

第Ⅱ部門

3 次元数値解析による新淀川の流れの研究

大阪工業大学大学院 学生員 ○廣田 健次 タクマ汎用機械株式会社 非会員 佐谷 亮
(社)近畿建設協会 正会員 柿木 理史 大阪工業大学工学部 正会員 綾 史郎

1. はじめに

河口は川からの淡水と海からの塩水という密度の異なる流体が接する場であり、生物的には塩分濃度や潮の干満に応じて特有の汽水域の生物が生息する場である。新淀川は淀川大堰によって放流流量、放流位置を制御される河口域であり、本研究は放流水と新淀川の流れと塩分濃度との関係を明らかにしようとする。

2. 基礎方程式

流れの基礎方程式は、連続式、静水圧近似および Boussinesq 近似を仮定した運動方程式と塩分濃度の拡散方程式で、デカルト座標系 (x_1, x_2, x_3) で以下のように表される。 ($i=1,2,3 \quad j=1,2$)

$$\begin{aligned} \cdot \text{連続式} \quad & \frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad \cdot \text{塩分濃度の拡散方程式} \quad \frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \frac{\partial u_i \bar{c}}{\partial x_i} = \frac{\partial \bar{s}_i}{\partial x_i} \\ \cdot \text{運動方程式} \quad & \frac{\partial u_j}{\partial t} + \frac{\partial u_j u_i}{\partial x_i} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \bar{p}_h}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\tau_{ji}}{\rho_0} \right) \cdot \bar{p}_h = \rho_0 g \zeta - \rho_0 g \text{Den} \quad \cdot \text{Den} \equiv \frac{1}{\rho_0} \int_{x_3}^{\zeta} \Delta \rho dx_3 \end{aligned}$$

ここに、 u_i : x_i 軸方向の平均流速ベクトル、 ρ_0 : 基準密度、 $\bar{p}_h$: 静水圧、 τ_{ji}/ρ_0 : x_i 軸に垂直な面に作用する x_j 軸方向の Reynolds 応力、 $\bar{c}$: 塩分濃度、 $\bar{s}_i$: x_i 軸に垂直な面に流出入する塩分濃度の輸送量、 ρ : 塩水の密度であり水温 T (°C) と塩分濃度 c (‰) の関数として与える。本研究では、水平方向に一般曲線座標系、鉛直方向には σ 座標系を導入し、上記の基礎方程式に座標変換を施した。また、今回の研究では、 σ 座標系をある基準面を設定して上層と下層に分けて、それぞれの層において σ 座標系を適用した。

3. 数値実験の概要

数値実験は、平水時の距離標杭 0.0km~9.8km までの新淀川を対象として 12 時間行った。数値解析を行うにあたり、対象水域を流下方向に 490 分割、横断方向に 40 分割、鉛直方向に 12 分割した数値格子網を生成した。今回の実験では、風による表面せん断応力は考慮していない。また、計算に必要な係数などの各諸量については表-1のとおりである。なお、差分については、従属変数を staggered に配置し、時間積分には Leap-Frog 法、空間積分には 2 次精度風上差分、中央差分を適用した。また、上流端では、淀川大堰 6 門のうち、右岸側 1 門のゲートの路床より 5~6 層を開放し、流量-時間曲線により与えた流量 Q を u^1 に変換して境界条件とした。また、ゲート閉鎖部においては、 $u^1 = u^2 = u^3 = 0$ とした。

4. 結果と考察

今回、0.0km~9.8km の区間を対象としたが、8.0km より下流では変化が見られなかった為、8.0km~9.8km の領域について考察する。図-1 は、それぞれ 1 時間後、7 時間後、12 時間後の流速ベクトル平面分布図である。放流開始後、放流水は右岸側から左岸側に直進し、左岸に当り右に向きを変える。また、12 時間後には堰下流の中央部から左岸に反時計回りの循環流が確認できる。図-2 は、同じく 1 時間後、7 時間後、12 時間後の塩分濃度平面分布図である。流れに乗って右岸沿いに淡水は徐々に広がった後、水平循環流の影響を受けて左岸側に大きく回りこむように分布する。流れが左岸に到達してからは左岸沿いに拡散して

表-1 計算条件

計算時間間隔	$\Delta t=0.2$ (sec)	
空間差分間隔	$2\Delta \xi_1=2\Delta \xi_2$ ($\Delta \xi_1=\Delta \xi_2=1$)	
渦動粘性係数	水平方向	$A_h=0.1$ (m ² /s)
	鉛直方向	$A_v=0.0001$ (m ² /s)
乱流拡散係数	水平方向	$K_h=0.1$ (m ² /s)
	鉛直方向	$K_v=0.0001$ (m ² /s)
底面摩擦係数	$\gamma_b=0.026$	
初期水位 (注1)	$\zeta=1.60$ (m)	
下流端水位 (注1)	$\zeta_{out}=1.60$ (m)	
流量	$Q=30.0$ (m ³ /s)	
水温 (注2)	$T=20.0$ (°C)	
初期濃度 (注2)	$c=30.0$ (‰)	
下流端濃度 (注2)	$c=23.0$ (上層)~ 32.0 (下層) (‰)	
流入端濃度	$c=0.0$ (‰)	

(注1): 建設省近畿地方建設局淀川工事事務所から頂いたデータより

(注2): 「大阪湾環境学説(第三巻)」より

Kenji HIROTA, Ryo SATANI, Satoshi KAKINOKI, Shirou AYA

いく様子が確認できる。図-3、図-4は、12時間後の右岸側ゲートの中心軸上を通る一般曲線座標に沿った流速ベクトル縦断分布図と塩分濃度縦断分布図である。表層を流れに乗ってすべるように緩やかな勾配を持った低濃度の噴流が、時間の経過とともに下流に向かって拡散していく様子が見られる。

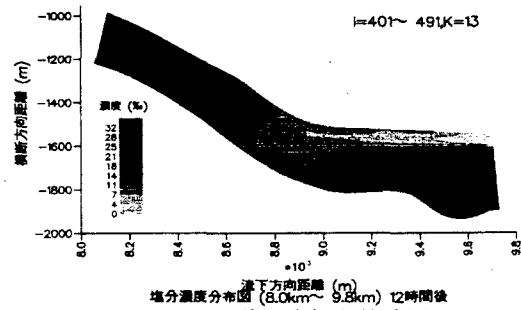
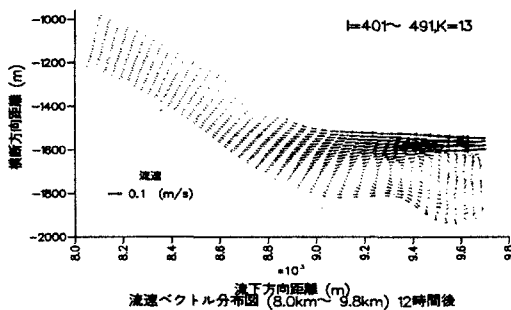
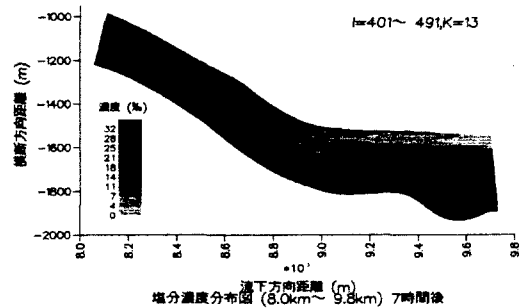
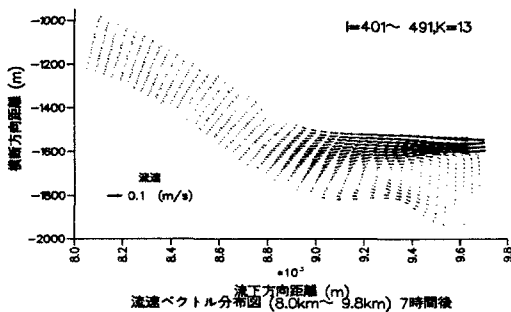
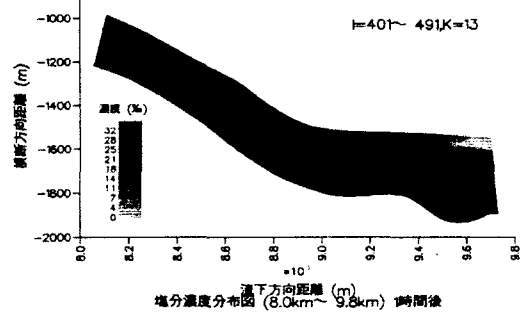
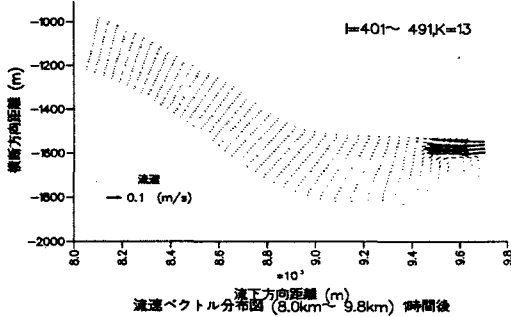


図1 流速ベクトル平面分布図

図-2 塩分濃度平面分布図

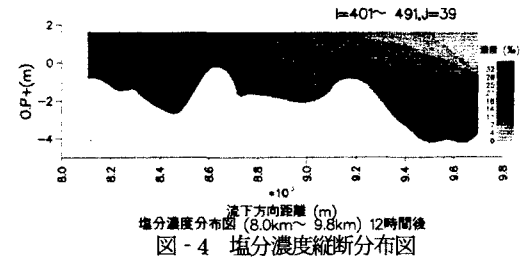
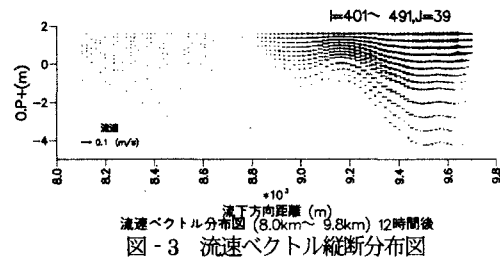


図-3 流速ベクトル縦断分布図

図-4 塩分濃度縦断分布図

5. おわりに

本研究では新淀川を対象として一般曲線座標系を用いた3次元数値解析を行い、循環流の確認と、塩分濃度の拡散状態を見ることができた。今回は、計算時間が短く、河口まで淡水が到達していない。今後、数値解析法を見直し、計算時間の改善を行い河口潮位の影響を考慮した数値解析を完成していきたいと思う。

参考文献 白井・中辻：東京湾における3次元数値モデルへの σ 座標系の導入。土木学会第51回年次学術講演会概要集。第II部門, pp.342-343, 1996