

## 研究課題名：懸濁粒子の動態および環境負荷物質との相互作用を考慮した沿岸海洋長期環境予測モデルの開発

課題代表者：国立環境研究所地域環境研究センター 東 博紀  
 共同研究者：水産研究・教育機構水産工学研究所水産土木工学部 古市 尚基  
 国立環境研究所地域環境研究センター 吉成 浩志

実施年度：平成 28 年度～平成 30 年度

### 1. 研究目的

閉鎖性海域環境の再生、海底土放射性物質の動態、地球温暖化や海底資源開発による生態系・環境影響など、近年の沿岸海洋環境問題の解決に向けた各種検討では、数十年スケールに及ぶ長期間の水質・底質的的確な将来予測・アセスメントが求められている。しかし、沿岸海洋の長期環境予測にはいまだ多くの不確実性が残されている。中でも長期スケールの物質循環や水質・底質環境の形成を強く支配する海底堆積物、とくにシルト・粘土など細粒径の懸濁粒子の動態を如何に的確に再現・予測するかが重要な課題となっている。本課題では、懸濁粒子の動態・環境負荷物質との相互作用を考慮した水質・底質の長期予測モデルを開発し、東アジア・日本近海から国内の沿岸・内湾までの様々なスケールで直面している海洋環境問題への適用を通じて検証・改良を重ね、モデルの確立を目指す。

### 2. 研究計画

海底近傍における懸濁粒子動態を領域スケールモデルで解析する際に必要なパラメタリゼーションに関する知見を得るため、現地観測と Large Eddy Simulation (LES) 実験を実施する。その知見を活用して、海洋流動・水質・底質の長期・領域スケールモデルを構築し、以下の沿岸海洋環境問題の対応研究に応用する。

- 東日本太平洋沿岸域・松川浦における放射性物質の長期動態予測
- 海底資源開発による環境・生態系への影響評価
- 日本近海・瀬戸内海の水質・底質の長期変動傾向と気候変動影響予測

### 3. 進捗状況

今年度は主に上記(b)に関する観測・モデリング研究を精力的に進めた。海底資源開発では、開発による環境・生態系への影響やその緩和策を講じた場合の効果を事前に予測する環境影響評価が求められる。環境影響因子としては海底掘削時や揚鉤排水時に大量発生する懸濁粒子がまず真っ先に挙げられ、海底資源開発を

想定した懸濁粒子の動態予測に関する研究が 1980 年代より進められている。しかし、懸濁粒子の動態を支配する深海乱流は、近年ようやく直接観測が可能になったものであり、いまだ解明されていない点が多く残されているため、予測手法確立のボトルネックになっている。本研究では、相模灘の航海調査で取得した深海乱流の観測結果を活用し、領域スケールモデルで使用される既往の鉛直混合スキームの深海底近傍乱流の再現性について検討するとともに、改良の方向性について考察した。

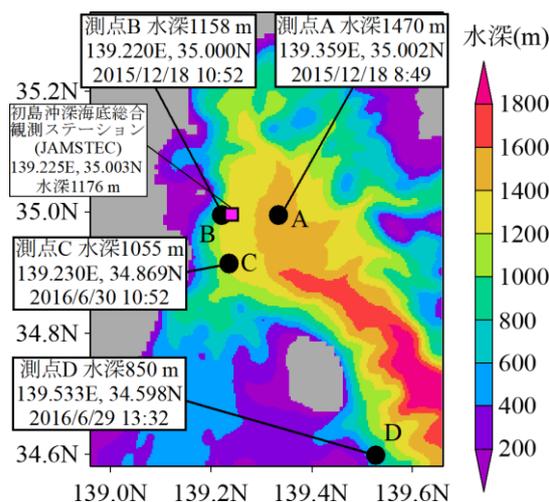


図 1. 相模灘の海底地形と乱流観測点の位置。

相模灘の深海底乱流の直接観測は、図 1 の 4 測点において、2015 年 12 月 18 日、2016 年 6 月 29～30 日に各 1 回、投下式乱流微細構造観測装置 VMP-X (Rockland Scientific International Inc., JFE アドバンテック社) を用いて実施した。得られた乱流エネルギー散逸率  $\varepsilon$  ( $\text{m}^2 \text{s}^{-3}$ ) の鉛直プロファイルの再現計算を通じて、鉛直混合スキームの性能評価を行った。流動モデルには静水圧・Boussinesq 近似の支配方程式で構成された 3 次元コロケート格子系・レベル座標系モデルを用いた。鉛直混合スキームは、標準型  $k-\varepsilon$  モデル (KE)、Mellor (2001) モデル (MY)、および Furuichi et al. (2012) モデル (NNF) の 3 つを対象とした。空

間解像度や入力データなどの解析条件を表1に記す。  
プログラムコードにはOpenMP/MPIのハイブリッド並列化技法を用い、v160CPUで計算を行った。

表1. 解析条件の一覧。

対象領域	138.960 - 139.860E, 34.430 - 35.305N
水平・鉛直解像度	0.3×0.3 km・10 m 均一 (海面~2000m)
海底地形	JTOPO30 (MIRC)
境界/水温・塩分同化	FRA-JCOPE2 (同化は黒潮域のみ)
外洋潮位	NAO99. Jb
気象場	短・長波放射量: JRA-55 (JMA) 上記以外: GPV-MSM (JMA)

相模灘の乱流観測結果では、4測点中1測点(測点C)において、水深1000mを超える深海底直上で $\epsilon$ が $10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-3}$ に及ぶ非常に強い乱流が検出され、 $10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-3}$ 程度の強い混合を有する層が海底から高さ150mにまで発達してい(図2)。この現象を数値モデルで再現しようと試み、鉛直スキーム並びにその海底境界条件の与え方を検討したが、いずれも深海乱流の発達を大きく過小評価した(図3)。その中でNNFモデルは、境界条件の与え方に計算結果があまり左右されず、比較的大きな混合層厚を算定する傾向があり、乱流長さスケールの改良により精度向上が見込めることが示唆された。

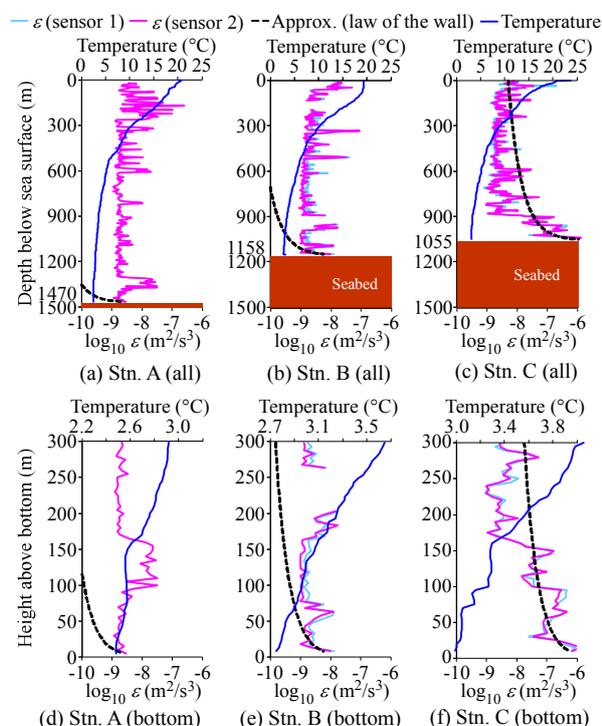


図2. 測点A~Cの乱流観測結果。

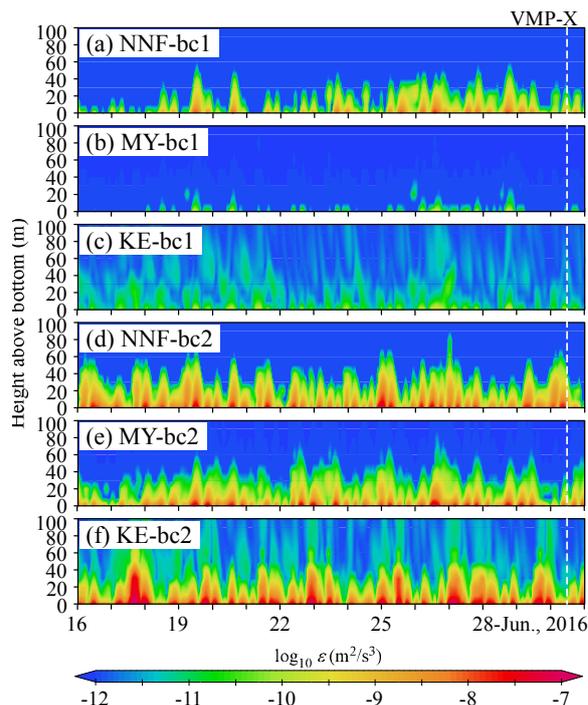


図3. 測点Cの $\epsilon$ 鉛直プロファイルの経時変化(計算値)。

#### 4. 今後の計画

本研究では、相模灘で観測された非常に強い深海乱流に着目して検討を進めたが、1回限りのデータであるため、現時点では信頼性が高いものとは言い難い。水深1000mを超える海底近傍において表層混合みの $\epsilon$ が計測されたことは大変興味深いのが、沖縄トラフでも類似の深海乱流が複数観測されており、他に事例がないというわけではない。今後、今年度久米島沖で新たに取得した現場深海乱流観測結果に基づき、LES実験・乱流パラメタリゼーションの再検討を実施するとともに、懸濁粒子動態モデルの精緻化を行う。それと並行して、2に記した問題対応研究を進めていく予定である。

#### 5. 昨年度終了研究課題名

懸濁粒子の動態および環境負荷物質との相互作用を考慮した沿岸海洋長期環境予測モデルの開発

#### 6. 計算機資源の利用状況 (2016年10月1日~2017年11月30日)

実行ユーザ数: 3

CPU時間 v\_deb: 61.10 hours, v\_32cpu: 16,817.24 hours, v\_96cpu: 165,981.29 hours, v\_160cpu: 897,462.54 hours, 計: 1,080,322.18 hours