

大気放出された放射性核種の濃度分布と放出量を γ 線画像から推定する手法開発

(4) 推定手法の試作

Development of an estimation method of concentration distribution and release amount of radionuclide discharged to the atmosphere using gamma-ray imaging: (4) A prototype of estimation method

*永井 晴康¹, 古田 禄大², 佐藤 大樹¹, 中山 浩成¹

¹原子力機構, ²クリアパルス

大気拡散計算と放射線計測を融合して大気放出された放射性核種の濃度分布と放出量を推定する手法の開発を進めている。 γ 線画像から濃度分布を推定する手法を試作し、簡易拡散計算結果を用いた試験を実施した。

キーワード：大気拡散計算，放射線計測，放射性核種濃度分布，放出量推定， γ 線画像

1. 緒言

原子力機構では、放射性物質の大気拡散予測の信頼性を向上するための研究開発として、大気拡散計算と放射線計測を融合して大気放出された放射性核種の濃度分布と放出量を推定する手法の開発を進めている。放射線計測技術としては、京都大学が新規開発した電子飛跡検出型コンプトンカメラ (ETCC) [1]を用いる。ETCC により得られる γ 線の定量的画像 (入射角度分布) は放射性核種ごとにその量と方向分布を特定できることから、複数箇所で測定された γ 線画像の組み合わせから大気中の放射性物質の核種ごとの3次元濃度分布を一定の時間間隔 (数分) で再構成するとともに、時間間隔ごとの濃度増加量から放出量も推定することを目指している。手法開発は、原子力機構が開発した高分解能大気拡散予測コード LOHDIM-LES[2]と放射線輸送計算コード PHITS[3]を活用し、シミュレーションベースで実施している。これまでに、LOHDIM-LESを用いた気流・拡散計算による大気中核種濃度分布の生成 (本シリーズ発表 (2))、任意の大気中核種分布から γ 線画像データを計算する応答関数の構築と PHITS 計算との比較による確認 (同 (3)) を行った。本発表では、 γ 線画像データから応答関数行列を逆解析し濃度分布を復元する手法の試作と試験結果を報告する。

2. 推定手法の試作と試験

γ 線画像データから応答関数行列を逆解析し濃度分布を復元するには、 γ 線画像データ数を大気中核種濃度分布の3次元格子数に合わせる必要がある。しかし、3次元の濃度格子数に対して、2次元の γ 線画像データ数 (ETCC の視野 100 度×100 度、角分解能 5~10 度程度) に限界があり、通常は解析不能である。そこで、風速場観測に基づく簡易拡散計算結果を先験情報としたベイズ推計による問題の解決法を検討し、次の手順による解析手法を試作した。まず、放出開始後 1 分間の放出核種について、 γ 線画像データから応答関数行列を逆解析して大気中濃度分布と放出量を推定する。次に、その大気中濃度分布を初期状態として拡散計算を行い、放出開始 2 分後の大気中濃度分布に対して γ 線画像推定値を作成する。この γ 線画像推定値と実際の γ 線画像測定値の差分を求め、放出開始 1 分後から 1 分間に放出された放射性核種に対する γ 線画像データと考え、それに対する大気中濃度分布と放出量を逆推定する。この大気中濃度分布と前 1 分間の放出に対して拡散計算で求めた大気中濃度分布を合成することにより、放出開始 2 分後の大気中濃度分布を再構築する。2 分後以降は、この手順を繰り返す。試験解析の結果、先験情報となる簡易拡散計算結果で放射性プルームの拡散方向が再現できていれば、高濃度域の濃度分布及び放出量を良好に再現できることを確認した。

参考文献

[1] T. Tanimori, et al., Scientific Reports 7, 41511 (2017). [2] H. Nakayama, et al., J. Nucl. Sci. Technol. <https://doi.org/10.1080/00223131.2021.1894256> (2021). [3] T. Sato et al., J. Nucl. Sci. Technol. 55, 684-690 (2018).

*NAGAI Haruyasu¹, FURUTA Yoshihiro², SATOH Daiki¹ and NAKAYAMA Hiromasa¹

¹Japan Atomic Energy Agency, ²CLEAR-PULSE Co., LTD.