

令和元年9月6日現在

機関番号：82723

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00552

研究課題名(和文)福島復興へ向けた放射能汚染地区の木材内部の放射能汚染分布の計測調査に関する研究

研究課題名(英文) Measurements of Radioactivity Distributions in Several Woods Sampled in Fukushima prefecture

研究代表者

高田 真志 (Takada, Masashi)

防衛大学校(総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工学群)・応用科学群・教授

研究者番号：50291109

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：福島原発事故により放射能汚染した樹木内部の放射能分布をイメージングプレートを用いて計測調査した。コナラを計測した結果、辺材部の放射能は心材部よりも高く、この傾向は地面からの高さが増すにつれて変化した。これは放射性セシウムの地面からの吸上げに関係していると推測される。空間線量率が毎時0.5マイクロシーベルトを上回る森林から伐採されたアカマツとスギを計測した結果、樹木内部の放射能はかなり低いことが分かった。アカマツは心材部と辺材部の放射能がほぼ同じであり、高さによる変化も小さいことが分かった。スギは心材部の方が辺材部よりも高いことも分かった。また自然放射性物質の存在も無視できないことも分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

住宅建材として利用されているアカマツやスギについて樹木内部の放射能分布について計測調査した結果、毎時0.5マイクロシーベルトを上回る森林から伐採された木材サンプルにもかかわらず、樹木内部の放射能汚染はかなり低いことが分かった。樹種より放射能汚染の仕方(部位)が異なることも明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Radioactivity distributions of cross-sectional wood sampled in Fukushima prefecture were measured using imaging plates. Measurement results of konara oak show that radioactivity in sapwood is higher than that in heartwood, and it is dependent on heights from the ground. From radioactivity measurements of Japanese red pine and cedar sampled in forests over 0.5 micro-Sv/h dose rates, it is found that these radioactivities were quite small. In the Japanese red pine, the radioactivities between the heartwood and the sapwood are similar; while in the Japanese cedar the radioactivity in the heartwood is higher than the sapwood. Because of quite small amount of the radioactivity, we have to consider natural radioisotopes, like potassium-40 and carbon-14 to analyze radioactivity in woods.

研究分野：放射線計測

キーワード：放射性セシウム 放射線計測 木材 放射能分布

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

2011年3月に発生した東日本大震災による巨大津波が引き起こした福島原発事故は、東日本の広範な地域に放射性物質を放出し様々な被害を及ぼした。その後、森林も放射能汚染したため木材出荷が進まず、福島県の林業や木材産業も多大な被害を受けた。放射能汚染事故からの数年間は樹木の樹皮に付着した放射能汚染が主要な汚染源であったため、製材品として利用する辺材と心材には優位な放射能汚染は検出されていなかった。しかし事故から数年が経過すると、樹皮に付着した放射能汚染や土壌からの放射性セシウム吸い上げが原因となり、樹木内部への放射能汚染の懸念が生じた。事故から数年間経過した後、福島県内森林に生育する樹木内部の放射能汚染がどのように進行していくのか調べていき、その後の木材出荷に向けた木材汚染検査計測手法を提案していく必要がある。

### 2. 研究の目的

福島原発事故に伴い放出された放射性物質により汚染された樹木や木材の実態を解明するために、木材内部の放射能汚染2次元分布の計測とその分布に寄与している放射性核種の同定を行う。さまざまな樹種の木材に含まれる放射性物質の拡散と移動を明らかにし、樹木内部の放射能汚染状況を明らかにすることが本研究の目的である。また本研究で得られた木材内部の放射能汚染状況の知見は放射能汚染木材廃棄物の減量・減容や風評被害の低減につながり、新たな製材品中の放射能モニタリング手法の提案を行うことで木材利用者への安心と安全に貢献する。

### 3. 研究の方法

福島県内の森林で伐倒された樹木を輪切りした木材サンプル断面の放射能分布をイメージングプレートで計測した。できるだけ立ち木に近い状態の放射能分布を計測できるように、木材サンプルを脱水せずに水分を保持した状態で木材サンプル断面の放射能分布を計測した。これは樹木内部の放射性セシウム流出を減らすことができる。樹木に含まれる放射能は微弱なため、本研究では自然放射線の影響を減らすためにイメージングプレートへの暴露を鉛遮へい体内で約1週間行った。イメージングプレートの測定結果(PSL値)を面放射能に変換するために塩化カリウムを滴下したろ紙も同時に暴露した。塩化カリウムは微量な放射性カリウム(K40)を含有しており、取扱が容易であることから、本研究では放射性セシウムの代わりに校正用線源として利用した。各ろ紙に含まれるカリウム40から放出されたベータ線を、低バックグラウンドベータ線自動測定装置を用いて計測し面放射能を評価した。この装置は主検出部である2 $\pi$ ガス計数管とガードカウンターから構成させ、非同期計数を取ることで微弱なベータ線を計測できる。作成したろ紙のベータ線面放射能は0~0.25( $\beta$ -2 $\pi$ /s)であった。

本研究で利用した木材サンプルは、2016年に福島県川内村森林で伐倒されたコナラ、2017年に川内村森林(1.5 $\mu$ Sv/h)で伐倒されたアカマツ、福島県内の0.55~3.42 $\mu$ Sv/hの幅広い線量率を有する森林から伐倒されたスギである。地中からの水分吸上げによる樹木内部の放射能分布の変化を考慮し、地表から高さが異なる約2.5m, 5.0m, 7.5mの位置で厚さ5cm程度に輪切りにしたものを計測用サンプルとして利用した。

計測した放射能が微弱であることから、木材内部の放射性核種には放射性セシウム以外の自然放射性物質も含まれることを考慮し、低バックグラウンドベータ線スペクトロメータ(ピコベータ)を用いたベータ線スペクトル解析と、高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトル解析も実施した。

### 4. 研究成果

(1)計測されたコナラの結果を図1に示す。コナラ断面の放射能分布図は、辺材部の放射能強度が心材部よりも高いことを示しているが、高さが7.5mのサンプルは心材部と辺材部の放射能がほぼ同じになった。高さ2.5mの木材断面の放射能濃度は心材部0.17 $\pm$ 0.05Bq/cm<sup>2</sup>、辺材部0.055 $\pm$ 0.005Bq/cm<sup>2</sup>である。

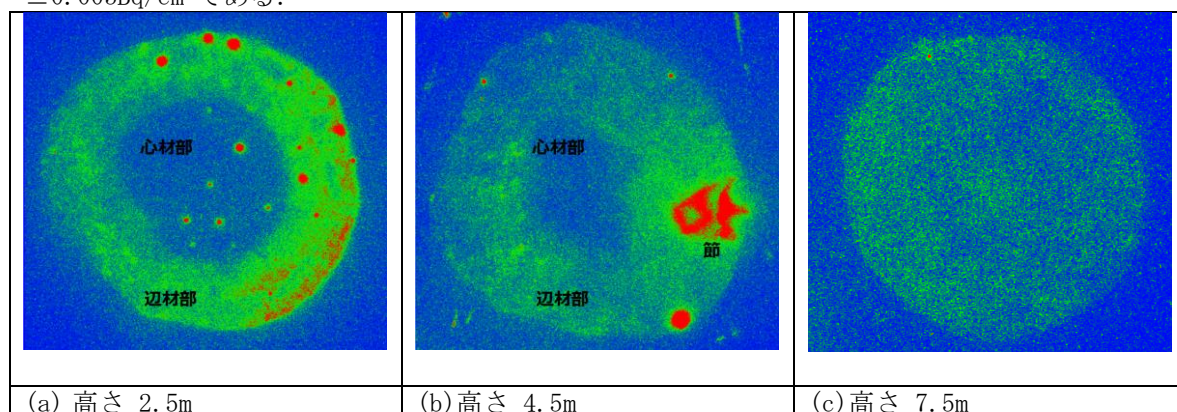


図1 コナラ断面の放射能分布図.

この放射能分布より得られた放射能濃度をプロットした結果を図 2 に示す。ろ紙の塩化カリウムの放射能濃度とイメージングプレートの発光量の相関を用いて放射能を導出した。この測定結果は、高さ 2.5m のサンプルの辺材部の放射能濃度が心材部よりも約 3 倍大きかったが、高さが高くなると辺材部と心材部の放射能濃度はほぼ同じになった。辺材部から心材部への水分移動が少ないことから、これは心材化していない樹木先端部から放射性物質が入り込んだと考えられる。しかし、2 番目のサンプルは高さが低い位置の辺材部の放射能は低く、サンプル間で違いがある。また節の部分の放射能濃度は高い傾向があった。広葉樹については水分吸上げが放射能分布に影響していると考えられる。

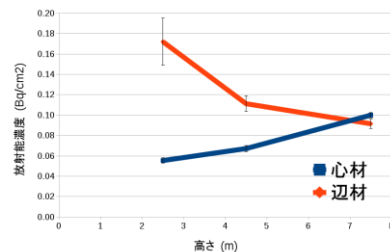


図 2. コナラの心材部と辺材部の放射能濃度の高さ依存性。

(2) 針葉樹であるアカマツについて微弱な放射能分布を計測することができた。周囲の円形もしくは蝶形は塩化カリウムを含んだろ紙から放出されたベータ線を計測した結果であり、アカマツ内部の放射能がかなり低いことが分かる。周辺部は自然放射線の影響である。木材サンプル中の水分は保持されていることから、水溶性放射性セシウムが移動したために低くなったとは考えにくく、元々樹木中の放射能が低かったと考えられる。コナラの場合と大きく異なり、心材部と辺材部の放射能はほとんど差がないことも分かる。アカマツ内部の放射能変化を調べるために、4 角度にスライスした放射能分布も得た。この分布から心材部と辺材部の放射能濃度と両者の比を求めた結果によると、わずかに心材部の放射能濃度が高いが、心材部と辺材部の比は 0.9~1.3 とほぼ同じであった。面放射能はおおよそ  $0.004 (\beta\text{-}2\pi \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1})$  である。

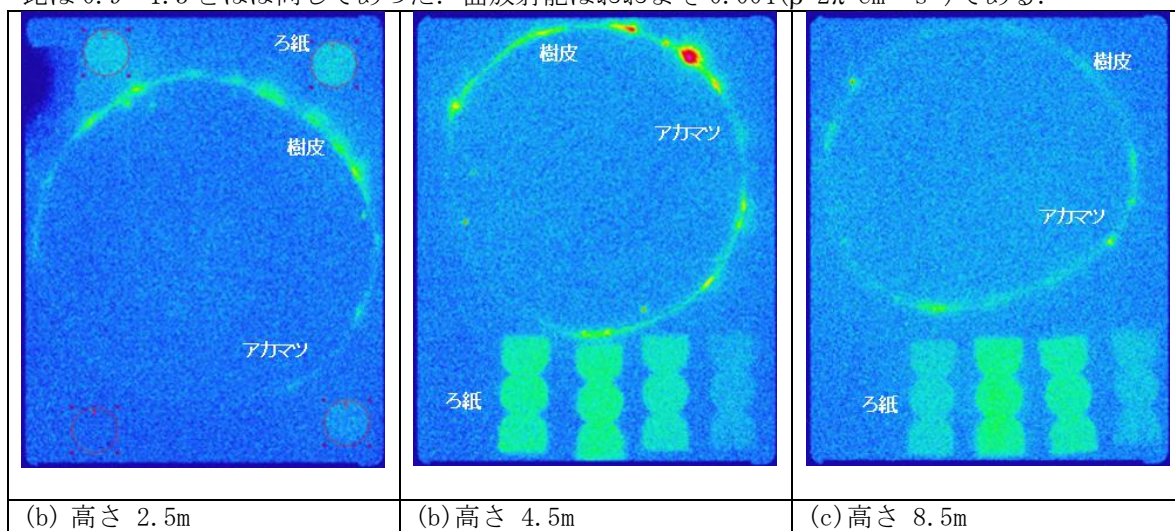


図 3 アカマツ断面の放射能分布図。

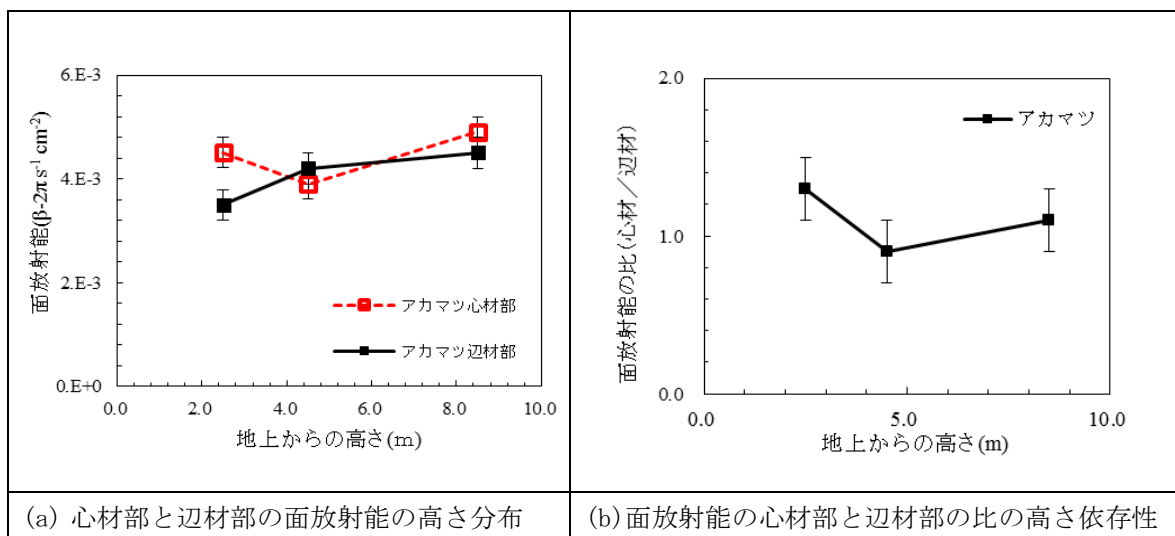


図 4. アカマツの心材部と辺材部の面放射能の平均値と、両者の比。

高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いて計測した放射能濃度は  $0.14 \text{ Bq/wet-g}$  であり、含水率を補正した結果、 $0.22 \text{ Bq/dry-g}$  であった。この木材を利用した場合に受ける年間追加被ばくは  $0.01 \text{ mSv}$  以下である。カリウム 40 やラジウム 226 などの自然放射性物質由来の成分も検出された。ベータ線スペクトル解析から、放射性セシウム以外にカリウム 40 と炭素 14 の自然放射性物質も無視できないことが分かった。

このように 0.5 $\mu$ Sv/h を超える空間線量率が比較的高い森林から伐採されたアカマツにもかかわらず樹木内部の放射能はかなり低いことが分かった。本研究の面放射能を導出する手法は、水分を保持したままサンプルを粉碎せずに簡便に微量な放射能濃度を計測できる手法であることも分かった。今後、本手法を応用し樹木内部の放射能分布を計測評価していく。

(3) スギの放射能分布も同様に計測した。その一例を図 5 に示す。各分布の 4 隅の円形は塩化カリウムろ紙を測定した結果であることから、面放射能が 0.05 ( $\beta$ -2 $\pi$  cm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>) よりも低い放射能を有するスギ内部の放射能分布を計測できていることが分かる。同じ針葉樹であるアカマツとは異なり心材部の放射能が辺材部よりも明らかに高く、約 6 割高かった。木材内部を 4 角度にスライスして得た分布から中心部ほど放射能が高くなっており、辺材部はバックグラウンド成分とほぼ同じ放射能強度であることが分かった。なぜスギの心材部の放射能が辺材部よりも高くなっているのかまだ不明であり、引き続きデータ解析を行っていく。森林内部の空間線量率が大きく変化している森林から伐採された木材サンプルを利用しているにもかかわらず、スギ内部の放射能はさほど増加していない。また高さによる変化も少ない。コナラ同様に節の部分で放射能が高い傾向にある。放射性セシウム蓄積量（落葉層と土壌）が空間線量率と正の相関があることや、樹木内部の放射能汚染が空間線量率と関係があることも報告されているが、本研究の結果からは空間線量率によるスギ内部の放射能濃度変化を見出すことはできなかった。今後、スギ内部の放射能分布の変化、心材部が高い理由を調査すべく樹木の放射能分布の計測を行っていく。

(4) 最後に空間線量率が 0.5 $\mu$ Sv/h を上回る森林から伐採された樹木にもかかわらず、針葉樹（アカマツとスギ）内部の放射能はかなり低いことが分かった。しかし個体差もあることから、今後さらにデータを蓄積していく必要はある。

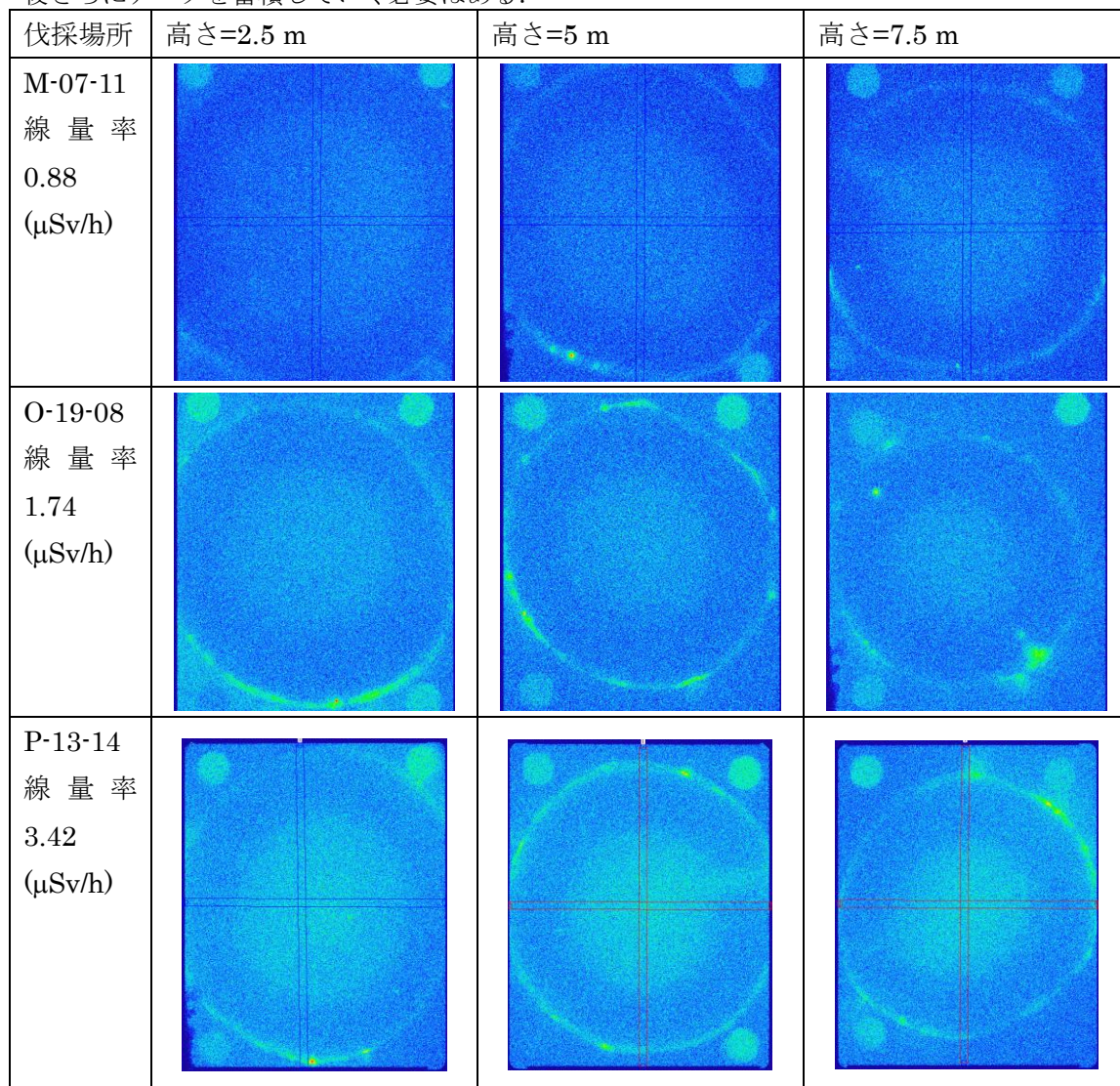


図 5. 異なる放射線量率の森林で伐倒されたスギ断面の放射能分布図。

参考文献

- ・林野庁，「放射性物質の現状と森林・林業の再生」平成 30(2018) 年度版，平成 30 年 11 月
- ・林野庁，「平成 30 年度森林における放射性物質実態把握調査事業報告書 別添 2 平成 30 2018 年度帰還困難区域とその隣接区域の森林に存在する放射性セシウムの調査結果について」

・福島県 森林整備課, 「福島県 民有林の伐採木の搬出に関する指針について」平成 26 年 12 月 17 日

## 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 6 件)

1. 高田真志、久野 晃、鈴木養樹、有馬利昭、宮寄祥匡、数藤由美子、鈴木 敏和, 「木材内部の放射性物質 2 次元分布の計測」, 日本原子力学会 2017 年秋の大会, 2017. 9
2. 木村 文洋、矢野 晴之、久野 晃、高田 真志、鈴木養樹, 「2017 年伐倒したアカマツ内部の放射性物質 2 次元分布の計測」, 日本原子力学会 2018 年春の年会, 2018. 3
3. Fumihiro Kimura, Haruyuki Yano, Akira Kuno, Masashi Takada, Yojyu Suzuki, Measurement of Radioactive Profiles in Japanese Red Pine due to Fukushima Nuclear Power Plant Accident, 5 th Asian and Oceanic IRPA Regional Congress on Radiation Protection, 2018. 6
4. 木村 文洋、矢野 晴之、久野 晃、高田 真志、鈴木養樹, 「2017 年に伐倒したアカマツ内部の放射性物質の核種識別と絶対放射評価」, 日本原子力学会 2018 年秋の大会, 2018. 9
5. 木村 文洋、前田奈央、矢野 晴之、久野 晃、鈴木養樹、高田 真志, 「高線量等地域のアカマツ内部の放射能分布の計測」, 第 20 回「環境放射能」研究会, 2019. 3
6. 前田奈央、木村 文洋、鈴木養樹、高田 真志, 「福島県内の空間線量率が異なる森林で伐倒したスギ内部の放射能分布の計測」, 第 20 回「環境放射能」研究会, 2019. 3

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

なし

### (2) 研究協力者

1. 鈴木養樹 (森林総合研究所) Yojyu Suzuki
2. 木村 文洋 (防衛大学校) Fumihiro Kimura

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。