

## 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 学生員 ○迫田祥哉

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

博多湾では夏季になると底生生物の生態系に悪影響を及ぼす貧酸素水塊が発生している。貧酸素水塊が発生する要因として夏季における酸素消費の増加と密度成層による底部への酸素供給低下が挙げられる。特に博多湾東部湾奥部に位置する和白干潟周辺では密度成層が形成されやすい。一方、和白干潟に近いアイランドシティーと雁の巣に挟まれている部分（狭窄海域）では流速が速くなっている。流速の速い場所に適切な構造物を設置することにより混合効果が促進されると考えられる。そこで本研究では、博多湾奥海域の模型を作成し、適切な構造物により本海域の密度成層を破壊し得るかを実験的に検証しようとした。

### 2.実験概要

#### 2.1.本実験装置

図-1 は本研究で使用した上記海域の模型である。模型の縮尺は水平方向が 2500 分の 1、鉛直方向が 40 分の 1 のひずみ模型となっている。フロートを上下させることで潮汐を発生させている。密度成層の混合状況を観察できるように模型側面を透明板にした。

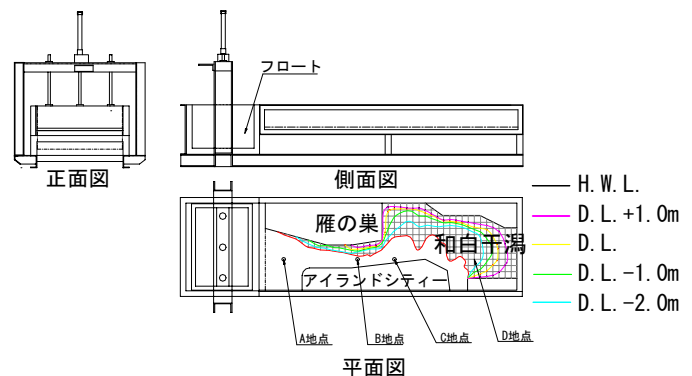


図-1 博多湾奥の模型

#### 2.2.実験手法

##### (1)模型内の流速

フルードの相似則より模型内における流速  $v$  を次式で求めた。

$$v = v_p \sqrt{h_{1m} / h_{1p}} = 23.7 \times \sqrt{1/40} = 3.75 (\text{cm/s})$$

ここで  $v_p$  は実際の本海域最狭窄部の現場平均流速(23.7cm/s)、 $h_{1p}$  は現場上層厚(100cm)、 $h_{1m}$  は模型の上層厚(2.5cm)である。

##### (2)塩分濃度

層平均リチャードソン数  $R_{1*}$  を現場と模型で合わせるため、実験の下層密度  $\rho_{2m}$  を次式により求めた。

$$\begin{aligned} \rho_{2m} &= \rho_{1m} g h_{1m} / \left\{ g h_{1m} - \left( \Delta \rho_p g h_{2p} / \rho_{2p} v_p^2 \right) v^2 \right\} \\ &= \rho_{1m} \times 980 \times 2.5 / \left\{ 980 \times 2.5 - (0.004 \times 980 \times 100) / (1.022 \times 23.7^2) \times 3.75^2 \right\} \end{aligned}$$

ここで  $\rho_{1m}$  を模型内の上層密度( $\text{g/cm}^3$ )、 $\Delta \rho_p$  は現場の上層と下層の密度差( $0.004 \text{g/cm}^3$ )、 $\rho_{2p}$  は現場の下層密度( $1.022 \text{g/cm}^3$ )である。模型内の上層密度  $\rho_{1m}$  はユネスコの状態方程式より淡水の密度をもとめた。求めた模型内の下層密度  $\rho_{2m}$  を用いてユネスコの海水の状態方程式(UNESCO1981)より設定すべき塩分濃度を求めた。

##### (3)測定

測定点は図-1 の平面図に示した A、B、C、D である。密度成層の混合状況を観察するためフルオセライン

を用いて塩水を着色した。まず、塩水を模型内に注入し、つぎに塩水の上にアクリル板を浮かべその上から淡水を注入し密度成層を作成した。境界面がぼやけたときは、側面からその部分を吸引除去した。構造物は  $45^\circ$  に傾けた 1 辺が 7cm の正方形のプラスチック板を狭窄海域の最狭部にアイランド側によせて設置した。周期回数は 0~5 周期までが 1 周期間隔でその後は 2 周期ごとに測定し 11 周期で終了させた。塩分濃度は塩分濃度計で測定した。各測定は潮汐を停止し、15 分間放置した後、A~D の塩分濃度を水面から 0.5cm おきに測定した。

### 3. 実験結果

#### 3.1. 構造物がない場合

図-2 に構造物なしの場合の B 地点の塩分濃度分布の変化を例示した。時間とともに混合される様子が分かる。しかし、最下層を見てみると初期状態のから 0.1‰しか変化しなかったことが分かる。

#### 3.2. 構造物がある場合

構造物を設置した場合の B 地点の塩分濃度分布の変化を図-3 に示した。構造物を置かない状態と比べると、上部では 0.1‰から 0.5‰へ、中部では最大 1.6‰から 3‰へ、下部では 0.1‰から 0.3‰へ増大している。

### 4. 実験結果の解析

連行速度  $W_e$  を次式により算出した。

$$W_e = \frac{\int_0^{h_1} C(h,t)dh - \int_0^{h_1} C(h,0)dh}{C_0 t}$$

ここで  $C_0$  は層内が完全に混合したときの塩分濃度 (‰)、 $t$  はそれまでの潮汐時間(s)、 $h_1$  は初期塩分濃度分布と各周期回数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  $t$  の塩分濃度 (‰) である。構造物の構造物が有る場合と無い場合の連行速度を図-4 に示した。

また、構造物がある場合と無い場合の狭窄部での連行速度の差を求め、 $\sqrt{40}$  倍し現場の値に換算した。これを構造物の効果と考え、江口ら<sup>3)</sup>が求めた博多湾奥での密度成層エネルギーの蓄積速度を連行速度に換算したものと比較した。これより、構造物による連行速度の増大分が 0.022m/day となり密度成層が蓄積する速度 0.001m/day を差し引くと 0.021m/day となった。この値は構造物を設置した場合の博多湾での密度成層破壊速度と推定される。したがって、実際に博多湾に構造物を設置することにより和白干潟で発生している密度成層が破壊できると考えられる。

### 5. 結論

狭窄海域に適切に構造物を設置することによって和白干潟の密度成層を破壊することができると推定できる結果が得られた。

### 参考文献

- 1) 古賀雄輝：博多湾における密度成層解消のための基礎的研究、pp32-40、福岡大学工学部土木工学科卒業論文、pp49-50、2004
- 2) 玉井信幸：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
- 3) 江口洋一他：博多湾における密度成層エネルギーの蓄積速度に関する研究、平成16年度土木学会西部支部研究発表会投稿中、2005

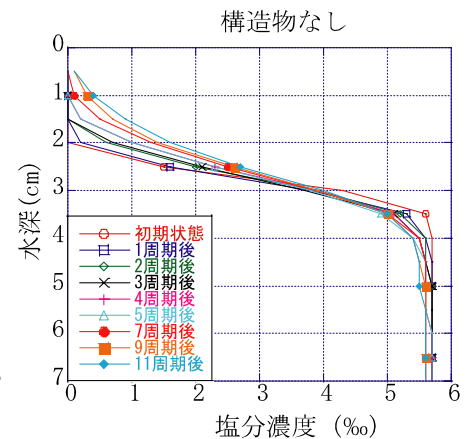


図-2 構造物を設置しない場合の塩分濃度分布図

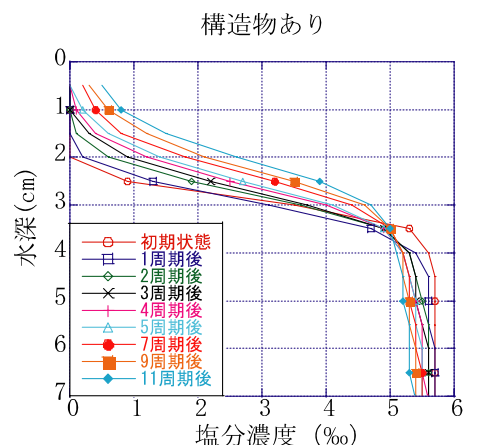


図-3 構造物を設置した場合の塩分濃度分布図

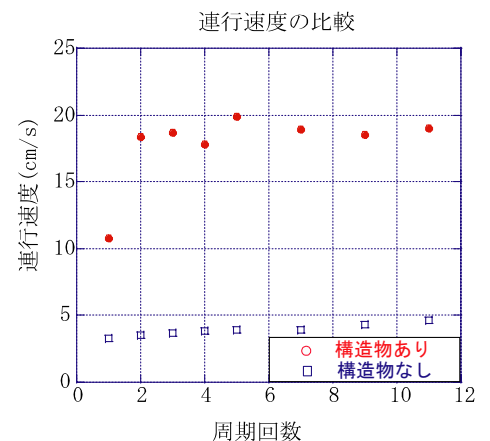


図-4 連行速度