

49. 福島沖の海底土中の ^{137}Cs のシミュレーション

三角 和弘^{1*}・津旨 大輔¹・坪野 考樹¹・立田 穰¹・
青山 道夫²・小林 卓也³・廣瀬 勝己⁴

¹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)

²福島大学 環境放射能研究所 (〒960-1296 福島県福島市金谷川1番地)

³日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究センター (〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4)

⁴上智大学 理工学部物質生命理工学科 (〒101-8554 東京都千代田区紀尾井町7-1)

* E-mail: misumi@criepi.denken.or.jp

福島沖の海底土中の ^{137}Cs の時空間変化を数値シミュレーションにより再現した。モニタリングデータとの比較によりモデルの妥当性を検証したところ、モデルはモニタリングデータの平均値を良く再現し、時空間変化を6割程度説明できることがわかった。数値シミュレーションの結果から、海底土中の ^{137}Cs 濃度の時空間変化は高濃度の底層水の通過の履歴と、海底土の粒径分布に支配されていることがわかった。福島沖の海底土中の ^{137}Cs の総量の推定を行ったところ、 10^{14}Bq のオーダーであることが示唆された。

Key Words : cesium-137, sea-bed sediment, numerical simulation, Fukushima

1. はじめに

福島第一原子力発電所の事故により、海洋へ ^{137}Cs が放出された。発電所近傍の海水のモニタリング結果は、事故直後 10^8 Bq m^{-3} のオーダーであった海水中の ^{137}Cs 濃度が、事故後約一年で 10^3 Bq m^{-3} のオーダーまで低下したことを示した¹⁾。一方で、海底土中の ^{137}Cs は、事故後一年が経過しても高濃度で推移していることが知られており²⁾、その時空間変化を支配する要因を解明することが望まれている。本研究では、海底土中の ^{137}Cs の数値シミュレーションを行うことで、その時空間変化を支配する要因を調べた。

2. モデルと実験設定

海底土のモデルはPeriáñezのモデル³⁾を簡略化したものを用いた。海底土中の ^{137}Cs 濃度の時間変化は、海底土と底層水間の吸脱着と放射壊変のみにより決まるものとし、沈降粒子による供給、下層への埋没、海底土の再懸濁による再分配の影響は本研究では考慮しなかった。底層水の ^{137}Cs 濃度は、数値シミュレーションにより計算された事故後1年間結果⁴⁾を用い、オフライン計算により海底土

中の ^{137}Cs 濃度を推定した。計算領域は $35^{\circ}54'\text{N}$ - $40^{\circ}00'\text{N}$, $139^{\circ}54'\text{E}$ - $147^{\circ}00'\text{E}$ の水深が1000 mより浅い範囲とした。境界条件として与えた底層水の ^{137}Cs の濃度と海底土の ^{137}Cs の濃度はそれぞれモニタリングデータ^{2,5)}と比較した。

過去のモニタリング結果から、海底土中の ^{137}Cs は粒径が細かいほど濃度が高い傾向が知られている²⁾。本研究では福島沖の海底土の粒径分布をモデルに与えたシミュレーションを行い、考慮しない場合(粒径の平均値を一様に与えた)との比較を行った。

3. 結果と考察

最初に境界条件として用いた底層水の ^{137}Cs 濃度の再現性をモニタリングデータと比較した(図1)。底層水のモニタリングデータのほとんどは2011年9月以降のものであり、モデルの結果はそれを ± 1 オーダーの範囲で再現していることがわかった。

次に海底土のシミュレーション結果を比較したところ、モデルはモニタリングデータを概ね ± 1 オーダーの範囲で再現し(図2)、境界条件の不確実性を考えればモデルはデータを妥当に再現していると考えられた。また、Modeling Efficiency (MEF)⁶⁾を計算したところ、モデルはモ

Bottom water

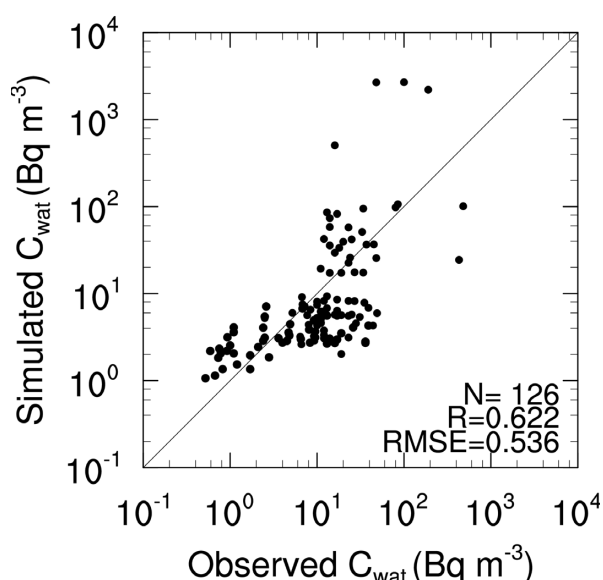


図1 底層水中の ^{137}Cs のモニタリングデータ（横軸）とシミュレーション結果（縦軸）の比較。

モニタリングデータの時空間変化を6割程度説明できていることがわかった(MEF = 0.58). 粒径分布を考慮したケースを考慮しないケースと比べたところ、相関係数、二乗平均誤差とも改善が見られた。

モニタリング結果との比較から、シミュレーション結果の信頼性が評価できたことから、計算領域全域に関して福島沖の海底土中の ^{137}Cs の時空間変化を考察した。その結果、福島沖の海底土中の ^{137}Cs の空間分布は、底層水の ^{137}Cs の通過の履歴と粒径分布に強く影響を受けており、大規模なパターンは事故後数ヶ月で決まっていることがわかった。さらに、 ^{137}Cs は鉍物に吸着すると脱着しにく

いために、海水中の濃度が下がっても海底土中の ^{137}Cs は下がりにくいということが示唆された。

福島沖の海底土中の ^{137}Cs の総量を海底土中の ^{137}Cs のモニタリングデータがある範囲で積算したところ、シミュレーションとモニタリングデータにより推定された総量は良く一致し、どちらも 10^{13} Bqのオーダーであった。シミュレーションの結果から、モニタリングデータが得られていない沿岸域（水深<30 mと定義）も総量の積算に加えたところ 10^{14} Bqのオーダーであると推定された。

5. おわりに

本研究では福島沖の海底土中の ^{137}Cs の再現計算を行い、その時空間変化の支配要因と、総量の推定を行った。海底土中の ^{137}Cs の時空間変化は、 ^{137}Cs を含む底層水の通過の履歴と、海底土の粒径分布により支配されていることが示唆された。また、鉍物粒子に一度吸着すると脱着しづらいことから、事故後数ヶ月のうちに大規模なパターンは形成され、その後は底層水の ^{137}Cs 濃度が低下しても高いまま維持されることが示唆された。福島沖の海底土中の ^{137}Cs は 10^{14} Bqのオーダーであると推定された。

参考文献

- 1) TEPCO (2012). Fukushima Nuclear Accidents Investigation Report.
- 2) Kusakabe, M., Oikawa, S., Takata, H., and Misonoo, J. Spatiotemporal distributions of Fukushima-derived radionuclides in nearby marine surface

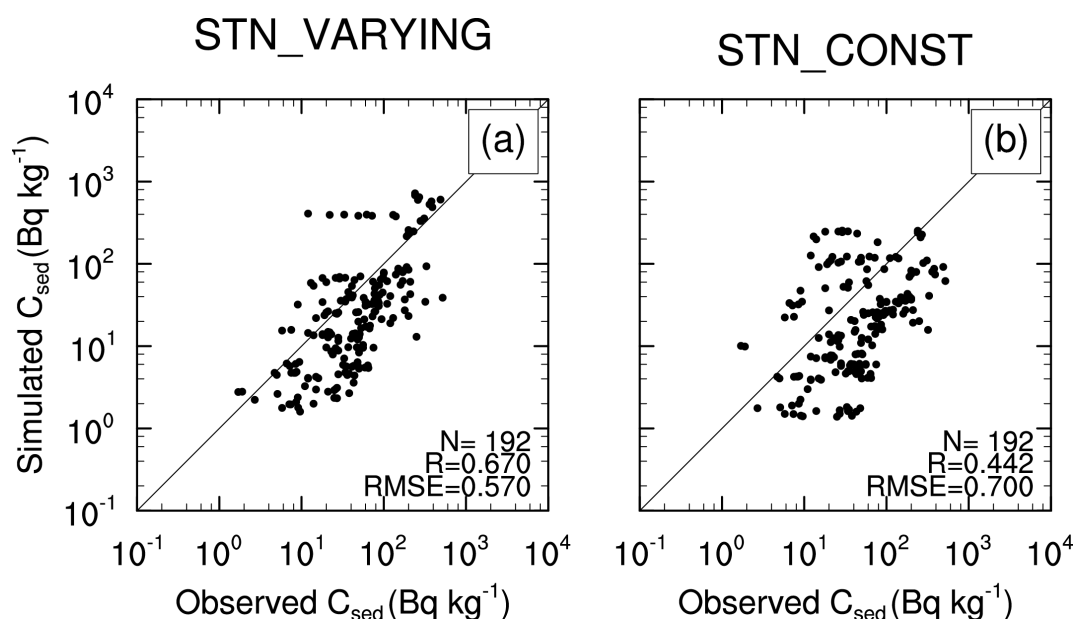


図2 海底土中の ^{137}Cs のモニタリングデータ（横軸）とシミュレーションの結果（縦軸）。(a) 粒径分布を考慮した場合、(b)しなかった場合（粒径の平均値を一様に与えた）。

- sediments. *Biogeosciences*, Vol. 10, pp. 5019-5030, doi: 10.5194/bg-10-5019-2013, 2013.
- 3) Periañez, R. A modelling study on ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ behaviour in the Alboran Sea, western Mediterranean. *J Environ Radioact*, Vol. 99, pp. 694-715, doi: 10.1016/j.jenvrad.2007.09.011, 2008.
- 4) Tsumune, D., Tsubono, T., Aoyama, M., Uematsu, M., Misumi, K., Maeda, Y., Yoshida, Y., and Hayami, H. One-year, regional-scale simulation of ^{137}Cs radioactivity in the ocean following the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *Biogeosciences*, Vol. 10, pp. 5601-5617, 2013.
- 5) Oikawa, S., Takata, H., Watabe, T., Misonoo, J., and Kusakabe, M. Distribution of the Fukushima-derived radionuclides in seawater in the Pacific off the coast of Miyagi, Fukushima, and Ibaraki Prefectures, Japan. *Biogeosciences*, Vol. 10, pp. 5031-5047, doi: 10.5194/bg-10-5031-2013, 2013.
- 6) Stow, C. A., Jolliff, J., McGillicuddy, D. J., Doney, S. C., Allen, J. I., Friedrichs, M. A. M., Rose, K. A., and Wallhead, P. Skill assessment for coupled biological/physical models of marine systems. *Journal of Marine Systems*, Vol. 76, pp. 4-15, doi: 10.1016/j.jmarsys.2008.03.011, 2009.