

福島第一原子力発電所事故によって海洋へ 直接漏洩した ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^3H の領域海洋 における長期挙動

津旨 大輔^{1*}・坪野 考樹¹・三角 和弘¹・
立田 穰¹・豊田 康嗣²・青山 道夫³

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電力中央研究所 地球工学研究所 (〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子1646)

³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)

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

福島第一原子力発電所事故によって放射性物質が海洋に放出された。 ^{137}Cs に加え、 ^{90}Sr と ^3H に対する直接漏洩率の推定を実施した。 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr と ^3H の直接漏洩率の時系列変化はそれぞれ異なっていた。 ^{90}Sr と ^3H の直接漏洩量は、 ^{137}Cs と比較し、それぞれ5%、0.07%と小さいことが分かった。

Key Words : Fukushima nuclear accident, Regional ocean model, ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^3H , Direct release

1. はじめに

東日本大震災と津波による東京電力福島第一原子力発電所の事故により、海洋へ放射性物質が漏洩した。海洋への主な供給過程としては大気からの降下と直接漏洩がある。 ^{137}Cs の北太平洋スケールの大気からの降下量の推定は行われているが(Tsubono et al., 2016)、領域海洋への降下量の推定においては不確実性が大きい。一方、 ^{137}Cs の直接漏洩率に関しては、事故後約4年半に分かって推定を検証が行われている。一方、 ^{90}Sr と ^3H に関しては観測データが十分でないため、事故後長期間にわたる推定は行われていなかった。直接漏洩が開始した2011年3月26日から海側遮水壁が閉合された2015年10月26日までを対象に、 ^{137}C 、 ^{90}Sr 、 ^3H の直接漏洩率の推定を行う。

2. 方法

沿岸海洋モデル (ROMS, Shchepetkin, and McWilliams, 2005) にトレーサ計算機能を組み込み (坪野ら, 2010)、福島沖合海域(35°54'N–40°00'N, 139°54'E–147°00'E)を対象に、水平解像度は 1km、鉛直方向は σ 座標系で 30 層とし、水深 1000m 以深は計算対象外とした。駆動力として、気象庁の GSM を気象モデル(WRF, Skamarock, et al., 2008) で 5km メッシュに内挿するシステム(NuWFS, 橋本ら, 2010)の結果を利用した。外洋域の流出境界条件として、JCOPE2(Miyazawa et al., 2009)による再解析データを用いた。さらに福島沖合の複雑な流況を再現するため、JCOPE2 の再解析データに対して Nudging を行った。計

算対象核種は ^{137}Cs とした。計算期間は 2011 年 3 月から 2015 年 9 月末とした。福島第一原子力発電所近傍の ^{137}Cs 濃度 (Bq m^{-3}) の観測値を、領域海洋モデル(ROMS)によって得られた単位漏洩率に対する放射性物質濃度 ($(\text{Bq m}^{-3})/(\text{Bq day}^{-1})$) で除することによって、 ^{137}Cs の直接漏洩率(Bq day^{-1})を推定する(津旨ら, 2012; Tsumune et al., 2012; 2013)。 ^{137}Cs の直接漏洩率の推定結果を基に、 ^{90}Sr と ^3H の放射能比を考慮することによって、 ^{90}Sr と ^3H の直接漏洩率を推定する。

3. 結果

初期の ^{137}Cs の直接漏洩率の推定結果は $2.2 \times 10^{14} \text{ Bq/day}$ であり、その後低下し $3.9 \times 10^9 \text{ Bq/day}$ となった。期間中の漏洩量は初期の再現結果の誤差も考慮し、 $3.6 \pm 0.7 \text{ PBq}$ と推定された。推定した直接漏洩率による ^{137}Cs 濃度の計算結果は、2013年、2014年、2015年の年間平均濃度において、観測結果とよい一致を示し、その誤差は約20%であった。 ^{90}Sr の直接漏洩率は、 $1.1 \times 10^{13} \text{ Bq/day}$ から $2.9 \times 10^9 \text{ Bq/day}$ まで低下したと推定された。期間中の漏洩量は、 ^{137}Cs と同じ誤差であるとする、 $210 \pm 42 \text{ TBq}$ と推定された。 ^3H の直接漏洩率は、 $1.9 \times 10^{12} \text{ Bq/day}$ から $3.8 \times 10^{10} \text{ Bq/day}$ まで低下したと推定された。期間中の漏洩量は、 ^{137}Cs と同じ誤差であるとする、 $190 \pm 38 \text{ TBq}$ と推定された。 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr と ^3H の直接漏洩率の時系列変化はそれぞれ異なっていた (図1)。また、 ^{90}Sr と ^3H の直接漏洩量は、 ^{137}Cs と比較し、それぞれ5%、0.07%と小さいことが

分かった。ただし ^{90}Sr と ^3H の誤差に関しては、他の観測データの解析を行い、より適切な誤差を推定する必要がある。直接漏洩率の推定結果を用いた沿岸海洋シミュレーションを行い、再現計算結果は観測結果と整合的であることを確認した。

4. おわりに

^{137}C 、 ^{90}Sr 、 ^3H の直接漏洩率の時系列変化および漏洩量の推定を行い、観測結果との比較から妥当であることを検証した。今後、他の観測結果との比較を行い、より適切な誤差の推定を行う。

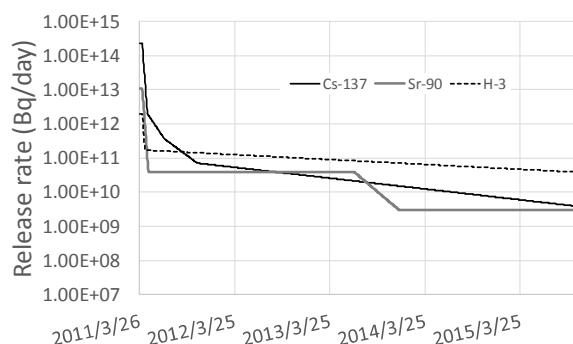


図1 ^{137}C 、 ^{90}Sr 、 ^3H の直接漏洩率の推定結果

謝辞：数値シミュレーションにおいて、(株)電力計算センターの田口富貴子氏、丹羽亮介氏、宮田かおり氏の協力を得た。

参考文献

- 坪野 考樹、津旨 大輔、三角 和弘、吉田 義勝 (2010) : 地域海洋モデル ROMS を用いた物質拡散の計算法、電力中央研究所報告書、V09040.
- 津旨 大輔、坪野 考樹、青山 道夫、廣瀬 勝巳 (2011) : 福島第一原子力発電所から漏洩した ^{137}Cs の海洋拡散シミュレーション、電力中央研究所報告

書、V11002.

- 橋本 篤、平口 博丸、豊田 康嗣、中屋 耕 (2010) : 温暖化に伴う日本の気候変化予測 (その1) -気象予測・解析システム NuWFAS の長期気候予測への適用-、電力中央研究所報告書、N10044.
- Miyazawa, Y., Zhang, R., Guo, X., Tamura, H., Ambe, D., Lee, J.-S., Okuno, A., Yoshinari, H., Setou, T., Komatsu, K. (2009) : Water mass variability in the western North Pacific detected in a 15-year eddy resolving ocean reanalysis, *Journal of Oceanography*, 65, 737-756.
- Skamarock, W. C., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D. O., Barker, D. M., Duda, M., Huang, H., Wang, W., Powers, J. G. (2008) : A description of the advanced research WRF version 3. NCAR Tech. Note NCAR/TN-475+STR, 113pp.
- Shchepetkin, A. F. and McWilliams, J. C. (2005) : The Regional Ocean Modeling System (ROMS): a split-explicit, free-surface, topography following coordinates oceanic model, *Ocean Modelling*, 9, 347-404. <https://www.myroms.org/>
- Tsubono, T., Misumi, K., Tsumune, D., Bryan, F. O., Hirose, K., Aoyama, M. (2016) : Evaluation of radioactive cesium Impact from Atmospheric Deposition and Direct Release Fluxes into the North Pacific from Fukushima Daiichi Nuclear Power Plants, Submitted to Deep Sea Research I, 115, 10-21.
- Tsumune, D., Tsubono, T., Aoyama, M., and Hirose, K. (2012) : Distribution of oceanic ^{137}Cs from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant simulated numerically by a regional ocean model, *Journal of Environmental Radioactivity*, 111, 100-108, 10.1016/j.jenvrad.2011.10.007.
- Tsumune, D., Tsubono, T., Aoyama, M., Uematsu, K., Misumi, Y., Maeda, Y., Yoshida, and H. Hayami (2013) : One-year, regional-scale simulation of ^{137}Cs radioactivity in the ocean following the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, *Biogeosciences*, 10, 5601-5617, doi:10.5194/bg-10-5601-2013.