

漂流ブイを用いた現地観測による諫早湾口の流動構造の検討

九州大学大学院 学生員 重田 真一 正会員 齋田 倫範 学生員 田井 明
 正会員 矢野 真一郎 フェロー 小松 利光

1. はじめに

有明海は九州西岸に位置するわが国の代表的な閉鎖性内湾の一つであり、かつては「豊饒の海」と称されるほど高い生産性を誇っていた。しかし、近年では赤潮や貧酸素水塊の頻発化・大規模化などの水環境問題が生じている。水環境問題の一つである赤潮の主要因として栄養塩を豊富に含んだ河川水の流入が挙げられるが、海域に流入した河川水や発生した赤潮の挙動や空間分布に対しては、表層の流動構造が大きく関与している（例えば、柳ら¹⁾）。したがって、表層の水塊の挙動を明らかにすることは有明海の環境を考える上で非常に重要である。そこで、本研究では漂流ブイを用いたラグランジュ的な観測を実施し、赤潮が頻発している諫早湾口北側の流動構造について検討を行ったので報告する。

2. 観測概要

観測は2007年2月18日（大潮）、および2007年8月9日（中潮）に実施した。観測には宮原ら²⁾と同様の自作メモリー式ブイとオープンコム漂流ブイ（ゼニライトブイ社製）を使用した。オープンコム漂流ブイは直径300mmの球形で、メモリー式ブイと同様の抵抗体をブイ直下に取り付けて海水に浮かべた場合、約150mmが水面上に出よう調節した。また、いずれのブイにも抵抗体の中央部に小型のメモリー式塩分水温計 COMPACT-CT（アレック電子社製）を取り付けた。緯度・経度の測定間隔はメモリー式ブイが30秒、オープンコム漂流ブイが600秒である。

2007年2月18日の観測（以下、観測1）、および2007年8月9日の観測（以下、観測2）ではFig. 1に示す地点Aを中心とした一辺500mの正方形の各頂点に計4基のブイ（メモリー式ブイ2基、オープンコム漂流ブイ2基）を投入し、観測1では満潮から干潮までの半潮汐間（9:50～16:20）、観測2では満潮から満潮までの一潮汐間（5:50～17:50）にわたってブイの追跡を行った。また、ブイ近傍において30分毎の風向風速測定、および1時間毎の多項目水質計 YSI6600（YSI ナノテック社製）による水質測定を併せて実施した。Fig. 2に各観測当日の大浦検潮所の潮位変動と観測時間帯を示す。なお、図中のハッチは観測時間帯を示している。

3. 観測結果および考察

観測実施時の表層と底層の σ_t の差は観測1では0.6程度であり、密度成層の弱い状況下での観測であった。一方、観測2では8～10程度であり、密度成層の強い状況下での観測であった。観測時の風向風速は、観測1では0～6m/s程度の北風、観測2では0～5m/s程度の南風であり、両観測ともに比較的静穏な状況下での観測であった。

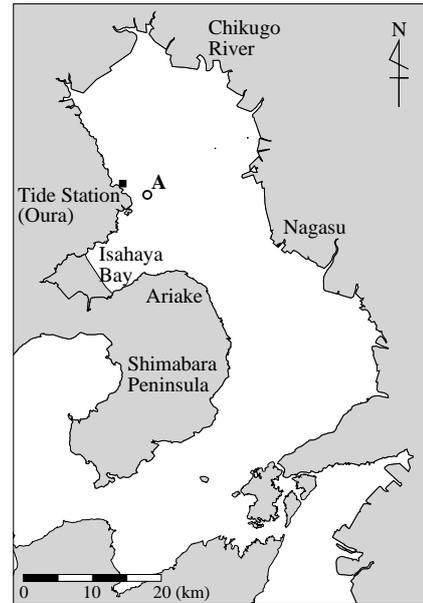


Fig. 1 観測実施海域概略図とブイ投入地点

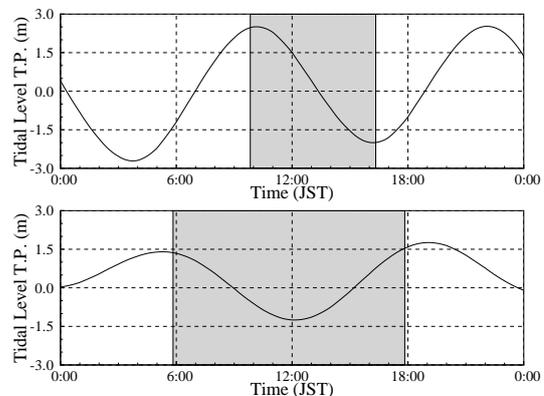


Fig. 2 観測当日の潮位変動（大浦）と観測時間帯（上図：観測1，下図：観測2）

観測1における4基のブイの重心の軌跡をFig. 3、観測2におけるブイの重心の軌跡をFig. 4に示す。観測1では満潮時に地点Aに投入されたブイは投入直後、東方向へ約0.5km移動した後、下げ潮流によって直線的に諫早湾口南側まで約13.9km移動した。観測2ではブイ投入直後、東方向へ約1.0km移動した後、下げ潮流によって観測1と同様に直線的に約6.5km諫早湾口南側方向に移動した。その後、上げ潮流によって約8.7km北上し、投入地点の北北東約2.9kmの地点に到達した。これらの結果より、下げ潮時には水塊が諫早湾内に流入することなく湾口南側に向かって直線的に移動することが示唆された。特に、大潮期には下げ潮の半潮汐間で水塊が諫早湾口を横断するような10km以上のTidal excursionが生じることが示された。

次に、4基のブイの30分毎の座標を用いて発散 D と渦度 V を算定した。算定に際しては川合³⁾の方法にならって式

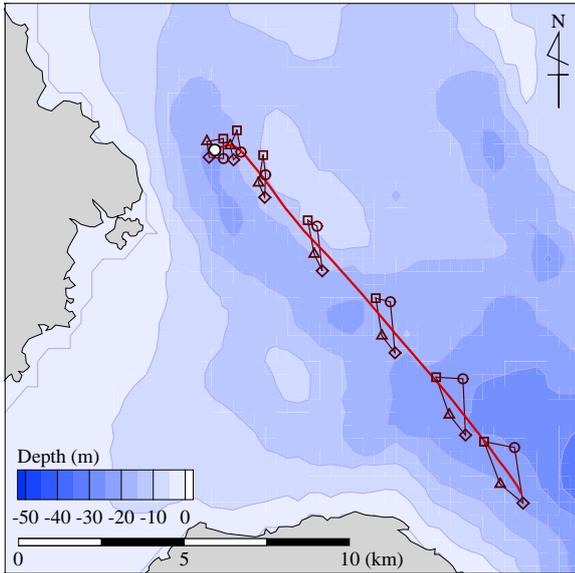


Fig. 3 観測 1 におけるブイの軌跡

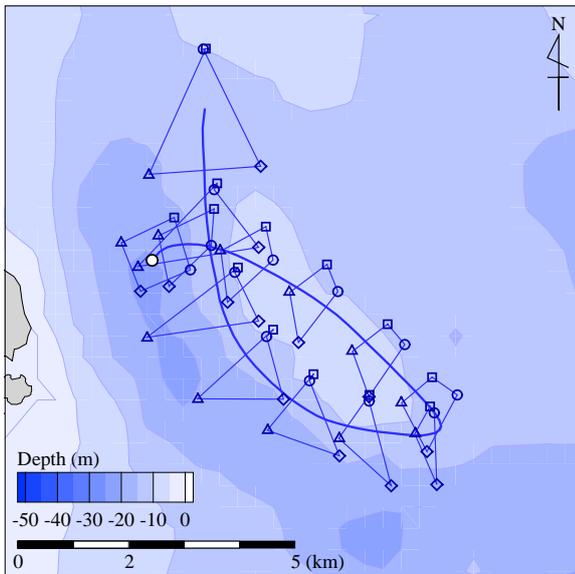


Fig. 4 観測 2 におけるブイの軌跡

(1), 式 (2) を用いた .

$$D = \frac{1}{S} \frac{\Delta S}{\Delta t} \tag{1}$$

$$V = \frac{1}{\Delta t} \ln \frac{S'}{S} \tag{2}$$

ここで、 S は 4 基のブイを頂点とする四角形の面積、 S' は式 (3) によって 4 基のブイに対してそれぞれ計算される座標 $(x'_i, y'_i; i = 1, 2, 3, 4)$ を頂点とする四角形の面積である .

$$\left. \begin{aligned} x'_i &= x_i + v_i \Delta t \\ y'_i &= y_i - u_i \Delta t \end{aligned} \right\} \tag{3}$$

なお、東方向、北方向をそれぞれ x 軸、 y 軸の正の方向とし、 x 軸、 y 軸方向の流速を u, v とした .

発散 D 、および渦度 V の経時変化を Fig. 5 に示す . 観測 1 の発散 D は憩流時に収束、下げ潮時に発散を示している . 観測 2 では転流前 (11:20) に大きな収束を示している . これは、東側に投入した 2 基のブイに取り付けた塩分計の値

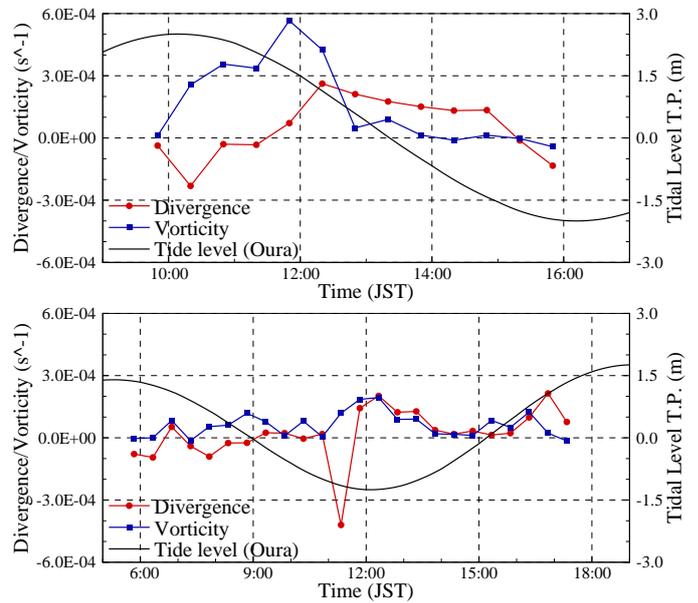


Fig. 5 発散および渦度の経時変化 (上図：観測 1，下図：観測 2)

が同時刻に急変していたことから、一時的にブイが潮目にトラップされた影響が考えられる . この突発的な収束を除けば憩流時に発散量が大きくなる傾向が見られる . それ以外の時間帯には顕著な収束・発散は見られなかった . 観測 1, 2 における発散 D の変動傾向の違いが潮流の局所性、潮差、成層状況のいずれに起因しているかについては今後検討が必要である .

一方、渦度 V は観測 1 の前半に強い反時計回りの回転、観測 2 では終始弱い反時計回りの回転を示している . 潮差、および成層状況が観測 1, 2 で大きく異なるにもかかわらず、渦度 V は両観測において反時計回りの回転を示していた . これは、塩田川沖海底水道 (諫早湾口北側の溝状の地形) の存在、および諫早湾への入退潮の影響によって生じる水平シアが一因であると推察される .

4. まとめ

諫早湾口部における流動構造を把握するために漂流ブイを用いた観測を実施した . 本研究で得られた結果は有明海の水塊の挙動をラグランジュ的に捉えた貴重なものである . 今後も継続して観測を行い有明海の流動構造の把握、ならびに水平拡散係数の算定を行う予定である .

参考文献

- 1) 柳 哲雄, 石井 大輔, 日向 博文, 石丸 隆 (2005): 植物プランクトンパッチネス構造の生成機構, 2005 年度海洋学会秋季大会要旨集, pp.203 .
- 2) 宮原 明子, 田井 明, 重田 真一, 齋田 範倫, 矢野 真一郎, 小松 利光 (2006): 筑後川から有明海に流入した河川水の挙動に関する現地観測, 平成 18 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, CD-ROM, pp.287-288 .
- 3) 川合 英夫 (1976): 収束・発散と海の粒々物理学, 海洋物理学 II, 東京大学出版会, pp.103-152 .