

博多湾における密度成層とその破壊について

福岡大学 正会員 ○山崎 惟義
 福岡大学 正会員 渡辺 亮一
 関東学院大学 正会員 北野 義則

1. はじめに

博多湾は閉鎖性の強い海域であり、福岡市都市圏の約 160 万の人口をからの下水処理放流水の流入があり、富栄養化と底層の貧酸素化のため、夏季には底層生態系の破壊が深刻な問題となっている。この底層の貧酸素化の原因は、夏季における底層生態系の酸素消費の増大と密度成層による表層からの酸素供給の低下によると考えられている。そこで本研究では、夏季の表層における藻類の増殖に伴う過飽和状態の酸素に着目し、海水の上限混合による底層の貧酸素化の解消を目的とし、混合のための成層破壊の可能性について実験と現場調査の解析を行った。さらに、博多湾における成層破壊速度と底層酸素濃度との関連性を明らかにした。

2. 実験、解析手法

実験では、直径 5m 水路幅 20cm 水深 30cm の円形回転水路¹⁾に所定量の水道水(淡水)と染色した塩水による密度成層を形成し、回転蓋を水表面に接して回転させ、せん断流による密度成層の破壊を行った。本装置はいわゆる無限長水路における水理学的特性を有しており、海域の用に境界条件がほぼ無限である場を再現できるものと考えられる。また、直径が 5m と大きく、2 次流の影響も小さく抑えることが可能で、理想的なせん断流を発生させることが可能である。密度成層の破壊（塩水層厚の減少とその速度）は、塩分濃度変化を塩分濃度計により、染色濃淡の変化をビデオ撮影によって測定し、電磁流速計によって流速分布を求めた。実験条件を表 1 に示した。この結果より、層平均リチャードソン数 R_{i*} を $\Delta\rho gh / \rho V^2$ と求めた。ここで、 $\Delta\rho$ は淡水と塩水の密度差、 h は淡水の層厚、 ρ は全層平均密度、 V は境界面の水平流速である。また、連行係数 E を W_e / V と求めた。ここで、 W_e は連行速度であり、塩水層厚の減少速度を用いた。

RUN	周速	塩分濃度	継続時間
1	39.25cm/s	13.3‰	30min
2	39.25cm/s	17.0‰	30min
3	78.5cm/s	42.9‰	30min

図 1 に示した博多湾測定点における水深 2.0m の流速²⁾と密度の鉛直分布より、連行係数、連行速度を求めた。

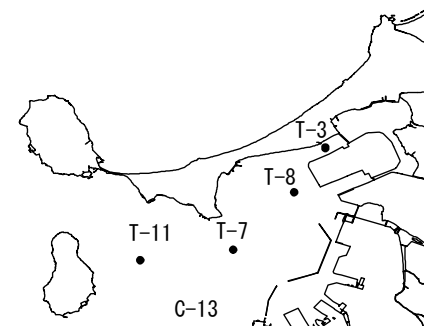


図 1 博多湾測定点

3. 実験結果

円形回転水路による実験結果を図 2 に示した。本図には他の研究者³⁾による結果も合わせて示すとともに、 $E = 2 \times 10^{-3} R_{i*}$ の関係を実線で示した。この図から、本実験と他の実験とはよく一致しており、本装置を用いた実験の結果が良好なものと考えられ、本装置を密度成層破壊実験の装置として十分利用できるものと考えられる。また、 R_{i*} と E との関係は $E = 2 \times 10^{-3} R_{i*}$ で表されると考えられる。

4. 解析結果

博多湾における調査結果より、 R_{i*} を求め、 $E = 2 \times 10^{-3} R_{i*}$ を計算し、 $E = W_e / V$ より W_e を求め、表 2 に示した。この結果より、T-7 地点を除き、連行速度は水深(6m 程度)に比較しかなり小さい。

キーワード 博多湾、密度成層破壊、貧酸素、生態系再生

連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学工学部 電話 092-871-6631

5. 考察

円形水路を用いた密度成層破壊実験ならびに他の研究者の実験結果から層平均リチャードソン数より連行係数が求められることが示された。これを用いて、非常にラフではあるが、博多湾におけるいくつかの地点の連行速度を推定した。その結果、T-7 地点で連行速度が非常に大きいことが分かった。また、図4に、2003年8月の同海域の底層酸素濃度とホトトギス貝の生存状況を示した⁴⁾。この図から、T-7 地点のみ底層に貧酸素が現れず、ホトトギス貝も死滅を免れていることがわかる。さらに、T-7 地点における底生生物のアイランドシティー環境モニタリングの14年間の結果をみても、このことが示されている。このように、T-7 地点のように、連行速度が水深に対して大きく、鉛直混合が期待できる地点では、底層の貧酸素は発生し難く、底生生物の生態系の破壊も生じ難くなっていると考えられる。

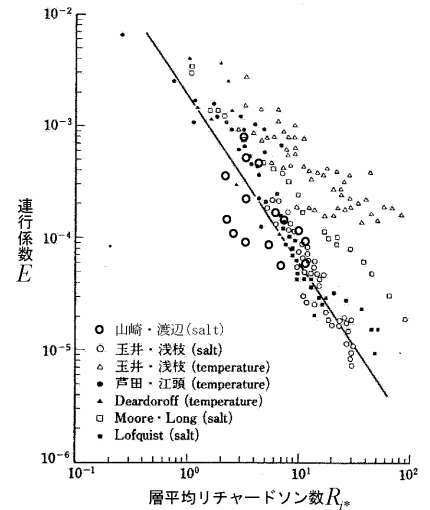


図2 実験結果

6. 結論

円形回転水路を用いた密度成層のせん断流による破壊実験により、このような場においても $E = 2 \times 10^{-3} Ri^*$ が成立することをしめした。

博多湾における連行速度を推定し、T-7 地点を除いて、水深に対して鉛直攪拌が小さいことをしめした。

T-7 地点では鉛直混合が大きく、これがこの地点の底層の貧酸素化を防止し、底生生物の生態系の破壊を防いでいると推定した。

	C-13 地点	T-3 地点	T-7 地点	T-8 地点	T-11 地点
2m 水深流速 (cm/s)	4.42	8	11.2	8.90	8.1
上層厚 h_s (cm)	450	300	250	200	400.0
上層密度 (g/cm ³)	1018	1017	1019	1016	1018
下層密度 (g/cm ³)	1022	1022	1023	1019	1022
密度差 $\Delta\rho$ (g/cm ³)	4.1	4.6	3.5	3.7	3.5
層平均リチャードソン数 Ri^*	89.7	20.7	6.6	8.9	20.3
連行係数 E	2.35E-06	2.13E-05	1.17E-04	7.50E-05	2.19E-05
連行速度 w_e (cm/s)	1.04E-05	1.70E-04	1.31E-03	6.68E-04	1.77E-04

謝辞

本研究を推進するにあたり、福岡大学工学部工学部社会デザイン工学科の学生諸君には大変お世話になった。また、円形回転水路は文部省の補助金によるものである。さらに、調査には財団法人九州環境管理協会に大変お世話になった。ここに、感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 上田晋也他：円形回転水路の流況特性に関する研究、平成15年度土木学会西部支部研究発表会 PP.B-102-103, 2004
- 2) 福岡市：博多湾水質保全計画、P.13, 1998
- 3) 玉井信行：連行の概念の統一と連行係数の評価方法、土木学会論文集 第381号/II-7、P.1-11, 1997
- 4) 江口洋一他、GISを用いた博多湾における情報の共有化に関する研究、平成15年度土木学会西部支部研究発表会、PP.B-624-625, 2004

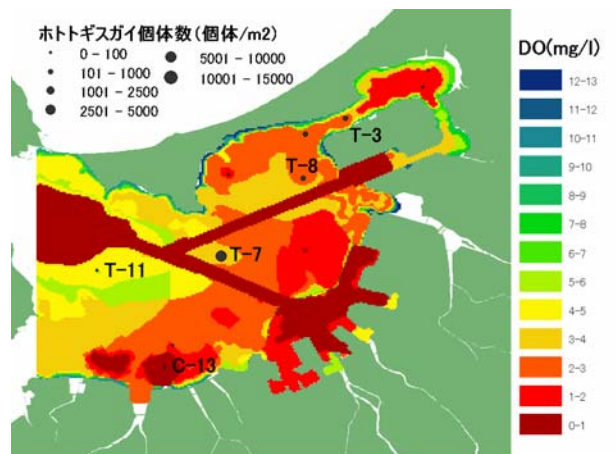


図3 博多湾の底層酸素濃度とホトトギス貝の分布