

統合型河川・浅海域土砂輸送モデルを用いた 河川由来懸濁態放射性核種の海洋分散解析

山西 琢文¹・内山 雄介²・津旨 大輔³・三角 和弘³

¹学生会員 神戸大学大学院 工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1)
E-mail: 37ct57@gmail.com

²正会員 神戸大学准教授 大学院工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1)

³正会員 一般財団法人 電力中央研究所 環境科学研究所 (〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子1646)

福島第一原発由来の放射性核種の沿岸域での¹³⁷Csインベントリを正確に把握するために、3段ネスト高解像度領域土砂輸送モデルを用いて、河川由来の土砂や海底堆積土から再懸濁して海洋中を再循環する土砂輸送、および懸濁粒子に付着した懸濁態¹³⁷Csの海洋分散評価を行った。水深200 m以深の沖合堆積物中に出現する高濃度の懸濁態¹³⁷Csの起源について評価した結果、予想されていた浅海域からの土砂輸送の寄与は小さく、有機物系粒子に吸着した¹³⁷Csが関与する可能性が示唆された。また、水深600 m程度の沖合海域では仙台湾沖をソースとする南向き細粒土砂フラックスが等深線に沿うように発達すること、河川からの懸濁質の再循環は水深30 m以浅の浅海域に限定されることなどが明らかとなった。

Key Words : *suspended radionuclide, cesium 137, fluvial influence, sediment transport model, ROMS*

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波災害によって被災した福島第一原子力発電所(FNPP)から海洋へ漏洩した放射性核種の分散予測に対して、今日まで各研究機関等で様々なモデルが構築され、事故後の海洋分散解析が進められてきた。例えば内山ら^{1,2)}は、事故直後の2011年春季～夏季に対する再解析を行い、福島県沖陸棚域における流速変動には海上風が大きく関わっており、溶存態¹³⁷Cs(セシウム137)の漏洩初期の分散挙動は陸棚波の影響を強く受け、北方向へと輸送されていたことなどを報告した。

しかしながら、海洋環境中での¹³⁷Csのインベントリに対しては、直接漏洩やfalloutとして流入する溶存態¹³⁷Csの寄与だけではなく、大気中へ放出されたのちに陸上に沈降して鉱物や有機物に吸着し、懸濁態核種として水文過程を経て河川から海洋へ流入する成分、海水中の懸濁粒子へ吸脱着することにより溶存態と懸濁態間を移行する成分、および懸濁態として輸送され海底に沈降し、再懸濁して再輸送される成分などを総合的に評価することが必要となる。これに対して内山ら³⁾(以下前報)は、放射性核種の陸域から海域への移行過程の定量化を最終的な目的として波浪の影響を考慮した浅海域用マルチクラス領域土砂輸送モデルを開発し、事故直後の福島

沿岸における懸濁態粒子の海洋中での再懸濁・輸送過程に関する再解析を行った。波浪と底層流動の影響を受けてシルト・泥画分の集積域となり得る領域と、海底堆積物中に高濃度の¹³⁷Csが含まれている領域の対応関係について評価を行うなど、いくつかの重要な知見を得たものの、河川から海域へ供給された懸濁粒子が海域で堆積する過程に関する解析は十分に行われていなかった。

一方、Misumiら⁴⁾は、海底堆積物と海水中の溶存態の¹³⁷Csの静的な吸脱着過程に関するモデル化を行い、事故に伴って海洋底層付近を輸送された高濃度溶存態¹³⁷Csの吸着による海底土砂中の¹³⁷Cs濃度変化を定量的に評価した。その結果、モデルは浅海域堆積物中の¹³⁷Cs濃度については観測値をよく再現するものの、水深200 m以深の沖合海域では過小評価していた。その原因として、モデルで考慮されていなかった懸濁態¹³⁷Csの関与が予想され、懸濁粒子輸送を考慮することの重要性が示唆された。

そこで本研究では、前報で開発した福島県沿岸域マルチクラス土砂輸送モデルに対して粒子比表面積と懸濁態¹³⁷Csの関係式を組み込むことで、土砂・懸濁態¹³⁷Cs分散の同時評価を行う。本報では特に、沖合海域での懸濁質輸送・再循環過程に着目し、Misumiら⁴⁾が示唆した浅海域から沖合への懸濁粒子の輸送量、河川由来懸濁態放射性核種の福島県沿岸域での分散などに関して定量的な評価を行ったので、それらの結果について報告する。

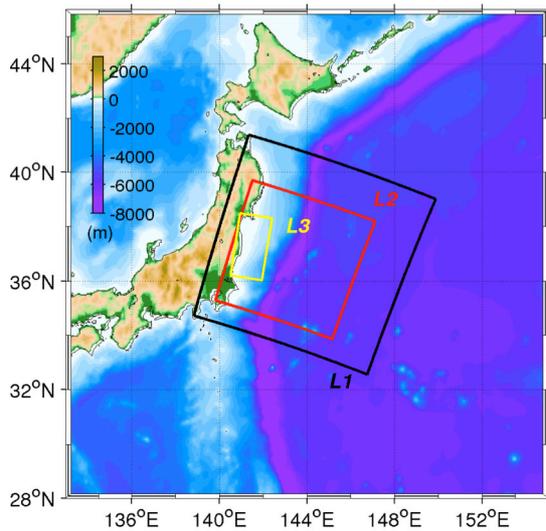


図-1 3段ネストROMSモデルによる計算領域. 黒枠: ROMS-L1領域, 赤枠: ROMS-L2領域, 黄枠: ROMS-L3領域, カラー: 水深 (m).

表-1 ROMS-L3の計算条件

計算期間	2011年2月2日~2011年7月19日
解析期間	2011年3月1日~2011年7月16日
格子数	1024×512×32層, 水平解像度: 250m
境界条件	ROMS-L2 (二時間平均値) を線形補間
海上風	JMA GPV-MSM (一時間値)
海面フラックス	COADS (月平均気候値)
海表面温度	AVHRR Pathfinder (月平均気候値)
河川流量	HYDREEMS 推算値 (日平均値)
海底地形	内閣府中央防災会議・地形データ
粒径組成	宮城県, 福島県水産試験場による観測値
波浪	SWAN 推算値 (三時間平均値)

表-2 マルチクラス土砂モデルパラメータ

class	d (μm)	ρ_s (kg/m^3)	w_s (mm/s)	E_u ($\text{kg/m}^2\text{s}$)	τ_{cr} (N/m^2)
sand	125	2650	9.4	2.5×10^{-3}	0.15
silt	24	2650	0.4	1.0×10^{-4}	0.07
clay	4	1100	0.1	1.0×10^{-4}	0.02

交換層の厚さ $\delta_a = 3 \text{ mm}$; 初期基層の厚さ: 10 m; 空隙率 $\lambda = 0.4$.

2. 解析モデルの概要

前報³⁾で開発した, JCOPE2再解析値を境界条件とする福島県沿岸域を対象とした3段ネスト海洋ダウンスケーリングモデルの最内側モデルであるROMS-L3 (水平解像度250 m) をベースにした (図-1, 表-1, 2). L3モデルには, activeトレーサとしての多粒径土砂 (sand, silt, clay) の3次元輸送モデル⁵⁾ が組み込まれており, 底面せん断応力は波-流れ共存場に対する Soulsbyモデルで評価する. せん断応力評価に用いる波浪パラメータは, 気象庁CWM再解析値にネストさせたSWANモデルによる波浪推算値を用いる. 領域内に存在する6本の一級河川, 14本の二級河川による淡水流量を電中研HYDREEMSモデル⁶⁾ による日平均推算値で与える. 浮遊土砂輸送のみを考慮し, 凝集性土砂によるフロック化や底面における掃流砂は考慮しない. 河川からの流入土砂フラックスは全国平均 $L:Q$ 式⁷⁾ および浮遊土砂量と流量の相関式⁸⁾ を用いて評価する. 流砂組成比はUSLE準拠モデルによる河口部流砂量の結果⁹⁾ をもとに河川別に一定比率で与える. さらに, 本研究では新たにL3領域境界においてTPXO7.2による主要10分潮を与えた計算を行う. モデルのさらなる詳細については前報³⁾を参照されたい.

3. 沖合での土砂の堆積・浸食域の形成

2011年3月26日から7月16日までの各土砂画分および全画分の堆積量の時間積分値 (正值は堆積, 負値は浸食) を図-2に示す. 全土砂画分による堆積・浸食域 (図-2 (d)) は, 量的には概ねsand画分 (図-2 (a)) によって形成されており, その絶対値は岸近傍および仙台湾内で高く

なる. sandの堆積・浸食は水深100 m以深では全く見られず, 岸近傍において沿岸方向に波長約5 kmのパッチ状の浸食域と堆積域を交互に形成する. 仙台湾内ではパッチ構造を保ちながら南から舌状に浸食・堆積域が延伸しており, 北上するにしたがって徐々に岸沖方向に拡大している. 仙台湾内は本海域の他の領域と比較して遠浅であり, 沖合約20 km (水深50 m程度) まで波浪による底面せん断応力が発達することがあり³⁾, 最も高い限界せん断応力を持つsand画分であっても容易に再懸濁可能な環境下にあることがその原因である. 岸近傍においては silt (図-2 (b)) およびclay画分 (図-2 (c)) は類似したパターンで浸食・堆積域を形成するが, clayでは計算領域ほぼ全域で浸食または堆積が生じている.

第1章で述べたように, Misumiら⁴⁾のモデルによる海底堆積物中の¹³⁷Cs濃度に関する沖合 (水深200 m以深) での過小評価の原因として, モデル中で考慮されていない高濃度の¹³⁷Csが吸着した浅海域の土砂の沖合海域への輸送の可能性が考えられる. しなしながら, 本モデルによる広域土砂輸送評価の結果からは, 水深200 m以深の海域はほぼ浸食域 (clay画分) となっており, パッチ状にわずかに形成される堆積域においても, 平均堆積量はおよそ $2.0 \times 10^{-3} \text{ (kg/m}^2)$ と非常に小さい値となった. FNPP東方の沖合約100 km地点でのセジメントトラップによる沈降懸濁粒子観測結果¹⁰⁾ からは, 沈降粒子中には土砂以外にも高い割合で有機物やbiogenic opal (BO) が含まれていたことが報告されている. したがって, 沖合海底で見られた高濃度の¹³⁷Csを含む粒子は, 粘土鉱物系の土砂ではなく, 有機物等に吸着した状態で輸送, 堆積したも

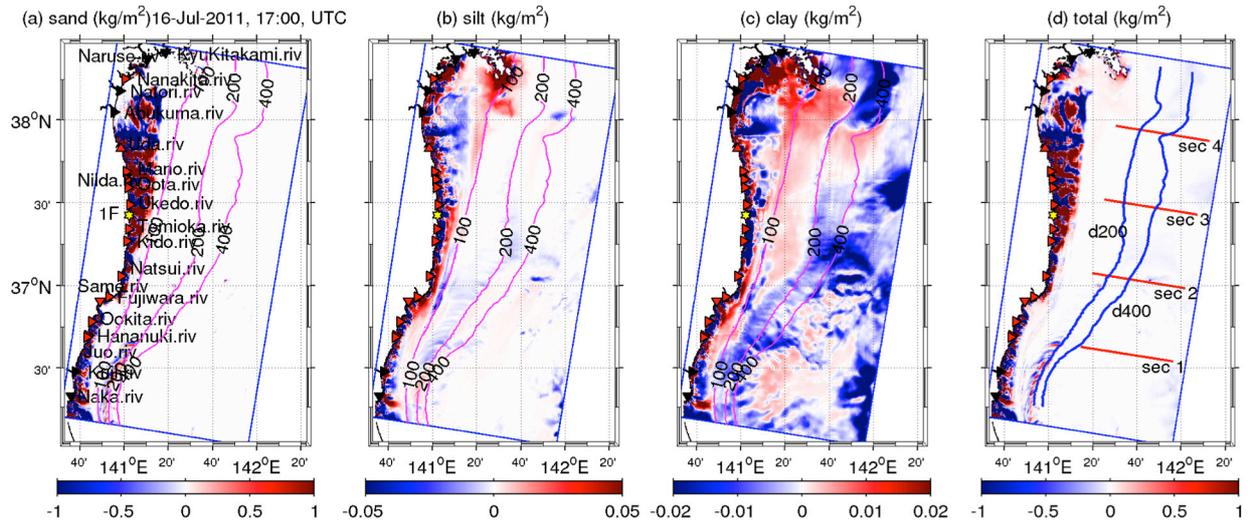


図-2 2011年3月26日から7月16日までの各粒径毎の堆積量の時間積分値(カラー、負値は浸食を表す)および水深(コンター)。左から, sand, silt, clay, および3画分の合計値。▶は考慮した河川の河口位置(黒は一級河川, 赤は二級河川), 黄色六角星はFNPPの位置を表している。(d)中の赤線および青線は図-2~6で用いる検査線を示している。

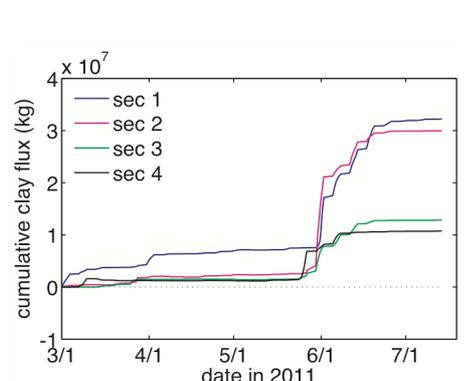


図-3 検査線 sec 1~sec 4 断面(図-2(d)赤線)を通過した断面フラックスの時間積分値 F 。ただし低緯度方向への輸送を正と定義した。青: sec 1 断面, マゼンダ: sec 2 断面, 緑: sec 3 断面, 黒: sec 4 断面。

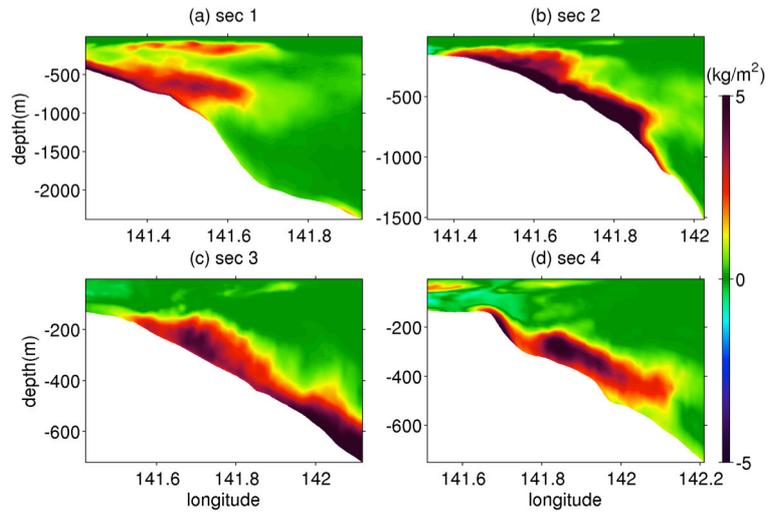


図-4 検査線 sec 1~4 断面(図-2(d)赤線)における解析期間最終日(2011/7/16)での累積 clay 通過フラックス Q の鉛直断面分布。

のであった可能性が高い。ただし、本解析期間では、浸食・堆積域の形成は2011年5月末に本海域を通過した大型の低気圧、およびそれに惹起された強い沿岸南下流の影響を強く受けており³⁾、より定量的に比較を行うためにはさらに長期間の計算を行う必要があると考えている。

4. 沖合での clay フラックス収支解析

浸食・堆積域(図-2)を形成する原因である土砂のシンク・ソース構造、土砂輸送経路を定量的に評価するために、福島沖に50 km間隔で岸沖方向検査線を4本(図-2(d)赤線)、水深200 m, 400 mの等深線断面(d200, d400, 図-2(d)青線)2本を定義し、各断面を通過するclay画分濃度フラックス収支解析を行う。任意の時刻まで時間積分された累積通過フラックス Q およびその断面積分値である断面フラックス F は、断面法線方向流速を u_n 、clay濃度を c として次式のように定義される。

$$Q(x, t) = \int_0^t c u_n dt; F(t) = \int_A Q dA \quad (1)$$

ただし、 x : 任意の空間座標, A : 断面積である。

(1) 沿岸方向への clay 輸送

2011年3月1日から7月16日における sec 1~4 断面での断面積分累積フラックス F の時系列(図-3)を見ると、全ての断面において途中で減少することなく増加していることから、沖合海域では clay が常に南方向へ輸送されていたことが分かる。最も南に位置する sec1 断面では、他の3断面よりも顕著な南向き輸送が3月初頭と4月初頭に生じている。南側に位置する sec 1, 2 断面では、5月末から6月上旬にかけての輸送量が北側の2断面(sec 3, 4)を大きく上回り、7月16日での累積通過フラックスの大きさは $sec 1 > sec 2 > sec 3 > sec 4$ と、南から順に大きな値となる。特に南側の sec 1, 2 で clay 輸送量が大きくなる要因の一つとして、sec 2 岸側端付近に

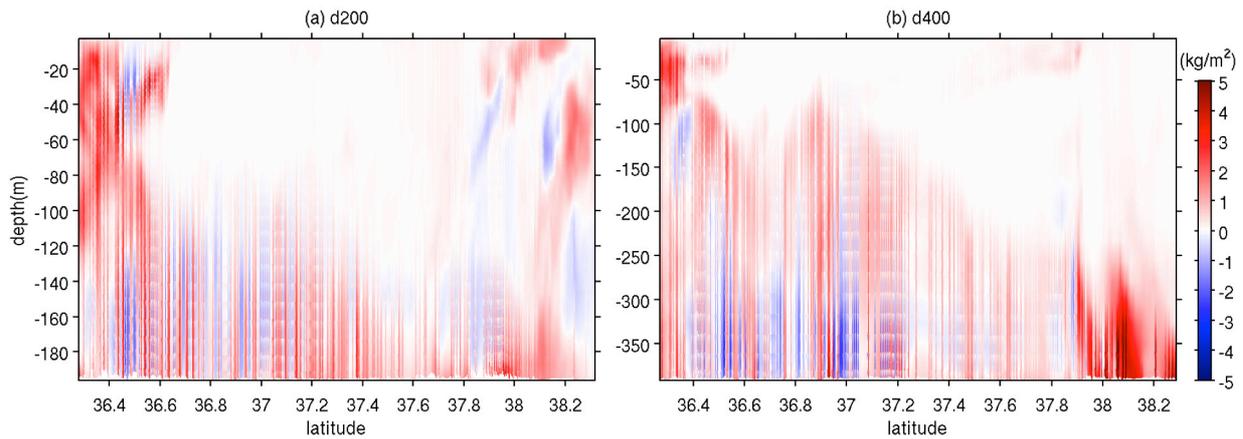


図-5 d200 および d400 断面 (図-2 (d) 青線) を通過した累積 clay フラックス Q の鉛直断面内分布. 沖方向輸送を正とした.

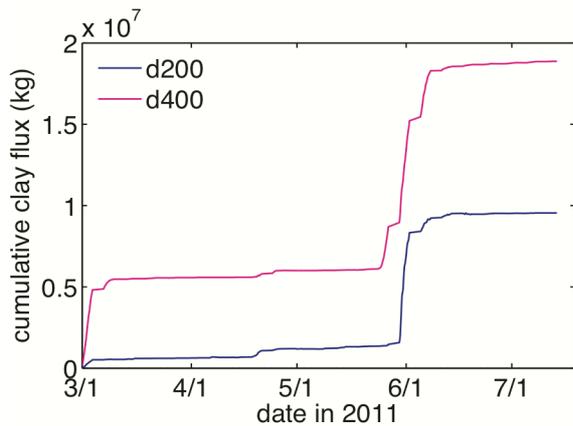


図-6 d200 および d400 断面 (図-2 (d) 青線) を通過した clay フラックス時間積分値 F . ただし沖方向輸送を正とした. 青: d200, マゼンダ: d400 断面.

相当する岸から約 20 km 沖合地点の海底に clay の組成比と懸濁態 ^{137}Cs 濃度の両者が高いホットスポット¹⁰⁾ がバンド状に存在しており (例えば, 前報³⁾ 図-2 参照), そこが 5 月末の荒天時の clay 輸送 (および高濃度の懸濁態 ^{137}Cs) のソースとなった可能性が考えられる.

通過フラックスの鉛直構造を調べるために, 2011 年 7 月 16 日までの累積フラックス Q の各断面内分布を求めた (図-4). 全体的に Q は水深 150~200 m 以深で生じ, 陸棚斜面に沿って水深 1000 m 程度の下層にまで分布している. その値は常に正であるので, 全断面で表層から底面まで南向き輸送が生じていることが分かる. Q の最大値は概ね水深 600 m 程度の層にあり, sec 1, 4 では表層付近にも有意な南向き輸送が生じている.

(2) 岸沖方向への clay 輸送

水深 200 m および 400 m の等深線に沿った断面 (d200, d400) における 2011 年 7 月 16 日までの累積 clay フラックス Q の断面内分布, および断面積分された輸送量 F の時系列をそれぞれ図-5, 6 に示す. とともに全般的に正の沖方向輸送が卓越しており, その値は沿岸方向輸送量 (図-3, 4) よりは少ないが, 同程度のオーダーとなっている. 岸寄りの d200 断面よりも沖合の d400 断面の方

が 2 倍以上の輸送量 (図-6) となっており, より水深の大きい沖合領域で clay の沖向き輸送が卓越することが示されている. この沖向き輸送は, d200, d400 断面ともに等深線が岸側に入り込んでいる低緯度域において, d400 では仙台湾沖の高緯度域の底層でも強化されている. 図-5 の底層付近には正負の輸送が交互に現れて縞模様を形成しているが, これは図-3, 4 で確認された卓越する南方向 clay 輸送が岸沖方向に凹凸を有する等深線を横切る際に生じる artifact である. また, 低緯度域底層には負の岸向き輸送が確認されるが, これは南方向沿岸輸送が等深線に沿って西方向へシフトした結果を表すものと思われる. 断面積分通過量 F の時系列 (図-6) を見ると, d200, d400 両断面の通過フラックスは, 5 月末に見られる低気圧イベントによる輸送が大半を占めており, 平時時の通過量は相対的に非常に小さい.

(3) 累積 clay フラックス水深積分値の空間分布

2011年7月16日までの累積clayフラックス Q を水平方向2成分について求め, さらに水深積分した結果をベクトル表示する (図-7). このフラックスの発散はclayのソース・シンク量 (すなわち図-2 (c) に対応) を表すが, 定性的には周囲と比べてベクトルが長い領域はclayのソース, 短い領域はシンクと捉えられる. 岸近傍および河口付近では, 河川からの流入や波浪などの影響による大量の再懸濁が発生するため, 大きなフラックスを持つ. 沖合においては発達した南下底層流により再懸濁が生じ, それらが低緯度方向へと輸送されていることが分かる. 特に仙台湾沖の142°E, 38°N周辺海域 (水深約600 m) が強いソースとなっており, 沖合および低緯度方向にclayを供給している. 南方向へのフラックスは, 福島沖の底層流の強い領域を経て, 南下とともに増加している. 一方で, 水深50~200 mの領域ではclayフラックスは極めて少ないことから, 浅海域から供給されたclayは水深50 m程度までに沈降し, 沖合へは到達しにくいことが確認される. このことは, 第3章で議論した高濃度の ^{137}Cs を含む

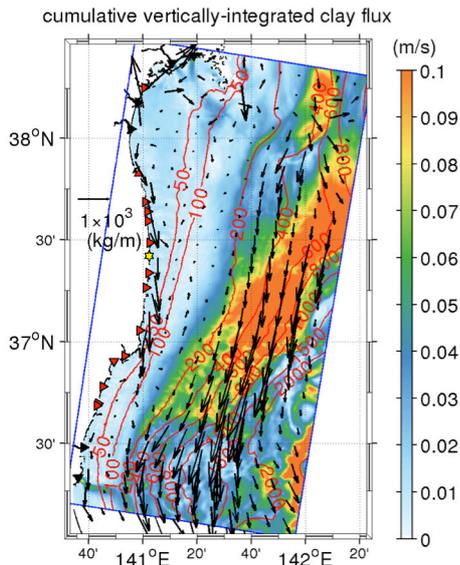


図-7 水深積分された2011年7月16日までの累積 clay フラックス (ベクトル), 5月29日~6月29日の底層流速の月平均値 (カラー) および水深 (コンター) .

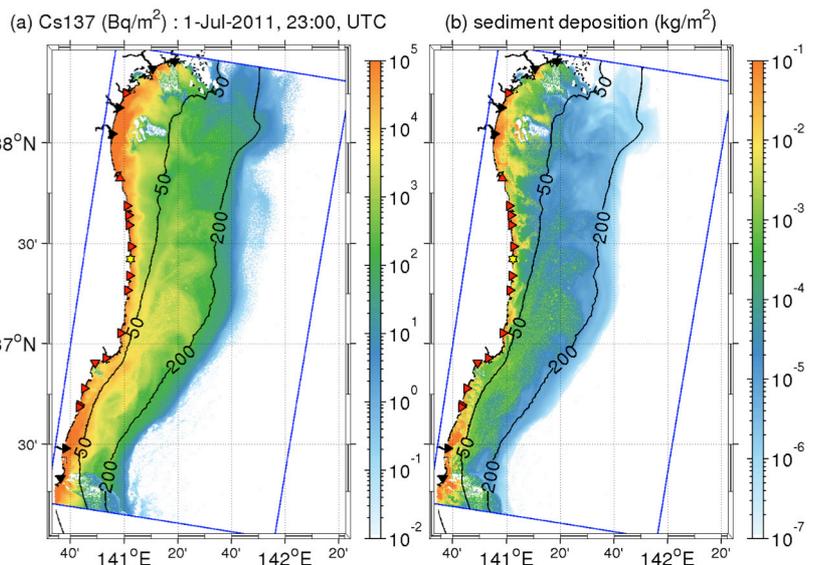


図-8 (右) 河川からの流入土砂のみによる海底堆積量分布 (土砂3画分の合計) および (左) それに吸着した懸濁態 ¹³⁷Cs インベントリ. コンターは水深.

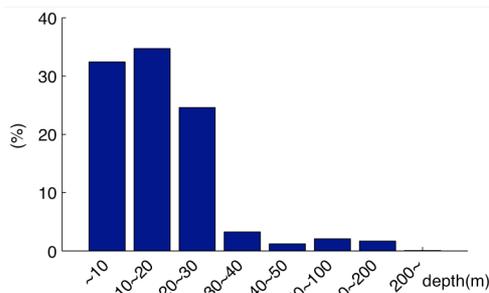


図-9 河川からの流入土砂に吸着した懸濁態 ¹³⁷Cs の水深毎の堆積量の割合 (%) .

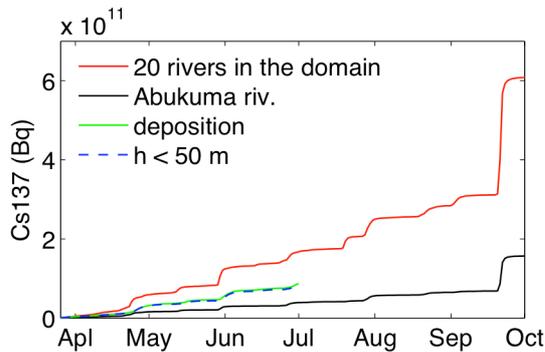


図-10 河川から流入した懸濁態 ¹³⁷Cs フラックスの時間積分値. 赤: 全20河川からの寄与, 黒: 阿武隈川のみからの寄与, 緑: 領域内堆積物中インベントリ, 青: 水深50m以浅の堆積物中インベントリ.

土砂の沿岸域から沖合への直接的な輸送がほぼなかったことと対応している。水深600 mの等深線に沿うように発達する強い南方向へのclay輸送は同水深の北部海域をソースとしているが、これらの沖合海域では解析期間中の底層溶存態¹³⁷Cs濃度が低い(図面は割愛)のために吸着による懸濁態¹³⁷Csへの移行が見込めないこと、浅海域から沖合に輸送されたclay画分も5月末の荒天イベントによ

り再懸濁されて低緯度方向へ輸送されるため、高濃度の¹³⁷Csを含む土砂ではなかったと推察される。

5. 河川由来懸濁態¹³⁷Csの海洋分散

阿武隈川河口における河川流入土砂に吸着した¹³⁷Cs量と土粒子の比表面積との関係式は次式で表される¹¹⁾。

$$C_{sed} = 4386.2 \left(\frac{6}{\rho_j D_j} \right)^{1.1509} \quad (2)$$

ここに、 D_j : 土砂画分 j の直径, ρ_j : 土砂画分 j の密度, C_{sed} : 懸濁態¹³⁷Cs濃度である。ROMS-L3領域内20本の河川から海域に流入する各土砂画分に式(2)を適用し、2011年3月26日から7月1日までの河川由来懸濁態¹³⁷Csの海洋での堆積量の定量化を行う。前章のフラックス解析でも示したとおり、河川流入土砂の堆積域分布(図-8(b))から、水深200 m以深の沖合にはほとんど堆積せず、流入土砂量の多い一級河川の河口付近で堆積量が大きくなることが分かる。¹³⁷Cs堆積量(図-8(a))も土砂堆積量と同様な分布を示し、FNPP南東沖合約20 kmにバンド状に存在する表層土砂中の¹³⁷Cs濃度が高いホットスポット領域³⁾で比較的大きい。また、河川からの流入土砂に吸着した懸濁態¹³⁷Csの水深毎の堆積割合(図-9)から、水深30 mより浅い領域に約9割が堆積し、水深200 m以上の領域で堆積したものは1%未満であったと見積もられる。

河川から海洋への放射性核種の流入開始を2011年3月26日と仮定すると、2011年7月1日までの¹³⁷Csの総流入量は約 1.7×10^{11} Bqと見積もられ、そのうち領域内に堆積したものは約5割の 8.7×10^{10} Bqであった(図-10)。ただし、2011年9月18日~27日の高出水時における阿武隈川から

の ^{137}Cs 流入量は、本モデルに適用した流入土砂量推定値が0.11 TBqであるのに対し、同期間における観測値は5.94 TBqであり¹²⁾、出水時の流入量をかなり過小評価する結果となっている。この原因として、河川流入量として日平均値を与えているため高出水の流入ピークを過小評価していること、全国平均 $L:Q$ 式が高出水時の流入土砂量を過小評価する傾向にあること、阿武隈川における流砂組成比の仮定 (sand : silt : clay = 1 : 4 : 2) が高出水時の実際の組成比と異なっていたことなどが挙げられる。これらの点に関する評価精度の向上は、今後取り組むべき課題の一つであると考えている。

6. おわりに

Misumiら⁴⁾が示唆した浅海域起源土砂の水深200 m以深の沖合海域への輸送はほとんど見られなかった。沖合約100 km地点におけるOtosakaら⁹⁾のセジメントトラップ観測結果と合わせて考えると、沖合堆積物中に出現する高濃度 ^{137}Cs の形成に対しては、有機物等に吸着した ^{137}Cs の寄与が大きかったことが予想される。福島県沖合の水深600 mの底層では、2011年5月末以降、陸棚斜面に沿う強い南下流が発生し、大量のclayが低緯度方向へと輸送されていた。これらは仙台湾沖海域の600 m水深地点周辺をソースとしているが、この海域への溶存態 ^{137}Cs 供給がそれほど大きくなかったことから、懸濁粒子に吸着した ^{137}Cs の輸送量は小さかったと考えられる。河川由来の放射性核種は主に水深30 m未満の浅海域に留まり続け、沖合への輸送はほとんど見られなかった。

謝辞：本研究は科学研究費補助金・新学術領域研究（公募研究・課題番号25110508）の援助を受けた。

参考文献

1) 内山雄介, 石井倫生, 津旨大輔, 宮澤泰正: 福島第一原

- 子力発電所を放出源とする放射性セシウム 137 の沿岸域での分散特性, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol.68, No. 2, p. I_931-I_935, 2012.
- 2) 内山雄介, 山西琢文, 津旨大輔, 宮澤泰正, 石井倫生: 福島第一原発からの放射性核種の初期分散に及ぼす沿岸ジェットとメソスケール渦の影響, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol.69, No.2, I_1051-I_1055, 2013.
- 3) 内山雄介, 山西琢文, 津旨大輔, 宮澤泰正: 福島沿岸域における放射性核種の海域移行定量化を目的とした領域土砂輸送モデルの開発, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.70, No.2, pp. I_571-I_575, 2014.
- 4) Misumi, K., D. Tsumune, T. Tsubono, Y. Tateda, M. Aoyama, T. Kobayashi and K. Hirose: Factors controlling the spatiotemporal variation of (137) Cs in seabed sediment off the Fukushima coast: implications from numerical simulations, *J. Env. Radioact.*, Vol. 136, pp. 218-228, 2014.
- 5) Blaas, M., C. Dong, P. Marchesiello, J. C. McWilliams, K. Stolzenbach: Sediment transport modeling on Southern Californian shelves: A ROMS case study. *Cont. Shelf Res.*, Vol. 27, pp. 832-853, 2007.
- 6) 豊田康嗣, 平口博丸, 杉本聡一郎, 橋本篤: 気象予測モデルと連携した出水予測手法の開発, <http://cripi.denken.or.jp/jp/kenkikaku/report/detail/N08058.html>, 2009.
- 7) 武川一樹, 二瓶泰雄: 日本の河川における浮遊土砂輸送量と流量の相関関係, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.69, No. 2, p. I_1221-I_1225, 2013.
- 8) 武田育郎: 水と水質環境の基礎知識, オーム社, pp.158-164, 2001.
- 9) Otosaka, S., T. Nakanishi, T. Suzuki, Y. Satoh and H. Narita: Vertical and lateral transport of particulate radiocesium off Fukushima, *Environ. Sci. Tech.*, Vol. 48:21, pp. 12595-12602, 2014.
- 10) 小埜恒夫, 帰山秀樹, 安倍大介: 海洋環境への放射性物質の拡散状況。一水と海底土にどう拡がったかー, http://www.fra.affrc.go.jp/topics/250220/10thProgram_2.pdf, 2013.
- 11) 恩田裕一: 森林および河川における放射線の長期モニタリングと放射性物質の移動との関連, http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat01/pdf1402/data_07.pdf, 2014.
- 12) 日本原子力研究開発機構 福島研究開発部門: 放射性物質の包括的移行状況調査, <http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat01/pdf05/02-05.pdf>, 2014.

(2015.3.18 受付)

DISPERSAL OF LAND-DERIVED SUSPENDED RADIONUCLIDES IN THE FUKUSHIMA COAST

Takafumi YAMANISHI, Yusuke UCHIYAMA,
Daisuke TSUMUNE and Kazuhiro MISUMI

Misumi *et al.* (2014) estimated suspended ^{137}Cs concentration in the seabed by a mathematical model considering static adsorption and desorption of ^{137}Cs between the seawater and the bed sediments. However, the inferred bed ^{137}Cs is substantially underestimated in the offshore area at depth deeper than 200 m. They attributed the reason of this discrepancy to nearshore-originated seaward sediment transport that is omitted in their model. Our model results reveal that although the land-derived or nearshore clay-class sediments reach the deeper area, the time-integrated deposition is only about $2.0 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^2$ that is considered to be a minor fraction. It is suggested that debris of organic matters and biogenic opal rather than land-derived minerals likely cause the offshore ^{137}Cs deposition. We further examine nearshore dispersal patterns and quantify the ^{137}Cs inventory in the land-derived sediments through the rivers.