

地表徘徊性昆虫類の放射性セシウム濃度と食性の関係

生物資源科学部 生物環境科学科

2年 堀内歩, 加茂楓葵

指導教員 生物資源科学部 生物環境科学科

助教 田中草太

1. 背景と目的

2011年に発生した福島第一原子力発電所事故により放射性物質が環境中に放出された。福島県は7割が森林に覆われており、陸域に沈着した放射性物質の多くは、森林内に取り込まれた。森林内の放射性セシウム(RCs)は、その大部分が土壌表層に集積するが、生物の必須元素カリウムと同族元素であるため、その一部は、森林内の物質循環に伴って移動する(吉田, 2012)。この生物利用可能なRCsは、食物連鎖を通して生物に移行する。これまでに、節足動物を対象とした研究により、死んだ生物を起点とする腐食連鎖がRCsの主要な移行経路となることが示唆されている(Tanaka et al, 2020)。主な餌資源を腐食連鎖に依存すると考えられる地表徘徊性昆虫類は、林床の有機物の分解に寄与しており、森林内のRCs循環を把握するうえで重要である。しかし、これまでに調査例は少なく、RCs濃度や移行経路については、不明である。筆者らは、これまでに地表徘徊性昆虫類の食性に関して、安定同位体分析を用いて調査を進めてきた(堀内ら, 2023)。本研究では、異なる2つの森林タイプ(針葉樹林・広葉樹林)において、地表徘徊性昆虫類を採集し、 ^{137}Cs 濃度を定量するとともに、炭素・窒素安定同位体比分析により餌資源を介したRCsの移行経路を推定することを目的とした。

2. 材料と方法

2.1 調査地

福島第一原子力発電所から北西約11kmにある浪江町の山林を調査地とした(Fig. 1)。広葉樹林及び針葉樹林をサンプリング地点に設定した(Fig. 2)。

2.2 採集方法

昆虫類は、ピットフォールトラップ(直径7cm、深さ7cmのプラスチックカップ)を用いて採集した。2023年8月24日に広葉樹林内と針葉樹林内に計12個のトラップを設置して、翌日に回収した(Fig. 2)。トラップの中央に誘引剤(腐敗した鶏モモ肉)を吊るし、その下に70%エタノールを設置することで、昆虫類が誘引剤を摂食することなく、すぐに捕殺・保存できる設計とした(Fig. 3)。これにより、昆虫類の安定同位体比に誘引剤や腐敗の影響が生じないようにした。土壌はコアサンプラー(100mL円筒)、リターは30×30cmコドラートを設定して、トラップ設置場所と同一地点で採集した。

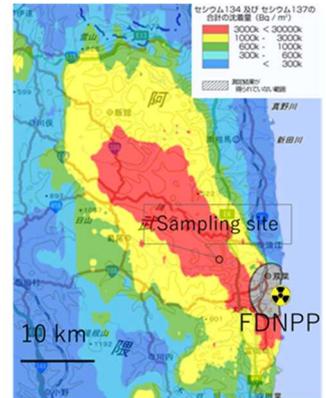
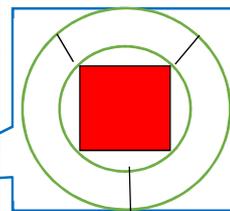


Fig. 1 調査地と放射性セシウムの初期沈着量



Fig. 2 トラップ設置場所



直上からみた図
赤色部分に誘引剤を設置

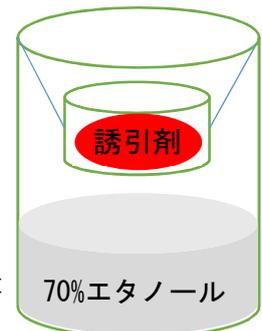


Fig. 3 トラップ設置写真・概要

2.3 安定同位体分析

採取した昆虫類は、60°Cのオーブンで乾燥し、土壌、リターは風乾した。乾燥試料は、メノウ乳鉢で粉碎した後、昆虫類 0.7mg、土壌 7.0mg、及びリター2.0mg をそれぞれ錫箔に包み EA-IRMS (Delta V Advantage, Thermo Fisher Scientific)により安定同位体比を測定した。

2.4 ^{137}Cs 濃度の測定

乾燥粉碎試料をプラスチックバイアル (100mL 及び 4mL) に充填し、低バックグラウンドゲルマニウム半導体検出器 (GMX30-70-LB-B-HJ, OREC) を用いた γ 線スペクトロメトリーにより ^{137}Cs を定量した。測定時間は、計数誤差が 5%以下となるように、1,201~227,376 秒の範囲とした。

3. 結果と考察

3.1 土壌及びリターの ^{137}Cs 濃度

針葉樹林と広葉樹林のいずれの地点においてもリターと比較して、土壌の ^{137}Cs 濃度が高かった (Fig. 4)。針葉樹林土壌の ^{137}Cs 濃度の平均値は、リターの約 4.5 倍、広葉樹林土壌では、リターの 10.7 倍であった。事故後 10 年以上が経過した時点でのサンプリングであり、事故直後の RCs の直接沈着の影響は少ないと考えられる。したがって、今回観察された土壌とリターの濃度の差は、土壌表層に蓄積している RCs の一部が樹木によって再吸収され、リターフォールとして林床に供給されることに起因すると考えられる。また両地点の土壌濃度のばらつきが大きいことから、地表面に RCs が不均一分布していると考えられた。

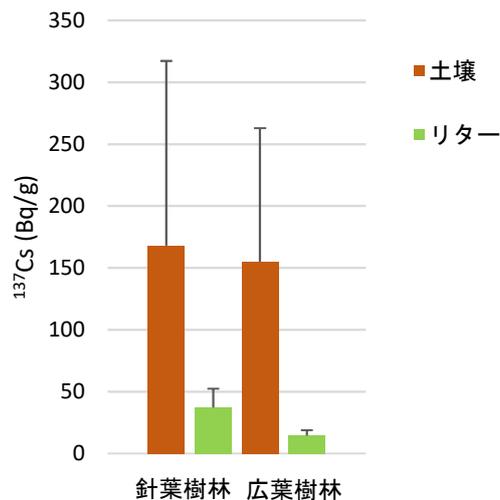


Fig. 4 土壌、リターの ^{137}Cs 濃度

3.2 森林タイプによる昆虫類の ^{137}Cs 濃度の比較

広葉樹林と針葉樹林の双方の地点で採集できた昆虫 5 種 (センチコガネ、ヨツボシモンシテムシ、マダラカマドウマ、エンマコオロギ、モリオカメコオロギ) の ^{137}Cs 濃度を比較した (Fig. 5, 6)。その結果、同一種においても、針葉樹林と広葉樹林で ^{137}Cs 濃度が大きく異なることが明らかになった。広葉樹林のマダラカマドウマは、針葉樹林で採集された個体と比較して約 4 倍高い値を示した。一方、広葉樹林のモリオカメコオロギは、針葉樹林で採集された個体と比較して約 3 分の 1 の濃度であった。この結果から、地表徘徊性昆虫類の ^{137}Cs 濃度は、餌資源の汚染レベルに依存することが示唆された。

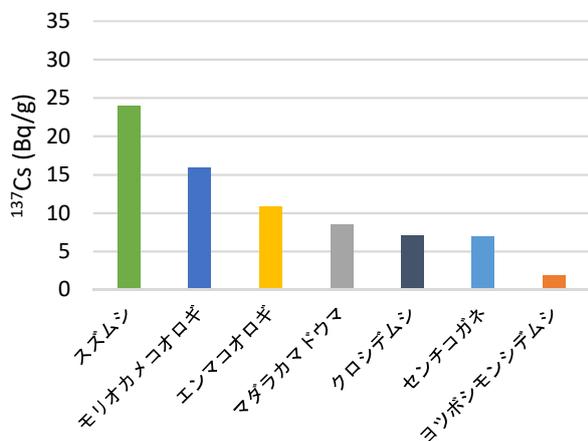


Fig. 5 針葉樹で採取した昆虫類の ^{137}Cs 濃度

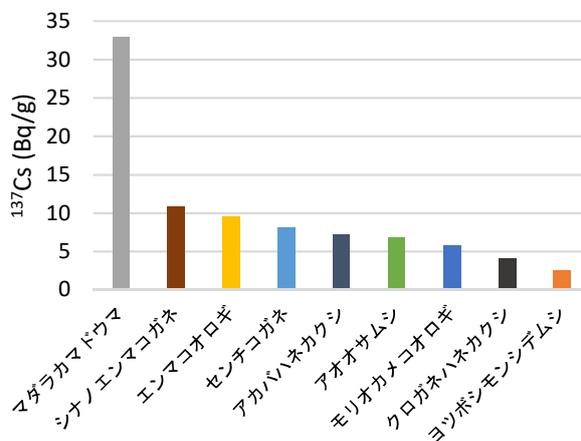


Fig. 6 広葉樹で採取した昆虫類の ^{137}Cs 濃度

3.3 昆虫類の ^{137}Cs 濃度と食性の関係

昆虫類の種数は、針葉樹林で6種、広葉樹林で9種であり、両地点でバッタ目が優占していた。最も多く採集されたのは、マダラカマドウマであり、いずれの地点でも全体の4割を超えていた (Fig. 7)。また、広葉樹林では、針葉樹林と比較して、鞘翅目の割合が約4倍に増えた。両地点で優占していた5種の主な食性は、糞食性 (センチコガネ)・腐肉食性 (ヨツボシモンシテムシ)・雑食性 (マダラカマドウマ・エンマコオロギ・モリオカメコオロギ) とされており、それぞれの ^{137}Cs 濃度を比較した結果、雑食性 > 糞食性 > 腐肉食性の順を示した (Fig. 8)。腐肉食性のヨツボシモンシテムシは、 ^{137}Cs 濃度が最も低く、1.86~2.09 Bq/g の範囲であった。一方、 $\delta^{15}\text{N}$ は、5種の中で最も高く 6.1~6.5‰、 $\delta^{13}\text{C}$ は、-25.5~-23.8‰の範囲を示し、同位体比のばらつきが少なかった (Fig. 9, 10)。この結果から、ヨツボシモンシテムシは、動物遺体など栄養段階の高い餌資源を選好して利用していることが示唆された。動物筋肉中への ^{137}Cs の移行は、環境媒体に対して数パーセント程度と考えられ、腐肉食性の ^{137}Cs 濃度が低い値を示したことは、この結果を反映しているものと考えられる。また、糞食性のセンチコガネの ^{137}Cs 濃度は、6.11~9.61 Bq/g であり、 $\delta^{15}\text{N}$ は 5.2~6.8‰、 $\delta^{13}\text{C}$ が -25.5~-26.0‰と同位体のばらつきは少なかった。調査地周辺は牛が放牧されており、山林内にも牛糞が豊富にみられた。センチコガネは、餌資源をこのような糞に依存しているため、安定同位体比や ^{137}Cs 濃度が安定していると考えられた。一方、雑食性の3種はいずれも ^{137}Cs 濃度のばらつきが大きかった (Fig. 8)。エンマコオロギの ^{137}Cs 濃度は、4.68~17.1 Bq/g の幅を示し、 $\delta^{15}\text{N}$ と $\delta^{13}\text{C}$ はそれぞれ 0.3~3.3‰、-33.4~-23.9‰と同位体比も大きくばらついた。この結果から雑食性の昆虫類は、様々な餌資源を利用しており、それによって ^{137}Cs 濃度がばらつくことが示唆された。一方で、マダラカマドウマの ^{137}Cs 濃度は、5.46~48.8 Bq/g と最も広い範囲を示したが、 $\delta^{15}\text{N}$ と $\delta^{13}\text{C}$ はそれぞれ 2.5~3.7‰、-26.1~-24.9‰と比較的安定していた。これは、本研究でも観測された RCs が地表面に不均一分布していることが影響していると考えられる。また、濃度が高くなった要因としては、森林内で ^{137}Cs を濃縮する傾向にある餌資源を捕食した可能性が考えられた。特に、キノコなどの菌類は ^{137}Cs 濃度が高いことが知られており、菌根菌や腐生菌といったタイプにより濃度が大きく異なることが明らかになっている (村松 et al, 1997)。また、同

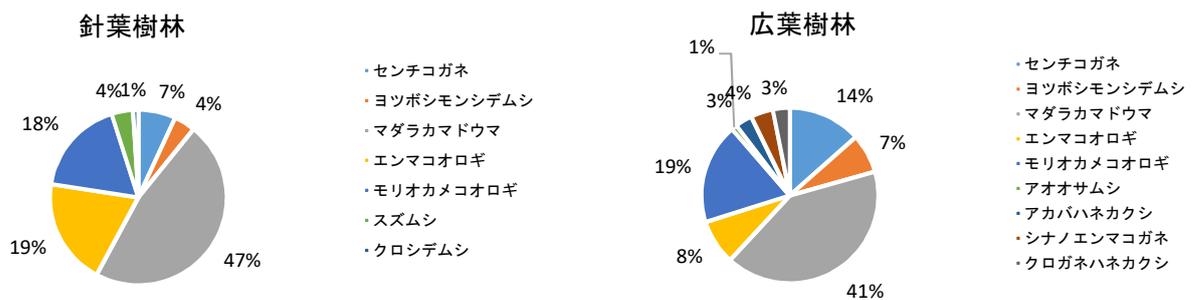


Fig. 7 各地点で採取された種の存在割合

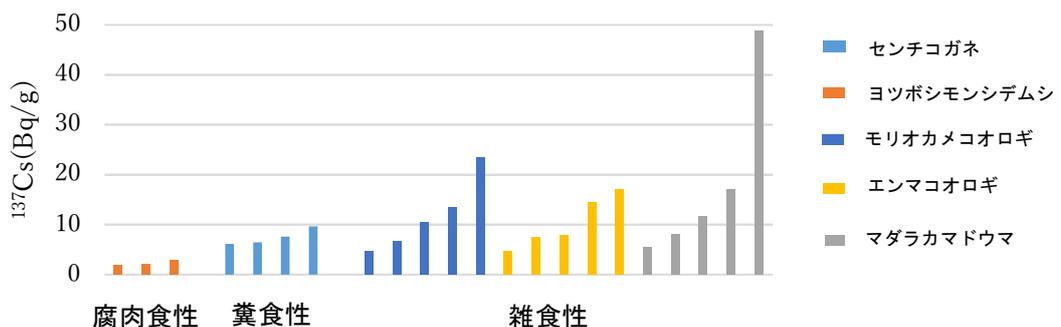


Fig. 8 食性別の ^{137}Cs 濃度の比較

個体ごとの濃度を表示

じ調査地で採集された同属のキノコであっても、濃度が 100 倍以上ばらつくことが確認されている（林野庁，2022）。したがって、同様の餌資源を狭い範囲で利用したとしても、 ^{137}Cs 濃度が大きく異なる可能性が考えられる。本研究の結果から、腐肉食性や糞食性の昆虫類では、特定の餌資源（動植物の移行を介して ^{137}Cs 濃度が低くなったもの）を利用するため、 ^{137}Cs 濃度が比較的 low に維持される一方で、雑食性の昆虫類は、菌類や様々な餌資源を利用するため、 ^{137}Cs 濃度の高い個体が存在することが示唆された。

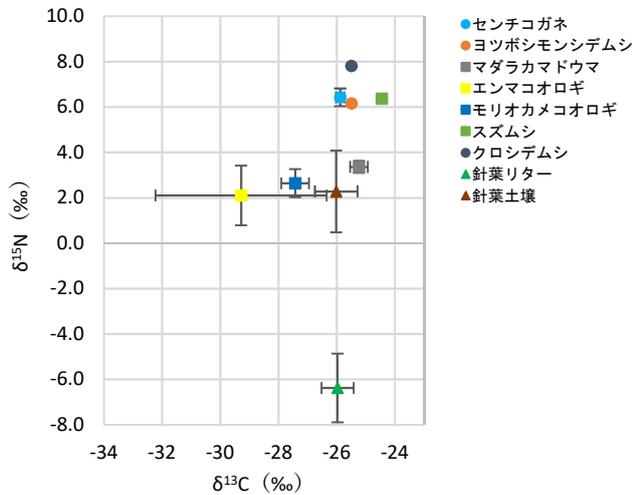


Fig. 9 針葉樹林における炭素・窒素安定同位体

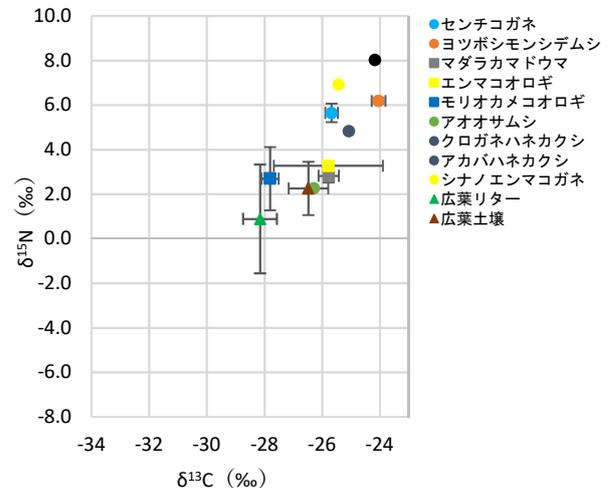


Fig. 10 広葉樹林における炭素・窒素安定同位体比

4. まとめ

RCs の移行には、食性が大きく関わっていることが明らかとなった。雑食性の昆虫類は、RCs が高濃度から低濃度までの様々な餌資源を利用するため、濃度のばらつきが大きくなるとともに、高濃度の個体が存在することが確認された。一方で、糞食性や腐肉食性の昆虫類は、糞や動物遺体といった動植物の移行を介した低濃度の餌資源を利用するため、RCs 濃度が低く維持されることが示された。このように地表徘徊性昆虫類の RCs 濃度は、食性によって顕著に変化することが明らかになった。今後、地表徘徊性昆虫類の利用する餌資源とその濃度を特定するとともに、移動性等を把握することができれば、RCs の生態系への移行を評価する指標として、地表徘徊性昆虫類を利用できる可能性がある。

5. 引用文献

- Tanaka, S., Adati, T., Takahashi, T., Takahashi, S. (2020). Radioactive cesium contamination of arthropods and earthworms after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident. *Low-Dose Radiation Effects on Animals and Ecosystems: Long-Term Study on the Fukushima Nuclear Accident*, 43-52.
- 堀内歩, 加茂楓葵, 田中草太. (2023). 地表徘徊性甲虫の移動性と食性の関係. 秋田県立大学学生自主研究研究成果.
- 村松康行, 吉田聡. (1997). キノコと放射性セシウム. *Radioisotope*, 46, 450-463.
- 吉田 聡 (2012) 森林生態系での放射性物質の動態 過去の研究事例から予測される状況と課題, *森林科学* 65 31-33.
- 林野庁 (2023), 令和 4 年度森林内における干す野生物質実体把握調査事業報告書, 遺伝的分類群による野生きのこの放射性セシウム濃度の特性解析, 61-67.