

荒川感潮域における水質縦断分布特性と数値解析

中央大学大学院 学生員 土肥 学 佐藤武司
中央大学 正会員 志村光一 山田 正

1.はじめに 都市河川では、下水処理水や生活排水等の流入，利水目的の取水，潮汐に伴う河川水の滞留等により，水質縦断分布が大きく変化する．本研究では，河川水質縦断分布の特性を捉え，水質分布に関する数値解析を行った．対象河川は荒川感潮域(図-1 参照)である．

2.荒川感潮域における水質縦断分布 図-2 は荒川における BOD、COD、DO、溶存酸素飽和度の縦断分布である（各水質濃度は水質年表¹⁾から引用）。BOD は秋ヶ瀬堰(35KP)の上流側では年間を通じほぼ一様な値に対し、堰下流では急勾配で高くなる。ここから河口までは BOD 濃度は徐々に低下し、河口で堰上流部とほぼ同じ濃度となる。堰直下における水質濃度の急上昇は冬期の方がより急勾配で上昇する。COD は、BOD と同じ傾向があるが、水質濃度のピークが BOD よりも下流側に位置する。溶存酸素量は堰上流で高く、飽和度で 90～100%であるのに対し、堰下流側から DO の低下が進行し、10KP 前後において最も低

く、飽和度で 40～50%である。図-3 は荒川における BOD フラックスの縦断分布である。BOD フラックスは、BOD 濃度に日平均流量²⁾を掛けて算定したものである。BOD フラックスは冬期において小さく夏期において大きい。これは BOD 濃度が冬期に高く夏期に低くなることと逆の傾向である。本水質解析ではこれらの

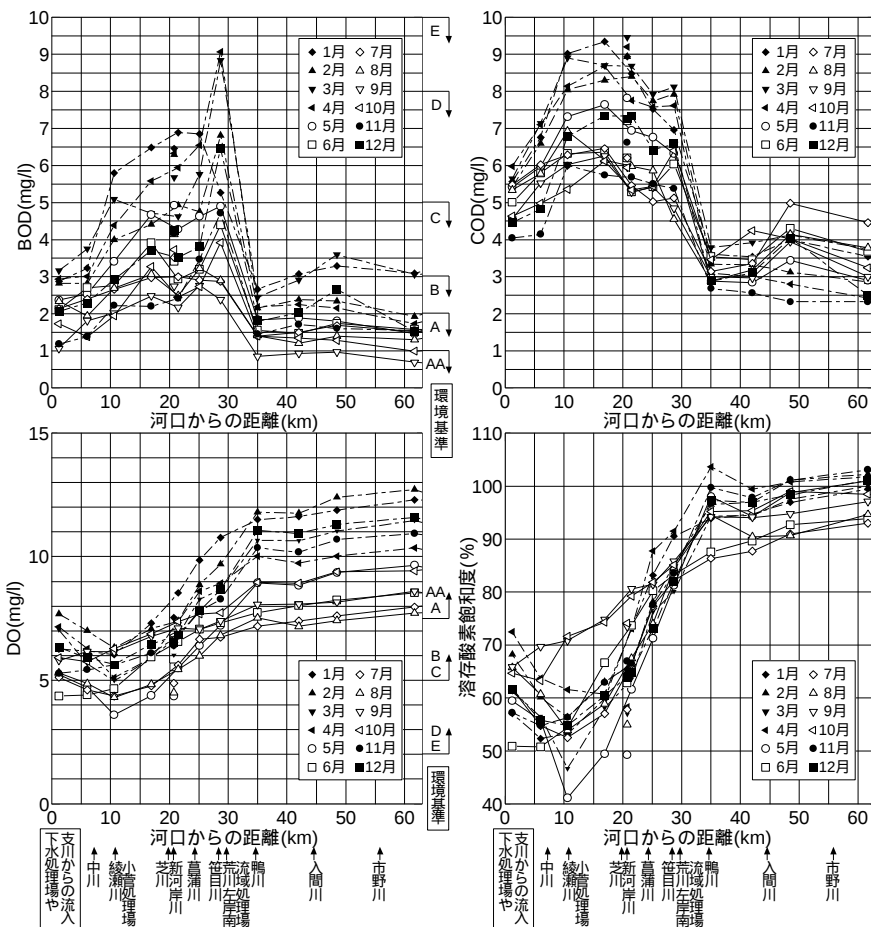


図-2 荒川感潮域における BOD, COD, DO, 溶存酸素飽和度の縦断分布
秋ヶ瀬堰(35KP)から下流側において BOD は急激に高くなり, DO は低くなる.
この濃度変化は夏期よりも冬期において強く見られる.

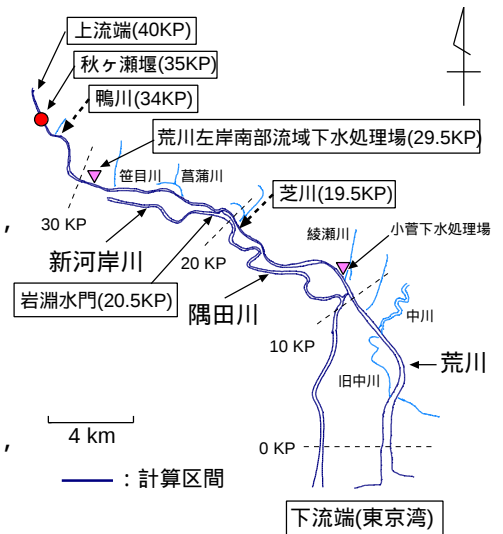


図-1 荒川感潮域概要

うち縦断分布形が大きく異なる BOD と DO について再現計算した .

3.水質に関する数値解析 本水質解析モデルは , サンプナン式と移流拡散方程式を基礎式とする一次元不定流の水質解析である . 表-1 に基礎式を示す . 水理解析には連続式(1)と不定流の基本式であるサンプナン式(2) を用い , 水質解析には移流拡散

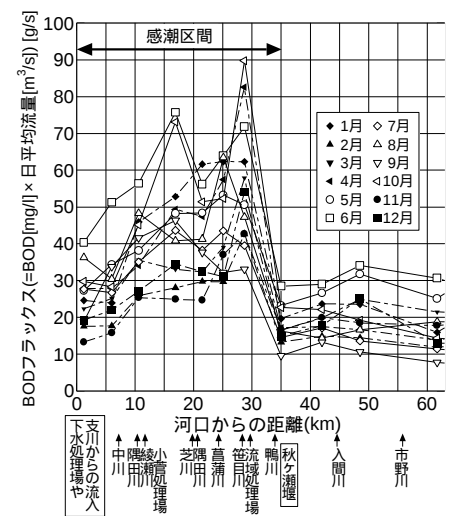


図-3 荒川感潮域におけるBODフラックスの縦断分布(1991～1995の平均値)
BODフラックスは、夏期に大きく冬期に小さい。

キーワード：感潮河川，荒川感潮域，水質縦断分布，水質特性，数値解析

連絡先 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 Tel.03-3817-1805 Fax.03-3817-1803)

表-1 水質解析に用いた基礎式

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

$$\frac{dBOD}{dt} = -K_3 \cdot BOD \cdot q_3^{(T-20)} \quad (4) \quad \frac{dDO}{dt} = K_2 (C_s(T) - DO) - K_3 \cdot BOD \cdot q_3^{(T-20)} - R_{20} q_2^{(T-20)} + P \quad (5)$$

Q : 流量[m³/s], A : 流水断面積[m²], q : 横流入量[m³/s], g : 重力加速度[m/s²], h : 水位[m], R : 径深[m],
 a : 流速分布補正係数(=1.0), n : 河床粗度(=0.025), C : 各水質濃度[mg/l], D : 拡散係数[m²/s], K : 減少係数[1/s],
 C_2 : 横流入水水質濃度[mg/l], DO : 溶存酸素量[mg/l], T : 水温[], BOD : 生物化学的酸素要求量[mg/l],
 K_2 : 再曝気係数[1/日](= $K_2(v, h, I)$), C_s : 溶存酸素飽和度[mg/l](= $C_s(T)$), K_3 : 有機物分解率[1/日](=0.50),
 q_2, q_3 : 温度補正係数(=1.047, 1.024), R_{20} : 水生生物の呼吸率[gO₂/m²/日](=3.00), P : 酸素生産量[gO₂/m²/日](=3.50)

表-2 水質解析における境界条件

	流量[m ³ /s]	DO[mg/l]	BOD[mg/l]
上流端(39KP)	15	9.9	1.61
鴨川(34KP)	2.2	3.4	28.8
下水処理場(29.5KP)	4.7	6.6	15.0
新河岸川(20.5KP)	15.0	5.86	3.02
芝川(19.5KP)	4.0	4.3	2.34
下流端(0KP)	T=12 時間, H=2m	5.52	1.17

水温は全区間で 10[]とする。

方程式 (3) と水質濃度変化式(4), (5)を用いた.(4)の右辺第1項は有機物の分解によるBODの減少を表す.(5)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よる酸素消費, 第4項は植物プランクトンの光合成に伴う酸素供給を表す. 拡散係数 D は開水路における縦分散係数式³⁾と1次元モデルにおける移流(縦)分散係数の経験式⁴⁾に $B=200\text{m}$, $h=5\text{m}$ を代入し導かれる流速 v の1次式とした. 計算手法は水理解析にス

タガー法を適用し, 水質解析の移流拡散方程式を時間, 空間に前進差分し, それぞれ陰解法で解いた. 解析区域は図-1に示す荒川, 隅田川の0~40KPである. 支川流入は荒川への流入汚濁負荷が大きい鴨川, 下水処理場, 芝川を考慮し, 解析時期は冬期の非洪水時とした. 各境界条件(流量, 水質濃度)⁵⁾を表-2に示す.

4. 解析結果とその考察 図-4は荒川感潮域におけるDO, BODの水質縦断分布の数値解析結果と実測値を比較したものである. 拡散係数 D はCase1では $D=2 \cdot v$, Case2では $D=150 \cdot v$ である. DOは実縦断分布をよく再現している. BODは河口域では実測値とほぼ一致するが20~30KPにおいて一致していない. これは支川流入を点源からの横流入として解析したためと考えられる. Case1では, DO, BODが縦断方向に細かく変動するのに対し, Case2では縦断分布は細かく変動せず全体的にならされた分布となる. Case1では拡散項の効果が表れず水質の

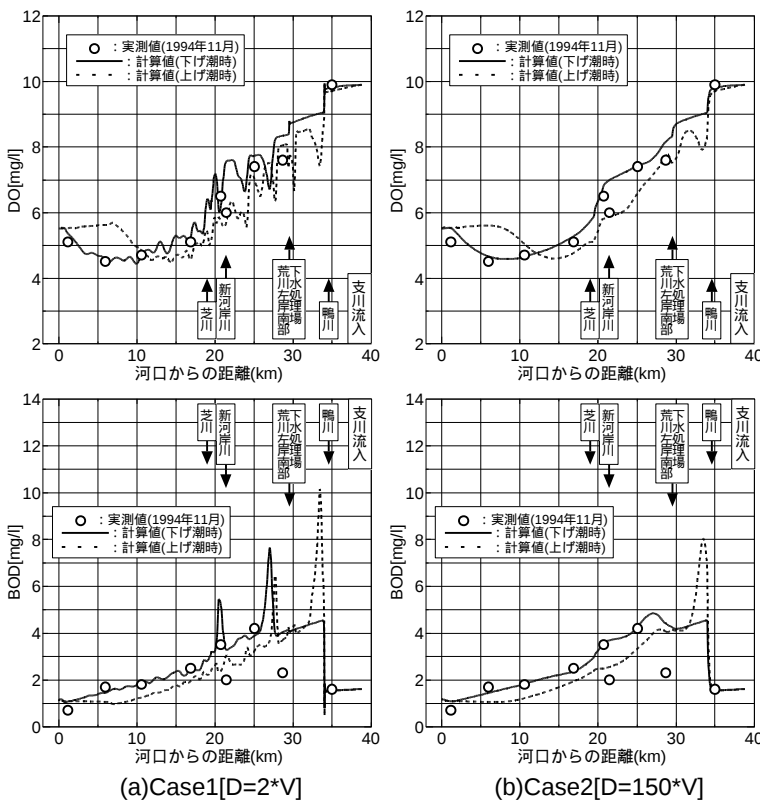


図-4 荒川感潮域における水質解析結果
DOは実測値とよく一致する. BODは河口域では実測値とほぼ一致するが, 20~35KPでは異なるとなっている.

ピークが流れ方向に移流するのに対し, Case2では拡散項の効果により水質濃度のピークが消失している.

5. まとめ 荒川感潮域における水質縦断分布を解析し, 夏期と冬期における分布形状が大きく異なること, 冬期の方が流れ方向に急勾配で濃度変化すること, 水質濃度は夏期よりも冬期に高くなるのに対しフラックスは夏期に大きく, 逆の傾向があることを明らかにした. また, 荒川感潮域における水質縦断分布を数値解析により再現した結果, 冬期の非洪水時におけるDOの水質縦断分布を精度よく再現することが出来た.

謝辞: 本研究では水質解析にデンマーク水理研究所が開発した, 水理解析ソフト MIKE11 を提供して頂きこれを用いている. ここに記して謝意を表す. 参考文献: 1)建設省河川局編: 水質年表, 1993~1997. 2)建設省河川局編: 流量年表, 1993~1997. 3)Elder, J.W.: J.Fluid Mech., 5, pp.544~566, 1956. 4)Iwasa et al.: Environmeantal Hydraulics, pp.505~510, 1991. 5)布村ら: 河川環境総合研究所報告第2号, pp.29~61, 1996.