

底面粗度による名古屋港の流況制御について

九州大学大学院 工学研究科 学生会員○田嶋健太郎 フェロー 小松利光 学生会員 小橋乃子
長崎大学工学部 社会開発工学科 正会員 矢野真一郎

1. はじめに 停滯性海域の水質問題に対して、著者らは流れの向きにより抵抗特性の変化する底面粗度をを用いて潮汐残差流を制御し、海水交換を促進させる方法を提案している¹⁾。これまで室内実験やモデル湾の数値シミュレーション^{1),2)}等によりその効果を確認しているが、実際の海域に底面粗度を配置する場合には複雑な地形や流入河川の影響により、効果的な流況制御を行えないことも考えられる。そこで本研究では典型的な閉鎖性内湾である名古屋港を対象として数値実験を行い、実海域場での底面粗度の効果を検討した。なお、名古屋港では平成12年に新たな港湾整備を計画していることから、その計画案にもとづく地形に対して底面粗度の配置を行った。

2. 潮汐残差流の制御 まず、ADI法による平面2次元シミュレーションにより平成12年地形の潮流計算を行った。計算要領は矢野ら³⁾と同様であり、最初に伊勢湾全体（大領域、メッシュ間隔 $\Delta x = \Delta y = 600\text{m}$ ）に対して計算を行った後、その計算結果を境界条件として湾奥側（小領域：常滑市より北側の海域、メッシュ間隔 $\Delta x = \Delta y = 100\text{m}$ ）について計算を行った。対象潮汐をM2潮とし、伊勢湾湾口部における潮位振幅を49cm、渦動粘性係数を大領域で $100.0\text{m}^2/\text{s}$ 、小領域で $10.0\text{m}^2/\text{s}$ 、コリオリ係数を $8.3 \times 10^{-5}1/\text{s}$ 、海底摩擦係数を0.0026とした。潮汐残差流の計算結果を図.1に示す。火力発電所の取排水により9号地周りおよび港口東側に強い残差環流が生成されているものの、港内には顕著な残差流は見られない。そこで港内に、主方向粗度と直交偏流型粗度の2種類の底面粗度を配置し、潮汐残差流の生成・制御を試みた。主方向粗度は主流方向に、直交偏流型粗度は主流と直交する方向にそれぞれ残差流生成能力をもつ構造物となっている。主方向粗度の効果は海底摩擦係数として取り入れており、粗度の抵抗が小さい方向に流れるとき（図.2中の矢印の向きを中心に $\pm 90^\circ$ ）には0.0251、抵抗が大きい方向に流れるとき（上記以外の方向）には0.0565と設定した。これは高さ2mの1/4球型粗度を10m四方に1個の密度で設置することに相当する。一方、直交偏流型粗度の効果は抵抗力として外力項に取り込み、その大きさと向きは各点での流速ベクトルと実験式から算定した²⁾。ここでは1/4円筒を2重にした1/4円筒2重型粗度（高さ2m、幅3.6m）を14m四方に1個の密度で設置している。計算を行った粗度の配置パターンを図.2に示す。ここで、粗度の種類を表す矢印の記号は、いずれも流れやすい方向を示している。なお、CASE-3については東海市沖に生成する環流のスケールを操作するため隔壁を設置し、更に9号地の火力発電所の取排水口を入れ替えることで最奥部の環流を逆向きにした。

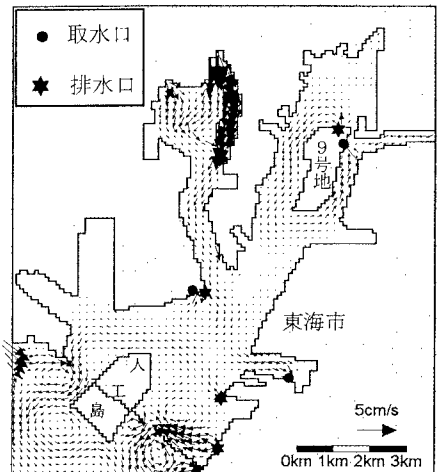


図.1 平成12年地形における潮汐残差流計算結果

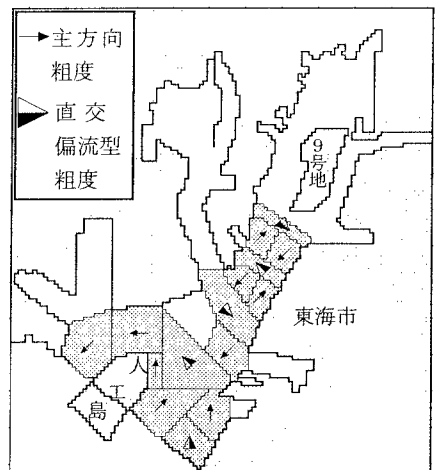


図.2a : CASE-1 粗度配置図

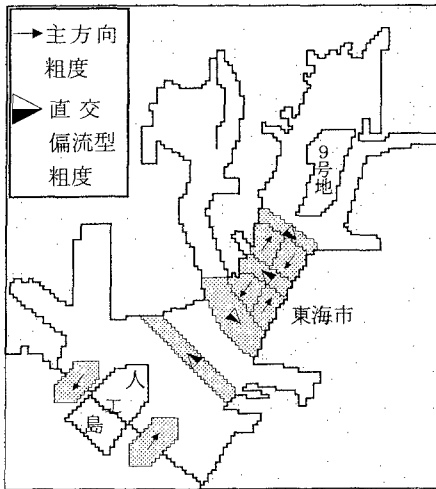


図. 2b : CASE-2粗度配置図

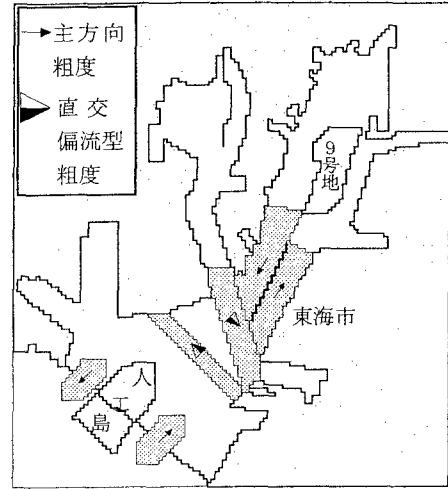


図. 2c : CASE-3粗度配置図

紙面の都合上CASE-3の計算結果のみを図. 3に示しているが、いずれの粗度配置においてもほぼ設定通りの残差流が生成されていた。図. 3から分かるように粗度の効果によって最奥部の環流から港外にまたがる港口の環流まで残差流をつなげることができた。また、人工島（ポートアイランド）周りの大きな環流では局所的な粗度配置でも強い残差環流が生成されており、局所配置の有効性が示されたと言える。

3. 物質輸送の促進効果 次に拡散シミュレーションを行い、各粗度配置の物質輸送の促進効果を比較をした。初期時刻に名古屋港内部（防潮堤より奥側）全域に一樣濃度の拡散物質（ $C=10.0$ ）を溜めておき、拡散物質が港内に残る割合の経時変化を調べた（図. 4）。この結果より底面粗度を配置した各ケースとも物質輸送を促進できることがわかる。CASE-1はほぼ全面に粗度配置を行っているが、残存率は一番高く、効果的な粗度配置とは言えない。また、東海市沖の環流のスケールが異なるCASE-2と3を比較するとCASE-3の方が比較的残存率が低くなっている。この理由としては、東海市沖の tidal excursion がCASE-3の環流とほぼ同程度であることから tidal excursion と残差環流のスケールの関係が物質輸送に影響したと考えられる。しかし、CASE-2とCASE-3の違いが環流のスケールだけではないことから、このことについては今後詳細な検討を行う予定である。

4. 結論 名古屋港のような実海域においても、底面粗度を用いた流況制御により物質輸送を促進できること、更に効果的に底面粗度を配置することによって少ない配置範囲でも効果が得られることが分かった。今後は粗度の配置個数を減らすなど、より現実的な適用法を調べる予定である。

[参考文献]

- 1)小松ら：水工学論文集，第41巻，pp323-328.1997
- 2)小松ら：水工学論文集，第42巻，pp577-582.1998
- 3)矢野ら：第52回年次学術講演会講演概要集2，pp196-197

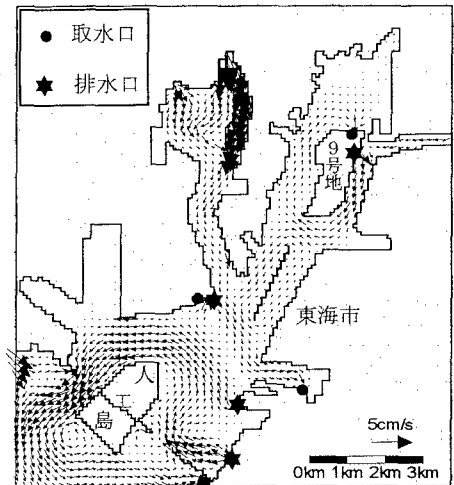


図. 3 : CASE-3 潮汐残差流計算結果

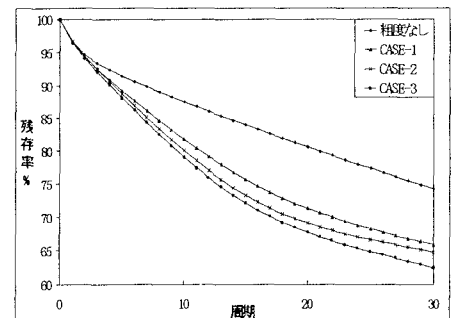


図. 4 : 港内残存率の経時変化