

中部大学 大学院 学生員 宮本宗雄
中部大学 工学部 正員 松尾直規

1. はじめに

本研究は、河川への流入水の大半が下水処理水あるいは合流管排水その他であり、しかも潮位変動の影響が大きな都市河川を対象に、種々の境界条件の下での流れと水質の挙動を一方向多層流モデルで数値解析し、その結果を考察したものである。

2. 水理・水質モデルと数値計算法

流れを支配する基礎方程式は、水の連続式（非圧縮性の連続式）と運動量保存式、水温収支式、塩分及び各種水質濃度収支式の各保存式と、水温及び塩分濃度と密度との関係式である。各基礎方程式は時間平均化操作により平均流に関するものに変形された後、水路の縦断方向及び水深方向に分割して得られるコントロール・ボリュームについて積分され、空間平均値に関する各モデルに展開される。紙面の都合上、水質濃度収支則のみを次に示す。

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\frac{1}{A} \left| c u B \right|_{\frac{z}{\Delta z}^{i+1}} - \frac{1}{A \cdot \Delta z} \left| c w A \right|_{\frac{z}{\Delta z}^{n+1}} + \frac{1}{A \cdot \Delta z} c_b \cdot q_b \\ + \frac{1}{A} \left| D_{cx} \frac{\partial c}{\partial x} B \right|_{\frac{z}{\Delta z}^{i+1}} + \frac{1}{A \cdot \Delta z} \left| D_{cz} \frac{\partial T}{\partial z} A \right|_{\frac{z}{\Delta z}^{n+1}} + \frac{1}{A \cdot \Delta z} \left| c w_o A \right|_{\frac{z}{\Delta z}^{n+1}} + R$$

ここに、 u, w : x, z 方向の流速成分、 B : ブロック幅、 A : ブロックの水平断面積、 t : 時間、 q_b : ブロックより流入する流量、 D_{cx}, D_{cz} : x, z 方向の濃度分散係数、 w_o : 水質物質の沈降速度、 R : 生成あるいは消滅濃度、添字 b : ブロック側面における値、添字 $i, i+1$: $x=i, x=i+1$ における値、添字 $n, n+1$: $z=n, z=n+1$ における値である。

ここで、上式の濃度 C として、塩化物イオン、SS、BOD、DO を考え、 R をそれぞれの生成・消滅項（反応項）として、表-1 のように表示した。

表-1 濃度収支式の反応項

各基礎方程式は、求める水理量を時間的、空間的に交互に配置する staggered scheme と前進差分である Leap-flog 法で離散化し、与えられた初期条件及び境界条件の下で計算される。階差式への空間的な展開にあたっては、常に上流側差分を取ることで数値計算の安定化を図っている。

3. 計算条件

対象とした河川は名古屋市内を流れる H 川であり、計算期間は昭和63年11月24日～25日の大潮時、同年12月2日～3日の小潮時とし、それぞれで実施された観測値を用いて計算を

○塩化物イオン (Cl^-) について $R=0$ また、(5) 式の沈降速度 $w_o=0$ とする。 (6) 式の塩分濃度 S との関係は、 $S (\%) = 0.03 + 1.805 \cdot cl (g/l)$ とする。 ○SS について $R = E_{ss} / \Delta z$ (底面ブロックにおいて) $R = 0$ (底面以外のブロックにおいて) ここで E_{ss} は底面での巻き上げフラックスであり、 底面摩擦速度 u_* 、 $u_* = \sqrt{g n^2 v^2 / h^{1/3}}$ が限界摩擦速度 u_{*c} に対し、 $u_* > u_{*c}$ のとき、底泥（浮泥）濃度に応じた値で巻き上げが発生するものとする。 なお、上式において、 n : マンニングの粗度係数、 v : 流速、 h : 水深である。 ○BOD (濃度を L とする) について $R = -K_1 L + E_{bod} / \Delta z$ ここに、 K_1 : 脱酸素係数、 E_{bod} : 底面での巻き上げフラックスで、 E_{bod} は底面以外のブロックでは 0 とする。底面では、上述の SS と同様、 $u_* > u_{*c}$ のとき、 E_{bod} が値をもつ。 ○DO (濃度を D とする) について $R = K_2 (D^* - D) - K_1 L - K_3 / \Delta z - K_4$ ここに、 K_2 : 再曝気係数、 D^* : 飽和 DO 濃度、 K_3 : 底泥による酸素消費フラックス、 K_4 : 硫化物による酸素消費速度である。

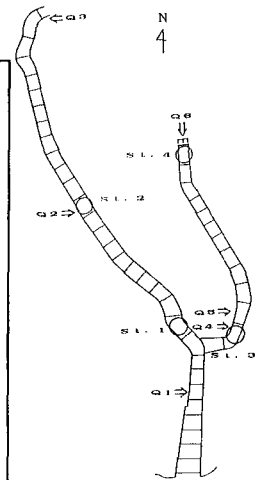


図-1 河道の概要と分割

を行う。水路は水深方向の各ブロックの厚さを0.5m、縦断方向を400mごとに分割し、計算時間間隔 Δt は数値解の安定条件により $\Delta t = 0.004$ 時間とする。図-1 は河道の概要と分割を示したもので、 $Q1 \sim Q6$ は処理場排水などの流入を示し、 $St. 1 \sim St. 4$ は観測地点を示している。下流端境界条件としては、河口での潮位変動と水温及び各種水質濃度を与え、上流端境界条件としては、 $Q3$ の排水流量、水温及び水質濃度を与え、 $Q6$ では閉境界とし、流速を0とした。

4. 計算結果と考察

以上の計算条件の下で求められた各水質の分布例を、本川についてのみ図-2に示す。なお、水位変動と流速分布に関する計算結果は省略するが、得られる結果は、実測値とはほぼ一致することが確かめられている。¹⁾

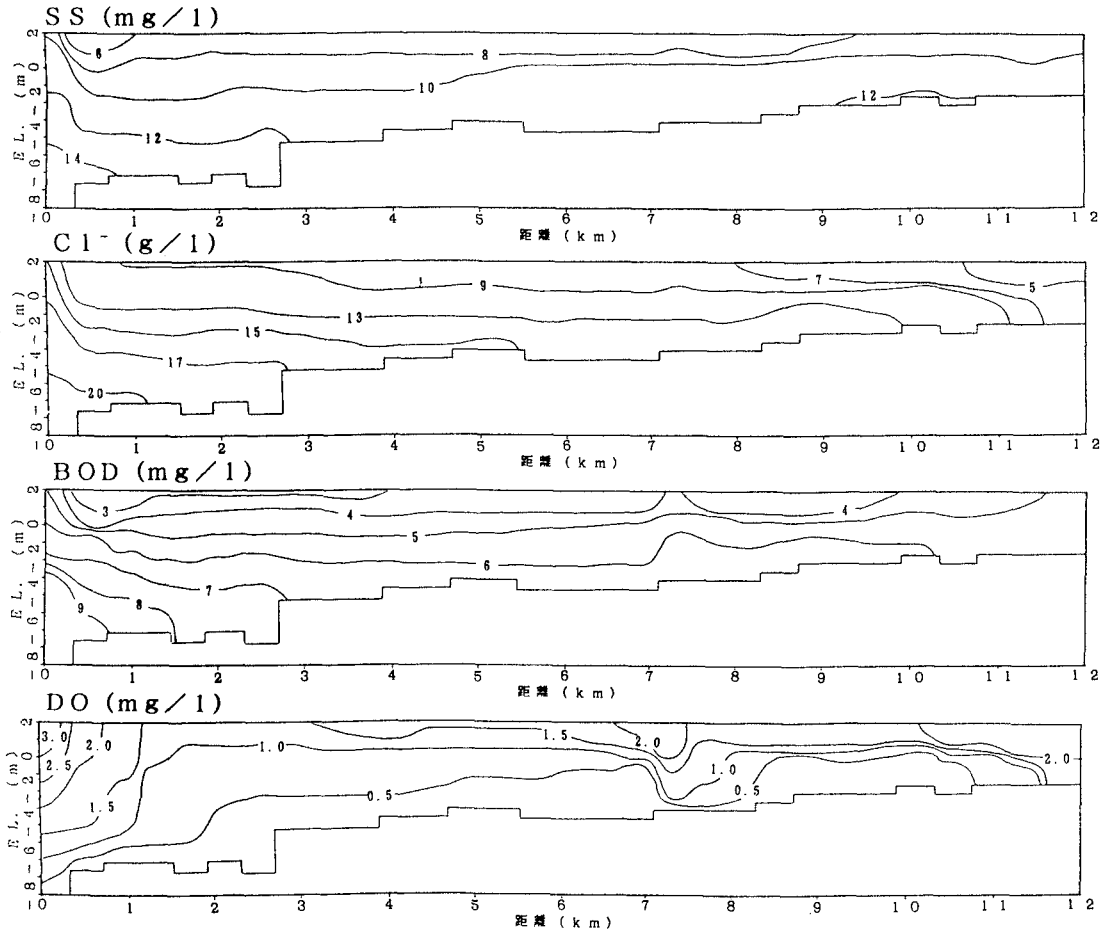


図-2 各水質濃度の分布（大潮・上げ潮時；11月24日17時）

上図において、いずれも水深方向において濃度の違いが見られ、ほぼ、緩～弱混合状態を呈している。また、各水質濃度は、上流12km地点まで遡上する海水の影響を強く受けた結果となっている。こうした計算結果は、既存の観測結果と比べると水深方向への混合が実際より弱いようであり、下流端（海側）の境界条件の設定を含めさらに検討を要する。なお、DOについては、水深4m以下では1 (mg/l) とかなり低い値を示しており、図-1～図-3の流入がある場所では、濃度が上がる傾向があるといえる。また、ここに示されていないが、下げ潮時や小潮時でそれぞれ違った濃度分布を示しており、河道内での水質の挙動は潮位変動に伴う流れにより大きく左右される。

5. おわりに

本研究においては、感潮都市河川における有機汚濁現象を対象に、水路を取り巻く現実の諸条件のもとで一方多層流モデルによる数値解析を行った結果を考察した。今後はこうした水質濃度の分布とその変化に寄与する流れの挙動ととの関係を中心に研究を進めていく所存である最後に、資料を提供頂いた関係者各位に感謝の意を表します。

参考文献

1) 宮本、松尾、高木、後藤、嶋田：一方多層流モデルによる感潮都市河川の水理解析、平成三年度土木学会中部支部研究発表講演会講演概要集、pp. 353～354、(1993. 3)