

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：82105

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2015～2016

課題番号：15H06847

研究課題名（和文）スギ幹材の放射性セシウム濃度が増加する要因の解明：吸水量の違いが及ぼす影響

研究課題名（英文）Understanding of a factor that increases radiocesium concentration in stem wood of Japanese cedar: the effect of water uptake

研究代表者

大橋 伸太 (OHASHI, Shinta)

国立研究開発法人森林総合研究所・木材加工・特性研究領域・研究員

研究者番号：70754315

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：スギの根から吸収されるセシウムの量に影響を与える要因を明らかにするため、本研究では根からの吸水量に着目し、その影響について調べた。3・4年生のスギ苗木を対象として安定同位体セシウムをトレーサーに用いた水耕実験では、吸水量が多い個体ほどセシウムの吸収量が多いことが明らかとなった。また、東京電力福島第一原子力発電所事故によって放出された放射性セシウムで汚染した森林鉱質土壌を用いた土耕実験から、実際の森林環境下においても同様に吸水量がセシウム吸収量に影響を及ぼしうることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：To understand what affects the amount of cesium uptake by roots in Japanese cedar, the effect of water uptake was investigated in this study. A hydroponic experiment on cedar saplings using cesium stable isotope as a tracer showed that there was a positive correlation between the amounts of water uptake and cesium uptake by roots. In addition, an experiment using a forest mineral soil contaminated with radiocesium from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident indicated that the amount of water uptake would similarly affect cesium uptake in the actual forest condition.

研究分野：森林セシウム動態

キーワード：スギ セシウム 経根吸収 水耕実験 土耕実験 樹液流計測

### 1. 研究開始当初の背景

東京電力福島第一原子力発電所事故によって環境中に放出された放射性セシウム ( $^{137}\text{Cs}$ ) は半減期が 30 年と長く、さらに森林では大部分が土壌に蓄積して林内に留まるため、林業・林産業への影響は今後何十年あるいは百年以上にも及ぶ。 $^{137}\text{Cs}$  汚染を受けた地域における森林管理や木材利用に関する長期的な見通しを立てる上で幹材の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の将来予測が非常に重要となるが、主要樹種であるスギに関する予測は影響が広範に及ぶため特に慎重に行う必要がある。

森林総合研究所が 2011 年より複数の林分で行っている  $^{137}\text{Cs}$  モニタリング調査では、スギ幹材の  $^{137}\text{Cs}$  濃度が増加傾向にある林分とあまり変化していない林分があることがわかってきた。しかし林分によってそのような異なる傾向が生じる原因の特定には至っておらず、現段階の将来予測には大きな不確実性が含まれている。スギ幹材の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の予測をより確かなものにするためには、スギの  $^{137}\text{Cs}$  吸収に関する科学的知見の蓄積が不可欠である。

チェルノブイリ原発事故に関連した既往の研究では土壌タイプの違いによる樹木の  $^{137}\text{Cs}$  吸収特性の違いが主に調べられてきたが、スギ幹材の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の経年変化に異なる傾向が見られた林分間では土壌の理化学性や粘土鉱物組成に大きな違いがなかったため、本研究では樹木の生理特性に着目した。スギ幹材の  $^{137}\text{Cs}$  濃度が増加傾向にある林分では辺材(幹材のうち水を通す部分)面積や葉量が多いという特徴があり、これらは樹木の吸水量(蒸散量)と密接な関係があることから、樹木の吸水量が  $^{137}\text{Cs}$  吸収量を左右する要因ではないかと考えた。

### 2. 研究の目的

スギ幹材の  $^{137}\text{Cs}$  濃度を増加させる要因の解明を目指し、根からの吸水量の違いが Cs の吸収量に影響を及ぼすかを明らかにすることを目的とした。

具体的には、(1) シンプルな実験系を組むことができる水耕栽培においてスギ苗木の吸水量と Cs 吸収量の間に相関関係が見られるか、(2) 実際の状況により近い土耕栽培において水耕実験と同様の関連性が見られるか、さらに(3) フィールドのスギ成木において樹液流量と幹材の Cs 濃度の間に相関関係が見られるかを明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) スギ苗木の水耕実験

スギ苗木を対象とし、安定同位体セシウム ( $^{133}\text{Cs}$ ) をトレーサーとして用いた水耕実験を行った。苗木は 4 年生 9 個体、3 年生 16 個体の計 25 個体を用いた。水耕培養液( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  :

1.00 mM、 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  : 1.00 mM、 $\text{KH}_2\text{PO}_4$  : 0.25 mM、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  : 0.50 mM、 $\text{KCl}$  : 0.50 mM) に  $^{133}\text{CsCl}$  を 0.2 mM 添加し、人工気象室(気温 20~25、湿度 75%、4 年生は自然光、3 年生は人工光照射 14 時間/日)においてポット栽培した。各苗木の吸水量を評価するため、培養液の減少量(重さ)を 1~2 週間に 1 回の頻度で測定した。この減少量には培養液の水分蒸発量も含まれるため、苗木を入れていないポットの平均減少量(n=3)で補正して苗木の吸水量とした。なお、培養液の減少量測定後に栽培を継続するものについては培養液を完全に新しいものに入れ替えて栽培を続けた。実験開始から 3 日後に 3 個体(4 年生)、10 日後に 6 個体(4 年生)、15 日後に 8 個体(3 年生)、45 日後に 8 個体(3 年生)を採取・解体し、それぞれから枝葉・樹皮・材のサンプルを得た。サンプルは乾燥・粉碎した後、約 0.1 g を硝酸で分解し、誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS)で  $^{133}\text{Cs}$  濃度を測定した。各部位中に移行した  $^{133}\text{Cs}$  量はそれぞれの  $^{133}\text{Cs}$  濃度に現存量を掛けて求めた。

#### (2) スギ苗木の土耕実験

スギ苗木を対象とし、放射性セシウム ( $^{137}\text{Cs}$ ) をトレーサーとして用いた土耕実験を行った。福島原発事故によって  $^{137}\text{Cs}$  汚染した森林の鉞質土壌(表層約 0~10 cm から採取して攪拌したもの)を用いて 3 年生の苗木 10 個体を人工気象室(人工光照射 14 時間/日、気温 20~25、湿度 75%)においてポット栽培した。各苗木の吸水量を評価するため、1 週間に 1 回程度の頻度でポット全体の重さを測定し、前回からの減少量を求めた。この減少量には土壌表面からの水分蒸発量と苗木の成長量が含まれているため、前者については苗木を入れていないポットでの重さの平均減少量(n=3)で補正し、後者については実験開始時と終了時の苗木の重さの増加量で補正して苗木の吸水量とした。なお、苗木への水分補給は減少量測定の際に毎回行い、補給量は減少量と同程度とした。実験開始から 90 日後と 180 日後にそれぞれ 5 個体を採取・解体し、各苗木から枝葉・樹皮・材のサンプルを得た。サンプルは乾燥・粉碎した後、容量 100ml の U-8 容器に封入し、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ロメトリーによってサンプル中の  $^{137}\text{Cs}$  の放射能を求めた。各部位中に移行した  $^{137}\text{Cs}$  量はそれぞれの  $^{137}\text{Cs}$  濃度に現存量を掛けて求めた。

#### (3) スギ成木の樹液流速と幹材の Cs 濃度に関する調査

スギ成木を対象とし、樹液流速(樹幹中を上方向に移動する水の速度)の計測と幹材の  $^{133}\text{Cs}$  濃度の測定を行った。約 60 年生のスギ林においてスギ 7 個体を選定し、各個体において長さ 2 cm のグラニエ式センサーを樹幹(胸高付近)最外部 2 方向に挿入した。セン

サーの値はデータロガーで30秒毎に計測し、10分毎にそれらの値を平均して記録した。計測は2016年5月に開始し、データが安定して得られた6~9月の計測値を解析に用いた。各日の最低流速を基準として補正を行い、全期間中の流速を平均し、さらに各個体2方向の流速を平均して平均樹液流速とした。

幹材の $^{133}\text{Cs}$ 濃度を測定するため、成長錐を用いて幹材のコアサンプリングを行った。コアは乾燥・粉碎後、約0.1gを硝酸で分解し、誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS)で $^{133}\text{Cs}$ 濃度を測定した。なお、環境中でCsと類似した挙動を示す同じアルカリ金属元素であるルビジウム( $^{85}\text{Rb}$ )の同時測定も行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) スギ苗木の水耕実験

水耕栽培したスギ苗木の吸水量と苗木の各部位(材・樹皮・枝葉)へ移行した $^{133}\text{Cs}$ 量の間には正の相関が見られ、吸水量が多い個体ほど $^{133}\text{Cs}$ の吸収量が多く、各部位に移行する $^{133}\text{Cs}$ の量も多いことが明らかとなった(図1)。

3年生と4年生の苗木の間では同じ吸水量でも材への $^{133}\text{Cs}$ 移行量が異なったが、地上部全体への $^{133}\text{Cs}$ 移行量にはあまり違いはなかった。このことは、材へ移行する $^{133}\text{Cs}$ 量は枝葉などの他の部位の活性にも左右されることを示唆していると考えられた。

##### (2) スギ苗木の土耕実験

福島原発事故によって $^{137}\text{Cs}$ 汚染した森林の鉾質土壌で栽培したスギ苗木の吸水量と苗木の各部位(材・樹皮・枝葉)へ移行した $^{137}\text{Cs}$ 量の間には正の相関が見られた(図2)。したがって、実際の生育条件により近い土耕条件下においても水耕条件下と同様に吸水量がCs吸収量を左右する要因となりうるということが明らかとなった。

また、回帰直線から大きく外れた個体が見られたことは、吸水量以外にもCs吸収量を大きく左右する生理的な要因があることを示唆していると考えられた。

##### (3) スギ成木の樹液流速と幹材のCs濃度に関する調査

スギ成木において幹材最外部(0-2cm)の平均樹液流速と幹材の $^{133}\text{Cs}$ 濃度の間には正の相関が見られ(図3)、実際に森林で生育するスギにおいても吸水量がCs吸収量に影響を及ぼしていると考えられた。しかし、環境中でCsと類似した挙動を示す同じアルカリ金属元素のRbについては樹液流速との間に相関関係は見られなかったため、今回の結果の妥当性や一般性に関してはより慎重に検討していく必要がある。

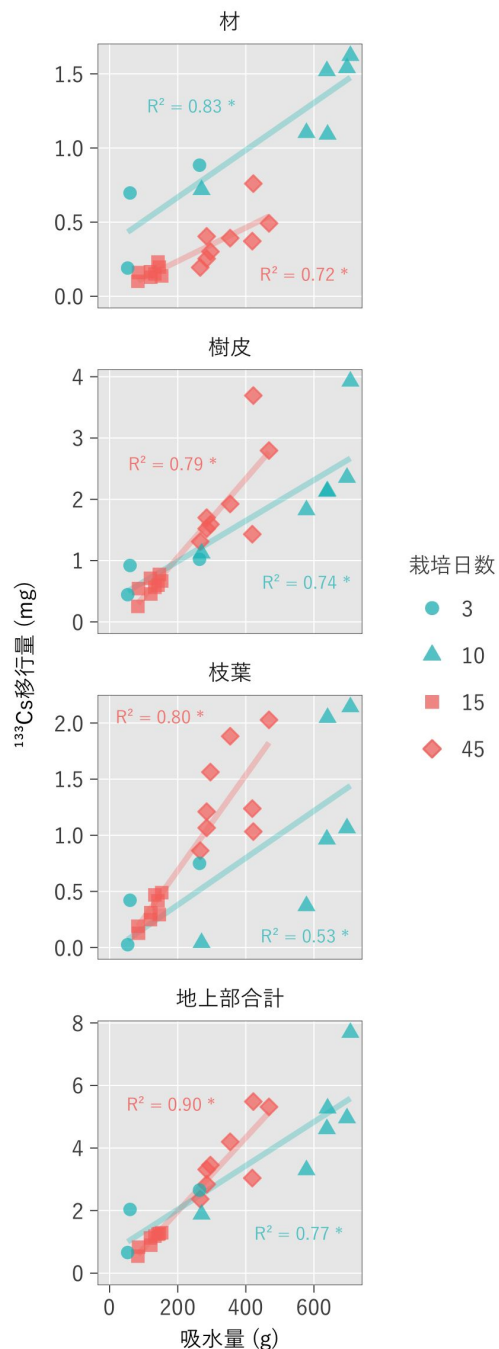


図1 水耕実験におけるスギ苗木の吸水量と苗木の各部位(材・樹皮・枝葉)へ移行した $^{133}\text{Cs}$ 量の関係  
赤色は3年生の苗木、緑色は4年生の苗木であることを示す。\*  $p < 0.05$

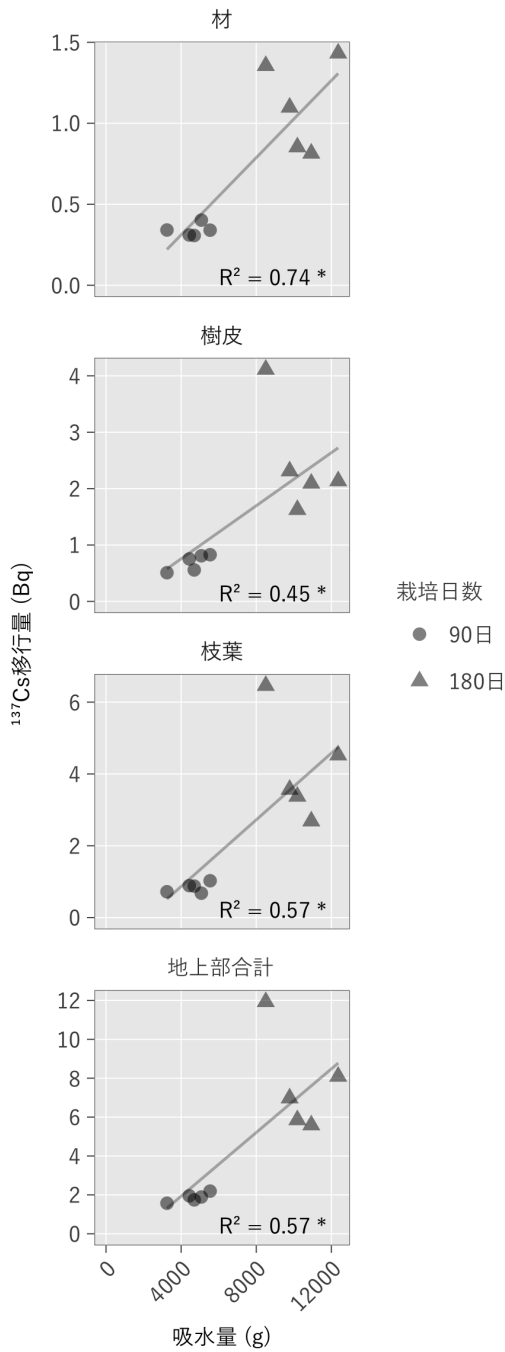


図2 土耕実験におけるスギ苗木の吸水量と苗木の各部位(材・樹皮・枝葉)へ移行した $^{137}\text{Cs}$ 量の関係  
\*  $p < 0.05$

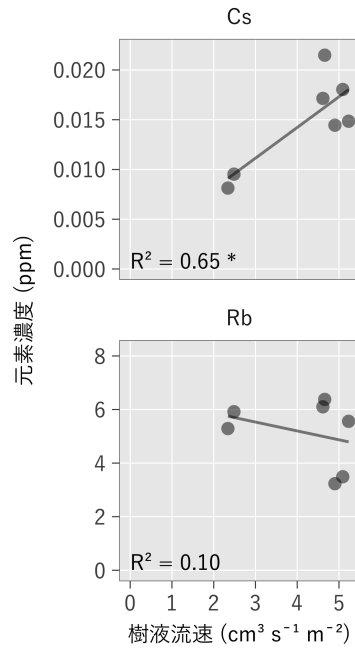


図3 スギ成木における幹材最外部(0-2cm)の平均樹液流速と幹材中のセシウム( $^{133}\text{Cs}$ )およびルビジウム( $^{85}\text{Rb}$ )濃度の関係  
\*  $p < 0.05$

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計2件)

大橋伸太、黒田克史、赤間亮夫、スギのセシウム吸収量を左右する要因の解明のための水耕実験 吸水量と培養液中カリウム濃度の影響について、第67回日本木材学会大会、2017年3月17日~19日、九州大学箱崎キャンパス・アクロス福岡(福岡県福岡市)

大橋伸太、黒田克史、赤間亮夫、スギ・コナラ苗における吸水量とセシウム移行量の関係、第127回日本森林学会大会、2016年3月27日~30日、日本大学生物資源科学部(神奈川県藤沢市)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

大橋 伸太(OHASHI, Shinta)

国立研究開発法人森林総合研究所・木材加工・特性研究領域・研究員

研究者番号: 70754315