

海水交換と密度効果の関係に関する数値実験的検討

山口大学工学部 正○ 朝位孝二
九鉄工業（株） 田崎康一郎

1. はじめに

半閉鎖性湾や堤防に囲まれた閉鎖性水域においては外海との海水交換能力は乏しく、停滞性水域となる場合が多い。水質改善・保全のため外海との海水交換を促進し停滞域を解消する方法が種々提案されている。例えば、山崎らの湾口部の深みを埋める方法¹⁾、大谷らの湾口にピアを設置する方法²⁾、小松らの方向特性を有する粗度の底面配置³⁾、村上らの湾口幅を狭くする方法⁴⁾があげられる。しかしながら、これらの研究は均一流体という条件の下で行われており、密度効果は取り入れられていない。

本研究ではモデル湾において河川からの流入量、湾口幅を系統的に変化させてそれらと海水交換能力の関係について三次元数値シミュレーションによって検討することを目的とする。

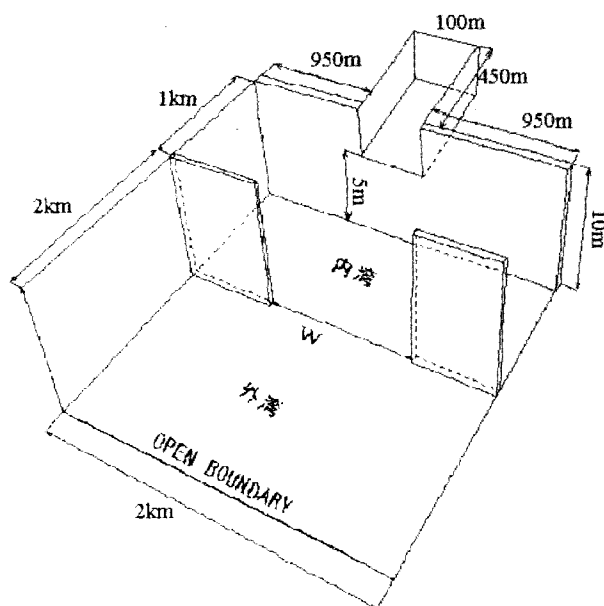


図-1 モデル湾

2. 数値計算

2.1 基礎方程式

支配方程式は静水圧近似式、ブシネスク近似が施された運動量方程式、連続式、浮力の保存式である。

2.2 計算条件

モデル湾は図-1に示すような矩形湾である。このモデルでは内湾（幅:2km, 長さ:1km, 深さ:10m）と外湾（幅:2km, 長さ:2km, 深さ:10m）が連続しており、それに加え内湾後部には河川がある。中央部にある湾口について湾口幅は500, 400, 300, 200, 100(m)を用いた。

初期密度は海域と河川においてそれぞれ1025kg/m³, 1000kg/m³とし河川からは淡水流量50m³/s(case-1), 40 m³/s (case-2), 30 m³/s (case-3), 20 m³/s (case-4), 10 m³/s (case-5), 0 m³/s (case-6)が流出されるものとした。いずれの場合も潮汐の周期は12hr, 潮位振幅は0.9mとし、余弦波として開放境界に与えた。水平方向の空間差分間隔は50m,

鉛直方向は9層に分割し、1~8層を1m, 第9層（表層）を2mの間隔で与えた。差分時間間隔は5secである。水平方向渦動粘性係数と水平方向渦拡散係数は50.0m²/sとした。鉛直方向渦動粘性係数と鉛直方向渦拡散係数はMunk-Andersonモデルを用いた。中立状態の鉛直方向渦動粘性係数と鉛直方向渦拡散係数は 1.0×10^{-5} m²/sとした。本研究では簡単のためにコリオリ力、風応力、日射の影響は考慮していない。

3. 計算結果

3.1 潮汐残差流エネルギー

湾内の流動の活性度の指標として潮汐残差流エネルギー E_R を採用した。以下に定義式を示す。

$$E_R = \frac{1}{V} \int (u_R^2 + v_R^2 + w_R^2) dV \quad (1)$$

ここで、 u_R , v_R , w_R は各方向の潮汐残差流成分であり V は内湾の体積を表す。

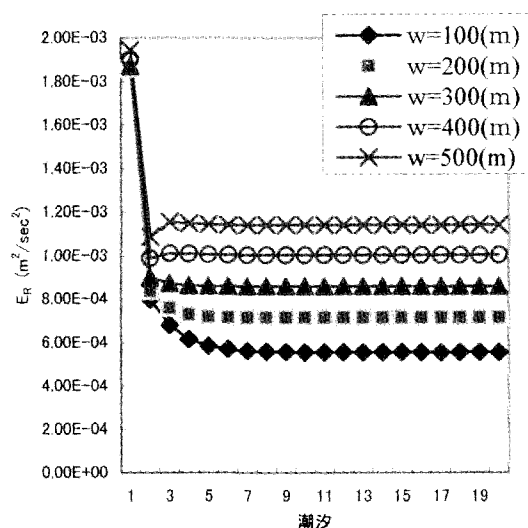


図-2 潮汐残差流エネルギーの時系列 (case-1)

図-2に case-1 の場合における潮汐残差流エネルギーの時系列を示す。湾口幅が広がるほど潮汐残差流エネルギーが増大している。また 10 潮汐以降、潮汐残差流エネルギーが安定していることも分かる。このことは case-2～case-6 についても同様であった。

3.2 残留率

粒子追跡法を用い海水交換能力の指標である残留率の計算を行った。初期に 115200 個の粒子を内湾に配置し、安定状態に達する 10 潮汐後に粒子を放った。その後、10 潮汐間流動・粒子移動計算を行った。内湾に残留した粒子数と初期粒子数との比を表したものが残留率である。留率が低いほど海水交換は良いことを表す。

図-3に case-1における残留率の時系列変化を示す。湾口幅が広いものほど潮汐の周期が増加するにつれ残留率がより低くなっていることがわかる。このことは case-2～case-6 についても同様にみられた。このことより、湾口幅が広がるほど海水交換がより良く行われるという事がわかる。

3.3 滞留時間

残留率の時系列変化を指数関数で近似し、引数の逆数を滞留時間 τ_R と定義する。滞留時間が短いほど海水交換が活発であることを意味する。図-4 は流量と湾口幅と滞留時間の関係を示したグラフと数値である。流量を固定し湾口幅と滞留時間の関係に着目

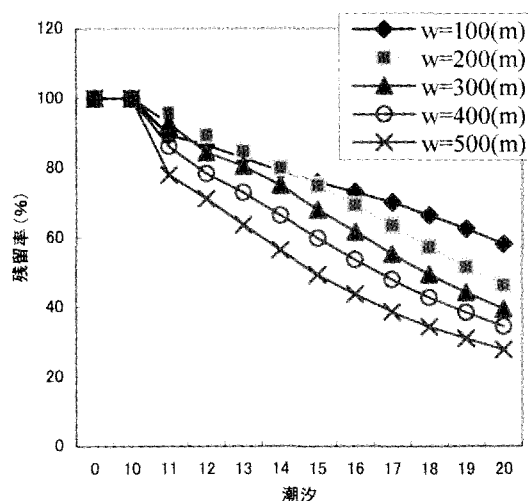


図-3 残留率の時系列 (case-1)

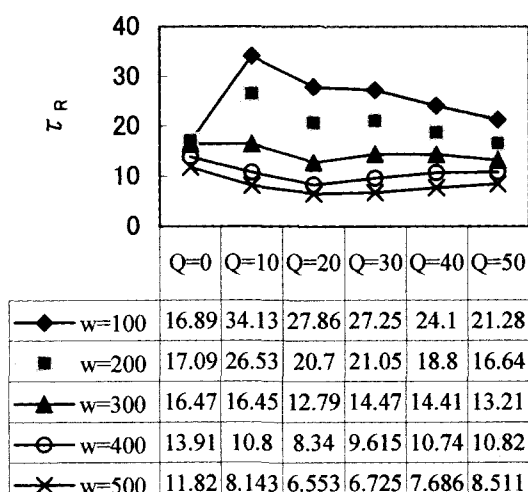


図-4 湾口幅、河川流量と滞留時間の関係

すれば、いずれのケースも $W=500m$ の時に滞留時間が最小になる。一方、湾口幅を固定し流量の変化と滞留時間の関係に着目すると、滞留時間を最小にする流量が各湾口幅で様々であることが分かる。

4. おわりに

今後は成層パラメータを導入し、より詳細に検討を進めていく。

参考文献

- 1) 山崎ら：海岸工学論文集，第 45 巻，pp.1026-1030
- 2) 大谷ら：ながれ，16，pp.490-499
- 3) 小松ら：水工学論文集，第 41 巻，pp.323-328
- 4) 村上ら：水工学論文集，第 37 巻，pp.411-418