

氏名	市毛 裕之		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博 甲 第 8356 号		
学位授与年月日	平成 29年 9月 25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	セシウムの時空間動態を記述するための数理モデルの改良と予測		
主査	筑波大学 教授	博士(工学)	羽田野 祐子
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	岡島 敬一
副査	筑波大学 教授	工学博士	京藤 敏達
副査	筑波大学 教授	工学博士	武若 聡
副査	筑波大学 名誉教授	工学博士	金野 秀敏

論文の要旨

本論文は、福島事故により放出されたセシウムの環境中の濃度を長期にわたって予測できるモデルに関するものである。従来の研究との重要な違いは以下の3点である。

(1) 大気中の濃度揺らぎの性質を使って、データを外挿し、今後数年にわたるセシウムによる内部被曝量のリスクを、(平均値)±(標準偏差)の形で示すことができるようになった。用いた手法は、Ornstein-Uhlenbeck 過程の確率微分方程式であり、申請者はその解析解を求めたことによる。この結果は従来の研究手法では不可能である。

(2) 空間線量率(いわゆる毎時シーベルト)について、放射性核種の土壌中への鉛直浸透深さが強く影響することを示し、地中濃度から地表における線量率の換算を行った。換算手法は ICRP により確立されたものであるが、鉛直浸透の式の改良を行なった。モデルとしては一般的な移流分散方程式を用い、地表での境界条件をノイマン型からロバン型へと変更し、従来の解析解を包含するより一般的な形での鉛直浸透の解析解を示した。

(3) フラクショナル微分を用いたモデルの開発を行なった。従来の多孔質中の物質移動に関しては、移流分散方程式を使った予測は長期的には実測値と乖離していくことが知られている。福島県内の土壌中濃度の推移もやはり、移流分散方程式との乖離が確認されている。この点を改良する目的で、移流分散方程式の分散項を、空間2階微分からフラクショナルな微分へと変更し、乖離を少なくするモデルを開発した。ただし、実用的には(2)の手法でおおよそ問題ないことを確認した。

審査の要旨

【批評】

本論文の中で、おそらく最も影響が大きいと思われるのは上記(2)の内容である。放射性核種の地中への鉛直浸透については He-Walling の式(1996)と呼ばれる解析解が長く使われており、福島の中セシウムの実測に関する論文では、ほぼ例外なくこの式との比較が行われている。今回の変更は、He-Walling の式を含む、より一般的な形での解析解を示したことになり、大きい変更である。今回の結果により、地表流出(鉛直浸透でない、横方向の流れ)の効果を入れることができるようになった。福島事故の実測を行う研究者からも、モデルにおいて地表流出の影響を考慮すべきとの意見がよく出されており、その要望に対応できるモデルを提示したことになる。社会的な有用性については明らかであり、論文の図に示されているように福島県内外の50地点における空間線量率の予測を、非常に高い精度で成功させている。この成果を受け、当研究室ではホームページ上で呼びかけ、一般の人への空間線量率の予測値の提供を開始している。

また上記(1)の内容については、内部被曝のリスクを算定するという実用上の効用があり、すでに数件、他研究者により引用されている。濃度ゆらぎを確率過程とみなしてリスクの幅を推定するという試みはこれまでほとんど行われてこなかったため、用いる確率モデルはシンプルであるが、その新しい着眼が高く評価できる。

上記(3)の内容については、「フラクショナル微分は空間線量率評価においては、実用上それほど重要ではない」という結果になったが、新規なモデルを積極的に取り入れ、最速の数値計算スキームを調査研究し、実際のコーディングを行なった点は評価できる。

以上のように、本論文は学会において重要な成果、かつ社会的に有意義な結果を出しており、博士論文として十分な内容を有しているものと認められる。

【最終試験の結果】

平成 29 年 8 月 4 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。この結果とリスク工学専攻における達成度評価による結果に基づき、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。