

PS-30 海洋放出された放射性物質の海底堆積量評価手法の高度化に関する研究

海洋リスク評価系 * 浅見 光史、岡 秀行、小田野直光

1. はじめに

海上技術安全研究所では、国土交通省が実施する放射性物質海上輸送中における事故対応を支援するための環境影響評価システムの研究開発を継続しており、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえ、事故発生時に的確な情報を提供できるよう、システムの改良を行っている。筆者らは、沿岸 200 m 以浅の海底堆積物の粒度組成の調査結果¹⁾を海洋中での放射性物質の移行評価モデルに反映させた数値解析から、海底堆積物の粒度を一定とした場合と比較して放射性物質濃度の実測値との乖離が小さくなることを示した²⁾。これから、粒度組成が放射性物質の濃度分布形成に影響することが明らかとなった。現状の数値解析モデルは、海底堆積物中の深度方向に平均的な放射性物質の濃度が得られる一方、海底堆積物内部の濃度分布が得られず、濃度が最大となる堆積物の深度がわからない。本研究では、海底堆積物内部の放射性物質濃度分布の形成過程をモデル化するために、海底堆積物中の放射性物質鉛直分布一次元モデルを改良した。

2. 数値解析モデル

2. 1 海流計算

放射性物質の海洋拡散に使用する海流データには、海洋研究開発機構(JAMSTEC)で改良された数値海洋変動予測システム(JCOPE2)による詳細データ(JCOPE-t データ)を利用した。格子間隔は 1/36 度(約 3 km)である³⁾。海底地形については、海上保安庁海洋情報部日本海洋データセンター(JODC)が提供している 500 m メッシュ水深データ(J-EGG500)を利用した。所要の詳細な格子間隔で物質輸送計算を行うために、海洋流動場に対して、質量保存流動場モデル(MASCON: MASs-CONSistent flow simulation model)⁴⁾を採用した。MASCON は、評価対象範囲の海水流動場を、少数の観測値から任意座標上において質量保存則を満たすように求める方法であり、海水流動場の時空間的变化の詳細を各格子点で求める海洋力学モデルとは異なり、空間スケールの大きな計算対象の流れ場を短時間で解くことができる。本研究では、JCOPE-t データを MASCON における観測データとして取扱い、海流場を求めた。グリッド間隔は 500 m×500 m×5 m(最大水深 500 m)とした。

2. 2 海洋への放射性物質放出量

本研究では、評価する放射性物質として、実測データが豊富に揃っており、2. 3 で述べる放射性物質の移行モデル

に使用されるパラメータの情報が他の放射性物質と比較して充実している ¹³⁷Cs を選択した。¹³⁷Cs の海洋への放出量には、文献⁵⁾の評価値を使用した。この評価方法では、¹³⁷Cs の海洋への直接放出量を、海面表層における ¹³⁷Cs 濃度の時系列変化と ¹³¹I/¹³⁷Cs 放射能比から逆推定する。大きな直接放出は 2011 年 3 月 26 日~4 月 6 日にかけて生じ(この期間の総放出量は 2.6×10^{15} Bq)、4 月 6 日以降の放出量は、濃度の減少割合と一致するように指数関数的に減少するとしている。

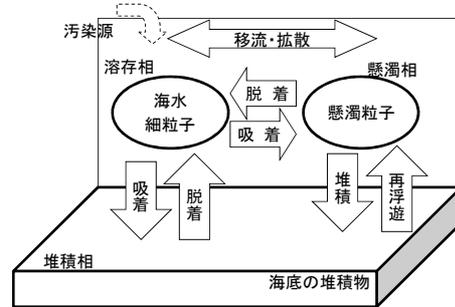


図 1 三相間交換過程の模式図⁶⁾

2. 3 三相間交換過程を考慮した放射性物質移行モデル

本研究では、海洋中における放射性物質の移行モデルを導入することにより、海水中のほか海底堆積物中の放射性物質濃度の計算が行えるようにした。導入した移行モデルは、海洋中に存在する粒子を、粒径の違いにより以下の三相に分類し、各相間の交換過程を考慮するものである。溶存相: 海水に溶存する放射性物質及び $0.5 \mu\text{m}$ 未満の粒子に吸着した放射性物質

懸濁相: 粒径 $0.5\text{--}62.5 \mu\text{m}$ の粒子に吸着した放射性物質
堆積相: 海底に堆積した懸濁粒子に吸着する放射性物質

これら各相間での吸脱着過程、懸濁粒子の沈降及び海底堆積物の再浮遊過程を考慮する。三相間交換過程を考慮した放射性物質の移行モデルの模式図を図 1 に示す⁶⁾。2. 1 及び 2. 2 で得られた海流場及び ¹³⁷Cs 放出量を用いて、¹³⁷Cs の堆積物直上を流れる海水中の核種濃度を計算した。移流拡散解析には、比較的長期間・広範囲の計算に対応しやすいオイラー型モデルを採用した。

2. 4 海底堆積物内放射性物質鉛直濃度分布形成モデル

放射性物質の鉛直濃度分布の形成過程を把握すべく、海底堆積物内部での鉛直方向一次元放射性物質移行解析手法⁷⁾を改良して、濃度分布の形成過程をモデル化した(改

良後のモデルを図2に示す)。これは、海底堆積物表層の直上水に含まれる放射性物質が、海底堆積物に吸着・脱着して供給されるモデルであり、海底堆積物間隙水を通じて、放射性物質が鉛直下向きに拡散するようにされている。本研究のモデルでは、浸透水流による鉛直下向き移流項を追加し海底堆積物の間隙率、粒径及び吸脱着速度定数に鉛直方向依存性をもたせた。

3. 計算結果

数値解析によって得られた海水中における放射性物質濃度を用いて、海底堆積物における放射性物質濃度の鉛直分布を求めた結果を図3に示す。図は、特徴的な放射性物質の濃度分布形状を示す地点に対するものである。K1は海底堆積物表層で高い濃度分布を示す場合、K2は海底堆積物表層から深く浸透(40 cm)する場合、A1Nは濃度の極大点が2つある場合にそれぞれ対応する。放射性物質の濃度分布は、改良前の鉛直方向の拡散のみのモデルでは、海底堆積物の表層から鉛直下向きに単調減少するだけであるが、改良モデルでは、特徴的な形状が再現できる。これは、海底堆積物の間隙水が、実測による間隙率に対応して鉛直下向きに移流すると同時に、間隙水に含まれる放射性物質の吸脱着が、実測による鉛直方向の粒径分布に従って行われることによる。海底堆積物の間隙水における鉛直下向きの移流は、実際はほとんどない。本報告で取り扱った実測点は全て陸から10 km以内(K1:約7.5 km, K2:約6 km, A1N:約8 km)にあり、そこでは懸濁物質、海底堆積物の移動変化量が大きいと考えられている⁹⁾。本報告で仮定した鉛直下向き移流項は、こうした物質の移動変化量による寄与を表わしている。

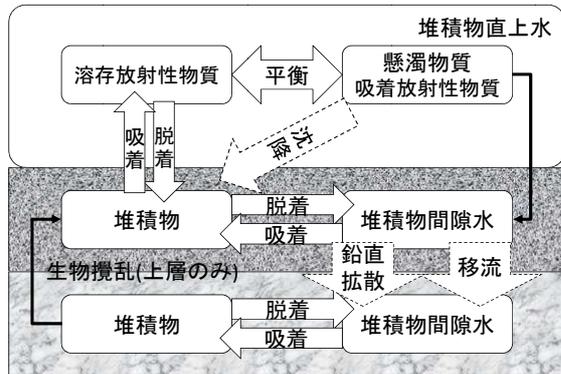


図2 海底堆積物中の放射性物質鉛直分布一次元モデル

4. まとめ

海底堆積物内部の放射性物質濃度分布の形成過程をモデル化するために、海底堆積物中の放射性物質鉛直分布一次元モデルを改良した。鉛直方向に形成される放射性物質濃度分布の形状は、懸濁物質、海底堆積物の移動変化量の寄与を表わす浸透水流による鉛直下向き移流項を追加し、実測で得られた堆積物の間隙率及び粒径を用いることで再現することができる。本成果を環境影響評価システムに

導入し、海底堆積物内部の放射性物質濃度分布を評価することで、放射性物質の海上輸送中事故のもたらす環境影響に関する有用な情報が追加され、事故支援の多様化を図れることが期待される。

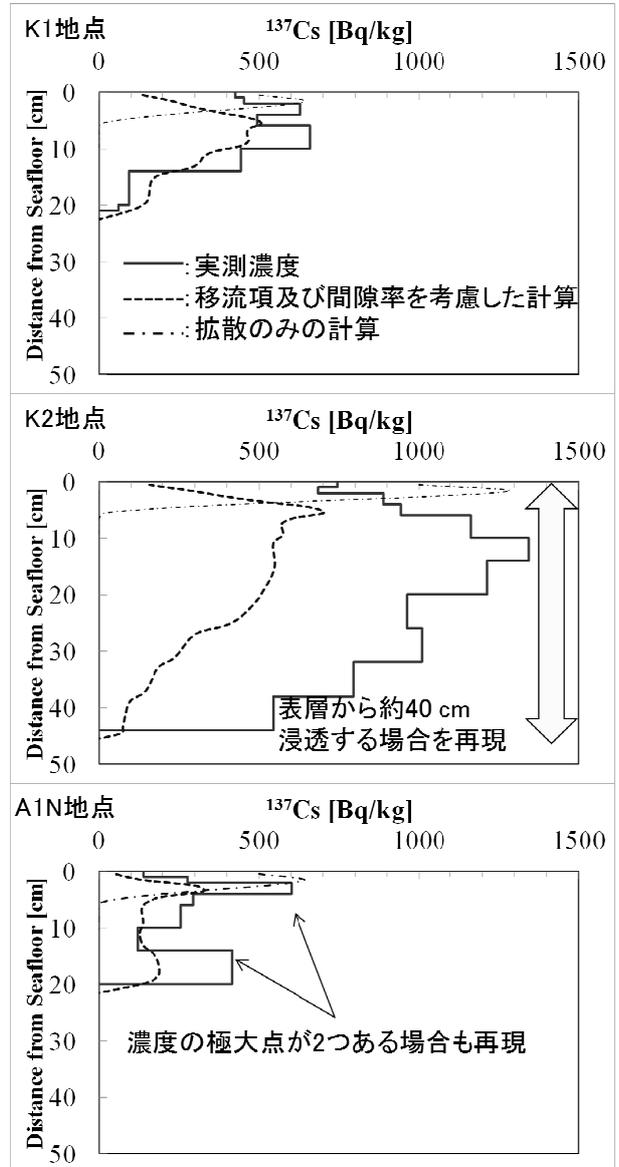


図3 放射性物質濃度の鉛直分布(実測値⁹⁾及び解析値)

参考文献

- 1) 青柳他, 福島水試研報 **8**, p.69-81, 1999., 2) 浅見他, 日本原子力学会秋の大会予稿集, 007, 2014., 3) Y. Miyazawa, *et al.*, *J. Oceanogr.*, **65**, p.737-756, 2009., 4) M. H. Dickerson, *J. Appl. Meteorol.*, **17**(3), p.241-253, 1978., 5) D. Tsumune, *et al.*, *J. Environ. Radioactiv.*, **111**, p.100-108, 2011., 6) R. Periañez, "Modelling the Dispersion of Radionuclides in the Marine Environment", Springer Berlin Heidelberg New York, 2005., 7) 杓掛他, 海洋理工学会誌 **19**(2), p.13-25, 2014., 8) 原子力規制庁事業放射性物質測定調査報告書, 2014., 9) S. Otosaka, *et al.*, *Environ. Monit. Assess.* **185**(7), p.5419-5433, 2013.