

氏名(本籍)	ふじ 原 英 司 (千葉県)
学位の種類	博士(環境学)
学位記番号	博甲第5045号
学位授与年月日	平成21年3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	生命環境科学研究科
学位論文題目	Atmospheric Deposition of Radioactive Cesium (^{137}Cs) Associated with Dust Events in East Asia (東アジアの風成塵現象にともなう放射性セシウム (^{137}Cs) の大気降下)
主査	筑波大学教授 農学博士 東 照 雄
副査	筑波大学教授 理学博士 林 陽 生
副査	筑波大学教授 農学博士 小 林 勝一郎
副査	筑波大学准教授 博士(農学) 田 村 憲 司

論 文 の 内 容 の 要 旨

^{137}Cs は核分裂反応により生成する半減期約 30 年の人工放射性核種で、その外部放射線による公衆被曝が放射線リスク管理上の問題となる。1950 年代から 70 年代にかけて実施された大気圏内核実験や 1986 年のチェルノブイリ発電所事故によって、この ^{137}Cs が大気圏に拡散し汚染は地球全体に及んだ(グローバルフォールアウト)。その後、大気圏内核実験の実施例はなく大規模事故も発生しなかったため、大気中 ^{137}Cs は減少傾向を示し、1990 年代には人体へ影響を及ぼす水準ではなくなったと考えられていた。しかし、日本では現在も ^{137}Cs の大気降下が継続し、とくに春季には降下量の増大が認められる。この現象は黄砂飛来に起因すると推定されたため、気象データ解析や土壌分析にもとづいて、 ^{137}Cs を含む砂塵の供給源や供給プロセスを解明することを本研究の目的とした。

2002 年 3 月、北日本や日本海側の地域においてチェルノブイリ発電所事故時以後で最大となる顕著な ^{137}Cs 降下量が観測された。2000 年代前半に核爆発や原子力関連施設における重大事故等は記録されていないため、 ^{137}Cs を含む砂塵の飛来が、この現象についての唯一可能な説明であると考えられた。そこで、本研究では、この事例を取り上げて研究対象とした。まず、地上実況気象通報式(SYNOP)により報じられた天気観測データから、2002 年 3 月における東アジア大陸部での砂塵発生事象の発生頻度分布を計算した。その結果、砂嵐等が 8% 以上の高頻度で観測された地点は、中国北部からモンゴルにかけての草原域に局在していることが明らかになった。このことは、同地域が 2002 年 3 月における砂塵発生の中心であったことを示す。次に、砂塵の発生が顕著であったとみられる中国内モンゴル自治区中央部の草原で採取された土壌の放射能測定を行い、 ^{137}Cs 濃度および土壌中蓄積量を求めた。その結果、草原表土における ^{137}Cs の集積が認められ、濃度は $5.5\text{--}86\text{ mBq g}^{-1}$ と、中国の核実験場に近いうタクラマカン砂漠の土壌の例 ($5.01\text{--}31.5\text{ mBq g}^{-1}$) や日本の畑地土壌の例 ($6.3\text{--}7.5\text{ mBq g}^{-1}$) よりも高い水準であった。このことから、大陸の草原が ^{137}Cs を含む砂塵の供給源であると特定された。また草原土壌への ^{137}Cs 蓄積量は $176\text{--}3710\text{ Bq m}^{-2}$ であり、平均年間降水量との正の相関が認められた ($r=0.709$, 有意水準 1%)。このことは、土壌蓄積 ^{137}Cs が、ある特定の場所からの局地的フォールアウトに由来するのではなく、グローバルフォールアウトによる累積的降下によ

ることを強く示唆した。

土壤中 ^{137}Cs の分布は、風による土壌侵食（風食）作用の強い影響を受け、また、風食の程度は植生による土地の被覆状態と密接に関係している。つまり、植生による被覆状態が悪く風食を受けやすい土壌においては、 ^{137}Cs を含む細粒質が失われ大気へ移行しやすいのに対し、被覆状態が良く安定した草原土壌では、風食の程度は小さく表土の ^{137}Cs 濃度は高い水準で維持される。問題は、それまで安定に保たれていた草原において、何らかの理由による急激かつ深刻な植生衰退に伴って、 ^{137}Cs を含む土壌粒子の多量放出が起こる場合である。2001年から2002年にかけて、中国北部は深刻な干ばつ条件下にあったことが報告されており、2002年3月における ^{137}Cs を含む大量の砂塵は、干ばつのため植生被覆が脆弱化した草原において、強風が吹いたことによって日本に飛来したことが結論付けられた。

春季に日本で ^{137}Cs 降下量が高くなる主要な原因は、以上のような大陸の草原域からの砂塵飛来であると考えられる。しかし、日本国内で発生した局地的な土壌ダストが影響している可能性も指摘されている。従来から広く実施されてきた ^{137}Cs 月間降下量観測の結果では、個々のダスト事象の寄与を解明することは困難であり、 ^{137}Cs 降下を正確に評価するためには、黄砂と局地的ダストの両方の影響を判別できる時間分解能の高い独自の観測が必要とされる。そこで、茨城県つくば市において、2007年春季に ^{137}Cs 降下量の週間観測を実施した。その結果、黄砂由来 ^{137}Cs の寄与は、全観測期間における降下量の67%以上を占め、黄砂飛来が ^{137}Cs 降下の主要な原因であると確認された。また、黄砂由来降下物の単位鉱物量当たりの ^{137}Cs 放射能は 81.8 mBq g^{-1} と高く、黄砂は非常に高い ^{137}Cs 濃度を示すことが明らかになった。

審 査 の 結 果 の 要 旨

1950年代から70年代にかけて実施された大気圏内核実験や1986年のチェルノブイリ発電所事故によって、 ^{137}Cs が大気圏に拡散し汚染は地球全体に及んだ（グローバルフォールアウト）ことは良く知られている。そして、それ以降、大気圏内核実験の実施例はなく大規模事故も発生しなかったため、大気中 ^{137}Cs は減少傾向を示し、1990年代には人体へ影響を及ぼす水準ではなくなったと考えられていた。しかしながら、日本では現在も ^{137}Cs の大気降下が継続し、とくに春季には降下量の増大が認められる。この現象は、おそらく東アジアの風成塵（黄砂）現象に起因するものと考えられてきたが、それを実証した研究は無かった。本研究は、上記のことを明らかにするために、風成塵が生じた際の膨大な気象データ解析や風成塵の主な供給源と考えられた中国の内モンゴル自治区内の中央部に位置する草原下の土壌分析にもとづいて、 ^{137}Cs を含む砂塵の供給源や供給プロセスを初めて解明したことが大いに評価できる。すなわち、従来、 ^{137}Cs を含む砂塵の供給源は、中国の核実験場が立地する中国西部の砂漠域であると考えられて来たが、その可能性は本研究により否定され、大陸の草原域が主要な供給源であることが明らかとなった。また、草原土壌から大気への新たな ^{137}Cs 供給プロセスが明らかにされた。これらの成果は、大気化学や環境放射能（放射線）研究、黄砂研究など幅広い研究分野への学術的貢献として位置づけられるとともに、公衆被曝線量算定への応用面での貢献としても貴重な研究であると評価された。

よって、著者は博士（環境学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。