

平成30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：2019(平成31)年2月22日(金曜日)13:30~17:00

会場：虎ノ門法経ホール

(東京都港区西新橋1丁目20番3号虎ノ門法曹ビルB1F)



平成 30 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：平成 31 年 2 月 22 日（金）13:30~17:00

場所：虎ノ門法経ホール（虎ノ門法曹ビル B1F）

13：30~13：40 開会の挨拶

1 13：40~14：00 「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 14：00~14：20 「福島県におけるツキノワグマとイノシシの筋肉中放射性セシウム濃度の  
季節変動」……………3  
根本 唯（福島県環境創造センター）

3 14：20~14：50 「福島大学環境放射能研究所の放射生態学研究」……………5  
難波 謙二（国立大学法人福島大学環境放射能研究所）

4 14：50~15：20 「福島県の河川と湖沼における  $^{137}\text{Cs}$  の淡水生態系への移行」……………8  
石井 弓美子（国立研究開発法人国立環境研究所）

15：20~15：40 <休 憩>

5 15：40~16：10 「福島県避難指示区域の生態系モニタリングー避難指示解除過程における  
飛翔性昆虫群集に注目してー」……………10  
吉岡 明良（国立研究開発法人国立環境研究所）

6 16：10~16：40 「野生植物の放射線影響を遺伝的視点から考えるー遺伝的影響に関する先  
行研究の考察と現在の取組みー」……………12  
兼子 伸吾（国立大学法人福島大学共生システム理工学類）

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モニタリング

### MOE's research on the effects of radiation on wild fauna and flora

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平成 29（2017）年度の結果を報告しますが、平成 30（2018）年度も調査を継続しており、平成 31（2019）年度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）。

平成 29（2017）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、平成 28 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 28（2016）年度から平成 32（2020）年度までの試料採取計画案

分類群	H28	H29	H30	H31	H32
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）	○	○	○	○	○

表2 平成29(2017)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	雌雄の不育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				●		
鳥類	自然放射線レベル	情報なし	情報なし	幼鳥の生存率減少による繁殖成功率低下の可能性	罹患率の上昇	胚の発生への長期的影響
ツバメ	●	●				
両生類	自然放射線レベル	情報なし	情報なし	影響を肯定する情報なし	影響を肯定する情報なし	卵の死亡
ウシガエル			●			
魚類	自然放射線レベル	情報なし	情報なし	繁殖成功率低下の可能性	若魚への若干の悪影響(例:感染症の耐性現象、繁殖成功率の低下)	疾患率上昇の可能性
メダカ			●			
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				●	●	
木本植物	自然放射線レベル	情報なし	情報なし	解剖学上、構造学上及び形態上の構造を介して示される病的状態、長期被ばくによる繁殖成功率の低下	長期被ばくによる一部個体の死亡、生育阻害、繁殖成功率の低下	長期被ばくによる一部個体の死亡
スギ				●	●	
ヒノキ				●	●	

[凡例] ● : 1日当たり被ばく線量率の同一種における測定 of 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。

# 福島県におけるツキノワグマとイノシシの筋肉中放射性セシウム濃度の季節変動 Seasonal variation of radio cesium concentration in muscle of Asian black bear and wild boar in Fukushima prefecture

根本唯・斎藤梨絵・熊田礼子  
福島県環境創造センター

Yui Nemoto, Rie Saito and Reiko Kumada  
Fukushima Prefectural Centre for Environmental Creation

## 1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所の事故により、福島県では現在でもイノシシなどの狩猟対象種から、食肉の基準値 ( $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ : 100Bq/kg) を超える放射性セシウム濃度が検出されることがある(福島県 2016)。

野生動物に対するチェルノブイリ原子力発電所事故の影響を調べた研究では、野生動物中の放射性核種濃度は、物理的な半減よりも生物学的な影響によって大きく変動することが報告されている(Palo & Wallin 1996)。ヨーロッパでは野生動物中の放射性核種濃度は季節変動することが知られており、放射性核種濃度が高い食物を採食する時期には、特に体内の放射性核種濃度が高くなることが報告されている(e.g. Avila et al. 1999)。しかしながら、これまで日本において東京電力福島第一原子力発電所事故の影響として野生動物体内の放射性核種濃度の季節変動を調べた研究は少ない。

そこで本研究では、県内に生息する野生動物の中でも狩猟による捕獲数が多く、狩猟資源として重要な位置を占めているツキノワグマとイノシシを対象とし、筋肉中の放射性核種濃度の季節変動を明らかにすることを目的とした。筋肉中の放射性核種濃度については、事故による放出量が多く、物理的半減期が比較的長いセシウム 137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) に注目した(e.g. Hashimoto et al. 2012)。また、野生動物における筋肉中の放射性核種濃度は、生息地の放射性核種濃度と関係があることが考えられるため(e.g. Strebl et al. 2006)、まず、筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度と捕獲地点の  $^{137}\text{Cs}$  土壌沈着量の関係性を確認し、強い関係性が認められた場合には、捕獲地点の  $^{137}\text{Cs}$  土壌沈着量の影響を考慮して季節変動を解析した。

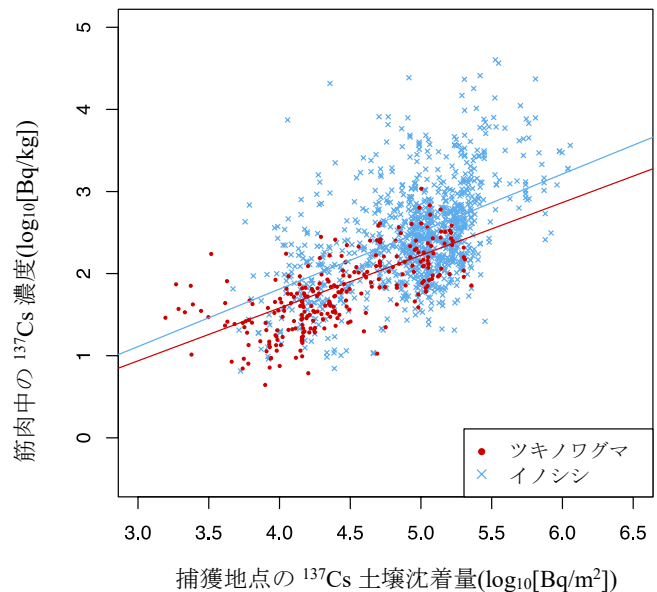


図1. ツキノワグマとイノシシにおける筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度と捕獲地点の  $^{137}\text{Cs}$  土壌沈着量の関係

## 2. 材料と方法

2011～2016年に狩猟と有害捕獲によって捕獲されたツキノワグマ (n=279) とイノシシ (n=1,033) を対象に、ゲルマニウム半導体検出器を使用して筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度を測定した。

筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度と捕獲地点の  $^{137}\text{Cs}$  土壌沈着量の関係性を確認するために、筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度を目的変数、捕獲地点の  $^{137}\text{Cs}$  土壌沈着量を説明変数、動物種を交互作用、捕獲年をランダム変

数とした線形混合モデル (LMM) を解析した。捕獲地点の土壌中  $^{137}\text{Cs}$  濃度は、航空機モニタリングによる放射性セシウム沈着量測定の結果を使用した (JAEA 2012)。

次に、筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の季節変動を明らかにするために、筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度を目的変数、捕獲月を説明変数、動物種を交互作用、捕獲年をランダム変数とした一般化加法混合モデル (GAMM) を解析した。加えて、筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度と捕獲地点の  $^{137}\text{Cs}$  土壌沈着量の間には正の関係が認められたので、解析を行う際には、モデル内に捕獲地点の  $^{137}\text{Cs}$  土壌沈着量をオフセット項として組み込んだ。筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度と捕獲地点の  $^{137}\text{Cs}$  土壌沈着量は、物理半減期より捕獲日の値に補正し、かつ Log10 変換して解析に使用した。

### 3. 結果と考察

LMM より、筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度は、捕獲地点の  $^{137}\text{Cs}$  土壌沈着量と正の関係にあった (図 1)。また、その関係は動物種によって異なり、同じ  $^{137}\text{Cs}$  土壌沈着量の場所でもイノシシの方がツキノワグマより筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度が高い傾向にあった。

GAMM より、筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度は季節変動することが明らかになった (図 2)。また、その変動パターンは動物種によって異なり、ツキノワグマでは 5 月から 9 月まで減少し、その後、2 月まで上昇するパターンを示していたのに対し、イノシシでは、4~8 月が低く、その後 9 月から 11 月で上昇し、12~3 月では高いまま推移していた。このような動物種間の違いには、食性、生理現象および利用場所の変化が影響していると考えられる。

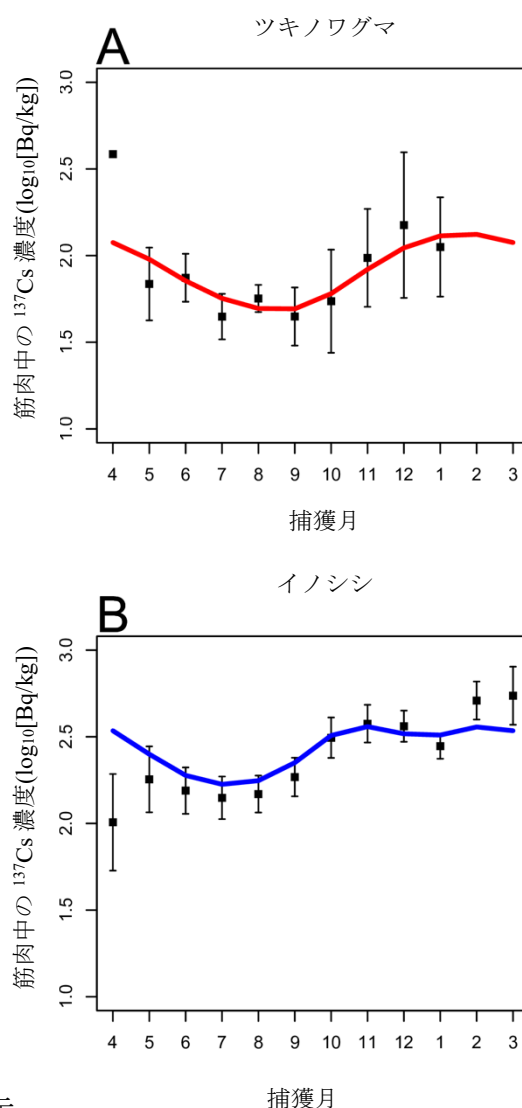


図 2. ツキノワグマ(A)とイノシシ(B)における筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の季節変動

#### 参考文献

- Avila R, Johanson KJ, Bergström R. (1999) Model of the seasonal variations of fungi ingestion and  $^{137}\text{Cs}$  activity concentrations in roe deer. *Journal of Environmental Radioactivity* 46: 99-112.
- 福島県. (2016) 野生鳥獣の放射線モニタリング調査結果. 31 Oct 2016.
- Hashimoto S, Ugawa S, Nanko K, Shichi K. (2012) The total amounts of radioactively contaminated materials in forests in Fukushima, Japan. *Scientific reports* 2: 416. <https://doi.org/10.1038/srep00416> PMID: 22639724
- JAEA. (2012) 第5次航空機モニタリング及び福島第一原子力発電所から 80 km 圏外の航空機モニタリングの放射性セシウムの沈着量の測定結果. 31 Oct 2016.
- Palo RT, Wallin K. (1996) Variability in diet composition and dynamics of radiocaesium in moose. *Journal of Applied Ecology* 33: 1077-1084.
- Strebl F, Tataruch F. (2007) Time trends (1986-2003) of radiocaesium transfer to roe deer and wild boar in two Austrian forest regions. *Journal of Environmental Radioactivity* 98: 137-152.



福島大学環境放射能研究所の放射生態学研究 2018年度  
Radioecological Researches in the Institute of  
Environmental Radioactivity at Fukushima University in FY 2018

難波謙二・ヴァシル ヨシエンコ・石庭寛子・ドノヴァン アンダーソン  
和田敏裕・塚田祥文・兼子伸吾・トーマス ヒントン  
福島大学環境放射能研究所

Kenji Nanba, Vasyi Yoschenko, Hiroko Ishiniwa, Donvan Anderson,  
Toshihiro Wada, Hirofumi Tsukada, Shingo Kaneko, Thomas Hinton  
Institute of Environmental Radioactivity at Fukushima University

## 1. はじめに

本ワークショップでは福島大学環境放射能研究所（IER）の設立の経緯や研究分野を含む規模等概要を2014年度に、2015年度には人員と研究守備範囲としての体制について、2016年度には野生動物植物影響の研究を行なう放射生態学部門の研究活動、2017年度は野生動物植物を対象とする研究を中心に、IERの設備の整備状況や活動内容等を紹介した。

## 2. 教育機能

IERでは大学院設置の準備を進めてきたが、環境放射能学専攻の大学院修士過程を福島大学大学院共生システム理工学研究科に設置することが2018年文科省に認められた。7名の定員であり、2019年4月入学のための入試を実施してきた。博士課程については年次進行で、つまり2年後設置したいと考えている。

## 3. 研究

IERでは動物については、イノシシとネズミ類を対象に二動原体に着目した被曝線量評価を継続している。二動原体の分析に関しては弘前大学被ばく医療総合研究所の三浦教授から技術指導を頂いている。また、森林生態系での放射性物質の移行状況と樹木の放射線影響についても研究を継続している。放射線影響については放医研の渡邊博士と共同で実施している。アカマツで放射線量に応じて高い頻度で見られた頂芽優勢解除の形態異常は、異常が観察されたあと数年の時間を経て正常に戻る現象も観察されている。形態異常発生のメカニズム解明には、正常な形態形成の機序を視野に入れた研究が必要と思われる。遺伝子レベルでの放射線影響については直接・間接的な影響について兼子が発表の予定である。

## 4. 共同利用・共同研究拠点

2019年度から3年間、共同利用・共同研究拠点「放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点」として文部科学省から認定を2018年に受けた。これは、筑波大学アイソトープ環境動態研究センターを中核機関とし、福島大学環境放射能研究所、弘前大学被ばく医療総合研究所、日本原子力研究開発機構福島環境安全センター、量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所福島再生支援本部、国立環境研究所福島支部の合計6の大学・研究施設が加わっている。研究分野は環境動態解析と放射線影響とを含んでいる。2018年度は学内予算で「環境放射能分野における学際共同研究」を公募し、現在18課題を採択した。直接的な生物影響に関する課題は3課題含まれている。

## 5. 海外との共同研究

2018年は米国の夏期休業期間にコロラド州立大学(CSU)およびジョージア大学(UGA)から4名の米国人学生と1名の補助者が福島大学に2~3ヶ月間滞在し、野生動植物への影響研究を行った。対象生物は、ネズミ、ヘビ及びビノシシであり、DNA損傷と生殖への障害を検出しようとする研究である。

また、2018年秋の2ヶ月間、CSUより被曝線量評価の専門家で2016年から3年間にわたってCSUの学生をIERに送ってきたThomas Johnson教授をJSPSの短期招聘プログラムで招聘した。福島大学で6回にわたり20名以上の学生等を対象に被曝線量評価と放射線影響についての講義を行った。これはヒトのみならず、陸域や水圏の野生生物を想定したものも含まれる。共同研究に関して、今までにCSUの学生によって福島の試料を使って行われてきた研究の公表についての調整や今後の協力等について議論する機会があった。また、国内のいくつかの研究機関等を訪問し、今後の共同について引き続き協議する事となった。

なお、福島大学教授としてIERとヨーロッパ諸国の大学・研究機関及びCSU、UGAなどとの関係を築いたHinton教授が2018年秋で退任・帰国し、現在後任を公募中である。この分野での国際共同研究が継続できる人材が望まれる。

## 6. 研究活動懇談会

IERでは毎年3月に一般向けの「成果報告会」を開催している他、「研究活動懇談会」を開催している。2018年度は、「津島地区の森林調査」、「相馬地区のネズミ調査」について対象地域の土地所有者らと懇談の場を設けた。3月には福島の淡水魚についてのシンポジウムを蔵前工業会（東京工業大学同窓会）とIERの共催で、内水面水産試験場、郡山市農畜産振興課、内水面漁業協同組合等の協力を得て一般向けの懇談会として開催する計画を進めている。

## 7. チェルノブイリでの研究

2017年からはIERでは筑波大・福島県立医大と共同でSATREPS<sup>1</sup>課題として採択された「チェルノブイリ災害後の環境管理支援技術の確立」を本格始動している。

本プロジェクトでは、水位低下が進行したクーリングポンド内の水圏生態系及び水位低下で出現した乾燥地と湿地を対象にした生物調査が進行中である。水圏生態系では放射性核種の移行状況が水位低下に伴ってどのように変化しているのかを把握する事を目的とし、ウクライナ水文気象研究所(UHMI)および水生生物研究所(IHB)と共同で研究を進めている。水位低下で出現した陸地については移行状況と放射線影響を調査する計画である。当初は大型哺乳類を対象とし、GPSと線量計を備えた首輪を装着する予定であったが、小型哺乳類の方がクーリングポンドの水位低下の影響が現れやすいとの予想から2018年に計画を変更し、ネズミ類を対象とした調査を行うこととした。ネズミ類を対象とした陸域生態系研究は、チェルノブイリ立入禁止区域内に設定された自然保護区域を管轄するChernobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve (ChREBR)が参加する。2018年10月にはChREBR, ECOCENTRE, Institute of Nuclear Researchの研究者と共同で新たに出現した陸地で初めてネズミ類の捕獲を試みた。クーリングポンドに隣接した森林1カ所、水位低下で出現した陸地2カ所でラインを設定し、それぞれ50のトラップで一日1回、2-3回ネズミ類の採集を行い、

---

<sup>1</sup> SATREPS：地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development）

国立研究開発法人科学技術振興機構、国立研究開発法人日本医療研究開発機構、独立行政法人国際協力機構が実施している、他国研究者が共同で研究を行うプログラム。

合計 45 個体が捕獲された。新たに出現した陸地の 1 カ所で 5 種 21 個体が捕獲されており、ネズミ類が隣接地から加入し、新たな生態系に定着しているものと考えられる。今後これら個体への放射性核種の移行状況と、染色体異常を調査する予定である。

また、2018 年 5 月には福島でシンポジウムを開催し、生物影響分野では水生生物研究所 (IHB) の D. Gudkov 博士から水生動植物の染色体や細胞形態の異常に関する発表があった。

# 福島県の河川と湖沼における<sup>137</sup>Csの淡水生態系への移行 <sup>137</sup>Cs transfer for freshwater ecosystem in Fukushima rivers and lakes

石井弓美子・松崎慎一郎・林誠二  
国立環境研究所

Yumiko Ishii, Shin-ichiro S. Matsuzaki, Seiji Hayashi  
National Institute for Environmental Studies

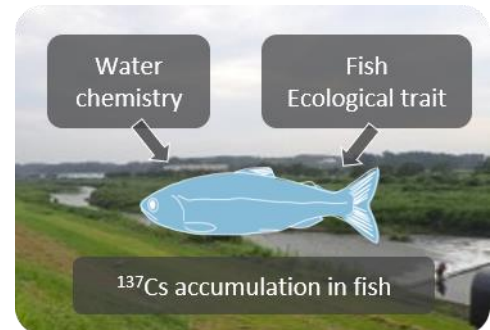
## 1. はじめに

福島第一原発事故から時間の経過とともに、福島県の水産物の放射性セシウム濃度は着実に下がってきている。しかし、淡水魚においては、今でも一般食品中の放射性セシウム濃度の基準値である 100Bq/kg を超える場合も見られ、いくつかの魚種で水域により出荷制限や採捕自粛が続いている。淡水魚の生息する河川と湖沼では、一般的に物質循環、生物群集・生態系の構造が大きく異なる。そのため、河川と湖沼で放射性セシウムが食物網を介してどのように環境中から魚に移行するかを理解することは、今後の淡水魚の放射性セシウム濃度の予測と濃度低減に向けた取組のために重要な課題である。

国立環境研究所では、2014 年から福島県の真野川、太田川、はやま湖、猪苗代湖において、魚と水生生物の放射性セシウム濃度の調査を年 4 回行っている。本報告会では、河川と湖沼の違いに焦点を当て、(1)淡水魚とその他の水生生物の放射性セシウム移行係数に影響を与える要因の解析、(2)淡水生態系における窒素および炭素安定同位体比の測定による栄養段階と放射性セシウム濃度の関係、(3)水生昆虫の食性と放射性セシウム濃度の関係についての結果を報告する。

## 2. 結果と考察

生物への放射性物質移行の指標となる <sup>137</sup>Cs 移行係数(生物中 <sup>137</sup>Cs 濃度/環境水中 <sup>137</sup>Cs 濃度)を福島県内の河川と湖沼の淡水魚について計算し、移行係数に影響を与える水質および魚の生態的特性を河川と湖沼に分けて一般化線形モデル(GLM)による分析を行った。その結果、淡水魚の移行係数へ影響を及ぼす要因は河川と湖沼で異なっており、SS、TOC、塩分などの水質項目は河川で淡水魚の <sup>137</sup>Cs 移行係数に影響を与えていたものの、湖沼では水質よりも魚の食性が重要な要因となっていた。湖沼では魚食魚の <sup>137</sup>Cs 移行係数は他食性の魚より高かったが、河川では食性による移行係数の違いはみられなかった。また、魚の体サイズは河川と湖沼の両方で移行係数に大きな影響を与えていた。その他の水生生物についても SS、TOC、塩分などの水質項目が移行係数に影響を与えていた。



また、窒素安定同位体比を用いて栄養段階を評価した結果、河川と湖沼の両方で魚の栄養段階と <sup>137</sup>Cs 濃度には正の相関があり、栄養段階の高い大型の魚食魚で <sup>137</sup>Cs 濃度が最も高かった。一方で、デトリタスや付着藻類から水生昆虫等への食物網では栄養段階が高いほど <sup>137</sup>Cs 濃度が低い生物希釈の傾向がみられた。魚などを除く水生生物等では胃内容物が <sup>137</sup>Cs 濃度に影響している可能性があるため、水生昆虫への <sup>137</sup>Cs 移行についてより詳細な検討を行った。

太田川において食性の異なるヒゲナガカワトビケラとヘビトンボを採集し、現地で固定した場合と、実験室で 24 時間飼育し胃内容物を排出させた場合の <sup>137</sup>Cs 濃度を測定した。その結果、現地で固定したヒゲナガカワトビケラの <sup>137</sup>Cs 濃度はヘビトンボより高かった。一方で、胃内容物を排出

させたヒゲナガカワトビケラの  $^{137}\text{Cs}$  濃度は、胃内容物排出前より大幅に低下したのに対し、ヘビトンボではほとんど  $^{137}\text{Cs}$  濃度が変わらなかった。このことから、リターなどの流下物を餌とするヒゲナガカワトビケラでは胃内容物により高い放射性セシウム濃度を示すが体内への吸収率は低く、肉食のヘビトンボでは吸収率が高いと考えられた。このことから、環境から餌生物、さらに淡水魚への食物網を通じた放射性セシウム移行の予測のためには、各生物間の吸収効率の違いを明らかにすることが重要だと考えられる。

### **Summary**

Over time, radiocesium activity concentrations of marine and inland fishery products from Fukushima Prefecture have steadily declined. The radiocesium activity concentration of some freshwater fish still exceed the Japanese regulatory limit of 100 Bq/kg and subject to shipping restrictions and voluntary restraint on angling depending on watershed. We are investigating how radiocesium transfer to freshwater fish in the lakes and rivers in Fukushima. We report the studies of (1) analysis of important factors influencing the  $^{137}\text{Cs}$  concentration ratio of freshwater fish and other aquatic organisms, (2) the relationship between trophic level and  $^{137}\text{Cs}$  activity concentration in freshwater foodweb using stable carbon and nitrogen isotope analysis, (3)  $^{137}\text{Cs}$  activity concentration of aquatic insects depending on their functional feeding groups.

**福島県避難指示区域の生態系モニタリング**  
—避難指示解除過程における飛翔性昆虫群集に注目して—  
**Ecosystem monitoring inside and outside the Fukushima evacuation zone:**  
**Flying insects facing lifting of the evacuation order**

吉岡明良  
国立環境研究所  
Akira Yoshioka  
National Institute for Environmental Studies

## 1. はじめに

福島第一原発の事故によって指定された避難指示区域内の野生動植物は、放射線の直接影響のみならず住民避難による営農停止等の環境変化によっても影響を受ける可能性がある。国立環境研究所は2014年より、避難指示区域内外においては哺乳類、鳥類、飛翔性昆虫類、カエル類、土地利用等のモニタリングを行ってきた。ほ乳類や鳥類に関してはデータペーパーやWEBマップの形式で結果が公表されている(Fukasawa et al. 2016; Fukasawa et al. 2017)。また、飛翔性昆虫に関しては平成26年の調査結果と避難指示の関係を統計的手法によって解析したものを公表する(Yoshioka et al. 2015)とともに、継続的なデータ整備や解析、調査手法の改良を行ってきた。その一方で、平成28年から29年にかけて、避難指示が大幅に解除された。本発表では、そのような過渡期における飛翔性昆虫モニタリングの現状に関して報告する。

## 2. トラップを用いた飛翔性昆虫モニタリング

飛翔性昆虫類はハチ・ハエ類等の送粉昆虫や衛生害虫を含み、人間活動との関わりも深い一方で、それなりの移動分散力があるため、広域での避難指示による土地利用変化等にも敏感に反応することが予想される。マレーズトラップや衝突板トラップ等の比較的長期間野外設置可能な調査機材を用いて調査することも可能なため、避難指示区域等の立ち入りが制限される地域では適した環境指標になると考えられる。

演者らがマレーズトラップを用いて平成26年に行った調査と統計解析の結果では、避難指示区域内で少ない傾向が顕著に見られた種・分類群は限られており、多くの種・分類群は避難指示区域内外で顕著な差がないか、避難指示区域内で多い傾向が見られた(Yoshioka et al. 2015)。平成27年以降はより簡便に設置可能な衝突板トラップを主に用いて調査を継続しており、震災前の環境や空間自己相関を考慮した統計モデリングの手法を適応して解析したところ、年によってキアゲハやハナムグリ類、セイヨウミツバチ等の送粉昆虫が避難指示区域内で少ない傾向が見られる場合があった。キアゲハやハナムグリ類に関しては幼虫が必要とする食草や腐葉土が営農停止のため利用しづらくなっていることが影響しているかもしれない。また、ニホンミツバチは避難指示区域内外で顕著な差が見られないことから、セイヨウミツバチに関しては養蜂の停止等が影響していると解釈できる。

現時点では避難指示が解除された地域での営農再開は限られているが、再開に伴う土地利用変化が今後進行する可能性もある。継続的なデータ取得とより詳細な統計モデリングによって、それらの変化の影響を注視していく予定である。

### 3. 赤トンボ類の自動撮影の試み

マレーズトラップや衝突板トラップは比較的簡便に飛翔性昆虫を幅広く調査するのに適している。しかし、それらによって調査するのが困難だが、避難指示による営農停止又は営農再開の影響を受けることが予想される指標的な昆虫類も存在する。例えば、アキアカネ等の赤トンボ類は水田への依存度が高く、避難指示による水田稲作停止の影響を受けている可能性がある。

演者らは赤トンボ類の省力的な調査に資するため、「赤トンボ類は棒の先にとまりやすい」という性質を利用した自動撮影装置を開発した（国立環境研究所 2017）。本自動撮影装置は広域・長期の野外設置に適した安価で省電力なものであり、避難指示区域内や営農再開水田における設置・自動撮影にも成功している。この自動撮影装置やそれをを用いた調査方法の確立にはまだ課題があるが、今後、立ち入りが困難な地域での生態系観測に貢献することが期待される。

#### 参考文献

国立環境研究所. 飛翔性物検出装置. 特開 2017-161453 2017-12-14.

[https://jstore.jst.go.jp/nationalPatentDetail.html?pat\\_id=36004](https://jstore.jst.go.jp/nationalPatentDetail.html?pat_id=36004)

Fukasawa K., Mishima Y., Yoshioka A., Kumada N., Totsu K., Osawa T. (2016) Mammal assemblages recorded by camera traps inside and outside the evacuation zone of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Ecol. Res.* 31: 493.

Fukasawa K., Mishima Y., Yoshioka A., Kumada N., Totsu K. (2017) Acoustic monitoring data of avian species inside and outside the evacuation zone of the Fukushima Daiichi power plant accident. *Ecol. Res.* 32: 769.

Yoshioka A., Mishima Y., Fukasawa K. (2015) Pollinators and other flying insects inside and outside the Fukushima evacuation zone. *PLOS ONE* 10: e0140957. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140957>

**野生植物の放射線影響を遺伝的視点から考える**  
**— 遺伝的影響に関する先行研究の考察と現在の取組み —**  
**Review of radiation effects of wild plants from a genetic perspective**  
**Discussion based on the previous researches and an introduction to the current project**

兼子伸吾  
福島大学共生システム理工学類  
Shingo Kaneko  
Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University

## 1. はじめに

福島大学における講義や市民講座において原発事故後の生物影響に関する話題を提供すると「避難区域の生物の DNA は壊れているのではないか?」、「変化した塩基配列が遺伝して次世代に受け継がれるのか?」等の質問が出てくる。放射線生物学や放射線育種学のこれまでの知見から、福島における放射線量では、塩基配列に顕著な影響はないことは明らかである。比較的放射線量が高い地域であっても、ほとんどの植物において形態等の異常は観察されていないことも報告されている (Watanabe et al. 2015)。しかし、長期の低線量被ばくの影響、特に多様な生物種に関する知見は限られており、福島県内の生物を対象とした高精度に遺伝的影響を評価した研究もないため、このような不安にはやむを得ない側面もある。

大学生や市民と話をするなかで、放射線被ばくの影響は塩基配列の突然変異に起因すると誤解されていると感じることは多い。しかし、実際には、一時的な影響に限られ、将来的には回復が期待される塩基配列の突然変異に由来しないものも多い。そこで本講演では、福島県において形態の異常を報告したモミとアカマツの先行研究 (Watanabe et al. 2015, Yoshcenko et al. 2016) について取り上げ、その形態の異常が生じている背景について遺伝的な視点から考察する。また、現在取り組んでいる、遺伝的影響を直接的に評価する手法の開発についても紹介する。

## 2. モミとアカマツの形態異常を遺伝的視点から考える

放射線被ばくの影響が、どのような仕組みで発生しているかを完全に解明することは、数多くの可能性を検討する必要があり極めて難しい。しかし、影響が永続的となるような塩基配列の突然変異かどうかを判断することは、塩基配列に生じる突然変異の特徴やそのふるまいを考慮することによって、ある程度可能になる。例えば、放射線被ばくによる塩基配列の突然変異は、放射線によって DNA が破壊され、その修復時にミスが生じた細胞が生き残ってしまったものと考えられることができる。そのような突然変異が遺伝子に生じた場合は、何らかの形態異常として観察される可能性がある。ただし、放射線による DNA の破壊は、特定の遺伝子ではなくランダムに生じるはずであり、塩基配列の突然変異はランダムに生じ、観察される異常も多岐に渡るはずである。

では、帰還困難区域内のモミやアカマツで観察された形態の異常はどのようなものだろうか。モミやアカマツで観察された形態の異常は、いずれも主幹の途中欠損を特徴とすることが報告されている。モミやアカマツで観察された形態の異常はある一定の特徴を持っているのである。放射線によってランダムに破壊された遺伝子の突然変異が原因であれば、多岐に渡る異常が観察されるはず。つまり、これらの形態の異常は、遺伝子の突然変異に由来するものではないことを示唆している。もちろん、観察された形態異常が遺伝子の突然変異ではないことと、ゲノムの塩基配列中に突然変異があるかどうかということは、分けて考えなければならない。突然変異の異常な蓄積がないこと



を証明するためには、これまでの研究で実施されているよりも格段に高解像度の遺伝解析が必要となる。

### 3. 帰還困難区域内の生物における突然変異率の定量的な評価に向けて

実は、野外に生育する生物の突然変異率を定量的に示すことは、これまでほぼ不可能であった。これは突然変異が生じる確率が極めて低く、膨大なゲノムの塩基配列に生じた極わずかな突然変異を見つけることが難しかったためである。そこで我々の研究グループでは、次世代シーケンサーとわずかな突然変異の検出に適した実験系を活用することにより、これまでではほぼ不可能であった野外の生物で利用可能な突然変異率の評価手法を開発中である。本手法の確立により、帰還困難区域内における突然変異率の上昇の有無やその影響について、ある程度明言できるデータの取得を目指し、研究を進めている。

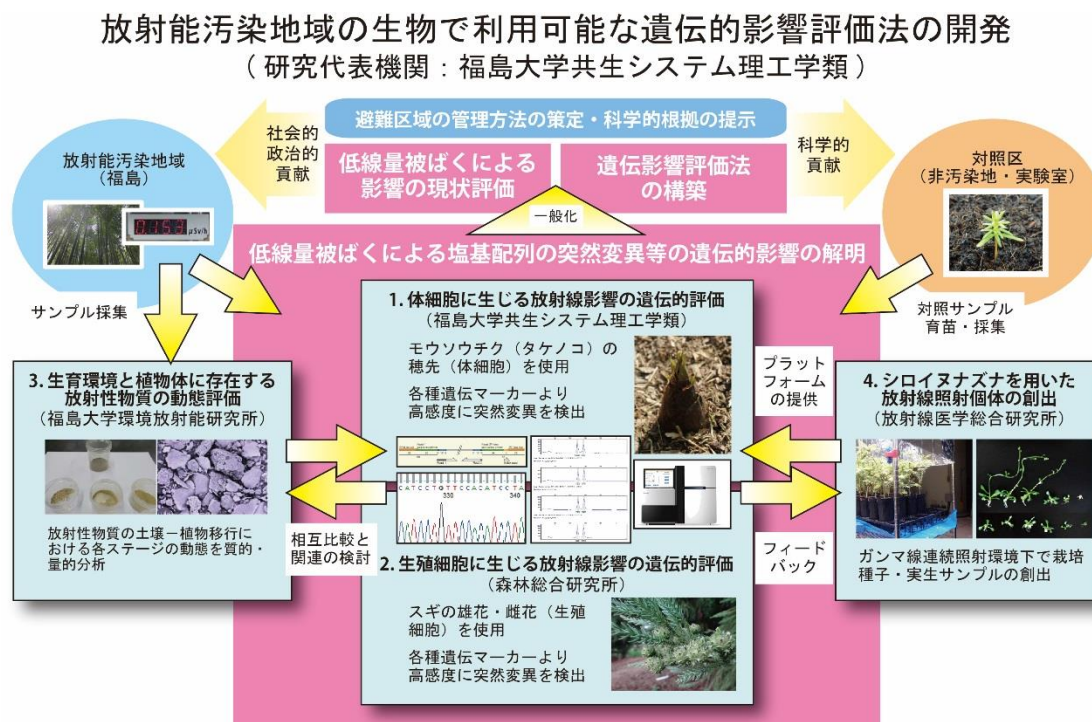


図. 野外の生物における突然変異率を評価するためのプロジェクトの概略

#### 参考文献

- Watanabe, Y., Kubota, M., Hoshino, J., Kubota, Y., Maruyama, K., Fuma, S., ... & Yoshida, S. (2015). Morphological defects in native Japanese fir trees around the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. *Scientific reports*, 5, 13232.
- Yoschenko, V., Nanba, K., Yoshida, S., Watanabe, Y., Takase, T., Sato, N., & Keitoku, K. (2016). Morphological abnormalities in Japanese red pine (*Pinus densiflora*) at the territories contaminated as a result of the accident at Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant. *Journal of environmental radioactivity*, 165, 60-67.