

移流拡散による土壤中放射性核種の下方浸透のモデル化と濃度予測 Modeling of downward percolation and prediction of concentration of the radionuclide in soil by ADE

岡 宏樹^{1*}; 羽田野 祐子¹; 山本 昌宏²
OKA, Hiroki^{1*}; HATANO, Yuko¹; YAMAMOTO, Masahiro²

¹ 筑波大学大学院システム情報工学研究科, ² 東京大学大学院数理科学研究科

¹Faculty of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba, ²Graduate School of Mathematical Sciences, the University of Tokyo

2011年3月11日に福島第一原子力発電所において発生した事故により、周辺環境が放射性物質により汚染される被害が発生した。地表面へ付着したCs-137は土壤中に潜り込み下方へ浸透していく。原子力事故由来の放射性核種の地中移行は研究され続けており、代表的なモデルとして Walling and He らによって移流拡散方程式 (ADE) が提案されている。このモデルは他のモデルに比べ単純だということもあり現在最も用いられている一方で、土壌といった多孔質媒体中の移行モデルは移流拡散方程式だけでは表現しきれないという事例の報告もある。これは各土地の土壌特性の違いが放射性核種の下方浸透に影響を及ぼしていることが原因だと考えられるが、このような様々な環境要因の複雑なプロセスを全て考慮してモデル化を行うことは非常に労力を要する。そこで本研究ではそのようなモデルとは異なる立場に立ち、最も用いられている Walling and He らの移流拡散モデル (以降、ADE モデル) の改善を行うことによって、より汎用性の高いモデルを提案する。

この ADE モデルは境界条件に Robin 境界条件を用いており、ディリクレやノイマンといった境界条件に比べより一般的な解析解を導出している。Robin 境界条件とは境界面での放射性核種の流入出は起こらないとしたものである。この ADE モデルは濃度の総量を一定に保ちながら下方浸透していくモデルである。しかしながら、実際現象で地表面での流入出が全く起こらないというのは考えがたい。ゆえに本研究ではこの Robin 境界条件に着目し、ADE モデルの改善を行う。支配方程式に移流拡散方程式を設定し解析解を導出するが、このとき境界条件に一般化した Robin 境界条件を用いる。これにより上記の ADE モデルに加え、地表面での流入出も考慮している移流拡散モデル (新 ADE モデル) を導出する。この新 ADE モデルの妥当性を検証するために福島県土壤中の放射性セシウム濃度データとのフィッティングも行うが、モデルはデータを良く追従する。ゆえに提案した新 ADE モデルは、地表面での流入出も含む土壤中放射性核種の下方浸透モデルとして確立できる。

キーワード: 移流拡散方程式, 土壤中下方浸透, 福島第一原発事故, 放射性セシウム

Keywords: Advection Diffusion Equation, Downward percolation in soil, The accident at the Fukushima First Nuclear Power Plant, Radioactive Cesium