

福島第一原子力発電所から漏洩した¹³⁷Csの海洋拡散シミュレーション

キーワード：領域海洋モデル，¹³⁷Cs，¹³¹I/¹³⁷Cs 放射能比，
福島第一原子力発電所事故，漏洩量

報告書番号：V11002

背景

2011年3月11日の東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所（以下、1F NPP）の事故により、環境中へ放射性物質が漏洩した。1F NPP は海洋に面しているため、大気からの降下だけでなく、海洋への直接的な漏洩もあり、海洋汚染や食物連鎖による海産物の汚染が懸念されている。東京電力や文部科学省においてモニタリングが継続されているが、海洋でのより詳細な現象解明が望まれている。

目的

福島沖を対象とした¹³⁷Csの海洋拡散シミュレーションを実施し、モニタリングデータとの組み合わせにより、直接漏洩量と海洋拡散現象を推定する。

主な成果

現象解明のため、半減期が長く物理的な挙動を追跡しやすい¹³⁷Csに着目し、高解像度（水平 1kmx1km）の領域海洋モデル（ROMS）^{注1}を用いた海洋拡散シミュレーションを実施し、以下の結果を得た。シミュレーションにおける外力条件として、リアルタイム気象モデル（NuWFA5）^{注2}の風応力・熱フラックスなどや海洋流動予測モデル（HYCOM）^{注3}の水温・塩分・海面高度などの結果を用いた。

1. 漏洩量の推定

大気からの降下と直接漏洩の影響を区別するための¹³¹I/¹³⁷Cs放射能比の解析^{注4}により、モニタリングで観測された高濃度の¹³⁷Csは直接漏洩の影響であると推定した。海洋拡散シミュレーションによって、¹³⁷Csの直接漏洩量を逆推定した結果、2011年3月26日から5月末までで 3.5 ± 0.7 PBqであった。

2. シミュレーション結果

シミュレーションは、1F NPPの南に位置する福島第二原子力発電所（2F NPP）のモニタリングで観測された4月5日の¹³⁷Csの急激な濃度変化をよく再現することができた（図1）。また、¹³⁷Csの沿岸に沿った南向きの輸送や、中規模渦による外洋への輸送過程をよく再現することができた（図2）。シミュレーション結果は、2011年4月中旬以降、本報告で対象としたすべてのモニタリング地点で濃度が減少に転じることを示唆した。

3. 過去の事故・事象との比較

海洋で過去最高の¹³⁷Cs濃度がモニタリングで観測されたが、漏洩量は大気圏核実験による海洋への供給量と比較して小さいため、北太平洋スケールの濃度増加は小さく、他の大洋における濃度増加は無視しうる程度であると推測された（表1）。

今後の展開

大気からの降下など他の漏洩経路を考慮し、より広範囲で長期間の海洋拡散現象や海底土への影響を解明する。

注1) 米国ラトガース大学において開発された領域海洋モデル (Regional Ocean modeling System)

注2) 電中研で開発された短期気象予測システム (Numerical Weather Forecasting and Analysis System)

注3) アメリカ海軍によって公開されている海の再解析結果 (HYbrid Coordinate Ocean Model)

注4) ^{131}I と ^{137}Cs は水中ではイオンとして存在し、水塊と同じ挙動をとるため、 $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は半減期 8 日の ^{131}I の減衰曲線上にプロットされる。一方、大気中では ^{131}I はガスと粒子、 ^{137}Cs は粒子の形態で存在し、ガスと粒子では輸送や降下の過程が異なるため、 $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は半減期 8 日の減衰曲線から外れ、ばらつく。

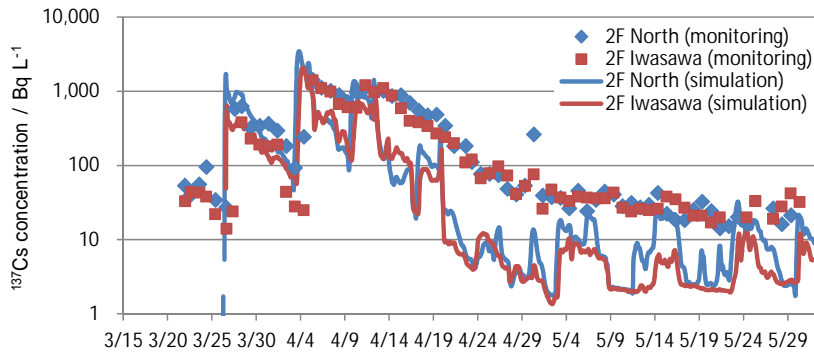


図1 2F NPP の北放水口 (1F NPP から 10km 南) と岩沢海岸 (1F NPP から 16km 南) における ^{137}Cs の表層濃度のモニタリング結果とシミュレーション結果
2011 年 4 月 5 日の濃度の急激な上昇を再現することができた。

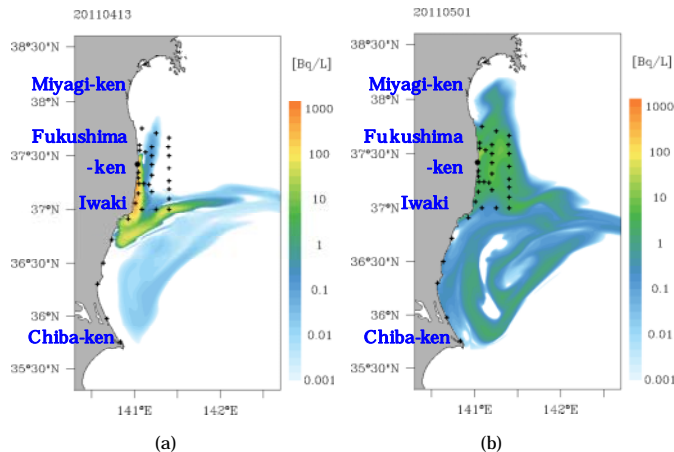


図2 表層 ^{137}Cs 濃度のシミュレーション結果

(a)4 月 13 日、
(b)5 月 1 日

漏洩した ^{137}Cs は沿岸に沿って南下した後、中規模渦によって外洋に運ばれる。最終的には黒潮によってさらに外洋に運ばれる。4 月中旬以降、濃度は減少に転じている。

表1 過去の事故、事象と福島事故による海洋への供給量と最大濃度の比較
最大濃度は大きい、供給量は大気圏核実験と比較すると少ない。

| 事故、事象 | 領域 | 海洋への供給量 (PBq) | 最大濃度 (Bq L ⁻¹) |
|--------------|---------|-----------------------------|-------------------------------|
| 大気圏核実験 | 北太平洋 | 290 (at 1970) ^{*1} | 0.08 |
| 大気圏核実験 | 北太平洋 | 150 (at 2003) ^{*1} | 0.08 |
| チェルノブイリ事故 | バルチック海 | - | 1.0 |
| セラフィールド再処理施設 | アイリッシュ海 | 41 | 200 |
| 福島 直接漏洩 | | 3.5 ± 0.7 | 68,000 |
| 福島 大気からの降下 | | 不明 ^{*2} | - |
| 福島 低レベル水計画放出 | | 0.000042 | - |

*1 対象年に対する崩壊の補正值 *2 大気への漏洩量は 15PBq と推定されており、その内の一部が海洋へ供給されたと考えられるが、割合は不明である。

| | |
|--------|--|
| 研究担当者 | 津旨 大輔 (環境科学研究所 大気・海洋環境領域) |
| 問い合わせ先 | (財)電力中央研究所 環境科学研究所 研究管理担当スタッフ Tel. 04-7182-1181(代) E-mail: esrl-rr-ml@criepi.denken.or.jp |

報告書の本冊 (PDF 版) は電中研ホームページ <http://criepi.denken.or.jp/> よりダウンロード可能です。

[非売品・無断転載を禁じる] ©財団法人電力中央研究所 平成23年10月発行

11 - 001