

氏名	櫻井 哲史
所属	都市環境科学研究科 都市環境科学専攻 環境応用化学域
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	都市環境博 第 320 号
学位授与の日付	令和 3 年 9 月 30 日
課程・論文の別	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題名	森林における放射性物質動態の時空間解析
論文審査委員	主査 准教授 加藤 俊吾 委員 准教授 中嶋 秀 委員 准教授 山登 正文 委員 教授 河西 奈保子

【論文の内容の要旨】

日本の林業は、2011 年 3 月に発生した東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故で放出された放射性物質により、これまでに経験したことがない影響を受けた。将来の森林資源の安全な活用に向けて、汚染状況や放射性物質の動態の把握が必要であるが、汚染の空間的”ばらつき”の要因や森林における放射性物質の動態には不明な点が多い。今後の研究においては、空間スケールや時系列を考慮した放射性物質の動態の把握が重要となる。さらに、汚染濃度を反映する空間線量率の測定値の”ばらつき”を考慮するとともに、その”ばらつき”が生じた要因について検討することが必要である。本研究では、①異なる空間スケールで放射性物質の環境動態の解析を行い、②空間線量率の時間変化とその”ばらつき”の要因を明らかにし、③得られた成果を森林の放射性物質調査ならびに将来の森林資源の利用に資することを目的とした。

本論文は 6 章から構成され、第 1 章と第 6 章は本論文の序論と結論である。①について第 2 章で樹種の異なる森林、第 3 章でスギの樹形と汚染の関係、第 4 章でスギ幹内での放射性セシウム(Cs)濃度の季節変動を検討した。②について第 5 章で観測誤差を考慮した階層ベイズモデルを用いた空間線量率の時系列解析を行った。結論ではこれらの検討を基に③について述べた。

第 2 章は、原発事故初期における森林の空間線量率の平面分布の不均質性を、郡山市の福島県林業研究センターを対象に、採種園・採穂園、スギ林分、アカマツ・落葉広葉樹林分に定点を設け、2011 年 6 月から 11 月にかけて測定した高さ 0.1、1.0 m の空間線量率に対する地形と森林植生の関係及び経時変化を統計的に解析した。2011 年 6 月の空間線量率は植生と関連し、森林植生間における空間線量率は、採種園・採穂園、アカマツ・落葉広

葉樹林分、スギ林分の順に大きかった。これは林冠による放射性物質の捕捉が高さ 0.1、1.0 m で測定された空間線量率に影響することを示唆した。また、2011 年の空間線量率の減少傾向は、森林植生ごとに異なった。採種園・採穂園は物理的減衰よりも早く低下し、高木が優占するスギ林分やアカマツ・落葉広葉樹林分では、物理的減衰と同程度の経時変化が観察された。空間線量率の経時変化はフォールアウト時に沈着した放射性物質の林冠による捕捉とその後の林冠から林床への移行や土壌の下方浸透に関連している可能性を示唆した。

第 3 章は、同一林分におけるスギ材部の放射性 Cs 濃度の個体差とその要因を、初期汚染過程における樹冠による捕捉と樹幹内の移行過程動態の仮説に基づき、これらに関連するパラメータと材部の Cs 濃度の関係を統計的に解析した。二本松市の 35 年生のスギ人工林で 2013 年 3 月に 36 本を伐倒し、約 1m の高さの円盤から辺材、心材ごとにサンプルを採取し、乾燥重量あたりの Cs 濃度を測定した。材部の Cs 濃度は、樹冠による捕捉量と材内部の移行に影響されることが示唆された。同一林分内における幹材部の Cs 濃度の個体差には、初期沈着量や樹幹内の移行過程が関与している可能性が示唆された。したがって、樹体内に取り込まれた Cs は幹内部で上部から下部に、または辺材から心材に移行するとともに、一定時間経過後も初期沈着量に影響される可能性が示唆された。

第 4 章は、スギの幹内における放射性 Cs 濃度の季節変化を、樹木に設置した小型放射線線量計を用いて非破壊的に計測し、別途標本木からの経年的な採取により得た内樹皮の Cs 濃度の季節変化と比較検討した。福島県川俣町山木屋地区に生育する約 50 年生のスギ 1 本を対象とし、小型線量計を幹側面の高さ 0.5、1.0 m、地下 0.2 m の根の 3 カ所に設置し、2016 年 7 月 3 日から 360 日間連続計測した。幹内部の線量変化の推定値と根の線量変化の両者の季節的变化はよく一致した。さらに、推定した樹幹線量の変化は、内樹皮の Cs 濃度の季節的变化はよく一致した。したがって、本手法により、樹木を傷つけることなく、非破壊で連続的に樹幹の Cs 濃度の変化を測定できる可能性が示唆された。

第 5 章は、小型線量計によって測定された空間線量率の時系列データから、空間線量率の時系列変動をモデル化し、直接観測できない”真の”放射性物質の動態を推定した。放射能の測定において、空間線量率は沈着量への換算が可能であり、周囲の放射能の蓄積を定量的に把握することができるものの、土壌水分などの周囲の環境影響を考慮する必要がある。福島県川俣町山木屋地区において、地上 1 m でバックグラウンドの空間線量率の測定及び土壌水分の測定を行った。階層的ベイイズフレームワークに基づき、状態空間モデルを用いて空間線量率の時間変化を解析した。本解析により、土壌水分率は空間線量率を低下させる要因となることが示唆された。状態空間モデルを用いることにより、土壌水分率といったノイズ成分を除去することで、空間線量率から森林における放射性物質動態を推定できる可能性が示唆された。

本研究は、東京電力福島第一原子力発電所事故で放出された放射性物質で、福島県内の森林が汚染された状況とその経時変化を、空間線量率ならびに放射能濃度のデータの統計

解析から、初期汚染の空間的”ばらつき”や空間線量率の時間変化の”ばらつき”の要因を明らかにした。これらの”ばらつき”を考慮した研究成果は、研究分野だけでなく、行政施策の分野においても重要となる。