

海底人工粗度を用いた海水交換の活発化に関する実験

九州大学大学院 学生員○小橋 乃子 鞠 承 淇 和田 真人

九州大学工学部 正 員 小松 利光 矢野真一郎 藤田 和夫 柴田 敏彦

1. はじめに

複雑な海岸線を持つ内湾や高度に利用化が進んだ都市港などの多くはいずれも深刻な水質問題を抱えており、海域環境の改善が望まれている。本研究では水質の悪化した停滞水域に流れの向きにより抵抗の異なる人工構造物を設置することにより潮汐残差流を制御し、外海水と湾内水の海水交換を促進する方法を検討している。これまでこのような特性を持つ側壁粗度¹⁾や底面粗度^{2), 3)}の開発、また海水交換を促進する残差流のパターン⁴⁾を数値的に検討してきたが、今回は実際に底面粗度を往復流水路に設置し、湾奥部の濃度変化を観測することにより粗度の海水交換能力の確認を試みた。

2. 実験方法

○実験装置○ 実験装置は図-1に示すように幅0.25 m、高さ0.25 m、長さ1.30 mの亚克力製の内湾部と幅1.5 m、高さ0.8 m、長さ3 mのステンレス製の外海部からなり、海域奥にあるフロートを上下させることによって潮汐を発生させた。また、外海部に底面が湾内と同じ高さになるように亚克力板(0.4 m×0.75 m)を張り出し部として取り付けた。さらに、予備実験において外海部の流れの不安定性が湾内の海水交換に大きな影響を及ぼすことが問題となったため、外海の流況を整えるという意味合いから、内湾から外海へかけて中板(0.2 m×1.2 m 厚さ0.5 mm)を設置して実験を行った。

○実験方法○ 実験開始前に湾奥から0.45 mの場所に板により仕切り、湾奥部に蛍光染料(フルオレセインナトリウム 約0.01 g)を投入し、彩色した。潮汐発生と同時に仕切板を取り除いた後、経時的に湾奥部の水を採水し、時間的濃度変化を計測した。採水は満潮時に湾奥部の10ヶ所において(図-1参照)同時に行い、それらの平均を湾奥部の濃度とした。濃度は分光光度計により測定し、初期濃度を100として濃度の減少率を算定した。また、外海が停滞しないように外海背後部から水道水を供給した。実験に用いた底面粗度はこれまでの研究結果²⁾から有効な粗度形状の一つであると考えられる1/4球とし(図-2参照)、相対水深(h/k)を5とした。(粗度高さ $k=2.1$ cm、平均水深 $h=10.5$ cm) また潮汐の周期は60秒、振幅2 cmとし、外海での水道水供給量は45 (ml/sec.)になるように設定した。

図-1 実験水路概略図

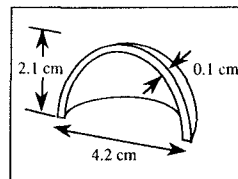


図-2 実験に用いた底面粗度
(1/4球型粗度)

3. 実験内容と結果

○実験1○ 湾内の人工島周りに一方向流れをつくるような場合を想定し、中板を中心として反時計周りに流れやすくなるように粗度をType 1~3のように配置し、粗度を設置しない場合と比較した。結果を図-4に示す。Type 1は中板周りにはのみ粗度を配置したもので、この場合では湾奥部の濃度変化は粗度なしとほとんど同様であることがわかった。着色された湾奥部の水の流動を観測すると、上げ潮時には図-3中の中板上部に外海から透明な水が流入し、下げ潮時には中板下部から着色水が流出するのが見てとれた。このことから中板を中心として反時計周りの潮汐残差流ができていると思われるが、残差流が中板末端付近で小さなスケールで生じたため湾奥部の海水交換の促進には至らなかったものと考えられる。そこでさらにType 2の配置では粗度を湾奥部まで伸ばした。その結果、10周期以降では湾奥濃度が粗度を設置しない場合と比較して約10%程度減少した。この実験でも反時計回りの流動が見られたが、湾奥部において底面粗度の粗度間に着色水が貯

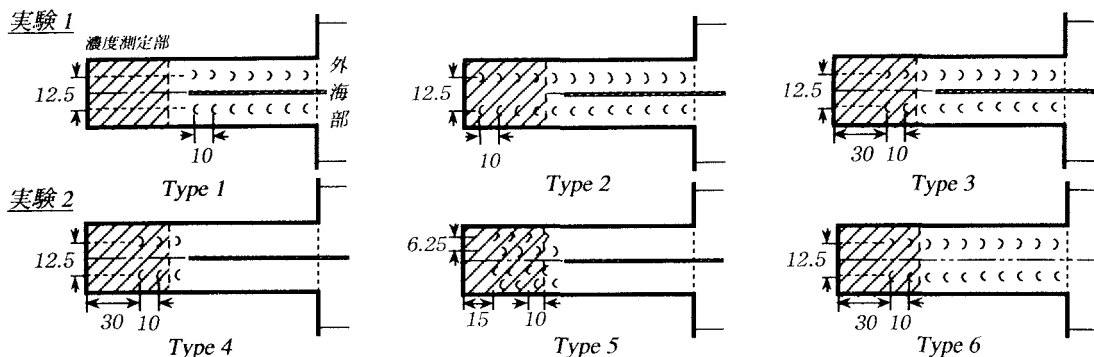


図-3 各底面粗度の配置パターン (単位: cm)

留しているのが観測された。そこでType 2の粗度配置から最湾奥部の粗度を取り除いたType 3について実験を行った。その結果、20周期以降ではType 2と比べて15~20%の濃度が更に低下するという結果が得られた。

○実験2○ 中板の影響がない領域において底面粗度のみで平面的な残差流をつくるためにType 4~6のような粗度配置で実験を行った。Type 4はType 3の配置から中板周りの粗度を除いた形であり、Type 5は粗度差を大きくするために粗度の配置を左右二列の千鳥配置とした。また、Type 6は実験1で最も効果のあったType 3の配置から中板を取り除いた配置となっている。図-5の結果を見るといずれの配置パターンも粗度による濃度軽減効果が見られなかった。また、この実験においてはどの配置パターンでも着色水が幅方向に一様化しており、場所的な分布をもつことはなかった。

4. まとめ 本実験より次のような結果が得られた。

- 1) 粗度の配置を工夫することにより粗度がない場合と比べて湾奥部の濃度を25%程度軽減することができた。
- 2) 湾奥の停滞物質を減らすためには、湾奥部に到達するような大きさの潮汐残差流をつくるように粗度を配置することが必要である。
- 3) 比較的流速の小さい湾奥部に底面粗度を配置すると粗度間に物質を留めてしまうような貯留効果が見られた。
- 4) 粗度の大きさに比べて幅の狭い水路では幅方向の混合が強く、底面粗度だけでは平面的な潮汐残差流をつくりにくい。

本研究で提案している潮汐残差流のデザインとは、本来、水平スケールが大きな場を想定しているが、今回は実験の都合上そのような設定ができなかった。しかし、水平スケールの小さな場においても流れの向きにより抵抗特性の異なる底面粗度を設置することによって潮汐残差流を生成し、海水交換の活発化が可能であることが実験的に確認できた。今後は水平スケールの大きな水槽を用い、底面粗度の配置の仕方によってどのような潮汐残差流が生成できるかを実験的に検討していきたい。

参考文献 1) 栗谷陽一, 他; 人工粗度を用いた一方向流れの生成に関する研究, 水工学論文集, 第39巻, pp.589~594, 1995., 2) 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, 第41巻, 1997.(印刷中), 3) 和田真人, 他; 抵抗に方向性を持つ底面粗度の開発について, 平成8年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 1997.(投稿中), 4) 小松利光, 他; 方向性を持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, 第41巻, 1997.(印刷中)

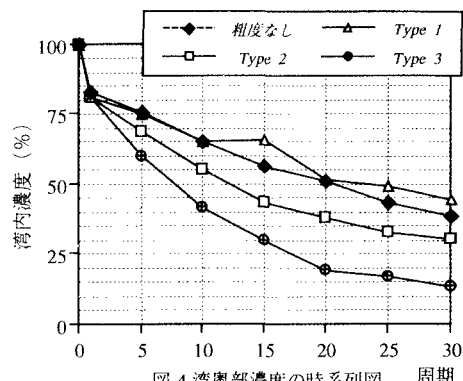


図-4 湾奥部濃度の時系列図 (実験1)

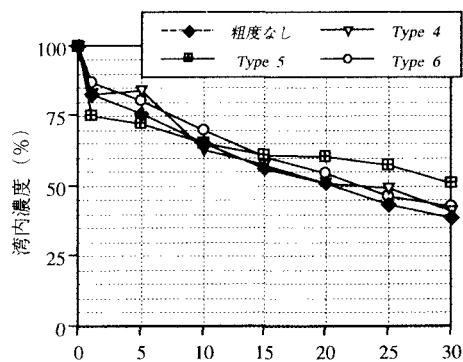


図-5 湾奥部濃度の時系列図 (実験2)