

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 学生員 ○田中克朋
福岡大学工学部 正会員 渡辺亮一

福岡大学工学部 正会員 山崎惟義
福岡大学工学部 学生員 江口洋一

1. はじめに

和白沖(博多湾の湾奥部)では、夏季に貧酸素水塊が発生し、底生生物の死滅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は、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莫大な額になるという欠点がある。そこで、昨年度、湾奥部の狭窄部で速くなっている流れを利用して、密度成層が解消可能であるかを検討した²⁾。狭窄部に流れを攪拌する構造物を設置することで、密度成層が破壊されるかを確認した。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が、設置する場所や形状によっては舟運を妨げるというデメリットが生じる。そこで、今年度の研究では、密度成層をより効果的に破壊できる構造物の形状、設置場所を検討し明らかにすることを目的として実験を行った。

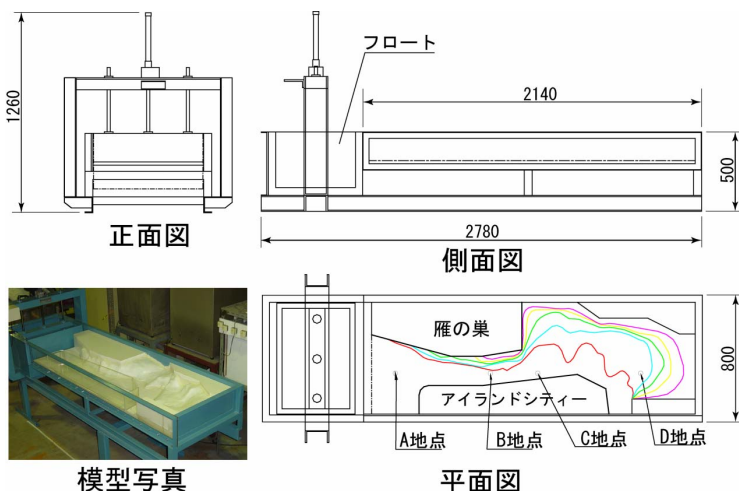


図1 和白沖の模型概要

2. 実験概要

図1は、本研究で使用した上記海域の模型概要を表している。模型の縮尺は、水平方向が1/2500、鉛直方向が1/40のひずみ模型である。模型に設置してあるフロートを上下させることで、潮汐を再現できる構造となっている。密度成層の混合状況を観察できるように、模型側面部は透明アクリル板を用いている。模型内に4箇所の測定点を設け(図1 平面図 参照)、これらの地点でポイントゲージに取り付けた塩分濃度計(WTW 製 Cond340i)で塩分濃度を測定した。

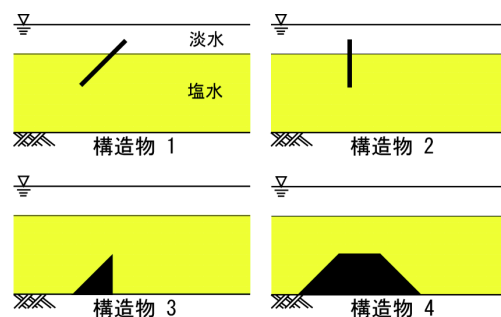


図2 構造物の形状

構造物の形状による効果の違いを明らかにするために、構造物の形状、設置位置以外は全て同じ条件で実験を行った。図2は設置した構造物の形状、図3は構造物の設置位置を示している。構造物の形状は、矩形の板を成層境界面に傾けて設置したものを構造物1、板を垂直に設置したものを構造物2とした。また、和白沖での舟運を考慮し安全な水深を確保できる構造物として、三角形断面の構造物を海底に設置する構造物3と台形断面の構造物を海底に設置する構造物4の4ケースを設定した。



図3 設置位置

密度成層の混合状況を観察するためフルオセレインで塩水を着色した。まず、塩水を模型内に注入し、つぎに塩水の上に薄い板を浮かべその上から淡水をゆっくりと注入し密度成層を作成した。

次に、実験開始前の塩分濃度を測定し初期状態を確認した後、フロートを上下させて潮汐周期をスタートする。実験開始後、適切な間隔で 11 周期目まで模型槽内の塩分濃度を測定した。なお、塩分濃度測定時には一旦、潮汐を停止した後、15 分間整置してから測定点 A ~ D の塩分濃度を水面から鉛直方向に 0.5cm おきに測定した。

3. 実験結果と解析

図 4 は、B 地点における構造物毎の塩分濃度分布を示している。この図から、構造物 1 の密度成層破壊促進効果が最も大きいことが分かる。しかしながら、1 以外の構造物設置による効果の差異は、明確には表れていない。そこで、連行速度³⁾を算出し、構造物のケースごとの比較を行った。

連行速度 W_e は次式により算出した。

$$W_e = \frac{\int_0^{h_i} C(h,t)dh - \int_0^{h_i} C(h,0)dh}{C_0 t}$$

ここで、 C_0 は模型槽内の上層と下層が完全に混合したときの塩分濃度(‰)、 t は潮汐の各周期終了までの時間(s)、 h_i は初期塩分濃度分布と各周期終了後の塩分濃度分布が交差した点の水深(cm)、 $C(h,t)$ は水深 h 、時間 t における塩分濃度(‰)である。

図 5 は、潮汐周期毎の連行速度の値を構造物ごとに示している。この図から、構造物 1 を設置した場合の連行速度は最も大きく、構造物 3 と 4 の連行速度は、その半分程度の値であることがわかる。

4. 結論

本実験で以下の 2 点が明らかとなった。

- (1) 構造物 1 ~ 4 を設置した場合、全てのケースで混合による効果が確認された。
- (2) 構造物を成層境界面に設置したケースの方が、底部に設置するよりも混合効果が大きいことが明らかとなった。

今後の課題として、これまでに検証してきた構造物の形状よりも、更に攪拌効果の大きい形状を考案し、混合効果が高まることを実験によって確認する必要があると考えられる。

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)迫田祥哉：博多湾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、2005.
- 3)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.

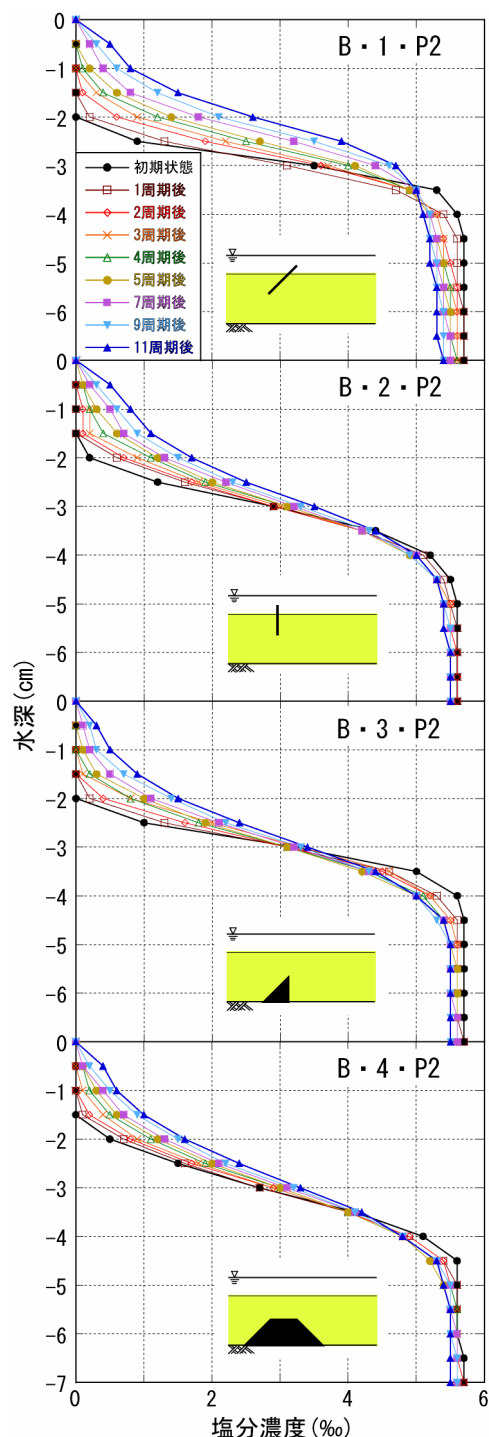


図 4 測定点 B における構造物別の塩分濃度分布

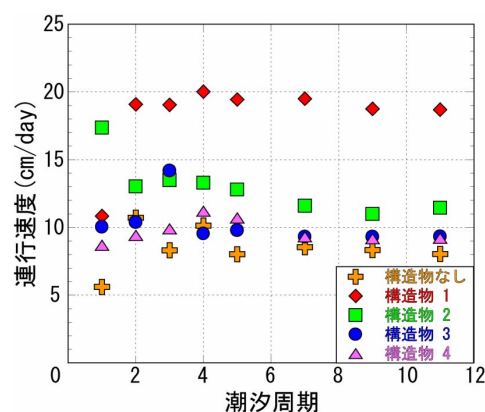


図 5 連行速度の比較