

3次元数値シミュレーションによる博多湾の密度流動についての検討

九州大学大学院 学生会員 ○朴 童津 フェロウ 小松 利光  
九州大学大学院 正会員 安達貴浩 学生会員 小橋 乃子

1. はじめに

著者らはこれまで3次元密度流数値シミュレーションにより博多湾における残差流が主に水平方向の塩分濃度差がきっかけとなった密度流であることを明らかにしている(小松ら, 2000). 沿岸域における塩分濃度は、陸域から供給される淡水と海面を通じて生じる淡水の授受によって決定される。降水や蒸発の量は河川流量の数%程度であり、しかも両者は相殺し合うためこれらの効果は比較的小さいと考えられる。

従って、博多湾の水平方向の塩分濃度差分布の形成、ひいては残差流パターン形成には河川からの淡水流入が最も支配的な要因となっていると考えられる。このため本研究では河川流入が、博多湾の残差流生成にどのような影響をもたらしているのかを数値実験により検討した。

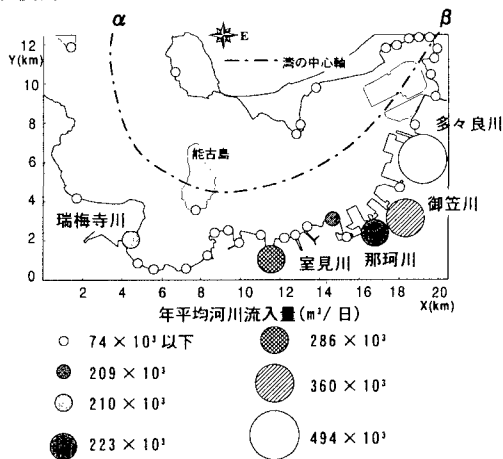


図-1. 博多湾の河川流入特性

2. 河川流入特性の分析

博多湾には合計36地点からの河川流入があり、年総淡水流入量約  $87.9 \times 10^{10} \text{m}^3$  のうち、主要5河川(多々良川、御笠川、室見川、那珂川、瑞梅寺川)の流入量が全体の6割以上を占めている。年平均の河川流入量の分布を図-1に示す。博多湾を南北に分けた流入河川の分布を見ると、主要5河川を含む27地点が南側に位置している。また流入量として見ても南側が全体の96%を占めており、河川水の流入状況は南北に非対称な分布となっていることが分かる。

以上のように、博多湾における塩分濃度分布は河川流入の非対称分布と全体量の両方に依存していると推測される。そこで、これらの特性量を種々変化させ、生成される残差流の変化を調べる数値実験を行った。

3. 数値実験の内容

月齢の違いによる潮差の変化や風の季節変動などの

影響を考慮した非定常計算の結果は、現象が複雑となるため、場の特徴的な現象を捕らえにくくするという問題を有している。そこで潮汐条件として  $M_2$  分潮のみを開境界に与えて、 $M_2$  潮周期に対して cyclical な現象を再現した(以下、定常計算)。なお、河川流入量や気象データについても季節の代表値を与えた。また、気象データのうち、日変動が重要な気温、雲量、風、湿度は各日の変動をアンサンブル平均し、雨、河川流量、開境界の塩分・水温は季節平均値(夏6-8月、冬12-2月)を与えた。

定常計算の結果として、水深平均した残差流のパターンを図-3に示す。紙面の都合上、結果の掲載は省略するが、非定常計算による夏と冬の季節平均結果との比較を行ったところ、残差流のパターンにほとんど違いは見られなかった。また、夏と比べて冬には残差流が大幅に小さくなっており、残差流の R.M.S. も夏の  $0.9 \text{cm/s}$  に対して  $0.64 \text{cm/s}$  と約  $1/3$  になっていることが分かった。このような結果は河川流入や気象条件が夏と冬とで大きく異なることによるものである。

次に、河川流入の南北方向に非対称な分布の影響を調べるため、湾の中心軸(図-1の  $\alpha-\beta$  線)を基準に河川流入点を南北で入れ替えた数値実験を行った(CASE1, 図-2)。更に河川流入量の影響を調べるため

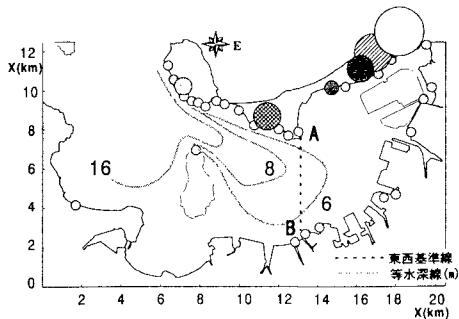


図-2. 河川流入地点の入れ替え

に、夏期の流入量( $Q=1$ )に対して  $Q=0, 0.75, 0.5, 0.25, 0.1, 0.01, 0.001\%$  と流入量を変化させる計算(CASE2)を行った。なお、残差流の大きさは湾内全域の R.M.S. で評価した。

4. 数値実験の結果およびその考察

CASE1の結果を図-4, 5に示す。図-4は総河川流入量を夏期の値に固定し、河川流入地点を南北方向に入れ替えた時の水深平均の残差流の結果である。現況の夏期の結果(図-3上図)との比較を行うと淡水流入の影響を受けやすい沿岸部での残差流は多少大きくなっているものの、全体的な残差還流のパターンにはそれ程大きな変化が見られないことがわかる。次に淡水の影響が最も顕著に現われると考えられる表層での

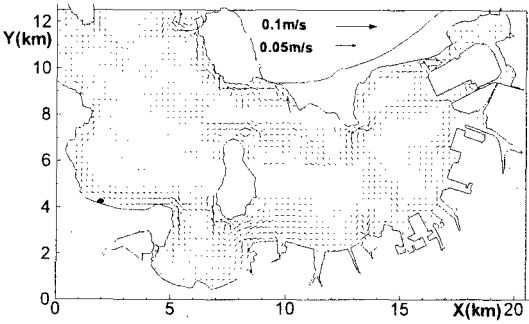
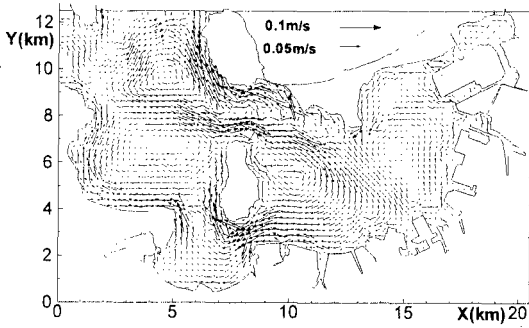


図-3. 水深平均された残差流のパターン(定常計算)  
上図: 夏期, 下図: 冬期

残差流を比較した。現況の結果(図-5 a)では、湾奥南岸から流出した河川水は一旦北上しその後大きく南側旋回した後能古島南側から流出している。一方、流入点を入れ替えた図-5 bの結果では湾奥北側から流出した河川水は湾奥から蛇行しながらそのまま能古島の南側通路を通過している。また、A-B線を基準とした岸側の残差流の大きさが南北で入れ替わっているが、水深平均流速と同様に河川流入の南北非対称な分布の影響は全体的な残差流パターンにそれほど大きな影響を与えないことがわかる。

次にCASE2の計算結果を図-6に示す。この結果は夏の河川流入量( $Q = 1$ )を各地点毎に同じ割合で減らしていき、それぞれの $Q$ に対して湾全体の残差流のR.M.S.を求めたものである。 $Q < 0.25\%$ では残差流のR.M.S.は緩やかにしか変化しないが、 $Q = 0.25\%$ を超えると流量の増加に伴って残差流はその大きさを急増させている。このような結果は淡水流入量増加にとも

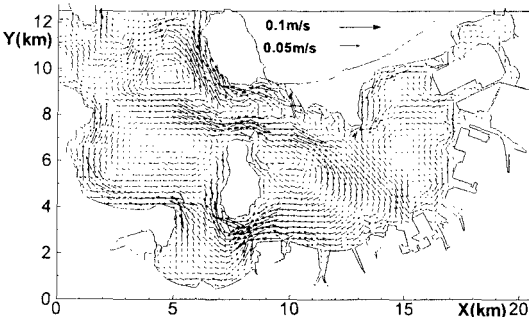
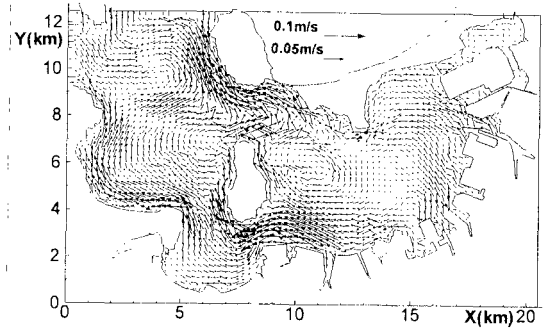
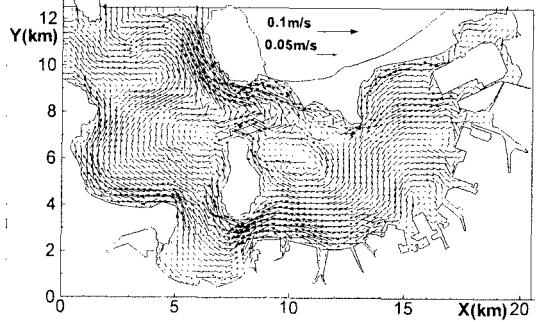


図-4. 河川流入地点を変えた結果(水深平均)



a. 河川流入点の入れ替えなし(定常計算)



b. 河川流入点の入れ替え(ケース1)

図-5. 河川流入地点を変えた計算結果の比較(表層)

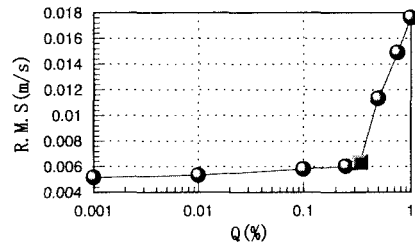


図-6. 河川流入量と残差流大きさの関係

なって鉛直循環流が強化され、 $Q > 0.25\%$ で成層が弱混合となることを示唆するものである。また図-6に定常計算の冬期の計算結果を併わせてプロットすると、ちょうど $Q = 0.25\%$ 付近に位置するため、冬期の河川流量は顕著な残差流を生成するには不十分な量であったことが理解できる。

## 5. 結論

以上の結果から、博多湾の残差流のパターンを規定する最も主要な要因は、河川から流入する淡水流量であることが明らかとなった。また、河川流入点の南北に非対称な分布特性は湾奥部の表層の残差還流パターンに影響を及ぼすものの、湾全体の残差流にはそれ程寄与していないことが分かった。

## 参考文献

- 1) 小松利光他(2000): 海岸工学論文集, 第47巻, pp. 476-480.
- 2) 宇野木早苗, 沿岸の海洋物理学, pp. 332-342.