

II-100 博多湾の人工島周辺海域における海水交換率の評価

九州大学工学部 正会員 矢野真一郎・小松 利光 福岡市 岡崎 恵美

1. まえがき 博多湾に建設中の人工島については湾奥部の水質の悪化などの様々な影響が心配されており、住民の建設反対の声も依然として強い。従って、人工島が水環境に与えるインパクトの評価が重要視されており、いくつかの影響評価が提示されている^{1),2)}。本研究では、人工島建設に伴う流動形態の変化を視覚的に捉えるために博多湾湾奥部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、人工島周辺海域における人工島建設前後の海水交換率についても比較考察した。

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潮汐間にわたって各粒子の軌跡を計算する。今里³⁾は潮汐の1周期間で境界線よりも外側へ出た内側粒子が代表する全体積が最大となるときの（通常は最干潮時付近）の値を V_{max} 、1周期後に外側へ残っている内側粒子が代表する体積を V_{res} として、海水交換率を $E_{v1} = V_{res} / V_{max}$ で定義している。今回はこの海水交換率に加えて、境界線より内側の海水の全体積を V とし、 V に対し1周期間でどれだけ交換されたかを評価する指標として $E_{v2} = V_{res} / V$ を定義して用いた。

3. 粒子追跡計算 各時刻における粒子の位置は(1)式により規定される。

$$\mathbf{X}(t + \Delta t) = \mathbf{X}(t) + \Delta t \mathbf{U}(\mathbf{X}(t), t) + \frac{\Delta t^2}{2} \frac{D\mathbf{U}(\mathbf{X}(t), t)}{Dt} + \Delta t \mathbf{u}(\mathbf{X}(t), t) \quad (1)$$

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、 $\mathbf{u}(\mathbf{X}(t), t)$ は拡散によるランダム流速成分である。図-1に示された計算領域に対する平面2次元潮流計算から得られた1周期分の流速データにより粒子の移動は計算された。計算格子間隔は $\Delta x = \Delta y = 100\text{m}$ 、対象潮汐は M_2 潮とした。海水交換率を評価する境界線は図-2に示すライン1～6とし、標識粒子を各ライン付近の湾奥側に多数個（1メッシュ当たり50個を重ねて）配置した。壁面で粒子は完全反射する条件を与えた。 $\mathbf{u}(\mathbf{X}(t), t)$ についてはマルコフ連鎖モデルにより記述できるものと仮定した（詳細は文献4）に譲る）。また、拡散能については今回の計算では平面2次元モデルを用いているので、流下方向に移流分散と乱流拡散を、流れに垂直な方向には乱流拡散のみを考慮した。移流分散係数と各方向の乱流拡散係数についてはElder⁵⁾による評価式を採用した。

4. 計算結果 人工島建設後のライン2と3について初期（最大下げ潮時）にラインより湾奥側に配置された粒子の干潮時（1/4周期後）と1周期後の最大下げ潮時における分布を図-3に示す。干潮時（左図）の分布を見ると、人工島北側の海域は南側に比べて粒子の移動が活発に行われている。また、北側海域においてライン2よりもライン3付近の方が粒子の移動距離が大きいことが分かる。しかし、1周期後（右図）では、ライン2では比較的多くの粒子が外側に残留しているのに比べて、ライン3においてはほとんどの粒子が湾奥側に戻っていることが分かる。各ラインの海水交換率 E_{v1} と E_{v2} について人工島建設前後の比較を図-4に示す。ライン2, 5, 6では海水交換率は人工島建設後の方が大きく、ライン3に関しては建設後の方が下がっている。これは、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付近では図-3で示したように流動形態が直線的な往復流に近くなり V_{res} が小さくなったためと考えられる。

5. 結論 乱流拡散・移流分散効果を考慮した平面2次元モデルによるラグランジュ的粒子追跡計算を博多湾に適用した。海水交換について2つの指標を採用し、それらを用いて人工島建設前後の人工島周辺海域の海水交換率を求めた。人工島建設後には最湾奥部において建設前よりも海水交換が若干促進されるが、人工島北側の海域では直線的な地形のため流れが単なる往復流に近くなり海水交換が小さくなることが分かった。従って、総じて人工島によりその背後水域の海水交換能力は若干低下すると思われる。

【参考文献】 1). 福岡市(1993): アイランドシティー整備事業公有水面埋立免許願書, 2). 堀口・中田(1994): 資源と環境, 3(1), pp. 31-45, 3). 今里(1993): 沿岸海洋研究ノート 30周年記念特別号, pp.111-123, 4). 例えば、Awaji(1982): *J. Phys. Oceanogr.*, 12, pp. 501-514, 5). Elder(1959): *J. Fluid Mech.*, 5, pp. 544-560.

和白

① ② ③ ④ ⑤ ⑥

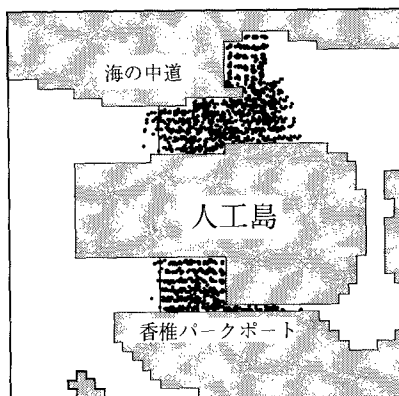
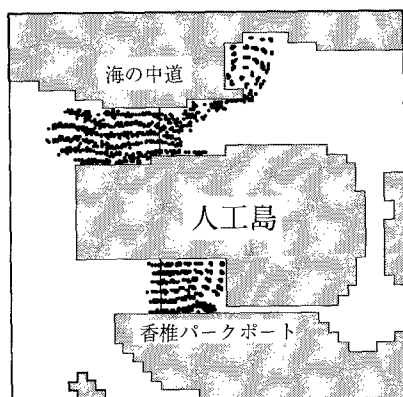
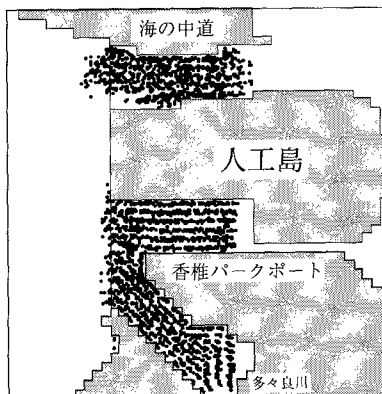
人工島

香椎パークポート

香椎

多々良川

ライン3は人工島建設後は実線、建設前は実線と破線とした



ライン番号	建設前 (Yl)	建設後 (Yl)
1	0.105	0.14
2	0.065	0.16
3	0.10	0.06
4	0.055	0.055
5	0.035	0.06
6	0.03	0.04

Figure 10: Seawater exchange rate (E_{Y2}) for six different lines. The graph shows two data series: one represented by solid circles and another by open squares. The y-axis is labeled '海水交換率 E_{Y2} ' and ranges from 0 to 0.02. The x-axis is labeled 'ライン番号' and ranges from 1 to 6.

ライン番号	海水交換率 E_{Y2} (Solid Circle)	海水交換率 E_{Y2} (Open Square)
1	0.013	0.014
2	0.019	0.009
3	0.0085	0.014
4	0.008	0.008
5	0.0095	0.0055
6	0.007	0.005