

放射性物質の 大気放出量推定と大気拡散解析

永井晴康、堅田元喜、寺田宏明、太田雅和、小林卓也
原子力基礎工学研究センター環境動態研究グループ

背景と目的

東京電力福島第一原子力発電所（1F）事故による環境影響や公衆の被ばく線量を評価する上で、放射性物質の大気への放出量と拡散状況を明らかにすることは重要である。原子力基礎工学研究センター環境動態研究グループでは、環境モニタリングデータと緊急時大気拡散予測システムWSPEEDIを用いた大気拡散シミュレーションに基づき、放射性ヨウ素とセシウムの大気放出量推定と大気拡散解析を行ってきた（参考文献1~4）。この大気放出率の推定値（図1：参考文献4）は、国連科学委員会（UNSCEAR）の報告書（参考文献5）において、環境モニタリング結果に即した放出源情報として大気拡散解析に利用され、放射性物質の濃度分布及び線量評価に活用された。さらに、海洋中放射性核種移行モデルSEA-GEARNを用いた海洋拡散シミュレーション結果から、大気放出量の補正を試みた（参考文献6）。

本研究では、これまでの研究で問題となっていたWSPEEDIの放射性物質の沈着スキームの改良、新たに公表された環境データの利用、及び大気・海洋拡散結合シミュレーションによって、放射性物質の放出量再推定を行った（参考文献7）。

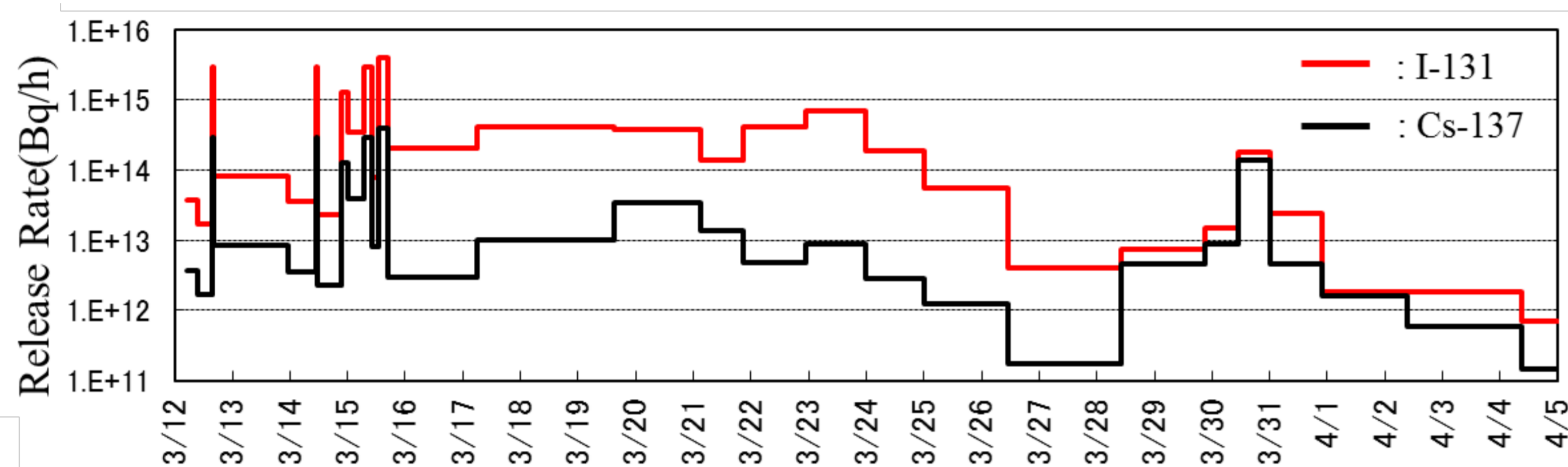


図1 UNSCEAR 2013報告書で放出源情報として採用された大気放出率の推定値（参考文献4）

方法

WSPEEDIに含まれるラグランジュ型粒子拡散モデルGEARNについて、乾性・湿性沈着スキームの精緻化、霧（雲）沈着の導入、粒子状・ガス状ヨウ素（ I_2 , CH_3I ）の区別等の改良を行った。このシステムを福島第一原発の周辺領域、東日本域、太平洋域の大気拡散解析に適用した。また、太平洋域における海洋への放射性セシウム沈着量の計算結果を、SEA-GEARNへの入力データとして用いた。両モデルを用いて、単位放出率（1 Bq h⁻¹）の大気放出を仮定した放射性核種の拡散計算を実施し、陸上の空間線量率、大気中濃度、放射性セシウムの表層海水中濃度の測定値と計算値を比較することにより、大気への放出量を逆推定法で再推定した（図2）。

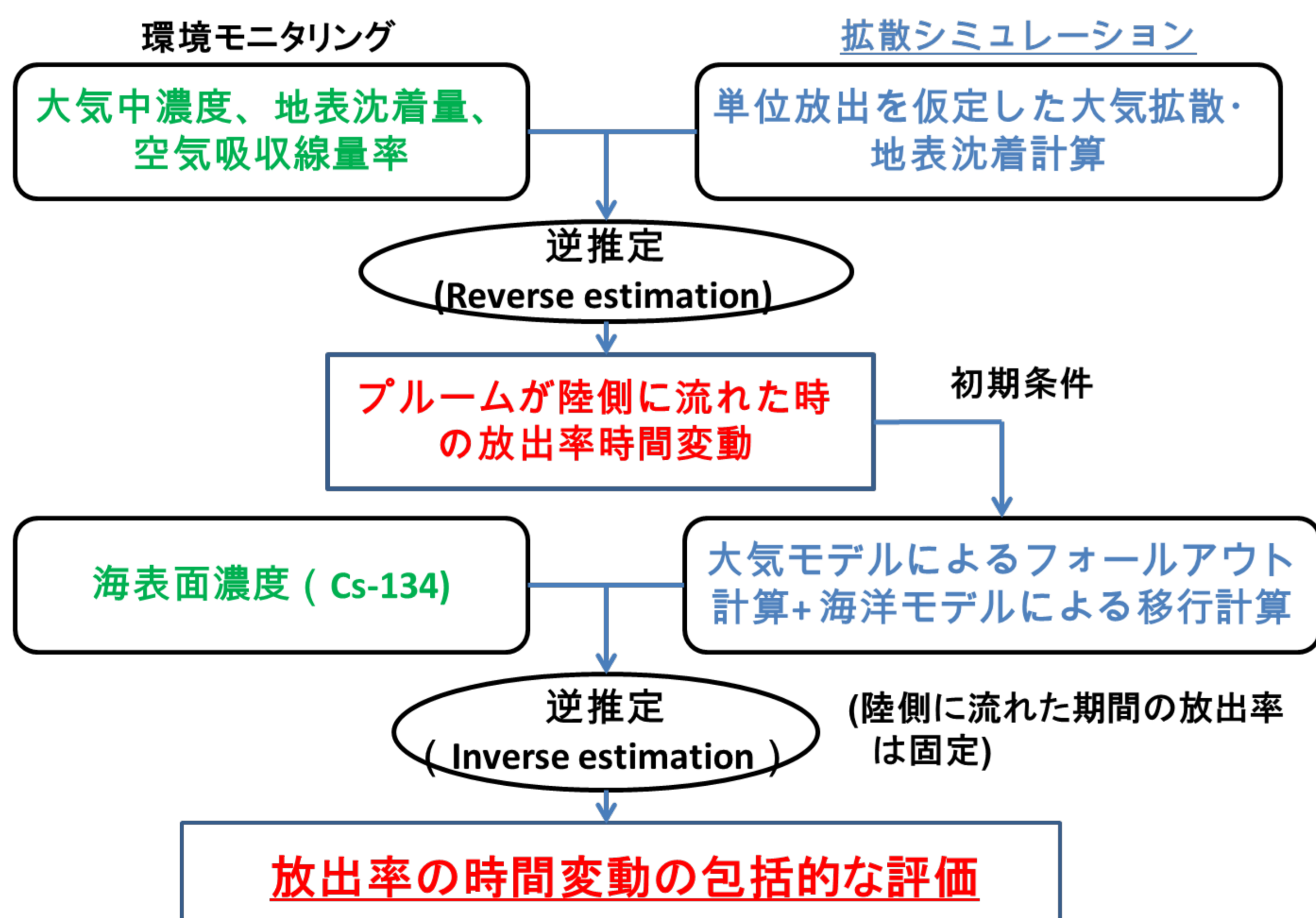


図2 大気放出率の推定フロー

結果と考察

推定結果（図3）は、これまでの推定結果（図1：参考文献4）と以下の相違があった。

- 3月12日14時からの1号機でのベント操作による放出率を再推定した。1時間程度の放出であり、放出量は、その直後（15時36分）に発生した水素爆発による放出量と同オーダーであったと推定された。
- 3月13日午前中の3号機でのベントによる放出量を、海洋データと大気・海洋モデルにより推定した。これまでの数値より若干、放出量は増加した。
- これまでほぼ連続的と推定していた2号機からと思われる放出が、3回のピーク（21:00, 23:00（3/14）、01:00（3/15））を持つことが推定された。
- 主要な放出は、15日の午前7時から11時くらい、午後6時から16日午前1時くらい、16日の午前9時から11時くらいに起きたと推定された。2回目の放出開始時刻はこれまでの推定より5時間程度遅く、3回目の放出は新たな推定である。
- 2回目の大量放出は他に比べてI-131/Cs-137比が大きいと推定された。

この推定放出量を用いた大気拡散計算によって、航空サーベイによる放射性ヨウ素・セシウム沈着量分布が良好に再現された（図4）。

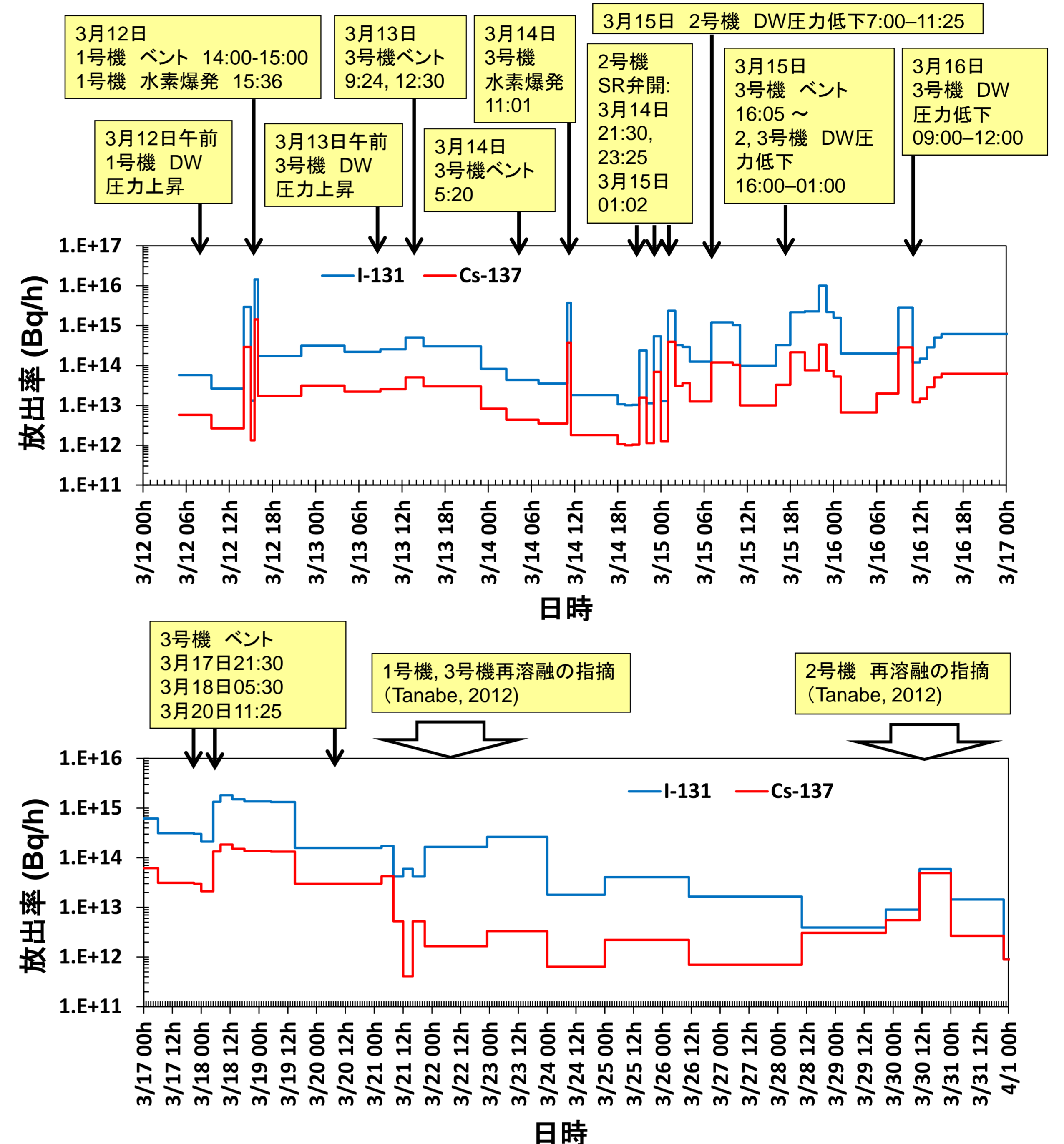


図3 大気放出率の再推定値（参考文献7）とプラント事象との関連

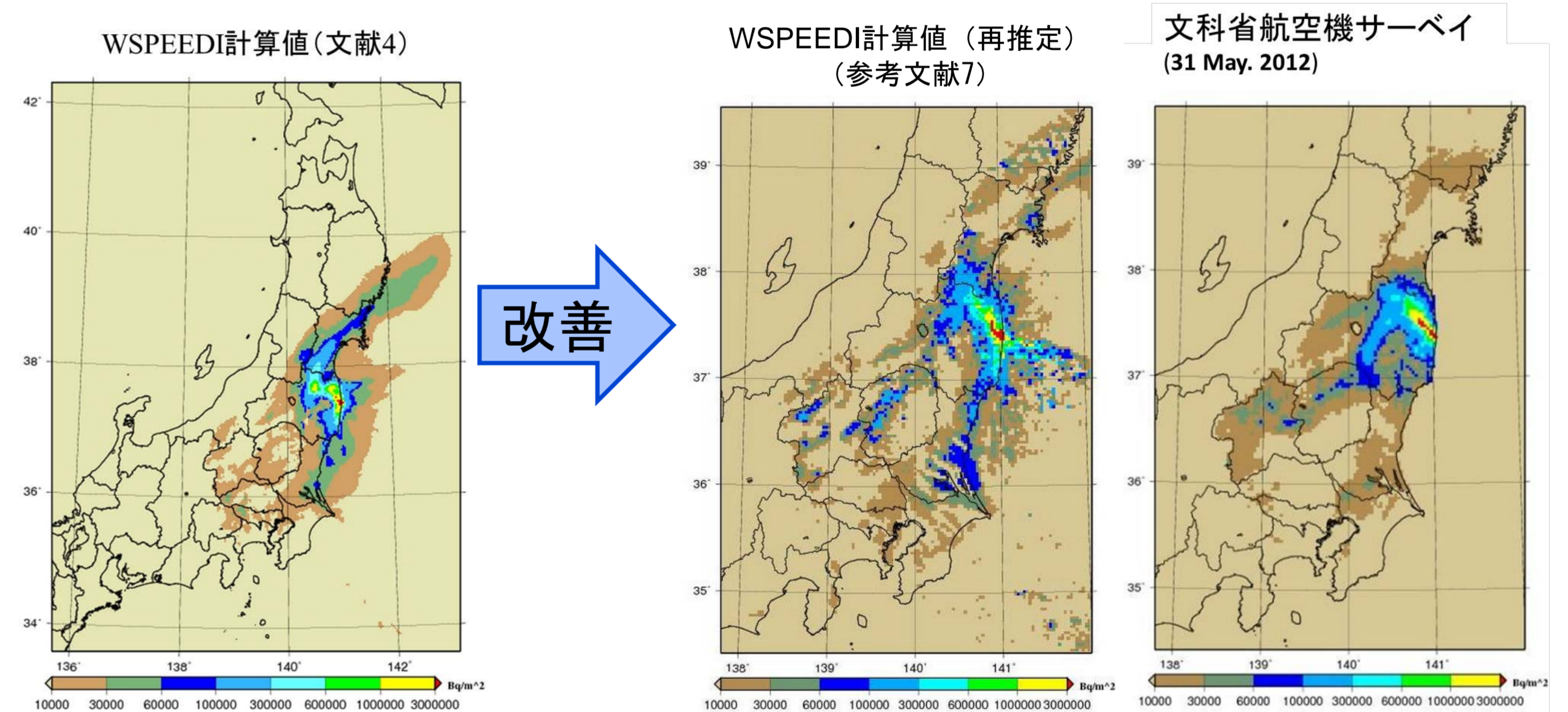


図4 ¹³⁷Cs沈着量分布の再現

今後の計画

本放出率推定結果は、環境省の平成26年度原子力災害影響調査等事業（放射線の健康影響に係る研究調査事業）のうち、事故後の住民の被ばく線量の包括的な把握に関する研究「東京電力福島第一原子力発電事故における住民の線量評価に関する包括研究」の分担研究「ソースタームの評価と大気拡散シミュレーション」（ポスター2-(11)参照）に活用する。また、新たに公表された環境モニタリングデータ「平成25年度放射性物質測定調査委託費（浮遊粒子測定用テープ紙の放射性物質による大気中放射性物質濃度把握）事業」を用いた推定放出率の評価及び再推定を実施する。さらに、本研究で得られた知見に基づき、WSPEEDIの機能拡張として、放出源情報が得られない場合でも、測定データ等から放射性物質の放出量と時空間分布を再現することが可能な拡散過程再構築システムの開発を進める。これにより、1Fの詳細な環境汚染解析と被ばく評価、及び今後の原子力施設等の緊急時対応に資する。

参考文献

1. M. Chino, H. Nakayama, H. Nagai, H. Terada, G. Katata, H. Yamazawa; J. Nucl. Sci. Technol., Vol.48, p.1129-1134 (2011)
2. G. Katata, M. Ota, H. Terada, M. Chino, H. Nagai; Vol.109, p.103-113 (2012)
3. G. Katata, H. Terada, H. Nagai, M. Chino; J. Environ. Radioactiv., Vol.111, p.2-12 (2012)
4. H. Terada, G. Katata, M. Chino, H. Nagai; J. Environ. Radioactiv., Vol.112, p.141-154 (2012)
5. UNSCEAR: Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2013 Report to the General Assembly with Scientific Annexes Volume I Scientific Annex A, United Nations, New York (2014)
6. T. Kobayashi, H. Nagai, M. Chino, H. Kawamura; J. Nucl. Sci. Technol., Vol.50, p.255-264 (2013)
7. G. Katata, M. Chino, T. Kobayashi, H. Terada, M. Ota, H. Nagai, M. Kajino, R. Draxler, M. C. Hort, A. Malo, T. Torii, and Y. Sanada; Atmos. Chem. Phys., Vol.15, p.1029-1070 (2015)