

第II部門 河口に位置する港湾内の流動促進に関する検討

大阪市立大学工学部 学生員 ○風嵐 陽太
 大阪市立大学院工学研究科 正会員 重松 孝昌

1. はじめに

閉鎖性内湾の奥部河口に位置する港湾は、淡水と海水が共存する環境勾配の大きな沿岸域で、求められる機能のために静穏性が高く海水交換が少ない場である。このような海域は、陸域からの淡水に含まれる栄養塩の影響を受けて富栄養化が著しいことも相俟って、夏季には貧・無酸素化が常態化している。堺泉北港湾海域堺2区の北泊地(以後、北泊地と略称す)もその一例として挙げられ、環境改善が必要な海域のひとつとされている。北泊地は、港口部に比して泊地内の水深が深く、大和川の水質の影響も強く受けているといわれている。また、出水時には大量の浮遊ゴミが流入するなどの事象も観察されているが、その流入メカニズムは明らかになっていない。このような海域の環境修復手法として、たとえばバブルエアレーションなどのように酸素を供給するなど対処療法的な手法も考えられるが、浅水化や導水によって流動性を高めて環境構造を改善することが効果的であると考えられる。

そこで、本研究では、浅水方程式を用いて大和川を含む北泊地周辺の流況を計算するとともに、浅水化や導水が泊地の流動性に及ぼす影響について検討を行った。

2. 流動モデルの概要

本研究では二層流モデルを用いた。基礎方程式は、静水圧近似を仮定した浅水方程式²⁾を、Imamuraら³⁾を参考にして二層流モデルに適用した。図-1のように座標系を設定すれば、上層に対する基礎式は

$$\frac{\partial(\zeta_1 - \zeta_2)}{\partial t} + \frac{\partial q_{1i}}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial q_{1i}}{\partial t} + \frac{\partial J_{1ij}}{\partial x_i} + gD_1 \frac{\partial \zeta_1}{\partial x_i} + S_{1i} = 0 \quad (2)$$

また、下層に対するそれは、

$$\frac{\partial \zeta_2}{\partial t} + \frac{\partial q_{2i}}{\partial x_i} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial q_{2i}}{\partial t} + \frac{\partial J_{2ij}}{\partial x_i} + gD_2 \left(\alpha \frac{\partial D_1}{\partial x_i} + \frac{\partial \zeta_2}{\partial x_i} - \frac{\partial h_2}{\partial x_i} \right) + S_{2i} = 0 \quad (4)$$

$$J_{1ij} = \beta U_{1j} q_{1i} - \tilde{\nu}_t \frac{\partial q_{1i}}{\partial x_j} \quad (5)$$

$$J_{2ij} = \beta U_{2j} q_{2i} - \tilde{\nu}_t \frac{\partial q_{2i}}{\partial x_j} \quad (6)$$

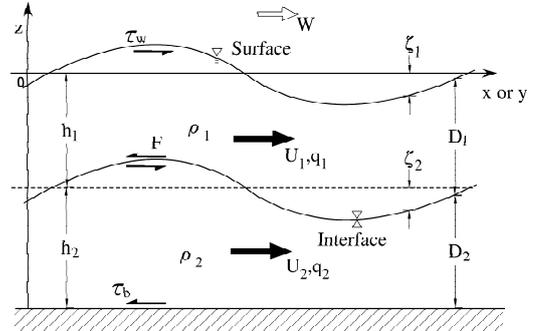


図-1 座標系

$$S_{1i} = -\frac{\tau_{wi}}{\rho_1} + F_i, \quad S_{2i} = -\alpha F_i + \frac{\tau_{bi}}{\rho_2} \quad (7)$$

ここに、下付数字の1, 2は第1および第2層の諸量であることを示し、 ζ は水位変動、 U_i は各層の層平均流速の*i*方向速成分、 q は線流量、 ρ は流体の密度、 g は重力加速度、 $\tilde{\nu}_t$ は渦度粘性係数、 β は運動量修正率、 D は水深*h*の水位変動 ζ の和を表す。 α は密度比で $\alpha = \rho_1/\rho_2 = 1.000/1.025$ である。また、 τ_w は風による海面応力を表すが、本計算では考慮していない。 τ_b は底面せん断応力を表し、

$$\tau_{bi} = 0.5\rho_2 C_d U_{2i} \sqrt{U_{2i}^2 + U_{2j}^2} \quad (8)$$

で求めた。 C_d は底面摩擦係数である。 F は層間応力で、

$$F_i = f_i (U_{1i} - U_{2i}) \sqrt{(U_{1i} - U_{2i})^2 + (U_{1j} - U_{2j})^2} \quad (9)$$

として求めた。ここに、 f_i は界面抵抗係数である。

3. 計算条件

図-2に示す領域を対象として、上述の基礎式を差分法を用いて計算した。計算メッシュは $\Delta x = \Delta y = 10m$ 、計算時間間隔 $\Delta t = 0.5s$ で計算を行った。地形データ



図-2 計算領域

は、大阪府港湾局が平成17年3月に作成した堺2区測深図を用いた。潮位変動は計算領域左端部で

$$\zeta_2 = 0.5\zeta \sin(2\pi t/T) \quad (10)$$

で与えて計算し、 ζ_1 に対しては放射境界条件を適用した。本計算では、 $\zeta = 0.6\text{m}$ 、 $T = 12\text{hr}$ として24時間の計算を行った。また、国土交通省近畿地方整備局大和川工事事務所による遠里小野橋における調査を基に、河川流量を $Q = 18.4\text{m}^3/\text{s}$ 、遠里小野橋における水深を $h = 0.5\text{m}$ として与えた。なお、陸域と水域との境界条件はノースリップ条件を課した。

以下には、現況の地形に対する計算(Case1)と、大和川から幅80mの水路で導水した場合(Case2)、および、泊地内全域を平均水深5mに浅海化した場合(Case3)について計算した結果を示す。

4. 計算結果

図-3は、現況地形における上げ潮時および下げ潮時の表層流速ベクトルを示したものである。同図によれば、上げ潮時には表層の淡水が泊地から流出するような、また、下げ潮時には泊地内に流入するような計算結果が示されている。下層の海水は、上げ潮時には流入し下げ潮時には流出するような計算結果が得られることを勘案すると、下層の海水が下げ潮時に流出するのに伴って、表層の淡水がそれを補償するように流入してくると考えられる。すなわち、北泊地内への河川水の流入は潮位変動と密接な関係があると考えられ、出水時の浮遊ごみの流入は下げ潮時に多いのではないかと推察される。

図-4は、上げ潮時の底層流速ベクトルを示したものである。同図(a)は現況地形の場合の、同図(b)は浅海化した場合の計算結果を示している。現況地形の場合と比較すると浅海化した場合には、泊地内における流速は大きくなっていることが分かる。図-5は、満潮時の表層流速ベクトルを示したもので、(a)は現況地家の場合の、(b)は導水した場合の計算結果を示したものである。同図によれば、泊地内の導水用水路出入り口付近の流速をはじめ、全域にわたって大凡流速が早くなっている。なお、本計算結果によれば、満潮時に最

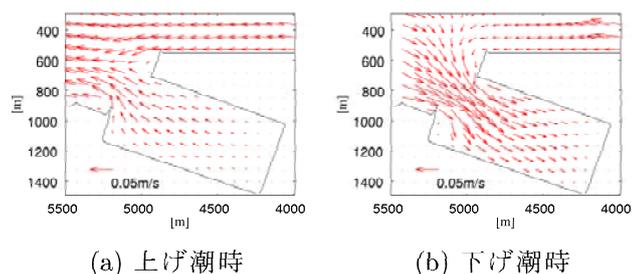


図-3 表層流速ベクトル(現況)

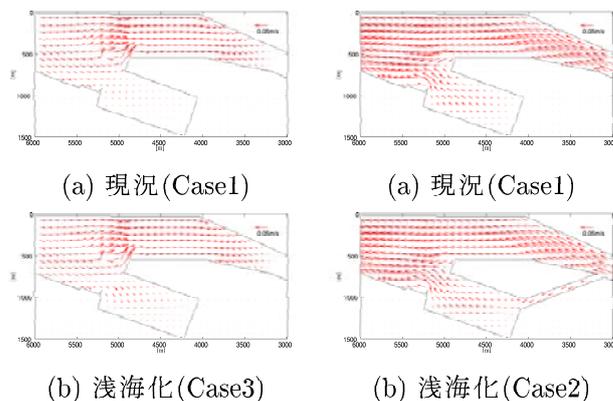


図-4 底層流速ベクトル 図-5 表層流速ベクトル

大 $1.6\text{m}^3/\text{s}$ の表層水が泊地内に流入し、下潮時には $0.4\text{m}^3/\text{s}$ の表層水が泊地から河川へと流出する結果となった。

港口部および港奥部における流速の時系列を図-6に示す。図中の実線は表層流速を、破線下層流速を表している。同図によれば、港口部においては表層水と底層水の流速の位相は逆転していること、また、浅海化によって底層水の流速が大きくなる事が分かる。一方、港奥部においては底層水がほとんど運動していないこと、および、河川水を導水することによってわずかに表層水の流速が大きくなるものの底層水にはその影響はほとんど見られないことが分かる。

5. まとめ

本研究では、二層流モデルを用いて河口に位置する港湾海域の流動を推定し、河川水の導水および浅海化が流動に及ぼす影響について検討した。その結果、潮位変動によって表層淡水と底層海水の流動が大きく影響を受けていることが確認された。

参考文献

- 1) A.G.L. Borthwick *et al*(2001):The shallow flow equations solved on adaptive quadtree grids,Int.J.Meth.Fluids, 37, pp.691-719.
- 2) R.A.Falcoer(1994): An introduction to nearly-horizontal flows, In Coastal, Estuarial and Harbour Engineer' Reference Book, pp.27-36.
- 3) F. Imamura *et al*(1995): Long Waves in two-layers: Governing equations and numerical model, Inter. Jour. for Num. Methods in Fluids, pp.3-24.

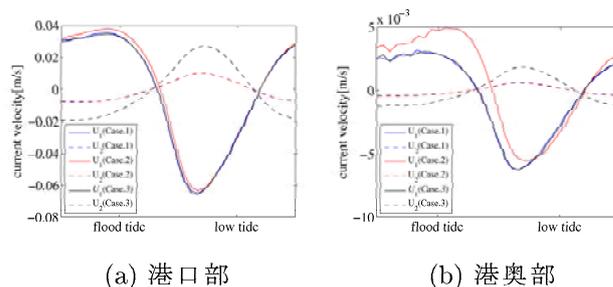


図-6 流速の時系列変化