

福島原子力発電所事故により汚染された土壤中放射性セシウムの深度分布の変遷に基づく収着と整合的な拡散係数の解析と深度分布の将来予測

Analysis of Diffusion Coefficient Consistent with Sorption Based on Evolution of Depth Distribution of Radiocaesium in Soil Contaminated by the Fukushima Nuclear Accident and Future Prediction of Depth Distribution

*佐藤 治夫¹, 千頭 拓也^{1,2}

¹ 岡山大学院, ² 大阪航空局

福島原発事故により汚染した土壤中の放射性 Cs (Cs-134, 137) の深度分布の変遷に基づいて、バッチ実験からの収着分配係数 (K_D) と整合的な見掛けの拡散係数 (D_a) を算出すると共に、算出した D_a を用いて、事故から最大 30 年後までの深度分布を解析した。

キーワード: 福島原子力発電所事故, セシウム, 拡散, 深度分布, 将来予測

1. 緒言

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災により福島第一原子力発電所事故が発生し、放出された放射性物質により福島県を中心に土壤や森林等が汚染された。除染活動が本格化する中で、面積の 7 割を占める森林は主な未除染域となっていることから、放射性物質の供給源となり得るものの、森林外への移動は少ないことが知られている。しかしながら、住民帰還の判断や帰還後の地域産業の再生等を考える上で放射性物質の移動・再分布に伴う放射線量率の分布と変遷の予測評価は重要である。今や線量率を支配しているのは放射性 Cs であることから、Cs の挙動が重要である。Cs は土壤や樹木等に沈着後、一部は地表面から深部へ移動し、また一部は土壤粒子等に収着し雨水等の流水と共に移動する。これらの移動には収着脱着プロセスが深く関与している。著者らは以前の発表で、バッチ実験からと濃度分布から得られる K_D との間には大きな乖離が見られたことから、濃度分布の変遷に基づいた、バッチ実験から得られる K_D と整合的な D_a を解析する手法について報告した^[1]。本発表では、新しく濃度分布の変遷に基づいて算出した K_D と整合的な D_a を用いて、事故から最大 30 年程度までの深度分布を解析した。

2. 解析方法・条件

濃度分布は放射線の減衰を考慮した Fick の法則に基づいて解析した。初期に地表面に沈着した有限量の放射性 Cs は深部へ拡散することから、薄膜拡散源を条件として解析した。 D_a は事故から 1 年までの濃度分布の変遷に基づいて求めたことから、濃度分布の解析は 1 年までは従来の D_a に基づいて、それ以降は濃度分布の変遷に基づいて得られた D_a により解析した。このように、一連の解析は 2 段階で行い、1 年後までの濃度分布の解析結果を入力値とし、それ以降の解析を行うことから、数値解析 (差分法) により行った。解析は、二本松市、川俣町、浪江町の調査地点 11 の内、 D_a を算出できた 9 地点について実施した。離散化した 1 次元拡散方程式を(1)式に示す。

$$\frac{C_j^{i+1} - C_j^i}{\Delta t} = D_a \frac{C_{j+1}^i - 2C_j^i + C_{j-1}^i}{(\Delta x)^2} - \lambda C_j^i \quad (1)$$

ここで、

$$C_j^i = C(t_i, x_j), t_i = i\Delta t, x_j = j\Delta x, i = 1, 2, 3, \dots, j = 1, 2, 3, \dots$$

C : 濃度, t : 時間, x : 距離, Δ : 刻み, λ : 壊変定数

時刻 t_i に対する距離 x_j における濃度 C_j^i は、(1)式に初期及び境界条件を適用して前進的に計算することができる。

3. 結果・考察

図 1 に Cs-134 の濃度分布の変遷の計算例 (浪江町昼曾根) を示す。1 年後以降、30 年後まで、濃度分布に大きな変化は見られないが、濃度は大きく減少している。同様に、Cs-137 の濃度分布にも大きな変化は見られないが、時間に対して濃度は殆ど減少していない。両者の違いは、Cs-134 の半減期が約 2 年と短いことによる。これらのことから、深部への Cs の移動は極めて遅く、今尚多くの割合の Cs が土壤表層付近に存在する事実とも整合する。

参考文献

[1] 佐藤治夫 他:原子力学会「2015 年春の年会」, L40, p.526(2015).

*Haruo Sato¹ and Takuya Chikami^{1,2}

¹Okayama Univ., ²West Japan Civil Aviation Bureau

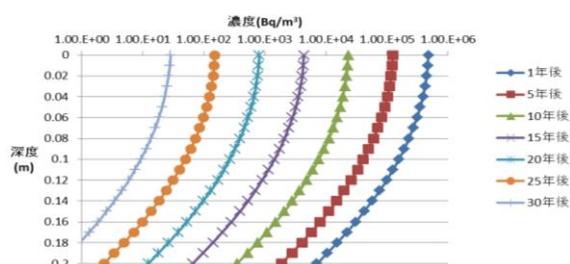


図 1 Cs-134 の濃度分布の変遷の計算例 (浪江町昼曾根)