

研究内容（別紙）

1. 研究課題名

内湾における外洋域と陸域を起源とする海洋現象の競合に関する研究

2. 共同研究者名

森本昭彦（愛媛大学沿岸環境科学研究センター・環境動態解析分野）

3. 研究目的

内湾は湾口と河川を通してそれぞれ外洋域と陸域に連結している。ここでは外洋域の海流が強い流れを伴う外洋水の流入をひき起こすだけでなく、陸域からの淡水供給が新たな循環を形成する。そのため、内湾は外洋域と陸域を起源とする海洋現象が“競合”する場所とみなすことができる。これらの海洋現象は時空間スケールが小さく、十分な解像度で観測することが困難であるため、“競合”の時空間スケールと物理機構については不明な点が多い。そこで本研究では、内湾で生じる外洋域と陸域を起源とする海洋現象の“競合”に注目し、その時空間スケールと物理機構を明らかにする。

4. 研究内容

本研究では、日本南岸に位置する駿河湾を研究海域（図1）とし、現場観測と高解像度海洋循環モデルを用いた海況シミュレーションの両方を行い、それぞれの長所を生かしながら両者を融合させることを試みた。

駿河湾は日本南岸海域に面した開放性の湾であり、黒潮の影響を受けるだけでなく、湾周辺に四つの一級河川（狩野川、富士川、安部川、大井川；図1b）があるため、河川水の影響も受ける。申請代表者が所属する東海大学は湾西部の清水港を母港とする調査船（望星丸（2174トン）および南十字（19トン））を有している。そこで本研究では、駿河湾における観測体制を整えるために、望星丸と南十字を用いて予備的な現場観測（計7回；望星丸3回、南十字4回）を実施した。

これに加えて、本研究では日本周辺海域の海況変動を表現できる海洋循環モデル（以下、日本周辺高解像度モデルと呼ぶ）の開発を行った。日本周辺高解像度モデルの基盤には、Regional Ocean Modeling System を採用し、計算領域は $31.19 - 47.01^{\circ}\text{N}$, $126.69 - 149.91^{\circ}\text{E}$ (図 1a), 空間解像度は水平 $1/50^{\circ} \times 1/50^{\circ}$ ($\sim 2 \text{ km} \times 2 \text{ km}$), 鉛直 21 層とした。モデルの海面境界には、気象庁のメソ数値予報モデル GPV/MSM の気象要素（風向風速, 相対湿度, 海面気温, 海面気圧, 降水量）および JRA25/JCDAS の再解析値（正味の短波放射, 下向き長波放射）を与えた。側面境界では、水産研究・教育機構の海況予測システム FRA-ROMS (<http://fm.dc.affrc.go.jp/fra-roms/>) を単方向の入れ子手法によって接続するとともに、潮汐モデルから得られる 8 分潮 ($K_1, O_1, M_2, S_2, N_2, K_2, P_1, Q_1$) の潮汐流を与えた。さらに陸域から海洋への淡水供給を表現するため、一級水系および二級以下水系の河川をモデルに導入した。以上の設定で FRA-ROMS から得られる初期値を用い、2008 年 1 月 1 日から 2014 年 12 月 31 日までの 7 年間の海況シミュレーション（ハインドキャスト）を実施した。

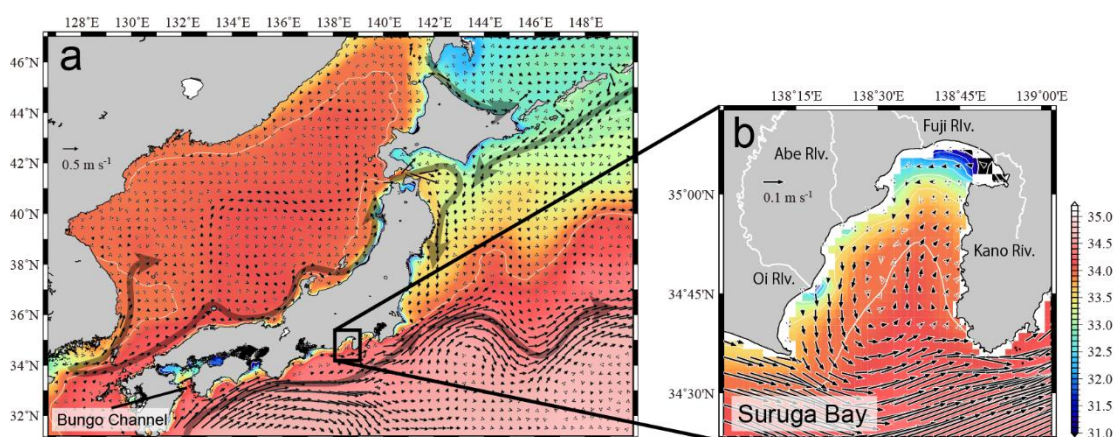


図 1 (a)日本周辺高解像度モデルの計算領域と(b)駿河湾における 2008 年 1 月 1 日から 2014 年 12 月 31 日までの海面における塩分と流れの平均場 (Control 実験). 図 1a の太い黒矢印は海況シミュレーションによって表現された日本周辺海域の主な海流（黒潮, 黒潮続流, 東韓暖流, 対馬暖流, 津軽暖流, 宗谷暖流, 親潮）を模式的に示している。図 1b の陸上の白線は一級系の河川を示しており, “Kano Riv.”, “Fuji Riv.”, “Abe Riv.”, “Oi Riv.”はそれぞれ, 狩野川, 富士川, 安部川, 大井川である。

本研究では、上述の海況シミュレーションのほかに陸域からの淡水供給を導入しない場合の海況シミュレーションも実施した。前者と後者をそれぞれ Control 実験と NoRiver 実験と呼ぶことにする。解析には、2008 年 1 月 1 日から 2014 年 12 月 31 日までの期間におけるそれぞれの海況シミュレーション結果を 1~12 月まで月毎に平均して使用した（以下、月平均気候値と呼ぶ）。本研究では、特に 8 月の月平均気候値を用いて、駿河湾における外洋域と陸域を起源とする海洋現象の“競合”の時空間スケールと物理機構を調べるとともに、それらについて豊後水道との比較を行った。

5. 研究成果

(1) 駿河湾における現場観測

駿河湾において望星丸と南十字によって現場観測を行った。特に南十字では 30 mm day^{-1} を超える降水量を記録した数日後に富士川沖（図 1b）で現場観測を行った。その結果として、湾外から流入した外洋水と陸域から供給された河川水との間に形成された塩分フロントを捉えることに成功した（写真 1）。以上のことから、東海大学の立地と調査船を最大限に活用することによって、駿河湾において“地の利”を生かした現場観測を行うことが可能であることを確認した。



写真 1 駿河湾で観測された外洋水と河川水との間に形成された塩分フロント（2019 年 9 月に申請代表者が撮影）。

(2) 日本周辺高解像度モデルで表現される駿河湾の海況変動

海況シミュレーション結果の解析から、日本周辺高解像度モデルは、日本周辺海域を定常的に流れる主な海流（黒潮、黒潮続流、東韓暖流、対馬暖流、津軽暖流、宗谷暖流、親潮）を表現していることが確認された（図 1a）。特に駿河湾では、湾外から流入する外洋水と湾周辺の四つの一級河川（狩野川、富士川、安部川、大井川）から供給される河川水との間に塩分フロントが形成されており、それが湾奥部から湾西部にかけての河口域に分布していた（図 1b）。これと同様な塩分フロントは、上述の現場観測

でも確認されている（写真 1）。したがって、日本周辺高解像度モデルを用いた海況シミュレーションでは、内湾で生じる外洋域と陸域を起源とする海洋現象の“競合”が現実的に表現されていると言える。

駿河湾における 8 月の海面の塩分と流れの月平均気候値をみると、Control 実験では高塩分な外洋水（塩分 33 以上）が湾外から流入し、湾東部を北上していた。湾奥部から湾西部では低塩分水（塩分 33 以下）が岸に沿うように分布し、外洋水との間に塩分フロントを形成していた。湾奥部の 35°N 付近では、外洋水の流入に伴う北向きの流れと塩分フロントに沿う西～南向きの流れによって低気圧性循環が形成されていた（図 2a）。この低気圧性循環は湾奥表層で形成される典型的な循環であり、実測データからもその存在が指摘されている（勝間田ら，2019；「成果発表」を参照）。一方、NoRiver 実験では、外洋水の流入に伴う北向きの流れが存在していたが、低塩分水・塩分フロント・低気圧性循環については認められなかった（図 2b）。したがって、湾奥部の低気圧性循環は湾外からの外洋水の流入に伴う流れと陸域からの淡水の供給に伴う流れによって形成されていると考えられる（図 2b と c）。以上のことから、駿河湾では外洋域と陸域を起源とする海洋現象の“競合”によって季節スケールで表層循環が形成されていることが明らかになった。

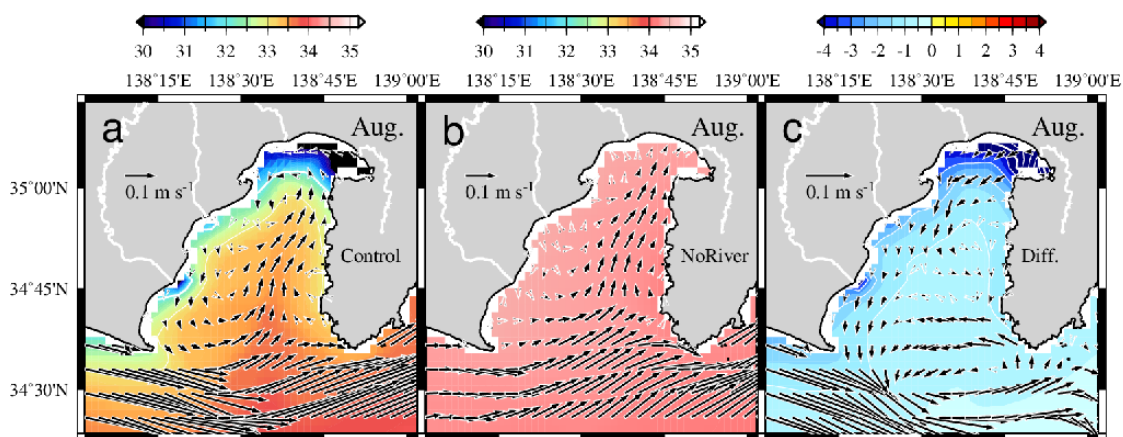


図 2 駿河湾における 8 月の海面の塩分と流れの月平均気候値. (a)Control 実験, (b)NoRiver 実験, (c)Control 実験と NoRiver 実験の差分.

(3) 駿河湾と豊後水道の海況シミュレーション結果の比較

豊後水道においても駿河湾と同様な解析を行った。紙面の都合上、詳細については割愛するが、豊後水道では定常的に潮汐残差流が卓越しており、8月には陸域から瀬戸内海へ供給された淡水が速吸瀬戸を通過して豊後水道へ流入し、水道西部を南下していた。また、この南下流は水道西部において潮汐残差流の水平構造を変化させるだけではなく、底層では外洋水の流入を強化していた。その結果として、NoRiver 実験よりも Control 実験の方が8月の底層の水温が低くなった。以上のことから、豊後水道においても陸域を起源とする海洋現象が存在し、それによって季節スケールで水道内の傾圧的な循環（表層と底層で逆向きの流れを持つ循環）が強化されることが明らかになった。このような現象は、駿河湾においては確認できなかったことから、豊後水道の特有な現象であると考えられる。

成果発表

1. 勝間田高明・仁木将人・田中昭彦・丹佑之・高嶋恭子・高橋大介・福田巖 (2019): 2017年の駿河湾奥の流況－駿河湾フェリー定期航路における流動観測より－. 東海大学海洋研究所研究報告, 41, 45-53.

今後の問題点

本研究では、東海大学の立地と調査船を最大限に活用することで、駿河湾において“地の利”を生かした現場観測を行えることを確認した。さらに水平解像度 2 km の海洋循環モデルを開発し、それを用いた海況シミュレーションによって、駿河湾と豊後水道で生じる外洋域と陸域を起源とする海洋現象の“競合”の時空間スケールと物理機構を明らかにした。しかしながら、現場観測データが不足しているため、沿岸海域における海況シミュレーション結果の検証についてはまだ不十分な点が多い。したがって、今後は沿岸海域において“地の利”を生かした現場観測を行うことによって、外洋域と陸域を起源とする海洋現象に特化したデータを取得し、それに基づいて海況シミュレーションの検証を行いながら、海洋循環モデルを高精度化していくことが必要である。