

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シミュレーション

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

博多湾東部海域狭窄部では、夏季に貧酸素水塊が発生し、底生生物が死滅することなどが問題視されている。ここでの貧酸素水塊の発生原因は、密度成層の形成であることが明らかとなっている¹⁾。梅雨時期の大雨後の数日間で底層の酸素が消費され、一旦、貧酸素水塊が形成されると博多湾内の潮汐では破壊されず、長期にわたって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、曝気による方法や上層水をポンプで下層に強制的に送り込む方法等が考案されているが、いずれの方法も持続的に運転するための維持管理費が膨大な額になるなどの欠点がある。そこで、平成 18 年度、狭窄海域で速くなっている流れを攪拌することにより、密度成層が解消可能であるか、模型を用いた実験で検証した。その結果より、狭窄部に流れを攪拌する幾つかのタイプの構造物の中で傾斜タイプの構造物を設置することで、最も上下混合が促進されることが明らかとなった²⁾。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、現場海域に密度成層破壊構造物を適用した場合にどの程度成層破壊されるか解っていない。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数値シミュレーション行うことにより解明することを目的として行った。

2. 数値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有用性が高い CFD ソフトウェア FLUENT6.3.26 (アンシス・ジャパン) 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⁾。そこで本数値解析にも採用した。また、計算メッシュの生成は GAMBIT2.3.16 (アンシス・ジャパン) を使って行った。基礎方程式は、ナビエストークスの式と連続の式を用いている。模型実験のシミュレ

ーションは層流計算で行い、狭窄海域においては、乱流計算として $k - \epsilon$ 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。計算流速は、模型実験のシミュレーションの場合では流速の早い部分だけを模型実験時の流速に合わせて計算し、狭窄海域については、最大流速と平均流速について定常状態になるまで計算した。模型実験のシミュレーションの上層、下層密度は実験値に合わせ、現場においては現地調査から算出した。また、計算水深は平均海面時の水深としている。構造物の形状は、模型実験の場合では、高さ 7 cm、狭窄海域の場合では、高さ 2.8m の板を 45° 傾けた構造物となっている。図 1 は、構造物の設置位置を示している。



図 1 構造物の設置位置

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、最大流速時の狭窄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。これらの図より、構造物が有る場合、平均流速時および、最大流速時どちらにおいても、密度成層が攪拌される

ことがわかる. 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 $0.4521 \text{ (kg/m}^2\text{)}$, 最大流速時は, $1.6511 \text{ (kg/m}^2\text{)}$ 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, $3.9601 \text{ (kg/m}^2\text{)}$, 最大流速時で, $5.5831 \text{ (kg/m}^2\text{)}$ であることがわかった. このことより, 構造物が無い場合には, ほとんど密度成層が破壊されないのに対し構造物がある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. 今後の課題として, 定量的に和白干潟周辺でどのくらい密度成層が破壊されるかを求める必要がある. また, さらに精度の高い計算をするために潮汐をシミュレーションすることのできる計算モデルに変え, 3次元解析する必要がある.

なお, 本研究を進めるに当たって, 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 鮎本健治: 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) 田中克明: 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.
- 3) DONNELLY B 他: 成層流の計算流体力学的(CFD)検討, Environ Hydraul, pp455-460, 1999.
- 4) 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.

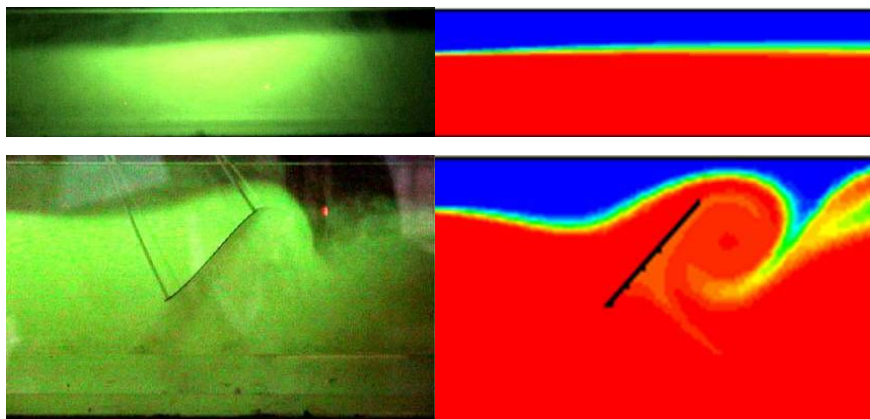


図2 模型実験における実験結果と計算結果の比較

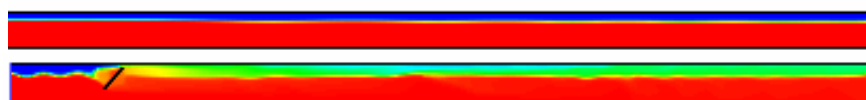


図3 狭窄海域における平均流速時の計算結果

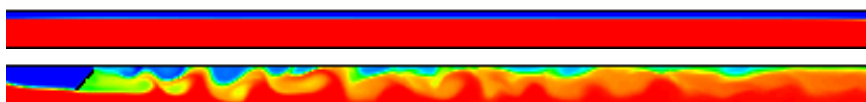


図4 狭窄海域における最大流速時の計算結果

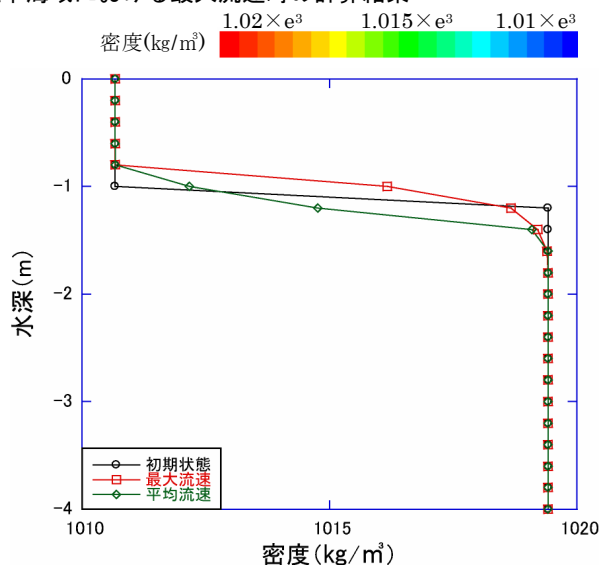


図5 傾斜板を有さない場合の密度分布

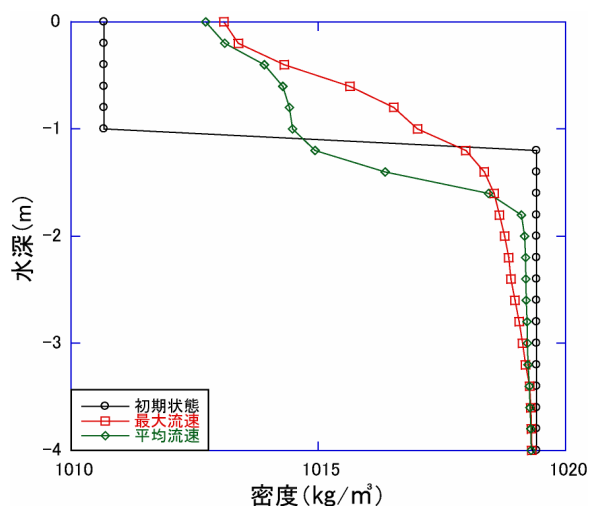


図6 傾斜板を有す場合の密度分布