

日本橋川における水質変動に関する数値解析

中央大学	学生会員	○櫻井	一貴
中央大学大学院	学生会員	浅見	龍一
中央大学	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。また、都市感潮河川である日本橋川周辺では、既往の研究¹⁾より溶存酸素濃度が環境基準より低い値を示すことが分かっている。本研究では、溶存酸素濃度が低下する原因の解明を目的として、特に底泥の酸素消費に着目し、シミュレーション計算を行った。

2. 対象河川概要

図-1に対象河川および計算領域を示す。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4.8km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)まで感潮域である。懸案地点として新三崎橋地点(8.6KP)・鎌倉橋地点(6.4KP)・湊橋地点(4.3KP)の3地点を選定した。

3. 水質解析モデル及び計算条件

(1) 水質解析モデル

本水質解析モデルは、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。表-1に解析に用いた基礎式を示す。水理解析には連続式(1)と不定流の基本式(2)を用いている。水質解析では移流拡散方程式(3)と酸素濃度変化式(4)を用いている。(4)式右辺の第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。水理解析にはスタッガード法を適用し、水質解析の移流拡散方程式は時間と空間で前進差分し、それぞれ陰解法を用いている。

(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。境界条件は上流端において一定流量及び一定濃度を与えており、下流端においては水位及び一定濃度を与えている。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いるため、両地点においても、流量及び濃度を一定値で与えている。

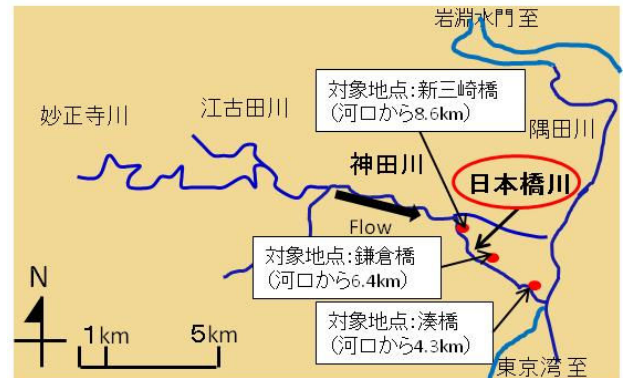


図-1 対象地点概要

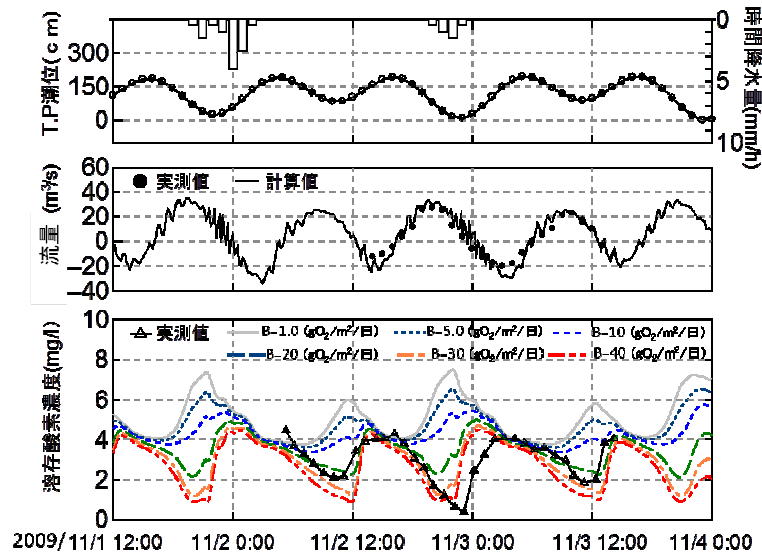


図-2 湊橋地点(4.3KP)における実測値及び計算値の比較

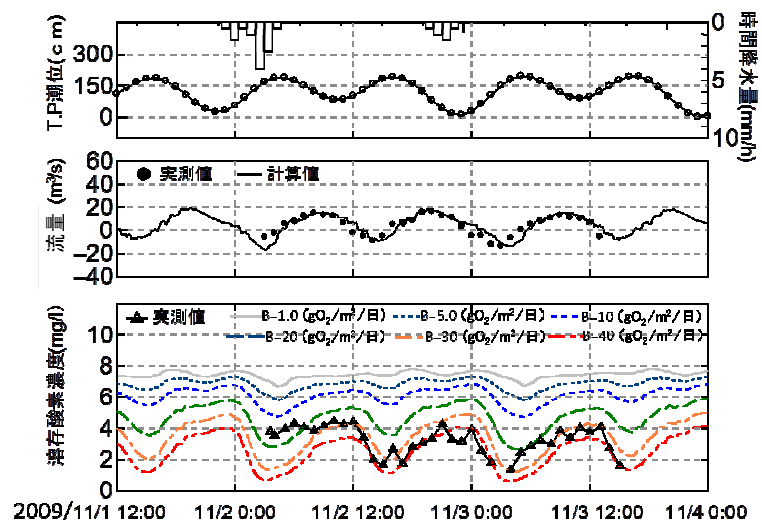


図-3 新三崎橋地点(8.6KP)における
実測値及び計算値の比較

キーワード：都市河川・溶存酸素濃度

〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部都市河川環境学科河川・水文研究室 TEL03-3817-1805

E-mail: sakurai-kazuki@civil.chuo-u.ac.jp

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \dots (1) \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{n^2 g Q |Q|}{AR^{\frac{4}{3}}} = 0 \dots (2) \quad \frac{\partial (AC)}{\partial t} + \frac{\partial (QC)}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -AKC + C_2 q \dots (3)$$

$$\frac{dDO}{dt} = K_2 (C_s(T) - DO) - K_3 (BOD) \theta_3^{(T-20)} - R_{20} \theta_2^{(T-20)} + P - B \dots (4)$$

Q: 流量[m³/s] A: 通水面積[m²] q: 側方流入[m³/s] R: 径深[m] α: 補正係数 h: 水深[m] n: マニングの粗度係数 D: 拡散係数[m²/s]
 C: 濃度 K: 線形減衰係数[1/s] C₂: 生成/吸収濃度 DO: 溶存酸素[mg/l] T: 水温[°C] BOD: BOD 濃度[mg/l] K₂: 再曝気係数[1/day]
 C_s: 溶存酸素飽和量[mg/l] K₃: 有機物分解率[1/day] θ₂, θ₃: 温度補正係数 R₂₀: 水生生物の呼吸率[gO₂/m²/day]
 P: 酸素生産量[gO₂/m²/day] B: 酸素消費速度[gO₂/m²/day]

4. シミュレーション計算結果

図-3 に神田川下流部(隅田川合流地点から上流方向へ 4.0km)および日本橋川全域での酸素消費速度 B を 1,5,10,20,30,40(gO₂/m²/day)と変化させた時の湊橋地点(4.3KP)における計算結果を示す。酸素消費速度が上昇するにつれ河川中の溶存酸素濃度が低下し $B=20$ (gO₂/m²/day)を境に逆位相に転じる。図より $B=30$ (gO₂/m²/日)において溶存酸素濃度の実測値を良く表現していると言える。図-4 に湊橋地点と同条件で新三崎橋地点 (8.6KP) の酸素消費速度を変化させた計算結果を示す。湊橋地点 (4.3KP) での計算結果と同様に $B=30$ (gO₂/m²/日)において実現象を良く表現していることがわかる。図-5 に 2011 年 10 月 9 日から 12 日までの鎌倉橋地点 (6.4KP) における溶存酸素濃度の実測値及び計算結果を示す。鎌倉橋地点 (6.4KP) においては、 $B=40$ (gO₂/m²/日) のとき実測値と良く合う。以上の結果より、底泥による酸素消費が日本橋川における溶存酸素濃度の現状に大きな影響を与えている可能性を示した。

5. 浚渫による水質改善効果

神田川下流部および日本橋川全域での酸素消費速度を $B=30$ (gO₂/m²/day),日本橋川上流部,中流部,下流部での仮想浚渫区間(1km)の酸素消費速度 B を 1.0(gO₂/m²/day)として、浚渫工事による溶存酸素濃度の改善効果の検証を行なった。新三崎橋地点(河口から 8.6km),湊橋地点(河口から 4.3km)での計算結果を図-5 に示す。新三崎橋地点においては上流部で浚渫された場合,溶存酸素濃度が最大で 2.0(mg/l)上昇した。また中流部で浚渫された場合は濃度低下時において上流部で浚渫された場合よりも溶存酸素濃度が高くなることを示した。湊橋地点においては下流部で浚渫した際,最大で溶存酸素濃度が 0.6(mg/l)上昇した。

6. 結果

本論文は日本橋川を対象とした溶存酸素濃度に関するシミュレーション結果をまとめたものである。以下に得られた知見を示す。

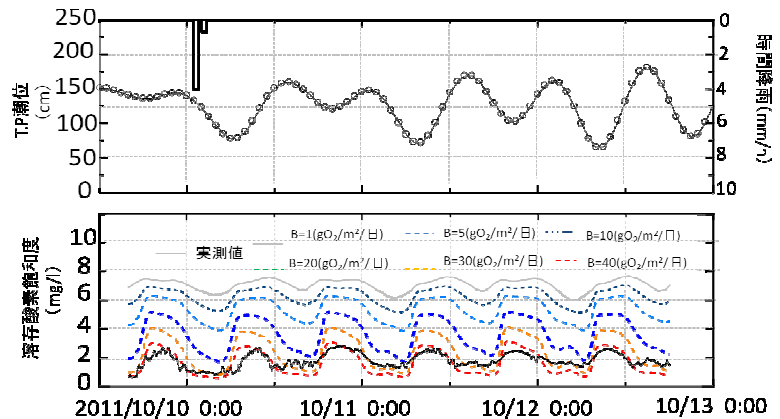


図-4 鎌倉橋地点 (6.4KP) における実測値及び計算値の比較

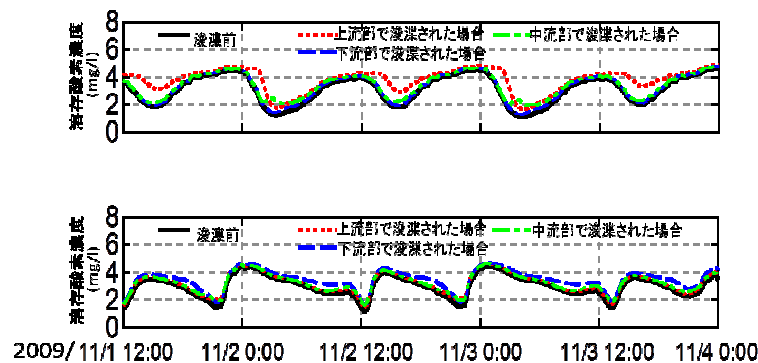


図-5 湊橋地点(河口から 8.6km)での浚渫効果

- ①日本橋は下流域では全層で溶存酸素濃度が潮位の影響を受けていることがわかる。
- ②汚泥の酸素消費速度が溶存酸素濃度に影響を与えていることがわかる。
- ③酸素消費速度 $B=30 \sim 40$ (mg/m²/日) で日本橋川の溶存酸素濃度を表現できていることがわかる。

7. 参考文献

- 1) 呉修一, 渡邊 暁人, 多田 直人, 山田 正: 都市河川感潮域における水質の空間分布特性に関する現地観測, 水工学論文集, 第 52 巻, 2008 年 2 月
- 2) 浅見 龍一, 山角 康樹, 山田 正: 都市河川感潮域における出水時の溶存酸素飽和度・塩分濃度共同に関する現地観測, 水工学論文集
- 3) 土肥 学, 佐藤 武司, 志村 光一, 山田 正: 荒川感潮域における水質縦断分布特性と数値解析土木学会第 55 回年次学術講演会