

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

福岡大学大学院 学会員 ○江口洋一 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 (財)九州環境管理協会 岸川勝典

1. はじめに

博多湾では、底層部の貧酸素化による夏季の底層生態系の破壊が報告されている¹⁾。この底層部の貧酸素化の原因として次の二つが挙げられる。一つは、底層生物の酸素消費の増大である。もう一つは、密度成層による表層からの酸素供給の低下である。この密度成層は、梅雨から夏季にかけての降雨や河川水の流入による海水の希釈と日射による表層温度の上昇が原因となっている。密度成層による酸素供給の低下は、海水の上下混合によって解消出来るのとの報告がある²⁾。そのためには、密度成層を破壊するのに必要なエネルギーを知る必要がある。そこで本研究では、博多湾における密度成層エネルギーの蓄積量とその蓄積速度を明らかにしようとした。

2. 調査解析手法

2.1 調査地点

調査地点を図-1に示した。密度成層エネルギーを求めるため、月に一度の調査を行なった。測定には、HORIBA製U-22XDマルチ水質モニタリングシステムを用いた。測定項目は、塩分、水温、水深である。

各地点で海面から底部まで鉛直方向に1mごとと、水面下10cm並びに底面上10cmで測定した。調査期間は03年6月から03年9月までである。

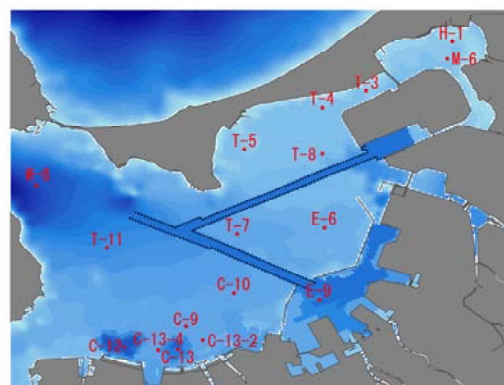


図-1 博多湾調査地点

2.2 密度成層エネルギー

塩分、水温の測定値より、海水の密度を状態方程式(UNESCO1981)より算出した。

海水を完全に混合した場合との単位面積当たりエネルギー差を次式で求め、密度成層エネルギー $E(J \cdot m^{-2})$ とした。

$$E = g \int_0^h (\rho(\zeta) - \bar{\rho}) \zeta d\zeta \quad (1)$$

ここで、 h :水深(m)、 ρ :密度($kg \cdot m^{-3}$)、 $\bar{\rho}$:平均密度($kg \cdot m^{-3}$)、 g :重力加速度($m \cdot s^{-2}$)、 ζ :鉛直下方向の座標である。

上式では水深が深いところ程、大きな値となる。そこで、比較するため全ての調査地点について、最小水深3.5mに合わせて密度成層エネルギーを算出した。

2.3 蓄積速度

破壊速度が、蓄積速度より大きければ密度成層は破壊されるが、その反対だと成層が発達する。密度成層の発達、消失の速さの指標として、密度成層エネルギーの蓄積速度 $V(J \cdot m^{-2} \cdot day^{-1})$ を次式で算出した。

$$V = (E_i - E_{i-1}) / (T_i - T_{i-1}) \quad (2)$$

ここで、 E_i , $E_{i-1}(J \cdot m^{-2})$ は $i, i-1$ 回の調査日における密度成層エネルギー、 T_i , $T_{i-1}(day)$ は $i, i-1$ 回の調査間の日数である。

2.4 連行速度³⁾

密度成層の破壊でよく用いられる連行速度と比較するために、密度成層エネルギーの蓄積速度を連行速度として、次式より求めた。

$$w_e = 1/(T_i - T_{i-1}) \cdot \int_0^h (\rho_i - \rho_{i-1}) d\zeta / \bar{\rho}_{i-1,i} \quad (3)$$

ここで、 ρ_i , $\rho_{i-1}(\text{kg}/\text{m}^3)$ は $i, i-1$ 回の調査日における密度、

$\bar{\rho}_{i-1,i}(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$ は $i, i-1$ 観測時における $\bar{\rho}$ の平均である。

3. 解析結果

3.1 密度成層エネルギー

各地点の密度成層エネルギーの経月変化を図-2に、7月の密度成層エネルギー分布を図-3に示した。図-2より各地点とも7月に博多湾全域で、密度成層エネルギーが増加することが明らかとなった。湾口部に位置するT-11、W-6地点では、密度成層エネルギーが小さく、全体的に湾奥の方の蓄積が大きい。その中でもT-5地点では、 $96.4(\text{J} \cdot \text{m}^{-2})$ 蓄積されている。

3.2 蓄積速度

蓄積速度を図-4に示した。6月から7月にかけて蓄積速度は、最も速くなった。特に、T-5地点では、 $2.5(\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1})$ と他の地点の2倍以上の速度となった。

3.3 連行速度

博多湾における大潮時最大上げ潮の連行速度²⁾を推定したものを表-1に示した。蓄積速度を連行速度としたものでは、T-8地点が、最小値 $-1.89 \times 10^{-3}(\text{m} \cdot \text{day}^{-1})$ となった。この値の絶対値は、大潮時の最大流速を用いて古賀が同地点で推定した値²⁾の1/100程度であった。

4. 結論

本研究における結論は、以下の通りである。

- 1) 密度成層エネルギーは、湾口部で $10(\text{J} \cdot \text{m}^{-2})$ 、湾奥部では、最大 $100(\text{J} \cdot \text{m}^{-2})$ に達する。湾口部に比較し湾奥では10倍の蓄積があることが分かった。
- 2) 蓄積速度は、湾口部では $0.1(\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1})$ 、湾奥部では、最大 $2.5(\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1})$ の速さとなることが明らかとなった。
- 3) 連行速度の絶対値は、湾口部において1/1000、湾奥部で1/100となった。

参考文献

- 1) 國崎玲子：博多湾に生息するホトトギスガイとシズクガイの変動に関する研究、土木学会西部支部研究発表会 講演概要集 VII-25、P. 448-449, 2004 . 03
- 2) 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、福岡大学工学部土木工学科卒論, 2004
- 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、P1-10, 1987

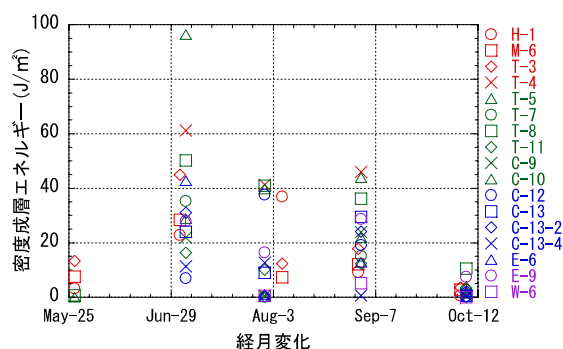


図-2 密度成層蓄積エネルギー

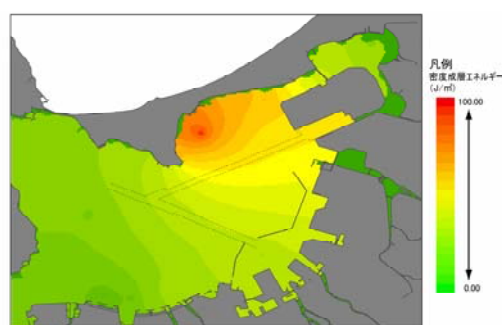


図-3 7月の博多湾密度成層分布

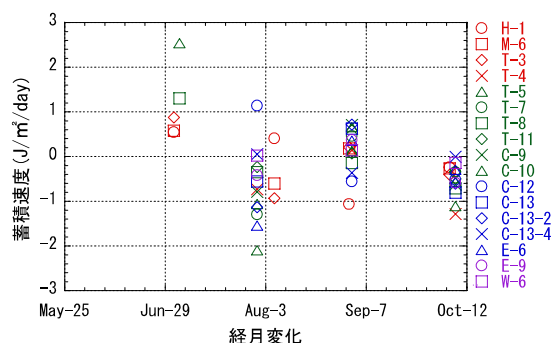


図-4 蓄積速度

表-1 博多湾における連行速度

推測値	C-13	T-3	T-7	T-8	T-11
層平均リチャードソン数 R_{ρ}	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(cm/s)	1.04E-05	1.70E-04	1.31E-03	6.68E-04	1.77E-04
本研究で求めた実測値					
連行速度(m/day)	-8.73E-04	-1.19E-03	-8.09E-04	-1.89E-03	2.17E-04