

都市河川感潮域における塩水の遡上特性に関する現地観測

中央大学理工学科	学生員	○ 小澁 晴信
中央大学大学院	学生員	呉 修一
中央大学理工学部	正会員	加藤 拓磨
中央大学理工学部	フェロー会員	山田 正

1. はじめに

都市域の感潮河川では、流水の殆どが水再生センターからの放流水である場合があると同時に、外海からの塩水遡上や潮汐の変動に伴う河川水の滞留等により非常に複雑な水質環境を形成している。著者ら^{1),2),3)}は荒川感潮域における水質の縦断分布とその時空間分布特性に関する現地観測を行い、荒川における塩水遡上は、大潮では強混合型、小潮では弱混合型であり、小潮時に遡上してくる塩水は貧酸素化していることなどを報告している。しかしながら、河川の水質環境はその流域特性や出水時・平水時で異なる性質を示すため未だ各河川に応じた定性的な評価が出来ていないのが現状である。本論文は、都市河川感潮域として日本橋川を対象として、塩水の遡上形態に着目し現地観測を行った。これにより、都市感潮河川の水質環境形成機構を解明するとともに出水時の塩分濃度および溶存酸素濃度の挙動を解明するための基礎調査とする。

2. 対象河川の概要および観測方法

著者らは、日本橋川を対象とし2007年8月28日～9月1日まで日本橋川における塩水の遡上特性に関する現地観測を行った。日本橋川は神田川の支川であり、流路総延長4.8kmの都市河川である。本論文において日本橋川における河口からの距離は隅田川0km地点を基準とした。日本橋川、隅田川、荒川の大潮時（順流時）の塩分濃度、溶存酸素濃度の縦断分布を図-1に示す。図-1より、大潮時（順流時）の日本橋川での汽水域は感潮域である河口から約8km地点までであることがわかる。また、荒川では河口から33km地点の秋ヶ瀬堰までが感潮域であるが汽水域は約22km地点であり、隅田川の汽水域は河口から約20km地点までであることがわかる。日本橋川は、①水再生センターからの下水処理水の流入、②潮汐の影響による河川水の滞留、海水や貧酸素水塊の浸入、③河床低質からの栄養塩の溶出、巻き上げなどにより河川水質環境の悪化が懸念されている。

東京湾からの塩水の遡上特性を解明するため日本橋川の汽水域である西河岸地点（河口から5.5km）、神田橋地点（河口から6.5km）、堀留橋地点（河口から7.5km）の3地点において8月28日～9月2日（大潮時）まで流速の鉛直分布、溶存酸素、および塩分濃度の連続（107時間）計測を行った。流速の鉛直分布の測定にはワークホースタイプADCP（RD社製、周波数1200kHz）を用いた。溶存酸素、塩分濃度は鉛直方向5地点（1割水深、3割水深、5割水深、7割水深、9割水深）を1時間ごとに測定した。

東京湾からの塩水の遡上特性を解明するため日本橋川の汽水域である西河岸地点（河口から5.5km）、神田橋地点（河口から6.5km）、堀留橋地点（河口から7.5km）の3地点において8月28日～9月2日（大潮時）まで流速の鉛直分布、溶存酸素、および塩分濃度の連続（107時間）計測を行った。流速の鉛直分布の測定にはワークホースタイプADCP（RD社製、周波数1200kHz）を用いた。溶存酸素、塩分濃度は鉛直方向5地点（1割水深、3割水深、5割水深、7割水深、9割水深）を1時間ごとに測定した。

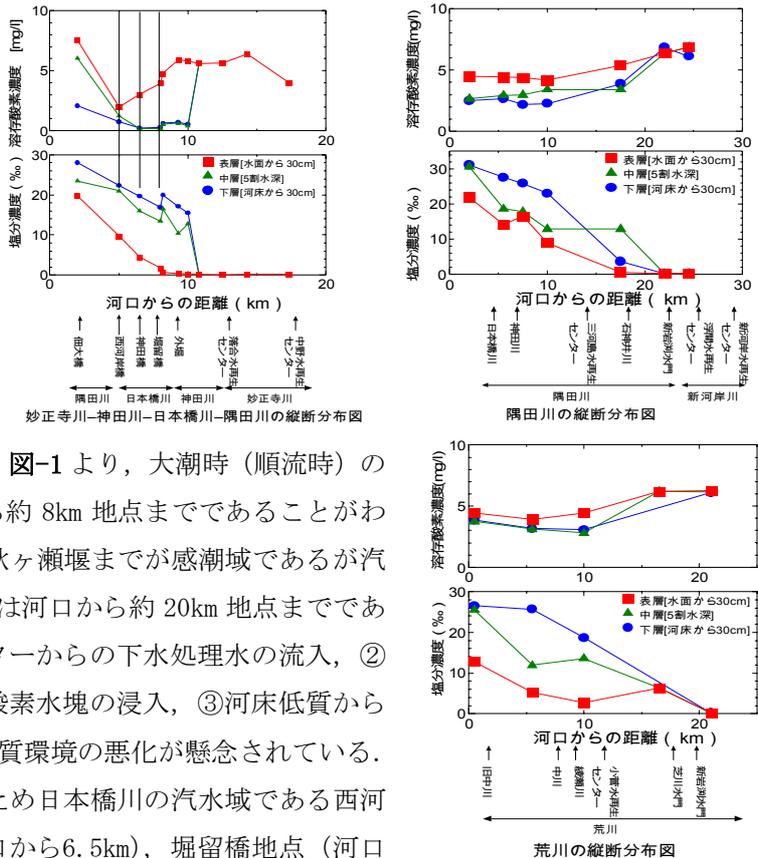


図-1 日本橋川、隅田川、荒川における塩分濃度、溶存酸素濃度の縦断分布

キーワード 日本橋川 塩水遡上 弱混合 強混合 溶存酸素濃度

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科河川・水文研究室 TEL 03-3817-1805

E-mail : h-k@civil.chuo-u.ac.jp

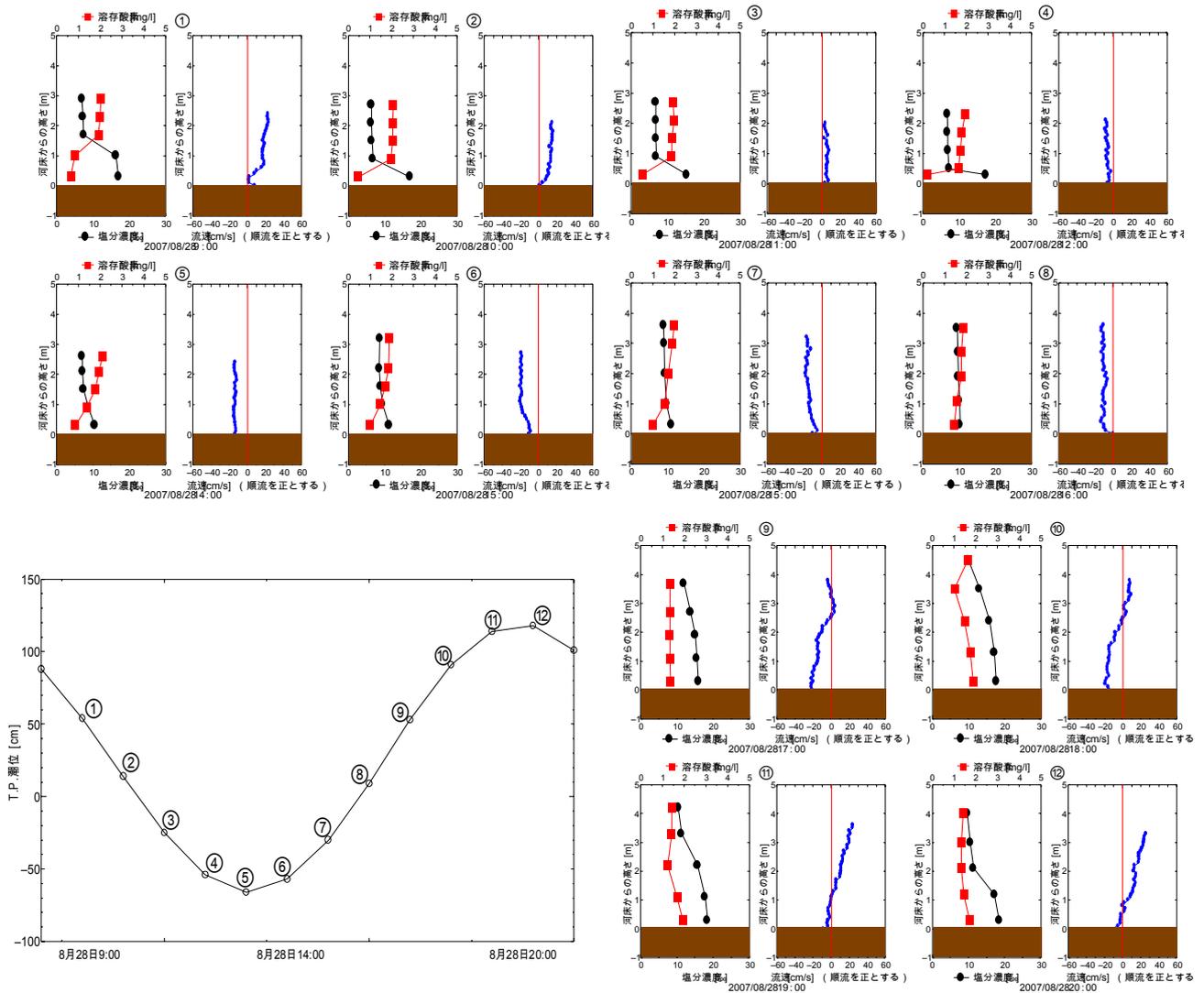


図-2 日本橋川西河岸地点（河口から 5.5km 地点）における潮位，塩分濃度，溶存酸素濃度，流速の鉛直分布の時間変化

3. 日本橋川における塩水の遡上特性

西河岸橋における塩分濃度，溶存酸素濃度，および流速の鉛直分布の時間変化を図-2 に示す。溶存酸素濃度および塩分濃度は潮位変動とともに変化し，溶存酸素濃度が低く，河床付近において貧酸素状態となっている。干潮の順流時の溶存酸素濃度を見ると表層で濃度が高く河床付近で低い。塩分濃度は表層で低く河床付近で高い濃度を示しており，2 層構造を有する弱混合の形で塩水が存在していることがわかる。しかしながら，潮位が上がり満潮に近づくに従い，表層と河床付近の溶存酸素濃度および塩分濃度の違いがなくなり，強混合で塩水が遡上してくることがわかる。また，流速の鉛直分布を見ると順流時には河床付近で流速がほとんどなく，逆流時のみ河床付近で流れが生じていることがわかる。以上により，平水時の日本橋川における塩水の遡上特性としては，逆流時に強混合の形式で塩水が遡上しており，順流時には弱混合で塩水が存することがわかった。また，河床付近は逆流時にしか流れが生じないという水理構造を有していることがわかった。このことから，日本橋川河床付近における貧酸素現象は東京湾からの貧酸素水塊の流入ではなく，河床付近の底泥などによる酸素消費が継続する状況下で水の流動が生じないという流れの構造上生じる問題も要因のひとつであることが考えられる。しかしながら，今後，低質酸素消費量など定量的な評価を継続して行う必要がある。

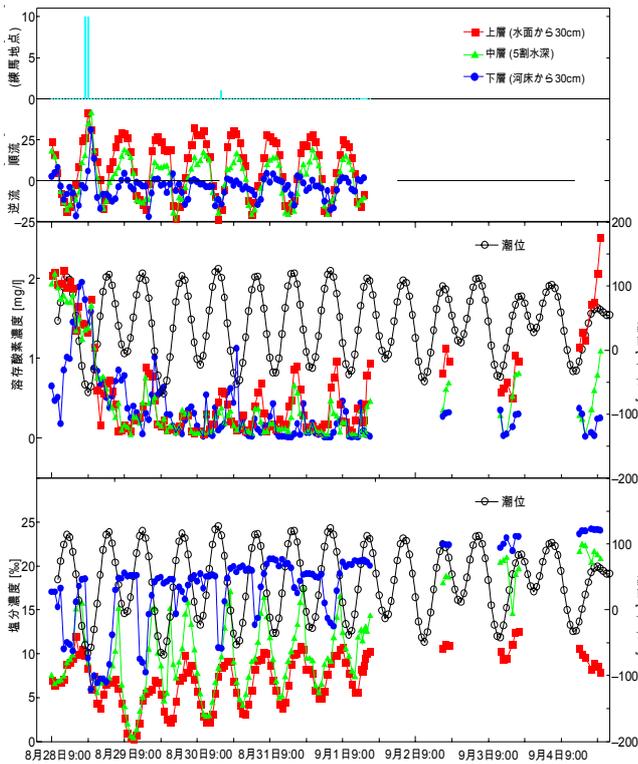


図-3 日本橋川西河岸地点 (河口から 5.5km) における塩分濃度、溶存酸素濃度、流速、潮位 (晴海地点) の時系列

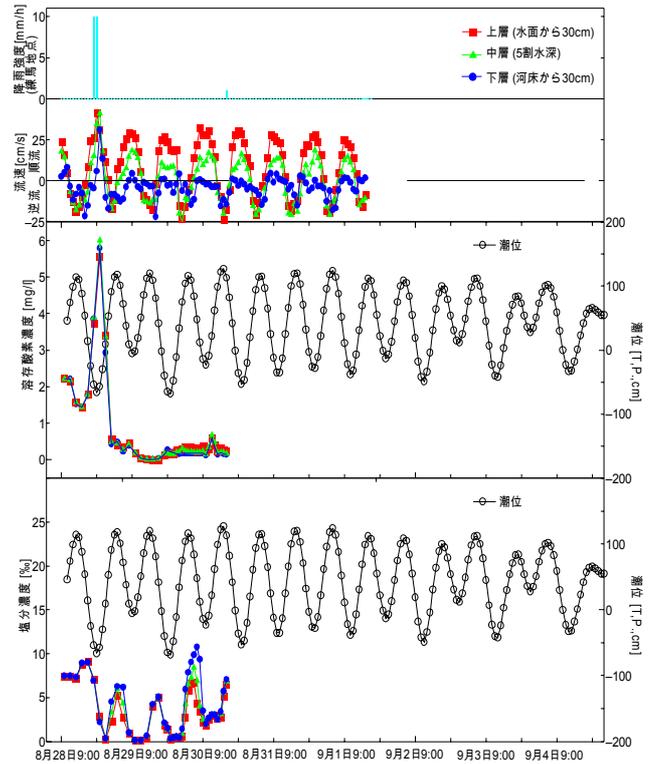


図-4 日本橋川神田橋地点 (河口から 6.5km) における塩分濃度、溶存酸素濃度、流速、潮位 (晴海地点) の時系列

4. 出水時の塩分濃度および溶存酸素濃度の変化

神田川流域は下水道普及率 100%であり、合流式下水道が整備されている。下水道普及率の整備に伴い神田川、日本橋川の水質環境は劇的に改善されてきたが、合流式下水道の問題点として出水時にオーバーフローした下水がそのまま河川へと流入するという点があげられる。本調査の実施中にも 2 時間で 20mm (アメダス、練馬地点) という短時間強降雨を観測した。図-3, 4, 5 に日本橋川西河岸地点 (河口から 5.5km), 神田橋地点 (河口から 6.5km), 堀留橋地点 (河口から 7.5km) における塩分濃度、溶存酸素濃度、潮位、流速、および降雨強度の時系列を示す。いずれの地点も降雨以降、溶存酸素濃度が急激に低下する現象が確認された。西河岸地点ではその後徐々に回復しつつ約 6 日程度で元の濃度に回復していることがわかる。また、降雨時に溶存酸素濃度が神田橋地点 (河口から 6.5km) および堀留橋地点 (河口から 7.5km) において一時的に上昇する。この要因としては、降雨による河川の曝気効果および、雨水自体が空中を落下してくる際に大量の酸素を吸収してきたためと推測される。また西河岸地点 (河口から 5.5km) において他の 2 地点より降雨による溶存酸素濃度の上昇が少なかったのは、降雨時の塩分濃度変化からも、河口からの距離による塩水の流入量の影

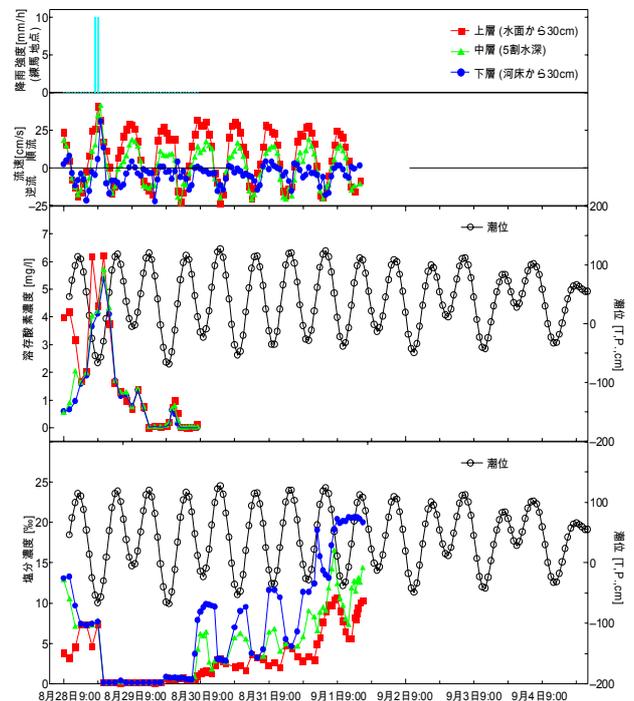


図-5 日本橋川堀留橋地点 (河口から 7.5km) における塩分濃度、溶存酸素濃度、流速、潮位 (晴海地点) の時系列

響が大きいものと推測できる。溶存酸素濃度が急激に減少した要因としては2つが考えられ、1つは、中野水再生センターおよび落合水再生センターからの一次処理放流水もしくは下水道からのオーバーフロー水が、平常時の流量（日本橋川地点 1.6m³/s）を大幅に上回ったためと考えられる。合流式下水道からのオーバーフロー水は嫌気性であり BOD 濃度は非常に高濃度であることが考えられ、水量としても日本橋川平常時流量を大幅に上回る 42m³/s（ADCP 観測値）のピーク流量があったため、その影響が強いものと考えられる。もう1つは、出水により流速が上昇（流速 40cm/s 程度）し、底泥などからの懸濁態物質の巻き上げが生じることで酸化などの化学反応が生じたものと考えられる。生物化学的酸素消費量ではここまで急激な酸素消費は起きないものと考えられる。

塩分濃度を見ると逆流時に全層にて塩分濃度が上昇しており、降雨によって低下した塩分濃度が時間的に緩やかに上昇していることがわかる。これは、8月28日が大潮時であり小潮に向かうにつれ干潮時潮位が上昇しており塩分が入りやすい潮位状況が形成されたためと考えられる。また、雨水のフラッシュ効果により全地点の塩分濃度が全層で減少し、西河岸橋（河口から 5.5km）では降雨以降 6 時間程度塩分濃度が減少、堀留橋（河口から 7.5km）地点では全層で塩分濃度がほぼ 0%を示し、下流側から塩水が遡上するのに約 35 時間の時間差を有することがわかった。降雨以降、河川の見え方や臭気などは 2 日間程度で元の状態に戻ったが溶存酸素が回復するには約 6 日程度要することがわかった。

5. まとめ

本論文は日本橋川を対象とした塩水遡上の時空間分布特性に関する現地観測の結果をまとめたものである。本論文の現地観測結果より得られた知見を下記に示す。

- 1) 日本橋川において逆流時に強混合の形式で塩水が遡上していることがわかった。順流時には表層で溶存酸素濃度が高く河床付近で低く、塩分濃度は河床付近で高いという 2 層構造を有しており、弱混合で塩水が存在していることがわかった。
- 2) 降雨以降に神田橋地点（河口から 6.5km）および堀留橋地点（河口から 7.5km）において溶存酸素濃度が一時的に上昇し、その後、西河岸地点（河口から 5.5km）を含めた全地点で溶存酸素濃度が急激に低下し、降雨終了以降初期濃度に回復するまで 6 日間要することがわかった。溶存酸素濃度の上昇の要因としては降雨による曝気効果および雨水が豊富に酸素を含んでいたことが推測できる。溶存酸素濃度の急激に減少した要因としては、嫌気性の水再生センターからの一次処理放流水もしくは下水道からのオーバーフロー水の影響、および底泥の巻き上げによる酸化反応などの 2 つの要因が推測される。

謝辞：本論文における現地調査の遂行にあたり名橋日本橋保存会、日本橋地域ルネッサンス 100 年計画委員会には多大なご協力、ご助言などを頂いた。文末ではあるが、ここに記して謝意を表す。

参考文献：

- 1) 土肥学, 志村光一, 布村明彦, 山田正, 吉川秀夫: 荒川感潮域における水質の縦断分布とその時空間変動特性に関する現地観測, 河川技術に関する論文集, Vol. 5, pp. -, 1999.
- 2) 本永良樹, 武内慶了, 土肥学, 山田正: 荒川感潮域における水質変動要因に関する現地観測, 土木学会水工学論文集, Vol. 46, pp. 929-934, 2002.
- 3) 東京都建設局: 神田川再生構想検討会報告書, 2004.