

## 福島県内の非山林に生育するコシアブラの放射性セシウム濃度

Radiocesium Contamination in Koshiabura (*Eleutherococcus sciadophylloides*) grown in the Non-forestland in Fukushima Prefecture

武地 誠一\*

Seiichi Takechi

金子依里香\*\*

Erika Kaneko

郡司 尚子\*\*\*

Naoko Gunji

影山 志保\*\*\*

Shiho Kageyama

The Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident in 2011 caused severe contamination in the forested area in Fukushima prefecture.

Consequently, edible wild plants especially Koshiabura (*Eleutherococcus sciadophylloides*) were contaminated severely by radiocesium. Many municipalities in Fukushima Prefecture have restricted the commercial distribution of Koshiabura buds picked in forest even now.

So, in order to cultivate Koshiabura on decontaminated field, we investigated the  $^{137}\text{Cs}$  activity concentration of Koshiabura grown in forest and non-forest, and respectively  $^{137}\text{Cs}$  deposition in soil of the plant habitat at Katsurao-mura, Futaba-gun and Koriyama city in Fukushima Prefecture.

By this investigation, the  $^{137}\text{Cs}$  activity concentration of the buds and leaves of Koshiabura grown in non-forest were very low compared to those of the forest, although the nearly same  $^{137}\text{Cs}$  deposition in soil of the plant habitat.

### はじめに

2011年3月に起きた東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故により、メルトダウンした原子炉から多量の放射性物質が飛散し、福島県内ばかりでなく広く東日本を汚染した。福島県は山林の占める割合が多いため、とりわけ山林は広くかつ厳しく汚染された<sup>1)</sup>。原子炉から飛散した放射性物質の種類は多いが、現在、特に問題となっている放射性核種は、放出量とその物理的半減期からセシウム137(以下、 $^{137}\text{Cs}$ )である。セシウム(Cs)はカリウム(K)と同じアルカリ金属に属しているが、水に溶解しやすい反面、イオン半径が大きいことから水和、溶存するよりも粘土鉱物等へ強く吸着されやすく、またある種の粘土鉱物の末端構造から固定されやすいことも知られている<sup>2)</sup>。

山林に沈着した放射性Csは、樹冠から直接、あるいは樹幹等を経て、森林土壌に集積し、最終的にはリター層(落葉等が堆積した層)、FH層(リター層の下に位置し、落葉等が分解、集

\* 国立研究開発法人 国立環境研究所福島地域協働研究拠点、郡山女子大学非常勤講師

\*\* 郡山女子大学短期大学部健康栄養学科

\*\*\* 郡山女子大学家政学部食物栄養学科

積した層)から徐々に粘土成分を含むA層(FH層の下に位置し、腐植に富む鉍質土層)に移行すると考えられる<sup>3-5)</sup>。

森林土壌では特にFH層が発達し、ここに腐植物質に比較的緩く結合した多量の放射性Csが存在すると考えられる。FH層がほとんど存在しない耕地土壌とは対照的である<sup>6)</sup>。

コシアブラ(*Eleutherococcus sciadophylloides*)はウコギ科の落葉広葉樹で日本列島の森林地帯に広く分布し、春先に芽吹いた新芽は食用になる。俗に、「タラノメ」が山菜の王様、「コシアブラ」は女王と呼ばれ、主要な山菜である。東京電力福島第一原子力発電所の事故以降、コシアブラは他の山菜に比較し、際立って高い放射性Cs濃度を示したばかりでなく、濃度の低下傾向も明確でない<sup>7-10)</sup>。コシアブラによる放射性Csの特異的な吸収の原因については、根の分布域が浅いこと<sup>11)</sup>、菌根菌の寄生<sup>12)</sup>、根内細菌の関与<sup>13)</sup>等が報告されているが、未だに明確とは言えない。また、コシアブラの放射性Csの吸収に関する植栽木と野生木の違いについては差が認められないとする報告<sup>14)</sup>はあるものの、詳しい報告はほとんど見当たらない。

一方、山菜の一つであるキク科ヤマボクチ属のオヤマボクチ(*Synurus pungens*)は、双葉郡葛尾村では「凍みもち」の原料として利用され、山林から採取利用されていたが、東京電力福島第一原子力発電所の事故による放射性Csに汚染され、利用が困難となっていた。ところが、これを畑で栽培するとほとんど放射性Csを吸収しないことが分かった<sup>15)</sup>。放射性Csをほとんど吸収しない理由として、畑土壌にはFH層がなく、土壌有機物は粘土鉍物等と混在し、放射性Csは粘土鉍物等に移行、強く吸着・固定され、オヤマボクチに吸収されにくい物理化学的な形態となっていることが考えられた。

コシアブラにおいても同様の可能性が考えられ、東京電力福島第一原子力発電所の事故以前に畑や庭等平地に移植されたコシアブラの葉や若芽の放射性Cs濃度及びその株元の土壌の放射性Csの蓄積量を明らかにすることで、コシアブラの耕地における栽培法の開発に寄与する目的でこの調査を行った。

## 方法

### 1. 山林におけるコシアブラの放射性Cs濃度と土壌蓄積量

2022年4月28日、東京電力福島第一原子力発電所から西北西方向に約30km離れた福島県双葉郡葛尾村野川浜井場の山林内において、コシアブラの若芽を採取するとともに株元から土壌を採取した。対象山林は落葉広葉樹を中心にアカマツが散在する標高約550 mmの里山である。土壌は花崗岩質の褐色森林土壌、年間降水量は1,484 mm、年間平均気温は10.6℃(双葉郡川内村AMeDASポイント)である。調査地点は図1(図中●ポイント)のとおりである。

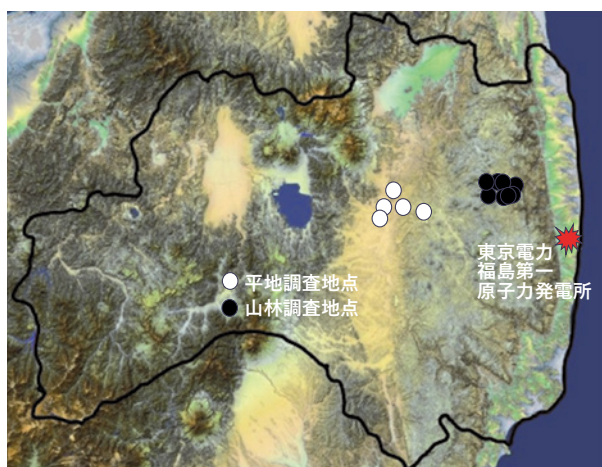


図1. 調査地点

### (1) コシアブラ若芽の採取

調査コシアブラ樹の樹高は約1 mから2 mで、頂部及び側枝から若芽を3～4個採取し、ポリ袋に封入した(図2)。若芽を実験室に持ち帰り、水道の流水で洗浄後、キムタオル紙で水分を拭きとり、はさみで約10 mm角に裁断してよく混和した後、プラスチック容器(以下、U-8容器)に充填した。はさみは試料ごとに流水で洗浄した。



図2. 山林におけるコシアブラ

### (2) 土壌の採取

FH層は調査コシアブラ樹の株元から概ね30 cmの土壌表面に半径18 cmの円形枠を置き、新鮮なりター(枯れ葉)を除去し、FH層の厚さに応じて、内側面積の全量又は半量を採取した。

A層はFH層を除去した後、円形枠面積の1/4について移植ごてを用い、深さ5 cmまで採取した。これらの土壌は風乾後、2 mmメッシュの篩で篩別、混合し、U-8容器に充填した。

### (3) 放射性Cs濃度の測定

U-8容器に入れた試料は高純度ゲルマニウム半導体検出器(GC2020-7500SL: Canberra Japan Tokyo, Japan)を用いて、 $^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度の相対誤差が5%以内となるように測定した。計測用ソフトウェアとしてスペクトル/ガンマエクスプローラ(ミリオンテクノロジーズ)を用いた。検出器は定期的に標準線源(Co60点線源、U-8体積線源5種: 日本アイソトープ協会)を用い、校正を行った。

コシアブラの若芽については生重当たりの $^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度(Bq/g)、土壌については単位面積当たりの $^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度(蓄積量(KBq/m<sup>2</sup>))で表した。

## 2. 平地におけるコシアブラの放射性Cs濃度と土壌蓄積量

### (1)コシアブラ成熟葉および若芽の採取

2022年8月23日～10月2日にかけて、東京電力福島第一原子力発電所から西方向に約60 km離れた福島県郡山市の畑や道路わき等(非山林、以下平地)において、コシアブラの成熟葉を採取した(図3)。平地の植生は雑草、茗荷等草本が生え標高250～350 mmの畑等である。土壌は黄色土、花崗岩質土壌、年間降水量は1,143 mm、年間平均気温は12.4℃である(郡山AMeDASポイント)。

また、2023年4月22日～5月7日にかけても同樹より若芽を採取した。



図3. 平地におけるコシアブラ

### (2)土壌の採取

2022年8月23日～10月2日にかけて、コシアブラの成熟葉と若芽を採取した根元の土壌を採取した。採取地点は試料採取木を中心に根元から概ね30 cm離れたところに木を囲むように正三角形を描き、その頂点に当たる3か所とした。平地にはFH層が発達しないことから新鮮なリター(枯れ葉)を除去し、土壌表面に直径5 cmの円筒を押し込み表面から5 cm、5 cm～10 cmの2層にわけてA層を採取した。これらの土壌は風乾後、2 mmメッシュの篩で篩別、混合し、U-8容器に充填した。調査地点は図1(図中○ポイント)のとおりである。

### (3)放射性Cs濃度の測定

放射性Cs濃度の測定は、1.「山林におけるコシアブラの放射性Cs濃度と土壌蓄積量」(3)に準じて行った。

## 結果および考察

山林土壌の $^{137}\text{Cs}$ 蓄積量はFH層が22～108  $\text{KBq/m}^2$ (図4)、総蓄積量は61～195  $\text{KBq/m}^2$ (図5)、コシアブラの若芽の $^{137}\text{Cs}$ 濃度は0.394～3.157  $\text{Bq/gFW}$ であった(図4, 5)。図4および図5から、若芽の $^{137}\text{Cs}$ 濃度は食品衛生法の基準値(0.1  $\text{Bq/g}$ )と比較して極めて高く、土壌の $^{137}\text{Cs}$ 総蓄積量との相関関係は低かったが、図4に示したようにFH層の $^{137}\text{Cs}$ 蓄積量との寄与率は $R^2=0.3602$ と比較的高かった。

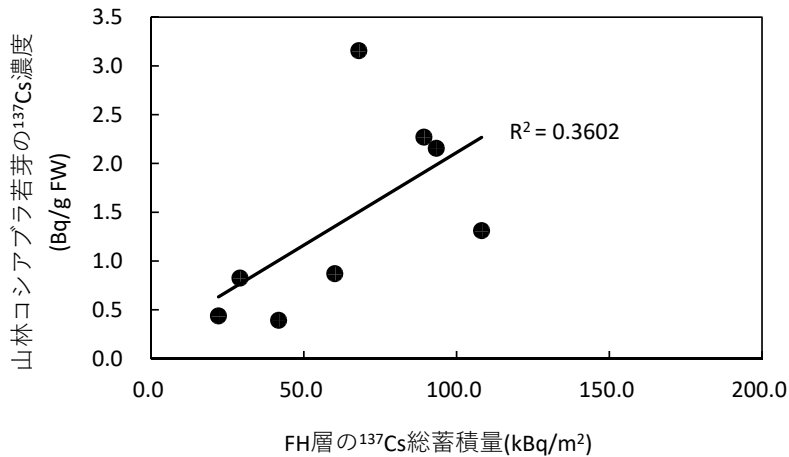


図4. FH層の<sup>137</sup>Cs蓄積量と山林コシアブラ若芽の<sup>137</sup>Cs濃度

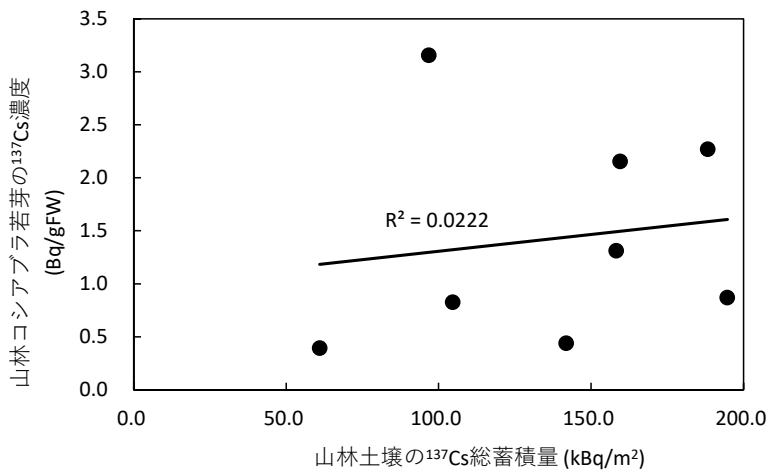


図5. 山林土壌の<sup>137</sup>Cs総蓄積量と山林コシアブラ若芽の<sup>137</sup>Cs濃度

一方、平地土壌の<sup>137</sup>Cs総蓄積量は19～199 KBq/m<sup>2</sup>、コシアブラ若芽の<sup>137</sup>Cs濃度はND(検出限界値は最大0.022 Bq/g)～0.018 Bq/gFWであった(図6)。また成熟葉からは<sup>137</sup>Csは検出されなかった。

このように山林土壌と平地土壌の<sup>137</sup>Cs総蓄積量はほぼ同レベルでありながら、コシアブラの若芽の<sup>137</sup>Cs濃度には大きな違いがあることが明らかになった。観察によれば平地土壌には山林土壌と異なり、A層すなわち鉾質土壌層はあるもののFH層はほとんど認められなかった。図6に示したように平地のコシアブラがA層から<sup>137</sup>Csをほとんど吸収していないこと、山林におけるコシアブラ若芽の<sup>137</sup>Cs濃度はFH層における<sup>137</sup>Cs蓄積量と相関が比較的高く(図5)、山林土

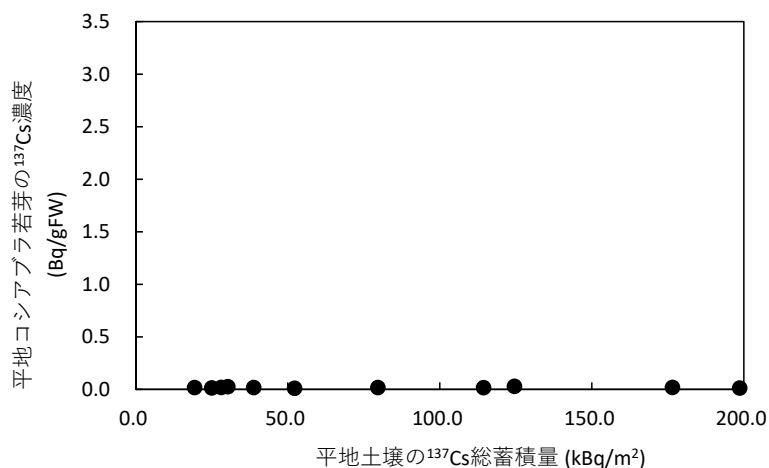


図6. 平地土壌の<sup>137</sup>Cs総蓄積量と平地コシアブラ若芽の<sup>137</sup>Cs濃度

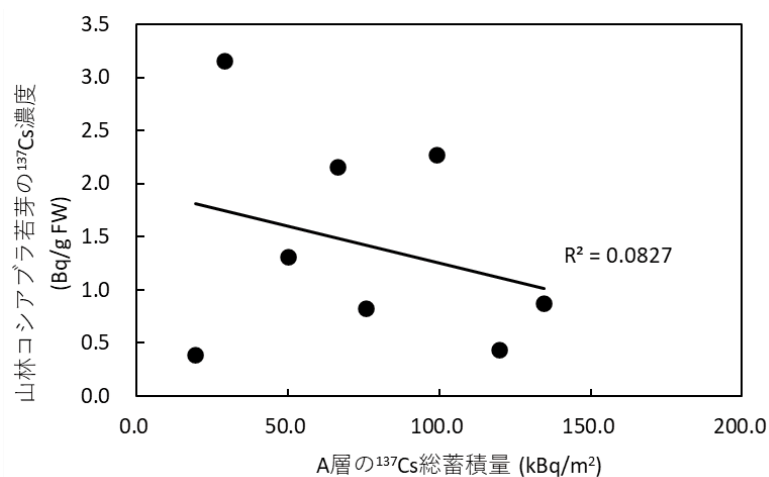


図7. A層の<sup>137</sup>Cs蓄積量と山林コシアブラ若芽の<sup>137</sup>Cs濃度

壌のA層の<sup>137</sup>Cs蓄積量との相関が低いことから(図7)、山林のコシアブラは主に森林土壌のFH層に存在する<sup>137</sup>Csを吸収していると考えられた。

コシアブラの放射性Cs吸収の特異性については、これまで根系分布の浅さ、有機物層(L, FH層)からの特異的吸収が指摘されている<sup>10, 14, 16)</sup>。今回の研究結果は、これらの報告と合致する。

以上から、本報告では<sup>137</sup>Cs総蓄積量がほぼ同レベルの山林土壌と平地土壌に生育するコシアブラと放射性Cs吸収を比較することにより、山林に自生するコシアブラのFH層からの放射性Csの吸収の重要性を明らかにするとともに、放射性Csに比較的軽度汚染された耕地における栽培の可能性が示唆された。

## まとめ

2011年に起きた東京電力福島第一原子力発電所の事故により、福島県の山林地域は厳しい放射能汚染に見舞われたことから、山菜特にコシアブラに深刻な放射能汚染が生じ、県内の多くの自治体は現在でも山林から採取されたコシアブラ若芽の流通を制限している。

本研究では、除染耕地におけるコシアブラ栽培法開発の一環として、福島県双葉郡葛尾村の山林、郡山市の畑や庭(平地)に生育するコシアブラの若芽、成熟葉及び株元土壌の放射性Cs濃度を調査した。

この結果、畑や庭に生育するコシアブラの若芽や成熟葉の放射性Cs濃度は、株元土壌の放射性Cs蓄積量がほぼ同等にもかかわらず、山林のコシアブラのそれよりも非常に低いことが明らかとなった。

## 謝辞

本研究は、福島イノベーション・コースト構想推進機構「2023年度 大学等の「復興知」を活用した人材育成基盤構築事業」の助成を受け実施したものであり、ここに謝意を表します。

郡山女子大学臨時職員である吉田三保氏には試料の水分測定等に関して大変お世話になりました。感謝申し上げます。

## 引用文献

1. Hashimoto, S., Ugawa, S., Nanko, K. and Shichi, K. : The total amounts of radioactively contaminated materials in forests in Fukushima, Japan. *Sci. Rep.*, 2, 416; DOI : 10. 1038/srep00416 (2012).
2. 山口紀子 : 土壌への放射性Csの吸着メカニズム., 土壌の物理性, 126, 11-21 (2014).
3. Takahashi, J., Tamura, K., Suda, T., Matumura, R. & Onda, Y. : Vertical distribution and temporal changes of  $^{137}\text{Cs}$  in soil profiles under various land uses after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *J. Environ. Radioact.*, 139, 351-361 (2015).
4. Nakanishi, T., Matunaga, T., Koarashi, J. & Atarashi, A.M. :  $^{137}\text{Cs}$  Vertical migration in a deciduous forest soil following the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *J. Environ. Radioact.*, 128, 9-14 (2014).
5. Sakai, M. *et al.* : Untangling radiocesium dynamics of forest-stream ecosystems : A review of Fukushima studies in the decade after the accident., *Environ. Pollut.*, 288, 117744, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117744> (2021).
6. 伊藤祥子, 林誠二, 越川(金尾)昌美, 辻英樹 : 福島県森林土壌の放射性Csの鉛直分布と吸着形態の特徴, 日本森林学会大会データベース, 128(0), 734-, (2017).
7. Nihei, N., Nemoto, K. : Radiocesium accumulation in Koshiabura (*Eleutherococcus sciadophylloides*) and other wild vegetables in Fukushima prefecture. In : Nakanishi, T. M., O'Brien, M., tanoi, k., editors. Agricultural implications of the Fukushima nuclear accident (Ⅲ) : After 7 years.,

- Gateway East : Springer Nature Singapore; pp77-83 (2019) .
8. Takada, M., Yasutaka, T., Hayashi, S., Takagi, M., & Tagami, K. : Aggregated transfer factor of  $^{137}\text{Cs}$  in edible wild plants and its time dependence after the Fukushima Dai-ichi nuclear accident., *Sci.Rep.*, 12, 5171. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09072-5> (2022) .
  9. 田上恵子, 高田モモ, 保高徹生, 内田滋夫 : 山菜中の放射性セシウム濃度の経年変化 : 近年は減少しているのか? , *Proceedings of the 21<sup>th</sup> Workshop on Environmental radioactivity*, 98-103 (2020) .
  10. Hayashi, H. *et al.* : Explaining the variation in  $^{137}\text{Cs}$  aggregated transfer factor for wild edible plants as a case study on Kosiabura (*Eleutherococcus sciadophylloides*) buds., *Sci.Rep.*, 13, 14162. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41351-7> (2023) .
  11. 小川秀樹 : コシアブラの  $^{137}\text{Cs}$  分布状況調査, *Proceedings of the 19<sup>th</sup> Workshop on Environmental Radioactivity*, 181-186 (2018) .
  12. Tanaka, C., Fukushi, A. & Matsuda, Y. : Arbuscular mycorrhizal fungi facilitate the uptake of radiocesium by *Eleutherococcus sciadophylloides* (araliaceae) -a pot-scale and field survey., *J. Forest Research*, 26 (2), 101-109 (2021) .
  13. Yamaji, K., *et. al.* : Root endophytic bacteria of a  $^{137}\text{Cs}$  and Mn accumulator plant, *Eleutherococcus sciadophylloides*, increase  $^{137}\text{Cs}$  and Mn desorption in the soil. *J. Environ. Radioact.*, 153, 112-119 (2016) .
  14. 清野嘉之, 赤間亮夫, 岩谷宗彦, 由田幸雄 他 : 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 (2019) .
  15. 武地誠一 他 : オヤマボクチの現地栽培及び放射性Cs, *CREATION*, 30, 5 (2018) .
  16. 赤間亮夫, 清野嘉之 : 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および季節変化—, 関東森林研究, 66 (2), 225-228 (2015) .