

福島第一原発事故後に更新したアカマツ、スギ、コナラの枝葉の<sup>137</sup>Cs濃度の季節変化田中憲蔵<sup>1</sup>・齊藤哲<sup>2</sup>・三浦覚<sup>1</sup>・梶本卓也<sup>3</sup>

- 1 森林総合研究所
- 2 森林総研関西
- 3 森林総研東北

**要旨**：樹木の葉と当年枝の<sup>137</sup>Cs濃度の季節変化を明らかにするために、福島県田村市都路地区で原発事故後に植栽したコナラとスギ、事故後に天然更新したアカマツの実生、事故後伐採したコナラから発生した萌芽枝について、2016年6月から2017年12月まで1から数カ月間隔で当年シュートの採集を行った。また、コナラは1回目の伸長に続いて、2度目、3度目の伸長が見られたため、これらの枝次数間でも<sup>137</sup>Cs濃度を比較した。試料は葉と枝に分けゲルマニウム半導体検出器で<sup>137</sup>Cs濃度を測定した。3樹種とも葉と枝の<sup>137</sup>Cs濃度は季節変化し、展葉直後の若い葉や枝で濃度が高いが、その後濃度は低下し8月以降から冬期にかけては比較的变化が小さかった。コナラでは若い2次枝、3次枝の濃度がやや高くなる傾向があった。以上から、<sup>137</sup>Csは比較的若い部位で濃度が高くなると考えられた。

**キーワード**：<sup>137</sup>Cs, 経根吸収, 福島第一原発事故, 萌芽更新, 放射性物質

**Seasonal changes in <sup>137</sup>Cs activity in current year shoot in *Pinus densiflora*, *Cryptomeria japonica* and *Quercus serrata* after the accident of Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant**

Tanaka KENZO<sup>1</sup>, Satoshi SAITO<sup>2</sup>, Satoru MIURA<sup>1</sup>, Takuya KAJIMOTO<sup>3</sup>

FFPRI, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687

Kansai Res. Cent., FFPRI, Kyoto, Kyoto, 612-0855

Tohoku Res. Cent., FFPRI, Morioka, Iwate, 020-0123

**Abstract**: We studied seasonal change in <sup>137</sup>Cs activity of current leaves and branches in *Pinus densiflora* (naturally regenerated saplings), *Cryptomeria japonica* (planted saplings) and *Quercus serrata* (planted saplings and coppices) in Miyakoji, Tamura, Fukushima. Current year shoots were collected from June 2016 to December 2017 at intervals of one to several months. In addition, <sup>137</sup>Cs activity in *Q. serrata* was compared among first shoots (elongated at May) and lammas shoots appeared successively from June to August. All collected shoots were divided into leaves and branches and the activity of <sup>137</sup>Cs measured for grinded samples by using a germanium semiconductor detector (GEM20-70). Regardless of tree species, there were significant seasonal changes in <sup>137</sup>Cs, and the activity was higher in young leaves and branches at May or June, while the activity decreased thereafter and the change was relatively small from August to winter. In *Q. serrata*, the <sup>137</sup>Cs activity of younger secondary and tertiary lammas shoots tended to be higher than older first shoot. From these results, <sup>137</sup>Cs was thought to be high at relatively younger organs such as just expanded and lammas shoots.

**Key-word**: <sup>137</sup>Cs, root uptake, Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant, coppice, radioactive material

## I はじめに

東京電力福島第一原発事故による放射性セシウム (Cs) 汚染地域で、木材やシイタケ原木として利用される木部の汚染の程度を、立木段階で簡便に推定する方法が求められている。葉や当年枝は採取が容易なため、放射性Csによる木部汚染の指標として有望である(6, 11)。しかし、これまでの研究から樹木の葉や枝ではカリウム(K)、窒素、デンプンなど様々な物質の季節的な濃度変化が報

告されていることから(3-5, 7, 8), 放射性Cs濃度も季節変化する可能性が高い。特に、枝や葉の伸長展葉期には細胞分裂が活発な伸長部分に様々な物質が移動するため(5, 7, 8), 放射性Csの濃度変化も大きいと考えられる。実際、福島第一原発事故やチェルノブイリ原発事故後の調査からも、季節や葉齢に伴う<sup>137</sup>Cs濃度の変化が指摘されている(1, 2, 9, 14, 15)。また、樹体内での放射性Csの移動は、元素の性質がよく似て

いる K に類似するとの指摘があり、K が蓄積する部分である茎などの成長点に集積する可能性が高い (10, 12 - 15)。しかし、当年枝・葉の Cs 濃度の季節変化を 1 年以上モニタリングした例は限られ、年間を通じてどのような濃度変化がみられるのか、種間差など不明な点が多い。

この研究では、福島第一原発事故後に植栽または天然・萌芽更新した樹木の当年枝と葉の放射性 Cs 濃度の違いについて、林業樹種として重要なスギ (*Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L.f.) D. Don), アカマツ (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.), コナラ (*Quercus serrata* Murray) を対象に 2016 年 6 月から 2017 年 12 月までの 2 成長期間にわたって調べた。また、コナラについては 5 月ごろに 1 度目の枝の伸長 (1 次枝) のあと 6 月から 8 月にかけて 2 度目 (2 次枝), 3 度目 (3 次枝) の伸長が見られたことから、これらの枝間での放射性 Cs 濃度の違いについても明らかにすることを目的とした。

## II 材料と方法

**1. 調査地** 調査は、福島県田村市都路地区の林分で行った。調査地の 2015 年 11 月の空間線量は約  $0.5 \mu\text{Sv hr}^{-1}$  で、放射性 Cs の沈着量は約  $130 \text{ kBq m}^{-2}$  であった (11)。スギは 2013 年に植栽した個体、アカマツは事故後に天然更新した実生を各 10 個体調査に用いた。また、コナラは 2013 年に植栽した個体と、2012 年に伐採した株からの萌芽個体を各 10 個体選んだ。

**2. 調査方法** 2016 年 6 月, 7 月, 8 月, 10 月, 12 月, 2017 年 3 月, 5 月, 8 月, 10 月, 12 月に供試木の当年枝を採取し、アカマツとコナラについては枝と葉に分けて放射性 Cs を測定した。スギは、枝と葉の区別が困難なため分けずに測定した。また 2016 年 6 月と 2017 年 5 月のスギについては、当年葉に加え古い 1 年葉も採取した。コナラについては 2016 年 8 月と 10 月に 1 次枝の先に新たに 2 次枝などが伸長していたため、それぞれの枝を分けて採取した。各樹種とも 2016 年 6 月や 2017 年 5 月は展葉開始からまだ時間がたっていないため葉の色が薄く質感も柔らかかったが、7 月や 8 月以降には成熟した葉に近い葉色や堅さであった。

全ての試料は、乾燥器 (75°C) で 72 時間程度乾燥してから細かく粉砕し、放射性 Cs 濃度をゲルマニウム半導体検出器 (GEM20-70, セイコー EG&G) で測定し、半減期を使って基準日 (各年の 9 月 1 日) に補正した値を用いた (11)。放射性同位体である  $^{134}\text{Cs}$  も検出されたが濃度が薄いため本研究では  $^{137}\text{Cs}$  の濃度で評価した。また、個体ごとに  $^{137}\text{Cs}$  濃度のばらつきが大きいので、季節変化の解析では各個体の最大値を示した月を基準にした

$^{137}\text{Cs}$  濃度の相対値で解析を行った。

## III 結果と考察

**1. 枝と葉の  $^{137}\text{Cs}$  濃度** アカマツとコナラの当年生の枝と葉の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の間には直線回帰による有意な相関がみられ ( $P < 0.01$ ), 同一個体の当年枝と葉の  $^{137}\text{Cs}$  濃度は対応していることが分かった (図 - 1)。同様の関係は他の樹種でも見られ今回の結果と矛盾しなかった (10)。

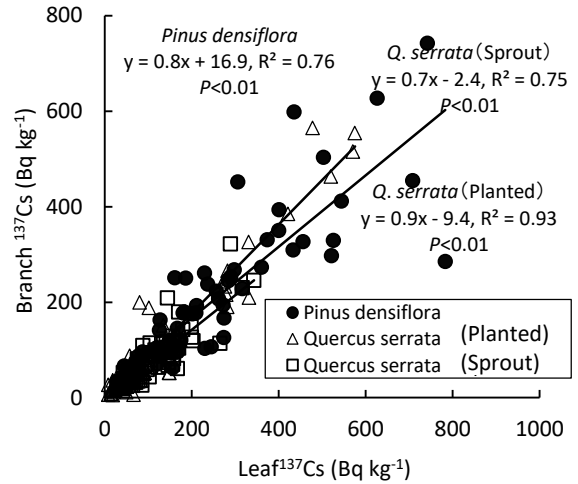


図-1. 枝と葉の  $^{137}\text{Cs}$  濃度

Fig.1  $^{137}\text{Cs}$  activity between branch and leaf.

**2.  $^{137}\text{Cs}$  濃度の季節変化** スギ, アカマツとも当年生の葉と枝の  $^{137}\text{Cs}$  濃度は季節変化した (図 - 2)。両樹種ともに 2016 年の 6 月や 2017 年の 5 月の展葉期に  $^{137}\text{Cs}$  濃度が高く、その後 8 月ごろにかけて濃度が大きく低下した。また、8 月以降は春先まで値は漸減するが変化が少なく安定していた。スギでは 1 年葉に比べ当年

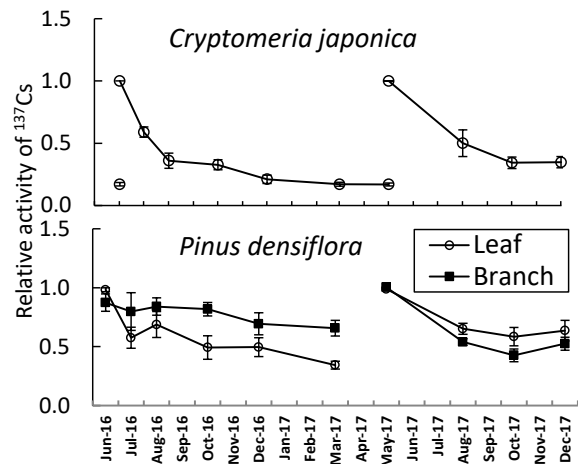


図-2.  $^{137}\text{Cs}$  相対値の季節変化 (スギとアカマツ)

Fig.2 Seasonal changes on relative  $^{137}\text{Cs}$  activity in *C. japonica* and *P. densiflora*.

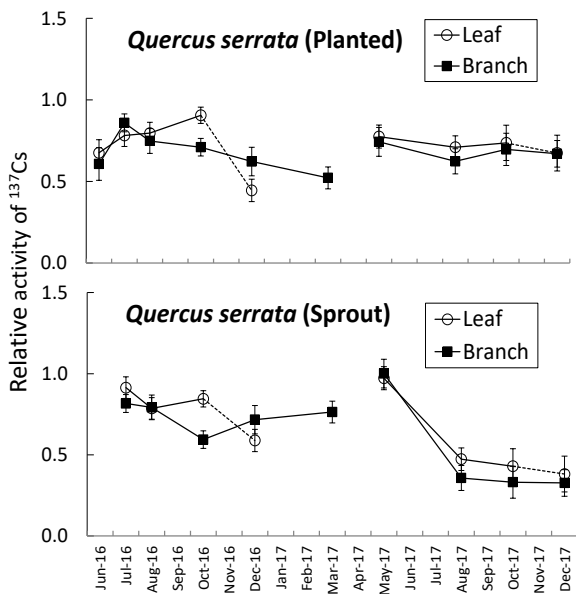


図-3. <sup>137</sup>Cs相対値の季節変化 (コナラの植栽木と萌芽个体) 12月は枯葉のため破線で表示

Fig. 3 Seasonal changes on relative <sup>137</sup>Cs activity in *Q. serrata*. Dotted line means dead leaf in December.

葉で <sup>137</sup>Cs の濃度が高いとの報告があり矛盾しなかった (2, 11, 15)。

コナラについては、2016年は萌芽个体、植栽个体共に季節に伴う <sup>137</sup>Cs の濃度変化がやや不明瞭であった (図-3)。しかし、2017年は展葉直後の5月に値が高く、夏にかけて値が低下しその後安定するというアカマツやスギで見られたのと同様の季節変化が特に萌芽个体で顕著に見られた。2016年の変化が不明瞭だったのは、この年の最初の試料採取が、植栽个体は6月、萌芽个体は7月とシュートが伸長してから1ヵ月以上経過しており <sup>137</sup>Cs 濃度の大きな変化をうまくとらえられなかった可能性が考えられた。新葉での <sup>137</sup>Cs 濃度の増加は、Cs と元素特性が似ているKの濃度変化と関連があると考えられる (11, 13, 14, 15)。実際、アカマツ、コナラ、スギ共に展葉直後には葉のK濃度が高く、夏場にかけて大きく濃度が低下することが分かっている (5, 7, 8)。また、コナラについては、12月に枯葉がシュートについたままの个体があったため、枯葉の <sup>137</sup>Cs 濃度の測定も行った。枯葉の <sup>137</sup>Cs 濃度は10月の緑葉に比べ値が低下している場合がみられ (図-3)、枯死に伴い離層が形成される前に葉の <sup>137</sup>Cs が樹体内に引き戻された可能性が考えられた。10月と同一個体で比較した場合も12月に <sup>137</sup>Cs 濃度の低下が見られた。実際、コナラの葉のKなど元素濃度の季節変化を調べた研究からは、落葉前に多くの元素が樹体内に引き戻され再利用されることが分かっ

ている (3, 7)。特に、Cs と元素特性が類似し、樹体内での挙動に相関があるといわれるKも落葉前に引き戻しによる濃度の低下が報告されており、今回の <sup>137</sup>Cs の低下もKの引き戻しに伴ってCsも回収されたためと考えられた (3, 7)。

3. コナラ当年枝内の葉と枝の <sup>137</sup>Cs 濃度の違い 同じ季節に採取したコナラの当年枝内のシュートの次数間での <sup>137</sup>Cs 濃度にも差がみられた (図-4, 5)。特に、8月に採取した個体では、5月ごろ伸長した古い1次枝に比べ、7月から8月に伸長した若い2次枝や3次枝の <sup>137</sup>Cs 濃度が高い傾向がみられた (図-4, 5)。一方、10月にはこれら枝次数間での <sup>137</sup>Cs 濃度の差は比較的小さくなっていた (図-5)。このことから、同じ当年枝内でもより新しく伸長した部位に <sup>137</sup>Cs が集まり濃度が高くなると考えられた。また当年枝を <sup>137</sup>Cs 濃度の指標にする場合には、濃度の季節変化に加え当年枝内での違いにも注意する必要があると考えられた。

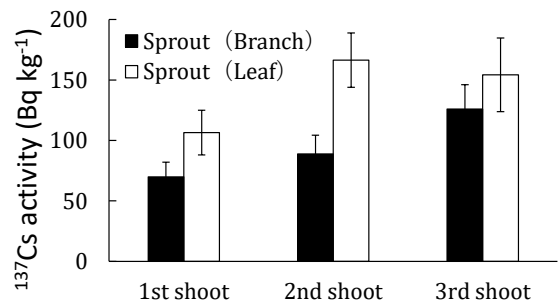


図-4. 当年枝内での<sup>137</sup>Cs濃度 (萌芽个体の8月)

Fig. 4 <sup>137</sup>Cs activity between 1<sup>st</sup> and lammas shoots (2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> shoots) in sprouted *Q. serrata* in August.

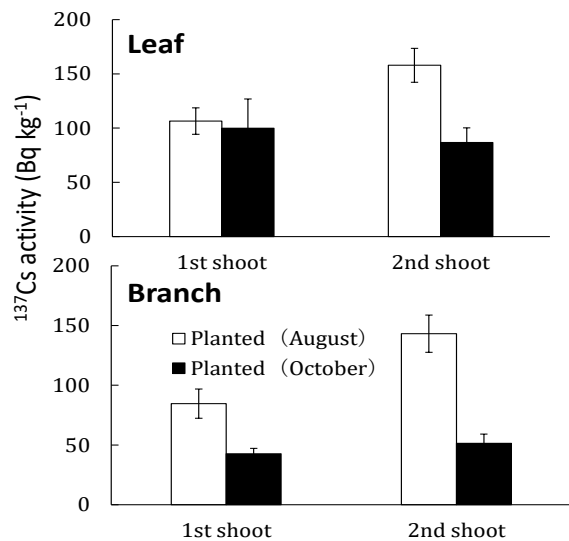


図-5. 当年枝内での<sup>137</sup>Cs濃度 (植栽木の8月と10月)

Fig. 5 <sup>137</sup>Cs activity between 1<sup>st</sup> and lammas shoots (2<sup>nd</sup> shoots) in planted *Q. serrata* in August and October.

#### IV まとめ

以上から、アカマツ、スギ、コナラとも当年枝と葉の<sup>137</sup>Cs濃度は季節変化し、展葉直後の若い葉や枝で濃度が高いが、その後濃度は低下し8月以降から冬にかけては比較的变化が小さくなることが分かった。また、コナラでは同じ当年枝の中でも、1次枝に比べより若い2次枝、3次枝の葉や枝の<sup>137</sup>Cs濃度がやや高くなる傾向があるが、秋以降には当年枝内での差が小さくなると思われた。以上から、調査した3樹種の<sup>137</sup>Csは若い部位で濃度が高くなるが、10月以降から冬にかけては比較的濃度変化が少なく安定しているため、樹体の汚染程度の指標として当年枝や葉を使用する場合には秋から冬に採取すると誤差を少なくできると考えられた。

**謝辞**：本研究の実施にあたって現地調査や分析等でふくしま中央森林組合や森林総研の方々のご協力を頂いた。厚くお礼申し上げる。また本研究は、森林総研交付金プロジェクト「森林の放射性セシウム動態解明による将来予測マップの提示」、農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業：放射能汚染地域におけるシイタケ原木林の利用再開技術開発」、林野庁委託事業「森林内における放射性物質実態把握調査事業」により実施した。

#### 引用文献

- (1) 赤間亮夫・清野嘉之(2015) コシアブラの放射性セシウム汚染—汚染程度が異なる地域間の比較及び季節変化—。関東森林研究 66: 225-228
- (2) Kanasashi T, Sugiura Y, Takenaka C, Hijii N, Umemura M (2015) Radiocesium distribution in sugi (*Cryptomeria japonica*) in Eastern Japan: translocation from needles to pollen. J. Environ. Radioact. 139: 398-406
- (3) 川名明(1989) 落葉広葉樹および常緑広葉樹の枝葉中の生育休止期に入る前後の諸元素含有率の変化について。日林講 100 : 237-238
- (4) Kenzo T, Yoneda R, Ninomiya I (2018) Seasonal changes in photosynthesis and starch content in Japanese fir (*Abies firma* Siebold et Zucc.) saplings under different levels of irradiance. Trees 32: 429-439
- (5) 畔柳鎮(1962) 発光分光分析による樹葉灰分組成の季節変化の研究。岡山大農学術報 20 : 23-36
- (6) 長倉淳子・安部久・張春花・高野勉・高橋正通。(2016) 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、ルビジウム、カリウム含有量。森林立地 58 : 51 - 59

- (7) 中塚友一郎(1943) 樹木及樹苗の生理化学的研究(第1報) 落葉潤葉の無機成分及窒素量の季節変化。日林誌 25: 521-532.
- (8) 中塚友一郎(1948) 樹木及樹苗の生理化学的研究(第3報) 針葉の無機成分及窒素量の季節変化。日林誌 31: 121-126
- (9) Rantavaara A, Vetikko V, Raitio H., Aro L (2012) Seasonal variation of the <sup>137</sup>Cs level and its relationship with potassium and carbon levels in conifer needles. Sci. Total Environ. 441: 194-208
- (10) 田中憲蔵・梶本卓也・齊藤哲ら(2016) 福島原発事故で汚染された森林における様々な樹木種の放射性セシウム濃度。関東森林研究 67: 45-48
- (11) 田中憲蔵・梶本卓也・齊藤哲・三浦覚(2017) 福島第一原発事故後に植栽萌芽した3樹種の当年枝と葉の放射性セシウム濃度。関東森林研究 68: 9-12
- (12) 田中憲蔵・齊藤哲・三浦覚・梶本卓也・小林奈通子・田野井慶太郎(2018) 福島第一原発事故で汚染された様々な樹種の葉内<sup>137</sup>CsとK濃度の関係。関東森林研究 69: 39-42
- (13) 山口紀子・高田裕介・林健太郎・石川 覚・倉俣正人・江口定夫・吉川省子・坂口 敦・朝田 景・和穎朗太・牧野知之・赤羽幾子・平館俊太郎(2012) 土壌—植物系における放射性セシウムの挙動とその変動要因。農環研報 31: 75-129
- (14) Yoshihara T, Hashida SN, Abe K, Ajito H (2014) A time dependent behavior of radiocesium from the Fukushima-fallout in litterfalls of Japanese flowering cherry trees. J. Environ. Radioact. 127: 34-39
- (15) Yoshihara T, Matsumura H, Hashida SN, Nakaya K (2016) Radiocesium contamination in living and dead foliar parts of Japanese cedar during 2011–2015. J. Environ. Radioact. 164: 291-299