

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26511010

研究課題名(和文)スギ材の放射性セシウム吸収リスクの判定

研究課題名(英文)Risk evaluation of radio-caesium incorporation into wood of Japanese cedar

研究代表者

高橋 正通 (TAKAHASHI, Masamichi)

国立研究開発法人森林総合研究所・企画部・部長

研究者番号：40353750

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：東京電力福島原発事故による森林の放射性セシウム(Cs)汚染でスギ材への影響が懸念されている。土壌からのセシウム吸収による汚染リスクを推察するため、環境に広く存在する安定Cs(133-Cs)やCsと同族元素のカリウム(K)等を指標としてスギ材のCs汚染の可能性を推定した。福島県のスギ4林分の調査では、旧葉と材の安定Cs濃度が比例しており、材を分析しなくとも葉から材の汚染を推定できる可能性が示された。四国のスギ精英樹クローン圃場で黒心材と赤心材系統を比較したところ、黒心材の方が安定Cs濃度は高く、黒心系統のスギはセシウム吸収リスクが高い可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：It is concerned that wood of Japanese cedar (sugi) will be contaminated by radio-caesium after the accident of Fukushima Daiichi nuclear power plant. To estimate the risk of absorption of radio-caesium by sugi in future, we analyzed the concentrations of stable Cs (133-Cs), being a common element in nature, and homogeneous elements such as potassium (K) in sugi plantations. One year old needle could be used for estimating contamination levels of Cs in sugi wood because the stable Cs concentrations in needle and wood showed a positive relationship between them collected from four sugi plantations in Fukushima. We also compared the concentration of stable Cs between black-heart and the red-heart of wood of sugi clones collected from the nursery of Shikoku and found that the black-heart was likely to accumulate larger amount of Cs than the red-heart of sugi.

研究分野：森林土壌

キーワード：放射能汚染 スギ 木材 セシウム カリウム 養分吸収 クローン 黒心材

1. 研究開始当初の背景

(1) 2011年3月に東京電力福島第一原子力発電所から飛散した放射性物質は東日本に広く拡散し、航空機によるモニタリングでは関東北部や東南北部の森林は数十万ベクレル/m²程度の汚染レベルに及んでいる。当初、樹木の枝葉や樹皮に沈着した放射性セシウムはその後の降雨により洗脱されて濃度は半減したが、土壌の放射性セシウム濃度は2~3倍に上昇した。事故当時は樹冠から落葉層まで幅広く広がっていた放射性セシウムが落葉層や土壌表層部分に集まっている。土壌の表層付近に樹木の吸収根が集中するため、根を通じた放射性セシウムの吸収は今後継続して進行するものと予想される。チェルノブイリ原発事故では、土壌の放射性セシウムが樹木に吸収され、木材の汚染が長期間継続し、木材の利用制限等が講じられた。福島県は林業の盛んな県であり、スギの植林地が多い。スギ材が将来にわたり安全に利用できるかどうかは木材業界や木材利用者にとっての大きな関心事となっている。事故後、放射能の汚染程度と比例してスギ木材中にも放射性セシウムが含まれることが明らかとなっているが、今後も土壌から放射性セシウムが吸収されるならば、その吸収リスクを予測する方法の研究が望まれている。

(2) コメ等農作物では原発事故に伴い組織的な研究がなされ、セシウムの化学的性質はアルカリ金属元素であるカリウムやルビジウム等と類似し、植物の吸収や蓄積傾向も同様であることが知られている。例えば、土壌中のカリウム濃度が低い場合、代わりにセシウムが吸収される割合が高くなる。このような植物の生理学的特性はスギ等樹木にも当てはまると考えられるが、研究例は少ない。

(3) カリウムとスギとの関係では興味深いことが知られている。スギ材の中には黒心材とよばれ、心材部分が水分に富み黒変しやすく商品価値の低い材があるが、その材の黒心部分はカリウムに富むことが知られている。黒心は品種や立地条件が関係するといわれているが、詳細は不明である。このようなカリウム吸収の特徴から、黒心になりやすい品種はセシウムも吸収しやすい可能性が考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、自然界に普遍的に存在する安定セシウム(133-Cs)は長期的に土壌と植物との間で動的平衡関係を築いているので、将来におけるスギ材の放射性セシウム汚染の程度は、安定セシウム濃度から推定できると仮定し、カリウムや安定セシウムを指標としてスギ材の放射性セシウム吸収リスクを推定しようというものである。そのため1)福島県のスギ林で採取されたスギ葉や土壌の試料を利用し、カリウムやセシウムの特徴を明

らかにし、2)スギの葉の安定セシウム濃度はスギ材のセシウム濃度を反映するかどうか、3)黒心材は赤心材よりセシウムを取り込みやすいかどうか、を検証する。

3. 研究の方法

(1) 福島県のスギ林のカリウムの状況
原発事故前に採取された福島県のスギの当年葉の試料を利用し、カリウム濃度を分析し、同時期に採取された全国各地のスギ林のデータと比較することにより、福島県のスギの養分状態を明らかにする。

(2) スギの部位ごとの安定セシウム、カリウム濃度の関係
原発事故後に調査された福島県の4スギ人工林(汚染度:川内>上川内>大玉>只見)から、葉(当年葉および旧葉)と材(心材および辺材)の安定セシウム(133-Cs)を分析するとともに、同族のアルカリ金属元素であるルビジウム(Rb)、カリウム(K)濃度を測定し、元素による類似関係を解析する。

(3) 黒心材系統のスギの安定セシウム濃度
同じ土壌に植栽されたスギの黒心系統と赤心系統のクローンの違いによる安定Cs吸収を比較する。そのため、林木育種センター関西育種場四国増殖保存園内のスギ育種素材保存園に生育する精英樹クローンのうち、記録から黒心と予想される3クロンおよび赤心と予想される4クロンから葉と材を採取し、安定セシウム濃度を比較する。

(4) 化学分析

上記の分析では、樹木の試料は湿式灰化法で分解後、ICPで定量する。土壌はpH7酢酸アンモニウム抽出による交換性陽イオン態として分析する。

4. 研究成果

(1) 福島県のスギ林のカリウムの状況
福島県のスギ当年葉のK濃度は平均5(標準偏差1.28, n=25)mg/g程度であった。全国のスギ葉の県別平均K濃度は4.2~8.5mg/gの間にあり、福島県は下位6番目に区分された。福島県のスギ林表層土壌(0~5cm, n=24)は平均pH5.6、交換性Kは0.7molc/kgであった。全国のスギ林土壌の平均値と比較すると、pHは高く、交換性K濃度も高かった。樹木の葉の成分は土壌養分の影響を反映し指標として利用されるが、福島県のスギ葉のK濃度に関してはセシウム吸収と拮抗する表層土壌のK濃度の指標としては適切でないことがわかった。これは試料の分析値の範囲が狭いこと、下層土の状態を考慮していないこと等の影響と考えられた。

(2) スギの部位ごとの安定セシウム、カリウム濃度の関係

福島県のスギ4林分から採取した葉と材の安定Cs、ルビジウム(Rb)、K濃度は、いずれの元素も旧葉より当年葉で、辺材より心材で高かった。旧葉の安定Csと木材の安定Cs濃度は比例していた(図1)。心材に蓄積した

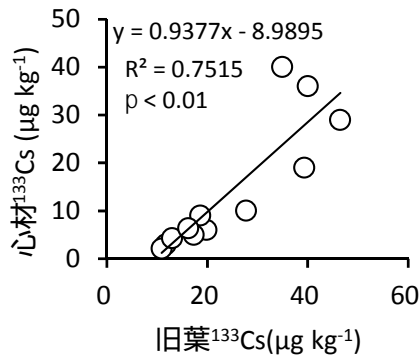


図1. スギの旧葉と心材の安定セシウム濃度の関係

アルカリ金属元素類の関係ではRbと安定Csは比例して蓄積していたが、安定CsとKとの関係は不明瞭であった(図2)。また、小さいサイズの個体は大きいサイズの個体よりも安定Cs、Rb、K濃度が低い傾向がみられた(図2)。これまでの調査からスギは材にセシウムを蓄積する性質がある。本研究から、成長の旺盛な個体ほどそれらの元素の吸収量が大きく、蓄積しやすいものと考えられた。旧葉の安定Cs濃度と心材および辺材の安定Cs濃度には正比例の関係がみられたことから、葉の安定Cs濃度から材の安定Cs濃度を推定することが可能だと考えられた。樹体の安定Cs濃度は採取地によって異なり、材では約3倍の違いがあった。樹体の安定Cs濃度の高かった只見と上川内は、表層土壌の交換性K濃度が他の2林分に比べてやや低く、代替としてCsを吸収したと考えられる。ただし、表層土壌の交換性Cs濃度は只見では高かったものの、上川内では低かったため、土壌中の安定Cs濃度はス

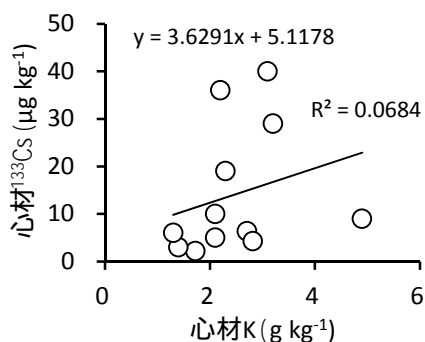


図2 心材の安定セシウムとカリウム濃度との関係

ギ材の安定Cs濃度の決定要因ではないのかもしれない。また、サイズの小さな個体では樹体の安定Cs濃度および放射性Cs濃度が低い傾向がみられたことから(図3)、Csの経根吸収速度や樹体内での移動や集積は生育状態も影響している可能性がある。

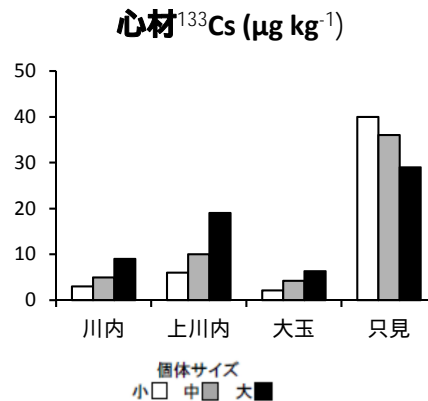


図3 スギの調査4林分における個体サイズによる心材の安定セシウム濃度比較

(3) 黒心材系統のスギの安定セシウム濃度
過去の伐倒記録から黒心3クローンと赤心4クローンの試料を採取したが、そのうち6クローンは心材の生材含水率が200%前後と高く、1クローンのみが86%であり明らかに赤心と判断できた。赤心材は黒心材と比べ、心材のK濃度が低く、安定Cs濃度は検出できないほど低濃度であった(図4)。心材中のK濃度と安定Cs濃度の相関は低かった($R^2 = 0.3454$)。これらの結果から、黒心材は赤心材より安定Cs濃度が高い可能性はあるが、さらなるデータの蓄積が必要である。

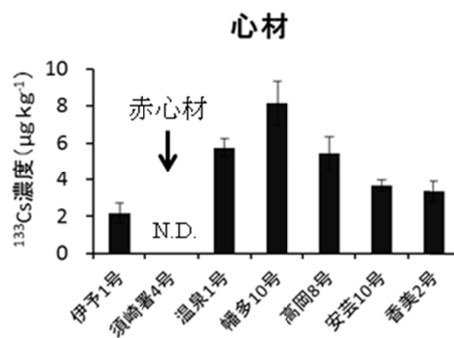


図4 スギ心材部における赤心系統のクローン(須崎署4号)と黒心系統と推定された6クローンの安定セシウム濃度の比較

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計9件)

長倉淳子, 安部久, 張春花, 高野勉, 高橋正通, 放射性セシウム沈着量の異なる林分

から採取したスギの葉と材のセシウム, 森林立地学会誌, 査読有, Vol.58, 2016, pp.51-59.

[http://shinrin-ritchi.jp/abst/58-2-51/Masamichi Takahashi](http://shinrin-ritchi.jp/abst/58-2-51/Masamichi_Takahashi), George Shaw, Frederic Coppin, Radioactive contamination in forest ecosystems: From Chernobyl to Fukushima. Journal of Environmental Radioactivity, 査読有, Vol.161, 2016, pp.1-1.

<http://www.sciencedirect.com/science/journal/0265931X/161>

Masamichi Takahashi, Five years have passed since the nuclear accident at Fukushima, Japan. SOIL CONNECTS, IUSS Division 4 newsletter, 査読無, Vol.4, 2016, pp.12-13.

http://iuss.boku.ac.at/files/division_4_newsletter_issue_4_13072016.pdf

高橋正通, 原発事故後の森林再生に向けた課題, 森林環境, 査読有, Vol.2016, 2016, pp.39-49.

高橋正通, 森林の放射性物質汚染と除染の現状・課題, 環境情報科学, 査読有, Vol.44, 2015, pp.1-6.

高橋正通, 森林・木材の汚染実態と長期モニタリング, 学術の動向, 査読無, Vol.2015(10), 2015, pp.9-15.

高橋正通, 森林と林産物の放射能汚染の現状と今後の課題, JATAFF ジャーナル, 査読無, Vol.3, 2015, 41-45.

高橋正通, 福島第一原発事故に伴うその後の森林木材への影響, Isotope News, 査読無, Vol.724, 2014, pp.25-29.

高橋正通, 福島の森林と木材の発展的な将来をめざして, 森林科学, 査読無, Vol.72, 2014, pp.25-25

[学会発表](計2件)

長倉淳子 他, スギ精英樹の木部へのカリウム、セシウム集積におけるクローン間差, 第128回日本森林学会, 2017年3月29日, 鹿児島大学郡元キャンパス(鹿児島県鹿児島市)

長倉淳子 他, 2014年に福島県で採取したスギの葉と材のセシウム、カリウム、ルビジウム含有量, 第5回関東森林学会大会, 2015年10月19日, 茨城県立県民文化センター(茨城県水戸市)

6. 研究組織

(1)研究代表者

高橋 正通 (TAKAHASHI, Masamichi)
国立研究開発法人森林総合研究所・企画部・部長
研究者番号: 40353750

(2)研究分担者

長倉 淳子 (NAGAKURA, Junko)
国立研究開発法人森林総合研究所・立地環

境研究領域・主任研究員

研究者番号: 70353787

安部 久 (ABE, Hisashi)

国立研究開発法人森林総合研究所・企画部・室長

研究者番号: 80343812

高野 勉 (TAKANO, Tsutomu)

国立研究開発法人森林総合研究所・企画部・科長

研究者番号: 90353747

(3)研究協力者

久保田 正裕 (KUBOTA, Masahiro)

国立研究開発法人森林総合研究所・林木育種センター関西育種場・課長

大久保 典久 (OOKUBO, Norihisa)

国立研究開発法人森林総合研究所・林木育種センター関西育種場・係長

飯田 啓達 (IIDA, Yoshisato)

国立研究開発法人森林総合研究所・林木育種センター関西育種場・係員