

マルチスケール大気拡散計算とベイズ推定に基づく放出源情報推定手法の開発

Development of a source term estimation method based on Bayesian inference with multi-scale atmospheric dispersion simulations

*寺田 宏明¹, 永井 晴康¹, 都築 克紀¹, 門脇 正尚¹, 古野 朗子¹

¹原子力機構

原子力事故等において大気中に放出される放射性物質の放出源情報を、空間スケールの異なる大気拡散計算と様々な種類の環境測定値の総合的比較により逆推定する手法を開発した。本手法を福島第一原子力発電所事故に適用して既往研究による放出率の最適化を行い、有効性を検証した。

キーワード：放出源情報，ベイズ推定，大気拡散，数値シミュレーション，福島第一原子力発電所事故，WSPEEDI

1. 緒言

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所（1F）事故に対し、大気拡散計算を用いた放出源情報の推定が多数取り組まれてきたが、異なる空間スケール（局地～全球）の拡散計算と環境測定データ（大気中濃度、地表沈着量、空間線量率など）を用いて推定された放出源情報には相互に乖離があるという問題がある。そこで本研究では、複数の空間スケールの大気拡散計算と種々の環境測定データの総合的な比較による放出源情報の逆推定手法の開発に取り組んでいる。

2. 推定手法の概要

本研究では、CO₂ 放出量推定手法を参考にベイズ推定による放出率最適化手法を導入した。この手法では、放出率時系列の事前推定値からの修正量と、拡散計算結果と測定値の偏差で定義されるコスト関数が最小になるように、放出率事前推定値、拡散計算及び測定値の不確実性を考慮して放出率を求める。ベイズ推定で使用する測定値ベクトルとソース・レセプター行列（拡散計算出力から作成）には、時間、地点、種類が異なる測定値と計算条件の異なる拡散計算結果を各行列の構成要素として混在可能である。そこで、空間スケールの異なる範囲で得られた様々な環境測定データから作成した測定値ベクトルと、領域や解像度が異なる拡散計算から作成したソース・レセプター行列をベイズ推定で用いることで、複数の空間スケールの拡散計算が様々な環境測定データを総合的に再現するように放出率を最適化することを可能とした。

3. 1F 事故への適用

本手法を 1F 事故時の ¹³⁷Cs 放出率推移の最適化に適用した。拡散計算には、原子力機構が開発した WSPEEDI-DB を使用した。気象場は米国大気研究センター開発の大気力学モデル WRF により計算した。これを入力として、ラグランジュ型拡散モデル GEARN により 2011 年 3 月 12～31 日を一定の放出期間（1 h）で分割して全期間について単位放出（1 Bq h⁻¹）拡散計算を行い、ソース・レセプター行列のための大気中濃度と沈着量のデータベースを作成した。これを、1F 周辺 190 km 四方（1 km 解像度）、東日本 570 km 四方（3 km 解像度）、北半球 16,500 km 四方（54 km 解像度）について作成した。環境測定データは、福島県・関東におけるダストサンプリング濃度、航空機サーベイ沈着量、日降下量、大気汚染測定局浮遊粒子状物質（SPM）分析濃度、茨城県モニタリングステーション NaI 波高分布解析濃度、包括的核実験禁止条約機関や欧州放射能観測網による大気中濃度等を使用した。この条件で、従来研究でベイズ推定を用いず領域スケールのデータのみから推定された放出率を最適化したところ、拡散計算の再現性向上を確認した。謝辞：本研究は（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20181002）の支援を受けています。

*Hiroaki Terada¹, Haruyasu Nagai¹, Katsunori Tsuduki¹, Masanao Kadowaki¹, Akiko Furuno¹

¹Japan Atomic Energy Agency