

水門開放に伴う 3次元密度流の研究

九州大学工学部エネルギー科学科 学生員 伊東 慎吾
 九州大学理学部物理学科 学生員 冷泉 伸泰
 九州大学大学院総合理工学研究院 正会員 経塚 雄策

1. はじめに

2000年の冬季から、有明海における養殖ノリの不作問題が大きな社会問題となった。その原因究明のために農水省第三者委員会が設置され、2002年4月から同年5月まで諫早湾の防潮堤水門を開放しての短期開門調査が行われた。そこで、更なる中・長期開門調査が検討されている。短期開門調査の結果報告によると、開門中において調整池内中央で表層では塩分濃度が低く、底層では高いと報告された。濃度差が大きいことから、密度流の発生が予想される。これに関連して本研究では諫早湾の一部を簡易模型でおきかえ、水門開放に伴う海水の進入および調整池から流出する清水の挙動に関する3次元の可視化実験と静水圧近似モデルによる数値シミュレーションを行った。

2. 対象海域と簡易模型 (ひずみ)

諫早湾の潮受け堤防の北門を中心とし、東西5km、南北2.5kmを対象とし、これを水平方向と鉛直方向の縮尺が異なる歪模型を用いて実験した。歪模型のスケール比をTable1に示す。

	諫早湾(部分)	簡易模型	縮尺比
X幅[m]	5,000	2.00	1/2500
Y幅[m]	2,500	1.00	
門幅[m]	200	0.08	
水深[m]	4	0.04	1/100
時間[sec]	250	1	1/250

Table1 歪模型のスケール比

3. 模型実験および解析方法

実験の流れとしては、まず初めに実験する濃度(1[％],2[％],3[％])の塩水をウラン(着色剤)によって着色した。Fig.1に示すような3次元水槽(2[m]×1[m])のAの方にその塩水を、中央を区切ったもう一方のBに清水を入れた。AとBに入れた両方の流体の水深はいずれも4[cm]とした。開門幅は、門を全開(4[cm])した場合と、底部の1[cm]だけ開門するというもぐり開放の2通りで実験を行った。そして水門を開放した時の塩水の進入

の様子を、水槽の上部、横にセットされた2つのDV(デジタルビデオカメラ)で撮影し、撮った画像はaviファイルとしてPCに取り込み、解析した。また、その実験の解析が終わった後、清水の拡散の様子も探るために同様の実験を清水のみを着色することによって行った。

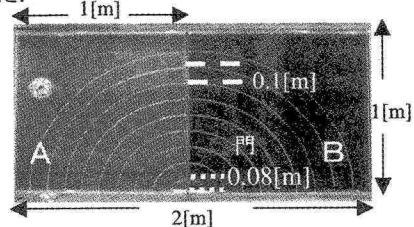


Fig.1 簡易模型の略図

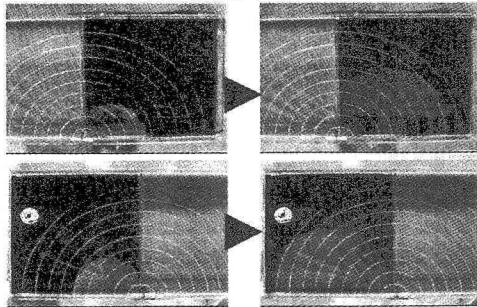
4. 数値シミュレーション

MECモデルによる数値計算を行った。ただし、水深については今回の模型実験に合わせて4[m]の一定とした。また、鉛直・垂直方向差分間隔は50[m],0.5[m]とし、計算に使用したメッシュ数は100×50×8とした。

5. 結果と考察

3[％]で門を全開した場合と、1[cm]のもぐり開放の場合の開門から10,30[sec]後の実験の図をFig.2に示す。また、開門から5000,7500,10000[sec]後の計算結果を3%全開の場合においてFig.3に示す。但し、水槽A側が表層における清水の、B側が底層における塩水の進入の計算結果を示している。目盛は0[％]から3[％]の0.5[％]間隔である。実験及び計算ともに、水槽Aの塩水が開門幅のほぼ半分の厚さの重力流となって清水の下にもぐり込み進入し、同時に水槽Bの清水が自由表面に沿って拡散している。また水槽の門側横にSETされたDVによって撮影された映像をもとに作成した塩水および清水の進入距離の時間変化をFig.4, Fig.5に示す。x軸に開門からの時間、y軸に着色した先端部が進んだ距離を示している。このグラフの傾きが先端部の流速であるので、いずれの場合も水門解放後、ある時間までは一定の速度で進入し、その後減速しているのが分かる。濃度差・開門幅に比例して速度が大きくなり、減速す

3% 全開 (上: 塩水着色、下: 清水着色)...



3% もぐり開放 (上: 塩水着色、下: 清水着色)...

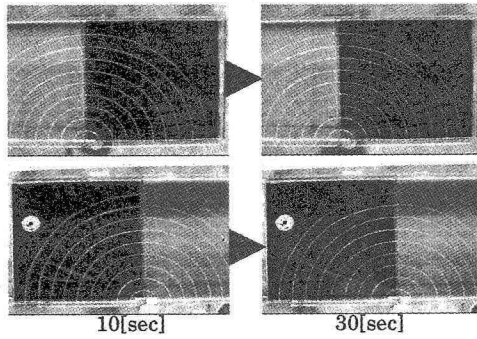


Fig.2 実験の結果

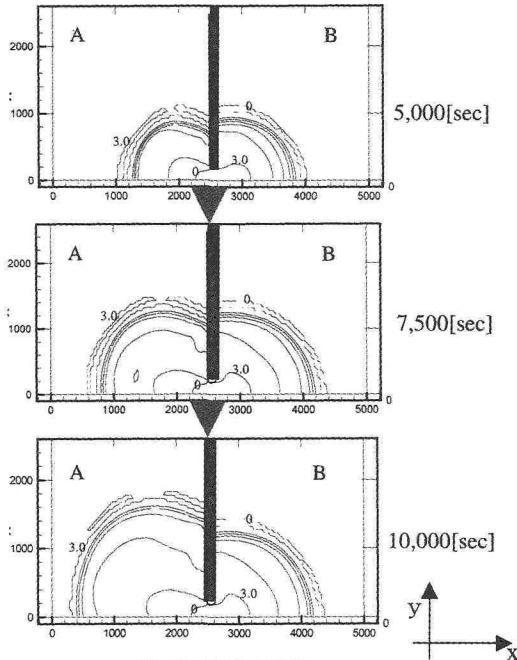


Fig.3 計算の結果

るまで進む距離が長くなる事が分かる。また、Fig.2~5 から分かるように、清水が自由

表面に沿って広がる速度の方が、塩水の進入より大きいことが分かる。さらに、広がり様子が左右対称ではなく、底層での塩水の広がりがほぼ同心円状であるのに対して、表層での清水の広がりが $-x$ 軸方向に伸びていて噴流状に広がっていることが分かる。これは、塩水が進入する場合の重力流の厚さより、自由表面に沿って進む清水の方が薄いため、連続の式より清水の方が速度が大きくなったと考えられる。

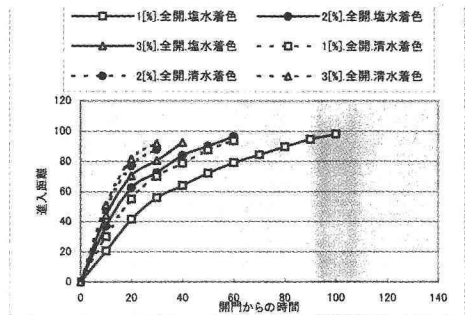


Fig.4 濃度の違いによる進入距離

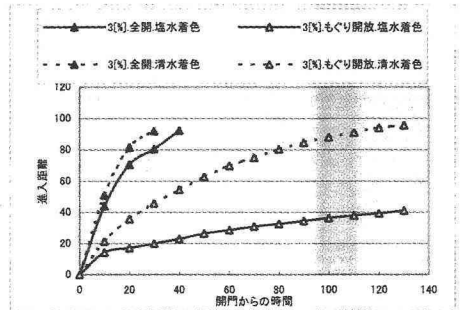


Fig.5 開門幅の違いによる進入距離

5. 結論

- ・濃度、開門幅に比例して進入速度は大きくなった
- ・どの場合においても清水の広がりの速度が大きくなった
- ・もぐり開放の方が全開の場合より、塩水と清水の速度に差がみられた
- ・塩水はほぼ同心円状に広がっているのに対し、清水は門付近において噴流状に広がるという拡散パターンに違いがみられた