

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

九州大学工学部 学生員 宮原明子 九州大学大学院 学生員 田井明・重田真一
九州大学大学院 正会員 齋田倫範・矢野真一郎 フェロー 小松利光

1 はじめに

九州西岸に位置する有明海はわが国を代表する閉鎖性内湾である。かつては高い生産性を誇っていたが、1990年以降降水環境が悪化し、2000年の海苔の色落ち問題により有明海の水環境変化は社会問題へと発展した。

有明海の特徴の一つとして、筑後川を始めとする多くの河川からの大量の淡水の流入が挙げられる。河川水は窒素、リン、珪素などの栄養塩を多く含み、これらは海域での一次生産に使われる。したがって、流入した河川水の挙動を理解することは有明海の水環境を考える上で重要と考えられる。

そこで、本研究では筑後川から流入した河川水の挙動を把握することを目的として、夏季成層期に漂流ブイを用いたラグランジュ的な観測を実施したのでその結果を報告する。

2 観測の概要

2006年6月7日および2006年7月21日に、図-1に示す北部有明海において流動・水質のラグランジュ的な観測を実施した。

観測にはメモリー式GPS(GARMIN社製)を内蔵した漂流ブイを使用し、測定間隔30秒で緯度・経度の記録を行った。ブイはGPSを取り付けるための直径100mmの半球形のドームを設けた直径300mm、高さ50mmの円柱形の浮体と幅225mm、高さ450mmの塩化ビニール板4枚を十字に組み合わせた抵抗体から成る。全高は約700mmであり、海水に浮かべた際に約100mmが水面上に出るように浮力を調整した。いずれの観測においても満潮時に図-1に示す地点Aにブイを投入し、一潮汐間に渡ってブイを追跡した。

また、観測当日の成層状況、ならびに水塊の移動に伴う水質変化を把握するために漂流ブイの近傍において30分毎に多項目水質計による水質観測を実施した。観測にはYSI6600(YSIナノテック社製)を使用した。表層の流動に影響を与える風の状況を把握するために、15分毎の風向風速観測も併せて実施した。

図-2に示すように、両観測実施日の潮位変動はほぼ同様であったが、筑後大堰直下の日平均流量は6月7日の観測(以下、観測1)では64 m³/s、7月21日の観測(以下、観測2)では1,678 m³/sと大きな差があった。このことから、本研究で実施した2回の観測により平常時と出水時の河川水の挙動を比較できると考えられる。風は観測1の前半は0~3m/sの北風、後半は0~6m/sの西風であった。一方、観測2

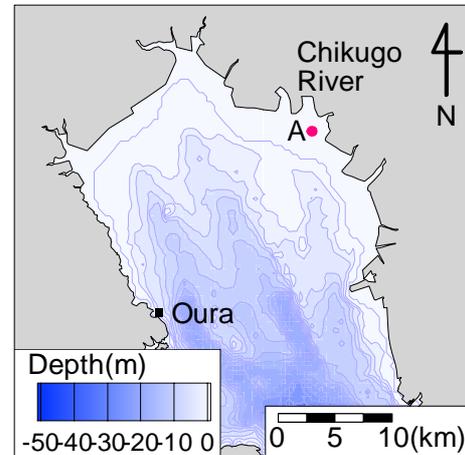


図-1 観測実施海域の概略とブイの投入地点

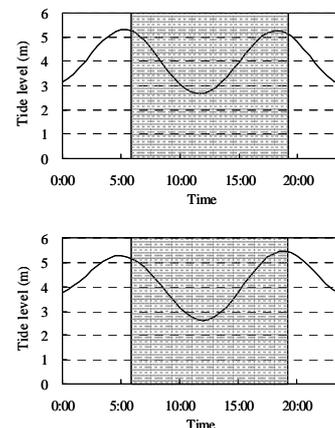


図-2 観測当日の潮汐(大浦)と観測時間帯(上段:観測1,下段:観測2)

では前半は0~4.5m/sの北風、後半は0~3m/sの南東風であった。

3 結果と考察

観測時の成層状況は表層と底層の σ_t の差が観測1では2.0~4.6程度、観測2では約22であった。したがって、密度成層の強い状況下での観測であったと考えられる。特に観測2においては、水深1m付近に顕著な密度躍層が生じていた。

各観測におけるブイの軌跡を図-3に示す。観測1において満潮時に投入されたブイは、下げ潮時に約8.77km南下した後に再び筑後川河口付近まで移動した。一方、観測2では下げ潮流によって南下すると同時に西方に移動し、一潮汐間で佐賀県太良町まで移動することが確認された。一潮汐間におけるブイの移動距離は観測1で4.31km、観測2で15.24kmとなり、ラグランジュ的な残差流速を算定すると観測1で0.10m/s、観測2で0.29m/sであった。

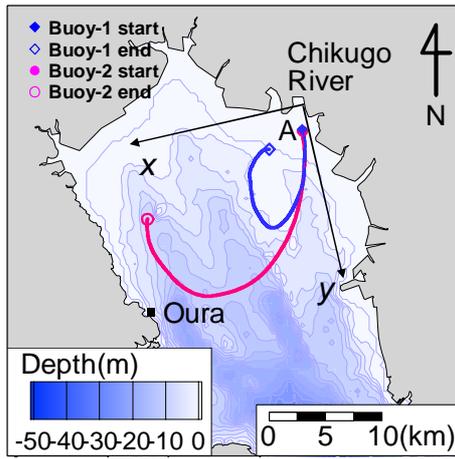


図-3 ブイの軌跡

次に、河川水に作用する主な力として圧力傾度力、コリオリ力、風応力を考え、これらの関係について検討を行った。座標軸は図-3に示すように筑後川河口に原点を取り、河川水の流出方向を y 、 y に直角な方向を x 軸（西向きが正）とした。河川水の流出方向は海図に示された導流堤の方向より真南から反時計回りに 15 度と定義した。ここで、 x 軸方向の流速を u 、 y 軸方向の流速を v とおくと次式が成り立つ。

$$\frac{Du}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + fv + F_w \quad (1)$$

$$\frac{Dv}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} - fu + F_w \quad (2)$$

上式の左辺は加速度項、右辺第 1 項（以下、 F_p ）は圧力勾配項、右辺第 2 項（以下、 F_c ）はコリオリ項、右辺第 3 項は風の影響を表わす項である。なお、添え字 x 、 y は各方向の成分を表わす。観測 1、2 のデータを用いて式 (1)、(2) の各項を見積もることで、河川水に作用する力のバランスを検討した。 F_c は観測されたブイの速度から算出し、 F_w は観測された風向・風速を用いて BROCHE¹⁾ と同様の方法で算出した。 F_p については、左辺と右辺第 2 項、3 項の差を取って算出した。結果を図-4、5 に示す。

x 軸方向（図-4）では、両観測共に転流時（ y 軸方向流速が極小となる時）を除いてコリオリ項は圧力勾配項より大きくなり、加速度項と変動の傾向も概ね一致していることから x 軸方向の運動に関してはコリオリ力が支配的であると考えられる。一方、 y 軸方向（図-5）では、コリオリ項は両観測共に転流の数時間前に極大が表れ、その値は圧力勾配項より大きい。それ以外の時間は、圧力勾配項がコリオリ項より大きくなる傾向が見られた。観測 1 と 2 で圧力勾配項が大きく異なるのは、流入した淡水と海水の密度差によるものと考えられる。なお、両観測ともに風の影響は他の項と比べて小さかった。

観測 1、2 での y 軸方向の移動距離の差は、加速度項が両観測で同程度であることから、主に河川流量の違いによる初速度の差（観測 1：0.11m/s、観測 2：0.57m/s）によるものと考えられる。 x 軸方向の初速度（観測 1：0.00m/s、観測 2：0.09m/s）に大きな差は無いが、観測前半におけるコリオリ力による y 軸

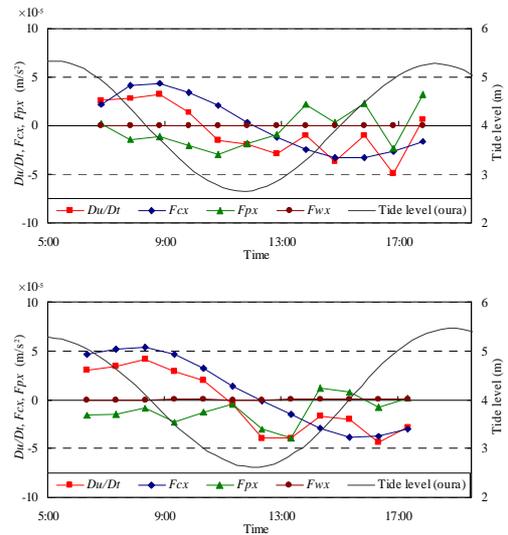


図-4 式 (1) における各項の経時変化 (上段：観測 1，下段：観測 2)

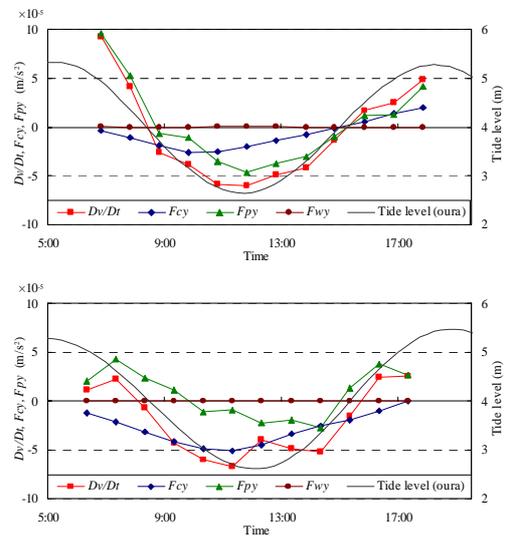


図-5 式 (2) における各項の経時変化 (上段：観測 1，下段：観測 2)

方向からの転流加速度は観測 2 の方が大きい、移動距離に大きな差が生じたと考えられる。

4 まとめ

本研究では、平常時と出水時における淡水挙動の違いについて検討を行った。その結果、流入した河川水はいずれも一潮汐間で筑後川河口から南西の方向に移動し、出水時の河川水の移動距離は平常時と比べて非常に大きかった。このことは、さらに潮差の大きい時に出水が重なった場合やさらに河川流量が大きい場合には、流入した河川水が一潮汐間で諫早湾まで達することを示唆している。

参考文献

1) BROCHE et al. : Experimental study of the Rhone plume, Oceanologica Acta Vol.21, issue26, pp725-738, 1998.