

岡山大学工学部 学生員 那須清貴
岡山大学工学部 正 員 河原長美
ヤング開発(株) 西田俊夫

1. はじめに

感潮域における水質予測に関する研究の一環として従来より水質観測と伴に、主に平面2次元モデルによる流動の数値解析を行ってきたが、密度流の複雑な流れの再現が困難であった。そこで本研究では3次元モデルのひとつであるマルチレベルモデル¹⁾を見島湾に適用し、実測値に対する適合性を2次元モデルと3次元モデルとで比較し、また水質予測を行う為の予備検討として、染料拡散についても同様の比較を試みた。

2. 解析手法

本研究で用いた基礎式を以下に示す。

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uu) + \frac{\partial}{\partial y}(vu) + \frac{\partial}{\partial z}(wu) - fv + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x}(A_x \frac{\partial u}{\partial x}) - \frac{\partial}{\partial y}(A_y \frac{\partial u}{\partial y}) - \frac{\partial}{\partial z}(A_z \frac{\partial u}{\partial z}) &= 0 \\ \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uv) + \frac{\partial}{\partial y}(vv) + \frac{\partial}{\partial z}(wv) + fu + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x}(A_x \frac{\partial v}{\partial x}) - \frac{\partial}{\partial y}(A_y \frac{\partial v}{\partial y}) - \frac{\partial}{\partial z}(A_z \frac{\partial v}{\partial z}) &= 0 \\ \frac{\partial p}{\partial x} + \rho g &= 0 \quad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \\ \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uc) + \frac{\partial}{\partial y}(vc) + \frac{\partial}{\partial z}(wc) - \frac{\partial}{\partial x}(D_x \frac{\partial c}{\partial x}) - \frac{\partial}{\partial y}(D_y \frac{\partial c}{\partial y}) - \frac{\partial}{\partial z}(D_z \frac{\partial c}{\partial z}) &= 0 \end{aligned}$$

ここに、 x, y, z は各々水平南向、水平東向、鉛直上向を正とし、 u, v, w は x, y, z 方向の流速、 f はコリオリ係数、 g は重力加速度、 ρ は水の密度 (塩分の関数)、 A は運動量拡散係数 ($10 \text{ m}^2/\text{s}$)、 c は物質 (塩分) 濃度、 D は物質拡散係数 ($10 \text{ m}^2/\text{s}$) である。

以上の基礎式を基にして、差分法を用いて数値解析を行った。対象とした水域は図-1に示す見島湾であり、差分間隔 $\Delta x = \Delta y = 200 \text{ m}$ 、 $\Delta z = 3 \text{ m}$ 、最大4層とした。境界条件として旭川および吉井川共に流量を、湾口においては米崎の実測水位を与え、また塩分については、湾口で濃度勾配ゼロ、河川水の濃度をゼロとした。更に、染料拡散に対しては、初期条件として全域一律に5ppmの濃度を与え、河川水および海水の濃度をゼロとして計算を行った。

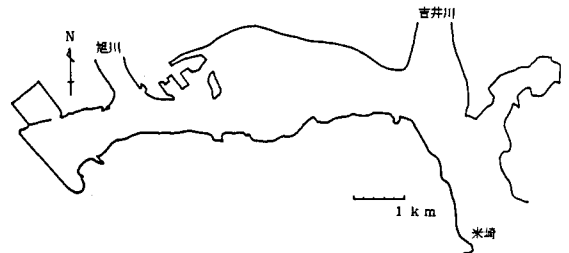


図-1 見島湾

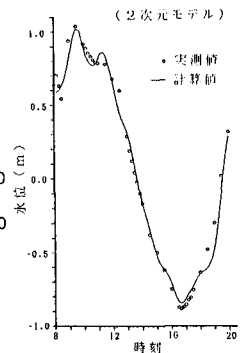


図-2 水位変化

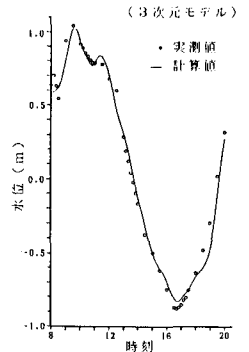


図-3 水位変化

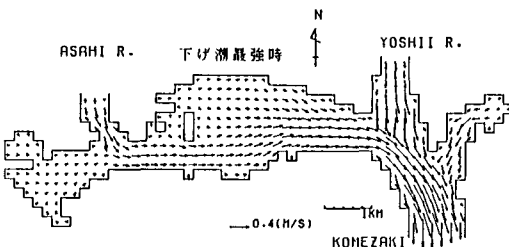


図-4 流速ベクトル図 (2次元モデル)

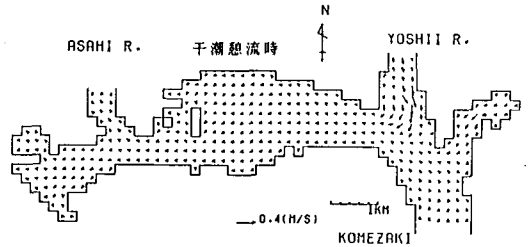


図-5 流速ベクトル図 (2次元モデル)

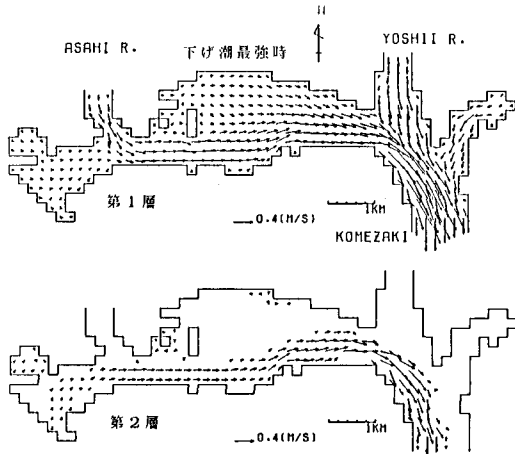


図-6 流速ベクトル図(3次元モデル)

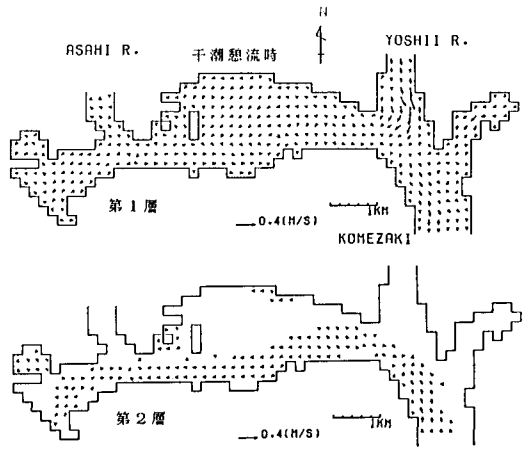


図-7 流速ベクトル図(3次元モデル)

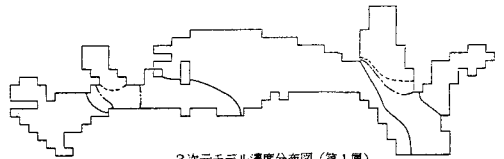
3. 結果および考察

まず、旭川河口における水位の実測値と計算値との比較を2次元モデル、3次元モデルそれぞれについて示したのが図-2、3である。これらの図より両モデル共に水位の再現は良好でありモデル間の差異はあまり顕著ではない。

次に、2次元モデルの代表的な2つの流速ベクトルを図-4、5に、3次元モデルの同様な第1層と第2層の流速ベクトルを図-6、7に示す。図-4、6より、下げ潮最強時の流況を両モデルについて比較すると3次元モデルの流速が、やや大きい様であるが、顕著な差異は見られない、しかし図-5、8より干潮憩流時において流況を比較してみると、2次元モデルでは微弱ながら湾口から湾奥へ向かって、はっきりとした方向性を持つ流れが現われているが、3次元モデルの第1層では中央および湾口付近で渦が見られ、また第1層と第2層で流向の逆転が見られるなど、密度流による複雑な流況が再現されている。



図-8 2次元モデル濃度分布図



3次元モデル濃度分布図(第1層)



図-9 3次元モデル濃度分布図(鉛直平均)

最後に、染料拡散解析の干潮憩流時における濃度分布を図-8、9に示す。図-8は2次元モデル、図-9は3次元モデルの第1層および鉛直平均の等濃度線を示したものである。2次元モデルと3次元モデルの鉛直平均とを比較しても、その差は顕著ではないが、第1層と比較すると3次元モデルの方が河川水の拡散範囲が広い、このことは河川水が表層をすべる様に拡散して行く状況をよく表していると思われる。従って、拡散解析をする場合には3次元的に取扱う必要があると思われる。

以上の結果を踏まえ、今回用いた3次元モデルの改良、特に湾口における境界条件の再検討及び実測値との、より詳細な比較検討をすするとともに、今後は水質も含めたより詳細な観測を行い、感潮域の流動特性を明かにして更に、水質予測モデルへと研究を進めて行く予定である。

(参考文献)

- 1) Leendertse, J. J. A THREE-DIMENSIONAL MODEL FOR ESTUARIES AND COASTAL SEAS Vol.1,2 R-1417-OWRR
DECEMBER 1973