

II-441

数値計算による潮汐残差流の改変効果に関する研究

長岡技術科学大学 工学部 学生員 ○ 犬飼直之
長岡技術科学大学 工学部 正 員 早川典生
通産省中国工業技術試験所 正 員 宝田盛康

1. はじめに

現在、閉鎖性水域の水質の改善には改善能力の遅い底質の改善が肝要だとされている。こういう海域の環境浄化法の一つとして、地形の一部を改変することにより、海域全体の流れを大きく改変させる方法が考えられる。このような結果をもたらす

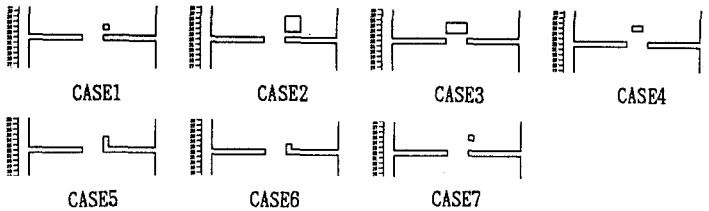


図-1 人工島、導流堤設置ケース（水深を変化させる計算では設置せず）

得る流れの成分として潮汐残差流がある。潮汐残差流は地形と潮流の非線形相互効果に起因する流れであり、恒常性を有し、長期的広域的な物質輸送を大きく左右する。よって海洋環境改善の為にはまず潮汐残差流の生成機構を理解する必要がある。本研究では、湾口が1つの基礎的な地形湾で水平二次元の潮流の数値実験をおこない、その結果を利用し渦度方程式から潮汐残差流の渦度を計算し、渦度方程式の各項のはたらきを評価した。

2. 流れの基礎方程式

①非圧縮粘性流体、②静水圧近似、③Boussinesq近似、④Barotropic流れ、の条件下における、水平二次元化した流れの運動方程式と連続式は、以下で示される^{1) 2) 3) 4)}。

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + (\vec{u} \cdot \nabla) \vec{u} + f \vec{k} \times \vec{u} = -g \nabla \zeta + \nu \nabla^2 \vec{u} - \frac{R}{H + \zeta} \vec{u} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \nabla \cdot \{ (H + \zeta) \vec{u} \} = 0 \quad (2)$$

$\vec{u}$: 水深平均流速ベクトル, $f: 2\Omega \sin \phi$, $\vec{k}$: 鉛直単位ベクトル, g : 重力加速度, ζ : 平均水面からの変位, H : 平均水深, R : 海底摩擦係数, ν : 水平粘性渦係数

3. 渦度方程式

渦度方程式を導出するために $\omega = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$ と定義し、式(1)のcurlをとり卓越潮汐(本研究ではM₂潮)の周期平均をとると、潮汐残差環流場における渦度のバランスを支配する基礎方程式として、次式を得る^{4) 5) 6) 7) 8)}。

$$\overline{\vec{u} \cdot \nabla \omega} = \underbrace{\left(\frac{\omega}{H + \zeta} \right) \frac{\partial}{\partial t} (H + \zeta)}_A - \underbrace{\nabla \times \vec{a}}_B - \underbrace{\frac{R}{H + \zeta} \overline{\vec{u}}}_{C} - \underbrace{R \vec{u} \times \nabla \frac{\vec{u}}{H + \zeta}}_D + \underbrace{\nu \nabla^2 \omega}_E + \underbrace{\nabla \nu \times \nabla^2 \vec{u}}_F \quad (3)$$

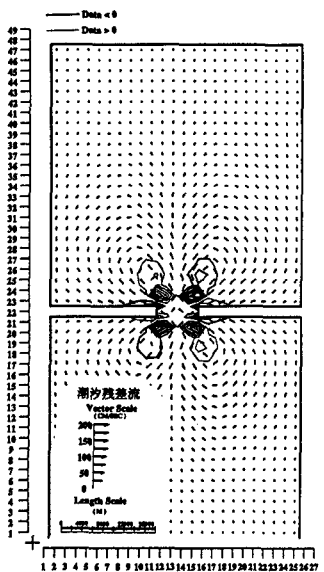


図-2 潮汐残差流と渦度(30m)

4. 計算手法と計算条件

潮流計算手法は、ADI法を採用した⁷⁾。作成した潮流計算プログラムは大阪湾の現況計算をおこないその信頼性を確認した。実験湾の計算地形は図-2に示すように格子間隔 2kmで50km×48kmの一樣水深の矩形湾とし、水深を 5mから40mまで5m毎に変化させて計算をおこなった。次に、水深 30mの実験湾内に人工島を設置し7ケース計算を行った。図-1は実験湾内の人工島設置ケースを示す。与えた M_2 潮汐振幅は50cmとした。

5. 計算結果

図-2は人工島を設置しないときの水深 30mの実験湾の潮汐残差流のベクトル図と渦度のカラーマップを示す。図-3は5～40mの各水深における潮汐残差流の循環を示す。図-4は各水深における（渦度方程式の各項の値）×（面積）の値を示す。図-5は人工島を設置したケースでの（渦度方程式の各項の負の値）×（面積）の値を示す。

6. まとめ

大阪湾の循環流は渦度方程式中の A項やD2項が強くはたっている。実験湾で渦度は海峡付近で最強になり水深 25mで最大となるが渦度の最大水深以深でも循環は増大する。水深の一樣な地形の場合D1項が主にはたっている。渦度が生成される海底に峰などの起伏を設置すれば更に強い循環が生成する可能性がある。

参考文献

- 1) 宇野木早苗 他：海洋技術者のための流れ学，東海大学出版会，1990
- 2) 柳哲雄：沿岸海洋学-海の中でのものはどう動くか-，恒星社厚生閣，1989
- 3) 金子安雄 他：港湾技術研究所報告，14，No. 1，1975
- 4) 柳哲雄 他：J. Oceanogr. Soc. Japan, 39, 156-166, 1981.
- 5) Robinson, I. S.; Deep-See Research, 28A, No. 3, 195-212, 1981.
- 6) Zimmerman, J. T. F.; Nature, 290, 549-555, 1981.
- 7) Cheng, R. T. and Casulli, V.; Water Resources Research, 18, No. 6, 1652-1662, 1982.
- 8) 宝田盛康：自然水域における拡散・分散過程とその模型手法に関する研究，科研費総合A報告（No. 02302-065），210-221.
- 9) 伊藤剛 他：土木工学における数値解析/流体解析偏，株式会社サイエンス社，1974.

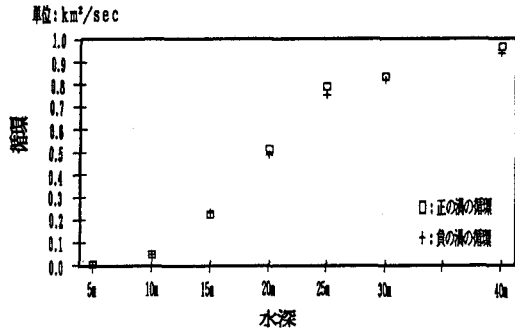


図-3 潮汐残差流の循環の水深変化

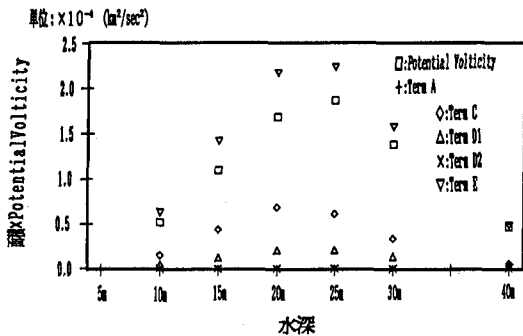


図-4（渦度方程式の各項の値）×（面積）の水深変化

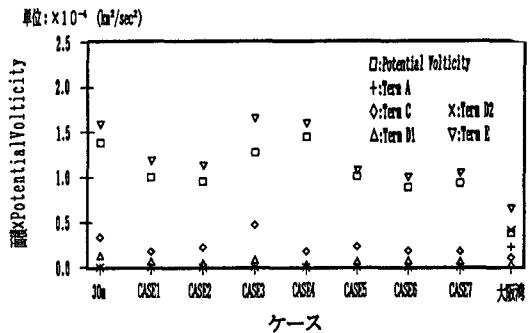


図-5（渦度方程式の各項の負値）×（面積）の地形変化