

7.9. 水生生物の放射性セシウム動態

(1) 目的

2011年3月の福島第一原発の事故により、各種の放射性物質が飛散した。落葉層及び土壌には高濃度の放射性セシウムが長時間蓄積されることが指摘されている。それらが溪流中に流れ込むことによって、溪流の生物に影響を及ぼし、ひいてはヤマメやイワナなども放射性セシウムに汚染されるため、人間の食生活にも影響が及ぶ。本調査では、溪流中の主要な要素である藻類・リター・砂について、現時点での放射能汚染の実態を把握することを目的とした。

(2) 調査方法

2019年4月、10月、11月、福島県川内村内の3地点（上川内：37.38N 140.73E、下川内1：37.28N 140.81E、下川内2：37.27N 140.81E）の溪流において、藻類・リター・砂の採集を行った。水生昆虫の採集は2019年4月に行った。藻類は、石の表面についている目に見える余分な有機物類を取り除き、表面を簡単に溪流水で洗った後、石に固着している藻類を採集し、室内にて熱風乾燥の後、放射性セシウム濃度を測定した。リターは、瀬にある岩等に引っかかっているリターを溪流水で洗浄して持ち帰り、室内にて乾燥の後、放射性セシウム濃度を測定した。砂については、瀬に存在する砂礫の砂を持ち帰り、室内にて乾燥の後ふるいにかけて（<2mm）、放射性セシウム濃度を測定した。測定には、ゲルマニウム半導体検出器を用い、Cs-134、Cs-137の放射性物質濃度の測定を行った。測定時間は値が安定するまで行い、藻類・水生昆虫は最大24時間、リターと砂は最大2時間とした。

(3) 結果及び考察

上川内・下川内1・下川内2における各試料のCs-137の測定結果を図7.9-1に示す。砂のCs-134の平均値は、3地点順（以下同様）に13 Bq/kg・18 Bq/kg・19 Bq/kg、Cs-137の平均値は、139 Bq/kg・288 Bq/kg・358 Bq/kgであった。リターのCs-134の平均値は、検出限界以下であったが、Cs-137の平均値はそれぞれ348 Bq/kg・824 Bq/kg・495 Bq/kgであった。藻類のCs-134の平均値も検出限界以下であったが、Cs-137の平均値はそれぞれ155 Bq/kg・938 Bq/kg・1367 Bq/kgであった。フタスジモンカゲロウのCs-134の平均値も検出限界以下であったが、Cs-137の平均値はそれぞれ290 Bq/kg・450 Bq/kg・1550 Bq/kgであった。マダラカゲロウのCs-134の平均値も検出限界以下であったが、Cs-137の平均値はそれぞれ270 Bq/kg・54 Bq/kg・84 Bq/kgであった。今回の結果を、2018年7月に（科研費により）採集した試料の放射性セシウム濃度と比較すると、砂において、上川内・下川内1・下川内2ともに放射性セシウム濃度の値が増加し、藻類やリターにおいて減少した。

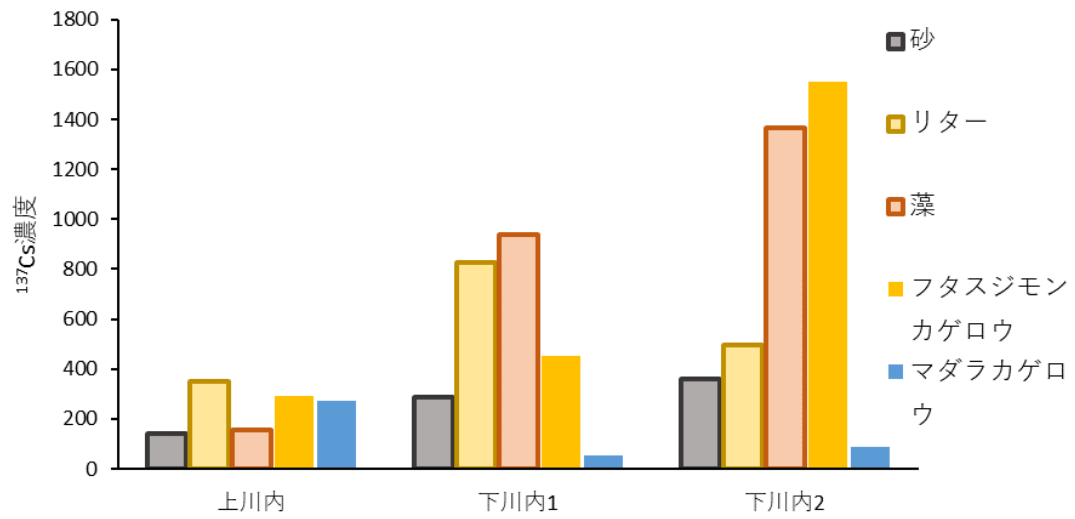


図 7.9-1 2019 年度における砂・リター・藻類・水生昆虫 2 種の Cs-137 濃度

7.10. 野生山菜の放射性セシウム

(1) 目的

野生山菜中の放射性セシウム濃度はばらつきが大きく、生育地の放射性セシウム量だけでは説明ができず、経年変化も一様ではない。実態の的確な把握が重要であることから、放射性セシウム (Cs-137) 濃度の経年変化を 2012～2016 年に調べた個体 (群) (清野・赤間 2018) の中から、調査の継続に適した 9 種 20 個体を選び、検体を採取して、種ごとの Cs-137 濃度の最新の変化を明らかにした。また、主要な種で生育地の土壌の交換性カリウムの影響を調べた。

(2) 調査方法

2019 年 8 月に三ツ石、金山、大玉でコシアブラ 5、タラノキ 2、フキ 3、ヨモギ 2、ゼンマイ 3、イタドリ 1、ヤマドリゼンマイ 2、ウド 1、ワラビ 1 個体から展開した当年茎葉を採取した。検体は熱風乾燥器で 75°C、48 時間以上で乾燥させ、重量を測った後、U-8 容器 (容量 100mL) や 0.7 L マリネリ容器に入れ、ゲルマニウム半導体検出器で Cs-137 濃度を求めた。検体が 2012～2016 年は新芽であったので、科研費等により取得したデータで別に作成した展開茎葉/新芽 Cs-137 濃度比 (表 7.10.-1) を用い、8 月採取の検体濃度から 2019 年の新芽濃度を推定した。Cs-137 濃度は 2016 年 9 月 1 日を基準日に減衰補正した。

土壌の交換性カリウム (K^+) が野生山菜の Cs-137 濃度に及ぼす影響を評価するため、ゼンマイ 20 (郡山市)、フキ 20 (福島県中通り・浜通り)、コシアブラ 18 (福島県会津・中通り・浜通り)、ワラビ 14 か所 (浜通り) の生育地の 0-5 cm 深の土壌を 100 mL 採土円筒で採取し、重量と Cs-137 濃度、交換性カリウム濃度、交換性セシウム濃度を調べた。0-5 cm 深の土壌の Cs-137 蓄積量を算出し、当年茎葉の Cs-137 濃度を除して当年茎葉への面移行係数を求めた。当年茎葉の Cs-137 濃度を目的変数、空間線量率 (範囲はゼンマイ 0.18～0.46 $\mu\text{Sv/h}$ 、フキ 0.05～12 $\mu\text{Sv/h}$ 、コシアブラ 0.04～0.90 $\mu\text{Sv/h}$ 、ワラビ 0.17～1.4 $\mu\text{Sv/h}$)、生育地の 0-5 cm 深の土壌の交換性カリウム濃度 (範囲はゼンマイ 0.10～0.58 cmol^+/kg 、フキ 0.15～3.3 cmol^+/kg 、コシアブラ 0.30～2.4 cmol^+/kg 、ワラビ 0.42～1.1 cmol^+/kg)、交換性セシウム濃度 (範囲はゼンマイ 0.053～1.2 $\mu\text{mol}/\text{kg}$ 、フキ 0.040～1.3 $\mu\text{mol}/\text{kg}$ 、コシアブラ 0.39～11 $\mu\text{mol}/\text{kg}$ 、ワラビ 0.024～1.9 $\mu\text{mol}/\text{kg}$) の 3 変数の部分集合を説明変数とする (重) 回帰式を、諸数値を対数変換して作成した。

(3) 結果及び考察

野生山菜の新芽の Cs-137 濃度は、多くの種、個体で 2016 年までの経年的低下傾向が 2016～2019 年の間も続いていること、2016 年まで上昇傾向であったコシアブラやヤマドリゼンマイも下降に転じている可能性があることが分かった (図 7.10.-1)。一方、濃度の低下傾向が見られないワラビの例もあった。

土壌の交換性カリウムがゼンマイ、フキ、コシアブラ、ワラビの Cs-137 の面移行係数に及ぼす影響は、いずれも小さいと考えられた(図 7.10.-2)。Cs-137 濃度の近似式の寄与率(r^2)は、説明変数が空間線量率だけのときと比べ、空間線量率、土壌の交換性カリウム濃度の 2 変数にしてもあまり大きくならなかった(ゼンマイ 6→8%、フキ 57→58%、コシアブラ 32→37%、ワラビ 72→73%)。一方、土壌の交換性セシウム濃度はフキの Cs-137 濃度に有意($P = 0.017$)に影響を及ぼしており、交換性セシウムを加えた 3 変数の近似式では r^2 が 71%に上昇した。3 変数にしてもゼンマイは 10%、コシアブラは 44%に上昇するにとどまった。

以上のように、野生山菜の放射性セシウム濃度は、一部の種では経年変化の傾向が近年、変化しているようであり、傾向の判断に観察の継続が必要である。また、土壌の交換性カリウムは野生山菜の Cs-137 濃度に大きな影響は与えていないと考えられる。

表 7.10.-1 野生山菜 9 種の展開茎葉/新芽 Cs-137 濃度比

種名	展開茎葉/新芽 ¹³⁷ Cs濃度比		
	Mean	SD	n
コシアブラ	0.65	0.23	16
タラノキ	0.56	0.24	7
フキ	2.25	1.25	14
ヨモギ	1.62	0.92	4
ゼンマイ	0.58	0.24	7
イタドリ	0.37	0.24	6
ヤマドリゼンマイ	0.44	0.21	4
ウド	0.37	0.18	2
ワラビ	0.65	0.05	2

2012～2019 年採取検体で作成。個体(群)ごとに求めた比を種ごとに集計。

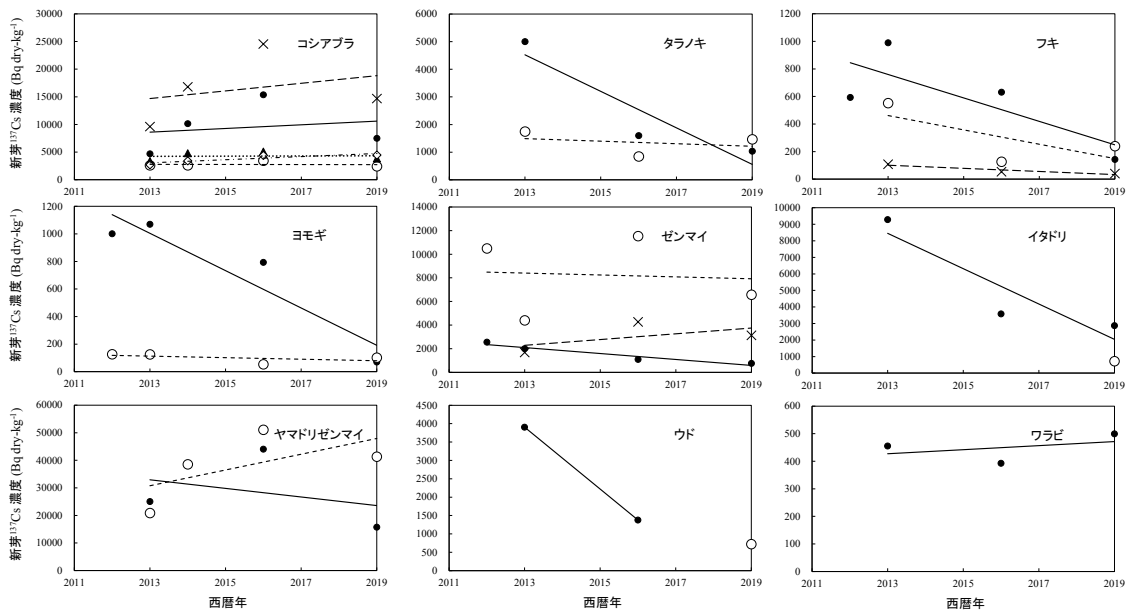


図 7.10-1 野生山菜 9 種の新芽 Cs-137 濃度の経年変化

シンボルは観察個体（群）の違いを示す。直線は観察期間を通じた濃度変化の対数近似線。

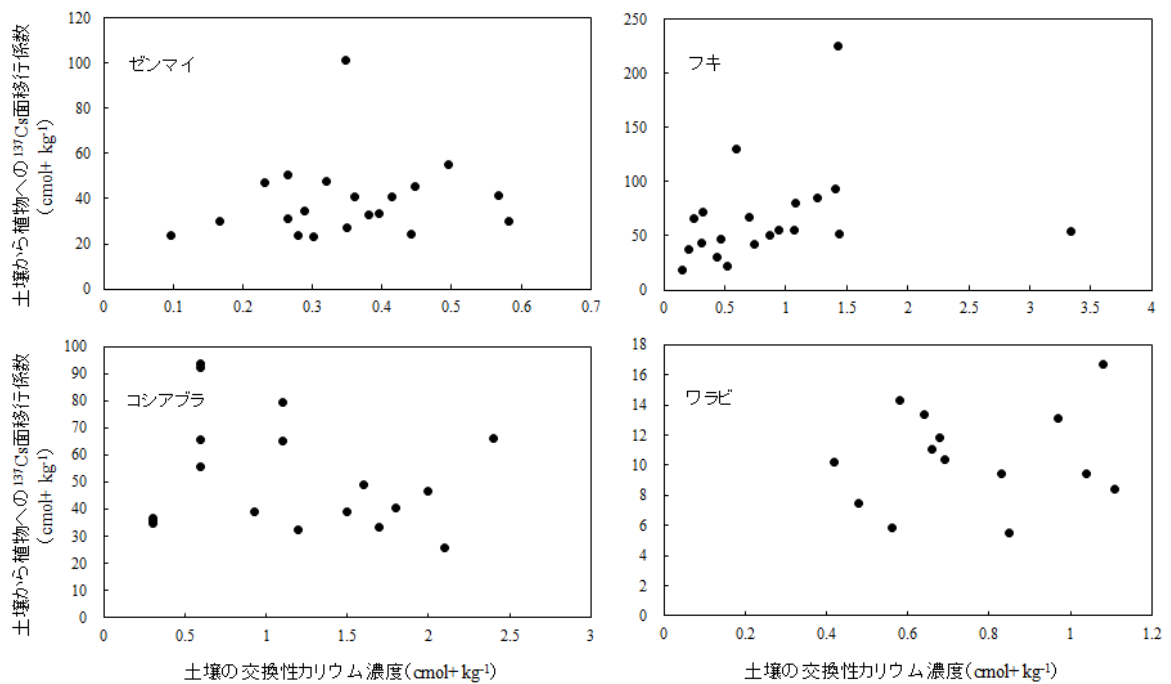


図 7.10-2 土壌の交換性カリウム濃度と土壌からゼンマイ、フキ、コシアブラ、ワラビへの Cs-137 面移行係数

引用文献

清野嘉之・赤間亮夫（2018）野生山菜の放射性セシウム濃度：福島第一原発事故後の経年的
トレンド. 関東森林研究 69-1:109-110

7.11. 詳細調査 I を補完する放射性セシウム蓄積量調査

(1) 目的

詳細調査 I（森林内放射性物質分布調査）を補うために、森林水文観測や物質動態の観測を長期間行っている森林総合研究所筑波共同試験地で、ヒノキ林の樹木と土壌における放射能の汚染実態を調査した。

(2) 調査地の概況

森林総合研究所筑波共同試験地（茨城県石岡市：茨城森林管理署管内柵平国有林）の筑波理水試験地の流域でヒノキ林を調査した（図 7.11.-1）。ヒノキ林は尾根に位置する 49 年生の林分である。



図 7.11.-1 筑波共同試験地における調査地点

(3) 調査方法

30 m×40 m のプロットを作成し、詳細調査 I に準じて空間線量率を測定、樹木や落葉層、土壌の試料採取、試料調整、放射性セシウム測定を行った。樹木試料（ヒノキ 3 本）、落葉層と土壌は 2019 年 9 月 25 日に採取した。2013～2016 年度及び 2019 年度の放射性セシウム濃度（Cs-134+Cs-137）の基準日は各年の 9 月 1 日とし、2011～2012 年度は各採取年度の 2 月 1 日を基準日とした。

(4) 結果及び考察

調査林分の空間線量率は、地上高 1 m で 0.07 $\mu\text{Sv/h}$ 、地上高 10 cm で 0.08 $\mu\text{Sv/h}$ （ $n = 20$ ）であり、それぞれ前回調査を行った 2016 年度の測定値から 0.01 $\mu\text{Sv/h}$ 低下した。しかし、空間線量率測定の詳細偏差が 0.01 $\mu\text{Sv/h}$ であったことを考慮すると、空間線量率の値は前回調査時からほとんど変化しておらず、当調査林分の空間線量率は事故以前のレベルにほぼ達したと考えられる。

部位別の放射性セシウム濃度の平均値を見ると、2019年度の枝葉、樹皮、材の放射性セシウム濃度は前回調査を行った2016年度の測定結果よりも濃度が低下していた（図7.11.-2）。葉及び枝では2012年度以降毎年濃度が低下しており、2019年度もその傾向が継続していた。樹皮及び辺材でも同様の減少傾向が確認された。一方、心材の放射性セシウム濃度は2011年度から2014年度まで緩やかに濃度が増加していたが、2015年度以降減少に転じ、2019年度もその減少傾向が継続していた。落葉層では2011年度から2013年度にかけて調査部位の中で最も高かった放射性セシウム濃度が時間の経過とともに減少していたのに対し、土壌0-5 cmでは徐々に濃度が増加する傾向が前回調査時まで確認されていた。2019年度の落葉層では濃度が継続して低下し、土壌0-5 cmの濃度も落葉層と同様に減少していた。深さ5 cm以深の土壌の放射性セシウム濃度は、前回調査時からほとんど変化していなかった。

2011年度年から2014年度までの放射性セシウム蓄積量の分布割合は、葉、枝、樹皮、落葉層で低下し、土壌で増加する傾向が見られた（図7.11.-3、表7.11.-1）。2015年度以降も同様の傾向が見られたが、2014年度以前と比較すると分布割合の変化は小さいものであった。また、森林に降下した放射性セシウムの9割以上が土壌に蓄積していることが確認された。2019年の詳細調査Ⅰの三ツ石ヒノキ林調査地の放射性セシウム分布割合と比較すると、両ヒノキ林で放射性セシウムの9割以上が落葉層及び土壌に蓄積しているという点が共通していた。しかし、三ツ石ヒノキ林の落葉層には筑波共同試験地ヒノキ林のそれよりも多く放射性セシウムが分布しており、同じヒノキ林調査地でその内訳に違いがあることも分かった。このような違いが生じた要因を明らかにするためには、さらなる調査が必要である。

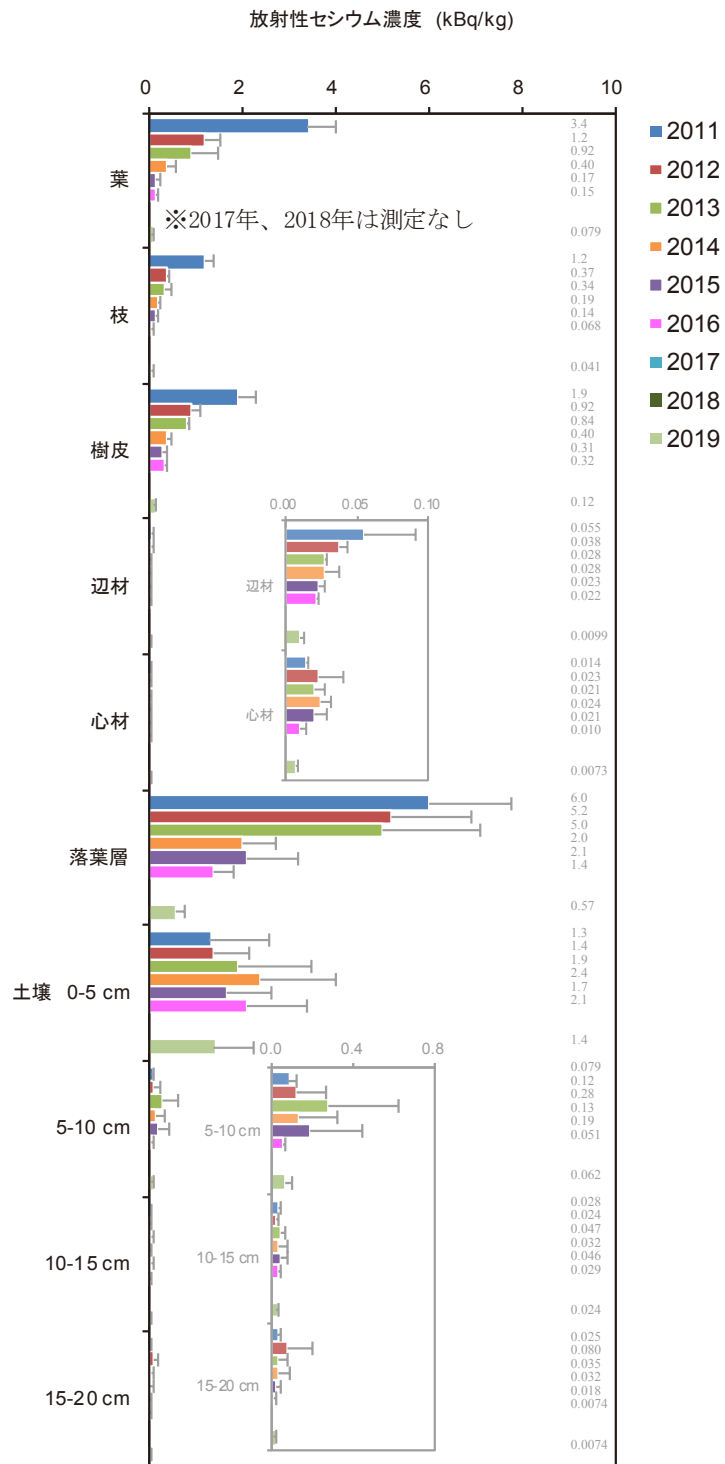


図 7.11.-2 筑波共同試験地ヒノキ林における部位別の放射性セシウム濃度

横棒と誤差棒はそれぞれ平均値と標準偏差を表す。各部位の平均値 (kBq/kg、有効数字 2 桁) を横棒の右に示した。

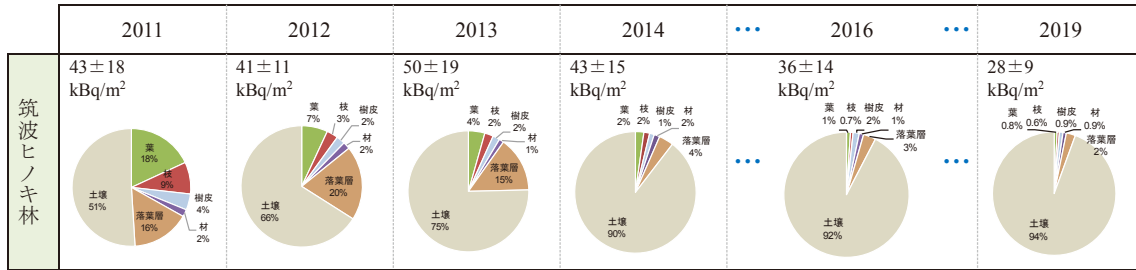


図 7.11-3 筑波共同試験地ヒノキ林の放射性セシウム蓄積量の分布割合

左上に放射性セシウムの単位面積あたり蓄積量の合計（±標準偏差）を示した。（注）2015年の調査結果は省略。

表 7.11-1 2011～2019 年度における筑波ヒノキ林調査地の放射性セシウム蓄積量の部位別分布割合

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
葉, 枝	18%, 9%	7%, 3%	4%, 2%	2%, 2%	1%, 1%	1%, 0.7%	-	-	0.8%, 0.6%
樹皮	4%	2%	2%	1%	1%	2%	-	-	0.9%
材	2%	2%	1%	2%	2%	1%	-	-	0.9%
落葉層	16%	20%	15%	4%	8%	3%	-	-	2%
土壌	51%	66%	75%	90%	87%	92%	-	-	94%

8. 継続調査結果とりまとめ

(1) 目的

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災後の東京電力福島第一原子力発電所事故により、福島県を中心とした東日本に放射性物質が広く拡散し、森林生態系や木材、特用林産物などの汚染が確認された。キノコ類、山菜等の特用林産物の一部では食品の基準値を超える放射性物質が検出されたため、出荷制限や風評被害により地域の経済に甚大な被害を及ぼしている。また、木材の汚染や森林からの流出等による再拡散や森林生態系内の生物への影響等の懸念も未だ根強く、森林における放射性セシウムの実態把握と動態調査が強く望まれて実施されてきた。令和元年の現在、事故発生から 8 年以上が経過しており、森林生態系内にある放射性物質は初期の大きく変動する時期から、徐々に生態系内での移動量が釣り合い平衡状態に近づいているとも言われている。社会的にも関心が高い将来の汚染状況を見通すためには、森林生態系内の構成要素についての汚染の推移について特徴を把握しておく必要がある。そこで本章では、これまで複数年間継続して調査が行われてきた主な調査項目について経年変化の傾向を明らかにし、森林生態系内における放射性物質の 9 年間の動きを概括することを目的とする。

本事業で調査した空間線量率、樹木各部位、下層植生、特用林産物、昆虫、野生動物等の項目のうち、森林全体の放射性セシウム蓄積量、葉及び枝、樹皮及び木材について報告する。

(2) 方法

調査分析方法は、本報告書の第 5 章から第 7 章まであるいは過年度の報告書に詳細が記載されている。

(3) 結果と考察

1) 森林全体の放射性セシウム蓄積量の経年変化

2011 年度から 2019 年度までの三ツ石スギ林の森林全体の放射性セシウム蓄積量を図 8-1 に示した。事故後初期に 1240 kBq/m^2 あった放射性セシウム蓄積量は、2019 年度に 660 kBq/m^2 となり、約半分にまで減少したことが分かる。森林からの放射性セシウムの流出がほとんどないことを考慮すると (Shinomiya *et al.*, 2014)、放射性セシウムの物理的減衰に従い、森林全体の放射性セシウム蓄積量も減少したと考えられる。同様の減少傾向は、大玉村など他の調査地でも確認された。その一方で、三ツ石スギ林と同じ川内村にある三ツ石ヒノキ林の森林全体の放射性セシウム蓄積量は増減を繰り返している (図 8-2) など、放射性セシウムの物理的減衰による蓄積量の減少が明瞭でない調査地も存在している。近年では、落葉層及び土壌の放射性セシウム蓄積量が全体に占める割合が大きいことから、森林全体での放射性セシウム蓄積量に物理的減衰の影響が見られない調査地では、落葉層及び土壌の放射性セシウム蓄積量の推定方法を精査し、場合によっては一部見直す必要があると思われる。また、

三ツ石ヒノキ林と三ツ石コナラ林は林道をはさんで隣接しているにもかかわらず、2015年度から2019年度までのヒノキ林の放射性セシウム蓄積量はコナラ林よりも平均して2倍程度と多いことも分かった（図 8.-2）。飯舘村など他の多くの汚染地域と異なり、川内村周辺では乾性沈着による放射性セシウムの初期沈着量の割合が多いという報告がなされている（Korsakissok *et al.*, 2013）。原発事故が発生した3月には、ヒノキでは葉がついていたのに対し、コナラ林の樹木の多くでは葉がついていなかったと考えられる。この葉の有無を考慮すると、乾性沈着による放射性セシウムの葉への付着の有無が隣接する林分での森林全体の放射性セシウム蓄積量の差を生じさせたのではないかと、という仮説が考えられる。上述のような地域ごとの特性についても、森林内の放射性セシウムの動態把握のため、今後調査及び研究を行っていく必要がある。

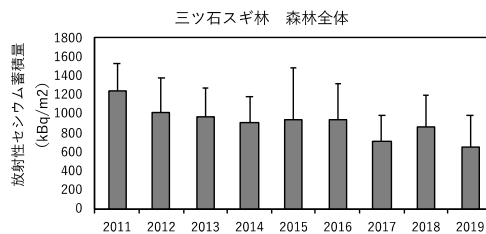


図 8.-1 三ツ石スギ林の森林全体の放射性セシウム蓄積量の経年変化

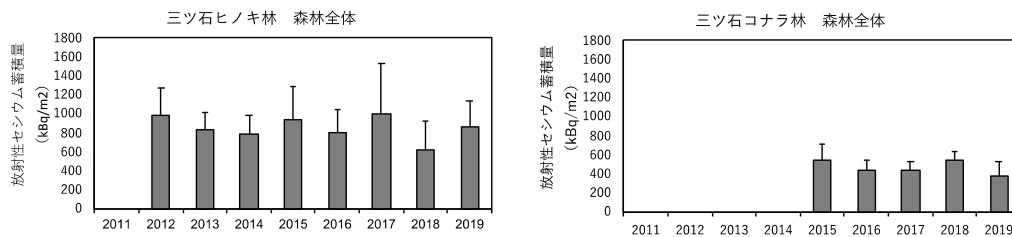


図 8.-2 三ツ石ヒノキ林と三ツ石コナラ林の森林全体の放射性セシウム蓄積量の経年変化

参考文献

- Shinomiya Y, Tamai K, Kobayashi M, Ohnuki Y, Shimizu T, Iida S, Nobuhiro T, Sawano S, Tsuboyama Y, Hiruta T (2014) Radioactive cesium discharge in stream water from a small watershed in forested headwaters during a typhoon flood event, *Soil Science and Plant Nutrition*, 60:6, 765-771
- Korsakissok I, Mathieu A, Dider D (2013) Atmospheric dispersion and ground deposition induced by the Fukushima Nuclear Power Plant accident: A local-scale simulation and sensitivity study. *Atmospheric Environment* 70, 267-279

2) 葉及び枝の放射性セシウム濃度と蓄積量の経年変化

三ツ石スギの葉の放射性セシウム濃度の経年変化(図 8-3)を見ると、2011 年度の濃度が最も高く、その後、指数関数的に減少していることが分かる。同一調査地の枝の放射性セシウム濃度も、葉と同様、指数関数的に減少しているが、葉と比べると濃度の減少速度は遅いことが分かった。枝の放射性セシウム濃度の減少が葉よりも遅かったのは、枝と比較すると三ツ石のスギの葉齢が約 4~6 年と短く (Kiyono and Akama, 2016)、原発事故によって直接汚染された葉が枝よりも早く落葉したことが原因の 1 つと考えられる。一方、金山スギの葉の放射性セシウム濃度は、三ツ石スギと比較すると、濃度の減少速度が緩やかであることが分かった(図 8-4)。金山スギの葉齢は、三ツ石スギよりも長いことが報告されており(約 8 年) (Kiyono and Akama, 2016)、三ツ石と比較すると、直接汚染された葉が多く残っていたことが原因の 1 つと考えられる。広葉樹であるコナラの場合、枝の放射性セシウム濃度の経年変化は、スギなどの針葉樹と同様、指数関数的に減少していた(図 8-5)。一方、葉の濃度は 2012 年度から 2019 年度まで大きく変化していないことが分かった。上述のような葉の放射性セシウム濃度の経年変化に違いが生じるのは、根を介した土壌からのセシウム吸収や樹体内での転流などの循環量が広葉樹と針葉樹で異なることが原因と考えられる。しかし、その定量的な評価ははまだ十分に行われておらず、樹木の各部位の放射性セシウム濃度予測モデルの向上のため、今後も調査・研究を継続していく。

2019 年 8 月現在、三ツ石スギの葉の放射性セシウム蓄積量は、2011 年 8 月時の蓄積量の 1%未満にまで減少した(図 8-6)。2019 年度の枝の放射性セシウム蓄積量も、2011 年度の値の 3%程度であり、原発事故から 8 年以上が経過し、枝葉の放射性セシウム蓄積量が大きく低下した。一方、三ツ石コナラ林の枝葉の放射性セシウム蓄積量は、2016 年度以降ほとんど変化しておらず(図 8-7)、コナラ林内での放射性セシウムの循環が平衡状態に近づいてきていることを反映していると考えられる。また、2016 年度頃から 2019 年度の三ツ石スギ林の葉の放射性セシウム蓄積量の減少速度も緩やかになってきており、スギなどの針葉樹林でも放射性セシウムの循環が準平衡状態になってきたものと考えられ、今後の変化を注視していく必要がある。

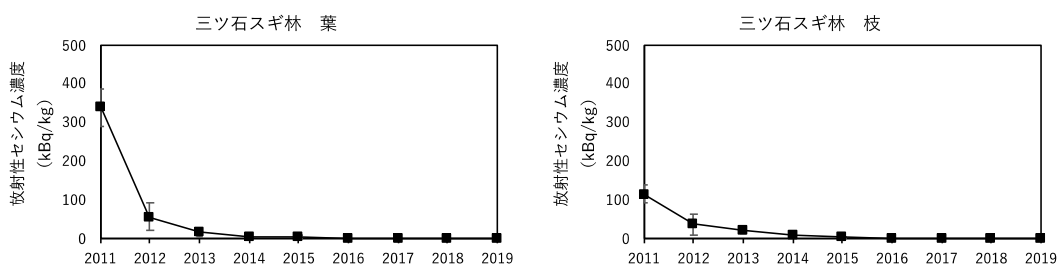


図 8-3 三ツ石スギの葉と枝の放射性セシウム濃度の経年変化

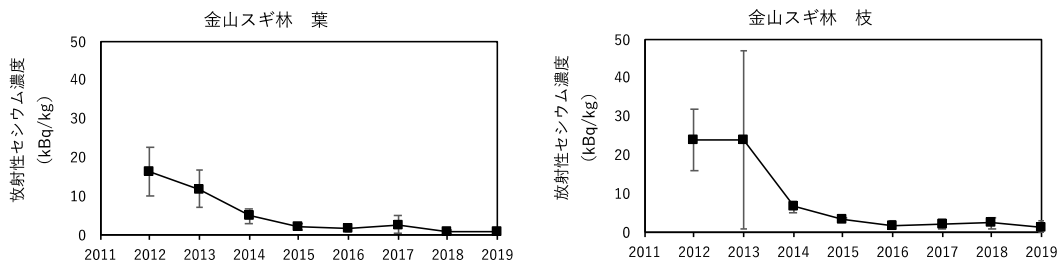


図 8.4 金山スギの葉と枝の放射性セシウム濃度の経年変化

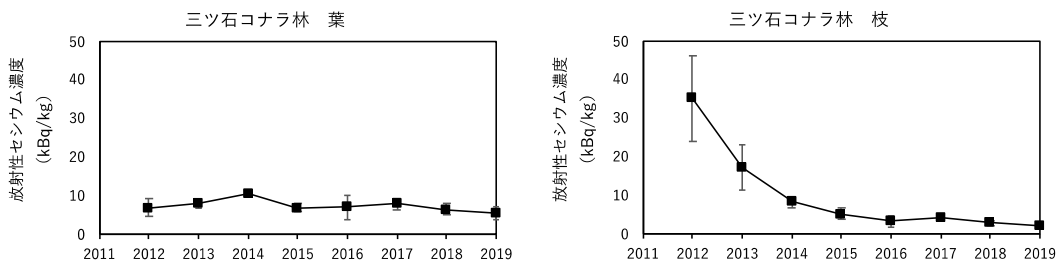


図 8.5 三ツ石コナラの葉と枝の放射性セシウム濃度の経年変化

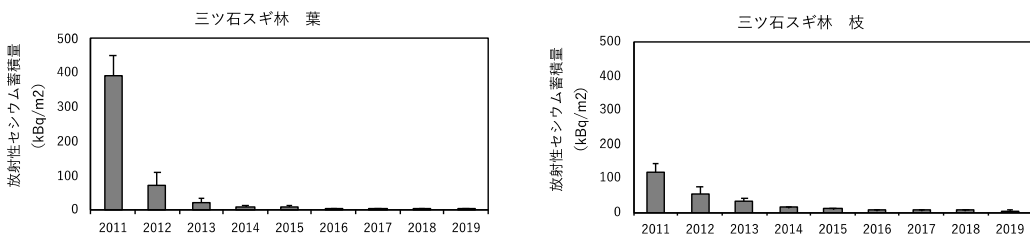


図 8.6 三ツ石スギの葉と枝の放射性セシウム蓄積量の経年変化

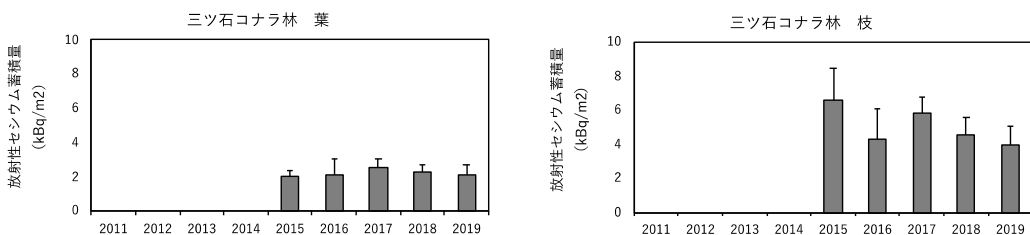


図 8.7 三ツ石コナラの葉と枝の放射性セシウム蓄積量の経年変化

参考文献

Kiyono Y, Akama A (2016) Predicting annual trends in leaf replacement and ¹³⁷Cs concentrations in *Cryptomeria japonica* var. *japonica* plantations with radioactive contamination from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident. 森林総合研究所研究報告 15 : 1-15

3) 樹皮及び木材の放射性セシウム濃度と蓄積量の経年変化

樹皮の放射性セシウム濃度は、ほとんどの調査林分において指数関数的な減少を示したが（例：図 8-8 左）、金山スギでは減少傾向を示さなかった（図 8-8 右）。金山スギでは内樹皮の放射性セシウム濃度が外樹皮と同じ程度にまで増加していることから（詳細調査Ⅲ参照）、放射性セシウムの経根吸収が活発である可能性があり、そのため樹皮の放射性セシウム濃度が減少しなかったと推測される。

樹皮の放射性セシウム蓄積量の経年変化は、濃度の経年変化と同様に概ね指数関数的な減少を示した（図 8-9）。これは樹皮の現存量の増加率よりも樹皮の放射性セシウム濃度の減少率の方が大きかったためである。しかし今後、樹皮の放射性セシウム濃度が下げ止まった場合、成長の良い林分では樹皮の放射性セシウム蓄積量は増加に転じる可能性がある。

木材の放射性セシウム濃度の経年変化傾向は、調査林分により異なり、減少傾向（図 8-10 上左）、変化なし（図 8-10 上右）、増加傾向（図 8-10 下）の全てのパターンが見られた。同一調査地内で樹種間の比較をすると、ヒノキやコナラは増加傾向、アカマツは減少傾向、スギは変化なしという傾向を示した。しかし同一樹種内で調査地間の比較をすると、ヒノキには減少傾向、スギには増加傾向も見られた。これらのことから、木材の放射性セシウム濃度の経年変化傾向は、樹種差と場所差の両方に影響されることが明らかとなったが、樹種や調査地ごとの統一的な傾向を提示することは現時点では難しく、他の調査・研究結果との統合やメタ解析等が重要となる。また 2018 年度頃より、これまで木材の放射性セシウム濃度が増加傾向を示していた調査林分の一部において、減少傾向が見られ始めた（図 8-11）。森林や樹体内での放射性セシウムの動態が定常状態に達すると木材の放射性セシウム濃度は放射性セシウムの物理的減衰によって減少傾向を示すと考えられるが、実際に当該調査林分においてそれに準じた減少傾向に転じたのかどうかを確かめるためには今後も継続的な調査が必要となる。

木材の放射性セシウム蓄積量に関しては、多くの調査林分で増加傾向が見られた（例：図 8-12）。これは木材の放射性セシウム濃度に経年変化がない林分でも木材の現存量の増加によって蓄積量が増加するためである。仮に木材の放射性セシウム濃度が Cs-137 の物理的減衰に従って毎年約 2% の割合で減少する状況であっても、木材の現存量がそれ以上の割合で増加する成長の良い林分では木材の放射性セシウム蓄積量は増加することになる。

樹皮や木材の放射性セシウム濃度の下げ止まりや上げ止まりの傾向、さらには増加傾向から減少傾向への転換などの兆しがいくつかの調査林分で見え始めたが、まだ断定できるほど確かなものではない。また、未だに単調増加・減少が続いている調査林分もあるため、依然として調査の継続が必要な状況にある。

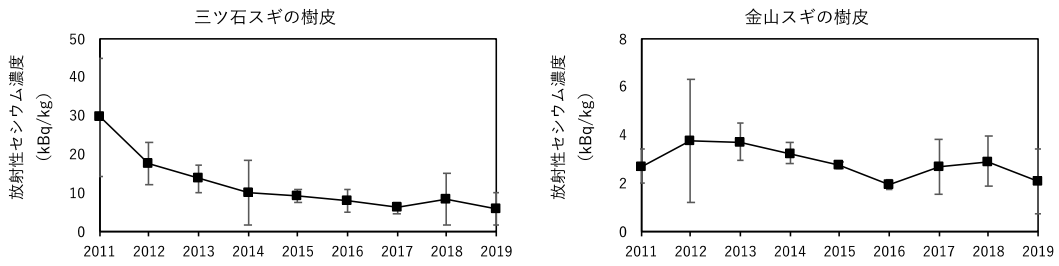


図 8-8 三ツ石スギ、金山スギの樹皮の放射性セシウム濃度の経年変化

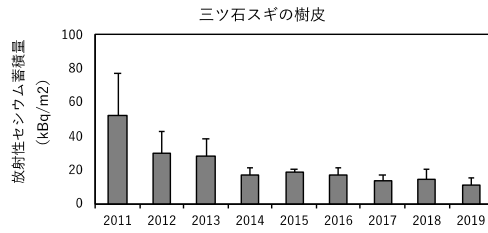


図 8-9 三ツ石スギの樹皮の放射性セシウム蓄積量の経年変化

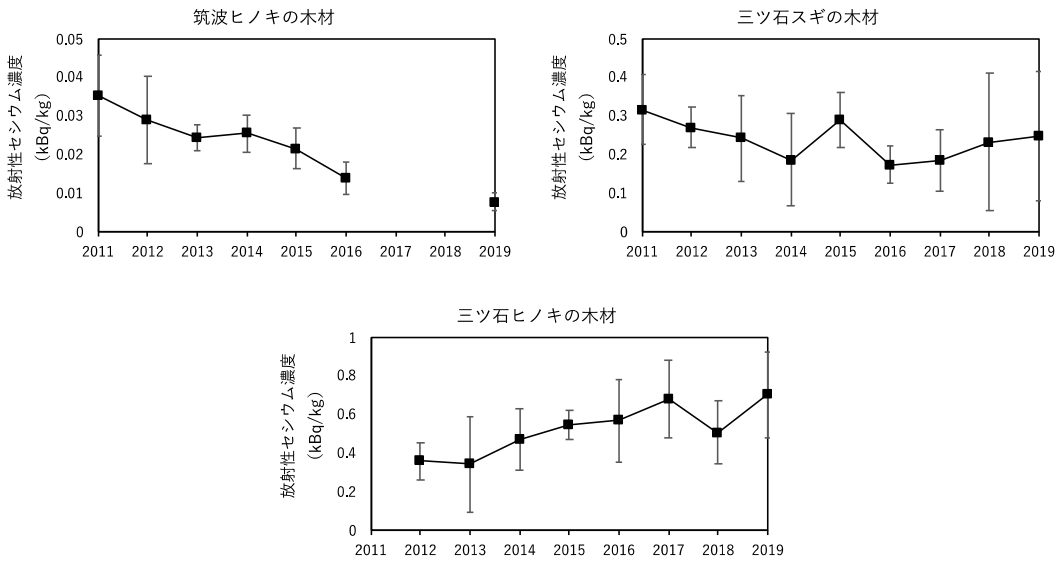


図 8-10 筑波ヒノキ、三ツ石スギ、三ツ石ヒノキの木材の放射性セシウム濃度の経年変化

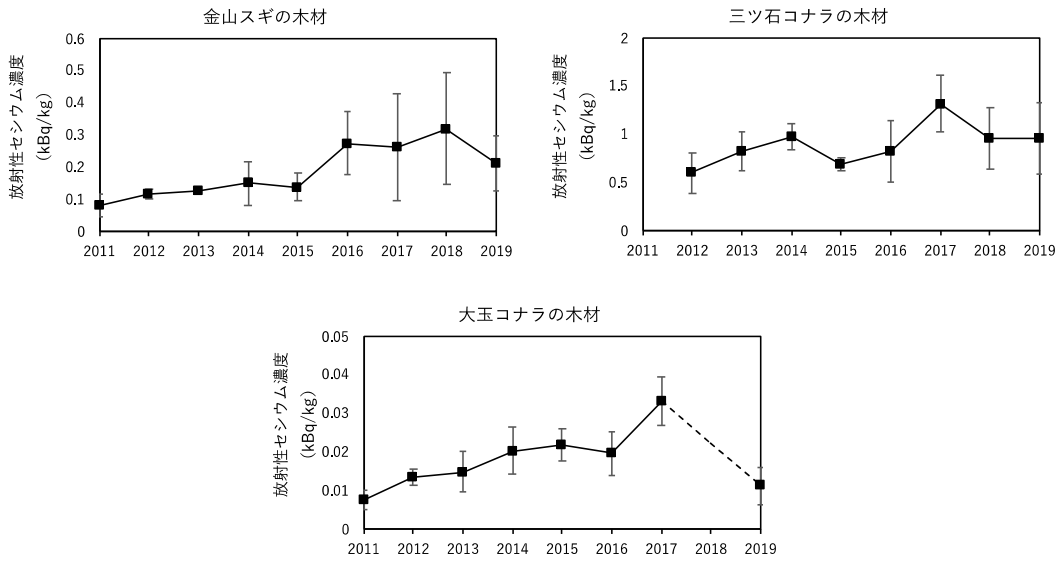


図 8-11 金山スギ、三ツ石コナラ、大玉コナラの木材の放射性セシウム濃度の経年変化

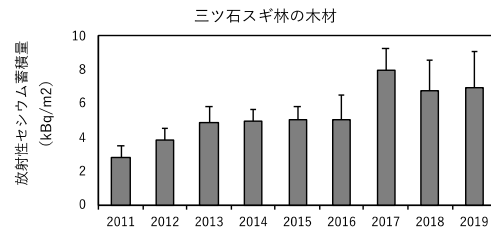


図 8-12 三ツ石スギの木材の放射性セシウム蓄積量の経年変化

関連業績

HASHIMOTO Shoji(橋本昌司)、IMAMURA Naohiro(今村直広)、KANEKO Shinji(金子真司)、KOMATSU Masabumi(小松雅史)、MATSUURA Toshiya(松浦俊也)、NISHINA Kazuya(仁科一哉・国立環境研究所)、OHASHI Shinta(大橋伸太) (2020) New predictions of deposited ^{137}Cs dynamics in forests after the Fukushima nuclear accident、Scientific Reports、10、29

清野嘉之、赤間亮夫、岩谷宗彦(日本特用林産振興会)、由田幸雄(元日本特用林産振興会) (2019) 2011 年福島第一原子力発電所事故で放出された放射性セシウムのコシアブラ (*Eleutherococcus sciadophylloides*, 新芽が食べられる野生樹木) への移行、森林総合研究所研究報告、18(2)、195-211

清野嘉之、赤間亮夫、岩谷宗彦(日本特用林産振興会)、由田幸雄(元日本特用林産振興会) (2019) 日本の山菜 10 種、11 部位のセシウム 137 の食品加工係数と食品加工残存係数：長期保存のためのレシピが放射性セシウム量を最も減らした、森林総合研究所研究報告、18(4)、369-380

KIYONO Yoshiyuki(清野嘉之)、AKAMA Akio(赤間亮夫)、KANAZASHI Tatsuo(金指達郎・元森林総研職員)、SHICHI Koji(志知幸治)、KONDO Teiji(近藤禎二・元森林総研職員)、HOSHI Hiroshi(星比呂志・元森林総研職員)、KURAMOTO Noritsugu(倉本哲嗣)、FUJISAWA Yoshitake(藤澤義武・鹿児島大学)、KURAMOTO Shigeo(倉本恵生) (2020) ^{137}Cs concentrations in the pollen of sugi (*Cryptomeria japonica var. japonica*) over 5 years following the 2011 Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident in Fukushima Prefecture、森林総合研究所研究報告、19(1)、印刷中

清野嘉之、赤間亮夫、岩谷宗彦(日本特用林産振興会) (2019) 空間線量率をパラメータに山菜生育地の放射性セシウム沈着量を推定するときの課題、関東森林研究、70(1)、115-116

清野嘉之、赤間亮夫 (2019) 野生山菜を安全に利用するために、令和元年度研究成果選集 2019、10-11

三浦覚 (2019) 原発事故による森林への放射能汚染の影響と林業の復興を目指した技術開発、JATAFF ジャーナル、7(7)、25-29

鈴木養樹 (2019) 表面汚染密度による樹木内部の放射性物質濃度評価手法—現場測定—、木材工業、74(4)、168-171

MALINS Alex(メイリンズ アレックス・日本原子力機構)、IMAMURA Naohiro(今村直広)、NIIZATO Tadafumi(新里忠史・日本原子力機構)、KIM Minsik(金敏植・日本原子力機構)、SAKUMA Kazuyuki(佐久間一幸・日本原子力機構)、SHINOMIYA Yoshiki(篠宮佳樹)、MIURA Satoru(三浦覚)、MACHIDA Masahiko(町田昌彦・日本原子力機構) (2019) Using PHITS to calculate ambient dose equivalent rates in radiocesium contaminated forests、PHITS Research Workshop、11

眞中卓也、小野賢二、古澤仁美、小河澄香、三浦覚 (2019) 福島森林の堆積有機物層において放射性セシウムはどの画分に保持されているのか、2019 年日本地球化学会年会、66、3P22

吉村真由美、赤間亮夫 (2019) 福島第一原発事故により汚染された水生生物における放射性セシウム濃度の推移、日本陸水学会大会講演要旨集、84、41

MALINS Alex(メイリンズ アレックス・日本原子力機構)、IMAMURA Naohiro(今村直広)、NIIZATO Tadafumi(新里忠史・日本原子力機構)、KIM Minsik(金敏植・日本原子力機構)、SAKUMA Kazuyuki(佐久間一幸・日本原子力機構)、SHINOMIYA Yoshiki(篠宮佳樹)、MIURA Satoru(三浦覚)、MACHIDA Masahiko(町田昌彦・日本原子力機構) (2019) Analysis of temporal changes in ambient dose equivalent rates in forests over 6 years following the FDNPP accident、2019 年日本原子力学会秋の年会、2H06

HASHIMOTO Shoji(橋本昌司)、KOMATSU Masabumi(小松雅史)、OHASHI Shinta(大橋伸太)、IMAMURA Naohiro(今村直広)、MATSUURA Toshiya(松浦俊也)、MIURA Satoru(三浦覚) (2019) Forests in Fukushima: radiocesium dynamics and their ecological and social impacts、Brazilian Journal of Forestry Research、39、653

HIRAI Keizo(平井敬三)、KOMATSU Masabumi(小松雅史)、NAGAKURA Junko(長倉淳子)、NOGUCHI Kyotaro(野口享太郎) (2019) Reduction of radio cesium uptake by Japanese cypress seedlings with potassium fertilization、Brazilian Journal of Forestry Research、39、657

- IMAMURA Naohiro(今村直広)、MATSUURA Toshiya(松浦俊也)、AKAMA Akio(赤間亮夫)、SHINOMIYA Yoshiki(篠宮佳樹)、KOBAYASHI Masahiro(小林政広)、MIURA Satoru(三浦覚)、KANEKO Shinji(金子真司) (2019) Temporal changes in spatial distributions of radiocesium in forest floors in Fukushima, Japan、Brazilian Journal of Forestry Research、39、658
- IMAMURA Naohiro(今村直広)、KOMATSU Masabumi(小松雅史)、HASHIMOTO Shoji(橋本昌司)、KATO Hiroaki(加藤弘亮・筑波大学)、NISHINA Kazuya(仁科一哉・国立環境研究所)、FUJII Kazumichi(藤井一至) (2019) Vertical distributions of ¹³⁷Cs in Japanese forest soils post Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident: A meta-analysis、Brazilian Journal of Forestry Research、39、673-674.
- KAGAWA Akira(香川聡)、FUJIWARA Takeshi(藤原健)、OHASHI Shinta(大橋伸太) (2019) A rechargeable increment borer for radiocesium monitoring、Brazilian Journal of Forestry Research、39、658
- MANAKA Takuya(真中卓也)、IMAMURA Naohiro(今村直広)、KANEKO Shinji(金子真司)、MIURA Satoru(三浦覚)、FURUSAWA Hitomi(古澤仁美)、KANASASHI Tsutomu(金指努・森林総研 PD) (2019) Six-year trends in exchangeable and organic matter-bound radiocesium in Fukushima forest soils、Brazilian Journal of Forestry Research、39、657
- MIURA Satoru(三浦覚) (2019) Introduction to radiation session of forests - current understanding and future challenges for forest research after the two nuclear accidents of Chernobyl and Fukushima、Brazilian Journal of Forestry Research、39、652
- OHASHI Shinta(大橋伸太)、KURODA Katsushi(黒田克史)、FUJIWARA Takeshi(藤原健)、TAKANO Tsutomu(高野勉) (2019) Tracing radiocesium in stem wood after the FDNPP accident、Brazilian Journal of Forestry Research、39、657
- SAKASHITA Wataru(坂下渉)、MIURA Satoru(三浦覚)、AKAMA Akio(赤間亮夫)、OHASHI Shinta(大橋伸太)、IKEDA Shigeto(池田重人)、SAITOH Tomoyuki(齋藤智之)、KOMATSU Masabumi(小松雅史)、SHINOMIYA Yoshiki(篠宮佳樹)、KANEKO Shinji(金子真司) (2019) Vertical radiocesium transfer process in soil via roots、Brazilian Journal of Forestry Research、39、674.

TANAKA Kenzo(田中憲蔵)、SAITO Satoshi(齊藤哲)、KAJIMOTO Takuya(梶本卓也) (2019) Differences in radiocesium concentrations among crown positions in several tree species in Fukushima, Japan、Brazilian Journal of Forestry Research、39、672

田中憲蔵、齊藤哲、梶本卓也 (2019) 福島第一原発事故で汚染されたクリとカラマツの樹冠位置と放射性セシウム濃度、関東森林学会要旨集、9、33

吉村真由美、赤間亮夫 (2019) 福島県の溪流における水生生物の放射性セシウムによる汚染状態の推移、日本生態学会大会講演要旨集、67、PR1537

清野嘉之、赤間亮夫 (2020) 日本の野生山菜 300 種におけるセシウム ^{137}Cs の面移行係数(暫定値)、環境放射能研究会、21、3 月発表予定

眞中卓也、大橋伸太、小河澄香、古澤仁美 (2020) 添加実験による森林土壌有機物のセシウム保持能の評価、環境放射能研究会、21、3 月発表予定

大橋伸太、黒田克史、安部久、香川聡、久保島吉貴、杉山真樹、鈴木養樹、高野勉、三好由華 (2020) 樹皮及び木材中の放射性セシウム濃度の 2011 年から 2019 年にかけての変化傾向、第 70 回日本木材学会大会要旨集、3 月発表予定

橋本昌司、今村直広、金子真司、小松雅史、松浦俊也、仁科一哉(国立環境研究所)、大橋伸太 (2020) 森林内における ^{137}Cs 動態のモデル解析、第 131 回日本森林学会大会学術講演集、3 月発表予定

平井敬三、小松雅史、長倉淳子 (2020) 施肥中断による植栽木の放射性セシウム濃度と土壌の交換性塩基の変化、第 131 回日本森林学会大会学術講演集、3 月発表予定

小松雅史、明間民央、佐橋憲生、砂川政英、服部力、赤間慶子、高信則男(福島県林業研究センター)、齋藤諒次(福島県) (2020) 福島県・茨城県の 4 地点で採取した野生キノコの放射性セシウム濃度特性、第 131 回日本森林学会大会学術講演集、3 月発表予定

齋藤智之、八木橋勉、渡邊広大(宮城県林業技術総合センター)、齋藤佳緒里(栃木県林業センター)、今井芳典(栃木県林業センター)、若山太郎((株)若山ファーム)、赤間亮夫、篠宮佳樹 (2020) タケノコ成長期に着目したモウソウチク個体内の放射性 Cs 動態、第 131 回日本森林学会大会学術講演集、3 月発表予定

坂下渉、三浦覚、赤間亮夫、大橋伸太、池田重人、齋藤智之、小松雅史、篠宮佳樹、金子真司 (2020) 根を介した土壌中の放射性セシウム移動プロセスについて、第 131 回日本森林学会大会学術講演集、3 月発表予定

篠宮佳樹、三浦覚、金子真司、大橋伸太、倉本恵生、荒木眞岳、安部久、齋藤哲、藤原健、池田重人、今村直広、坂下渉 (2020) 帰還困難区域内及び周辺のスギ林における放射性セシウムの分布の連年調査、第 131 回日本森林学会大会学術講演集、3 月発表予定

補遺 Cs-134 濃度が不検出の場合、Cs-137 濃度から Cs-134 濃度を推定する理論式について

(補遺 1) Cs-134 濃度の推定式

Cs-134 濃度の推定式は以下で示される。

$$\text{Cs}_{134} \text{ 推定} = \text{Cs}_{137} \times \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{Td/365.2422}{T_{134}}}}{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{Td/365.2422}{T_{137}}}}$$

ここで、

Cs₁₃₄ 推定：濃度比から推定された Cs-134 濃度 (Bq/kg)

Cs₁₃₇：Cs-137 濃度の測定値を各年の 9 月 1 日を基準として減衰補正したもの (Bq/kg)

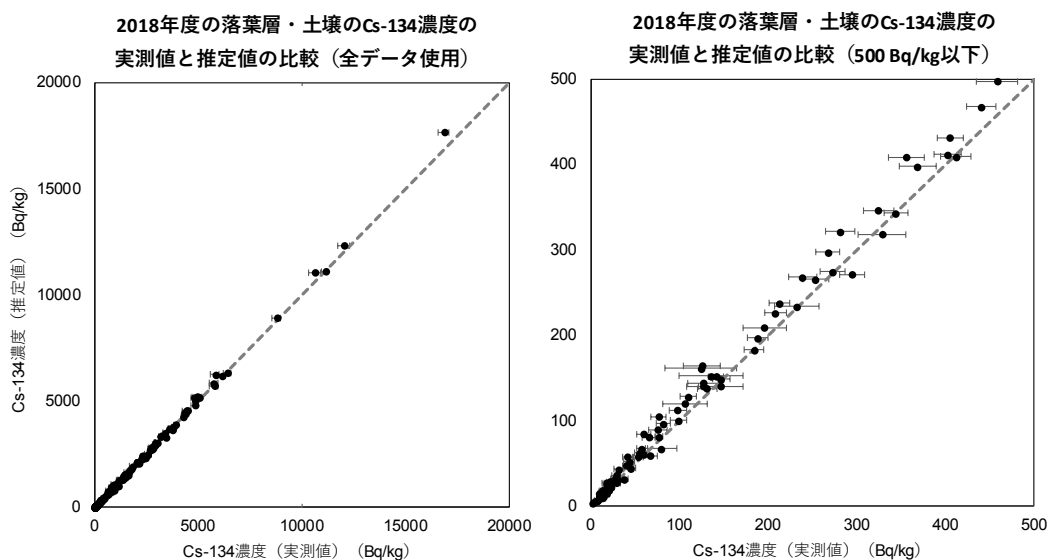
T₁₃₄：Cs-134 の半減期 (2.0648 年：参考文献)

T₁₃₇：Cs-137 の半減期 (30.1671 年：参考文献)

Td：各調査年の 9 月 1 日から 2011 年 3 月 15 日を引いた差の日数

(補遺 2) Cs-137 濃度から推定した Cs-134 濃度の確からしさ

Cs-137 濃度から推定した Cs-134 濃度の確からしさを検証するため、Cs-134 濃度の実測値と推定値の関係を見る散布図を作成した(図補.-1)。図の作成には、2018 年度の詳細調査 I の全調査地で採取された落葉層及び土壌試料の測定値を使用した。Cs-134 濃度の実測値について見てみると、低濃度になるほど計数誤差が相対的に大きくなっているが、濃度範囲全体に渡って、おおむね実測値と推定値は 1:1 で対応していた。上記検証結果に基づき、Cs-134 濃度が不検出の場合は、Cs-137 濃度から Cs-134 濃度の推定が可能であると判断した。



図補.-1 2018 年度の詳細調査 I の全調査地で採取された落葉層及び土壌試料の Cs-134 濃度の実測値(横軸)に対する Cs-137 濃度から推定した Cs-134 濃度(縦軸)の散布図及び 500 Bq/kg 以下を拡大した散布図(点線は傾き 1 の直線)

参考文献

日本アイソトープ協会(2011) アイソトープ手帳 11 版机上版. 丸善出版 63-64