

底面粗度を用いた物質輸送の促進に関する実験的研究

九州大学工学部 学生員 ○甲斐一洋 九州大学大学院 和田真人 小橋乃子
フェロー 小松利光 正会員 藤田和夫

1.はじめに 現在、我が国の沿岸域における水質問題の一つとして、内湾や漁港などの閉鎖性内湾における停滞水域の水質悪化が挙げられる。この問題に対処するために、著者らは流れの向きによって抵抗特性の異なる比較的小規模な人工構造物(以下、底面粗度^{1),2)}と呼ぶ)を複数個海底面に設置することで潮汐残差流の創造・制御を行い、内湾と外海との海水交換を促進するという方法を提案している³⁾。これまでこのような特性をもつ底面粗度形状の開発、海水交換を促進する残差流パターン等を検討してきたが、今回は、底面粗度による物質輸送効果を実験的に検討するとともに、その効果を視覚的に捉えることを目的として粒子追跡実験を行った。

2.実験装置と実験方法 (1)実験装置 本実験に用いたアクリル製実験水槽(図-1 参照)は、モデル海域として利用される幅4m×奥行き6m×高さ0.32mの検査領域をもち、コンピューター制御されたフロート式潮汐発生装置により任意の潮汐を発生させることができる。今回はこの検査領域内に幅1.5m奥行き4.5mの矩形湾を設定し、更に湾奥部に人工島モデル(幅50cm、奥行き136cm、高さ30cm)を配置した。また、本実験に用いた粗度形状はこれまでの研究から有効な形状の一つと考えられる1/4球型粗度(粗度高さ $k=2.1\text{cm}$ 、図-2(a)参照)を用い、図-2(b)のように人工島モデル周りに反時計回りの残差流が生成されるように15cm×15cmの平面に一個の割合で配置した。

(2)実験方法 本実験では潮汐(干満差 $2a=4.0\text{cm}$ 、周期 $T=120\text{sec}$ 、平均水深 $h=10.5\text{cm}$)が準定常状態に達した後に最湾奥部の一定領域に72個のプラスチック製の浮標(直径約5cmの半球型)を同時に投入し、各周期の満潮時毎に最湾奥部から1mの領域内に残る浮標の個数を数え、初期個数に対する浮標の残存率を算出した。以上の方法を用いて、矩形湾の周りに粗度を配置しない場合(case1)と配置した場合(case2)に対して実験を行い、底面粗度の物質輸送能力を表す浮標の流出状況について検討を行った。それぞれの実験についてcase1を3回、case2を5回行った。また、浮標の流動状況を把握するため、同様の実験条件で写真撮影を行った。

3.底面粗度による物質輸送促進効果の検討
それぞれの実験で得られた残存率の経時変化を図-3(a)、(b)に、1、5、9、13周期における湾奥部の様子を図-4(a)、(b)に示す。図-3(a)から分かるように粗度を配置しないcase1では浮標の流出に伴う残存率の低減は確認されなかった。また、各満潮時の浮標の位置を撮影した写真図-4(a)からすべての浮標が湾奥部に停滞している様子が

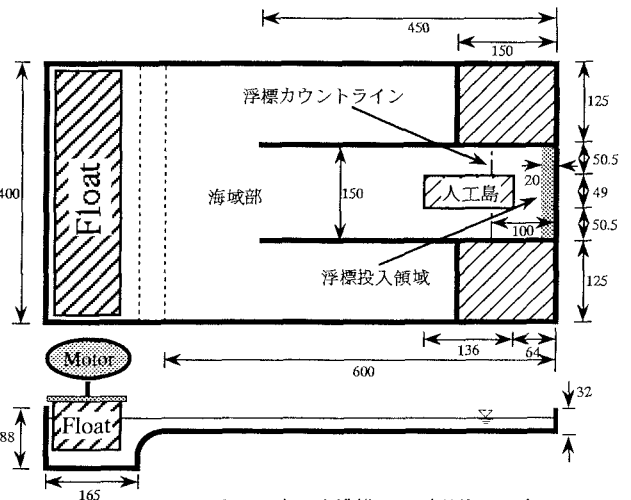
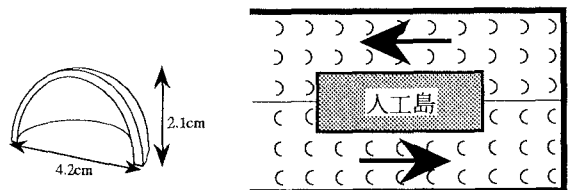


図-1 平面二次元水槽模式図(単位: cm)

(上: 平面図 下: 側面図)



矢印の向きは流れやすい方向を示す。

図-2(a) 1/4球型粗度模型

図-2(b) 粗度配置模式図

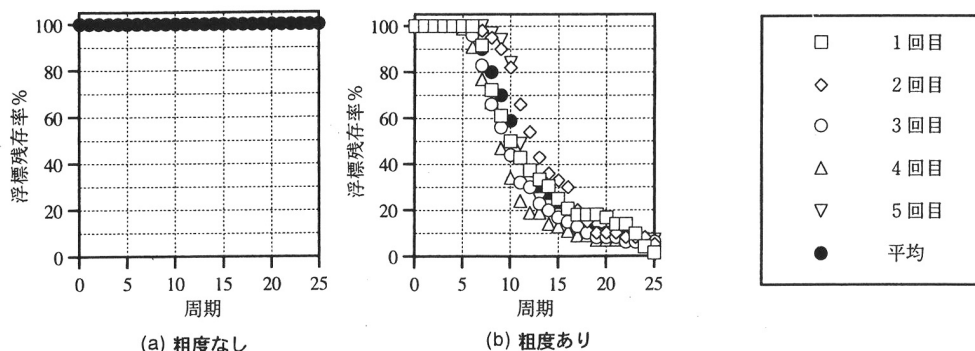


図-3 各周期ごとの浮標残存率

確認できる。実験時の観察からは、浮標が潮汐流や人工島による地形性渦などの影響を受けて流動する様子が見られたが、一潮汐後の実質的な移動は見られなかった。この結果より、底面粗度を配置しない場合の矩形湾にはほとんど物質輸送能力はなく、停滞水域が形成されていることがわかる。一方、底面粗度を配置したcase2においては、6～7周期を過ぎると残存率の低減が見られ始め、25周期後にはほとんどの浮標が流出していることがわかる(図-3(b)参照)。また、粒子の減少がどの実験においても6～7周期目から始まっていることから、初期位置からカウンタラインまでの最短距離(0.8m)を浮標が移動するのに約720～840秒かかるものと推測できる。そのため、湾奥部の残差流速は最大流速(18mm/秒: ADVにより湾奥から60cmの地点を測定)に対して0.95～1.1mm/秒程度であったことが概算できた。次に写真図-4(b)を見ると、次第に浮標が右側に偏り始め(5周期目)、反時計周りの残差流に乗るように人工島の右側の水路を通して湾口へと流出する様子(9、13周期目)が見られた。以上の結果から、物質輸送がほとんど見られないような停滞した湾においても底面粗度を配置することにより残差流を生成でき、外海と内湾の物質輸送能力を高めることが可能であることがわかった。また、わずかな残差流を生成するだけで物質輸送が飛躍的に促進できることがあらためて明らかとなった。

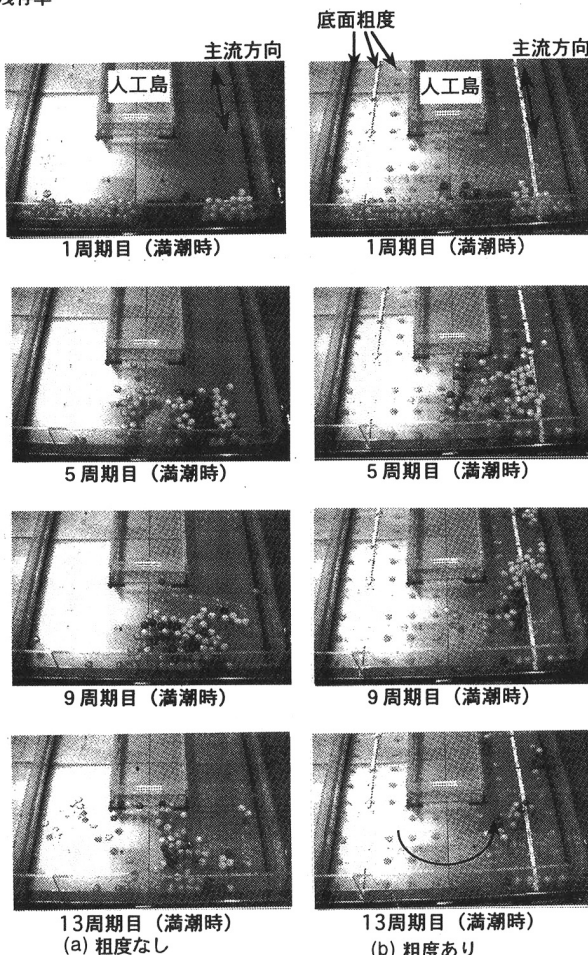


図-4 各周期満潮時の様子

4.おわりに 本実験により底面粗度の効果を実験的に検証し、その効果を視覚的に捉えることができた。今後は様々な形状のモデル湾に対して底面粗度の効果を確認めるとともに、Euler流速計測も行う予定である。

参考文献 1)小松利光,他: 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,41,1997.

2)小松利光,他: 任意の方向に潮汐残差流を創造するための偏流型粗度の開発,水工学論文集,43,1999(印刷中).

3)小松利光,他: 方向性をもつ底面粗度を用いた潮汐残差流の創造と制御,水工学論文集,41,1997.