

研究課題名：海洋混合層スキームの高度化と流動・水質・生態系シミュレーションへの応用

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：国立環境研究所地域環境研究センター 古市尚基

実施年度：平成 25 年度～平成 27 年度

1. 研究目的

海洋における乱流混合過程は、海洋流動・水循環を支配する大気-海洋間での熱・運動量交換や粘性・拡散に関与する重要な物理過程であるのみならず、大気-海洋間での酸素・二酸化炭素等のガス交換、海洋内部における有機物・無機栄養塩の輸送、赤潮・貧酸素水塊の発生・消滅など海洋の物質循環・環境形成にも大きく関わっている。しかし、既存の海洋混合層モデルではその効果を適切にパラメータ化できていないことが明らかにされており、流動場・水質場の予測精度低下の主要因になっている。本研究では、Large Eddy Simulation (LES) に基づく海洋混合層モデルの改良を実施するとともに、その成果を既存の流動・水質・生態系モデルに反映させることにより、海洋における水・物質循環および生態系機能等の環境評価・予測の精度向上を目指す。

2. 研究計画

前年度は、高解像度の LES モデルを用いて海洋表層および海底混合層の発達過程を直接再現する数値実験を行うとともに、その結果に基づいて既存の海洋混合層モデルの検証・改良を行った。今年度は、濁質や有機物を想定した粒子状物質の沈降速度・鉛直渦拡散係数を詳細に検討するための LES 実験を実施するとともに、これら LES 実験で得られた知見を東シナ海の広域海洋環境予測研究（東アジア広域環境研究 PG）、東京湾の水質・底質改善に関する研究（特別研究）、東北太平洋沖の放射性セシウムの動態予測研究（災害環境研究）等で使用している流動・水質・生態系モデルに反映させ、各海域における再現精度等への効果を検証する。

3. 進捗状況

今年度は、放射性セシウムや有機物の沈降・海底堆積、および植物プランクトンの鉛直濃度分布に関連する基礎研究として、粒子状物質の沈降速度・鉛直渦拡散係数を高解像度 LES 実験（水平幅 100×100m・水深 50m の仮想海域で空間解像度は水平・鉛直ともに 0.25m）に基づいて検討した。その結果、完全球形の粒子については、沈降速度成分を除く粒子移動速度と海水の流速が同一と見なせること、粒子の鉛直渦拡散

係数は海水の鉛直渦粘性係数（運動量）・渦拡散係数（熱）と同オーダーであることなどが明らかになった。現在、昨年度改良した鉛直混合スキームおよび今年度の上記知見を海洋流動・水質・生態系モデルに活用し、前述した東シナ海・東日本太平洋沖を対象にその有用性・妥当性の検証を進めている。本報告では、東日本太平洋沖における放射性セシウムの動態シミュレーションについて報告する。

2011 年 3 月の福島第一原子力発電所事故によって漏出した放射性セシウム 137（以下、Cs-137）の一部は福島県沖を中心とした東日本太平洋沿岸域の海底に堆積し、事故発生後 3 年を経過した現在でも依然として広範囲の各所で高濃度検出が確認されている。本研究では、海水中における濁質への吸着および沈降、海底における堆積と巻上を考慮した Cs-137 の動態モデルを、LES の知見に基づいて構築するとともに、2011 年 3～12 月を対象として再現計算を行った。解析対象領域には、日本近海の海洋変動予測システム FRA-JCOPE2 (JAMSTEC) の流動場を境界条件とする北西太平洋の Region 1 (138-148E、32-41N、水平解像度：約 4.5km)、およびそれを 1-way offline で仙台湾から房総沖までをダウンスケールした Region 2 (140.4-144.0E、35.2-39.0N、水平解像度約 1.5km) を設定した。Region 1・2 とともに気象場には GPV-MSM (JMA) を 1 時間毎に与え、Cs-137 の流入条件には福島第一原子力発電所からの直接漏出 (Tsumune et al., 2012) と大気からの沈着 (Morino et al., 2011) を与えた。

本モデルによる海底土表層 Cs-137 濃度の計算値は、文部科学省が実施した海洋モニタリングで得られた 30 地点・162 個の観測値のうち 8 割程度が同一オーダー（ファクター 10 : 1/10 から 10 倍の範囲）で一致し、既報のモニタリング等で報告されている福島県沖の南南西から北北東に伸びる帯状のホットスポットもうまく再現している（図 1(a)(b)）。本モデルの計算結果より、Cs-137 の海底への堆積は主に 2011 年 5 月末の温帯低気圧の通過時に生じたことが分かる（図 1(b)）。これは、水深 50m 以浅の海域（例えば図 1 の J1 地点）では強風に伴う強い底層流が発生（図 1(c)）し、海底より巻き上げられた濁質に直上海水中の Cs-137 が吸着して沈降・堆積したためと考えられる（図 1(d)右）。

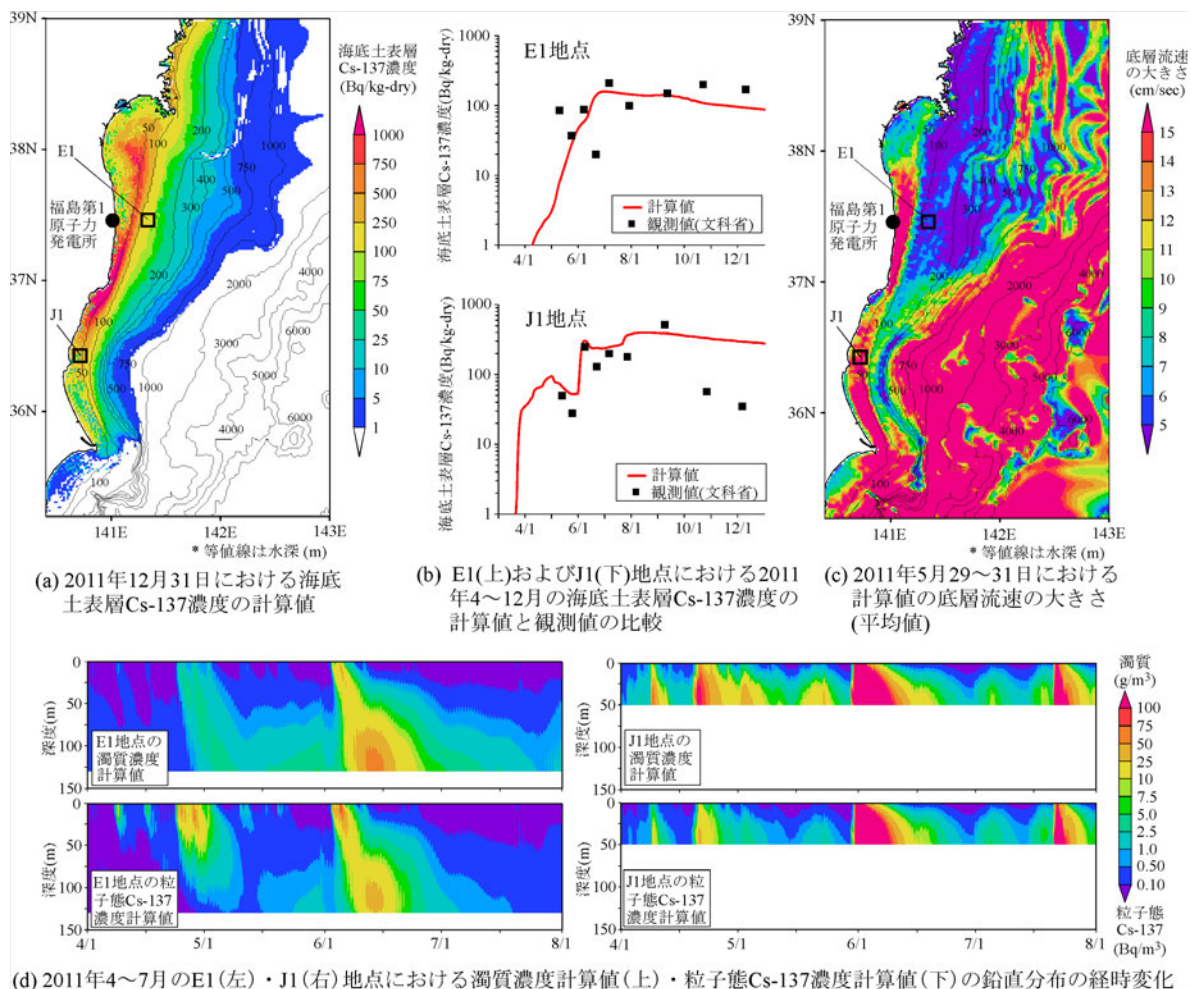


図 1. 東北太平洋沖における放射性セシウム 137 の動態シミュレーションの結果。

水深 50m より深い海域では、日本海溝付近の海底地形が急変しているところでは強い底層流の発生が見られるものの、沿岸部と日本海溝に挟まれた海域（例えば図 1 の E1 地点）では強い底層流の発生・濁質の巻上はほとんど見られない（図 1(c)・(d)左上）。しかし、沿岸に近い海域では西側の浅い海域から Cs-137 を吸着した濁質が大量に水平輸送されて沈降・海底に堆積していることが分かる（図 1(d)左）。このような海域に堆積した Cs-137 は、濁質の巻上を生じさせるほどの強い底層流が発生しにくいいため、ほとんど動かないと考えられ、現在のホットスポットになっているものと推察される。

本モデルは福島第一原子力発電所の北東沖の砂礫地帯において海底土表層 Cs-137 濃度を過大評価する傾向にあり、今後の課題である。

4. 今後の計画

鉛直混合強度をはじめとする流動・水質の現地観測を行っている東シナ海・東京湾を対象とした再現シミュレーションの実施を実施し、鉛直混合スキームの改良等による流動・水質・生態系の再現精度の検証を引き続き進める。海洋混合層変動の再現性を可能な限り改善した後、陸域からの汚濁負荷流出形態の変化が東シナ海・日本近海の海洋環境・生態系に及ぼす影響を数値シミュレーションで定量的に評価する予定である。

5. 今年度計算機資源の利用状況（2014年4月1日～11月30日）

実行ユーザ数: 2

CPU時間 v_deb: 799.43 hours, v_cpu: 0 hours, v_8cpu: 471.35 hours, v_16cpu: 121,538.13 hours, 計: 122,808.92 hours