

## 粒子追跡法による有明海の潮汐変動特性に関する研究

熊本大学 工学部環境システム工学科 学生会員 時枝琢 ○木下栄一郎 柿木哲哉  
正会員 滝川清 山田文彦

## 1. はじめに

近年、有明海においてノリの色落ちや赤潮などが発生するなど、有明海海域環境に変化の兆しが見られている。この環境変化は物理的、化学的、生物学的など様々な要素が複雑に絡み合い起こっていてその原因は解明されているとは言えない。そこで、本研究ではこれらの様々な要素のなかで潮汐特性に着目し、特に構造物による地形変化がどのように潮汐特性に影響を与えるかを数値計算により調べた。

## 2. 有明海域の潮流計算

解析領域は有明海全域を覆うように東西方向51km、南北方向81km、計算格子間隔は500mとした(図-1)。潮汐の周期は12時間、潮位については、潮汐調和定数表から得られた口之津、富岡の潮位を線形補間することで開境界上で与えた。河川流量は平成6年6月の平均流量を与えた。

## 2.1 諫早湾締め切り前の有明海の流況の再現

潮流計算においては、マーカー粒子を1メッシュあたり1個ずつ配置し、ラグランジュ的にその軌跡を追った。マーカー総数は諫早湾締め切り前のケースでは6198個、締め切り後のケースでは6069個設置した。なお、マーカー粒子の解析では図-2のように7つの領域分けを行い、湾内全体と、それぞれの領域でのマーカー粒子の残留率 $R$ を計算した。

図-3は上げ潮最大時の流況であり、湾口から湾奥に向かった流れが卓越している。図-4は諫早湾締め切り前のマーカー粒子の空間分布を示し、それぞれ初期状態、1潮汐目、3潮汐目、5潮汐後の結果である。図より、1潮汐後には湾口付近の粒子が湾外に流出し始める。3潮汐後には湾口付近の粒子が更に流出するとともに、湾奥の粒子が、徐々に湾中央の方向へ移動する。5潮汐後にはその傾向がさらに強まり、湾中央付近の粒子が密になり、粒子が集積傾向にあることが分かる。

次に湾内の流況を定量的に調べるため、式(1)より粒子残留率の経時変化を求めた。図-5に湾全体と、湾口(領域1)、湾中央(領域3)、湾奥(領域7)の粒子残留率を比較した結果を示す。湾全体で見ると、潮汐数とともに徐々に残留率が下がっていくことが分かり、5潮汐後の残留率は90.4%である。一方湾口と湾奥付近の領域1・7では残留率は急激に減少し、海水の入れ替わりが良いことを示している。特に湾奥の領域7では5潮汐後には残留率は52.6%まで減少している。これは、湾口では外海からの海水の流入が、また湾奥では河川からの陸水の流入が影響していると考えられる。これに比べ、湾中央付近の領域3で

は付近に大きな河川などが無いことから逆に残留率が増加しており、5潮汐後には110.1%となった。

$$R = \frac{\text{湾内に残留する粒子数}}{\text{初期に湾内に配置した粒子数}} \times 100(\%) \quad (1)$$

次に、湾内全体の海水交換能力の指標として滞留時間(湾内水がすべて入れ替わるまでの時間)を用いて検討した。

ここで湾内水の滞留時間(TR)は潮汐毎の残留率 $R$ (式(1))より求め、指数近似を行い、式(2)に示すパラメータ $\beta$ を導き、その逆数として求めた(式(3))。

$$R \approx \alpha \exp(-\beta t) \quad : t \text{ は潮汐数} \quad (2)$$

$$TR = 1/\beta \quad (3)$$

図-6は潮汐数と残留率の関係を示したもので、縦軸が粒子残留率、横軸が潮汐数である。これを指数近似すると、 $\beta=0.0132$ となり、滞留時間(TR)=75.8潮汐という値が得られた。このことから、諫早湾締め切り前の有明海は約40日で海水交換が行われるという結果が得られた。

## 2.2 諫早湾締め切りによる流況への影響

図-7は諫早湾締め切り後、5潮汐目の粒子の状態である。全体的な傾向は定性的には締め切り前と同じく、湾口付近の粒子が湾外に流出し、中央付近と湾奥付近の粒子は湾の中央付近に集積していく傾向がある。そこで締め切り前後の比較を定量的に行うために、湾全体の粒子残留率の比較を行った。図-6より、締め切り後の方が粒子残留率が若干小さくなる傾向にあることが分かる。ここで締め切り前と同様に滞留時間を計算したところ、74.1潮汐となり、締め切り前に比べて約2.2%短くなるという結果が得られた。さらに、各領域ごとに粒子残留率の変化率を表したのが図-8である。湾中央の領域3では締め切り後の方が残留率が大きくなるが、他の点ではおおよそ残留率は最大で2%ほど小さくなることが分かった。

## 3. まとめ

1. 湾中央に比べて、湾口、湾奥では、海水の流入や河川水の流入により海水交換率は高い。
2. 諫早湾締め切り前の有明海の海水の滞留時間は約40日である。
3. 諫早湾締め切りにより、湾全体の滞留時間は約2%短くなる。

## 【参考文献】

- 1) 今里哲久：「海水交換の概念と交換率」沿岸海洋研究ノート.30周年記念号.p.111~123.1993

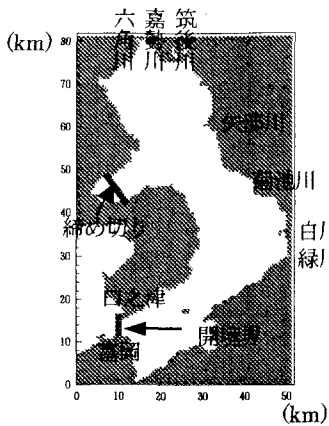


図-1 解析領域

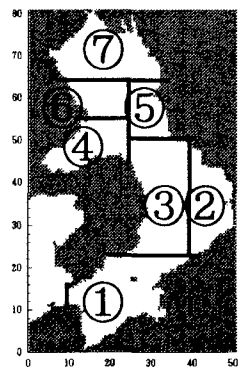


図-2 マーカー粒子配置の領域分け

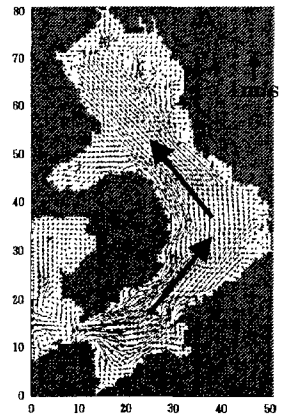
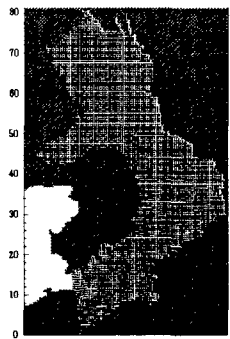
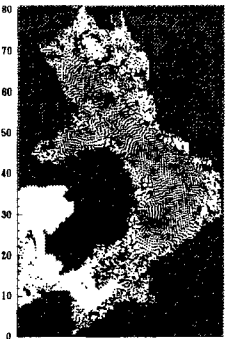


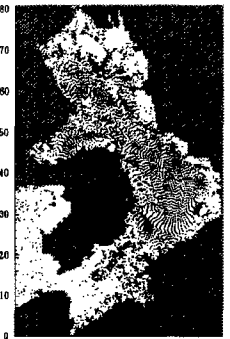
図-3 上げ潮最大時の流速ベクトル



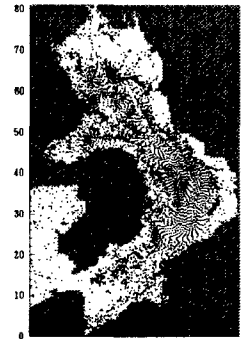
(1) 初期状態



(2) 1潮汐後



(3) 3潮汐後



(4) 5潮汐後

図-4 マーカー粒子の空間分布

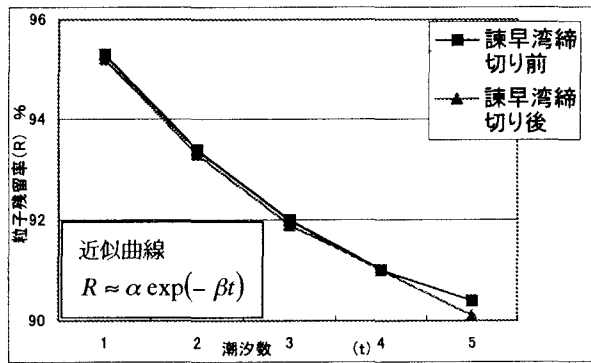


図-5 湾全体の粒子残留率と潮汐数の関係

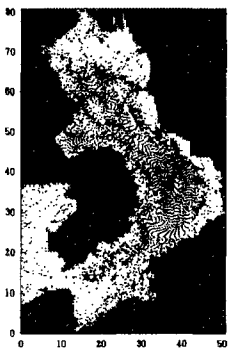


図-7 マーカー粒子の空間分布(諫早湾締切りの5潮汐後)

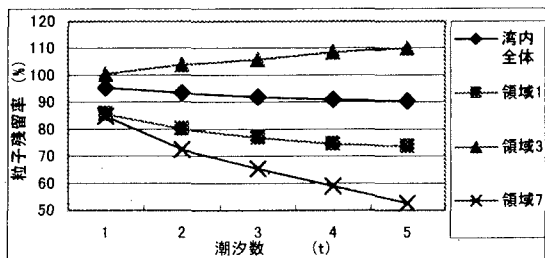


図-5 粒子残留率と潮汐数の関係

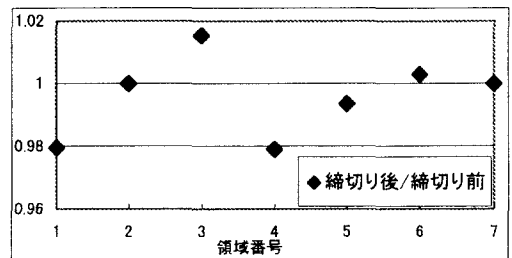


図-8 領域ごとの粒子残留率の変化率