

令和元年度

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：2020(令和2)年2月19日(水曜日)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)



令和元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2年2月19日（水）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 「福島県における野生鳥獣の放射線モニタリング調査について」……………3  
熊田 礼子（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 「イノシシは福島県内でどのように動いているのか？」……………7  
玉置 雅紀（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 「淡水魚による<sup>137</sup>Csの蓄積状況と経年変化」……………9  
石井 伸昌（国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構）
- 6 16:10～16:40 「表層性ミミズにおける放射性セシウムの体内分布と生物学的半減期」……………11  
田中 草太（国立研究開発法人日本原子力開発機構）

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平成 30（2018）年度の結果を報告しますが、令和元（2019）年度も調査を継続しており、令和 2（2020）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 30(2018)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 29 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）年度から令和 2（2020）年度までの試料採取計画案

分類群	H28	H29	H30	R1	R2
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 度の調査対象とする予定。

表2 平成30(2018)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)と影響の程度の日安					
	<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				●		
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
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。

# 福島県における野生鳥獣の放射線モニタリング調査について

熊田礼子、根本唯、斎藤梨絵

福島県環境創造センター

## 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、現在でも多くの野生鳥獣において放射性セシウムが検出されています。福島県では、「有害鳥獣捕獲」、「個体数調整」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を行っており、今後も継続して実施する予定です。福島県環境創造センター研究部では、そのモニタリング調査の結果をとりまとめ、鳥獣種ごとの放射性セシウムの変動について調査しています。

## 2. モニタリング調査の方法

調査対象種をイノシシ、ツキノワグマ、ニホンジカ、キジ、ヤマドリ、カモ類、ノウサギとし、有害捕獲、指定管理鳥獣捕獲、調査捕獲の他、狩猟期には狩猟による捕獲により筋肉組織を採取し、筋肉中に含まれる放射性核種濃度を測定しています。測定された筋肉中の放射性セシウム濃度は県のHPにより公表されています。

## 3. 結果について

これまでのモニタリング調査では、イノシシ、ツキノワグマ等の9種を測定していますが、 $^{137}\text{Cs}$ のみであっても、多くの種は最大値が一般食品の放射性物質に関する基準値  $100\text{Bq/kg}$  を超過しています。中でも、イノシシとツキノワグマでは筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度が高く、検体数が多いことから（図1）、福島県環境創造センター研究部では、その2種を中心に調査をしています。

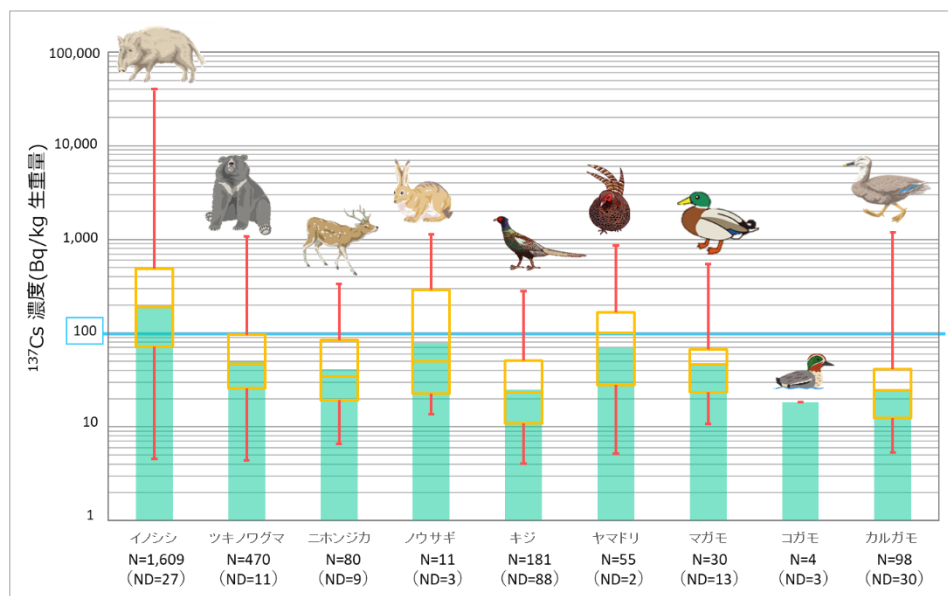


図1. 筋肉中放射性核種濃度の種間の違い (2011~2018年度)

イノシシのモニタリング調査結果を基にした筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の時系列変化では、いまだに幅広い  $^{137}\text{Cs}$  濃度を検出しており、2018 年度であっても 10,000Bq/kg 近い値を検出しました。また、放射性セシウム土壌沈着量が高い地域が広く分布する浜通りでは、筋肉中  $^{137}\text{Cs}$  濃度の高い個体が多く、放射性セシウム土壌沈着量の少ない会津地方では、筋肉中  $^{137}\text{Cs}$  濃度の低い個体が多い傾向にありました（図2）。

ツキノワグマのモニタリング調査結果を基にした筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の時系列変化では、2018 年度であっても 100Bq/kg を超過する個体が検出しており、放射性セシウム土壌沈着量が会津地方よりも多い中通りの方が、筋肉中  $^{137}\text{Cs}$  濃度の高い個体が多い傾向にありました（図3）。

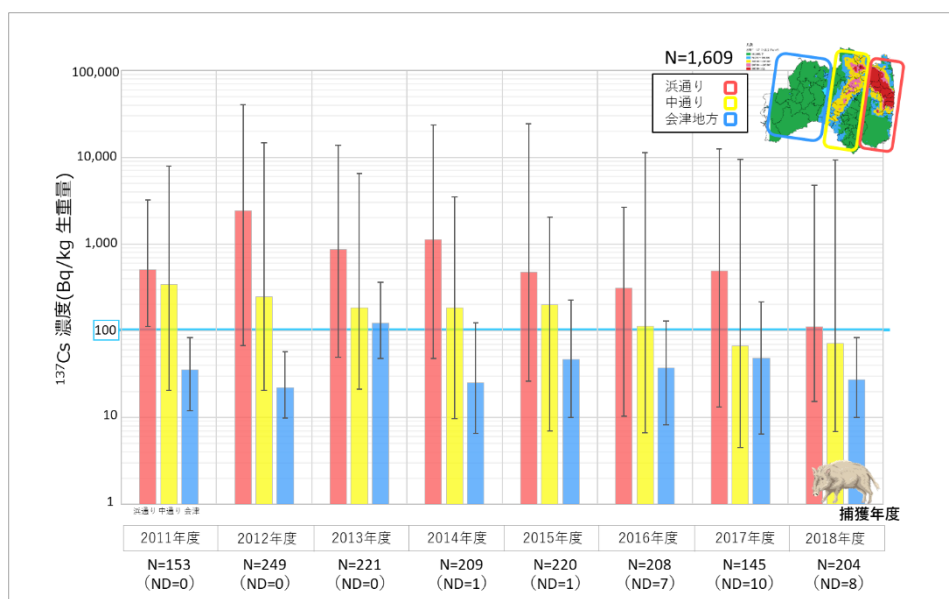


図2. イノシシの筋肉中  $^{137}\text{Cs}$  濃度の時系列変化（2011～2018 年度）

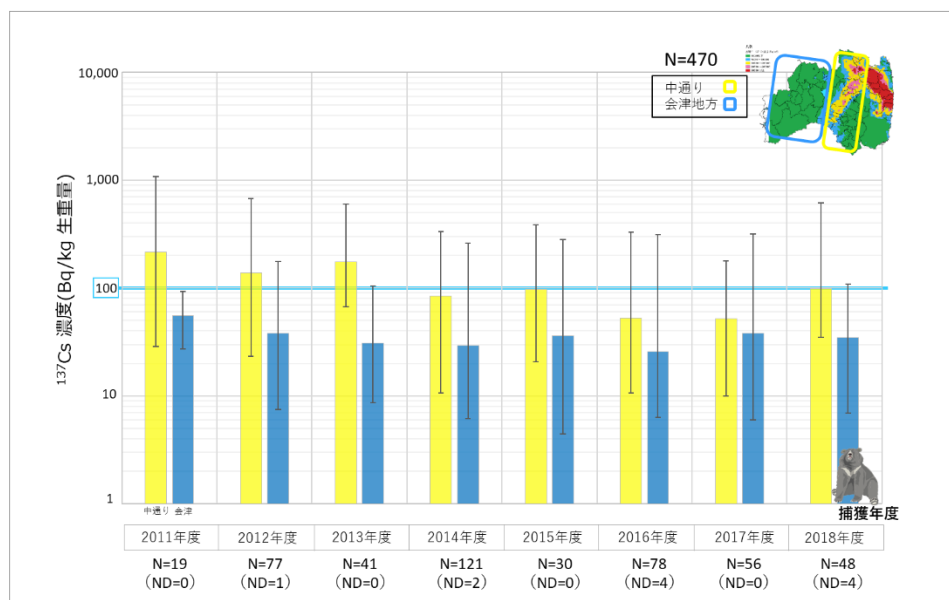


図3. ツキノワグマの筋肉中  $^{137}\text{Cs}$  濃度の時系列変化（2011～2018 年度）



福島大学環境放射能研究所の放射生態学研究2019年度  
Radioecological Researches in the Institute of  
Environmental Radioactivity at Fukushima University in FY 2019

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  
兼子伸吾・和田敏裕・金指努・塚田祥文  
福島大学環境放射能研究所

NANBA Kenji, Vasyi YOSCHENKO, ISHINIWA Hiroko, Donovan ANDERSON,  
KANEKO Shingo, WADA Toshihiro, KANASASHI Tsutomu, TSUKADA Hirofumi  
Institute of Environmental Radioactivity at Fukushima University

## 1. はじめに

本ワークショップでは2014年度より、福島大学環境放射能研究所（IER）の研究活動、特に野生動物影響の研究を行なう放射生態学部門の研究活動について、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

IERの大学院が福島大学大学院共生システム理工学研究科に環境放射能学専攻修士課程として発足し、2019年4月には8名（定員7名）が入学した。博士課程も年次進行での設置、すなわち2021年4月からの学生受入を目指して準備を進めている。

## 3. 研究

IERでは水圏、森林、農地、野生動物の放射性セシウム動態の研究が放射生態学分野で継続されている。生物影響研究として、動物についてはイノシシとネズミ類を対象にした研究が行われている。弘前大学被ばく医療総合研究所および広島大学、東北大学等との共同研究で、二動原体および歯に着目した被曝線量評価研究を継続している。帰還困難区域を含む福島県内で捕獲されたイノシシに家畜ブタとの交雑がみられることについての研究も実施している。

アカマツの放射線影響については放医研等と共同で実施している。人工的に照射したアカマツの栽培を通じて、帰還困難区域で見られる形態異常と放射線量との関連をより明確にするとともに、栽培アカマツを用いて、形態異常発生メカニズム特定につながるような研究を実施している。

## 4. 共同利用共同研究拠点

2019年度から3年間「放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点」が稼働している。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、IER、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（JAEA）、量子科学技術研究開発機構（QST）、国立環境研究所（NIES）の合計6の大学・研究施設が加わっており、それぞれが受入機関となって共同研究を推進するための予算が措置されている。2019年度は98の研究課題が採択されている。これらのうち、弘前大学とQSTが受入機関になっている研究には被曝線量評価や生物影響にかかわる研究が多く含まれている。福島大学が受入機関となっている22課題のうち数件は生物影響研究となっている。

## 5. 海外との共同研究

2019年は米国の夏期休業期間にコロラド州立大学(CSU)から3名の米国人学生が福島大学に2～3ヶ月間滞在し、研究を行った。テーマは、アカネズミの歯を用いた生涯被曝線量の推定、森林生態系での放射性セシウムの土壌から植物への移行にかかわる要因、放射性セシウムの土壌と水とを視野に入れた環境中の動態、であり、これらについての共同研究を行った。

2019年4月よりいずれも2年間の計画で、ベルギーおよびロシアとの共同研究、JSPS-FWO「福島事故後の植物に観察される形態異常の研究:エピジェネティクスが果たす役割は?」、JSPS-RFBR「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」が採択された。いずれもアカマツの形態異常にかかわる研究であり、ワークショップ等をそれぞれの国および福島で開催し、研究交流を行い、福島のアカマツ試料等の分析を開始している。ロシアのチームは形態異常が、放射線によって発生する活性分子によるストレスで植物ホルモンの生産が正常に行われないことによって発生するとの仮説から、植物ホルモンや mRNA の分析等を視野に入れている。ベルギーのチームはエピジェネティクスによる発現制御を想定し、アカマツに加えてナズナについても研究対象としている。また、ベルギーのチームは、アカマツが受ける環境放射線由来ストレス等に対して、アカマツの菌根菌が果たす役割についても研究を進めている。

## 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」を随時開催している。2019年度は、京都大学フィールド科学教育研究センターおよび京都大学大学院情報学研究所と共同で「福島の森・里・川・海の今～放射能問題からウナギ・カレイの新発見まで」と題して1月24日京都大学で開催予定である。これは福島大学での研究および京都大学と福島大学が共同で行った研究の成果を報告する内容となっている。さらに、続いて1月31日に「福島の林業復活に向けて」と題して二本松市で研究活動懇談会を開催予定である。これは、木材を含む森林での放射性セシウム動態の現状や、海外での同分野の知見および木材中の放射能濃度についての利用規制などを林業関係者や一般の方々に説明し、森林の現状の理解を促すとともにその利用促進につながることを目指して開催される。

## 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 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5年間の計画で継続中であり、本年度が3年目である。

本プロジェクトで生物影響を対象としているのは、クーリングポンド (CP) を対象とした魚類およびネズミ類の調査である。水位低下が進行した CP 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分布や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、ECOCENTRE、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。特に魚類については IHB と共同で定点で大型のヨーロッパナマズはじめ多様な淡水魚やプランクトン等への放射性核種の移行状況を調査中であり。水位低下以前から重要性が指摘されているベントスも調査対象として今後加える計画である。

水位低下で出現した陸地については放射線量と放射性核種の分析のほか、ネズミ類を対象に移行状況と放射線影響を Chernobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve (ChREBR), ECOCENTRE, Institute of Nuclear Research (INR) と共同で調査中である。2018年に続き、2019年にも、3カ所の定点で、合計75個体のネズミ類を捕獲した。現在、これらについて2018年採集の試料も併せて放射性核種分析を進めているほか、血液のリンパ細胞等を対象に染色体異常について観察を進めている。

ウクライナ政府はチェルノブイリ立入禁止区域を Pu による汚染が問題になる中心エリアを太陽光発電や放射性物質管理等の新産業地域に、外側のエリアを自然保護区域として利用する方針である。また、チェルノブイリ立入禁止区域は観光名所となっており、2018年には8万人が観光で訪れたとのことである。ChREBR は自然保護区域の管理を行う機関であり、ChREBR の野生動物研究のチームは自然公園の中での野生動物保護・研究等の業務を担っている。

「チェルノブイリ災害後の環境管理支援技術の確立」では水文学的研究や気象学的な研究も含まれているが、生物移行研究として立入禁止区域に試験栽培エリアを4カ所設定し、栽培植物への放射性核種移行状況を実験している。いままでにソバおよびジャガイモの栽培を行った。

# イノシシは福島県内でどのように動いているのか？

玉置雅紀<sup>1</sup>、今藤夏子<sup>1</sup>、根本唯<sup>2</sup>、熊田礼子<sup>2</sup>、斎藤梨絵<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 国立環境研究所、<sup>2</sup> 福島県環境創造センター

## 1. はじめに

震災から8年余りが経過し、避難指示区域に指定されていた地域も帰還困難区域を除いて避難指示解除が進んでいる。一方で解除の遅れた市町村では住民の帰還率が低いまま推移しており、これが復興の大きな足かせとなっている。住民の帰還率が低い理由として、インフラ整備の遅れなどが挙げられるが、長期間にわたる住民活動の低下により野生鳥獣が増加し、これにより農業被害及び人的被害のおそれがあることも多くの住民が理由としてあげている。福島県における野生鳥獣による農作物被害の半分近くはイノシシによるが、これに対し福島県内では有害鳥獣捕獲などを実施し、H30年度は約3万頭のイノシシが県内で捕獲された。一方で、捕獲されたイノシシは県全域で出荷制限がかかっているため、食用はもとより飼料や肥料として利用することはできず、廃棄物となっている。また近年イノシシは比較的汚染の少ない会津地方でも目撃・捕獲されており、このような地域においても出荷制限基準値を超える個体が捕獲された事例もある。したがって、福島県内におけるイノシシ集団の動き（個体群動態）を知ることは、鳥獣害被害対策のみならず、汚染度の低い地域における本種の利活用を考える上でも重要となる。本発表ではイノシシのゲノムより一塩基多型（SNP）を抽出し、福島県内のイノシシ集団がどのような動きをしているかについて解析を行った。

## 2. 方法と結果

福島県各地（相双、いわき、県北、県中、県南、会津、南会津）及び熊本県より採取したイノシシ188頭よりゲノムDNAを抽出した。これらを用いてMIG seq（Multiplexed ISSR genotyping by sequencing）解析を行いゲノムワイドにSNPの選抜を行った。その結果、688座のSNPを抽出することができた。これらを用いて福島県のイノシシの分類を行うためにStructure解析及びクラスター解析を行った。対数尤度の変化率（ $\Delta K$ ）より、福島県のイノシシは相双、いわき、県南に生息するグループ（東側集団）及び県北、県中、会津、南会津に生息するグループ（西側集団）の2つのクラスターに分かれることが明らかになった。さらに、西側集団は熊本県のイノシシに近い遺伝子型を持つことが明らかになった。以上の結果から、福島県のイノシシは2つの遺伝子型を持ち、その分布は県の西側集団及び東側集団のように地理的に分断されていることが明らかになった。

それではこれらの集団を分けているものはなんだろうか？市町村ごとにイノシシの遺伝子型の割合をプロットすると、県の中央部の市町村において西側及び東側集団の遺伝子型が混在していることが明らかになった。また、2017年度の冬期に捕獲された二本松市の集団について個体ごとに筋肉中の放射性セシウム濃度と遺伝子型との相関を解析したところ、東側集団の遺伝子を持つ個体の放射性セシウム濃度が高い傾向が見られた。以上のことから、県の中央部においては市町村単位でもイノシシは東西集団に分かれており、県の中央部にイノシシの東西分離の障壁が存在する可能性が示唆された。福島県中通りにある桑折町、福島市、二本松市、本宮市、郡山市及び

須賀川市におけるイノシシの遺伝子型の分布を個別に調べたところ阿武隈川を境として西側及び東側の遺伝子型に分かれる可能性が示唆された（図）。

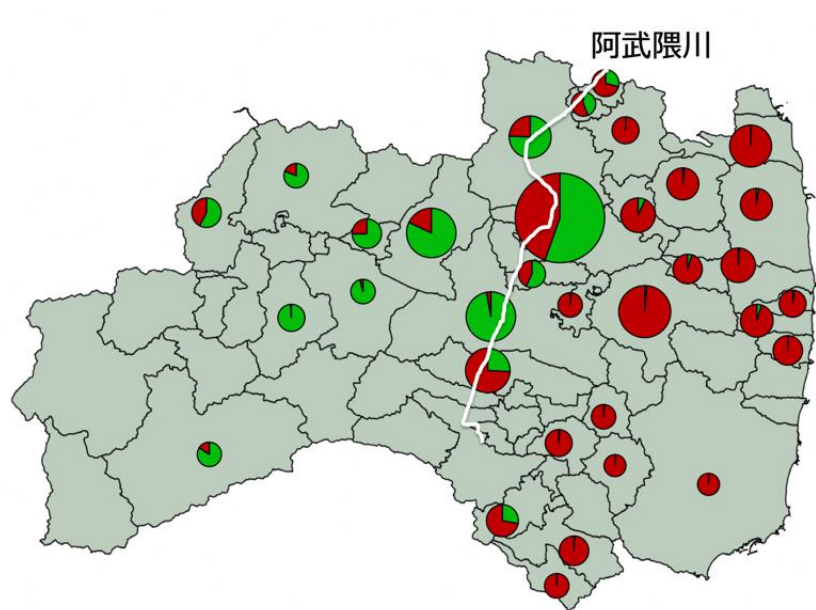


図 福島県各市町村におけるイノシシの遺伝子型の分布

### 3. 考察

環境省による自然環境保全基礎調査により 2002 年までは阿武隈川の西側にイノシシの生息は報告されていなかったが、2004 年の調査では西側でも局所的に生息が確認されるようになった。本研究により阿武隈川の西側と東側に生息するイノシシの遺伝子型が異なることが明らかになったことから、2004 年以降に西側で確認されるようになったイノシシは県の東側ではなく別の場所から侵入した集団ではないかと予想された。また、県内においてイノシシの東西分布を隔てる障壁は阿武隈川ではないかと推測したが、福島県の人口は阿武隈川沿いに 70%程度集積していること、また、二本松市においては遺伝子型の東西の分布が乱れていることから、阿武隈川そのものではなく周辺の土地利用がイノシシの移動の障壁になっている可能性も考えられる。また二本松市周辺では河川幅が狭くなっていることから、今後はこれらのうちどのような要因がイノシシの東西分断に直接関与しているのかを詳細に解析する必要がある。また、阿武隈川の西側に生息するイノシシの由来などについて考察するために、隣接する他県のイノシシの遺伝子型も合わせて検討する必要がある。

# 淡水魚による<sup>137</sup>Csの蓄積状況と経年変化 Accumulation of <sup>137</sup>Cs by freshwater fish and its temporal change

石井伸昌

量子科学技術研究開発機構 福島再生支援研究部

Ishii Nobuyoshi

National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

Department of Radioecology and Fukushima Project

## 1. はじめに

2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所（福島第一原発）の事故により、放射性物質が大気中に放出され、主に東北や関東に拡散した。陸域に降下した放射性物質は時間の経過とともに河川や湖沼に流入し、そこに生息する生物に取り込まれている。特に放射性セシウム（<sup>137</sup>Cs）による汚染は深刻で、事故から8年以上経過した現在でも一部の地域で出荷制限や出荷自粛が継続されている。そのため、魚介類を材料とする食品による内部被ばくは国民の関心が高い課題である。食の安全と安心のためには<sup>137</sup>Csによる内水面魚類の汚染状況を知り、将来の濃度変化を予測することが重要である。

千葉県北西部に位置する印旛沼は、国産うなぎの養殖をはじめモツゴ等の小魚や川エビの佃煮で有名である。でそこで、2016年から印旛沼において淡水魚の<sup>137</sup>Cs濃度のモニタリング調査を行なっている。本報告会では、印旛沼で採捕した淡水魚による<sup>137</sup>Csの蓄積状況と、<sup>137</sup>Cs濃度の経年変化について報告する。

## 2. 材料と方法

印旛沼は捷水路で結ばれた西印旛沼と北印旛沼の二つの沼から成る。淡水魚による<sup>137</sup>Cs蓄積に関する本調査は、2015年9月より北印旛沼で行なっている。得られた淡水魚試料は、筋肉、骨、内臓、卵、精巣、およびその他の部位に切り分け凍結乾燥した。これを粉碎し、ねじ口U形容器に封入後、ゲルマニウム半導体検出器で<sup>137</sup>Csを測定した。

## 3. 結果と考察

調査期間、最も高い<sup>137</sup>Cs濃度は2015年9月に採捕したカムルチで検出された。この魚の筋肉中の<sup>137</sup>Csと<sup>134</sup>Csの濃度の和は新鮮重量あたり138 Bq/kgで、この値は2012年4月1日から施行された食品中の放射性物質の新たな基準値を超えていた。調査期間を通じて、新基準値を超えたのはこの試料のみであった。

<sup>137</sup>Cs濃度の経年変化は魚種により次の3つのパターンに分類できることが分かった：1) 調査開始以降減少し続けている、2) 調査開始からしばらく減少傾向が見られたが、直近の1.5年はほとんど変化なし、3) 調査開始以降ほとんど変化なし。1)のパターンにはコイとニゴイが、2)

のパターンにはアメリカナマズとフナ属が、そして3)のパターンにはオオクチバス、カムルチ、ブルーギル、タモロコ、ツチフキ、モツゴが分類された。これらの結果から、コイとニゴイの<sup>137</sup>Cs濃度は今後も減少し続けることが期待され、その他の魚は現状の濃度レベル、すなわち食品の基準値未満の濃度を維持し続けることが見込まれる。消費に対する国民の安心のためには推測だけでなく科学的根拠に基づく情報提供が必要である。そのためにも、淡水魚の<sup>137</sup>Cs濃度のモニタリングは今後も継続することが重要と考える。

## Summary

A large amount of radiocaesium was released into the atmosphere and diffused mainly in the Tohoku and Kanto regions after the TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident in March 2011. Fallout radiocaesium flows into rivers and lakes over time and have been taken up by living organisms. Although more than 8 years have passed since the accident, freshwater fish contamination with radiocaesium is still serious issue in some area because shipping restrictions and restraint have continued. Internal radiation exposure from foods made from these fishes could be one of the public concerns. Therefore, it is important to understand the contamination level in freshwater fishes and its future trends.

Freshwater fishes have been captured from September 2015 in Lake Inba, locates in Chiba Prefecture, Japan. Activity concentrations of <sup>137</sup>Cs in the muscle of carp and barbel steed decreased with time, while crucian carp and american catfish kept the constant concentration of <sup>137</sup>Cs in their muscle for at least last 1.5 years. Similarly, little changes of <sup>137</sup>Cs concentration in the other fish were found during the investigation period. The results suggest that the same concentration level in 2018 will be detected for those fishes in the future. It is still important to monitor <sup>137</sup>Cs in freshwater fish to provide information for predicting future concentration changes.

# 表層性ミミズにおける放射性セシウムの体内分布と生物学的半減期 Biodistribution and biological half-life of radioactive cesium in epigeic earthworms

田中草太<sup>1</sup>・足達太郎<sup>2</sup>・高橋知之<sup>3</sup>・高橋千太郎<sup>3</sup>

<sup>1</sup>日本原子力研究開発機構・<sup>2</sup>東京農業大学・<sup>3</sup>京都大学複合原子力科学研究所

Sota Tanaka<sup>1</sup>, Tarô Adati<sup>2</sup>, Tomoyuki Takahashi<sup>3</sup>, Sentaro Takahashi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Japan Atomic Energy Agency, <sup>2</sup>Tokyo University of Agriculture, <sup>3</sup>Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University

## 1. はじめに

福島第一原子力発電所事故によって、環境中に放出された放射性セシウムは福島地域の7割以上を占める森林の土壌表層に保持され、移動が少ない状況にある。ミミズは、土壌生態系改変者として土壌構造や有機物の分解と循環に寄与しており[1]、土壌表層の放射性セシウムの生物学的な移動と循環に寄与することが示唆されている[2-3]。また、大型土壌動物の中でもバイオマスの大きいことで知られるミミズは、他の生物の餌資源として重要であり、食物連鎖を介した放射性セシウムの移行経路として重要であると考えられる。ミミズは国際放射線防護委員会（ICRP）により、放射線の環境影響評価における指標となる標準動植物に指定されている[4]。このような生態系における物質循環や放射線影響評価におけるミミズの重要性から、日本に優占するフトミミズ科ミミズを対象とした放射性セシウム濃度の調査が事故後に実施されている[5-7]。一方、ミミズ体内における放射性セシウムの分布や代謝に関しては、ヨーロッパで優占するツリミミズ科の種についていくつかの報告があるが[8-9]、フトミミズ科については、ほとんど知見が無い。本研究では、日本の森林生態系における放射性セシウムの長期的な動態予測と放射線影響評価の上で重要となるフトミミズ科の表層性ミミズを対象として、放射性セシウムの体内分布と生物学的半減期を調査した。

## 2. 方法

福島第一原発から北西約40 kmの落葉広葉樹を主とする山林において、2014-2016年の期間、フトミミズ科の表層性ミミズを20-100個体とともに、生息地のリター及び土壌(0-5cm)を採集した。ミミズの腸を含む臓器、及び体壁筋を分離し、オートラジオグラフィにより放射性セシウムの体内分布を画像化した。また、腸、体壁筋、及びその他臓器に分けて、<sup>137</sup>Cs濃度を定量した。さらに、採集したミミズを非汚染土壌に移し、経過時間ごとにミミズの<sup>137</sup>Cs濃度を測定し、得られた消失曲線から生物学的半減期を求めた。

## 3. 結果と考察

オートラジオグラフィの結果、放射性セシウムの多くが消化管内に分布しており、特定の臓器や体壁筋にはほとんど移行していないことが示唆された。この結果を定量的に評価するため、体の

部位ごとの  $^{137}\text{Cs}$  濃度を測定した結果、ミミズ体内の  $^{137}\text{Cs}$  は、95%以上が腸管内に存在することが明らかとなった。また、 $^{137}\text{Cs}$  のミミズ体内からの消失時間を実験的に求めた結果、消失曲線は二相性を示し、生物学的半減期は、速い成分( $T_b$  fast)で、約 0.1 日、遅い成分( $T_b$  slow)で、約 27 日となることが明らかになった (図 1) [10]。この結果から土壌表層の有機物を摂食したフトミミズ科の表層性ミミズにおける放射性セシウム代謝は速く、体組織への吸収は少ないことが示唆された。本研究で得られた生物学的半減期の値は、ツリミミズ科ミミズにおける値と概ね一致するものであった[8-9]。

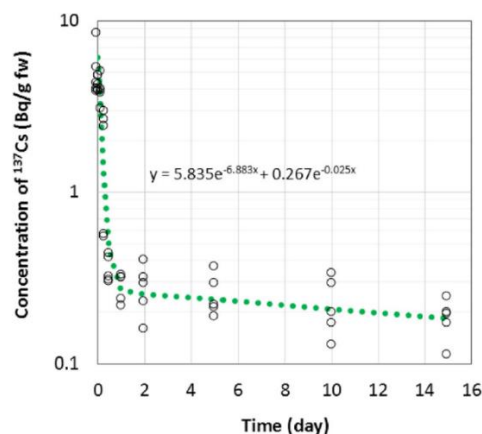


図 1 ミミズ体内の  $^{137}\text{Cs}$  の消失曲線 [10]

## 参考文献

- [1] Lavelle, P. et al. (1997) Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil Biol.* 33 (4):159-193.
- [2] Jarvis, N.J. et al. (2010) Modelling the effects of bioturbation on the re-distribution of  $^{137}\text{Cs}$  in an undisturbed grassland soil. *Eur. J. Soil Sci.* 61 (1), 24-34.
- [3] Tyler, A.N. et al. (2001) The extent and significance of bioturbation on  $^{137}\text{Cs}$  distributions in upland soils. *Catena* 43 (2), 81-99
- [4] ICRP. (2008) Environmental Protection - the Concept and Use of Reference Animals and Plants, Pub. 108. Ann. ICRP 38 (4-6).
- [5] Hasegawa, M. et al. (2013) Radiocesium concentrations in epigeic earthworms at various distances from the Fukushima Nuclear Power Plant 6 months after the 2011 accident. *J. Environ. Radioact.* 126: 8-13.
- [6] Hasegawa, M. et al. (2015) Changes in radiocesium concentrations in epigeic earthworms in relation to the organic layer 2.5 years after the 2011 Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *J. Environ. Radioact.* 145: 95-101.
- [7] 環境省 野生動植物モニタリングの測定結果 HP (accessed 16 Dec 2019).  
[https://www.env.go.jp/jishin/monitoring/results\\_r-wl.html](https://www.env.go.jp/jishin/monitoring/results_r-wl.html)
- [8] Brown, S. L. Bell, J. N. B. (1995). Earthworms and radionuclides, with experimental investigations on the uptake and exchangeability of radiocaesium. *Environ. Pollut.* 88(1), 27-39.
- [9] Sheppard, S.C. et al., (1997). Depuration and uptake kinetics of I, Cs, Mn, Zn and Cd by the earthworm (*Lumbricus terrestris*) in radiotracer-spiked litter. *Environ. Toxicol. Chem.* 16(10), 2106-2112.
- [10] Tanaka, S. et al., (2018). Concentrations and biological half-life of radioactive cesium in epigeic earthworms after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *J. Environ. Radioact.* 192: 227-232.

## Summary

Biodistribution and biological half-life of radioactive cesium in epigeic earthworms (Megascolecidae) was investigated after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. Autoradiographs of the earthworms showed that radiocesium was distributed mainly in the intestines of their bodies. The percentages of  $^{137}\text{Cs}$  in the earthworm intestines was 95% of the total retained  $^{137}\text{Cs}$ . The clearance of  $^{137}\text{Cs}$  from the earthworms was described by dual exponential functions: the half-life of first phase ( $T_b$  fast) was 0.10 days and a second slower phase ( $T_b$  slow) was 27.4 days. The fast and slow phases were estimated to have cleared 95% and 4.3%, respectively, of the total retained  $^{137}\text{Cs}$ . These results suggest that radiocesium will not be highly bioaccumulated in the earthworms