

人工島建設後の博多湾の潮流・拡散シミュレーション

九州大学工学部○学生員 岡崎 恵美 九州大学工学部 正員 小松 利光
九州大学工学部 学生員 矢野真一郎 九州大学工学部 正員 朝位 孝二

1. まえがき 博多港は、国際港湾としての地位が高まってきており、西暦2000年を目標とした博多港港湾計画に基づく開発が積極的に進められている。その計画によると港の東部海域にはアイランドシティと名付けられた人工島が建設されることになっている。現在の博多湾は、湾口が狭く奥行きが広い、いわゆる閉鎖性内湾であるため、外海との海水交換が悪く、湾奥部での水質汚染が進んでいる。人工島は、水質汚染の著しい湾奥部に建設される計画であり、人工島建設後、湾奥部でのさらなる水質の悪化が危惧され、周辺住民の反対の声も強い。こうした中、博多湾において人工島が与える環境へのインパクトの評価が重要な課題となっている。本研究は、平面2次元モデルを用いた潮流・水質シミュレーションにより人工島が博多湾の潮流や水質にどのような影響を与えるかについての評価を行うものである。

2. 数値計算

2. 2 基礎式 計算に用いた基礎式は、以下に示すように水深方向に平均した平面2次元非定常モデルにおける連続の式、x, y 方向の運動方程式、移流拡散方程式、小松ら¹⁾による分散係数の評価式である。

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = q \tag{1}$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{M}{h+\zeta} \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{N}{h+\zeta} \frac{\partial M}{\partial y} - fN = -g(h+\zeta) \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t \frac{\partial M}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t \frac{\partial M}{\partial y} \right) - \frac{\gamma^2}{(h+\zeta)^2} M \sqrt{M^2 + N^2} \tag{2}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{M}{h+\zeta} \frac{\partial N}{\partial x} + \frac{N}{h+\zeta} \frac{\partial N}{\partial y} + fM = -g(h+\zeta) \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t \frac{\partial N}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t \frac{\partial N}{\partial y} \right) - \frac{\gamma^2}{(h+\zeta)^2} N \sqrt{M^2 + N^2} \tag{3}$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left\{ (h+\zeta)p \right\} + \frac{\partial}{\partial x} (pM) + \frac{\partial}{\partial y} (pN) = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ (h+\zeta) D \frac{\partial p}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ (h+\zeta) D \frac{\partial p}{\partial y} \right\} + q' \tag{4}$$

$$D = \alpha V_m h \tag{5}$$

ここで、 $M(x,y,t) = (h+\zeta)U$ 、 $N(x,y,t) = (h+\zeta)V$ はそれぞれ x, y 方向の線流量、 $U(x,y,t)$ 、 $V(x,y,t)$ は x, y 方向の水深平均流速、 $\zeta(x,y,t)$ は潮位、 $h(x,y)$ は時間平均水深、 $q(x,y)$ は淡水流入量、 $v_t(x,y)$ は2次元渦動粘性係数、 $\gamma^2 = 0.0025$ は海底摩擦係数、 $p(x,y,t)$ は拡散物質の水深平均濃度、 $q'(x,y)$ は流入負荷量、 $D(x,y)$ は分散係数、 $V_m(x,y)$ は潮流最大流速、 α は比例定数 (博多湾では $\alpha = 90^{11}$) である。

2. 2 潮流計算 潮流の計算はADI法²⁾ (Alternating Direction Implicit Method) により行った。ADI法は、2段階のスキームで、第1段階ではx方向のみ陰解法で第2段階ではy方向のみ陰解法を適用させて計算を行う方法であり、安定性の高い計算法である。 M_2 潮を対象とし、湾口での振幅は年平均値を用いた。計算条件を表-1に示す。人工島周辺には香椎パークポートとの間に最も狭いところで約100mしかない幅の水路ができることになっており、格子間隔を湾のスケールに比べて非常に小さくする必要がある。そこで

表-1 計算条件

計算格子間隔 (海域A)	$\Delta x = \Delta y = 300 \text{ (m)}$
(海域B)	$\Delta x = \Delta y = 100 \text{ (m)}$
時間格子間隔	$\Delta t = 2 \text{ (sec.)}$
湾口部での境界条件	$\zeta = 0.57 \cos(2\pi t/T)$
周期	$T = 12 \text{ hour } 25 \text{ min.}$
2次元渦動粘性係数	$v_t = 50.0 \text{ (m}^2/\text{sec.)}$

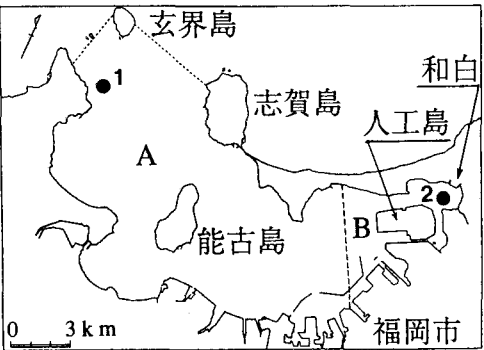
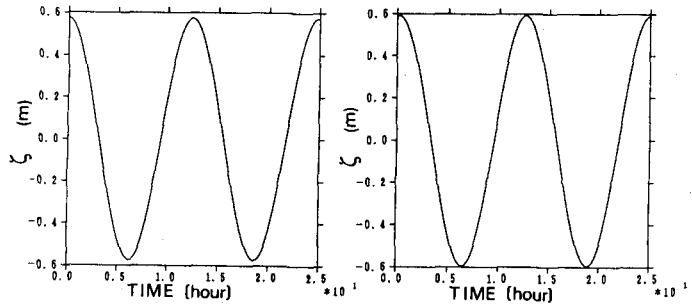


図-1 博多湾の計算領域の区分
(計算格子間隔; A:300m, B:100m)

図-1に示すように、計算格子間隔 $\Delta x (= \Delta y)$ が300 mと100 mをとる2つの海域A,Bに分け、それらを接合して計算を行った。

3. 計算結果 潮流計算により得られた潮位 ζ の時系列図を図-2 a), b) に示す。示した時系列図は図-1中に●点で示した湾口付近の点1と湾奥部の点2の2点においてとったものである。これらを比較すると潮汐の位相差はほとんど見られず、湾奥部の潮位の振幅がやや増幅しているのが分かる。次に、海域Aと海域Bの恒流の再現結果を図-3-1、3-2に示す。これらより、人工島の周囲には反時計回りの循環流ができており、市街地から河川等を通して流入した有機物質やリン等の栄養塩類が人工島背後の最湾奥部である和白周辺海域に流れ込むことが考えられる。



a) 点1 (湾口付近) b) 点2 (湾奥部)
図-2 潮位の時系列図 (計算開始後5周期から6周期)

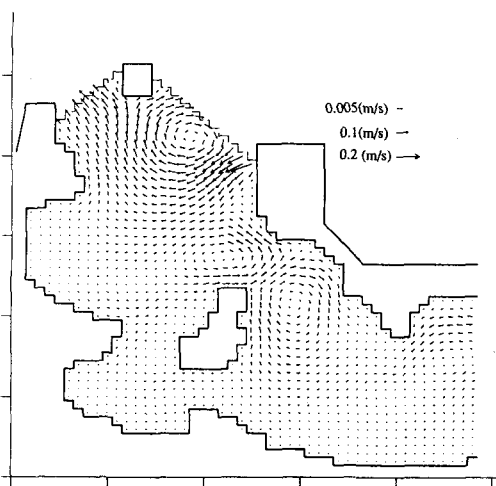


図-3-1 恒流の計算結果 (海域A)

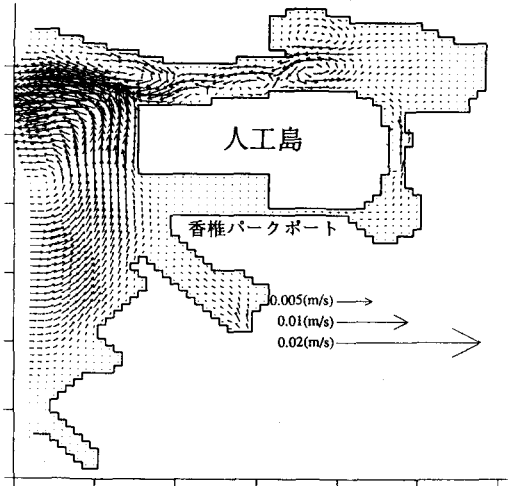


図-3-2 恒流の計算結果 (海域B)

4. 結論

人工島建設後の博多湾における潮流シミュレーションをADI法により行った。その結果、人工島周りに反時計回りの恒流成分が生じることが分かった。この恒流成分は都市域から博多湾へ流入した汚染物質や栄養塩を和白周辺の最湾奥部へと運ぶものと考えられる。和白周辺海域は海水の交換が少ないため、現在でも水質の悪化が進んでおり、人工島による循環流の発生により更なる水質悪化が促進されることが危惧される。なお、保存性物質である塩素イオン濃度の拡散シミュレーションの結果を講演時に発表する予定である。今後は、物質循環モデルを用いた水質シミュレーションを行い、人工島建設が博多湾の水質に与えるインパクトについての定量的評価を行う予定である。

【参考文献】

- 1). 小松利光, 矢野真一郎, 朝佐孝二, 松永康司: 内湾における二次元粘性・分散係数の推定に関する研究, 水工学論文集, 第37巻, pp.391-396, 1993
- 2). 金子安雄, 堀江毅, 村上和男: ADI法による潮流汚染拡散の数値計算 一大阪湾に適用した場合について, 港湾技術研究所報告, 第14巻, 第1号, pp. 3-61, 1975