

京都大学大学院 学生員 木下 昌樹

京都大学工学部 正員 岩佐 義朗

京都大学工学部 正員 井上 和也

1.はじめに： 本報は、淀川および大和川の河口付近の埋立計画に先だって必要とされる、洪水流出時の大阪湾河口沿岸域の流況を数値解析によって予測しようとしたものである。用いる数値解析モデルは、従来これに似た研究において主流を占めている平面二次元モデルと、これと比較検討を行うために三次元モデルを考えることにする。これらにより、予測される流況の特徴をみるとともに、モデルの違いによって結果にどのような差異が生じるかについて検討する。ただし、本報では大阪湾の地形には新たな埋立が行われていない現状を採るものとする。

2.基礎方程式：  $x, y, z$  軸はそれぞれ東、北、鉛直上向きを正にとる。基礎方程式は、二次元モデルの場合(1)～(3)、三次元モデルの場合(4)～(8)で、記号は慣用に従っている。境界条件は、河川境界においては河川流入に相当する水理量を与え、海域の境界においては水位を境界条件として与える。また三次元モデルの場合水面( $z = \zeta$ )では  $w_s = \frac{\partial \zeta}{\partial t} + u_s \frac{\partial \zeta}{\partial x} + v_s \frac{\partial \zeta}{\partial y}$  とし、水底( $z = -H$ )では  $w_b = u_b \frac{\partial (-H)}{\partial x} + v_b \frac{\partial (-H)}{\partial y}$  とする。水底のせん断応力については二つのモデルともに  $\tau_{bx}/\rho = gn^2 u \sqrt{u^2 + v^2} / (H + \zeta)^{1/3}$ 、 $\tau_{by}/\rho = gn^2 v \sqrt{u^2 + v^2} / (H + \zeta)^{1/3}$  で与えることにする。これら基礎方程式を leap-frog 法で差分化し、解析を行う<sup>1,2)</sup>。

3.計算条件： 明石海峡および紀淡海峡を含む大阪湾全域を計算の対象領域とし、水平面内の  $x, y$  方向にそれぞれ 1 km ごとに分割し、三次元モデルではさらに鉛直方向に最大28層に分割する。時間ステップ  $\Delta t$  いずれのモデルでも  $\Delta t = 10 \text{ sec}$  とする。

水平面内の渦動粘性係数、渦動拡散係数  $A_h, K_h$  は、 $A_h = 10.0 \text{ m}^2/\text{sec}$ 、 $K_h = 10.0 \text{ m}^2/\text{sec}$  の一定値をとることにし、鉛直方向のそれら ( $A_v, K_v$ ) は局所Richardson数  $Ri = -g(d\rho/dz)/\rho (du/dz)^2$  の関数として  $A_v = A_{v0} e^{-mRi}$ 、 $K_v = K_{v0} e^{-rRi}$  で与え、 $A_{v0} = 0.02 \text{ m}^2/\text{sec}$ 、 $K_{v0} = 0.02 \text{ m}^2/\text{sec}$ 、 $m = 1.5$ 、 $r = 3.0$  とした。

計算は、気象衛星NOAAによって出水時の流況の

撮影が行われた1982年8月2日を中心にして行った。すなわち、このときの淀川、大和川からの流出流量を、実績値から図・1のようなハイドログラフを与え、また海域の境界では観測値に基いて図・1の潮位ハイドログラフを与えた。なお、初期条件は、8月1日5時に設定することにし、仮想的に静止の状態を想定した。

4.結果： NOAAによる撮影は、8月2日14時24分に行われている。したがって、ここでは計算開始後33時間14分から20分間（8月2日14時14分から20分間に相当）にわたって、計算値を平均した結果について述べる。（瞬間値をとらなかつたのは、計算上生じる細かい変動を取り除こうとしたからである）。図・2は、平面二次元モデルによる水位分布および流速ベクトルであり、図・3は三次元モデルによる同様

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{\alpha} (u\eta) \frac{\partial}{\partial x} + \frac{1}{\beta} (v\eta) \frac{\partial}{\partial y} = f_N - g(H + \zeta) \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{\alpha} (u\eta) \frac{\partial}{\partial x} + \frac{1}{\beta} (v\eta) \frac{\partial}{\partial y} = f_M - g(H + \zeta) \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{\alpha} \eta \frac{\partial}{\partial x} + \frac{1}{\beta} \eta \frac{\partial}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + Lu = fv - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + A_h \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + A_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (4)$$

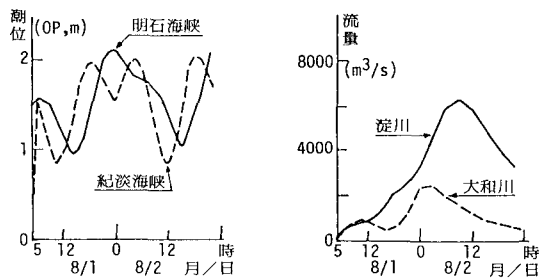
$$\frac{\partial v}{\partial t} + Lv = -fu - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + A_h \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + A_v \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \quad (5)$$

$$0 = -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \quad (6)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + L \Delta \rho = K_h \nabla^2 \rho + K_v \frac{\partial^2 \rho}{\partial z^2} \quad (8)$$

$$\text{ただし } Lu = u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + w \frac{\partial}{\partial z}, \quad \rho = \rho_0 - \Delta \rho$$



図・1

の結果である。ただし、流速ベクトルは表層(第1層)のものである。また、図・4 は同時間付近における淀川の河口での水位の時間的变化表している。まず、水位分布を見比べると、全体的に二次元モデルの方が三次元モデルよりも約5cm上昇しているのがわかる。また、流速ベクトルについては、二次元モデルにおいて明石海峡の境界の水位の変動によって生じた流速が、東の方向に強く進んでおり、その影響は河口からの洪水の流れにも及んでいることがわかる。これにより、二次元モデルでは河口沖合において水位上昇が強くあらわれ、これが周囲に波及していると考えられる。

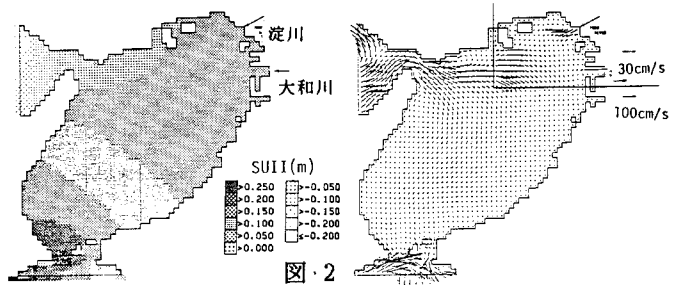
しかし図 4 をみる限りでは、両モデルの水位の挙動はよくにており、水面勾配の様子からみても、水位の面では両モデルの間には定性的に大きな相違はないものと思われる。一方、河口から沖合に向かっての流速をみると、三次元モデルの表層の流速が大きくなっている。三次元モデルにおける河川水と海水の密度差の影響

を知るために、河口付近での鉛直方向の混合をみたところ、表層部では河川水と海水との混合がみられたが、それ以深では海水のままの停滞した状態であった。このために、流れの有効断面積が減少し、表面流速が速くなっているものと思われる。そこで、二次元モデルとの比較のため、三次元モデルの流速を鉛直方向に積分して平均をとってみた。図・5 は、先の図と同じ時間において、三次元モデルの結果を水深方向に平均して求めた流速ベクトル図である。この図をみると、河口付近の流速ベクトルは図・3より小さくなっており、二次元モデルの結果とよく似ている。すなわち三次元モデルの場合、その密度の与え方が流況に大きな影響を与えているものと思われる。三次元モデルでは、上記のように流れは上層の淡水と下層のほとんど静止している塩水に分離されている。洪水時のような大きい流量の流出時に、河口沿岸域で密度分布がどのようになるかは、きわめてむずかしい問題であり、混合が本研究で採ったようなRichardson数の関数とする渦動拡散係数によって表現できるかについては、検討が必要であろう。

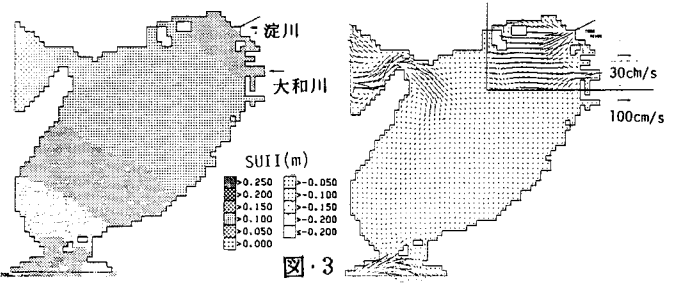
**5.今後の課題：** 今回の計算では、いずれのモデルが埋立の影響を知る上でより妥当であるかを明らかにすることはできなかった。今後、より詳しい検討とともに、さらに現実的な解析のため、気象要因を含めることや、詳細な流況をみるための対象領域を狭めた計算が必要である。

(参考文献)

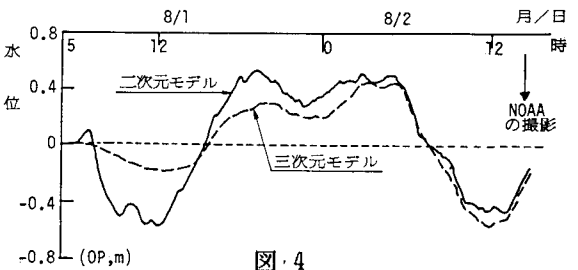
- 1)岩佐、井上、足立；琵琶湖南湖の湖流と拡散に関する数値シミュレーション、京大防災研年報21-B-2
- 2)岩佐、井上、劉、阿部；琵琶湖湖流の三次元的な解析、京大防災研年報26-B-2



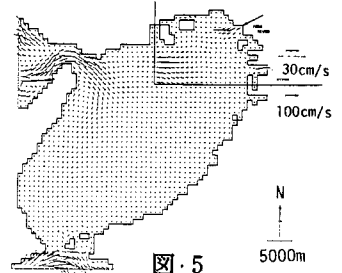
図・2



図・3



図・4



図・5