

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19710013

研究課題名（和文） 有明海における物質輸送量の時空間変動の定量化

研究課題名（英文） Spatial and temporal variations of the material transport processes in the Ariake Sea

研究代表者

万田 敦昌（MANDA ATSUYOSHI）

長崎大学・水産学部・准教授

研究者番号：00343343

研究成果の概要（和文）：有明海における物質輸送を担う物理過程である，残差流の時空間変動について調べた。特に，現在のところ実態が殆ど明らかになっていない，季節変動よりも短い時間スケールの現象に着目し，集中的な現地観測ならびに数値実験を行った。その結果，大潮・小潮周期の鉛直混合強度の変動に伴い，小潮時には鉛直循環が強化され，大潮時には水平循環が強化されることが示された。この傾向は，夏季と冬季のいずれの季節にも見出された。鉛直粘性係数，水平密度勾配は大きな空間変化を示すが，これによって，流動場は湾の横断方向に非対称性を示すことが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：Short-term variations in the residual currents in the Ariake Sea, which is a semi-enclosed basin located southwestern part of Japan, are investigated through intensive field campaigns and numerical experiments. Regardless of season, lateral shear dominates at spring tide and vertical shear is intensified at neap tide. The density-driven current dominates the overall structure of the residual current. The Ekman number is the dominant parameter that controls the overall structure of the density-driven current, indicating that the magnitude of the tidal mixing is the most important factor that controls the structure of the density-driven current. The current structure is not sensitive to the Kelvin number, which suggests the bay width is not a constraint on the density-driven current.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,700,000	0	2,700,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	300,000	90,000	390,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	240,000	3,740,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学

キーワード：物質循環，海洋環境

1. 研究開始当初の背景

近年のいわゆる「有明海異変」の要因を明

らかにしていく上で、有明海の物質輸送過程を解明することの重要性が数多くの研究者によって指摘されている。それにもかかわらず、有明海の物質輸送過程には未知な点が数多く残されている。有明海の流動場に関連した既往の研究の多くは、潮流の変化を対象としている。諫早湾潮受け堤防(以降簡単のため「諫早湾堤防」と称する)締め切り後には、諫早湾周辺の潮流流速が減少したことが数多くの研究者によって指摘されている(例えば、灘岡・花田、海岸工学論文集, 2002)。申請者らは、1960年代から70年代に有明海湾奥(福岡・佐賀県沖)で行われた大規模干拓(以降簡単のため「湾奥部干拓」と称する)に伴う、有明海の潮流の変化を数値シミュレーションで検討した(Manda and Matsuoka, Estuaries and Coasts, 2006)。その結果、湾奥部干拓によって有明海湾奥部の広い範囲に渡って潮流流速の振幅が10~20%減少することが示された。それに対し、諫早湾堤防によって諫早湾内では潮流流速の振幅は大きく減少するものの、その影響は湾奥部干拓に比べ局所的で、ほぼ諫早湾内に限られることを示した。松岡(沿岸海洋研究, 2004)は海底堆積物の分析より、1960年代以降急激に有明海の低次生態系が変化したことを明らかにしているが、湾奥部干拓に伴う潮流の変化はこの変化の要因の一つと考えられている。上述のように、有明海の潮流の変化については数多くの成果が得られている。しかし、このような潮流の変化が、有明海の物質輸送過程に与える影響は未だ明らかになっていない。内湾の物質輸送には、潮流以外の流速成分である残差流が大きく寄与する場合がある(例えば、宇野木, 沿岸の海洋物理学, 1993)。有明海の残差流の主要な成分は、主に河川からの淡水流入に起因する密度流、潮流の非線形性に起因する潮汐残差流と考えられている。万田ら(海の研究, 2006)は、残差流による塩類フラックスの季節変動について、既往の観測データを使って調べたが、それよりも短い時間スケールの変動については調べられていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、現在のところ実態が殆ど明らかにされていない、季節変動よりも短い時間スケール(数日~2週間程度)の有明海の残差流の時空間変動特性を、現地調査と数値実験より明らかにすることである。赤潮や貧酸素水塊形成の時間スケールがおおよそ数日~2週間程度であることから、この程度の時間スケールの流速変動は、有明海の生態系に大きな影響を及ぼしている可能性がある。

3. 研究の方法

3. 1 現地調査

2007年7月~8月の2ヶ月間、有明海中央部から湾奥部にかけて、1週間に一度程度の高頻度塩分測定を行った。得られた塩分のデータを用いて塩類の収支解析を行い、流動場の非定常性を評価した。

収支解析結果を補足するため、夏季の小潮時(2007年7月7日)と大潮時(2007年7月28, 30日)に25時間集中観測を行い、流速と塩分の鉛直分布のデータを取得した。得られた鉛直分布のデータから、塩類フラックスを測定し、塩類収支解析の結果の妥当性を検討した。

3. 2 数値実験

現地調査だけでは得ることが難しい、流動場の詳細な空間構造ならびにその時間変動について検討するため、数値実験を行った。夏季と冬季の平均的な河川流量を与え、それぞれの季節における、大潮時・小潮時の流動構造の変化とそのパラメータ依存性を評価した。

4. 研究成果

4. 1 現地調査

4. 1. 1 塩類収支解析

2007年7月6日から16日にかけて、この期間にあった出水の影響で、断面平均流による塩類フラックス(F_a)は大きな値を示した。7月16~23日、8月16~24日には、塩類の領域平均値の時間変化項が大きく変化した。リチャードソン数(R_i)が増加し、潮流流速の標準偏差(U_t)が減少していることから、これらの日には密度流が強化されていることが示唆される。7月30日~8月9日にも、塩類の領域平均値の時間変化項が大きく変化した。これは8月7~10日が小潮に当たるため、7月16~23日、8月16~24日と同様に密度流が強化されたためか、8月2日の強い北風に伴う吹送流によるものと考えられる。

4. 1. 2 塩類フラックス

7月7日、8月28, 30日のどの観測日においても、潮汐周期で時間平均した鉛直平均流による塩類フラックス(F_1)が卓越しており、時間平均された鉛直平均流による移流の寄与が最も大きい。しかし、 F_1 の向きは、7月7日は、湾奥向き、8月28, 30日は湾口向きで、小潮時と大潮時では逆向きとなった。

7月7日における時間平均した鉛直平均流速の大きさ(4.0 cm/s)は、この日の筑後川と矢部川の日平均流量の和($6.6 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$)を測定点付近における横断面積($1.7 \times 10^5 \text{ m}^2$)で割った値(3.9 cm/s)にほぼ等しくなり、塩類フラックスの計算結果は塩類収支の解析結果と整合的である。

8月28日の F_1 は7月7日と向きが逆で、

湾奥向きとなっている。観測時の潮汐の位相が8月28日と異なり、日潮不等の小さい8月30日にも同様の結果が得られているため、湾奥向きのフラックスが日周潮によるみかけの現象である可能性は低い。

時間平均した流れの鉛直平均からの偏差による塩類フラックス (F2) が F1 に比べて小さい理由は、塩分の鉛直平均から偏差の絶対値が鉛直平均と比べて小さいことと、流速と塩分の鉛直平均からの偏差同士の積の鉛直分布が正負双方の値をとり、鉛直平均をとる際にそれらが打ち消し合うためである。また、鉛直平均した潮流による塩類フラックス (F3) が F1 に比べて小さい理由は、塩分の潮汐周期変動成分の振幅が鉛直平均塩分に比べて小さいことによる。潮流の鉛直平均からの偏差による塩類フラックスを表す (F4) が小さい理由も F3 と同様である。

4. 2 数値実験

現地調査の結果は、大潮時と小潮時では塩類フラックスの向きが逆向きであることを示し、このことから、大潮時と小潮時で流動構造が大きく異なっていることが示唆される。

Yanagi and Shimomura (Continental Shelf Research, 2006)はボックスモデルを用いて、残差流の季節変動について論じている。彼らの用いた水温・塩分観測資料は大潮時のみで取得されたものであり、季節変動に大潮・小潮周期変動が重畳した場合について検討されていない。そこで、単純化した実験条件のもとで数値実験を行い、有明海の残差流の季節変動および大潮・小潮周期変動について調べた。

有明海湾奥における残差流の湾軸方向成分の横断面分布は、夏季の大潮時に上層の水平シアが強化される傾向を示している。それとは対照的に小潮時には水平シアが弱まり鉛直循環が卓越している。冬季にも同様の傾向が見られる。夏季の大潮時におけるエクマン数は小潮時よりも数倍大きくなった。一方ケルビン数は同程度の大きさとなった。鉛直混合が強まり、エクマン数が大きくなると、上層の水平シアが強化されるという傾向は、既往の解析的モデルの結果と一致する。しかしながら、数値実験の結果は、解析的モデルが示すような、横断方向に対称な流速分布とはならない。数値モデルの出力より計算した鉛直渦粘性係数、水位勾配、水平密度勾配の鉛直平均を解析的モデルに与え、密度流の断面分布を再度計算した。この場合、大潮時の東岸の北上流が再現できるようになるが、大潮・小潮時ともに数値実験の結果よりも鉛直シアが弱く、水平シアが強くなる傾向を示す。鉛直渦粘性係数、水平密度勾配の鉛直方向の変化

も考慮する必要があることが示唆される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

①玉置昭夫、万田敦昌、大橋智志、S. Mandal、浜口昌巳：橋湾および有明海湾口部の砂質干潟に生息するハルマンスナモグリ (十脚甲殻類スナモグリ科)・イボキサゴ (腹足類ニシキウズガイ科) 幼生の輸送. 沿岸海洋研究、46(2)、119-126、2009 (査読あり)

[学会発表] (計2件)

①万田敦昌、坂牧正悟、速水祐一：CTDデータより推定した有明海奥部の残差流の短期変動. 2008年度日本海洋学会秋季大会、2008年9月26日、広島国際大学

②万田敦昌：有明海の残差流の変動特性—季節変動と大潮・小潮周期変動. 2009年度日本海洋学会秋季大会、2009年9月27日、京都大学

[図書] (計1件)

①Manda, A., A. Yamaguchi, and H. Nakata: Numerical experiment on the fortnight variation of the residual current in Ariake Bay. Coastal Environmental and Ecosystem Issues of the East China Sea, Eds., A. Ishimatsu and H.-J. Lie, TERRAPUB, 41-48, 2010.

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

万田 敦昌 (MANDA ATSUYOSHI)

長崎大学・水産学部・准教授

研究者番号：00343343

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：