

有明海における海水交換促進技術の潮流シミュレーションによる検討

九州大学工学部地球環境工学科 学生員○田井 明 九州大学大学院工学研究院 正会員 矢野 真一郎
 四日市大学環境情報学部 正会員 千葉 賢 九州大学大学院工学研究院 フェロー 小松 利光

1. はじめに 有明海、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海等の海域では赤潮や貧酸素水塊が発生し社会問題となっている。これらは外海との海水交換が行われにくい閉鎖性海域であり、陸域から供給される栄養塩が海域内に滞留し、水質悪化が生じやすい。海水交換を考える際に支配的なものの一つとして、往復流である潮汐流を一周平均して得られる潮汐残差流がある。この潮汐残差流のパターンにより内湾の海水交換能力が決定される。近年、流れの方向によって抵抗特性の異なる「流況制御ブロック」を海底に設置することにより平面的な潮汐残差流のパターンを制御し、海水交換を促す方法¹⁾が提案されている。本研究では、深刻な漁獲量減少が発生している有明海の漁場回復を目指し、平面2次元潮流シミュレーションにより、有明海の海水交換促進に最適な流況制御ブロックの設置方法を検討した。

2. 潮流シミュレーションについて 本研究では、千葉ら(2003)²⁾により開発された有明海の平面2次元潮流シミュレーション・コードを用いた。流れ場の支配方程式は、Navier-Stokes 方程式を水深方向に積分して得られる平面2次元の浅水方程式であり、これを一般曲線座標系を用いた有限差分法により離散化して数値解析を行っている。計算領域は八代海や外海域を含み、潮汐条件を与える開境界は有明海湾口(早崎瀬戸)から約150km離れた東シナ海上である。また干潟の干出、ノリ網の影響についても考慮されている。境界条件は開境界上で振幅1.4mのM₂潮を与えた。図1に現況の潮汐残差流の計算結果を示す。

3. 流況制御ブロックについて 本研究では、図2に示す1/4球型ブロックを用いた場合を想定して検討を行った。ブロックから受ける抵抗が小さい方の流れの向きを順流、抵抗の大きい方を逆流と呼び、往復流である潮流によって順流方向に潮汐残差流を生成させる。本研究では、計算中のブロック設置の影響は、海底摩擦係数を流向に対して変化させることにより考慮した。その際、底面せん断応力はブロックにより生じる抗力を合計したものと等しいと仮定した。相対水深 $h/k=5$ の場合(ここで、 h :平均水深、 k :ブロック高さ)を考え、ブロック単体の抗力係数Cdは順流で0.7、逆流で1.7とした。

本報では、現況の潮汐残差流が持っている還流のパターンを流況制御ブロックにより強化することを検討した。強化を試みたパターンを図3に示す。湾奥東側と湾奥西側の一对の潮汐残差環流をC-line上で、諫早湾湾口部の反時計回りの潮汐残差環流をB-line上で、島原半島沖合いの反時計回りの潮汐残差環流をA-line上で、図3に示す方向に順流向きとなるように設置されたブロックによって強化を試みる。また、湾奥→諫早湾→湾央という物質輸送を考えた場合、湾奥と湾央の中継地点となっている諫早湾湾口の反時計回りの潮汐残差環流が果たす役割は大きいと予想されるため、この強化を中心に設置パターンを考えて、数値実験を行った。



図2 流況制御ブロック

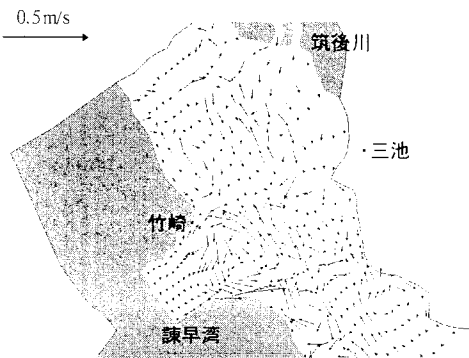


図1 現況の潮汐残差流の計算結果

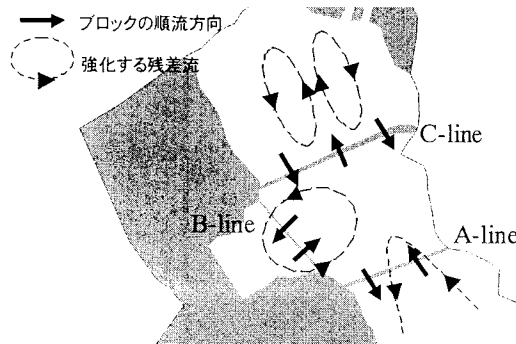


図3 ブロックの設置方向とそれにより強化される潮汐残差流

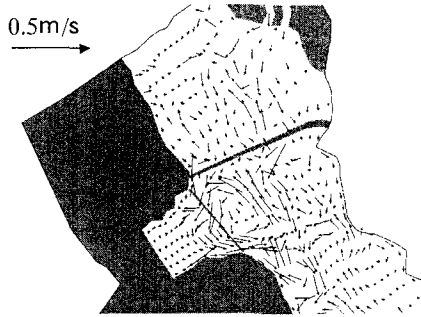


図4 a) B-line, C-lineに設置した場合の潮汐残差流

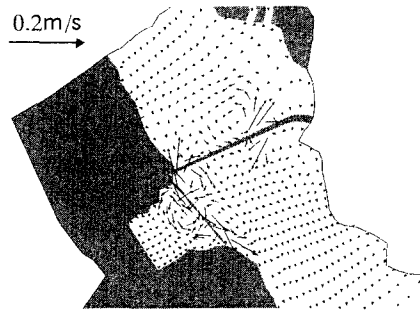


図4 b) B-line, C-lineに設置した場合の潮汐残差流の変化(図4a)と図1の差

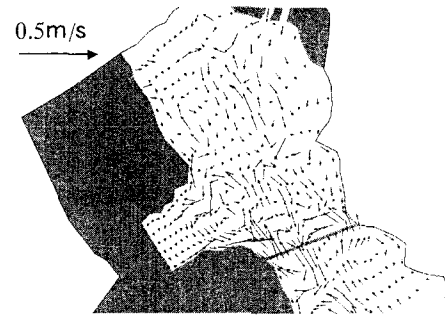


図5 a) A-lineに設置した場合の潮汐残差流

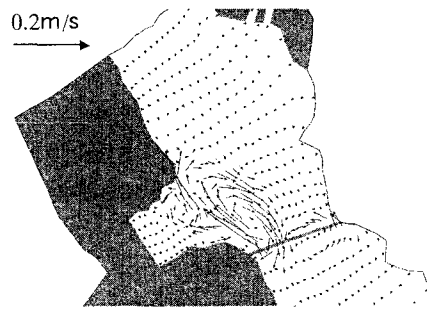


図5 b) A-lineに設置した場合の潮汐残差流の変化(図5a)と図1の差

4. 検討結果 設置密度や設置パターンを変えた種々の計算を実施した。以下に特徴的なものについてのみ紹介する。まず、B-lineとC-line上に流況制御ブロックを設置した場合の潮汐残差流を図4 a)、設置効果として現況(図1)とのベクトル差をとったものを図4 b)に示す。ブロックの設置密度は5m四方に一個とした。C-lineについては湾奥の半時計回りの潮汐残差環流が強化されていることが分かる。B-lineについても北側からの流入、南側からの流出が強化されている。図示しないがB-line上のみ、C-line上だけに設置した場合でも、それぞれ同様の傾向が示されていた。また、諫早湾北岸沿いから有明海西岸では、流況制御ブロックにより北向きの潮汐残差流は弱められているが、竹崎沖についてだけは北向きの流れが強化されている。これは諫早湾湾口中央部への流入強化により竹崎沖に時計回りの潮汐残差環流が生成されたことを示している。

次に、A-line上に設置した場合の潮汐残差流を図5 a)、現況(図1)との差を図5 b)に示す。ブロックの設置密度は100m四方に10個とした。A-line東側を横切る反時計回りの潮汐残差環流をわずかに強化することはできた。A-line上の潮流は他のライン上より速いので設置効果は大きいと考えられるが、想定より効果は小さかった。諫早湾湾口の反時計回りの還流とA-line東側の反時計回りの還流が共存するために、その間に時計回りの還流が存在する必要があると、想定した流況制御ブロックの効果が打ち消されたと考えられる。このことは、諫早湾湾口付近の潮汐残差流とA-line(長洲一多比良ライン)付近の潮汐残差流が大きく影響し合うことを示しており、北部有明海の海水交換に対して諫早湾の流動構造が重要になることを示唆している。

5. おわりに 今回の研究では、有明海の潮汐残差流を流況制御ブロックを用いて制御することが数値シミュレーションにより可能であることが確認された。今後、海水交換率等を求めることで、水質改善効果についてより詳しく検討していく予定である。なお、本研究は(社)マリノフォーラム21の平成13年度提案公募型有明海地域等緊急振興対策研究開発事業の一環として実施された。ここに記し、謝意を表する。

(参考文献)

- 1) 小松ら; 流れの方向により抵抗特性の異なる人工粗度の開発, 水工学論文集, 第41巻, pp. 705-710, 1997
- 2) 千葉ら; 諫早湾潮受け堤防設置に伴う有明海の流況変化に関する研究, 海岸工学論文集, 第50巻, pp. 376-380, 2003