

1. 研究背景

大阪湾・播磨灘海域の水質は河川水や下水処理水の影響を受けて形成されることが知られているが、下水処理水の詳細な分散過程に関しては未解明な部分が多く残されている。大阪湾・播磨灘は複雑な海岸線及び流動構造を有しており、河川出水が流れ場に及ぼす影響も大きい。一方、瀬戸内海全域の流動は四国沖を東進する黒潮流路の季節変動の影響を強く受ける（内山ら, 2012）。したがって、潮汐、海上風や河川などに代表される外力条件を正確に考慮することに加え、瀬戸内海全域モデルからのダウンスケーリングによる高解像度モデルによって瀬戸内海全体の流れと複雑な海岸線を同時に表現することが本海域の流動・物質分散モデリングの成功の鍵となる。そこで本研究では、①大阪湾・播磨灘を対象として、外洋影響を考慮した瀬戸内海全体の流れと、複雑で詳細な地形情報を取り入れた高解像度モデリングを実施して流れ場を再現すること、②神戸垂水処理場からの処理水の広域分散過程をシミュレートし、大阪湾・播磨灘における処理水の挙動や湾内への滞留プロセスを解析し、そのメカニズムの一端を明らかにすることの2つを目的とした。

2. 計算方法

JCOPE 2 (Miyazawa *et al.*, 2009, 水平解像度 10km) を最外側境界条件とし、領域海洋循環モデル ROMS をベースにした3段階ネスティングにより、L1 (2 km) → L2 (600 m) → L3 (200 m) へ順次ダウンスケーリングを行った。中間グリッドである L1, L2 領域のモデリングは内山ら (2012) によるものを用いた。地形データには内閣府による解像度 50 m のデータを、海上風には気象庁 GPV-MSM データを使用した。河川は領域内の 10 本の一級河川流量を月平均淡水フラックスとして与えた。垂水処理場では現地での放流状況を参考に、処理場を点源として海底から淡水を放出することとし、海表面に流量ピークを持つガウス分布で与えた。処理水の追跡のため別途パッシブトレーサーを連続放出し、

放流濃度との相対的な無次元濃度を見ることとした。本研究での計算期間は 2009 年 8 月から 11 月の 4 ヶ月間とした。観測結果等との比較により、潮汐周期による変動、流動構造において良好に再現できていた。

3. 計算結果

(1) トレーサー分散過程

垂水処理場から放出されたトレーサー分布の分散状況を調べたところ、表層と底層で大きな違いが見られた。計算開始後、トレーサーは主に大阪湾側に侵入し、表層では南方向に、底層では東方向に広がった。図-1 (a) に示す計算開始 16 日目には表層で大阪湾奥部分においてトレーサーがわき出し、西に向かって流れ始める。このとき、図-1 (b) での底層では湾奥部までトレーサーが到達しており、淀川からの淡水プリュームによって湧昇が生じたものと考えられる。湾奥部で湧昇したトレーサーは淀川の影響を受けた表層流にトラップされて大阪湾全体に広がっている。大阪湾では鉛直 2 層的な状況が形成されており、トレーサー分散に大きな影響を与えている可能性が示唆される。

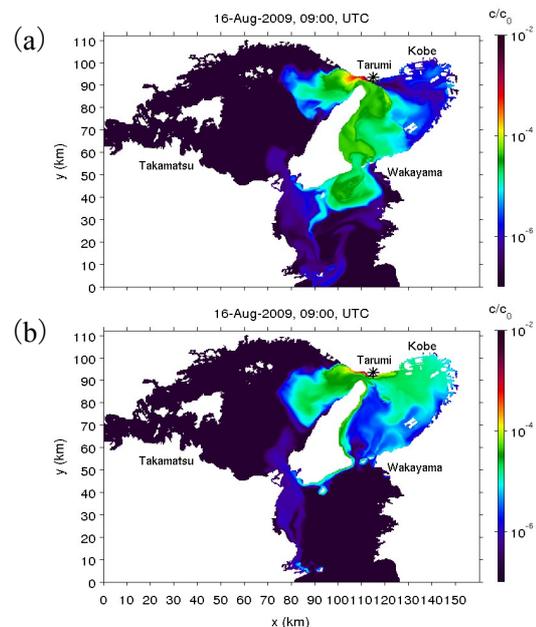


図-1 計算開始後 16 日目の表層 (a)、
底層 (b) でのトレーサー分布

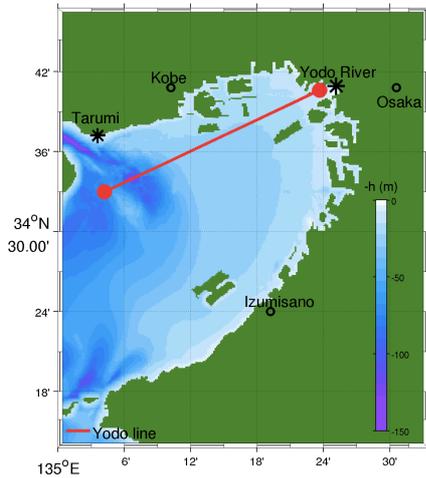


図-3 淀川流軸に沿った Yodo Line

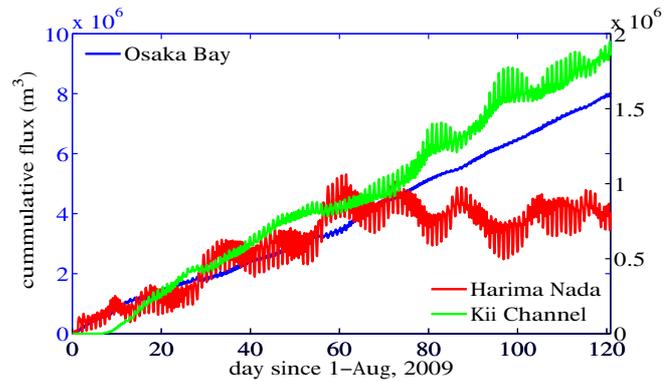


図-6 各海域での蓄積量. 左側の縦軸は大阪湾, 右側の縦軸は播磨灘, 紀伊水道における値を示す

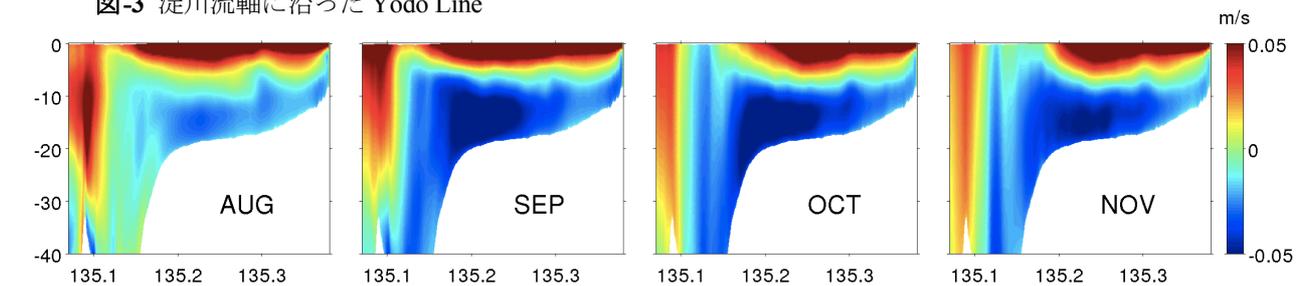


図-4 月平均された沖向き (西向き) 流速分布

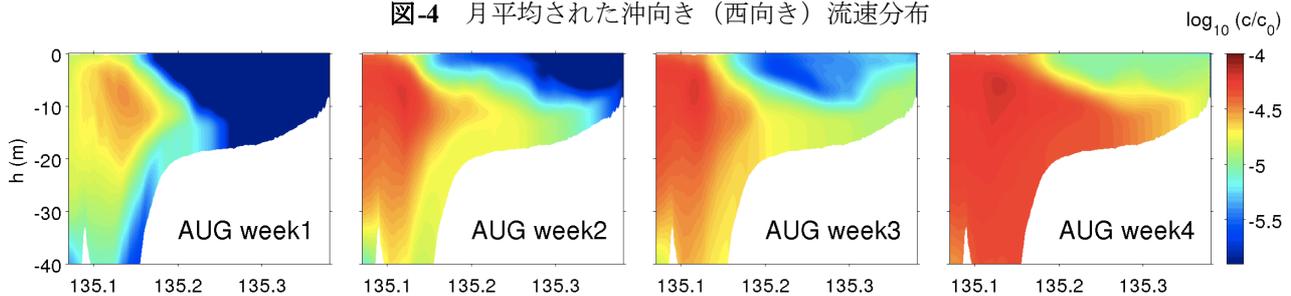


図-5 1週間平均の無次元トレーサー濃度分布

(2) 鉛直構造

淀川流軸に沿った, Yodo line (図-3) 内の鉛直断面について, 月平均された沖方向流速の経時変化を図-4 に示す. 淀川からの淡水プルームの影響を受けて, 水深約 4 m を境に上層では沖方向へ, 下層では淀川方向への流れが形成されている. Yodo line における 8 月の 1 週間平均のトレーサー分布の経時変化 (図-5) をみると, 垂水沖で全層的に分布していたトレーサーが神戸沖周辺で下層へ侵入して淀川方向へ輸送され, 淀川河口域で湧昇し, 上層に到達して沖方向へ拡大している様子が分かる. このことから, 平面分布で述べた大阪湾奥部での底層から表層への湧昇が確認できる.

(3) flux 収支

次に, 明石海峡, 紀淡海峡, 鳴門海峡での海峡通過フラックスの収支を計算し, 大阪湾, 播磨灘, 紀伊水道の 3 つの海域における無次元濃度の蓄積量を求めた (図-6). 120 日間で放流されたトレーサー総量 1×10^7

m^3 のうち, その約 75% 近くが大阪湾に蓄積され, 播磨灘には約 8% しか蓄積せず, 残りは紀伊水道, 太平洋方向へ輸送されたことが分かった.

4. 結論

外洋影響及び瀬戸内海全体の流れ場を取り入れた大阪湾・播磨灘の流れ場を高解像度で再現することができた. 処理水 (トレーサー) の分散パターンは大阪湾で 2 層構造となり, 下層を湾奥方向へ流れ, 淀川河口で湧昇し, 上層での河川水流により西へと輸送される. 計算期間内では全放出処理水の 75% が大阪湾に滞留し, 播磨灘への滞留は 8% 程度であった.

参考文献: 内山, 栗山, 宮澤 (2012): 土木学会論文集 (海岸工学), Vol.68, pp. 441-445
Miyazawa *et al.* (2009), *Journal of Oceanography*, Vol. 65, pp. 737-756.