博多湾東部海域狭窄部における密度成層破壊構造物の現場適応へ向けた数値解析

福岡大学工学部　学生員　○濃野浄見　　福岡大学工学部　正会員　山崎惟義
福岡大学工学部　正会員　　渡辺亮一　関東学院大学工学部　正会員　北野義則

1. はじめに

博多湾東部海域では，密度成層により夏季に貧酸素水塊が発生し，底生生物が死滅することが明らかとなっている[1]．密度成層は潮汐破壊されず，長期にわたって貧酸素水塊が湾奥部に留まっている．混合を促進させ，密度成層を解消する方法として，強制的に混合する方法等が提案されているが，いずれの方法も大きなエネルギーを要する[2]．そこで，狭窄海域の高速流れを傾斜板による攪拌に利用することにより，密度成層が解消可能であることを，模型実験により検証した[3]．構造物による密度成層解消法は，設置後に必要な維持管理費が削減でき，非常に経済的な手法であると考えられる．しかし，この構造物を現場海域に適用した場合にどの程度の成層破壊効果があるかはわかっていない．そこで，本研究では現場海域における成層破壊構造物による密度成層の破壊の程度を CFD 解析しフラックスを求め定量的に解明することを目的とする。

2. シミュレーションの概要

本研究では，密度流の CFD 解析などで幅広く用いられる CFD ソフトウェアの FLUENT を用い模型実験および狭窄海域のシミュレーションを 2 次元領域で行った[3]．実海域においては，乱流計算として k －ε モデルを用いた．初期条件は各セルに計算開始時の流速を流れ方向に与えた．構造物の形状は，模型実験の場合では，高さ 7 ㎝，実海域の場合では，高さ 2.8m の板を 45°傾けた構造となっている．図 1 は，対象海域および構造物の設置位置を示している．また，上層水と下層水の拡散係数は $5\times e^{-9}(m^2/s)$とした[9]．次に，実海域における傾斜板の攪拌効果を定量化するために，玉井にならい，次のようにフラックスを求めた[10]．まず，計算結果より傾斜板下流 80(m)に，海面から鉛直方向に 0.2(m)ごとの平均密度(定常状態になってから 5 分間後の 10 秒の平均)を求め，初期状態および計算後の密度分布を描いた．次に初期淡塩境界面上部の上記の密度差の積分値を求めた．ここで面積 S（kg/cm^2）が単位面積あたりの輸送量となる。最後にこの，単位面積あたりの輸送量を攪拌時間で割るとフラックスになる。

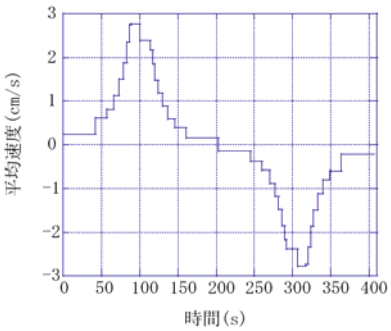


図 1　模型実験の流速変化

表 1　模型実験および実海域の計算条件

実海域	
最大流速(cm/s)	23.7
平均流速(cm/s)	15.1

	模型実験	実海域
上層密度 (g/cm3)	0.999	1.011
下層密度 (g/cm3)	1.004	1.019

図 1　対象海域および構造物の想定設置位置（○印）

3. 数値計算の結果

図 2 は，模型実験における実験結果と計算結果の比較を示している．この図より，計算結果と実験結果は構造物の有無に関わらず合致しており，定性的に計算結果が実験結果を表していることがわかる．そこで，この計算方法を用い狭窄海域のシミュレーションを行った．図 3 および図 4 は，それぞれ，平均流速時，最大流速時の実海域における傾斜板の有無による計算結果の相違を示している．図 5 は，狭窄海域における傾斜板が無い場合の密度分布を示している．この図より，構造物が無い場合の単位当たりの輸送量が，平均流速

時で 0.5（kg/㎡），最大流速時は，1.7（kg/㎡）であることがわかった．また，図 6 は，狭窄海域における傾斜板が有る場合の密度分布を示している．この図より，構造物が有る場合の単位当たりの輸送量が，平均流速時で，4.0（kg/㎡），最大流速時で，5.6（kg/㎡）であることがわかった．次にこれを基にフラックスを求めると構造物が無い場合平均流速時で 7.0×10^{-4}（kg/㎡ s），最大流速時は，1.8×10^{-3}（kg/㎡ s）となる。また，構造物が有る場合には平均流速時で 5.6×10^{-3}（kg/㎡ s），最大流速時は，6.2×10^{-3}（kg/㎡ s）となる．このことより，傾斜板を設置しない場合には，ほとんど密度成層が破壊されないのに対し構造物を設置した場合には密度成層が破壊されることが定量的にわかる．

4. 結論

本数値シミュレーションでは，潮汐が発生しないと仮定した博多湾東部海域狭窄部に密度成層破壊構造物を設置すると平均流速から最大流速時にかけて密度成層の破壊促進効果が期待できることが明らかとなった．

なお，本研究を進めるに当って，一部を，科学研究費補助金（基盤研究 B：課題番号 18360254，研究代表者：渡辺亮一，および基盤研究 C：課題番号 19560554，研究代表者： 山崎惟義）の助成を受けて行われたものである．ここに記して謝意を表する．

参考文献.

1) 熊谷博史　鮓本健治：博多湾湾奥部における貧酸素水塊の発生予測，環境工学研究論文集，第 42 巻，pp277-285，2005.
2) 中瀬浩太：閉鎖水域の密度成層および底層貧酸素の解消への流動促進装置の適用，海洋工学シンポジウム Vol.20th Page.ROMBUNNO.OES-55（2008）
3) 田中克朋：和白沖における密度成層解消のための模型実験，福岡大学工学部土木工学科卒業論文，2006.
4) DONNELLY B 他：成層流の計算流体力学的（CFD）検討 ，Environ Hydraul， pp455-460，1999.
5) 化学工学会編，化学工学便覧，丸善株式会社，1999
6) 玉井信行：連行概念の統一化と連行係数の評価法，土木学会論文集，第 381 号，pp1-10，1987.

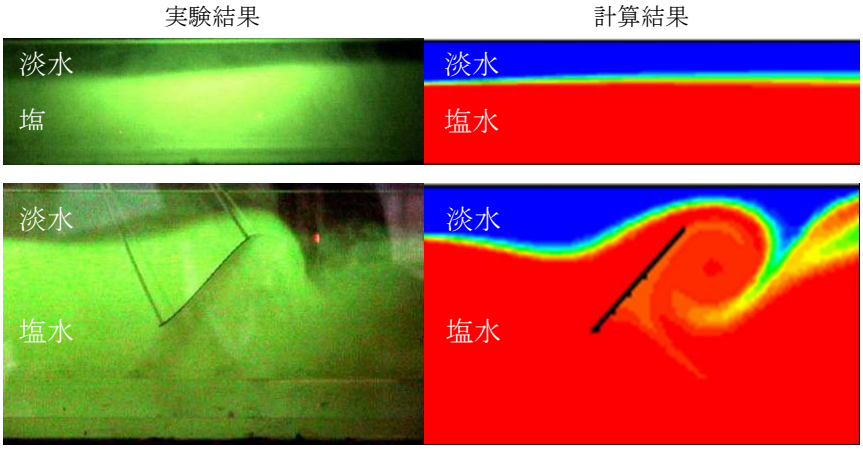


図 2　模型実験における実験結果と計算結果の比較

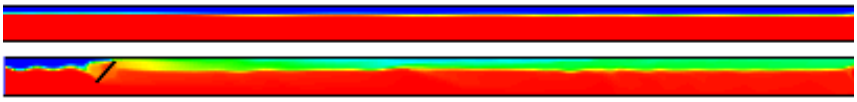


図 3　狭窄海域における平均流速時の計算結果，傾斜板無し（上）傾斜板有り（下）

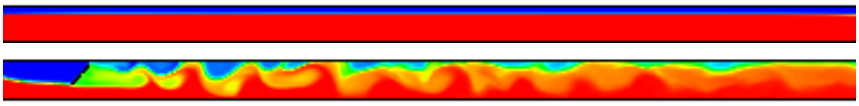
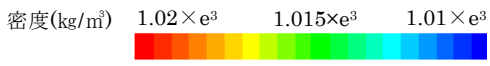


図 4　狭窄海域における最大流速時の計算結果，傾斜板無し（上）傾斜板有り（下）



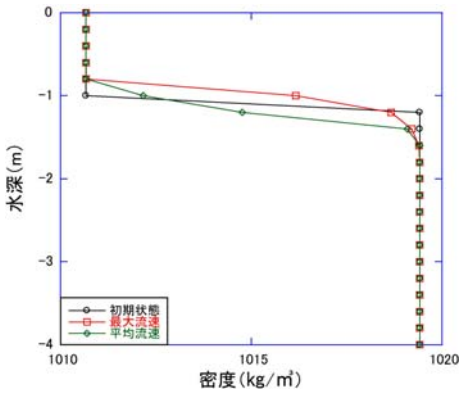


図 5　傾斜板を有さない場合の密度分布

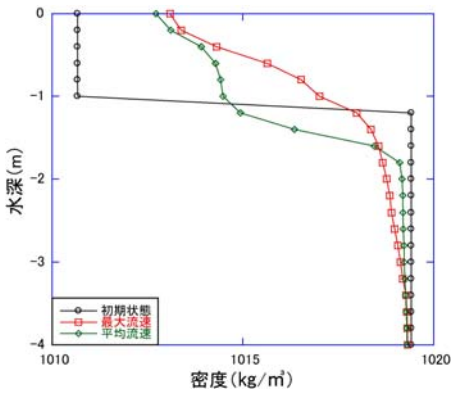


図 6　傾斜板を有す場合の密度分布