

神戸大学工学部市民工学科 学生会員 ○松川 大佑
 神戸大学院工学研究科市民工学専攻 正会員 内山 雄介

1. はじめに

和歌山県田辺市に位置する田辺湾は太平洋に面しており、沿岸部を流れる黒潮暖流の影響を受けて豊かな海洋生態系が育まれ、漁業が盛んな湾である。一方、地形的にやや閉鎖性が強く、湾奥部での養殖業や生活排水の負荷によって水質の悪化や赤潮の発生などが度々見られるなど、人々の生活に支障をきたすような水質環境問題が顕在化している。これらの問題に取り組むにあたって、田辺湾における海洋構造、特に外洋との境界である湾口での海水交換特性を理解する必要がある。そこで本研究では、船舶を用いた面的な短期集中観測、沖合のプラットフォームを利用した長期観測、高解像度海洋モデルの3つを用いて、田辺湾湾口部における海水交換特性とそのメカニズムを明らかにすることを目的とする。

2. 観測結果

集中観測では田辺湾における湾口と湾軸に沿ったライン断面内の流速、水温、塩分の鉛直構造を観測した。その結果、潮汐による海水交換の影響は湾口ラインから1 km 程度までの湾内から湾外において強く見られ、沖合では上げ潮・下げ潮による流入・流出は水深20 m~30 mの亜表層で卓越して

おり、この流れと逆方向に流れる表層流によるシアによって強い鉛直混合が生じることが判明した。

また、図-1は長期観測結果を示したものであるが、観測期間中の2013年9/4、9/15、10/15にそれぞれ台風17号、18号、26号が来襲し、そのたびに鉛直混合作用を受けて水温が一様化し、台風通過後に再成層化するというプロセスが確認できる。しかしながら9月下旬以降は表層約25 mまで水温がほぼ一様となり、混合層の季節的な発達が生じていることが確認できる。成層期である9/4と9/15の台風襲来時に着目すると、水温データから推定される鉛直混合効果は表層20 m程度に達していることが分かる。

3.3 段ネスト海洋モデル

本研究では領域海洋循環モデルROMSを用いた3段階のネスティングにより、水平解像度10 kmのJCOPE2再解析値からのダウンスケーリングを行い、水平解像度2 kmのROMS-L1、600 mのL2(瀬戸内海全域モデル、内山ら、2012)を経て、解像度120 mのL3領域を新たに構築した。L3では潮汐、海上風、海面熱収支、田辺湾周辺に河口を有する3本の2級河川流量などを考慮した3次元計算を実施した。

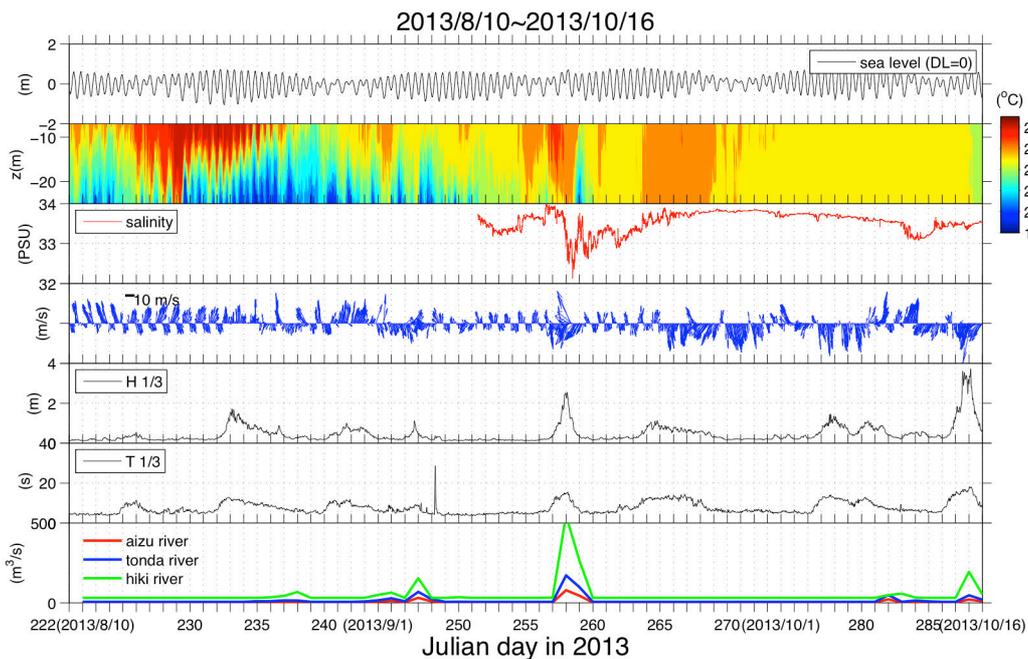


図-1 田辺中島高潮観測塔（沖合プラットフォーム）における長期係留観測結果。

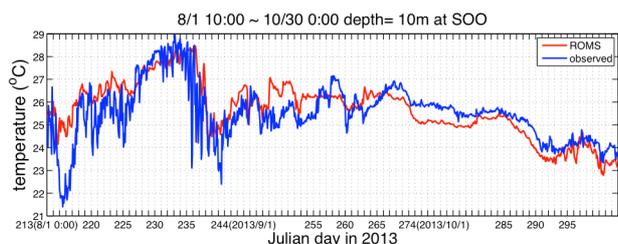


図-2 田辺湾口水深 10m 地点における水温の比較.

開発した ROMS-L3 (田辺湾モデル) の再現性を評価するために、連続観測データとの比較を行った。図-2 は田辺湾口に位置する観測塔における水深 10 m での水温を比較したものである。ROMS の結果は、主に周期数時間程度以下の高周波のシグナル強度がやや弱いものの、長期的な水温変動を概ね良好に再現できていることが確認される。潮位などについても観測値との比較を行い、良好な一致を確認している。

4. 田辺湾湾口における海水交換性

(1) 湾口通過体積フラックス

湾口ラインに対して直行方向の流速成分を断面積分することにより通過体積フラックスを求め、それを周波数分解して評価した。その結果、湾口通過流量に対しては周期 28 時間以上の subtidal 成分と半日周期成分の寄与が大きく、流量の標準偏差で評価した場合、両成分ともにそれぞれ全体の通過流量変動の 40% 以上の寄与があった。したがって、田辺湾口では潮汐による半日周期の海水交換の影響に加え、それと同程度以上に subtidal 成分、すなわち長周期の流量変動が重要な役割を果たしていることが明らかとなった。

(2) 湾口フラックスと沖合北向き流速の相関

解析の結果、流量変動は沖合における南北表層流速と良い相関があることが分かった。流量と南北流速のパワースペクトルとコヒーレンスを求めた結果、スペクトルピークに対応して半日から一日周期で 0.8 以上の相関が見られ、同時に周期 2, 3 日にも 0.78 程度の相関が見られた。つまり、2~3 日周期で変動する沖合の南北流速によってサブタイダル成分の流量変動が引き起こされていることが分かった。

(3) 沖合流動と湾口フラックスの関係

沖合流動と湾口フラックスの関係を示す例として、最も強い流出と最も強い流入イベントが発生した時の沖合海域を含む広域の平面流動構造を調べる。図-3 から、流出イベント時(上)は湾口部で強い北上流が発達し、それに伴い田辺湾すぐ沖に負の渦度が発達し、それによって湾内の海水がトラ

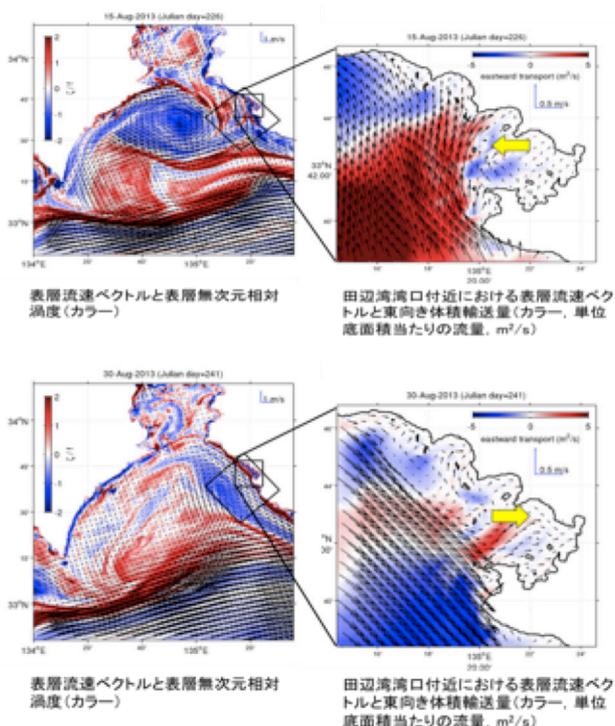


図-3 左: 田辺湾を含む周辺海域における表層無次元相対渦度 (カラー), 右: 東向き体積輸送量。矢印はいずれも表層流速ベクトルである。上: 湾口での流出イベント時, 下: 流入イベント時。

ップされて流出していくという構造になっていることが分かる。一方、流入イベント時(下)には、紀伊半島西岸の広い範囲で岸近くに強い南下流が生じており、沿岸域には正の渦度層が発達しており、これらが湾内への沖合水塊の流入を助長していることが示されている。

5. まとめ

田辺湾の海洋構造(流動, 成層構造)および海水交換特性は、潮汐に代表される短周期現象と、台風や降雨による気象イベントを含む長周期現象の影響を受けて形成されている。湾口部での海水交換に対しては、半日周期の潮流による短周期成分に加え、2~3 日の周期を持つ subtidal 成分の影響が大きく、両者は同程度の寄与率を持っている。Subtidal 成分に対しては、湾外での広域循環流が重要な役割を果たしており、主にその向きによって、湾内への流入・流出が決定付けられている。すなわち、田辺湾における海水交換・湾内環境は広域の外洋影響を強く受けている。

参考文献

- 内山雄介ほか(2012), 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.68, No. 2, pp. I_441-I_445.
 仁木将人ほか(2004): 海岸工学論文集, 第 51 巻, pp. 896-900.