

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26440254

研究課題名(和文) 森林での放射性物質の生態濃縮とその猛禽への影響

研究課題名(英文) Ecological concentration of radio active matter in the forest and its impact to a raptor

研究代表者

西海 功(Nishiumi, Isao)

独立行政法人国立科学博物館・動物研究部・研究主幹

研究者番号：90290866

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：巣箱を福島県内に80個余り設置し、フクロウの繁殖への放射能の影響を調べた。フクロウは2～4  $\mu\text{Sv/h}$ の高線量地域でも繁殖しており、巣箱利用率や産卵数、孵化率には空間線量との関係が見られなかった。巣箱周辺の土と比較して、獲物であるネズミ類のセシウム濃度は平均して半分以下であったが、フクロウの卵は土の10分の1程度の濃度で、ネズミ類と比べても低く、生態濃縮といえる現象は確認できなかった。しかしシジュウカラと比べると10倍ほど高く、鳥類としてはセシウム汚染に強くさらされており、その原因として腐食連鎖が疑われた。高汚染地域では雛の成長が悪く、抗酸化物質のカロテノイド量が低いなど悪影響も示唆された。

研究成果の概要(英文)：I investigated the harmful effects of radiation exposure on breeding of Eurasian Owls by setting over 80 nest-boxes in Fukushima Prefecture. The owls bred even in the highly contaminated areas from 2 to 4  $\mu\text{Sv/h}$  and there were no relationships of occupation rates of nest-boxes, the number of eggs, nor hatching rate with radiation level in the nest-boxes. The eggs of the owls were contaminated by cesium 137 with the level of 10% of the soil, which is lower than the level of their prey, mice. This suggests that bioaccumulation of cesium does not likely occur, but relatively high cesium in the eggs of the owls compared with those of Great Tits likely moves through the detrital food chain. Harmful effects of radiation exposure to condition of chicks were suggested in low growth rate and low carotenoid level of chicks in highly contaminated areas.

研究分野：鳥類生態学

キーワード：セシウム フクロウ 腐食連鎖 成長曲線 ネズミ類 抗酸化物質 カロテノイド 巣箱

## 1. 研究開始当初の背景

研究代表者は福島第一原子力発電所の事故直後からフランスや米国の研究者らと共に、福島の繁殖鳥類のセンサス調査をおこない、中程度(20 $\mu$ Sv)以下の汚染地域でもいくつかの種では空間線量と生息密度に負の相関があることを示してきた(Møller et al. 2012; *Environ Pollut* 164:36-39)。空間線量と生息密度との関係が種によって異なる理由については、放射能への感受性の種による違いや、餌からくる内部被曝量の違い、あるいは高線量地域から人が避難したことによる間接的な影響が考えられる。チェルノブイリでは長距離移動の鳥や多産の鳥、カロテノイド色素を持つ鳥が減少しており、抗酸化物質の重要性の違いが種間での放射能への感受性の違いに関係していることが示唆されてはいるが、放射能の生態濃縮がどの種でどの程度進んでいるのかについてさえ、陸上野生生物ではイノシシなどの狩猟動物を除いてほとんど調べられていないのが現状である。海洋性魚類で知られるように内部被曝量が種間で大きく異なる可能性も考えられる。種ごとの内部被曝量の把握は放射能が生態系に及ぼす影響を把握する基本になる。

鳥類の中でも特に猛禽類は放射能汚染地域での減少が著しいことが知られているが(Møller & Mousseau 2009; *J Ornithol* 150:239-246)、それは放射性物質の生態濃縮と生態系のバランスの崩れの両方が影響していると思われる。生態系ピラミッドの頂点に位置する猛禽類は、放射性物質の生態濃縮を最も受けやすいと予想されるし、また、放射能汚染によってもたらされた生物相の改変にも最も影響を受けやすいと予想される。フクロウは森林生態系の頂点に位置する猛禽で、その獲物はヘビ類や小型哺乳類、鳥類と多岐に渡り、また環境に依存して餌内容を大きく変えていることが知

られており、フクロウの食性調査は生息地域の動物相を知る上でも大いに役立つことがわかっている(西海・樋口 2010)。

フクロウは獲物を丸呑みして未消化物をペレットとして吐き出し、巣の中に残す。巣に残されたペレット内に含まれる骨を調べて、餌になった動物の種を同定することで、ヒナが巣立つまでに与えられた小型哺乳類や鳥類の種と個体数を定量的に知ることができる。ペレット内の骨の種同定は、げっ歯類については形態によってできるが、これまでは鳥類については形態では十分にできなかった(西海・樋口 2010)。しかしDNA バーコードを使えば鳥類もDNA分析によって種同定ができるようになった(Nishiumi et al. 投稿中)。DNA バーコードを利用した種同定は、フクロウの餌生物のほぼ完全な把握を可能にした。



フクロウの巣に残された獲物の食べ残し

またフクロウはネズミ類やモグラ類、小鳥類、両生爬虫類などヒナに与える獲物の一部を巣に残すことが知られている。それらの放射線量を調べることで、フクロウの縄張り内での動物の内部被曝量を知ることができる。

チェルノブイリの汚染地域で繁殖するツバメは、白血球も体内の抗酸化物質も減少し(Møller et al. 2005 *Proc R Soc B* 272,247-253)、南南西に約150km離れたカネフのツバメより、繁殖しない個体が多く、繁殖個体の産卵日が遅く、一腹卵数が小さく、孵化率が低いことが報告されている(Møller et al. 2005 *J Anim Ecol*)

74,1102-11)。このような低線量被曝による生理学的・生態学的な影響は、福島県内での汚染地域に生息するフクロウでも検出されることが強く懸念される。

## 2. 研究の目的

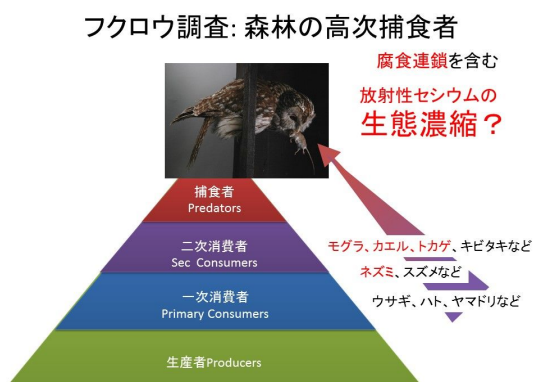
フクロウは福島県内の森林に広く分布し、定住性が高く、また巣箱を利用して繁殖するため調査がおこないやすい。本研究では、フクロウの巣箱を利用して餌として巣に運ばれる森林性小型哺乳類・鳥類・両生爬虫類の種と数およびセシウム 137 の濃度を調べ、また、低線量被曝がフクロウに及ぼす生理学的・生態学的・遺伝的な影響を調べる。

### (1) フクロウの繁殖とセシウム汚染の関係

空間線量とフクロウの巣箱利用率との関係、また産卵数、孵化率、巣立ち雛数との関係を調べる。

### (2) 森林性野生動物へのセシウムの生態濃縮

フクロウが食べ残したネズミ類など獲物の死体を回収し、種を同定し、内部被曝量を計測する。また巣内に残されているヒナが不消化物を吐き出したペレット、消化・吸収せずに排泄した糞、未孵化卵などのセシウム濃度と土壌のセシウム濃度を比較し、フクロウなど野生動物へのセシウムの生態濃縮について検討する。



### (3) 低線量被曝がフクロウの健康状態に与える影響

血液を採取して、雛の体内の抗酸化物質濃度、ヘマトクリット値を調べる。約 20 日齢の雛に PHA 検査を実施して、細胞性免疫の強さを調べる。

## 3. 研究の方法

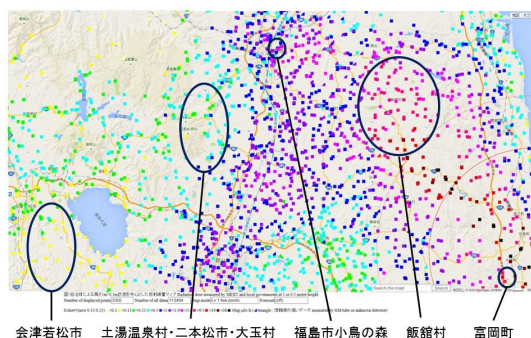
2013 年 12 月に設置していたフクロウ用巣箱 6 個（飯舘村 2 個、福島市小鳥の森 2 個、土湯温泉町 2 個）と併せて、2014 年 11 月にも巣箱を 1km 以上離して、約 3m~4m の高さに広葉樹または針葉樹の幹にロープで固定して設置し、2015 年の春には計 83 個（飯舘村に 42 個、福島市小鳥の森に 2 個、土湯温泉町・二本松市・大玉村に 23 個、会津若松市に 16 個）を調査した。

83個の巣箱を1 km 以上離して2014年11月に設置(高さ3~4m)



さらに 2015 年 11 月にも 3 個増やして 2016 年春には 86 個（富岡町に 2 個、飯舘村に 42 個、福島市小鳥の森に 2 個、土湯温泉町・二本松市・大玉村に 23 個、会津若松市に 17 個）を調査した。

巣箱設置地域図



4 月中旬と 4 月下旬に巣の利用状況、産卵数をチェックし、巣箱の設置位置の空間線量を地面から約 1m の高さで計測した。フクロウによる繁殖利用が認められた巣については 5 月上旬と 5 月中旬に、また必要に応じて 5 月下旬に獲物の死体や糞、ペレット、未孵化卵を回収し、雛の成長や巣立ち雛数などを調査するために巣箱の内部を確認するなどした。巣立ちそのものは確認しなかったため、20 日齢を越えて生存していたヒナは巣立ち



したもののみなした。

雛の日齢は、孵化が確認されて確実な場合を除けば、10日齢以前は附蹠長と体重から推定し、10日齢を越えて初めて計測された場合には自然翼長から推定した。採血は20日齢前後のヒナから、翼下静脈を20Gの注射針で突いて出血した血液をヘパリン入のヘマトクリット管で吸い取り、フィットヘマグルチニン(PHA)テストは、20日齢前後の雛の翼の膜に、0.5mgのPHAを皮下注射し、24時間後に腫れを計測した。翼膜の厚さは0.5Nの圧力で計測し、5回以上の計測値の平均を求めた。成長の良い雛と悪い雛に分けたが、20日齢で400g、25日齢で475gをその境界として、どちらかを下回る場合に成長の悪い雛とした。



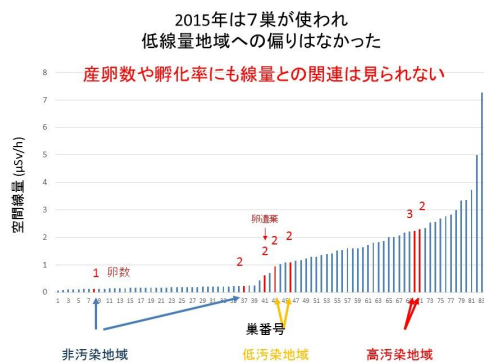
#### 翼膜の厚さの計測方法

セシウム汚染レベルの調査は Wizard2 Gamma Counter (PerkinElmer) を用いて計測した。巣の近くの土、放棄された卵、雛の死体、獲物のアカネズミとハタネズミ、ペレットと糞、飯舘村や二本松市などで回収されたシジュウカラの未孵化卵のセシウム濃度を計測し、生態濃縮について検討した。

### 4. 研究成果

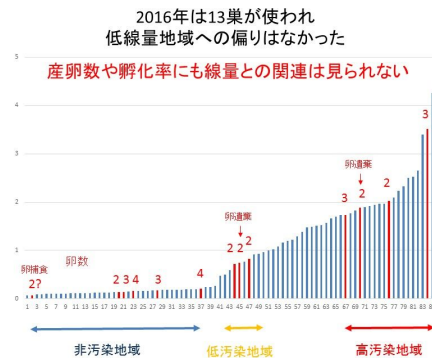
#### (1) フクロウの繁殖とセシウム汚染の関係

2015年は83巣の空間線量は平均で1.15  $\mu\text{Sv/h}$  (範囲 0.06-7.28  $\mu\text{Sv/h}$ ) だった。うち7巣が繁殖に利用され、平均の空間線量は1.08  $\mu\text{Sv/h}$  で、高線量地域での繁殖率が低いとはいえなかった。空間線量が低い巣から番号を付けて並べた下の図をみても利用巣(赤棒)と線量には関係が認められなかった。ま



た、産卵数も1卵が1巣、3卵が1巣で、他は2卵であったが、1卵は非汚染地域、3卵は高汚染地域で、放射能被曝の影響は示唆されなかった。孵化率についても、抱卵放棄の巣が低汚染地域で1巣あったが、それ以外は全ての卵が孵化した。

2016年は86巣の空間線量は平均で0.98  $\mu\text{Sv/h}$  (範囲 0.07-4.68  $\mu\text{Sv/h}$ ) だった。うち13巣が繁殖に利用され、平均の空間線量は0.95  $\mu\text{Sv/h}$  で、高線量地域での繁殖率が低いとはいえなかった。空間線量が低い巣から番号を付けて並べた下の図をみても利用巣(赤棒)と線量には関係が認められなかった。ま

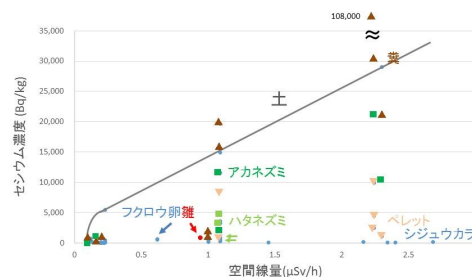


た、産卵数も3卵が4巣、4卵が2巣で、他は2卵であったが、グラフに示したとおり放射能被曝の影響は示唆されなかった。孵化率についても、抱卵放棄の巣が低汚染地域と高汚染地域でそれぞれ1巣あり、非汚染地域では卵捕食のため産卵数が把握できなかった巣があったが、それ以外は全ての卵が孵化した。

#### (2) セシウムの生態濃縮

土のセシウム濃度と空間線量との関係は、空間線量が0.12  $\mu\text{Sv/h}$  では500Bq/kg程度の低いセシウム濃度だったが、0.23  $\mu\text{Sv/h}$  では5,000Bq/kg、1.1  $\mu\text{Sv/h}$  では15,000Bq/kg、

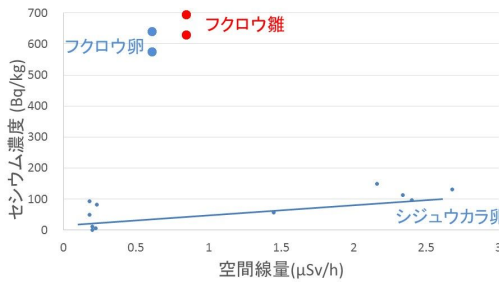
#### セシウム濃度と空間線量の関係



2.3  $\mu\text{Sv/h}$  では29,000Bq/kgと、0.2  $\mu\text{Sv/h}$  以上の空間線量地域では直線的な関係が認められた。フクロウの獲物となっていたハタネズミとアカネズミでは、ハタネズミは土のセシウム量と比べて3分の1以下であったが、アカネズミは高いものでは土の8割程度

の汚染量を示した。それと比較してフクロウの卵と雛はそれぞれ 0.6、0.9 $\mu$ Sv/h の場所で 600 Bq/kg 前後、700 Bq/kg 前後であり、土の汚染の 10 分の 1 以下の低いセシウム量だった。糞やペレットのセシウム濃度が高いことを考慮すると、食べた獲物に含まれるセシウムの多くをフクロウは吸収せずに排出しており、生態系上位種ほど汚染物質の濃度が濃くなる生態濃縮と呼ばれる現象は生じていないと推測された。

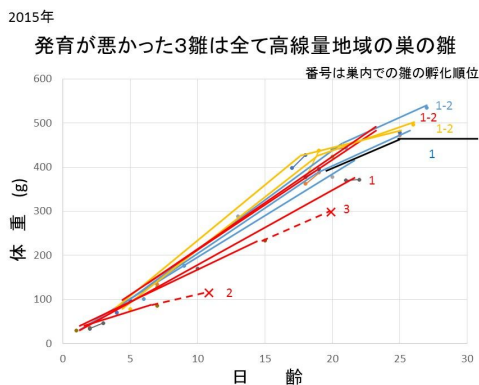
### 鳥の卵と雛のセシウム濃度



ただしシジュウカラの卵と比較するとフクロウの卵は約 10 倍のセシウムを含んでおり、腐食連鎖を通してのセシウムの生態系内での移動が示唆された。シジュウカラの雌親の死体を計測したところ卵の 4 倍ほどのセシウム濃度が検出された。フクロウも親に関してはより高い濃度の汚染が心配される。

### (3) 低線量被曝がフクロウの雛の健康状態に与える影響

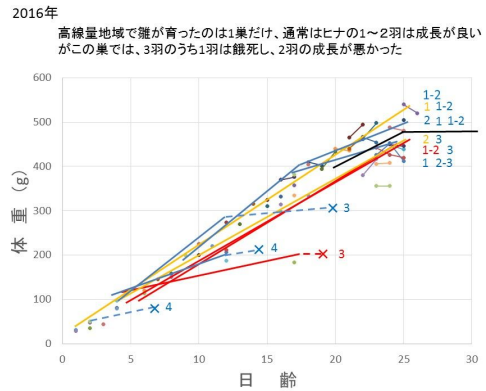
2015 年の 5 巣 10 雛の成長を見ると、餓死した雛も含めて最も成長の悪かった 3 雛は全て高線量地域の雛であった。6 雛は成長が良



く、それらは非汚染地域（青線）の 1 巣 2 羽と低汚染地域（黄線）の 1 巣 2 羽、高汚染地域（赤線）の 1 巣 2 羽だった。成長の悪い雛は低汚染地域の雛 1 羽のみの巣と高汚染地域の雛 3 羽の巣の第 3 子（餓死）雛 2 羽の巣の 2 羽（第 2 子は餓死）だった。高汚染地域の雛の成長が悪いことが示唆された。

2016 年の 7 巣 21 雛の成長を見ると、非汚染地域と低汚染地域の雛は必ず 1 羽か 2 羽は成長が良いが、高汚染地域の雛は 3 羽とも成長が悪く、うち第 3 子は餓死した。やはり高

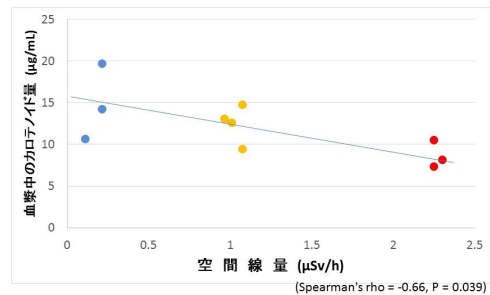
汚染地域の雛の成長は悪かったといえる。



雛の血中カロテノイド量は 2015 年、2016 年共に空間線量と負の相関を示し、高汚染地域ほど血中カロテノイド量が少ないことがわかった。放射線によって抗酸化物質であるカロテノイドが消費されていることが示唆された。

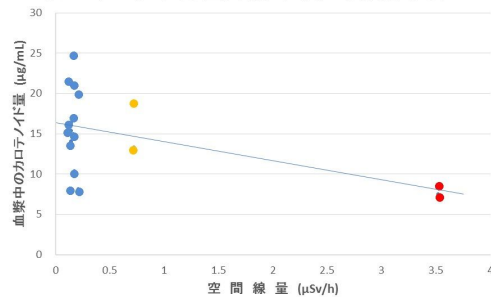
### 2015年 抗酸化物質量

血中カロテノイド量は空間線量と負の相関を示した



### 2016年 抗酸化物質量

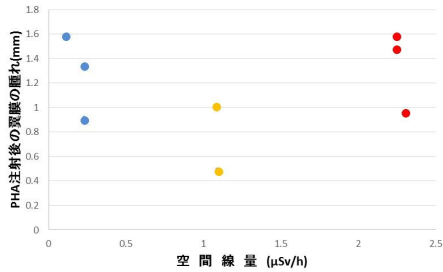
血中カロテノイド量は空間線量と負の相関を示した



逆に、PHA テストの結果は、高汚染地域での免疫反応の低下を検出することができなかった。ただし、実験者がフクロウの雛への皮下注射になれていなかったために同じ場所への PHA 溶液の注射がうまくできなかったことが、安定した結果を得られなくした可能性も考えられる。

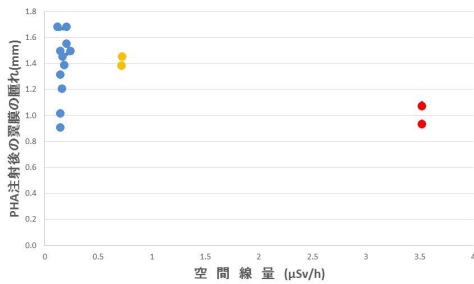
2015年

PHA テストの結果は空間線量との相関が見られなかった



2016年

PHA テストの結果は空間線量との明確な相関はなかった



## 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 2件)

- (1) Møller, A.P., T. A. Mousseau, K. Ueda and I. Nishiumi, 2015. Ecological differences in response of bird species to radioactivity from Chernobyl and Fukushima. *Journal of Ornithology*, 156(suppl. 1): 287-296.
- (2) Møller, A.P., T. A. Mousseau and I. Nishiumi, 2015. Cumulative effects of radioactivity from Fukushima on the abundance and biodiversity of birds. *Journal of Ornithology*, 156(suppl. 1): 297-305.

[学会発表](計 5件)

- 西海 功, 2017. フクロウの繁殖に与える放射能の影響. シンポジウム 「福島生きものは今 現在、そして、これからのを考える」, 主催:(公財)日本野鳥の会・法政大学人間環境学部, 3月4日, 法政大学, 東京. 要旨集, p.12-13.
- 西海 功, 2016. フクロウの繁殖に与える

放射能の影響. 12月13日, 福島市小鳥の森ネイチャーセンター, 福島

石田健・上田恵介・西海 功・松井 晋, 2016. 自由集会: 福島第一原発事故から5年 高汚染地帯の鳥 現在と未来. 日本鳥学会 2016年度大会, 札幌. 講演要旨集, p.259.

西海 功・樋口亜紀, 2015. フクロウの巣箱を使った放射能の生態系への影響調査. 日本鳥学会 2015年度大会. 講演要旨集, p.83.

Nishiumi, I., 2015. Research on breeding of Ural Owl using nest-boxes in Fukushima. A presentation of symposium "Radiation monitoring and conservation of wildlife after Fukushima." 5th International Wildlife Management Congress, Sapporo Convention Center, Sapporo. 29 Jul 2015. S53-06.

[図書](計 0件)

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

[その他]  
ホームページ等

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

西海 功 (NISHIUMI, Isao)  
国立科学博物館・動物研究部・研究主幹  
研究者番号: 90290866

(2)研究分担者

( )  
研究者番号:

(3)連携研究者

( )  
研究者番号:

(4)研究協力者

( )