

福島第一原発事故による 放射能汚染の小型哺乳類への 影響と野生動物問題

山田 文雄

要 旨

福島第一原発事故により環境中に放出された放射性物質のうち、とくに森林に降下した放射性物質の動態や影響を今後長期に検討するための一環として、森林に生息する小型野生動物について調査研究の取り組みの現状を紹介した。福島県の中程度の放射線量地域(平均空間放射線量率 $4 \mu\text{Sv/h}$ 程度)においても、アカネズミの体内に蓄積する放射性物質の濃度が極めて高い個体もあり、また個体変異が大きいことも明らかになった。その原因として、餌における放射性物質濃度分析を行い、アカネズミに取り込まれる餌により影響を受けることが考えられた。また、放射線量の高い地域や低い地域の生態系における放射性物質の動態や影響を知る上で、生態系を構成するさまざまな生物を対象としてモニタリングや影響評価の現状を検討し、この問題にかかわる関係機関などとの連携や情報共有の必要性を整理した。

1 はじめに

東日本大震災が発生した時(2011年3月11日14時46分)、私はちょうど札幌市にいた。日本生態学会第58回大会に参加し、外来生物のセッションを主催者の一人として開催している最中であった。会場の建物が大きくゆっくりと揺れ、天井に吊り下げられた大きなシャンデリアが音を出して激しく揺れ、今にも落ちてこないか、事故が起きないかと心配していたことを、今でも思い出す。しかし、その後の原発事故が私にはもっと大きな衝撃と不安を与え続けることになった。私は茨城県に戻り、3月12日からの福島第一原子力発電所の爆発事故と放射性物質を放出する4基の原発の行方や激しい余震に恐怖が続いた。しかも、この地震で、事故を起こした福島第一原発(6基)以外に、青森県東通原発(1基)、宮城県女川原発(3基)、福島第二原発(4基)、および茨城県東海第二原発(1基)の合計10基も事故の危険にさらされ、事故に至った福島第一原発と同様のメルトダウン事故を起こす寸前までいたっていたことを後に知り、驚くばかりであった。

福島第一原発から放出された放射性物質の多くは、福島県内だけでなく、広く東日本や太平洋に

降り注いだのである(図1)。私自身が生活する自宅や職場の地域にも放射性物質は降り注ぎ、高い放射線量(以下、線量という)を示し、また食べ物や飲み物、さらにホコリなどへの不安が生じ、現在も続いている。とくに若い世代や子どもたちへの影響が心配される。原発から放出された放射能と長く付き合わざるをえない状況になった。緑豊かな山や河川や海、きれいに耕された農業地帯、公園や住宅地。しかし、そこには放射性物質が沈着したままである。おすそ分けにいただいた野菜や果物も放射能は大丈夫だろうかという心配してしまう。放射能は眼に見えないし、感じることはない。

環境中に放出された放射性物質(以下、環境放射性物質あるいは環境放射能とよぶ)による自然生態系への影響に関しては、チェルノブイリ原発事故による研究成果などや原爆実験が行われていたアメリカ合衆国の研究事例などがある。

本稿では、人間の通常の生活空間から少し離れてはいるが、森林生態系における放射能に関して、また野生動物への影響について紹介し、放射能汚染問題について考えてみたい。なお、私自身は、野生動物の調査研究を長年行ってきた経緯から、環境放射能問題にも関わるようになったが、決し

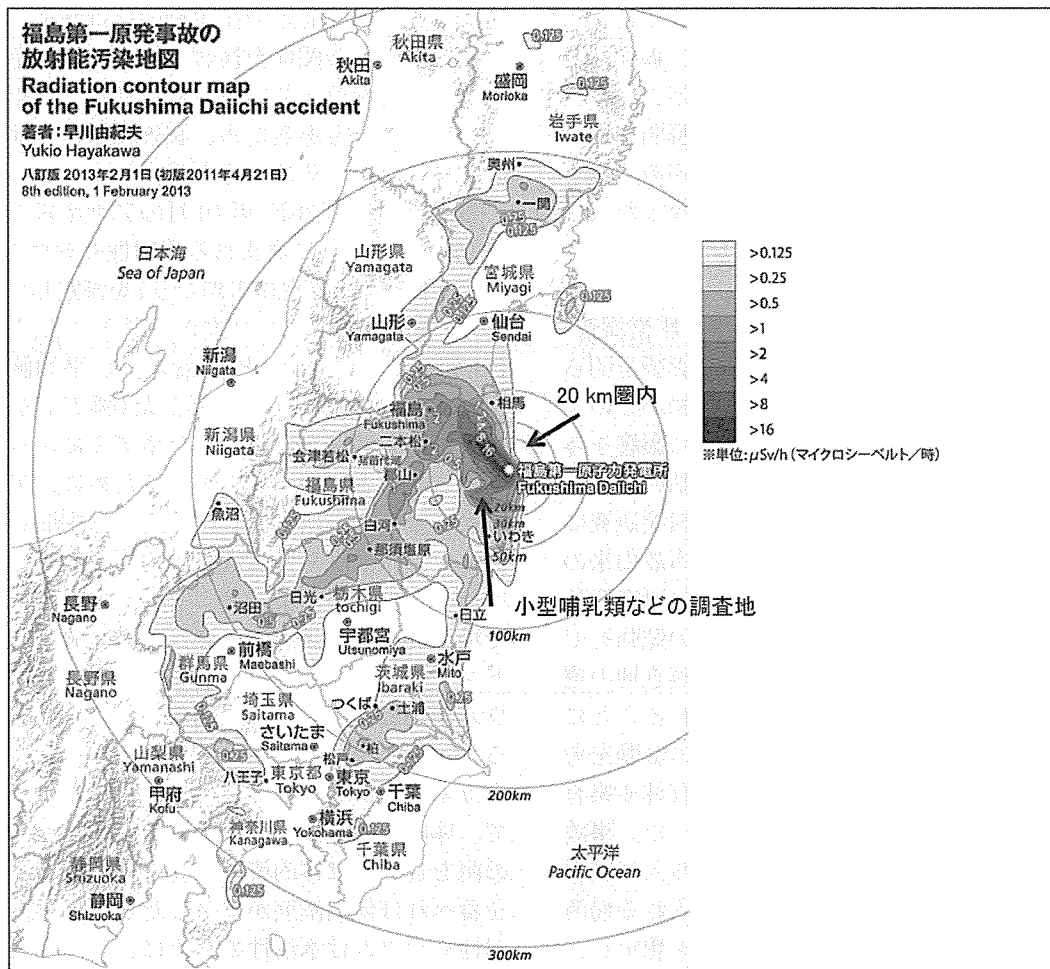


図1 福島県内や周辺県などにおける福島第一原発から放出された放射性セシウムの空間線量率の分布。(群馬大学 早川由紀夫氏作成 URL : <http://blog-imgs-62-origin.fc2.com/k/i/p/kipuka/20130905103125552.jpg> 2013年11月4日版)。

て環境放射能の専門家ではない。福島事故から3年ほどの間に、調査研究を通じて垣間見た程度の環境放射能の知見しかないことを冒頭にお断りしたい。

2 福島第一原発事故の環境放射能問題への取り組み

まず、環境放射能への私の関わりについて、以下のように、調査開始当初から現在にいたる形でその一端を紹介したい。

2.1 調査開始

福島第一原発事故が起きて、環境中に放射性物質が放出されたが、陸地に降り注いだ放射性物質の多くは、森林面積が多いために、その多くは森林に降下し沈着したと考えられる。ちなみに、福島県の森林率は約70%である。

そこで、森林に降下沈着した放射性物質の動態や影響を明らかにし、モニタリングするために、

私の所属する森林総合研究所では福島県内などに調査地を設けることになった(林野庁2013)。事故直後から調査に関する準備のために、関係機関との調整などが行われ、調査地の選定や下見などが行われた。調査は、着手の早いチームでは夏ぐらいから開始され、私たち動物チームは10月ぐらいから調査を開始した。森林総合研究所の調査の目的は、森林や樹木、植生、土壌、土壌堆積有機物、渓流水、キノコ、動物、ミミズなどを対象とすることが決まった。福島県や周辺の県は、一次産業が盛んな地域で、原発事故で環境中に放出された放射性物質問題は、農業、畜産業、林業、漁業(内水面、海洋)などに大きな打撃を与えることになってしまった。特に陸域において、面積的に森林が大きく占めるために、スギ・ヒノキなどの木材生産、広葉樹のシイタケ原木生産(福島県は全国一の生産高)や製炭生産や落葉の腐葉土の生産に大きな被害を与えている。また、福島県飯館村のように、自然豊かな環境のもとで、有機農業と和牛生産とを組み合わせ産直体制を確立し、全国的に

も人気の高かった地域が完全に崩壊してしまった。このような問題が起きてくる中で、森林総合研究所では、木材の生産への影響や対応、林産物への影響、森林生態系への影響などの解明のために、それぞれの研究者が担当となり、初めて取り扱う環境放射能問題と取り組むことになった（林野庁 2013）。

2.2 野生動物への放射性物質の蓄積と影響調査

森林生態系での放射性物質の動態や影響を明らかにする上で、森林に生息する野生動物がどのように影響を受け、また環境にどのように影響を与えるのかなどを明らかにすることが、私の担当となった。さりとて私自身、あるいは放射能研究に参加する他のチームの研究者たちは、事故由来の自然環境に放出された放射能についての研究経験はまったくなく、放射能や環境放射能の勉強をゼロから開始することから始まり、また調査地の選定や調査方法の検討や情報収集に追われることになった。調査地の選定では、調査結果の影響を考えると、個人所有の森林は避けて、国有林や県有林などの公有林を対象とすることになった。事故当時は、高線量地域の避難区域への立ち入り制限が厳しくあり、そうやすやすと調査に入れる場所はなく、また今後長期間にわたる調査を想定し、調査者自体への被曝を考えると、高線量地域での調査はむづかしく、事故原発から 20 km ほど離れた場所（当初の空間線量率 $4 \mu\text{Sv/h}$ ）が私たちにとっての調査地の一つになった。

私たち動物班は、森林に生息する野生動物への影響を明らかにするために、地表近くで生活する野ネズミなどの小型哺乳類を対象に、2011 年 10 月から調査を開始することになった。野ネズミは森林にほぼ普通に生息しており、雑食性でドングリや種子や昆虫やミミズなどを食べる。一方、イタチやキツネ、ワシ・タカなどの捕食動物の餌になる。生態系への影響を検討するために、野ネズミは一次消費者でかつ被食者として重要な野生動物といえる。さらには、私たちにとって目的とする場所で罠をかければ比較的簡単に捕獲できる。国際放射線防護委員会（ICRP）の標準動植物の一つとしても、野ネズミは推奨されている。このような理由で野ネズミなどを含む小型哺乳類を調査対象に選ぶことにした。

2.3 小型哺乳類調査でわかってきたこと

現在、事故から 3 年目を迎え、私たちは毎年調査を続けているが、野ネズミを含む小型哺乳類の採集、捕獲個体の線量測定、捕獲個体への影響、

生息環境の線量測定や餌生物の線量測定、さらには餌と線量との関係を検討するための安定同位体比分析などを行っている。ここでは、まだ取りまとめ中の部分もあるため、調査結果の一部しか紹介できないが、その一部を紹介したい。

事故後半の 2011 年 10 月のアカネズミの骨格筋（骨も含め）中に含まれる放射性セシウム (^{134}Cs と ^{137}Cs の合計で生体重当たり) を測定した。その結果、濃度は個体により大きくばらつき、最小 900 Bq/kg から最大 2 万 Bq/kg あり、平均値で 4 千 Bq/kg と極めて高い値を示した（図 2）。なぜこのように高い濃度を示し、またネズミによって、ばらつきが大きいのかを検討するために、アカネズミを捕獲した場所で餌となる生物を採取し、放射性セシウム濃度や窒素炭素安定同位体分析比を調べた。その結果、濃度はミミズで最も高く、次いで地上徘徊性の昆虫、キノコ、植物の葉、およびドングリの順で低下し、アカネズミの放射性セシウム濃度は、これら餌生物のほぼ中間に位置付けられることが明らかになった（図 3）。すなわち、アカネズミはこれらの餌生物を食べることによって、体内に放射性セシウムを取り込み、高い濃度の餌を食べれば体内濃度が高まり、低い濃度の餌を食べれば体内濃度が低下したと考えられる。放射性セシウムは水溶性のために、アカネズミの体内に取り込まれた放射性セシウムは長期間体内に蓄積されることはなく、代謝機能によって尿や糞に適時排出される。このため、生息環境の放射性物質濃度に近い濃度を示したと考えられる。

捕獲したネズミ類 3 種と食虫類 2 種における放射性セシウムの体内蓄積量を比較すると、ヤチネズミの濃度（最大 6 万 Bq/kg）が最も高く、ヒメネズミ（最大 2.5 万 Bq/kg）がアカネズミに類似した値であった。一方、食虫類のヒミズの濃度（最

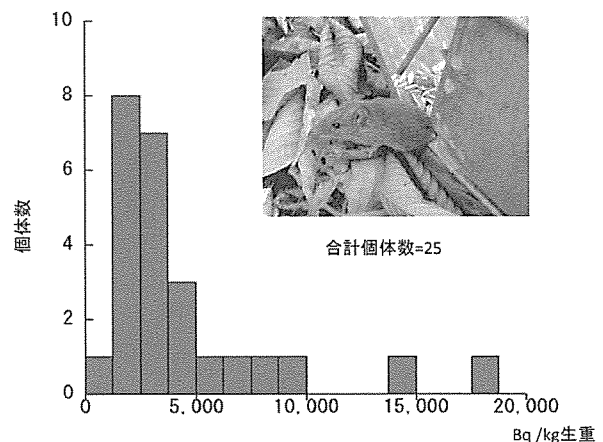


図 2 事故後半（平成 23 年 10 月）のアカネズミの体内の放射性セシウム濃度（山田ほか 未公表）

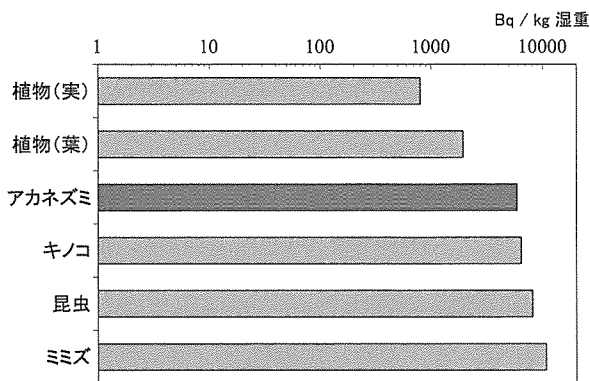


図3 アカネズミと餌における放射性セシウム濃度 (山田ほか 未公表)。事故後1.5年の数値に換算

大3万 Bq/kg) はアカネズミやヒメネズミと類似した値であったが、アズマモグラの濃度 (最大1千 Bq/kg) はミミズより一桁低い数値であった。このように、地表地中性の小型哺乳類の種間で、放射性セシウムの濃度の違いが認められた。ネズミ類ではヤチネズミが沢筋を主に生息環境として選好し、植物食のために体内濃度が高まったと考えられる。食虫類では、ミミズが地表や地中表面を主に生息環境として、地中の浅いところのミミズや動物を餌にするために体内濃度が高まったと考えられる。一方、アズマモグラは、地中のやや深い部分を生息環境とし、また地中の深いところのミミズを餌にするために、体内濃度がそれほど高くならなかったと考えられる。放射性セシウムの地表や地中の分布と関係して、それぞれの小型哺乳類の生活空間や餌の違いによって、種間で濃度の違いが反映されたと考えられる。

一方、捕獲個体自体への影響を見ると、ネズミの身体の外側も内部もまた繁殖器官などにも外見的には特に異常を発見することは現状ではないようである。また、放射線被曝で起こる染色体や精子への影響、さらには、活性酸素の影響などについても、共同研究者が検討を行っているが、個体ごとの活性酸素の代謝産物量と体内濃度との間に明確な相関関係は見られないようである。今後さらに検討が必要と考えている。

2.4 内部被曝と外部被曝の把握

上記で述べた野ネズミなど小型哺乳類の捕獲個体の放射性セシウムの蓄積量の結果は、動物体内に蓄積された放射性物質の量である。すなわち、空気中や食べ物、あるいは毛づくろいなどで口から体内に入った放射性物質が、体内の組織に蓄積された量である。体内組織に蓄積された放射性物質は細胞内や周辺組織に放射線を発することで

「内部被曝」を起こさせる。一方、動物は、生息環境に存在する放射性物質から放射線を受けてもいる。これを「外部被曝」とよぶ。

私たちは、これまでの調査で、野ネズミがどのぐらいの外部被曝量を受けているのかの測定はできていない。そこで、福島野ネズミでも外部被曝線量を直接測定してみようという話になってきた。フィルム式線量計などを製造する国内メーカーなどのホームページを検索し、また米国のサイトも探したが、見つからなかった。特注するにしても高価になるだろうと諦めていた。そうこうしていると、東京での講演会で、チェルノブイリでツバメに小型線量計を装着して外部被曝線量と影響を測定しているアメリカの研究者と知り合うことになり、その小型線量計を野ネズミにも使用したいと私はその研究者に申し込むことになった。その研究者はこころよくその小型線量計を私たちに提供してくれ、また線量測定もその研究者に送り返せば行ってくれることになり、共同研究という形で開始することになった。

現在のところ、飼育下でのアカネズミへの装着試験を行い、アカネズミでも装着が可能でネズミ自体にも負担がなさそうであることがわかってきた。野外での捕獲調査において、試験的な装着を行ったりしている。現在のところ、どのようにスムーズに作業を行うか、また小型線量計を装着したネズミの再捕獲を効率的に行う方法などを検討している。

3 チェルノブイリ放射能研究の23年間の取り組み

環境中に放出された環境放射能研究のこれまでの報告を調べると、私たちの調査に関連する小型哺乳類や生態系との関係を扱った報告はいくつか見つけられる (一般書として、例えば Mycio 2005)。最近の商業用原発事故による環境放射能研究は、1986年4月に事故を起こしたチェルノブイリ原発事故にたどれる。チェルノブイリの環境放射能研究の全容や問題点を理解できる報告としては下記があげられる。

3.1 『チェルノブイリ・フォーラム専門家グループ「環境」報告書

まとまった資料としては、国際原子力機構 (IAEA) と世界保健機構 (WHO) 主催の「チェルノブイリ・フォーラム」による「チェルノブイリ原発事故による環境への影響とその修復：20年の経験」と題する報告書がある (IAEA 2006)。

この報告書は、事故後 20 年近くを経過してもなお、事故が及ぼした本当の影響についての論争が続いているために、国連などの機関や IAEA が協力して調査結果と提言を関係国や専門家を交えてまとめた環境影響と人の健康影響のうちの、環境影響の部分になる。この報告書の「第 6 章 動植物に及ぼす放射線影響」の部分で、小型哺乳類における影響の結論として下記の 4 点にまとめられている。

- ① 最高暴露地域（半径 30 km の立入禁止区域：CEZ）：急性悪影響を受けた。死亡率の増加、繁殖喪失、放射線症候群が起き、数年起きた。
- ② CEZ の外：急性悪影響は認められなかった。
- ③ CEZ 内外の細胞遺伝学的異常の報告があったが、これが有害な生物学的意義をもつかどうかは不明。
- ④ 監視とモニタリングの必要性。

3.2 「調査報告チェルノブイリ被害の全貌」報告書

一方、2009 年に New York Academy of Sciences から「Chernobyl: Consequences of the Catastrophe for People and the Environment」（邦訳：調査報告チェルノブイリ被害の全貌、2013）が発行された（Yablokov *et al.* 2009）。この報告書の特徴を崎山（2013）は下記のように評価している。すなわち、本報告書は「これまで IAEA、ICRP、WHO などの国際機関で否定され続けてきた放射線による非がん性疾患の発症を豊富な資料に基づいて紹介していることです。これまで西側でほとんど読まれることのなかったロシア、ベラルーシ、ウクライナ国内で発表された論文に加え、ドイツ、スウェーデン、トルコなどチェルノブイリ事故によって放射能汚染を受けた国々からの報告も入っています。また、放射線の人体影響だけではなく、チェルノブイリ地方における野菜や果物の汚染の程度、汚染食物を取り込んでしまった場合の対処の仕方など実生活に役立つ情報、環境汚染による野生の動植物への影響も網羅しています。そういう意味でこれは大変貴重で、私達の実生活に役立てたい報告書です。」

この報告書から、特に野生動物に関して、私たちの結果に関係する部分について、次のように要点をまとめてみた。

放射性物質の濃度に関しては、ベラルーシのアカネズミとヤチネズミでは、事故後 1～2 年間に放射性セシウム（ ^{134}Cs と ^{137}Cs の合計）濃度は最

大となり、その後急速に減少したが、ストロンチウム 90 (^{90}Sr) 濃度は 10 年後まで増加し続けたという。また、ヤチネズミの濃度には顕著な個体変異が認められている。このような個体変異は他の大型哺乳類でも認められており、イノシシやノロジカでは個体差があるが、ヘラジカでは個体差が少なくより一様であるという。これは、種による食物連鎖の違いに加えて、不均一な放射能汚染や生息する地域の放射能濃度が反映されていると考えられている。なお、放射性セシウムは主に筋肉に蓄積され、一方ストロンチウムは骨に蓄積される。

繁殖の異常に関しては、重度汚染地域に生息する野ネズミ類の個体数が、事故後 2 年までに最大で 5 分の 1 に減少したり、ヨーロッパヤチネズミでは繁殖した子の性比の偏りに有意差が認められた。汚染地帯のヨーロッパヤチネズミでは、22 世代にわたり胎児死亡率が上昇し、土壤汚染が低下しても低下しなかったり、出生前（胎児期）と出生後の死亡率が上昇し、繁殖成功度が低下したり、老化の早まりと寿命の短縮化を示す早熟化と頻繁な繁殖が認められたという。また実験用マウスやラットの汚染地での設置試験も行われ、死亡率の上昇、繁殖障害などが認められている。

遺伝的变化に関しては、染色体異常、ゲノム突然変異、さまざまな細胞遺伝学的異常が認められている。

その他の生物学的特徴の変化に関しては、汚染地帯の野ネズミの脳の発達障害や四肢の奇形、汚染度が高いほど頭骨の非対称性が認められている。皮膚感染症に対する抵抗力の低下、免疫系の老化が認められている。実験用マウスやラットの汚染地設置試験では、リンパ球、白血球、骨髄細胞の増加が認められている。

これらからの結論として、事故による環境放射能汚染によって動物の体内に取り込まれた放射性物質の汚染度は、事故前の数百倍に達し、事故後 25 年を経ても、ヨーロッパのかなりの地域で危険水準状態にある。事故当初の汚染と慢性的低線量汚染により、調査を行った哺乳類だけでなく他の分類群の動物のすべてに、形態的、生理的および遺伝的な病気が現れている。汚染地域のチェルノブイリ地域の動物では、非汚染地域の動物には見られない広範で多様な形態異常を示している。汚染地域の動物の突然変異率は高く、ゲノム不安定性が世代とともに集積され、細胞や全身への悪影響が現れており、後の世代の超低線量放射線影響に対する感受性が高まり、長期的影響がさらに悪化する可能性があるという。

「チェルノブイリの自然は健全」だとする報告があるが、これは、汚染地域の個体が死滅により空白化した場所に、動物たちが周辺から移入した結果と考えられている。

4 わが国の取り組みの現状と課題

チェルノブイリ事故による研究成果がある中で、わが国の取組について、現段階では私自身も十分に把握はできていない状況であるが、現状や課題について少し紹介したい。私たちは、2012年5月にシンポジウム「どうなる野生動物！東日本大震災の影響を考える」(4学会主催：日本霊長類学会、日本野生動物医学会、日本哺乳類学会、野生生物保護学会)を開催し、さらに2013年の9月に第29回日本霊長類学会・日本哺乳類学会2013年度合同大会で開催した自由集会「放射能と野生動物の問題」で取りまとめた報告などから一部を紹介したい(大井ほか2012；山田ほか2013)。

4.1 環境放射性物質に対する環境政策の取り組み

「第4次環境基本計画」(2012年4月閣議決定)は、東日本大震災からの復興および福島第一原発の事故によって環境中に拡散した放射性物質の影響の迅速な軽減が課題とされており、それを踏まえて2012年6月には「環境基本法」も改正された(環境省2012)。

その中で、復興に際しては自然共生社会の構築をめざし、自然の再生や持続可能な農林水産業の復興により、失われた生物多様性の回復を図り、また、地域の自然・産業・文化などの資源を活用した地域の復興や被災地域における自然環境のモニタリングに取り組むこととされている。

放射性物質に関しては、これまで「原子力基本法」などの法律に対応を委ねられていたが、新設された「原子力規制庁」が環境省の外局に設置されたことにより、放射性物質(事故由来放射性物質)による環境汚染を防止するための措置が環境基本法に加えられることになった。今後、環境省としては、「福島県環境創成センター」(IAEAなどとの共同)の活動や、2014年度から開始される国立環境研究所を中心とした調査研究成果も考慮して、放射性物質に対する新たな環境政策は「放射性物質を公害物質と同じように法規制するための整備」や「放射能汚染から環境を守る法律や制度の整備」に進むものと予想される。現時点では、法整備の具体的な動きはない模様である。

4.2 放射能モニタリングとしての対象生物種と対象地域

第4次環境基本計画では、放射線による野生動物への影響の把握の必要性にも言及し、ICRPの定めた12分類群の「標準動植物」(哺乳類シカ、小型哺乳類ラット、水生鳥類カモ、両生類カエル、淡水魚マス、海生魚カレイ、陸生昆虫ハチ、海生甲殻類カニ、陸生環形動物ミミズ、大型陸生植物マツ、小型陸生植物野草、および海藻の褐海藻)を参考にして選定した指標となる野生動物を捕獲・採取し、これらを分析することとなった(ICRP 2008, 久保田2013)(表1)。

ICRPの考え方は、生息環境において放射性物質から受ける外部被曝線量と体内に蓄積する放射性物質から受ける内部被曝線量の合計とその生物への影響を評価し、影響が発現する放射線量の基準を作ることにある。影響評価としては、早期死亡、晩発性影響、繁殖能力の低下、および染色体異常が対象とされる。

わが国においても、環境省では、現在、標準動植物のネズミに対して、アカネズミ、ヒメネズミおよびハツカネズミが哺乳類のモニタリング対象(生物全体では26種)として、影響評価などが実施されている(環境省2013)(表1)。なお、これらの動植物は陸域生態系から選定され、海域生態系からは選定されていない。また、福島県の避難区域には、シカの生息は現在のところ認められていないために選定されていない。一方、標準動植物のモニタリング地域の対象地域は高線量地域の避難区域とされ、原発から20km圏内(市町村では南相馬市、浪江町、双葉町、富岡町、および大熊町)が中心である。なお、高線量地域との比較のために低線量地域や他の地域も調査対象には含まれている。

4.3 モニタリング手法や連携、情報公開の必要性

これらの現状を整理しなおし、下記のような課題と関係機関の連携の必要性を考えている(山田ほか2013)(図4)。

標準動植物モニタリングの対象種や生態系および対象地域の問題

現行の標準動植物モニタリングでは、哺乳類としてネズミ類(アカネズミ、ヒメネズミ、ハツカネズミ)しか対象としていない。これに対して、とくに、高線量地域にも生息するニホンザルは人間のモデル的動物として対象に選定すべきと考える。中線量地域におけるニホンザルにおいて、健康影響の発現が認められており、人間と同じ霊長

表1 ICRP と環境省による環境影響評価のための標準動物および植物

分類群	ICRP (国際放射線防護委員会)	環境省
哺乳類 Mammalia	大型陸生哺乳類としての標準動物シカ (シカ科 Cervidae の種)	**
	小型哺乳類としての標準動物ラット (ネズミ科 Muridae の種)	アカネズミ <i>Apodemus speciosus</i> 、ヒメネズミ <i>A. argenteus</i> 、ハツカネズミ <i>Mus musculus</i>
鳥類 Aves	水性鳥としての標準動物カモ (カモ科 Anatidae の種)	ツバメ <i>Hirundo rustica</i>
両生類 Amphibia	両生類としての標準動物カエル (アカガエル科 Ranidae の種)	ニホンアカガエル <i>Rana japonica</i> 、トウキョウダルマガエル <i>Rana porosa porosa</i> 、ツチガエル <i>Rana rugosa</i> 、カジガエル <i>Buergeria buergeri</i> 、アカハライモリ <i>Cynops pyrrhogaster</i>
魚類 Pisces	淡水魚としての標準動物マス (サケ科 Salmonidae の種)	タイリクバラタナゴ <i>Rhodeus ocellatus</i> 、ギンブナ <i>Carassius auratus langsdorfii</i> 、ドジョウ <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> 、メダカ <i>Oryzias latipes</i> 、 <i>O. sakaizumii</i>
	海生魚としての標準動物カレイ (カレイ科 Pleuronectidae の種)	**
昆虫 Insecta	陸生昆虫としての標準動物ハチ (ミツバチ科 Apidea の種)	ニホンミツバチ <i>Apis cerana japonica</i> 、その他のハチ目 Hymenoptera、ヤマトシジミ (蝶類) <i>Zizeeria maha</i> 、ジョロウグモ <i>Nephila clavata</i> 、ワラジムシ <i>Porcellio scaber</i>
甲殻類 Crustacea	海生甲殻類としての標準動物カニ (イチョウガニ科 Cancridae の種)	サワガニ <i>Geothelphusa dehaani</i> 、アメリカザリガニ <i>Procambarus clarkii</i> (海産を含まず)
土壌動物 Annelida	陸生環形動物としての標準動物ミミズ (ツリミミズ科 Lumbricidae の種)	ミミズ <i>Oligochaeta</i>
植物 Plantae	大型陸生植物としての標準植物マツ (マツ科 Pinacea の種)	アカマツ <i>Pinus densiflora</i> 、スギ <i>Cryptomeria japonica</i> 、ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i>
	小型陸生植物としての標準野草 (イネ科 Poaceae の種)	イネ科1年草 (キンエノコロ <i>Setaria glauca</i>)、イネ科多年草 (チカラシバ <i>Pennisetum alopecuroides</i>)
海藻 Phaeophyceae	海藻としての標準植物褐海藻の1群 (Cyclosporean の種)	**
合計	12	26

ICRP (2008) と環境省資料 (http://www.env.go.jp/policy/kihon_keikaku/plan/plan_4/attach/ca_app.pdf、2012年4月27日版) を改変。**は未指定を示す。

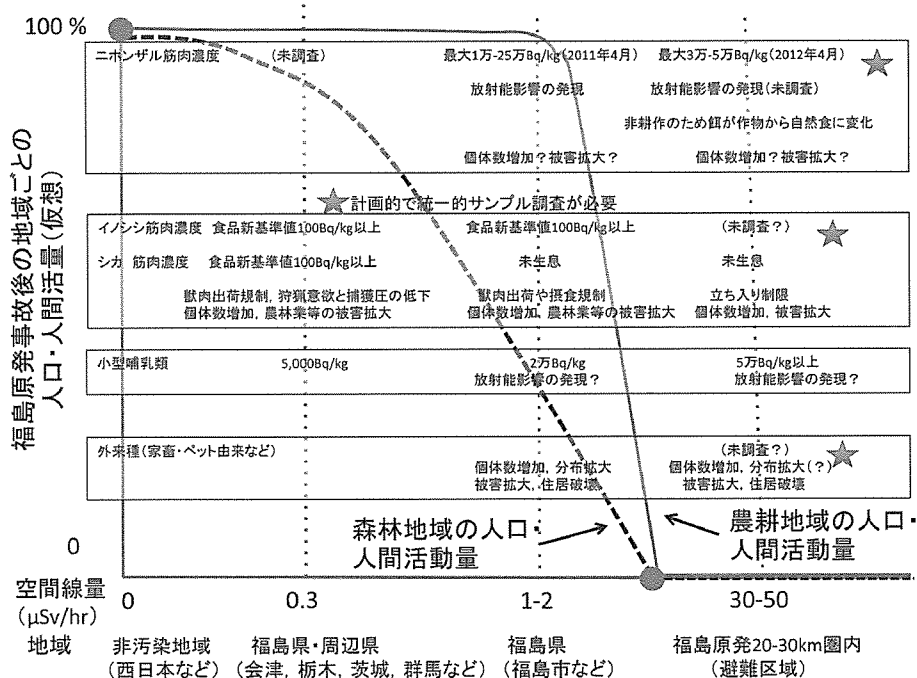


図4 環境保全と被害問題の観点から見た空間線量と人間活動および野生動物問題の関係の模式図 (山田ほか 2013 を改変)。星印は特に今後必要な調査研究や地域を示す。

類に属する近縁性から人間への放射線影響のより直接的なモデル動物としての意義があると考えられる(羽山 2013, Hayama *et al.* 2013)。さらに、ニホンザルは福島県や宮城県に多数生息する中型哺乳類であり、樹上および地上を広く使う生態系中の消費者として生活しており、食肉として線量検査のされている地上生活者のイノシシなどとは、放射性物質から受ける影響が異なる可能性がある。シカやイノシシ、ネズミについては、チェルノブイリの事故に関する調査からいくつもの知見が得られ、今後の日本の問題解決に有益な情報が提供されている。しかし、チェルノブイリの原発事故の汚染地域には人間以外の霊長類は生息していない。したがって、ニホンザルは世界で初めて原発の被害を受けた野生の霊長類として、詳細な調査がなされることが望まれる。

さらに、人間の食物となるイノシシやシカなどを対象に加えるべきだと考えられる。食肉については各自治体が線量調査を行っているが、食肉安全基準(現在は 100 Bq/kg)に応じて出荷規制が発動するため、線量測定されるサンプルが必ずしも無作為抽出で行われておらず、サンプルの偏りや継続性などの問題がある(仲谷ほか 2013)。

野生動物の個体への影響だけではなく、生態系に対する影響を考えるならば、標準動植物に加え、分類群や栄養段階^{注1}の異なる分類群を含めた総合的な選定が必要と考える。そもそも対象となる生態系は一律ではなく多様であるため、環境省の 26 種の生物で標準動植物とするには限界がある。標準動植物は陸域生態系(淡水を含む)を想定して対象としているが、陸域生態系に関しても、森林や里山、農耕地などの生態系の相互関係や地域との関係や、海域と陸域との関係が検討されていない。ICRP (2008)によると、標準動植物については、地域ごとに特有の意味ある生物があれば、それを使うべきだという注釈がつけられている。生物地理や生物相の異なるわが国においては、独自にモニタリング体系を構築する必要があると考えられる。

低線量地域のモニタリングがまったく想定されていない点も大きな問題である。イノシシやシカ、またヤマドリなどの狩猟鳥獣は食品としての鳥獣肉の安全を図るために放射性核種の計測調査が行われているが、野生動物への影響を検討する計画

的で科学的なモニタリング調査とは異なる。環境保全と食品安全を管轄する省庁が異なるが、両者を繋げる連携した調査、あるいは、自然環境保全の視野に立った狩猟鳥獣を含む野生動物の新しいモニタリング調査が必要と考える。

高線量地域などの管理困難地域における野生動物の管理と対策問題

放射能の高線量地域を中心として、長期間にわたり人間活動が行われないうちに、狩猟を含む個体数管理や農業被害防除の管理対策が困難になり、二次的に野生動物の増加、家畜の放棄、野生種と家畜種の交雑個体の増加などが起きている。また、体内に高濃度の放射性物質を蓄積した野生動物個体も出現し、動物個体への影響とともに環境への汚染物(糞尿や死体)の原因ともなる。復興対策とともに帰還地域が増えてくるが、増加した野生動物との軋轢が増加し、農業被害や人間への危害の原因となる。今後このような観点から、野生動物の適切な管理と対策を図る必要がある。野生状態になった家畜(ウシやブタなど)やペット(イエネコやイヌなど)、さらに外来種(アライグマやハクビシンなど)の増加や分布拡大も認められており、今後の対策が必要である。

共同研究や成果の共有化、調査や測定方法および影響評価の標準化の問題

環境中に放出された放射性物質の挙動、生態系や野生動物への影響に関する研究は、わが国ではこれまでになく、専門家もほとんどいないのが現状である。原発事故以降に、野生動物研究者などが、にわか支度で取り組んでいるのが実態で、調査方法や影響評価方法がいまだに標準化されておらず、試行錯誤で対応している。また、影響評価手法としては、遺伝的影響などの解析や個体影響解析(形態や繁殖など)、さらに個体群変動解析などが必要と考えられるが、これに対応できる体制や長期的展望がまったく示されていない。早急に、共同研究や成果の共有化、調査や測定方法および影響評価の標準化など体制整備を図る必要がある。

情報の共有化と公開が必要

研究者と地元との情報交換や共有化の方法の構

注1 栄養段階: 食うか食われるかの関係でつながっている自然界の生き物は、太陽エネルギーによる光合成によって無機物から有機物をつくる生産者(植物: 第一栄養段階)、それを消費する消費者(動物)に分けられる。消費者は、さらに生産者を直接食べる草食動物(第一次消費者: 第二栄養段階)、草食動物を食べる肉食動物(第二次消費者: 第三栄養段階)、弱い肉食動物を食べる強い肉食動物(第三次消費者)に分けられる。生産者や消費者の死体や排出物を分解する分解者もいる。このような食物連鎖における栄養の取り方の段階を栄養段階という。

策が必要である。また、環境省など関係機関の野生動物対策や環境対策の取り組みの国内外への公開と発信（HP、公開シンポジウムなど）を適宜迅速に実施する必要がある。

5 おわりに

以上のように、福島第一原発事故に伴う環境中の放射能汚染問題に関して、初期段階から事故後3年ほどの現在に至る私自身の関わりや勉強の程度を述べ、問題点を述べてみた。わが国では環境放射能の専門家が少ない中で、自然環境や生物を本来研究していた研究者などが自発的に、あるいは必要にかられて調査研究に関わるようになったと思っている。福島第一原発事故による放射能汚染は地球規模的にも起きており、また国内的にも長期にわたり影響が残る。情報が少なかったと言われるチェルノブイリではあるが、自国の研究が体系的に行われてきており、周辺の西側諸国でも研究が継続的に行われてきている。果たして、わが国の環境放射能研究が、それに匹敵できるのかどうか、事故を起こした国としても責任が問われていると、私自身は思っている。

引用文献

- 羽山伸一 (2013) 特集「東日本大震災下の動物たちと人間の記録」野生動物編について. 畜産の研究, 67, 1. (以下64ページにわたる報告を掲載)
- Hayama, S., Nakiri, S., Nakanishi, S., Ishii, N., Uno, T., Kato, T., Konno, F., Kawamoto, Y., Tsuchida, S., Ochiai, K. and Omi, T. (2013) Concentration of radiocesium in the wild Japanese monkey (*Macaca fuscata*) over the first 15 months after the Fukushima Daiichi Nuclear Disaster. PLoS ONE, 8(7), e68530. doi:10.1371/journal.pone.0068530
- IAEA (2006) Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience / report of the Chernobyl Forum Expert Group 'Environment' 166pp. (http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub1239_web.pdf). 邦訳: 「チェルノブイリ原発事故による環境への影響とその修復: 20年の経験」(日本学術会議訳), 263 pp. (<http://www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/kiroku/3-250325.pdf>)
- ICRP (2008), Environmental Protection: the Concept and Use of Reference Animals and Plants. ICRP Publication 108, Ann. ICRP 38 (4-6). (http://ani.sagepub.com/content/suppl/2013/06/25/38.4-6.DC1/P_108_JAICRP_38_4-6_Environmental_Protection_-_the_Concept_and_Use_of_Reference_Animals_and_Plants.pdf)
- 環境省 (2012) 環境基本計画 (平成24年4月27日). http://www.env.go.jp/policy/kihon_keikaku/plan/plan_4/attach/ca_app.pdf (2012年4月27日版)
- 環境省 (2013) 平成24年度野生動植物への放射線影響に関する意見交換会 (2013年3月14日) 要旨集 (http://www.env.go.jp/jishin/monitoring/results_wl_d130314.pdf)
- 久保田善久 (2013) 環境の放射線防護と東電福島第一原発事故の環境影響調査. Isotope News, 707, 18-20.
- Mycio, M. (2005) Wormwood Forest: A Natural History of Chernobyl. Joseph Henry Press, 276pp. 邦訳: マイシオ「チェルノブイリの森 事故後20年の自然誌」(2007, 中尾ゆかり訳), NHK出版, 381 pp.
- 仲谷 淳・山田文雄・小川秀樹・溝口俊夫・長谷川元洋・堀野眞一・安藤 貞 (2013) 哺乳類と放射能汚染—今後の研究と対策—. 哺乳類科学, 53, 193-196.
- 大井 徹・竹ノ下祐二・河村正二 (2012) どうなる野生動物! 東日本大震災の影響を考える. 霊長類研究, 28, 166-167.
- 林野庁 (2013) 森林内の放射性物質の分布状況調査結果について (平成25年3月29日). <http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/kenho/130329.html>
- 崎山比早子 (2013) 今回の邦訳書とヤブロコフ博士講演会の意味. 高木学校通信 第87号 (2013年8月1日), http://takasas.main.jp/tushin_087.php#a
- Yablokov, A. V., Nesterenko, V. B. and Nesterenko, A. V. (2009) Chernobyl: Consequences of the Catastrophe for People and the Environment. New York Academy of Sciences, 327pp. (<http://stopnuclearpoweruk.net/sites/default/files/Yablokov%20Chernobyl%20book.pdf>). 邦訳: ヤブロコフほか「調査報告チェルノブイリ被害の全貌」(2013, 星川 淳 監訳・チェルノブイリ被害実態レポート翻訳チーム), 岩波書店, 296 pp.
- 山田文雄, 竹ノ下祐二, 仲谷 淳, 河村正二, 大井 徹, 大槻晃太, 今野文治, 羽山伸一, 堀野眞一 (2013) 福島原発事故後の放射能影響を受ける野生哺乳類のモニタリングと管理問題に対する提言. 哺乳類科学, 53, 373-386.

山田 文雄 (やまだ ふみお)

森林総合研究所 野生動物研究領域 特任研究員。専門は哺乳類学、保全生物学。南西諸島の希少哺乳類の保全や外来種対策研究を続け、また環境ホルモンと動物の研究などにも従事。放射能研究は2011年東日本大震災の原発事故後に取り組み始めた。