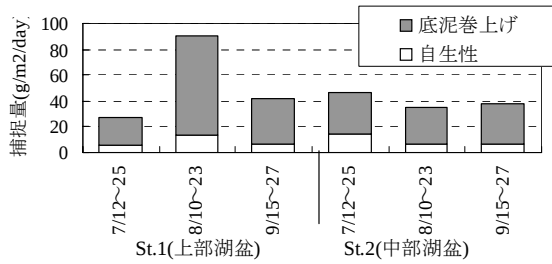


図-3 懸濁物の沈降捕集量

3.1 沈降物量調査

まず水中懸濁物の量を計測した。セジメントトラップを上部湖盆の St.1 (河床から 0.5m)、中部湖盆の St.2 (河床から 0.8m) に設置し、水中懸濁物を捕捉、沈降量を計測した。設置時期は 2005 年 7 月 12~25 日、8 月 10~23 日及び 9 月 15~27 日の計 3 回である。捕捉沈降物は、底泥の再巻上げによる成分と、植物プランクトンに由来する成分に分類した²⁾。

図-3 にセジメントトラップによる沈降捕集量を示す。捕集量は 8 月の St.1 を除きほぼ同様の値である。St.1 において 8 月の沈降捕集量が急増している理由は定かではないが、水質観測では St.1 で一時的な SS 濃度の上昇が確認されている。底泥巻上げ成分が占める割合は約 70~90% であり、底面近傍での水中懸濁物は、底泥巻上げに由来する成分が大半を占めている。なお自生性成分の沈降量は、観測地点及び観測時期による大きな違いは見られない。

3.2 濁度、風速風向及び河川流動

続いて濁度の時間的な変化と外力（風速風向、河川流動）の相関関係を考察し、底泥巻上げの影響因子を検証する。図-4 は表層（水面下 0.5m）及び底層（河床上 0.5m）における濁度、水深平均流速の河道流下及び横断方向成分、茨戸観測所における風速の河道流下及び横断方向成分を示したものである。但し流下方向成分は上流から下流方向を正とする。St.1 での水深は約 3m、St.2 での水深は約 4m である。湖内流動考察の参考のため、茨戸水位観測所の水位も併せて示す。

まず風速と河川流動の関係について検証する。St.1 では、主流流速は風速の主流方向成分による影響を比較的強く受けている（例えば 7 月 14 日及び 23~25 日）。一方 St.2 の流速は風による影響よりも、むしろ茨戸観測所の水位との相関が顕著であり、潮汐の影響が強い。また風速の横断方向成分と横断流速にも明瞭な関係は見られない。

St.1 では河川主流方向と卓越風向がほぼ平行となっている。一方 St.2 では河川主流方向と卓越風向は直交に近い。河道形状から見ると、St.1 は St.2 に比べて主流方向流速が風の影響を受けやすく、それが St.1 の流速変動に反映されていると考えられる。

また中部湖盆が上部湖盆に比べて潮汐の影響が強いことも挙げられる。主流流速の大きさは、St.1 に比べ

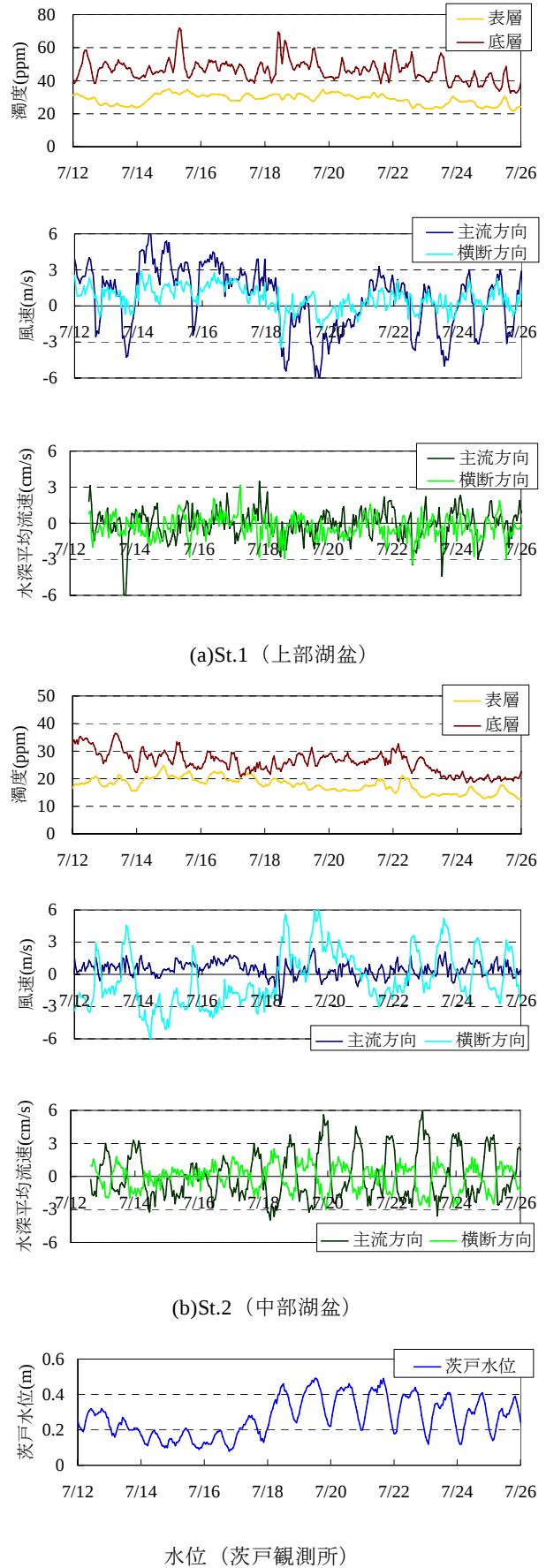


図-4 風速、河川流動と濁度 (05 年 7 月 12~25 日)

St.2 が明らかに大きい。また主流流速と横断流速の大きさを比較すると、St.2 は St.1 に比べて主流流速が卓越しており、横断流速の変動も主流流速と相関していることから、St.2 の流動は潮汐に強く支配されている。ただし St.2 は横断方向の風速が卓越しているが、中部湖盆内でも河道方向によっては風の影響を強く受ける可能性も考えられる。この点は今後の検討課題である。

続いて濁度と風速、河川流速の関係について考察する。底面付近の濁度は突発的に変動していることが多く、河川流速、風速との相関が見られない場合も多い。St.1 では主流方向の風速が大きいときに底面近傍濁度が上昇するケースも見られる。一方 St.2 は濁度変動と河川流速、風速との間には相関を見出すことができない。

以上から茨戸川における河川流動と底泥巻き上げは、潮汐による流動が小さい水域では、風による影響を受けやすいことが示された。一方潮汐による流れが顕著な水域での底泥巻き上げについては、影響因子は今回の調査では把握できなかった。

3.3 水温、水質鉛直分布の変遷

茨戸川では、夏季を中心に水温躍層が形成されやすい。また河床付近では溶存酸素の低減が見られている。そこで水温躍層の形成状況及び水質の鉛直分布について、水質連続観測及び鉛直分布観測により把握を試みた。

長期的な水温変動と気温、降雨の関係を考察するため、図-5 に 7～9 月の水温（表層、底層）とアメダスによる石狩地点日降水量、日平均風速（風速は絶対値）を示す。表層及び底層の観測位置は、濁度と同じく水面下 0.5m 及び河床上 0.5m である（底層水温は 7 月 5 日まで欠測）。また水温躍層の変遷を詳細に検証するため、図-6 に 2005 年 8 月の水温、濁度及び DO の鉛直分布を示す。なお 8 月 1 日から 22 日までの約 3 週間にわたり、石狩川本川から茨戸川山口橋上流付近に連続導水(1m³/s)が行われた。そのため 8 月の水温、水質変動には、石狩川からの導水の影響も若干含まれている可能性がある。

水温連続観測結果について、表層水温は、晴天時は日射による上昇が生じる一方、夜間は低下するため、日変動を生じる。一方底層水温は日射等による影響が小さいため、日変動も小さくなる。

表層と底層の水温差形成と消滅について、時系列で現象を追跡、考察する。図-5 によると、7 月前半は表層と底層で水温差はほとんど生じていない。7 月後半に入ると気温上昇に伴い、表層での水温上昇が底層での上昇よりも早く進むため、水温差が次第に拡大している。その後 7 月末及び 8 月初頭で 2 回、表層水温が急低下し、底層水温との水温差が解消する時期が見られる。この時期はともに比較的まとまった降雨と重なっており、表層水温が急低下している。よって水温差の解消は降雨による表層水温低下によるものと推測される。

8 月 4 日以降上下層の水温差は 8 月 10 日にピークに達し、その後 8 月 15 日前後までその状態が保たれている。図-6 においても、8 月 2 日には水温、DO とともに鉛直方向に一様だったが、8 日には表層水温が上昇し、下層 DO が低下し、成層が形成されている。

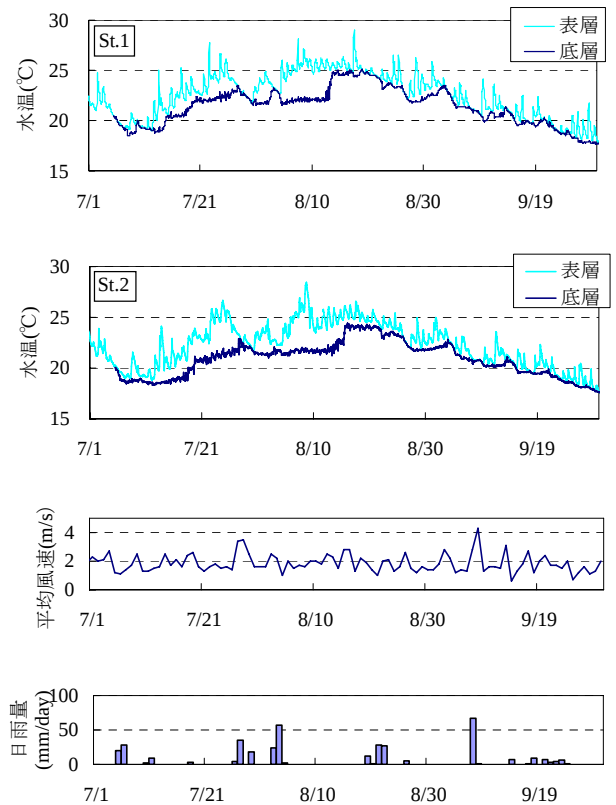


図-5 水温変動と日平均風速、日降雨量

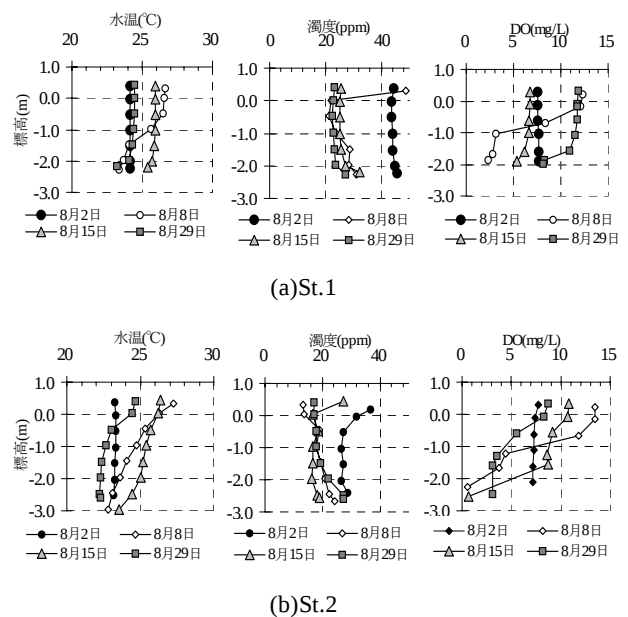


図-6 水温、濁度及び DO 鉛直分布

8 日 15 日前後で両地点とも再び水温、水質の鉛直方向の差が解消している。図-5 によれば、この時底層水温は 2℃程度上昇しており、表層水温に近づいている。降雨は 8 月 5～21 日までなく、降雨による表層水温の低下は生じていない。なお 8 月下旬以降は、日中に表層と底層で水温差は見られるものの、成層として十分には発達していない。

橘らは風速が大きくなると水温・水質の鉛直方向の差が小さくなることを、観測結果から得ている²⁾。成層が発達した8月4日から10日にかけての日平均風速は2m/s以下であるが、10日以降では全体的に風速は2m/sを超えており、風速の増加が何らかの影響している可能性も考えられる。しかしどのような構造で成層が消滅したかは、今回の水質データからは十分解明できなかった。

今後水温河川流動及び水質シミュレーションも含め今後詳細を検討していく予定である。

4. まとめ

今回の茨戸川における調査から得られた結果を、以下にまとめる。

- (1) まず河川流動に対する風の影響について考察した。風速と河川流速の相関は、潮汐の影響が小さく、河川主流方向と卓越風向が平行となる上部湖盆 St.1 では、比較的良好に見られた。一方潮汐の影響が大きく、かつ河川主流方向と卓越風向が直交する中部湖盆 St.2 では相関は小さかった。
- (2) 次に底層濁度変動と風速、河川流速の関係について考察した。濁度と風速、河川流速には全体的に明瞭な相関は見られなかった。ただし閉鎖性が強い上

部湖盆 St.1 では、濁度上昇と風速、流速に若干の相関が見られた。

- (3) 茨戸川における水温成層の消滅因子として、降雨による表層水温低下の場合が確認できた。一方底層の水温上昇による成層の解消は、風による影響が推測されるが、今後さらなる検証が必要である。

今回の研究では底泥巻上げ量の定量化にはいたらなかった。現在風速風向の影響を取り入れた数値計算モデルを現在作成中であり、底泥の取り扱いも同時に検討を進める予定である。

謝辞：本研究の一部は国土交通省北海道開発局からの受託研究費による補助を受けて行ったものである。また同局石狩川開発建設部からは現地観測データの提供をいただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 濱原能成, 中津川誠, 加藤晃司: 都市集水域をもつ閉鎖性水域の総合的水質解析, 水工学論文集第48巻, pp.1435-1440, 2004
- 2) 橘治国, 井上隆信: 浅い湖沼における沈降物量の評価, 陸水学雑誌第57巻2号, pp.163-171, 1996