

神戸大学工学部 学生員 ○鈴江 洋太
神戸大学大学院工学研究 正会員 内山 雄介

1. はじめに

下水処理場や原子力発電所はそのほとんどが沿岸域に設置されており，そこからは日々，大量の排水が行われている．福島第一原発事故のように不測の事態によって万が一有害物質の放出などが起こると，沿岸環境や生態系に対して深刻な影響を及ぼす可能性がある．したがって，漏洩した物質の海洋中での輸送・分散を早急に予測するシステムを準備しておく必要がある．本研究では，原理的に無限に想定可能な漏洩シナリオや，突発的な事故に対してできるだけ迅速に対応するために，予め計算された流動場を用いて tracer 輸送を解く offline passive tracer モデル（以下，offline モデルと呼称する）を開発する．また，愛媛県伊方沖を想定ソースとした瀬戸内海西部海域における tracer 分散をテストケースとし，tracer の Euler 的な輸送・分散パターンの整理，およびそのメカニズムを検討することを目的とする．

2. offline passive tracer model について

本研究で開発，使用した offline モデルは，海洋循環モデル ROMS のアルゴリズムに準拠し，海洋モデル再解析値や予報値を用いて passive tracer の 3 次元移流拡散方程式を解き，物質の保存的な輸送を求めるプログラムである．ポイントソースによる湧き出しや吸い込みを考慮できるように設計されており，任意の地点，時刻から tracer フラックスの流入などを取り扱うことができる．海水流動と tracer 輸送を同時に計算する online 計算と比べて，数十倍の速さで計算することが可能である．

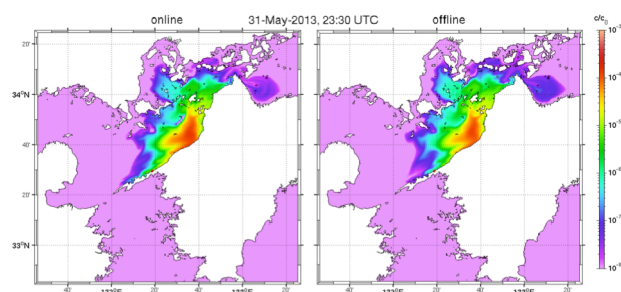


図-1: 5/1 から 31 日後の表層無次元濃度の比較．赤丸は放流点である愛媛県伊方沖を表す．

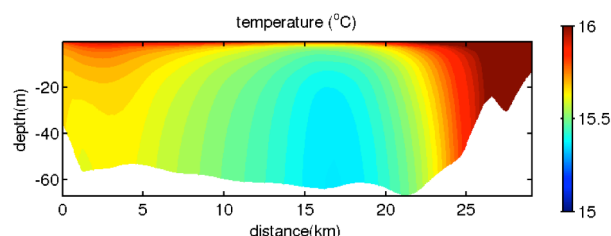


図-2: 伊方沖における 5/1 から 31 日間の平均水温の鉛直分布

3. 計算方法

外洋のシグナルを考慮した高解像度瀬戸内海全域流動モデル（内山ら, 2012）を用いた online 計算と，その流動出力を用いた offline 計算の 2 通りの計算を行う．輸送パターンの季節差を抽出するために，2013 年 2, 5, 8, 11 月 1 日を放出開始日とし，それぞれ 31 日間の分散予測計算を行う．漏洩シナリオは福島第一原発事故を模式化したものを用い，11 日間一定値の tracer フラックスを鉛直一様に与え，それ以降は漏洩量ゼロとする．

4. 計算結果と考察

まず，2013 年 5 月（春季）における online 計算と offline 計算による表層無次元濃度の比較を行う（図-1）．両者ともに沿岸方向，特に北東方向へ輸

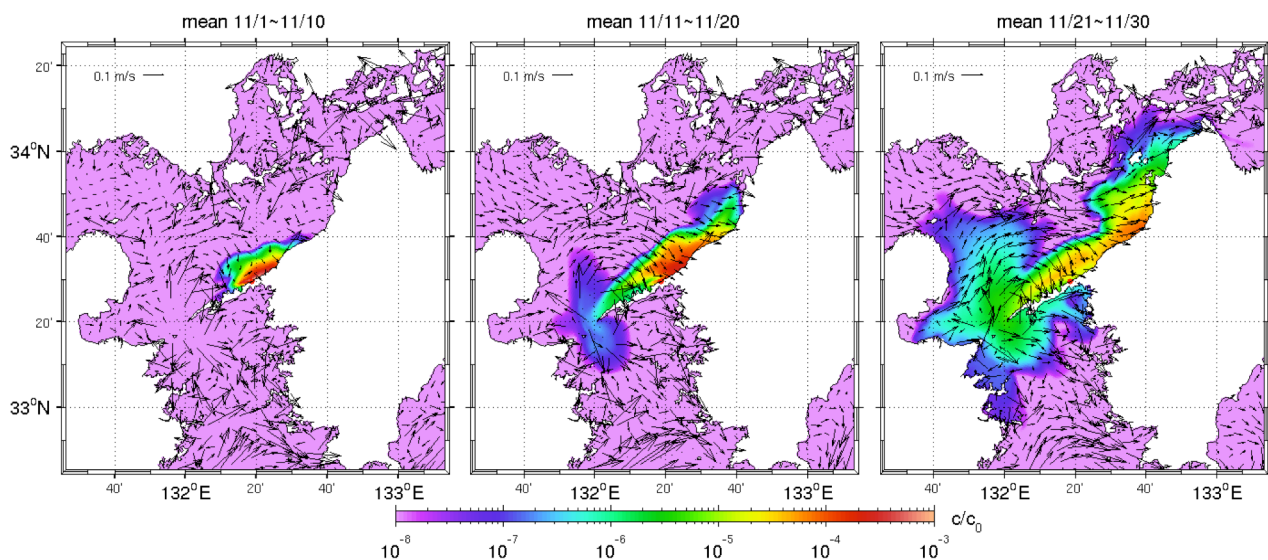


図-3：offline 計算による 11/1 から 10 日毎の平均表層無次元濃度（カラー）と表層流速ベクトル。

送されるという分散特性が共通して見られることから、offline 計算は online 計算と同程度の精度で tracer の輸送を計算できていることが分かる。

この 5 月における北東方向への輸送のパターンの原因を考察する。伊方沖の水深 5m~60m あたりに周囲よりも水温が低い冷水塊が存在している（図-2）。これは伊予灘において冬季に発達し、春・夏まで維持される底部冷水（cold dome）と呼ばれる水塊構造に対応している（Chang *et al.*, 2009）。この底部冷水の水温分布に対応して地衡流的に発達した反時計回りの環流によって、tracer が北東方向に輸送されていると考えられる。なお、底部冷水に伴う反時計回りの環流による tracer の北東方向への輸送は 8 月（夏季）にも見られた。

11 月（秋季）における 10 日毎の輸送パターンを見ると（図-3）、伊予灘では全ての期間で時計回りの循環流が発生しているが、伊方沖では 11 日目以降に東西に分かれるような流れが顕著になり、これに伴って濃度ピークも東西に分岐している。分岐流および濃度ピーク分岐が生じる松山沖海域において風応力カールの符号の変化が生じている（図-4）ことから、この分岐流は風応力の空間分布特性の影響を受けて形成されたものであると理解される。2 月（冬季）の輸送パターンは 11 月と同様に佐田岬に沿って西南西方向への輸送が卓越

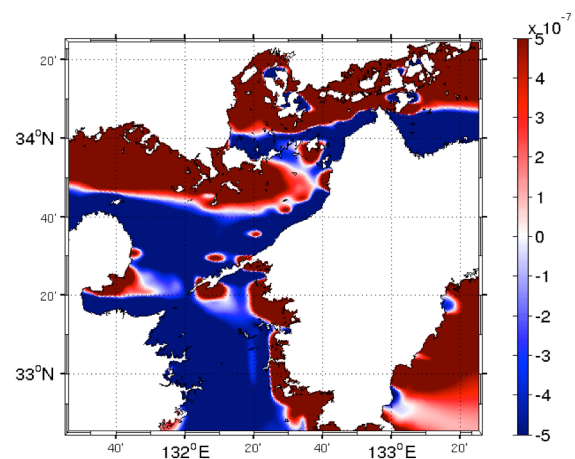


図-4：11/1 から 31 日間の平均風応力カール（ N/m^3 ）

していたが、11 月に見られた北東方向への分岐は生じていなかった。

5. まとめ

瀬戸内海での輸送は主に時計回りの大規模循環流によって決まるが、海上風が強い冬では風の影響を強く受けて tracer は輸送・分散される。また、春から夏にかけての伊予灘では底部冷水が形成されて、それに伴う反時計回りの循環流が tracer の輸送に影響を与えている。

参考文献

- 1) Chang, P.-H., Guo, X. and Takeoka, H. (2009), *J. Oceanogr.*, **65**, 721-736.
- 2) 内山・栗山・宮澤 (2012), 土木学会論文集 B2 (海岸工学), **68**: 2, I_441-I_445.