

都市河川感潮域における溶存酸素濃度の変動特性

中央大学大学院 学生会員 ○櫻井 一貴
中央大学大学院 学生会員 児島 俊弥
中央大学 フェロー会員 山田 正

1. はじめに

都市河川感潮域は、潮位の影響による海水の流入や、出水による生活排水の流入など複雑な河川環境を形成している。著者らは日本橋川の水質、特に溶存酸素濃度に着目し観測を行い、日本橋川で行われている浚渫の影響、また、出水時の初期未処理水の貯留の効果を数値計算により明らかにした。

2. 対象河川概要

都市感潮河川の1つである日本橋川は神田川の支流であり、最下流部で隅田川と合流する流路総延長 4.8[km]の1級河川である。また、河口より神田川の江戸川橋付近(9.7KP)まで感潮域であり、日本橋川は全域で感潮域である。図-1は日本橋川および周辺河川の溶存酸素濃度の観測結果を示したものである。図中の赤丸の範囲は日本橋川を示し、溶存酸素濃度が全体で低い値を示すことがわかる。

3. 浚渫前後での溶存酸素飽和度に関する現地観測

浚渫前後の水質変化に着目し一年間を通じて現地観測を行った結果を示す。図-2に大潮時の江戸橋(河口から5.2km)における溶存酸素飽和度の時間変化を示す。浚渫前における全層での平均値は43%を示し、4ヶ月後には全層での平均値は25%を示した。これは浚渫前と比較すると約20%低下したことを示している。浚渫工事終了時から9ヶ月後の全層の平均値は約40%であり、浚渫前までの値まで回復しているのが分かる。以上より、延長500mの浚渫では溶存酸素飽和度の向上は見られないことを示唆した。溶存酸素飽和度が浚渫後4ヶ月後に大きく低下した理由としては観測時期の気温の差異によるものが大きいと考えられる。溶存酸素飽和度は飽和量が水温によって異なり、水温が低いほど多くの酸素が溶けこむことが知られている。この結果をふまえて以下に数値計算の結果を示す。

4. 水質解析モデル及び計算条件

4-1. 水質解析モデル

本水質解析は、一次元不定流の式及び移流拡散方程式を基礎式とした水質解析である。水理解析には連続式、不定流の基本式を用いている。水質解析には移流拡散方程式、酸素過程に関する式

$$\frac{dDO}{dt} = K_2(C_s(T) - DO) - K_3(BOD)\theta_3^{(T-20)} - R_{20}\theta_2^{(T-20)} + P - B$$

(DO: 溶存酸素濃度[mg/l], C_s : 溶存酸素飽和度[%], P : 酸素生成量[mg/l], R_{20} : 水生生物の呼吸率[g/m²/日], θ_2, θ_3 : 温度補正係数, BOD : BOD濃度[mg/l], B : 酸素消費速度[g/m²/日], K_2 : 再曝気係数, K_3 : 有機物分解率[1/日])

を用いて行なった。式(4)の右辺第1項は再曝気による酸素供給、第2項は有機物の分解に伴う酸素消費、第3項は水生生物の呼吸に伴う酸素消費、第4項は生物の光合成による酸素供給、第5項は汚泥による酸素消費を示す。

キーワード 都市河川感潮域, 水質, 分流部, 定点観測

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学大学院理工学研究科河川水文研究室

T E L 03-3817-1805 E-mail:sakurai-kazuki@civil.chuo-u.ac.jp

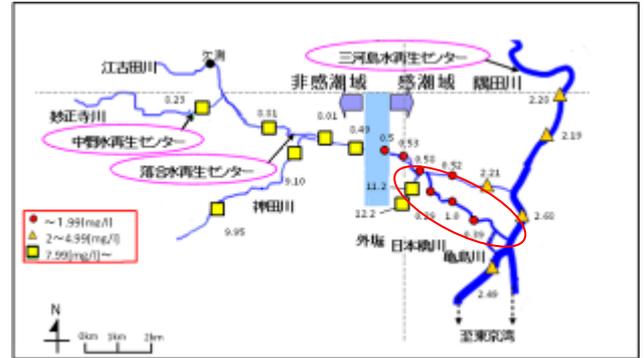


図-1 対象河川周辺の溶存酸素濃度の空間分布

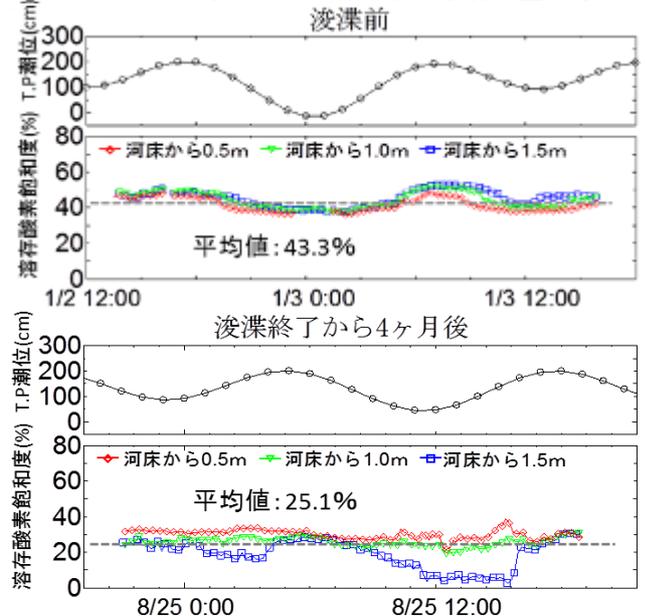


図-2 日本橋川 5.2KP における潮位、溶存酸素飽和度(浚渫終了から4ヶ月後)

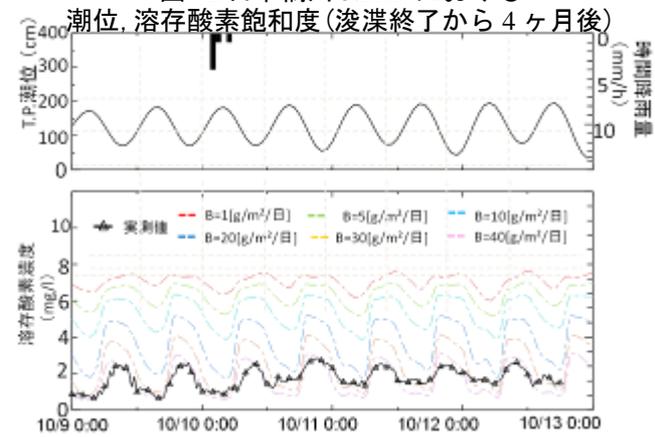


図-3 鎌倉橋地点(6.4KP)における溶存酸素濃度の時系列データ。

4-2. 計算条件

計算領域は、隅田川(0~40KP)・神田川(0~40KP)・妙正寺川(0~26KP)・江古田川(0~27KP)である。上流端の境界において流量及び各濃度を一定で与え、下流端の境界において水位及び各濃度を一定で与えている。また、9.5KP 地点及び 18KP 地点で水再生センターからの放流水が流入しており、両地点において、流量及び各濃度を一定値で与えている。

5. 各地点における解析計算の結果

図-3に日本橋川における2011年10月9日から13日の鎌倉橋地点(6.4KP)における溶存酸素濃度の観測結果と計算結果の比較を行い、酸素消費速度 $B=1,5,10,20,30,40[g/m^2/日]$ と変化させた場合の計算結果を示す。数値計算において酸素消費速度 $=40[g/m^2/日]$ 時に実測値と類似した挙動を取ることがわかる。以上より、日本橋川の酸素消費速度 $=40[g/m^2/日]$ のとき、日本橋川の溶存酸素濃度を概ね表現できる可能性が高いと考えられる。

6. 浚渫による効果

図-4に日本橋川の上・中・下流部において各区間で1000[m]浚渫した時の溶存酸素濃度の時間変化の挙動を示す。浚渫区間は上流(9.6-9.7KP)を区間A、中流(6.7-6.8KP)を区間B、下流(4.2-4.3KP)を区間Cとし、懸案地点として8.6KP・6.4KP・4.8KPの3地点をとり、水生生物のボラが生息できる限界値である $1.8[mg/l]$ を懸案地点において満たすとき浚渫の効果があるとする。図より上流部及び下流部では最大で $1.5[mg/l]$ の溶存酸素濃度の改善が見られたが、浚渫地点に近い地点においてはより大きな改善が見られる。また中流部における浚渫は日本橋川の上・中・下流において溶存酸素濃度の改善がみられたことから、日本橋川における中流部の浚渫は効率的であると考察される。

7. 未処理水の流入抑制効果

ファーストフラッシュの流入量を減じることは河川への汚水流入を減じることとなり、河川水質の向上を考える際に有効な対策となりうると考える。図-5にファーストフラッシュの流量をそれぞれ $30[m^3/s], 50[m^3/s]$ 貯留した場合、未処理水をすべて貯留する場合の3パターンを想定し、日本橋川6.4KP地点での溶存酸素濃度、BOD flux、河川底層のBOD濃度に関する計算結果を示す。降雨終了直後の溶存酸素濃度に注目すると、溶存酸素濃度が $10[mg/l]$ 程度まで上昇した後、未処理水をすべて貯留した場合以外のケースはすべて溶存酸素濃度が $0(mg/l)$ 近くまで低下しているのが分かる。ここで特筆すべきはファーストフラッシュの貯留を行わないケースと比較して貯留を行ったケースの溶存酸素濃度の方が低い値になるということである。貯留を行うことにより溶存酸素濃度がさらに低下する現象の原因は貯留による掃流力の低下であると考えられる。ゆえにBOD負荷の流入を抑制するだけではなく、河川流速を考慮して水質改善対策を行う必要があると考える。

8. まとめ

- 1) 酸素消費速度を変化させることで日本橋川の溶存酸素濃度を概ね表現でき、酸素消費速度 $B=40[g/m^2/日]$ において日本橋川の実測値をよく表現出来る可能性が高いことが分かった。
- 2) 浚渫を日本橋川中流部で行うことで溶存酸素の効率的な改善を行える可能性を示した。
- 3) ファーストフラッシュの流入を制限することにより溶存酸素濃度が低下することを示し、出水時における溶存酸素濃度低下現象の対策としてファーストフラッシュを完全に流入させない必要があることを示した。

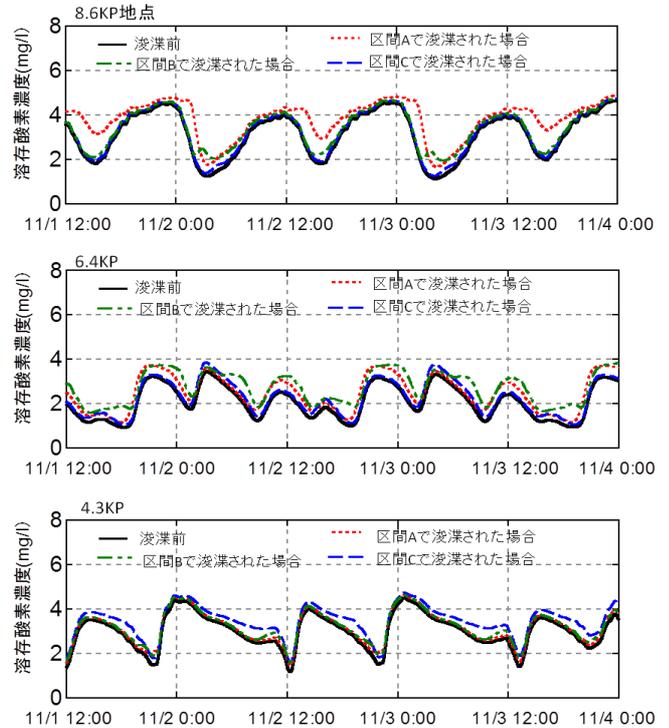


図-4 日本橋川 8.6KP・6.4KP・4.3KP における浚渫による溶存酸素濃度の変化

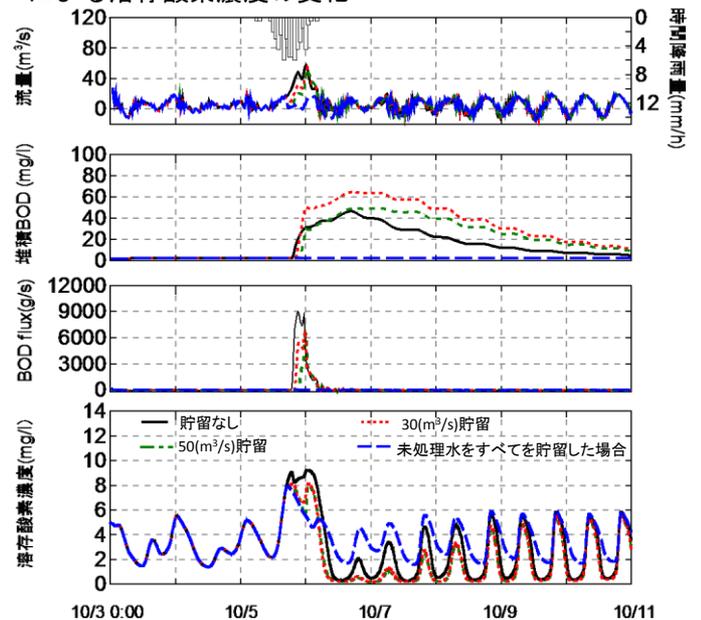


図-5 未処理水の初期流入の貯留効果