

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 1 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00539

研究課題名(和文) 福島原発事故後の樹木への放射性物質吸収経時変化

研究課題名(英文) Elapsed time dependence of Fallout Radiactivities absorbed in Trees after the Fukushima Power Plant accident

研究代表者

藤原 守 (FUJIWARA, MAMORU)

大阪大学・核物理研究センター・協同研究員

研究者番号：00030031

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：福島第一原子力発電所事故により放射能汚染された福島県の大半は山林。杉や檜の常緑樹が植林されている。事故時に降下した放射性物質の常緑樹の葉に付着した。常緑樹の葉のサイクルは2-3年である。現在、放射能汚染された葉は枯れ葉となり、地面に落下している。放射性物質は地面に浸透することなく、山林の表層に停留している。落下葉がバクテリア分解され山林土壌と同化するのにはさらに先。本研究では、飯館村南部の高放射線量地域で、今後20年から30年にわたる放射性物質の樹木への移行を系統的に測定し科学知見を得る目的で、3年の研究期間で測定手法を確立し、得た知識を住民と共通認識し、住民の安心・安全に貢献する。

研究成果の概要(英文)：After the accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant(NPP), radioactivities were spread out over the Fukushima area. The contaminated Fukushima area mostly consists of mountain sites covered by ever green trees. Fallout radioactivities, mainly ^{137}Cs and ^{134}Cs , were strongly stuck on the leaf surfaces of ever green trees at mountain sites. The circulation cycle of these tree leaves are about 2-3 years. Now, these polluted leaves dropped down on top of the mountain sites which is still not transfused into soils. Fallout leaves including radioactivities will be bacterial decomposed much later, but a part of radioactivities have been started to be absorbed and go up to deciduous tree leaves. We studied these activities absorbed by deciduous tree leaves using imagine plates. The results contribute to establish the behavior of radioactivity circulations after the NPP accident, giving the residents the correct knowledge on the safety and security for spread radioactivities.

研究分野：Nuclear Physics

キーワード：福島第一原発事故 飯館村 降下放射性物質 ^{137}Cs 落葉樹への吸収 イメージングプレート

1. 研究開始当初の背景

2011年3月、福島第1原発事故に伴う水素爆発により拡散し、福島地方に降下した放射性物質は天候や地形によって様々な分布をした。我々は2011年3月11日の福島第一原子力発電所事故後、大阪大学から全国の400人を越える原子核物理、放射化学、環境科学、放射線医療、原子力に携わる研究者に協力を呼びかけた。文科省と共に、南北100km、内陸部60km程度の領域を2kmメッシュにした広域土壌放射性物質の精密データ採取を主導してきた。事故により拡散した降下放射性物質の精密な放射線測定データは、住民の生活再編、農業再構築、政策決定の基礎データとなった。

調査では、表土表面より深さ5cm、直径5cmの一定体積の土壌試料を採取し全体を均等に混ぜ合わせた後、高分解能ゲルマニウム半導体ガンマ線検出器を用いて放射線測定が行われた。土壌の採取ポイントごとに1kg当たりのBq数として核種別の放射能を検出し、汚染の分布と放射エネルギーを評価した。広大な範囲に拡散した地形学的汚染状況を把握するには、この方法が最良であり、科学的に信頼できる放射能汚染マップが作成された。1kg当たりのBq数による測定方法は、農産物、海産物などの食品や水の汚染検査にも汎用されている。しかし、この方法では一定の体積もしくは重量における平均的な汚染状況はわかるが、個々の物体表面における放射線量分布は検出できない。

以下に測定結果で明らかになったこと、および推測されることを以下に記す。

- 主な降下放射性物質は半減期30年の ^{137}Cs と半減期2年の ^{134}Cs である。土壌に沈着した放射線量の減衰は右図に示す。福島の放射線量は30年経過しても85%減と予想され復興の困難なことが分かる。
- 沈着した放射性セシウムはアルカリ性で土壌や木の葉に強く吸着され、分離することは非常に困難となっている。
- 街や耕作地に沈着した放射性セシウムを取り除くことも重要であるが、飯舘村のような山林が80%の場所では、山林に降下した放射性物質の挙動を調べることが極めて重要となる。
- 降下放射性セシウムは山林に植樹した常緑樹である杉や檜の葉に付着した。
- 常緑樹である杉や檜の葉が落下するサイクルは2~3年である。
- 常緑樹である杉や檜の葉が落下するサイクルは2~3年である。

- 葉に付着した放射性セシウムは雨にも溶けず、事故後、約3年が経過した現在でも、ほとんどがリター層にとどまっている。
- 事故後、山林以外の平地での放射線量は急激に下がった。放射性セシウムからのガンマ線は空気中を200m飛んでやっと16%の線量になり、常緑樹の葉に付着した放射性物質が無くなったことで上方からの放射線が減少したと推察される。
- 耕作地に降下した放射性セシウムを取り除くことも重要であるが、樹木などの放射線シールド、風による飛散などが相乗効果として働き、急激な放射線量の減少となったと推定される。

今後、山林に積層したリター層が細菌に食べられ、また風化され土壌と同化して行く過程は20-30年の長期になる。土壌に浸透した放射性セシウムはやがて樹木に吸収されていく。

但し、放射性セシウムの吸収は、土中に根を深く張るもの、土の表面に広く根を張るもの、樹木の種類により様々となることが予想される。放射性セシウムは土中5cmの深さしか浸透しないことがわかっている。樹木への吸い上げも、早く吸い上げていく樹木、遅い吸い上げの樹木など放射性物質の吸収についても様々な様式のあることが予想される。こ

樹木への吸い上げ様式を明らかにするには、樹木を伐採して、年輪に吸い上げられた放射性セシウムを調べる方法は採用できない。樹木を殺しては、一回限りの吸い上げの結果が残るだけで、系統的、定量的に数値に裏打ちされた研究結果は望めない。研究では、樹木を伐採することなく、落葉樹の葉に吸い上げられた放射性セシウムを、毎年、イメージングプレートを用いて測定し吸収された放射性物質の増加を測定するしかない。

落葉樹は、毎年、葉を落とすので、落葉樹の葉の中の放射性物質の測定は樹木に吸い上げられた放射性セシウムのよい指標になる。最終的に樹木に吸収された放射性セシウムは、環境の循環過程として広い地域に拡散する。

原発事故によって放出された放射性セシウムなどは、カリウムと同属のアルカリ金属である。したがって、生態系における動物や植物などに対しては、降下による表面汚染だけではなく、生体内への取り込みによる汚染も同時に発生させる。この場合、kg当たりのBq数の測定では、生体の表面汚染なのか生体内汚染なのかの識別は不可能となる。

生態系における動物の放射性物質摂取量や体内蓄積量の変化を予測するには、放射性降下物によって汚染した個々の食草における放射能分布やその経時変化を知ることが重要となる。このことは、ヒトが食べる農作物に対しても同様である。また、放射性物質の局在性を検出することは必要な除染部位を明らかにするばかりではなく、特異的に放射性物質を取り込む生物種や生体部位を見つけることも可能とし、将来、これらの手法を農地除染にも利用できることも考えられる。

2. 研究の目的

2011年3月の福島第一原子力発電所事故により放射能汚染された福島県は70%が山林であり、杉や檜の常緑樹が植林されている。事故時に降下した放射性物質の大半は常緑樹の葉に付着した。常緑樹の葉のサイクルは2-3年であり、2014年には放射能を含む古い葉は枯れ葉となり、すべて地面に落下した。この放射性物質は地面に浸透することなく、今も、山林の表層にとどまっている。落ちた枯れ葉がバクテリアにより分解され山林土壌と同化するのにはさらに先の話。本研究では、飯舘村南部の高放射線量地域をサンプル地域として選び、今後20年から30年にわたる放射性物質の樹木への移行を系統的に測定し科学知見を得ると共に、3年の研究期間で測定手法を確立し、調査研究で得た知識を住民や政府関係者と共通認識し、住民の安心・安全に貢献する。

3. 研究の方法

本研究では、樹木を伐採することなく、継続測定することで、毎年毎年、樹木の葉に上がってくる放射性物質の絶対値をリセット状態することで、定量的観測手法を考えたのである。この目的のためには、長期間に渡って山林の樹木伐採を保全する必要がある。これまでの折衝努力の結果、飯舘村南部の高線量地区の山林を借り上げることも成功した。研究遂行のため、住民の協力も得られた。

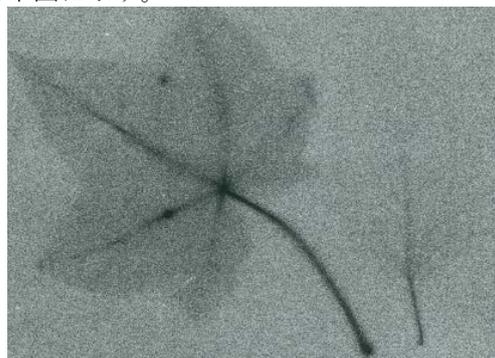
この研究は世界で我々のみが遂行できる事業となる。福島の山林に降った放射性物質をどう処置するかは、現実的には環境省も文科省もお手上げ状態である。この空白を埋め、福島住民の安心・安全のための重要な先駆的研究を行うことは、日本の科学者の重要責務である。

研究目的を達成するため、具体的に行った、研究方法の概要を以下にまとめた。

毎年2回、福島飯舘村南部の毎時3マイクロシーベルトの高放射能汚染地区に設定した落葉樹の葉を採取し、イメージングプレートを用いて葉への浸透の様子を観測する。このために1) 飯舘村小宮地区・庄司家裏側の山林(主に檜植林地)、2) 飯舘村沼平の「飯舘ふあーむ」所有の雑木林の2か所を借り上げ、樹木の保全を図った。目的達成のために、福島飯舘村に滞在し約20枚程度の落葉樹の定期採取を行った。採取した葉からイメージングプレートでの放射能画像の作成を行った。1枚につき1週間程度が必要となる。大阪大学医学部とRIセンターが所有している複数のイメージングプレートの放射性物質量の測定を行うための絶対値校正も行った。

4. 研究成果

沼山、庄司山にそれぞれ自生していた樹木の葉(コナラ、コシアブラ、モミ、)などに吸収された放射性セシウムを画像化した。イメージングプレートで測定された典型的な画像を下図に示す。



沼山より5cm空間線量が高い庄司山のコナラの方が、色濃く描画されていることより、放射性セシウムの含量が多いことが分かった。沼山のコシアブラは、コナラの空間線量とそれほど変わらないにもかかわらず、いずれのコナラのよりも濃く描画されている。コシアブラは、放射線セシウムを多く取り込む性質があると考えられる。

また、モミの葉は、先端部の当該年度に生育する葉に多くの放射性セシウムが集まっている傾向がある。幹に近い節の葉は、前年度以前に生育した葉であり、先端部よりセシウムに曝露されている時間は長いがセシウムの蓄積は認められない。また、2015年秋や2016年春の葉では、幹に近い古い葉の周りに点状の放射性セシウムが付着しており、新たに生育した先端部の葉には付着していないことから、2011年のプルームの降下によって葉の表面に付着した放射性セシウムがそのまま残っていることを示している。放射性セシウムは葉脈内を通過して葉に到達したことを示しており、放射性セシウムの植物における移行状況が良く分かった。

コナラのような落葉樹では、1年単位での根もとの汚染状況や葉の中の移行状況がわかるのに対して、モミの葉のような常緑樹では、数年間の汚染状況の変化も検出することができることが分かった。

空間線量の経年変化を示したグラフではほとんどの葉の採取地点で、2015年の春から2015年秋にかけて一時的に空間線量の上昇が認められた。原発事故当初に生育して汚染していた葉が落葉したことによる可能性が考えられる。その後、徐々に減少していることも分かった。これらの成果は飯舘村や山林の所有者たちに報告された。将来、具体的内容が出版される予定である。

特記すべきこともある。研究実施の過程で飯舘村と大阪大学の連携協力協定が締結された。主に、大阪大学の学生が、我々を取り巻く放射線と環境へ関わりに関して、正しい理解を持ち、被災地復興への考え方を判断するための基礎知識を習得するための目的で大阪大学の基礎セミナー「飯舘村環境放射線研究」が2017年度から、飯舘村で毎年、開催されるようになった。こうした活動は、福島イノベーション・コースト構想促進事業などに引き継がれ、発展していくと予想される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

「2015～2017年に飯舘村にて採取された葉の生体放射能画像解析による汚染状況の評価」
中島裕夫、高橋賢臣、斎藤敬、青井考、山本仁、藤原守、谷畑勇夫、東崎昭弘
出版予定。

〔学会発表〕(計0件)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況(計0件)

名称：

発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

- 1) 朝日新聞2016年6月2日夕刊記事「阪大、福島で原発事故を学ぶ」として紹介。
- 2) 読売新聞2016年6月22日朝刊「阪大が飯舘村で研修へ」として紹介。
- 3) 産経新聞2017年11月21日「原発事故の現状学び復興支援」として紹介。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤原 守 (FUJIWARA mamoru)
大阪大学・核物理研究センター・協同研究員
研究者番号：0003031

(2) 連携研究者

斎藤 敬 (SAITO Takashi)
尚絅学院大学・総合人間科学部・准教授
研究者番号：00343616

高橋賢臣 (TAKAHASHI masaomi)
大阪大学・安全衛生管理部・講師
研究者番号：20445844

中島 裕夫 (NAKAJIMA Hiroo)
大阪大学・医学研究科・助教
研究者番号：20237275

谷畑 勇夫 (TANIHATA isao)
大阪大学・核物理研究センター・教授
研究者番号：10089873

山本 仁 (YAMAMOTO hitoshi)
大阪大学・安全衛生管理部・教授
研究者番号：20222383