

人工島建設後の博多湾における海水交換率の評価

九州大学大学院○学生員 岡崎 恵美 九州大学工学部 正員 小松 利光・矢野 真一郎

1. まえがき 博多湾東部海域に建設中の人工島については建設に伴う湾奥部への様々な影響(水質の悪化など)が心配されており、住民の建設反対の声も依然として強い。従って、人工島が博多湾の水環境に与えるインパクトの評価が重要となっており、いくつかの影響評価が提示されている¹⁾²⁾。これまで、埋立て開発事業に先立って行われる水環境に対するアセスメントは、対象海域の流動構造や水質の予測により説明されることが多かった。しかし、このような表現では汚染源から流入する水塊の移動経路やそれによる影響範囲を的確にとらえることが困難であった。そこで本研究では、水塊の移動を視覚的に捉えるために博多湾湾奥部の海域に標識粒子を投入し、平面2次元モデルによりラグランジュ的追跡計算を行い、湾奥部海水の追跡を試みた。また、ラグランジュ的粒子追跡法を用いた海水交換率の検討を行い、人工島建設前後の海水交換率についても比較考察を行った。

2. 海水交換率について 海水交換率を評価したい境界線付近に標識粒子を多数個配置し、下げ潮最強時から始まる1潮汐周期間にわたって各粒子の軌跡を計算する。その時、初期粒子位置での水柱体積を各粒子が代表する体積とする。今里ら³⁾は1潮汐周期の間で境界線よりも外側へ出た全内側粒子が代表する体積が最大となったときの値を $V_{\max}$ 、1潮汐周期後に外側へ残った内側粒子が代表する体積を1周期間で交換された量 V_{res} とみなして、海水交換率 E_v を $E_v = V_{\text{res}} / V_{\max}$ と定義している。本研究ではこの海水交換率の定義とは別に、境界線よりも内側の海水の全体積を V_i とし、 V_i に対し1潮汐周期間でどれだけの量の水が交換されたかを評価する指標として $E_{v2} = V_{\text{res}} / V_i$ で海水交換率を定義して採用した。

3. 数値計算

3.1 基礎式 粒子の位置は次式により規定される。 $\mathbf{X}(t+\Delta t) = \mathbf{X}(t) + \Delta t \mathbf{U}(\mathbf{X}(t), t) + \frac{\Delta t^2}{2} \frac{D\mathbf{U}}{Dt}$ ここで、 $\mathbf{X}(t)$ 、 $\mathbf{U}(\mathbf{X}(t), t)$ は各時刻の粒子の位置ベクトルと流速ベクトルである。平面2次元潮流計算(計算法については文献4)に譲る)から得られた流速により粒子の移動は行われる。

3.2 計算条件 計算領域を図-1a)に、計算条件を表-1に示す。海水交換率を評価する境界線は図-1に示すライン1~6とし、標識粒子をそのライン付近に多数配置した。なお、1メッシュ(100 m × 100 m)における標識粒子の配置はライン1~5については16個(各粒子が25 m × 25 m × 水深の体積を代表する)、ライン6は100個(各粒子が10 m × 10 m × 水深の体積を代表する)とした。湾奥部水塊の追跡に関しては図-1b)に示す枠内の海域に1メッシュにつき1個の粒子を配置した。また、壁面で粒子は完全反射するものとした。

表-1 計算条件

計算格子間隔	$\Delta x = \Delta y = 100 \text{ (m)}$
時間格子間隔 (潮流計算)	$\Delta t = 6 \text{ (sec.)}$
時間格子間隔 (粒子追跡)	$\Delta t = 300 \text{ (sec.)}$
湾口部での境界条件	$\zeta = 0.57 \cos(2\pi t / T)$
周 期	$T = 12 \text{ hour } 25 \text{ min.}$

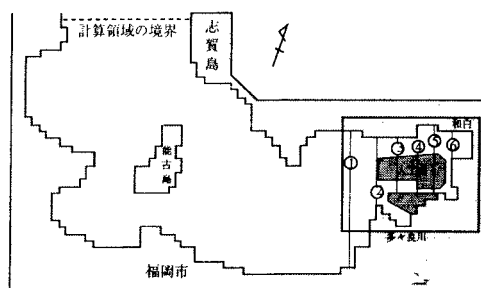


図-1a) 博多湾の計算領域

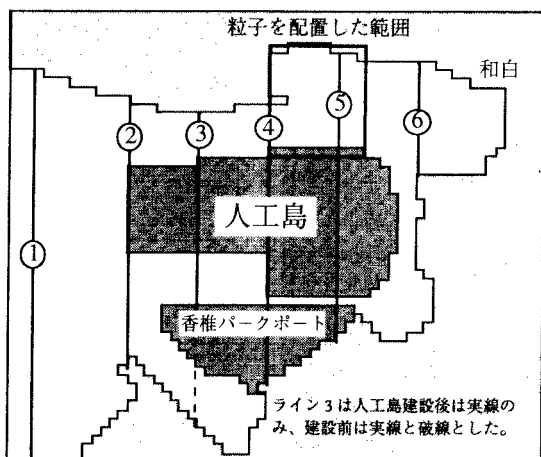


図-1b) 海水交換率を評価したラインの位置並びに水塊追跡のための粒子配置領域

4. 計算結果 人工島の建設前後について各ラインの海水交換率 E_{v1} , E_{v2} と V_{res} の比較図を図-2 に示す。これらから、ライン1, 2, 5, 6 では海水交換率の値は人工島建設後の方が大きくなっていることが分かる。特に最湾奥部に位置するライン5, 6 については V_{res} の値においても人工島建設後の方が大きい。一方、ライン3, 4 に関しては人工島建設後の海水交換率が建設前よりも下がっている。これは、人工島のおかげで海域が狭くなったことにより湾奥部での流速が建設前と比べて大きくなるがライン3, 4 付近では、単なる直線的な往復流に近いものとなり V_{res} が小さくなったものと考えられる。さらに、図-1b) の枠内に配置した粒子の追跡計算の結果 (図-3)、人工島建設前では徐々に湾奥部から出て行くが、建設後は人工島の北側海域に捕らえられ停滞することが分かった。また、ここでは示していないがライン6 より奥部の海域に粒子を配置して同様の計算を行った場合も同海域に粒子が停滞した。従って、ライン5, 6 で海水交換が強められても、人工島北側海域での停滞効果により、総じて人工島の背後水域の海水交換は悪くなるものと考えられる。

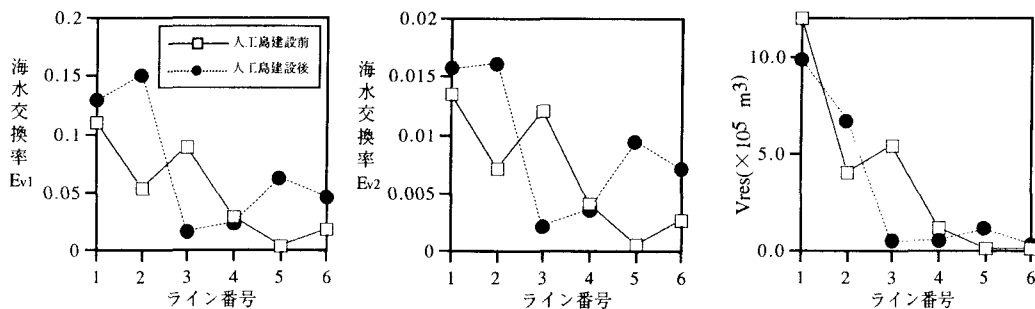


図-2 ライン毎の海水交換率及び V_{res}

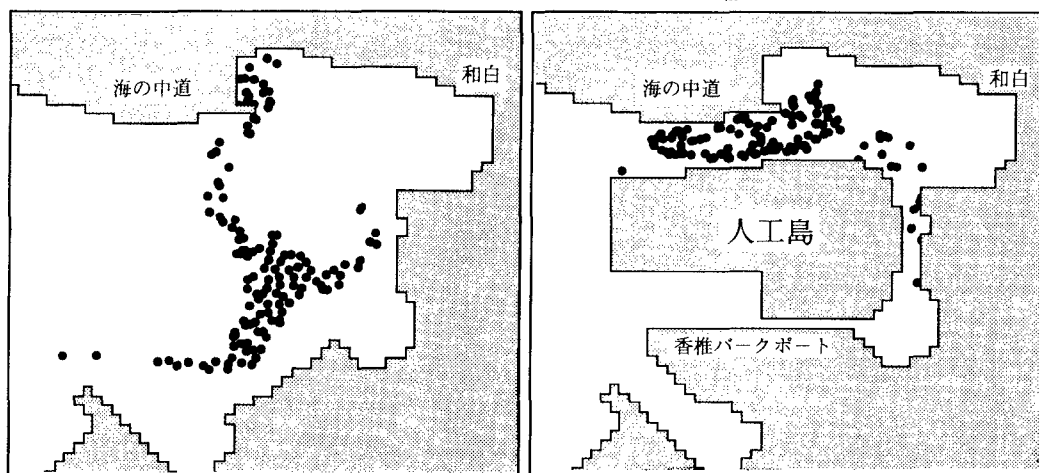


図-A

図-B

図-3 150 潮汐周期後の粒子の分布 (図-A: 人工島建設前、図-B: 人工島建設後)

5. 結論 博多湾においてラグランジュ的粒子追跡法を用いた計算を行った結果、人工島建設後では最湾奥部の和白周辺海域の潮流が強められ海水交換は促進されるが、人工島北側海域が停滞水域となるため、人工島背後海域の海水交換能力は低下することがわかった。

〔参考文献〕 1). 堀口文男, 中田喜三郎: 沿岸生態系モデルの福岡湾への適用, 資源と環境 VOL3 NO.1, pp.31-45, 1994 2). 福岡市: アイランドシティー整備事業 公有水面埋立免許願書, 1993 3). 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 周年記念特別号, pp.111-123, 1993 4). 小松利光, 矢野真一郎 他: 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, pp.391-396, 1993