

都市河川の感潮部における水質解析

佐賀大学理工学部 ○学生員 田中裕子 正員 古賀憲一
 佐賀大学低平地防災研究センター 正員 荒木宏之
 八千代エンジニアリング(株) 正員 古賀淳一 正員 松原武司
 (有)環境空間クリエイト 正員 萬 久光

1 はじめに 感潮部を有する都市河川の水質特性は、都市域からの負荷に加えて、感潮河川特有の非定常流れ及び物質輸送・変換過程の影響を受けるために複雑な挙動を示す。このような都市河川の水質改善策の立案や水質管理を行うためには、汚濁負荷を考慮に入れた非定常水質解析が必要である。本研究では、開水路網の非定常水質解析のために開発された1次元水質解析モデル^{1),2)}を用いて、都市河川の感潮部における水質解析を試みた。

2 調査対象河川の概要 調査対象とした都市河川(以下、U川)は、最上流部は一級河川(O川)に樋門を介して連結されているものの流入量はほとんどない。図-1に示すようにU川への流量は支川からの流入及び潮汐によるものである。これら支川の水質は家庭雑排水の影響を強く受けている。水質解析のための水質調査データは、2時間間隔で行われたもの及び月1回の定期観測データも補足データとして用いた。解析対象としての水質項目は、塩分濃度、BOD、SS、DO、及び底泥堆積量である。

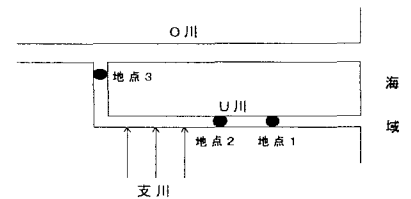


図-1 調査対象河川の概略

3 開水路網におけるブランチノードモデル 本研究で用いたブランチノードモデルは、流れ解析モデルと水質解析モデルから構成され、基礎式は以下の通りである。

流れ解析モデル

連続式
$$\frac{\partial B}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

運動方程式
$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Qv)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + J(Q, h) = 0$$

水質解析モデル

物質保存式
$$\frac{\partial BC}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial x} \pm P = 0$$

$$S = QC - AD \frac{\partial C}{\partial x}$$

ここに、B:濡れ断面積、Q:流量、v:断面平均流速、g:重力加速度、h:水位、J:摩擦項

C:濃度、S:物質輸送速度、P:反応項、A:流れ断面積、D:移流分散係数

上述の物質保存式を有限要素法を用いて1本のブランチ長について積分し、時間微分については重み係数を導入し差分化する。1本のブランチについて、解くべき一般的な方程式は以下のように表される。

$$S_1^+ = N_{m,1} C_1^+ + N_{m,2} C_2^+ + N_{m,3} \quad , \quad S_2^+ = N_{m,4} C_1^+ + N_{m,5} C_2^+ + N_{m,6}$$

ここに、 S_1, S_2 :ブランチ端の輸送速度 C_1, C_2 :ブランチに隣接するノードの濃度、 $N_{m,(1\sim6)}$:係数

ノードは容積0の仮想点として定義されている(ノードでの物質貯留=0)ので、各ノードに対して $\sum S=0$ が成立し、最終的には各ノードの未知濃度に関する以下の連立方程式が得られる。

$$\sum_{j=1}^{j_{\max(i)}} M_{ij} C_j + M_{i,0} = 0$$

i:ノード番号、 $j_{\max(i)}$:全ブランチ数、j:ダミー変数、 M_{ij} 、

$M_{i,0}$:係数マトリックス

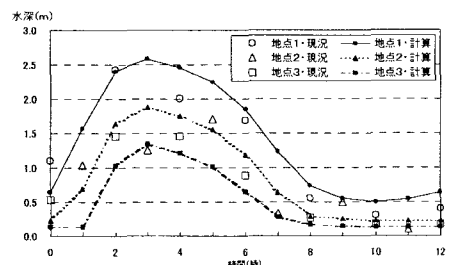


図-2 水深計算結果(凡例:以下同一)

4 水質解析結果及び考察 水質解析に必要な水理量（流量、水位）は非定常状態の流れ解析により求めた。流れ計算における境界条件（流入流量、潮位）、水路幅、水路長、水路勾配は実測値を用いた。図-2 に流れ解析結果を示す。この図から流れの再現性は概ね妥当であることがわかる。感潮河川における水質解析では、まず保存物質である塩分濃度を用いて数値計算を行い、実測値を再現するように移流分散係数 D_L を決定した。塩分濃度の計算結果を基に $D_L=150(\text{m}^2/\text{sec})$ とし、非保存物質である BOD、SS、DO の水質解析を行った。図-3 に塩分濃度の計算結果を示す。再現結果は全般的に良好であるが、上流部付近の計算値が実測値より低くなっている。この違いは、満潮時において、O 川からの一時的な流入（海水混入）があったものと推測される。この短期間の海水混入は U 川の水質解析の本質を大きく左右するとは思われないことから、以後の計算においては O 川からの流入はないものとして取り扱った。次に BOD の計算結果を図-4 に示す。晴天時の水質再現を行っていることから、都市域からの特定汚濁源の流入負荷は原単位とフレームから見積もったものを支川の上流端から流入させた。BOD 反応は総括的減少係数（沈降＋分解）として 1 次反応で与えた。再現性は比較的良好であるが、前述したように満潮時における O 川からの一時的な流入による希釈の影響が若干現れているようである。SS 濃度については、沈降と巻き上げを総括的に考慮して沈降フラックスを平均流速の関数³⁾で与えた。図-5 に示すように、SS 濃度の全体的な傾向は最上部を除いて概ね一致することがわかる。沈降フラックスから 1 潮汐間の堆積量を求め、縦断方向の堆積分布を図-6 に示す。図示はしていないが、実測の堆積分布との比較から計算結果は概ね再現されることを確認している。図-7 に DO 濃度の計算結果を示す。DO 濃度の反応は、BOD による消費、表面曝気、底泥による消費を考慮に入れた。感度解析結果から、底泥による消費と表面曝気による供給が支配的であった。下流部付近での底泥による DO 消費が顕著であることから、DO 回復策が必要と思われる。具体的には、根本的な負荷削減に加えて流量制御による導水も短・長期的観点から必要であろう。

【参考文献】

- 1) 佐藤、古賀、荒木、野原；「水質予測モデルを用いた佐賀クリーク網の環境維持持水量の検討」 土木学会年次学術講演会 1992
- 2) 佐藤、清水、野原、古賀、荒木；「開水路網の水質予測モデルに関する研究（II）」 土木学会年次学術講演会 1993
- 3) 野原；「低平地における水システムと総合水管理に関する研究」 佐賀大学 博士学位論文 1994

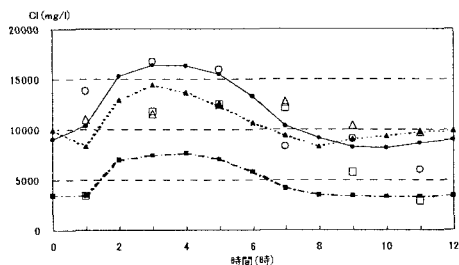


図-3 塩分濃度計算結果

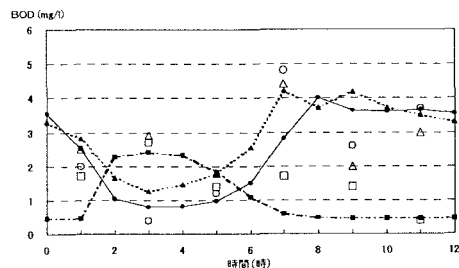


図-4 BOD 濃度計算結果

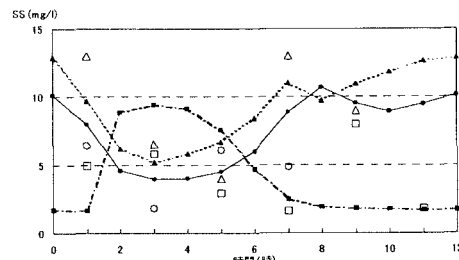


図-5 SS 濃度計算結果

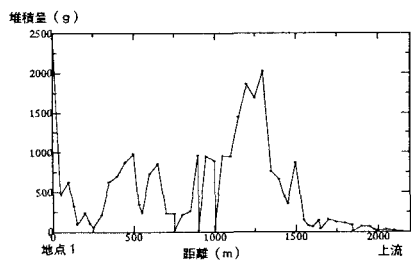


図-6 堆積分布

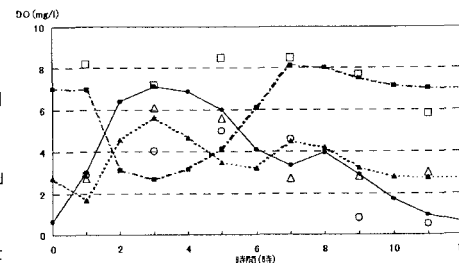


図-7 DO 濃度計算結果