

一方向多層流モデルによる感潮河川の水理解析

中部大学 工学部 学生員 宮本宗雄 中部大学 工学部 正員 松尾直規
 中部大学 工学部 後藤政幸 中部大学 工学部 嶋田佳明
 中部大学 工学部 高木庸光

1. はじめに

本研究は、自流域を持たず河川への流入水の大半が処理水あるいは未処理水であり、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り、水位や流速などの水の挙動を明らかにし、水質汚濁の現象解明に役立てることを目的としている。

2. 数学モデルと数値計算法

流れを支配する基礎方程式は、水の連続式と運動量保存則の式であり、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。得られる基礎方程式は以下のようである。

(I) 水の連続式 (非圧縮性流体)

$$\left| u \cdot B \right|_{x_i}^{x_{i+1}} \cdot \Delta z + \left| w \cdot A \right|_{z_n}^{z_{n+1}} - q_b = 0$$

(II) 運動量保存則のX分値

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{A} \left| u \cdot u \cdot B \right|_{x_i}^{x_{i+1}} - \frac{1}{A \cdot \Delta z} \left| u \cdot w \cdot A \right|_{z_i}^{z_{i+1}} + \frac{1}{A \cdot \Delta z} \left| u_b \cdot q_b \right| - \frac{1}{\Delta x} \left| \frac{p}{\rho} \right|_{x_i}^{x_{i+1}} \\ + \frac{1}{A} \left| D_{mx} \frac{\partial u}{\partial x} B \right|_{x_i}^{x_{i+1}} + \frac{1}{A \cdot \Delta z} \left| D_{mz} \frac{\partial u}{\partial z} A \right|_{z_i}^{z_{i+1}}$$

(III) 運動量保存則のZ分値 (静水圧分布)

$$p = \int_z^{z_s} \rho g dz$$

ここに、 u, w : x, z 方向の流速成分、 B : 水路幅、 A : ブロックの水平断面積、 t : 時間、 p : 圧力、 ρ : 河川水の密度、 g : 重力加速度、 q_b : 横流入流量、 D_{mx}, D_{mz} : x, z 方向の運動量の分散係数、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、 z_s : 水表面における z の値である。

各基礎方程式(I)、(II)、(III)は、各水理量を空間的、時間的に交互に配置するStaggard 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。

3. 計算条件

対象とした計算期間は、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行う。計算に用いた水路は、縦断方向を400mごとに分割し、水深方向の各ブロックの厚さは0.5mとする。図-1は河道の概要と分割を示したもので $Q1 \sim Q6$ は処理場などの流入を示し、 $St.1 \sim St.5$ は観測地点を示している。計算時間間隔 Δt は数値解の安定条件により $\Delta t = 0.004$ 日とし、下流端境界条件は河口の潮位変動の値を与え、上流端境界条件としては処理場からの流入流量 $Q3$ 及び $Q6$ を与えるものとする。

4. 計算結果と考察

以上の計算条件の下で求められた再現結果は図-2～図-4に示される。まず、図-2及び図-3より水位変動についてみると、大潮時や流入流量などの関係で多少水位差が見られるものの、おおむね両期間とも

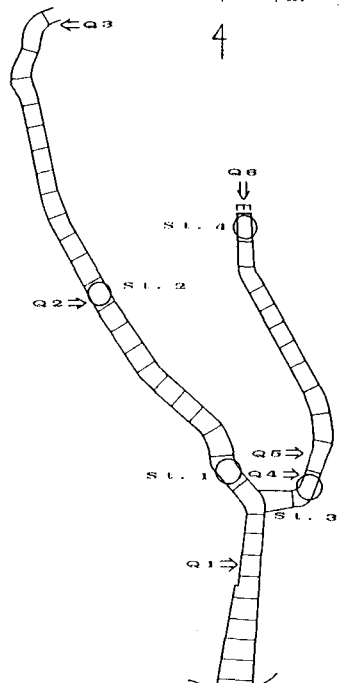


図-1 河道の概要と分割図

計算値と実測値が一致しており、両期間ともほぼ時間遅れなく潮位の変動が各地点に伝わっていることが分かる。次に図-4の大潮時（上げ潮）の流速分布についてみると、流速はおよそ $0.03 \sim 0.40 \text{ m/s}$ と緩やかであり、潮位変動の影響を受けて上流へ向かっていることが分かる。ここには示されていないが、小潮時のそれはさほどでもない。また、 7.5 km 地点のQ2の流入水やQ1, Q4, Q5が流速分布に影響を与えており、これが上下層の流向の違いに影響していると考えられる。河道内での流れの挙動は、流出水の影響などを受けて複雑な様相を呈しているが、潮位変動に大きく支配される傾向があり、各種排水の影響は局所的なものであるようである。

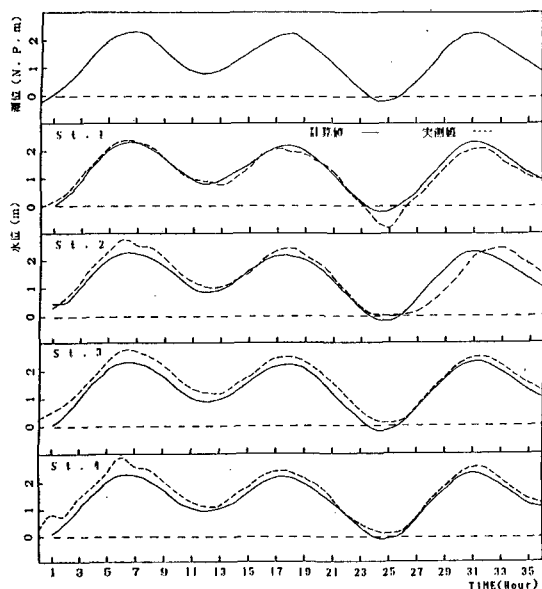


図-2 大潮時の潮位・水位変化

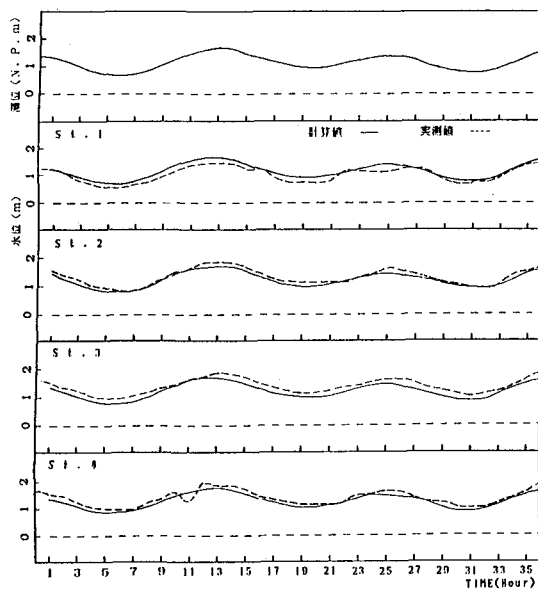


図-3 小潮時の潮位・水位変化

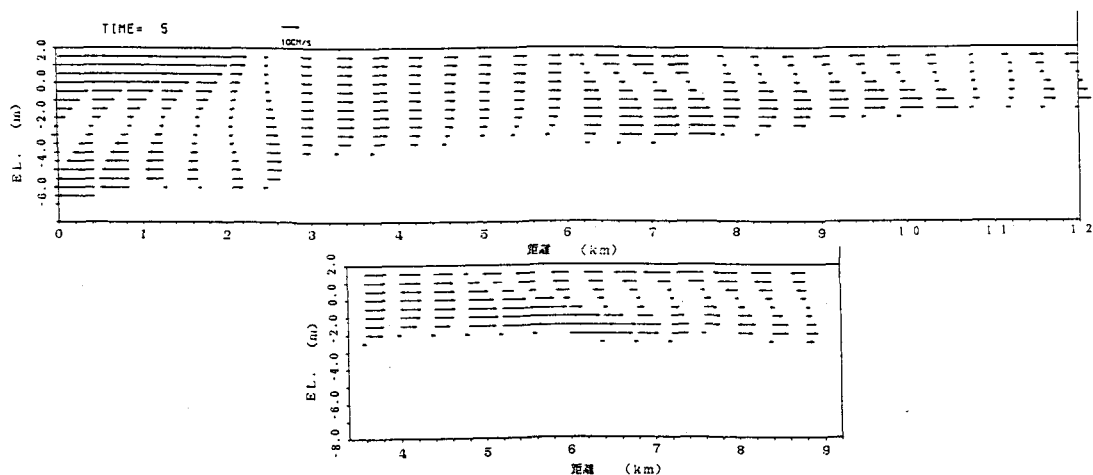


図-4 大潮時（上げ潮）の流速分布

5. おわりに

本研究より、感潮河川における水理・流動の特性が定量的に解析され、再現された。この結果は妥当なものであると考えられ、今後は水質汚濁の挙動をこのモデルで数値解析し、現象説明を進めていきたいと考えている。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。