

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 9 月 5 日現在

機関番号：32669

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25517008

研究課題名(和文) 野生ニホンザルを用いた放射性セシウム環境動態と生態影響に関する研究

研究課題名(英文) Environmental dynamics and ecological effects of radiocesium in wild Japanese monkeys

研究代表者

羽山 伸一 (Hayama, Shin-ichi)

日本獣医生命科学大学・獣医学部・教授

研究者番号：80183565

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：福島市の野生ニホンザルにおける放射性セシウム濃度を測定し、その経時的変化や季節変化を明らかにした。セシウムは、2011年4月に25,000Bq/kgと高濃度を示した後、同年6月には1,000Bq/kg程度にまでいったん減衰したが、冬季に2,000 から3,000 Bq/kgに達する個体が見られた。こうした冬季にセシウム濃度が上昇する現象は、これ以降も本研究最終年度である2015年度まで毎年観測された。また、サルの繁殖パラメータへの被ばく影響を明らかにするため、妊娠率を2008年度から継続して推定した。その結果、50%程度であった妊娠率が、2014年度(2015年出産)には20%に低下していた。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study was to determine the change in concentration of radiocesium  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  over time in the muscle of Japanese monkeys inhabiting Fukushima City located 70 km from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (NPP), and their health effect of radioactive materials. Cesium concentration in the muscle of monkeys was 6,000 - 25,000 Bq/kg in April 2011 and decreased over 3 months to around 1,000 Bq/kg. However, the concentration increased again to 2,000 - 3,000 Bq/kg in some animals during winter before returning to 1,000 Bq/kg in April 2012. The increasing phenomenon during winter was observed in every year after 2011. The female pregnancy rates in Japanese monkeys were estimated in about 50% since 2008, however, that was reduction in 20% in 2015.

研究分野：野生動物医学

キーワード：原発災害 ニホンザル 放射性セシウム

1. 研究開始当初の背景

2011年3月に発生した東日本大震災にともなう福島第1原子力発電所の爆発（以下、原発災害）により、福島県東部地域は土壌1平米あたり数十万から数百万Bqの放射性物質で汚染された。放射性物質が今後、生態系や人間を含めた動物体内でどのような動態をたどるのかを明らかにすることは、広大な汚染地域の効率的な除染対策や生態系および人間における健康影響の予測に欠かせない。

この問題に関する先行研究は、チェルノブイリ原発事件を中心に多数の報告がある。しかし、その多くが放射性物質の野生生物における蓄積量とそれに対応する肉眼的な異常や個体数の変動などをテーマにしたものである。したがって、環境中から野生動物への移行ルートやそのメカニズム、あるいは放射性物質の体内蓄積による野生動物への健康影響、その結果としての野生動物個体群や生態系へ影響のメカニズムが明らかではなく、現在でも論争が続いている。

申請者らは、2007年から福島市と研究協力協定を締結し、この地域に生息する野生ニホンザル（以下、サル）の個体群を対象に野生動物管理学的な調査を実施してきた。とくに、鳥獣保護法にもとづく「福島県ニホンザル特定鳥獣保護管理計画」によって、福島市が個体数調整のために捕殺した個体をこれまでに800頭以上回収し、解剖検査により妊娠率や初産年齢などの個体群動態学的パラメータを明らかにし、一部の成果を公表した（Hayama et al. 2011）。この論文はわが国の野生ニホンザル個体群における繁殖パラメータを初めて明らかにしたものである。

こうした調査の過程で、東日本大震災が発生した。これまで研究を実施してきた福島市だけではなく、福島第一原子力発電所周囲の警戒区域を含めた福島県東部地域には、サルが数千頭生息しており、世界ではじめて野生霊長類が被ばくしたことになる（図1参照）。

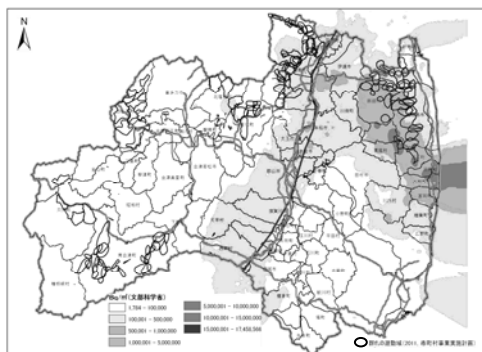


図1：福島県における放射性セシウムの土壌沈着量およびニホンザル野生群の分布、出所：文部科学省（色の濃淡で放射性セシウム土壌沈着量を表示）および福島県（サルの各群れの行動域を黒囲みで表示）の資料による

申請者らは、原発災害直後からの経時的な野生動物の被ばく量や、被ばく前後における繁殖率などの変化を明らかにすることが可能と考え、現在も福島市におけるサルの調査を継続している

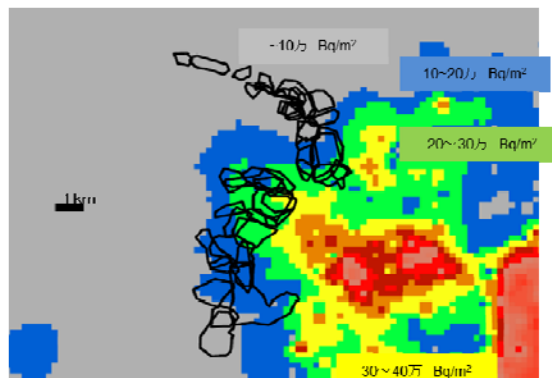


図2：福島市におけるサルの群れの分布とセシウムの土壌沈着量（2011年当時）の関係（各群れの行動域は黒い囲みで示した）

本研究開始段階までに、福島市に生息するサルにおける放射性セシウム134および137（以下、セシウム）の筋肉中蓄積濃度の測定を開始した。その結果、2011年4月に10,000から25,000Bq/kgと高濃度を示した後、6月には1,000Bq/kg程度にまでいったん減衰し、12月から2,000から3,000Bq/kgに達する個体が見られるようになり、2012年4月以降では、再び1,000Bq/kg前後を推移したことを確認した。

また、これらの蓄積濃度は、各個体の捕獲地点における土壌沈着量（図2）に関係していると推測された。

2. 研究の目的

以上の成果をふまえ、本研究では、野生ニホンザルにおける放射性セシウムの環境動態と生態影響を明らかにする目的で、下記の2点に着目して調査を実施した。

1) サルの筋肉中セシウム濃度は季節変動を繰り返すのか？

チェルノブイリでの研究を含め、これまでに、同一地域で同じ動物種の経時的なセシウム体内蓄積量を観測した事例はない。上述したように、これまでにサルでは最初の越冬季にセシウム蓄積量が上昇することを明らかにしているが、この現象に再現性があるのかを確認する。

2) サルの繁殖パラメータに影響があるか？

研究開始時点で、セシウム体内蓄積量が低減していないことから、長期被ばくによる生殖への影響が予測される。野生霊長類における放射線被ばくが個体群動態へ与える影響

の研究はない。

### 3. 研究の方法

材料) 原発災害後の 2011 年度から 2015 年度までに捕獲された福島市のサル 737 頭を用いた。また、相対的に被ばく量が低いと考えられ、東北地方に生息する青森県のサル 403 頭を対照とした。これらのサルは、鳥獣法にもとづく特定鳥獣保護管理計画によって、自治体が個体数調整で捕殺した個体である。

方法) サルの筋肉中のセシウム濃度を測定し、サル体内濃度の季節変を明らかにするため、解剖時に、筋肉中セシウム濃度を測定用として各個体の後肢の筋肉を 500~1000 g 採取する。採取された筋肉は、測定時まで-30 度で冷凍保存する。

各個体の年齢は、Iwamoto et al (1987)の方法に従い、歯の萌出から査定し、幼獣(0~3 歳)、亜成獣(4~5 歳)、成獣(6 歳以上)に区分する。捕獲された各地点におけるセシウムの土壌および大気降下物の汚染レベルは、文部科学省が実施しているモニタリングデータを利用する。

セシウム濃度は、ゲルマニウム半導体スペクトロメトリ(Canberra, GC2020-7500SL-2002CSL)および NaI(Tl)シンチレーション検出器(Atomtex, AT1320A)で分析する。また、サル筋肉中セシウム濃度は、物理的半減期から捕獲日の値に補正する。

本研究では、サルの繁殖パラメータとして妊娠率を用いた。各年度の妊娠率は、メスの生殖器を Hayama et al (1997)の方法により組織形態学的に分析して推定した。福島市および青森県のサルで推定した妊娠率を比較するとともに、原発災害前の 2008 年度から観測してきた既存データ(Hayama et al, 2011)との比較も行った。

### 4. 研究成果

#### 1) セシウム濃度の経時的変化と季節変動

図 3 は福島市のサルにおける筋肉中セシウム濃度の経時的変化である。セシウム濃度は、2011 年 4 月に 1 万から 2 万 5000Bq/kg と高濃度を示した。その後 3 ヶ月あまりかけて 1000Bq/kg 程度にまでいったん減少した。しかし、2011 年 12 月から 2000 から 3000Bq/kg に達する個体が見られた。2012 年 4 月以降では、再び 1000Bq/kg 前後を推移した。この減少傾向にあったセシウム濃度が冬期間に上昇する現象は、2012 年度以降も同様に観測された。

また、青森県のサルの筋肉中セシウム濃度は、すべて検出限界以下であった。

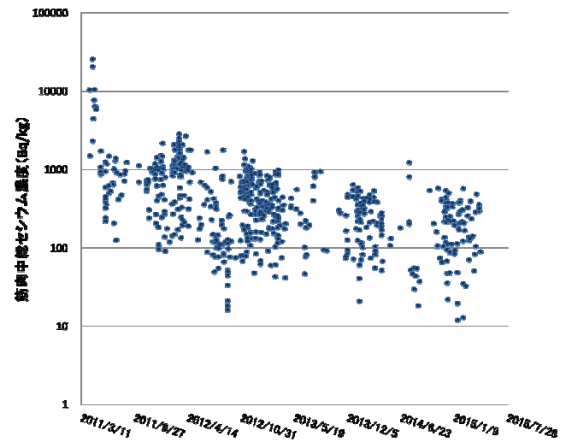


図 3：福島市のニホンザルにおける筋肉中セシウム濃度の経時的変化

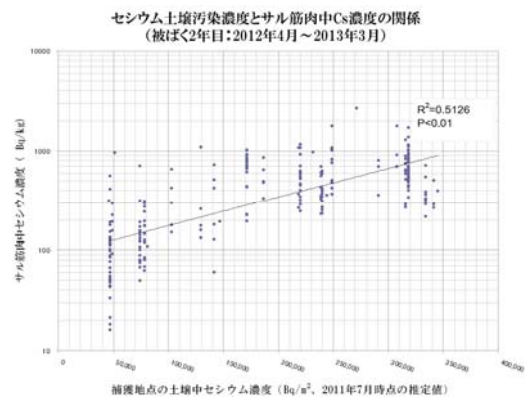


図 4：サルの捕獲地点における土壌中セシウム濃度と筋肉中セシウム濃度の関係(2012 年度に捕獲された個体)

図 4 は、地理情報システム(GIS)で推定したサルの捕獲地点ごとの土壌沈着量と 2012 年度に捕獲されたサルのセシウム濃度を比較したものである。その結果、同一地点で捕獲されていても、セシウム濃度の個体差が 10 倍以上あったことから、季節変動のみならず個体による差が大きいことが明らかとなった。

セシウムの生物学的半減期は、サルの場合、約 3 週間程度と考えられ、筋肉中セシウム濃度は捕獲前数週間に採食した餌の汚染レベルが反映されていると考えられる。一方で、環境中に放出された放射性物質がどのような動態で野生動物に摂取されるのかを個体レベルで知ることはほぼ不可能である。また、セシウム以外の放射性物質による被ばく量は不明であり、とくに半減期が短いものは推定が困難である。

したがって、サルのセシウム濃度をトレースすることで推定される放射性物質による内部被ばく量は、実際には正確性を欠くと判断される。こうした事実は、個体レベルでの累積被ばく量を把握し、その影響との因果関係を検討することは現状では困難なことを示していると考えられた。

2) サルの繁殖パラメータへの影響

福島市および青森県のサルについて、メスの妊娠率を推定した。

福島市については、原発災害前（2008～2010年度）の既存研究（Hayama et al. 2011）のデータがあり、妊娠率は亜成獣で 57%（8/14）、成獣で 46%（24/52）であった。

これらのデータに、それ以降の観測値を加えたものを図5に示した。これによると、2013年度（2014年出産予定）までは妊娠率が50%前後で推移しているが、2014年度は20%に低下していた。

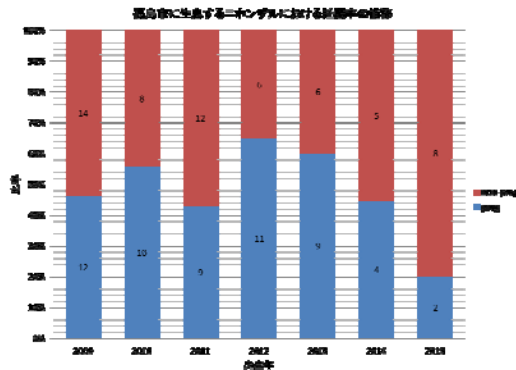


図5：福島市に生息するニホンザルにおける妊娠率の推移

青森県のニホンザルでは、妊娠率が亜成獣で 25%（4/16）、成獣で 47%（23/48）だった。亜成獣の妊娠率が低い原因は、多雪地帯の特徴ともいえるため、成獣における妊娠率は福島市の原発災害前とほぼ同様と考えられる。

2014年度に妊娠率が低下した原因は、現段階では不明であり、長期的な観測が必要と考えられた。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計4件）

1. Shin-ichi Hayama, Sachie Nakiri, Setsuko Nakanishi, Naomi Ishii, Taiki Uno, Takuya Kato, Fumiharu Konno, Yoshi Kawamoto, Shuichi Tsuchida, Kazuhiko Ochiai, Toshinori Omi. (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.
2. 山田文雄, 竹ノ下祐二, 仲谷 淳, 河村正二, 大井 徹, 大槻晃太, 羽山伸一, 堀野眞一, 今野文治 (2013) 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.

3. Kazuhiko Ochiai, Shin-ichi Hayama\*, Sachie Nakiri, Setsuko Nakanishi, Naomi Ishii, Taiki Uno, Takuya Kato, Fumiharu Konno, Yoshi Kawamoto, Shuichi Tsuchida, Toshinori Omi. (2014) Low blood cell counts in wild Japanese monkeys after the Fukushima Daiichi nuclear disaster. *Scientific Reports* 4: 5793 doi:10.1038/srep05793. (\*corresponding author)
4. 羽山伸一 (2015) 原発災害による野生動物の健康影響を考える——ニホンザルを例に. *環境と公害* 44 巻 4 号 : 47-50.

〔学会発表〕（計 件）

1. 羽山伸一 (2013) 福島市の野生ニホンザルにおける放射性セシウムの被ばく状況と健康影響. 第29回日本霊長類学会・日本哺乳類学会 2013年度合同大会ミニシンポジウム—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, 岡山理科大学(岡山県岡山市) 招待講演
2. 羽山伸一 (2013) 福島第1原発から放出された放射性物質による野生ニホンザルへの影響. 日本大学学部連携研究推進シンポジウム「大災害に抗した持続可能なコミュニティの実現と未来世代への継承シナリオ」, 日本大学理工学部(福島県郡山市) 招待講演
3. S. Hayama, K. Ochiai, S. Nakiri, S. Nakanishi, N. Ishii, T. Uno, T. Kato, F. Konno, Y. Kawamoto, T. Tsuchida, T. Omi (2014) Hematogenous Functions and muscle radiocesium concentrations in wild Japanese monkeys after Fukushima disaster. 第12回国際霊長類学会、メリアホテル(ベトナム国、ハノイ市)
4. 羽山伸一 (2015) 「福島第一原子力発電所から放出された放射性物質が野生ニホンザルに与えた影響～3年間の研究成果と今後の課題～」飯館村放射能エコロジー研究会福島シンポジウム2015、福島市文化会館(福島県福島市) 招待講演
5. 羽山伸一 (2015) 「福島第一原子力発電所から放出された放射性物質が野生ニホンザルに与えた健康影響～4年間の研究成果と今後の課題」京都大学原子炉研究所「福島原発事故による周辺生物への影響に関する専門研究会」(大阪府熊取町) 招待講演

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

名称：  
発明者：  
権利者：

種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

京都大学原子炉研究所「福島原発事故による  
周辺生物への影響に関する専門研究会」報告  
書（2016）

[http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/PUB/report/04\\_kr/img/ekr004.pdf](http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/PUB/report/04_kr/img/ekr004.pdf)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

羽山伸一 (HAYAMA, Shin-ichi)

日本獣医生命科学大学・獣医学部・教授

研究者番号：80183565

### (2) 研究分担者

該当なし

### (3) 連携研究者

該当なし