

令和4年度

野生動植物への放射線影響に関する  
調査研究報告会

要旨集

主催：環境省(事務局 一般財団法人自然環境研究センター)  
日時：2023(令和5)年2月22日(水曜日)13:30~17:00



令和4年度野生動植物への放射線影響調査研究報告会  
プログラム

日時：令和5年2月22日（水）13:30～17:00

場所：WebEXによるオンライン開催

- 13:30～13:40 開会の挨拶
- 1 13:40～13:55 「野生動植物への放射線影響モニタリング」……………1  
環境省自然環境局自然環境計画課
- 2 13:55～14:15 「福島県内における野生傷病鳥獣の放射性セシウムのモニタリング」………3  
小松 仁（福島県環境創造センター）
- 3 14:15～14:45 「福島大学環境放射能研究所の放射生態学研究 2022 年度」……………5  
難波 謙二（国立大学法人福島大学環境放射能研究所）
- 4 14:45～15:15 「餌内容が重複した河川動物2種における対照的な<sup>137</sup>Cs濃度の季節変化」7  
境 優（国立研究開発法人国立環境研究所）
- 15:15～15:40 <休憩>
- 5 15:40～16:10 「森林に生息するジョロウグモは節足動物群集の放射性セシウム汚染と  
土壌中の可給態セシウム量の指標種となりうるか？……………9  
綾部 慈子（国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 東北支所）
- 6 16:10～16:40 「福島県に生息する野ネズミの染色体異常 10年間の研究成果」……………11  
久保田 善久（国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構）
- 16:40～16:55 全体質疑応答
- 16:55～17:00 閉会の挨拶



**野生動植物への放射線影響調査モニタリング**  
**MOE's study of radiation effects for wild animals and plants**

環境省自然環境局自然環境計画課  
**Biodiversity Policy Division, Nature Conservation Bureau, Ministry of the Environment, Japan**

**1. はじめに**

環境省では、東京電力福島第一原子力発電所（以下、福島第一原発という）の事故により放出された放射性物質による野生動植物への影響を長期的に把握するため、福島第一原発周辺で調査を実施しています。本報告会では調査の終了した令和3（2021）年度の結果を報告しますが、令和4（2022）年度も調査を継続しており、令和5（2023）年度以降も調査を実施する予定です。

**2. 環境省で実施した調査結果のまとめ**

環境省では、平成24（2012）年度から平成27（2015）年度にかけて、福島第一原子力発電所周辺において、約80種の野生動植物を対象に、試料採取及び外部形態の観察、放射能濃度の測定、被ばく線量率の推定、繁殖にかかる調査（発芽試験、ツバメの繁殖状況調査）、定点カメラの撮影による環境変化の記録等を行ってきました。平成28年度からは、専門家の意見等を踏まえて必要な調査の絞り込みを行い、調査を継続しています（表1）。

令和3（2021）年度の調査では、採取した試料から測定した放射能濃度から、既存のツール（ERICA assessment tool）を用いて被ばく線量率を推定し、生じうる放射線影響の評価を行ったところ、令和2年度までの調査結果と変わらず、一部の地域・動植物種で影響が生じる可能性を否定できないことが示されましたが、これは、被ばく線量率の推定の際に、より大きな影響が生じうる条件を設定して計算した保守的なものであり、実際にこのような影響が生じていることを示すものではありません（表2）。

表1 平成30（2018）年度から令和4（2022）年度までの試料採取状況（令和4年度以降は予定）

分類群	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
ほ乳類（ネズミ類）	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
鳥類（ツバメ）		○			○		○			○
両生類 （アカハライモリ、カエル類）		○			○		○			○
魚類（メダカ）		○			○		○			○
無脊椎動物（ミミズ類）	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
植物（草本） （キンエノコロ、チカラシバ）	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
植物（木本）		○			○		○			○
環境試料（土壌、水等）	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

※「長寿命である」、「生息域が限られ、採取によって個体数が減少するおそれがある」、「ICRPの定める標準動植物に該当しない」等の理由からそれぞれ判断し、鳥類、両生類、魚類、木本類は3年に1度程度の調査対象としている。

表2 令和3（2021）年度推定被ばく線量率に基づいて評価した生じる可能性のある放射線影響（※ICRP（2014）標準動植物の線量率－影響評価表参照）

種類	1日当たり被ばく線量率（mGy/日）と影響の程度の目安					
	<0.01	0.01～	0.1～	1～	10～	100～
ほ乳類	自然放射線レベル	観察される影響なし	影響は非常に小さい	雌雄の不妊による繁殖成功率低下の可能性	罹患率の上昇、寿命短縮の可能性、繁殖成功率の低下	種々の原因による寿命短縮
アカネズミ				●————●		
ヒメネズミ				●		
無脊椎動物	自然放射線レベル	情報なし	情報なし	情報なし	影響は見込まれない	若干の罹患率の上昇と繁殖成功率の低下
ミミズ類				●————●		
イネ科草本	自然放射線レベル	情報なし	情報なし	情報なし	繁殖能力の低下	繁殖能力の低下
キンエノコロ				●●		
チカラシバ				●—●		

[凡例] ● : 1日当たり被ばく線量率の同一種における測定の最大値、最小値

———— : 同一種で複数の試料が得られた場合、その1日当たり被ばく線量率の値の分布範囲

※環境試料と生物試料の放射能濃度から ERICA ツールを用いて被ばく線量率を推定。被ばく線量率の推定にあたっては、同一地点で同一種の試料が複数得られた場合や同一個体でも部位によって異なる濃度が得られた場合には、最も高い濃度を用いる等、より大きな影響が生じうる条件を設定して保守的な推定を実施。さらに、平均的な被ばく線量率に安全係数として3を乗じた被ばく線量率を算出。

# 福島県内における野生傷病鳥獣の放射性セシウムのモニタリング

小松仁<sup>1</sup>、神田幸亮<sup>1</sup>、村上貴恵美<sup>1</sup>、稲見健司<sup>2</sup>、壁谷昌彦<sup>2</sup>

<sup>1</sup>福島県環境創造センター、<sup>2</sup>野生生物共生センター

## 1. はじめに

東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故により、現在でも狩猟対象鳥獣において放射性セシウムが検出されている。福島県では、「有害鳥獣捕獲」、「指定管理捕獲」及び「狩猟」における捕獲・処理等の安全確保に必要な情報を県民に発信するため、イノシシ、ツキノワグマ等の野生鳥獣の放射線モニタリング調査<sup>1)</sup>を行っている。これらの野生鳥獣の放射線モニタリング調査の結果から、生物種によって体内のセシウム<sup>137</sup>濃度が異なり<sup>2), 3)</sup>、とりわけイノシシにおいて筋肉中のセシウム<sup>137</sup>濃度が高い傾向が認められている。加えて、イノシシの筋肉中のセシウム<sup>137</sup>濃度と捕獲場所のセシウム<sup>137</sup>土壌沈着量に正の関係があること<sup>3)</sup>、同様な土壌沈着量の汚染レベルのエリアで捕獲されたイノシシであっても、個体間で測定値のバラツキが大きい<sup>3), 4)</sup>という結果が得られている。

一方で、狩猟対象種以外の野生鳥獣の筋肉中の放射性セシウム濃度については知見が少なくその野生鳥獣における放射性セシウムの汚染状況は不明である。本研究では福島県における様々な野生鳥獣の筋肉中の放射性セシウム濃度についての知見を得ることを目的とする。

## 2. 調査方法

2013年から2022年までに福島県内で保護され福島県野生生物共生センターに運び込まれたのち死亡した傷病鳥獣の筋肉等を採取した(N=223)。筋肉中に含まれるガンマ線放射性核種濃度を測定した。得られたデータを用いて、生息地域の放射性セシウム土壌沈着量と筋肉中放射性セシウム濃度との相関の確認、生息地域間における筋肉中放射性セシウム濃度の比較、ほ乳動物と鳥類間における筋肉中放射性セシウム濃度の比較、食性による放射性セシウム濃度の比較等を行った。

## 3. 結果

福島県における野生鳥獣の筋肉中放射性セシウム濃度のモニタリング結果の一部を図1に示した。イノシシのように極端に高い値を示す個体については、近年ほとんど検出されなかった。生息地域の放射性セシウム土壌沈着量と筋肉中放射性セシウム濃度については会津と中通りで弱い正の相関、浜通りで正の相関がみられた。生息地域間における比較では、筋肉中放射性セシウム濃度は浜通り、中通りに比べて会津が有意に低かった。ほ乳動物と鳥類間における比較では、筋肉中放射性セシウム濃度は鳥類に比べほ乳類が有意に高かった。食性による比較では、筋肉中放射性セシウム濃度は、会津の鳥類で雑食よりも動物食、中通りのほ乳類で雑食よりも植物食のほうが有意に高かった。

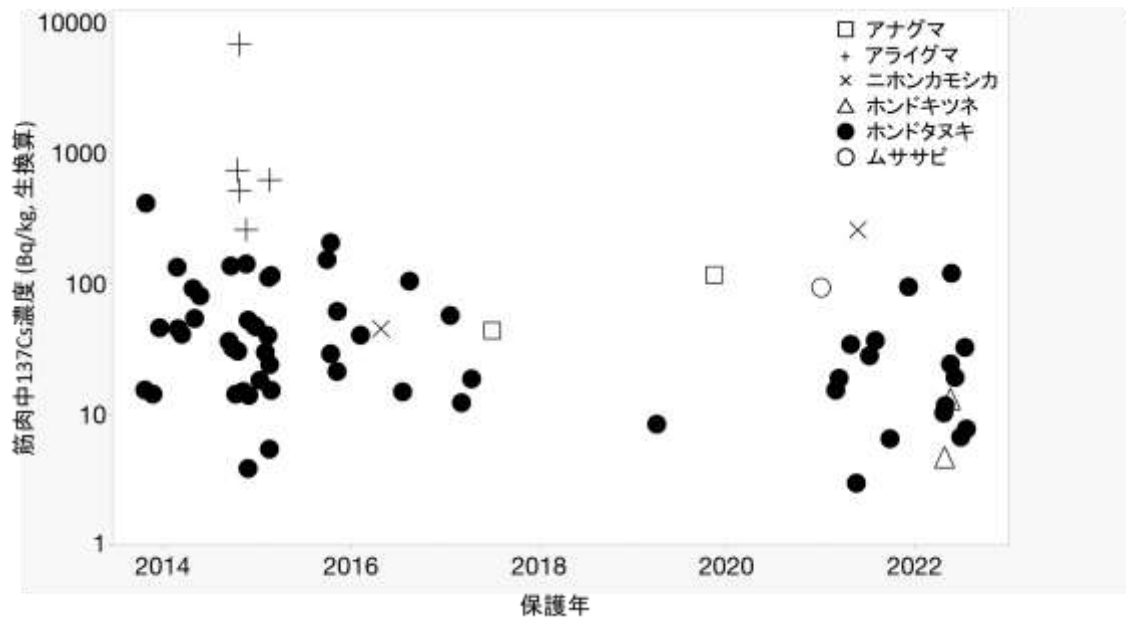


図1 傷病野生ほ乳動物の放射性セシウムモニタリング結果

#### 4. 謝辞

本研究を進めるにあたり、帰還困難区域内等のイノシシの筋肉試料をご提供くださった環境省 自然環境局 野生生物課 鳥獣保護管理室の皆様、一般財団法人自然環境研究センターの皆様、野生鳥獣保護に協力くださった県民の皆様に感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 「野生鳥獣の放射線モニタリング調査結果」福島県 HP. 2020 年 12 月閲覧.  
(<http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/wildlife-radiationmonitoring1.html>)
- 2) Saito, R., Kabeya, M., Nemoto, Y. & Oomachi, H. Monitoring  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in bird species occupying different ecological niches; game birds and raptors in Fukushima Prefecture. *Journal of Environmental Radioactivity*. 197, 67–73 (2019).
- 3) Nemoto, Y., Saito, R. & Oomachi, H. Seasonal variation of caesium-137 concentration in Asian black bear (*Ursus thibetanus*) and wild boar (*Sus scrofa*) in Fukushima Prefecture, Japan. *PLoS One*. 13, e0200797 (2018).
- 4) Saito, R., Nemoto, Y. & Tsukada, H. Relationship between radiocaesium in muscle and physicochemical fractions of radiocaesium in the stomach of wild boar. *Scientific Reports*. 10, 6796 (2020).



福島大学環境放射能研究所の放射生態学研究 2022 年度  
Radioecological Researches in the Institute of  
Environmental Radioactivity at Fukushima University in FY 2022

難波謙二・ヴァシル ヨシエンコ・石庭寛子・兼子伸吾  
福島大学環境放射能研究所

NANBA Kenji, Vasyi YOSCHENKO, ISHINIWA Hiroko, KANEKO Shingo  
Institute of Environmental Radioactivity at Fukushima University

## 1. はじめに

福島大学環境放射能研究所(IER)は水文学的あるいは生態学的な視点で放射能の環境動態の研究を行っている。また、生態学的な放射能の移行研究とともに、野生動植物への放射線影響の研究を発足当初から守備範囲としており、2014 年度より、本ワークショップで放射線影響研究を中心に IER の研究活動等を紹介してきた。今年度も引き続き現在の IER での研究活動状況を紹介する。

## 2. 教育機能

環境放射能学専攻博士前期課程の今年度修了予定者は 2 名であり、修士論文題目は「コンプトンカメラによる放射線分布の測定・解析に関する研究」および「Feasibility Study on the Advanced Application of Airborne Radiological Survey Data for the Estimation of Atmospheric Radon and its Progenies」である。なお、理工学専攻で IER 兼任教員が担当する学生の環境放射能関係テーマでの修了予定者の修士論文題目は「 $\gamma$ 線エネルギースペクトル実測データを用いた機械学習による放射線源分布の推定」、「スペクトロメーターを用いた熱ルミネッセンス測定系の開発」などとなっている。

## 3. 研究

IER での生物影響研究として、2021 年に以下の 2 件の動物および植物への放射線影響に関する研究が論文として発表された。

イノシシの数世代にわたる慢性放射線被ばくに起因する生殖細胞突然変異の可能性を調査するために、2014 年から 2019 年に放射性物質で汚染された地域で捕獲された 307 頭について生涯被曝線量評価と遺伝子変異を調べた (Anderson et al. 2022 <Environ. Pollut. 306, 119359>)。その結果、生涯被曝線量は 0.1 から 700 mGy であった一方、チョルノービリで突然変異率の上昇が報告された部分配列であるマイクロサテライト遺伝子座を用いた遺伝解析で、福島のイノシシにおける部分配列パターンの数の増加は見られなかった。事故前の推定集団と事故後の集団とで配列パターンの数に違いが認められなかったことから、これらのイノシシにおいては、チョルノービリで指摘されたような顕著な突然変異率の上昇や新規配列パターンの増加は確認されず、将来の遺伝的組成にも影響はないと結論づけた。

シロイヌナズナについて、慢性的な放射線被曝による DNA 配列変異の特徴を調べるために、発芽直後から種子成熟期までの 2 ヶ月間継続的な放射線照射と全ゲノム解析によって評価した (Hirao et al., 2022 <Sci. Total Environ. 838, 156224>)。親世代には、0.4Gy/日、1.4Gy/日、2.0Gy/日及び非照射の 4 実験区で異なる線量率で照射を行った。親世代から得られた種子を非照射環境で栽培した個体を次世代とした。各実験区で親 1 個体、次世代 3 個体の組を 3 組設定して、次世代に新たに生じたゲノム DNA 中の塩基置換、欠損、挿入数を評価した。その結果、照射区の突然変異率は、非照射区の 5 ~14.4 倍程度となった。この方法を野外の植物に適用するには、様々な課題があるものの、野外に生育する植物を対象とした突然変異率の実測の基礎となるであろう。

## 4. 共同利用共同研究拠点

3 年目となった「放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点(ERAN)」では、2021 年度は 155 の公募型研究課題が採択されている。これらのうち、福島大学が筆頭または連名で受入機関となっているのは 44 課題であり、そのうち 8 件が生物影響研究となっている。対象生物としては、セミ、ゾウリムシ、溪流

魚、アカネズミ、ミツバチ、カエル、野生げっ歯類、イノシシである。

## 5. 海外との共同研究

コロナのパンデミックで講じられてきた日本への入国制限が緩和されてきたことから、2022年度は多くの外国人研究者および大学院生が福島でのフィールド研究のために IER を訪れた。国別内訳は1月時点での予定を含めて、フランスから3組、ウクライナから3名、ベルギーから2組、米国から2名、タイから1名、カナダから1名、オランダから1組、ドイツから1名となっている。このうち、フランスはミツバチ及びカエル、ウクライナ及びカナダはげっ歯類、ベルギーは菌類及びアカマツを対象とした放射線影響研究のためのフィールド調査と試料採集を行った。

このうち、ウクライナのげっ歯類研究者は、ロシアによる侵略戦争で通常の研究活動ができなくなっている一方、日本で新たな技術を習得する機会と考え、SATREPS チョルノービリプロジェクトの JICA 研修生として7月末に来日した。4ヶ月半の日本での滞在中、弘前大学 IREM 及び北海道科学大学の協力を得て、染色体異常を識別する FISH 法を学んだ。別のウクライナからの2人は、餌によって魚類への放射性セシウムの移行を抑制する研究、長期データの解析や福島のモニタリングシステムの視察をそれぞれ目的として IER に滞在している。ウクライナとの共同研究 SATREPS チョルノービリプロジェクトは、2023年3月で終了するが、チョルノービリも原発事故で大きな影響を受け、野生生物影響の研究が継続されてきた場所である。今後もウクライナに対して野生生物への放射線影響分野でのさまざまな支援が必要であろう。

日本とベルギーとの2国間では2021年度まで「福島第一原発事故による汚染地域におけるアカマツの放射線影響メカニズムの解明」を実施したが、2022年来日したのは菌類の有害物質耐性および樹木の放射線影響を研究する2組の研究者である。一般に、腐生性菌と比較して放射性セシウムが高濃度になる傾向がある共生菌に着目した研究及びその宿主樹木の放射性物質濃度と放射線影響の研究により、福島の多くの自治体で出荷制限が続くキノコの問題解決及び林業の復興にも資することを目指している。

## 6. 広報など

IER で毎年年度末に開催する「成果報告会」は本年度 2023年2月14日に前日13日の ERAN 報告会に続けて開催する予定で、シンポジウム「環境放射能の新たなフロンティア」を開催予定である。「フロンティア」は原発事故後の環境放射能研究の最前線の意味であり、専門家向け報告会では各分野で最前線の研究を続ける研究所内外の研究者からの話題提供がある。フロンティアにはまた別の「前線」の意味も込めている。帰還困難区域内に設定された特定復興再生拠点区域の避難指示解除が2022年に始まり、また、2020年代に帰還困難区域のさらなる避難指示解除を進める方針が国から示され、帰還困難区域の一部に人間活動が回復するという意味での「前線」も重ねられている。これらのことを背景とした一般向けシンポジウムを企画している。

通算第18回となる「研究活動懇談会」として、いわき市で12月10日に「豊かな福島の海を未来につなぐ」を開催した。講演者には水産研究の会は、開催地いわき市ならびに福島県漁業協同組合連合会、福島県水産海洋研究センター、水産研究・教育機構、東京大学、東京海洋大学の協力を得て開催され、会場・オンラインあわせて137名の参加があった。

2022年度1月までに、IER からは大学の定例記者会見と独自の記者会見と併せて12件の発表を行ったが、野生生物影響研究関係については、3.研究と5. 海外との共同研究の項目に記した。

# 餌内容が重複した河川動物 2 種における対照的な $^{137}\text{Cs}$ 濃度の季節変化 Contrasting seasonality of $^{137}\text{Cs}$ concentrations in two stream animals that share a trophic niche

境 優<sup>1</sup>・石井弓美子<sup>1</sup>・辻英樹<sup>1</sup>・田中あすか<sup>1</sup>・趙在翼<sup>1</sup>・根岸淳二郎<sup>2</sup>・林誠二<sup>1</sup>

<sup>1</sup>国立環境研究所・<sup>2</sup>北海道大学

Masaru SAKAI<sup>1</sup>, Yumiko ISHII<sup>1</sup>, Hideki TSUJI<sup>1</sup>, Asuka TANAKA<sup>1</sup>, Jaeick JO<sup>1</sup>, Junjiro N. NEGISHI<sup>2</sup>, Seiji HAYASHI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Institute for Environmental Studies, <sup>2</sup>Hokkaido University

## 1. はじめに

福島原発事故から放出された放射性セシウムにより水生動物が広く汚染されたが、現在では多くの水生動物で放射性セシウム濃度が食品基準値以下まで低下している(水産庁 2022)。しかし未除染森林域を流れる河川や湖沼などでは、上流から供給される放射性セシウムによる汚染が長期化しており、そのような場所に生息する水生動物ではいまだに高い放射性セシウム濃度が報告されている。

水生動物の  $^{137}\text{Cs}$  濃度は、 $^{137}\text{Cs}$  の取込量と排出量のバランスにより決定される。 $^{137}\text{Cs}$  の取込量は餌中の  $^{137}\text{Cs}$  量とほぼ同等であり、水中の餌資源の  $^{137}\text{Cs}$  濃度は溶存態  $^{137}\text{Cs}$  濃度と深く関連すると考えられる(Matsuzaki et al. 2021)。河川の場合、溶存態  $^{137}\text{Cs}$  濃度は夏期に高く、冬期に低いという明瞭な季節変化を示すことが知られ(Tsuji et al. 2020; Hayashi et al. 2022)、水中の餌資源に依存する種への  $^{137}\text{Cs}$  の取込はその季節変化にしたがうと考えられる。一方、 $^{137}\text{Cs}$  の排出量は、着目する動物の代謝量と深く関連しており、変温動物の代謝量は夏期に高く、冬期に低い。このように、水生動物の多くで  $^{137}\text{Cs}$  の取込・排出ともに夏期に高くなることが予想されるが、両者のバランスは種によって異なり、動物の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の季節変化にも影響する。例えば、取込量で排出量よりも季節変化が大きい動物の場合、夏期に取込量が排出量を上回り  $^{137}\text{Cs}$  濃度のピークが形成される(図 1a)。一方、取込量・排出量の季節変化が同等の場合、 $^{137}\text{Cs}$  濃度は季節を通して一定となり(図 1b)、排出量で取込量よりも季節変化が大きい場合には、 $^{137}\text{Cs}$  濃度のピークが冬期に形成される(図 1c)(Okada et al. 2021)。すなわち、水生動物の  $^{137}\text{Cs}$  濃度は必ずしも溶存態  $^{137}\text{Cs}$  濃度の季節変化に同調するわけではない。

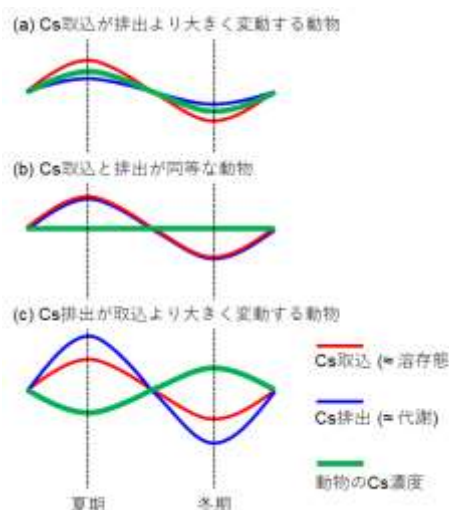


図 1  $^{137}\text{Cs}$  の取込・排出のバランスに応じた水生動物の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の季節変化。

本研究では、同所的に生息し餌内容が重複する河川動物 2 種を対象に、そのような  $^{137}\text{Cs}$  の取込・排出のバランスがこれらの動物の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の季節変化に影響するのかどうかを検証した。なお、本研究内容は、既に誌上発表された内容を基にしており、詳細は Sakai et al. (2022) を参照いただきたい。

## 2. 方法

福島県南相馬市を流れる太田川流域を対象に、2020 年 8 月から 2021 年 10 月までの毎月で溶存態  $^{137}\text{Cs}$  濃度を、隔月で肉食者であるスジエビ・ヨシノボリ類の筋肉部の  $^{137}\text{Cs}$  濃度を把握した。また、スジエビ・ヨシノボリ類については、餌内容の類似性を把握するためにそれぞれの時期について筋肉部の炭素・窒素安定同位体比も把握した。

### 3. 結果と考察

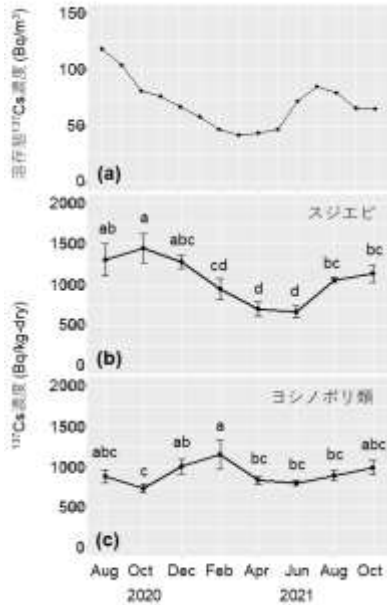


図2 溶存態  $^{137}\text{Cs}$  濃度、スジエビ・ヨシノボリ類の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の季節変化。異なるアルファベットは統計的な有意差を示す ( $p < 0.05$ )。

調査期間を通してスジエビとヨシノボリ類の炭素・窒素安定同位体比は非常に類似しており、餌内容が重複していることが判明した。河川水中の溶存態  $^{137}\text{Cs}$  濃度は、夏期に高く冬期に低い明瞭な季節変化を示していた(図 2a)。ところが、スジエビでは 10 月に  $^{137}\text{Cs}$  濃度のピークを示していた一方で(図 2b)、ヨシノボリ類では 2 月に  $^{137}\text{Cs}$  濃度のピークがみられた(図 2c)。調査期間全体での  $^{137}\text{Cs}$  濃度は、ヨシノボリ類がスジエビよりも低く、 $^{137}\text{Cs}$  排出量はヨシノボリ類でより多いと推察された。また、いずれの種でも体サイズと  $^{137}\text{Cs}$  濃度の相関は見られず、大型魚で一般にみられる体サイズ効果は認められなかった。以上から、スジエビでは  $^{137}\text{Cs}$  取込の影響を強く受けることで 10 月に  $^{137}\text{Cs}$  濃度が高くなる一方、ヨシノボリ類では  $^{137}\text{Cs}$  排出の影響を受けることで冬期に  $^{137}\text{Cs}$  濃度が高くなると結論された。このような  $^{137}\text{Cs}$  の取込・排出のバランスがもたらす水生動物の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の季節変化を考慮することは、低い  $^{137}\text{Cs}$  濃度の水産魚類を得る適切な時期の特定につながると考えられる。

#### 引用文献

- Hayashi et al. (2022) Effects of forest litter on dissolved  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in a highly contaminated mountain river in Fukushima. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 41:101099
- Matsuzaki et al. (2021) Seasonal dynamics of the activities of dissolved  $^{137}\text{Cs}$  and the  $^{137}\text{Cs}$  of fish in a shallow, hypereutrophic lake: links to bottom-water oxygen concentrations. *Science of the Total Environment* 761:143257
- Okada et al. (2021) Seasonal variations of  $^{137}\text{Cs}$  concentration in freshwater charr through uptake and metabolism in 1-2 years after the Fukushima accident. *Ecological Research* 36:935-946
- Sakai et al. (2022) Contrasting seasonality of  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in two stream animals that share a trophic niche. *Environmental Pollution* 315:120474
- 水産庁 (2022) 水産物の放射性物質調査の結果について。  
<https://www.jfa.maff.go.jp/j/housyanou/kekka.html>
- Tsuji et al. (2020) Dynamics of  $^{137}\text{Cs}$  in water and phyto- and zooplankton in a reservoir affected by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Global Environmental Research* 24:115-127

# 森林に生息するジョロウグモは節足動物群集の放射性セシウム汚染と 土壌中の可給態セシウム量の指標種となりうるか？

## The Joro spider *Nephila clavata* (Araneae: Nephilidae) as a proxy for $^{137}\text{Cs}$ contamination of the arthropod community and soil bioavailable $^{137}\text{Cs}$ .

綾部慈子

森林総合研究所 東北支所

Yoshiko AYABE

Forestry and Forest Products Research Institute, Tohoku Research Center

### 1. はじめに

放射性セシウムのうち  $^{137}\text{Cs}$  は半減期が約 30.2 年と長く、除染が困難な森林では長期間留まり続ける。土壌から植物、動物への放射性物質の移行を調査し、生物汚染を理解することは、放射性物質の森林における循環動態を将来予測する上で重要である。土壌中に含まれる放射性セシウムの形態は様々あり、中でも水溶態やイオン交換態は植物が利用できる可給態と呼ばれている。可給態は食物連鎖網を通じて森林内を循環しうるため、放射性セシウムの循環動態を把握する上で重要である。

発表者は、身近な森林生物としてジョロウグモに着目し、その放射性セシウム汚染について調査を行ってきた。食物連鎖に伴うセシウム移行に着目してジョロウグモの汚染メカニズムを明らかにするとともに、土壌中の可給態放射性セシウムとの関係を調査し、ジョロウグモが土壌中の可給態放射性セシウム推定のための指標種となりうるかどうか検討した。

### 2. ジョロウグモの生態と指標種としての特徴

一般に、クモ類は、森林性節足動物全体の現存量の 15-30% を占めていることや、節足動物群集の上位捕食者としての個体数調節機能をもつだけでなく、昆虫食性鳥類などの高次栄養段階生物の餌にもなっており、森林生態系の食物連鎖を通じた物質循環において重要な位置を占めている。とくにジョロウグモは、(1) 日本各地で普通に見られる大型のクモで個体ごとに放射性セシウム濃度が測定可能であり、(2) 年一化で毎年繁殖期 (10 月頃) の採集によって同一条件で放射性セシウム汚染の経年モニタリングを実施でき、(3) 開けた場所に大きな円網を張り移動性が低く、生食・腐食連鎖の様々な森林性節足動物を餌として利用し関わりをもつといった生態的特徴から、森林性節足動物の代表種としてモニタリングに適しており、調査対象とした。

### 3. ジョロウグモにおける放射性セシウム汚染の実態とメカニズム

ジョロウグモの  $^{137}\text{Cs}$  濃度は、様々な節足動物種よりも同程度か高かった。つまり、ジョロウグモの放射性セシウム濃度を測ることによって、生息地内の他の節足動物種についても放射性セシウム濃度を推量できることが明らかになった。また、ジョロウグモの放射性セシウム汚染メカニズムとして、K や Na などのアルカリ金属集積が放射性セシウム集積に関連していることが判明し、土壌から植物、節足動物群集、ジョロウグモへとつながる食物連鎖を通じた放射性セシウムの生態系循環プロセスをアルカリ金属挙動から考察可能であることが示唆された。

### 4. ジョロウグモ中の放射性セシウム濃度と土壌中の可給態 $^{137}\text{Cs}$ 量の関係

食物連鎖によってジョロウグモに取り込まれた放射性セシウムが、森林内の可給態循環量を反映しているならば、ジョロウグモの濃度から土壌中の可給態量を推定できるはずである。調査の結果、両者は統計的に有意な相関を示したものの、その決定係数は低く、ジョロウグモ濃度から土壌中の可給態  $^{137}\text{Cs}$  濃度を正確に推定することは難しかった (Ayabe *et al.*, 2019)。ジョロウグモ濃度は可給態  $^{137}\text{Cs}$  の他に、生息地土壌の可給態 Na 濃度にも影響を受けていることが原因であった。ジョロウグモは、その指標性は弱いですが、放射性セシウム循環の一端を反映していることが明らかになった。

#### 参考文献

- Yoshiko Ayabe, Tsutomu Kanasashi, Naoki Hijii and Chisato Takenaka. Radiocesium contamination of the web spider *Nephila clavata* (Nephilidae: Arachnida) 1.5 years after the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident. *Journal of Environmental Radioactivity* **127**: 105-110, 2014.
- Yoshiko Ayabe, Tsutomu Kanasashi, Naoki Hijii and Chisato Takenaka. Relationship between radiocesium contamination and the contents of various elements in the web spider *Nephila clavata*. *Journal of Environmental Radioactivity* **150**: 228-235, 2015.
- Yoshiko Ayabe, Tomohiro Yoshida, Tsutomu Kanasashi, Akane Hayashi, Akihisa Fukushi, Naoki Hijii and Chisato Takenaka. Web-building spider *Nephila clavata* (Nephilidae: Arachnida) can represent  $^{137}\text{Cs}$  contamination of arthropod communities and bioavailable  $^{137}\text{Cs}$  in forest soils at Fukushima, Japan. *Science of Total Environment*, **687**: 1176-1185, 2019.

# 福島県に生息する野ネズミの染色体異常 10年間の研究成果

久保田 善久

量子科学技術研究開発機構

Yoshihisa KUBOTA

National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

## 1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所の事故が野生生物に影響を及ぼしているのか否かを調査するために、日本の自然環境に広く生息し、容易に捕獲でき、捕獲個体の放射線影響を調査研究することが可能な生物として野ネズミを選択し、原発事故の翌年(2012年)より捕獲を行ってきた。リンパ球の染色体異常は、ヒトでは放射線の生物学的線量評価手法として確立されており、また長期に亘って極低線量率の放射線を照射したハツカネズミ(実験用マウス)では鋭敏な放射線影響指標であることが報告されてきた。そこで、福島で捕獲した野ネズミ(アカネズミとヒメネズミ)の脾臓リンパ球における染色体異常を調査する研究を10年に亘って実施してきた。本講演ではその研究成果を概説する。

## 2. 調査方法と結果

野ネズミのリンパ球で染色体異常の検出ができるか検討したところ、2動原体染色体異常(不安定型)の簡便な検出手法としてハツカネズミで利用されているC-band法(セントロメアなど高度の反復配列をもつ構造的異質染色質の局在部位を特異的に濃染することにより動原体を2個有する異常染色体を検出する方法)によりヒメネズミのセントロメアは明瞭に同定できるのに対し、アカネズミではセントロメアが不明瞭であり、2動原体染色体異常の検出が困難であることが判明した。そこで、ヒメネズミのみを対象にC-band法による2動原体染色体異常試験を実施し、2012年に帰還困難区域内の線量率の高い場所で捕獲したヒメネズミで有意に高い染色体異常が検出されることを報告した。(参考文献1)

ヒメネズミよりも捕獲頭数が多く、また体が大きく十分な染色体サンプルを提供することができるという利点を有しながら不安定型染色体異常試験を適用出来ないアカネズミでも染色体異常試験を可能にし、さらに染色体研究の専門家でなくても染色体異常を容易に解析できるという利点を有する「染色体FISH(fluorescence in situ hybridization)法」を実施するための必須材料となる野ネズミ特異的な染色体FISH用プローブの開発に着手し、アカネズミの染色体の中で大きな染色体3対(1番、2番、5番染色体)を赤、黄、緑の3色に鮮明に染め分けることのできる染色体FISH用プローブを作成し、野ネズミで染色体FISHによる染色体異常試験を実施する手法を確立した。この野ネズミ特異的染色体FISH法を使い、福島県内の汚染レベルの異なる場所で2012年に捕獲したアカネズミの染色体異常頻度を比較したところ、非常に線量率の高い地域に生息するアカネズミで有意に高い異常頻度が観察され、また、各ネズミ個体の被ばく線量評価に基づき、線量(率)-影響関係を解析したところ、線量(率)に依存して染色体異常が増加する傾向が認められた(成果文献2)。

上記の研究で得られた結果を詳細に解析したところ、3つの染色体(1番、2番、5番染色体)の組換え頻度は2番染色体が異常に高く、2番染色体にフラジャイルサイト(脆弱部位)が存在し、その高い自然組換え頻度により放射線の影響が相対的に見えにくくなる可能性が示唆された。そこで、2番染色体の代わりに新たに3番染色体と4番染色体のFISH用プローブを開発(両者を完全に分離できないサンプルからプローブが作成されたが、FISHにおいて3番染色体と4番染色体の色調の違いから両者を明確に分別できた。)し、結果的に1番、3番、4番、5番染色体を分析対象とする4色染色体FISH法を確立した。この4色染色体FISHを使用し、高線量率地域の野ネズミの染色体異常頻度の継時変化を調べたところ対照地域のアカネズミと比較して2014年までは有意に高いが、2016年になると低下し、対照地域のネズミと差が見られなくなることが分かった。(参考文献3)

以上の研究から、原発事故により帰還困難区域となった地域の中でも空間線量率が特に高い地域に生息する野ネズミでは事故後数年間染色体異常の頻度が上昇したことが示された。時間経過による線量率の低下に伴い、高汚染地域に生息する野ネズミでも現時点で染色体異常を検出する可能性は低いと思われる。

引用文献

- <sup>1)</sup>Kubota, Y. et al. Chromosomal Aberrations in Wild Mice Captured in Areas Differentially Contaminated by the Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant Accident. *Environ. Sci. Technol.*, 49, 10074–10083 (2015)
- <sup>2)</sup>Kawagoshi, T. et al. Chromosomal Aberrations in Large Japanese Field Mice (*Apodemus speciosus*) Captured near Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant. *Environ. Sci. Technol.*, 51, 4632–4641 (2017)
- <sup>3)</sup>Shiomi, N. et al. Chromosomal Aberrations in Large Japanese Field Mice (*Apodemus speciosus*) Captured in Various Periods after Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. *Radiat. Res.*, 198, 347-356 (2022)