

■特別レポート：福島からツバメが消える？	
福島における鳥獣調査報告より …… 鍵谷 司	2
- 福島復興支援ツアーに参加して (Ⅶ) -	
■シリーズ：ごみ処理施設訪問 …… 山根和範	14
既設炉の運転を継続しつつ、堅型ストーカ炉2基を段階施工	
- 静岡県伊東市 環境美化センター -	
■シリーズ：福島問題の考え方-放射線を正しく理解する… 西嶋茂宏	23
【第5章 (最終回)】小児・胎児への影響	
■Topics on Waste Management ……	36
日造 中国広東省ごみ焼却発電プラント受注 / エスエヌ環境 嶺北広域組合清掃	
センター基幹改良受注 / JFEエンジ イランで廃棄物発電の案件発掘・市場性調	
査 / エスエヌ環境 北海道恵庭市焼却施設整備工事受注 / MHIEC エネルギー	
自立汚泥焼却炉開発、初号設備受注 / 日造 春日部市豊野環境衛生センター基幹	
改良受注 / 日造 スコットランドで焼却発電プラント初受注 / 清掃一組・日造 杉	
並工場以最適運転管理システム開発開始 / 荏原環境 小山広域組合新ごみ処理施	
設納入 / 日造 浅川環境組合ごみ処理施設建設運営受注	
■連載：Front Line ⑤ …… 村山愉偉	40
東南アジア・ゴミ発電プラント市場は、いつ花開く？	
JFEエンジ、重工環境・化学、日造、新日鉄住金エンジが熱視線	
■シリーズ：廃棄物埋立跡地の問題と安全利用 (Ⅶ) …… 鍵谷 司	42
外構 (植栽・駐車場等) 及び建造物の発生ガス対策について	
■講演録：脱温暖化を目指した街づくりと本物の贅沢 …… 宝田恭之	54
- エネルギー・環境問題研究会 定期講演会より -	
■連載：ごみは語る …… 杉本裕明	60
第2回 広がる機械選別+バイオガス化の動き	
■技術情報：革新型階段炉による下水汚泥発電システム … 水野孝昭	61
■データ：環境省・循環型社会交付金	
平成28年度第2回・第3回内示状況 ……	66
■Topics on Biomass ……	68
日造 系列会社がフランスでバイオメタン精製装置納入 / JFEエンジ バルメッ	
ト社との提携によるバイオ発電所初受注 / 日造 独閩連会社がバイオガスプラ	
ント改造受注 / 日揮 室蘭市で国内最大級バイオマス発電所受注 / ヤンマー	
ミヤンマーで粉穀活用しガス化発電実証 / IHI環境エンジ 北海道滝川市で粉穀利用	
し共同研究 / NEDO 地域自立システム化実証6テーマ採択 / イーレックスなど	
福岡で国内最大級木質バイオ発電事業 / イーレックス 子会社バイオマス発電所	
が商業運転開始 / タクマ サラeパワー向けバイオマス発電設備受注	
■トピックス：	
「環境と健康」をテーマに第60回生活と環境全国大会 ……	72
- 日本環境衛生センター 10月26日～28日、川崎市で開催 -	
■連載：見栄ごみ処理プラントエンジニア講座 …… 鈴木康夫	73
第10回 メタン発酵 (1回目)	
■連載コラム：多事雑言 (第8回) …… 吉葉正行	74

福島からツバメが消える？ 福島における鳥獣調査報告より

—福島復興支援ツアーに参加して（Ⅶ）—

第1種放射線取扱主任者・技術士（衛生工学・建設・環境）
環境計画センター 専任理事 鍵谷 司

「福島復興支援ツアー」には昨年に引き続いて二回目の参加である。その動機は、福島を支援するためには宿泊を伴う視察、シンポジウム参加、南相馬除染科学研究所視察、ドローンによる放射能調査試験などの最新の取組みあるいは「ホテルハワイアンのフラダンスショー」に魅せられたこと。また、技術士として「現場を知る」ことを心掛けていることもある。

とくに、昨年度に視察した福島の放射能汚染地帯において鳥類を全く確認できなかったことが非常に気になっていた。帰京後に、平成24年6月に放映された「チェルノブイリ25年被ばくの森」を参考にして「どうなる、被ばくの森」、また、平成28年6月に放映された「NHKスペシャル；被曝の森 ～原発事故5年目の記録～」の内容について「NHKスペシャル『被曝の森』を斬る！」と題して、放映内容の概要と問題点の指摘及びコメントを寄稿した。¹⁾²⁾

今回は、昨年度のツアー中には全く気にも留めていなかった鳥類を見つけることも大きな目的の一つである。しかし、鳥類の現地調査を行ったわけでもないのに、残念ながら表面的な観察にたどるを得ない。車中から鳥の種類や数を確認しただけでは掲載できるような寄稿内容にまとめることはできない。むしろ、福島県下における野生動物調査に注目した。とくに、被ばくの影響は鳥類に顕著に表れるのではないかとの直感で、鳥類のうち、放射能で汚染された土で巣作りをするツバメに焦点を当てて調べたので紹介する。

【キーワード：被ばくの森、福島の野生鳥獣、ツバメ・巣の放射能、幼鳥の被ばく】

1. 福島視察の概要と鳥の確認

1. 1 福島復興支援ツアーの行程

平成28年6月に東日本大震災後に三回目の視察に訪れた。視察した目的は、その都度、異なるので、その目的と概要を紹介しておきます。

○平成23年3月11日；東日本大震災&巨大津波による巨大災害発生

○平成23年3月25日以降；福島第一原子力発電所の爆発事故による放射能汚染発生

○平成24年3月4～5日；(公社)日本技術士会近畿本部環境研究会主催。大地震&巨大津波による1年後の被害状況について視察

※仙台市にて女川原発事故概要講演、女川町、石巻市、松島、多賀城市、角田市（JAXA）

○平成27年6月16～17日；仙台から富岡町、松島町、石巻市、南相馬市

※福島県富岡町除染土壌仮保管場所、南相馬市仮保管場所の視察

○平成28年6月17～18日；田村郡三春町、南相馬市、飯館村

※福島県環境創造センターにて放射能汚染に係るシンポジウム、除染現場&仮保管場所、南相馬除染科学研究所&超電導磁石による除染土壌の減容化、ドローンによる地上の放射能の確認試験の視察

福島復興支援ツアーの移動ルートは、図1に示した通りであり、約250km程度の移動距離であった。なお、時間の都合より蔵平仮焼却施設と飯館村役場には立ち寄れなかった。

そのプログラムは、企画者の大阪大学大学院工学研究科西嶋先生及び同行した深田技術士が本誌

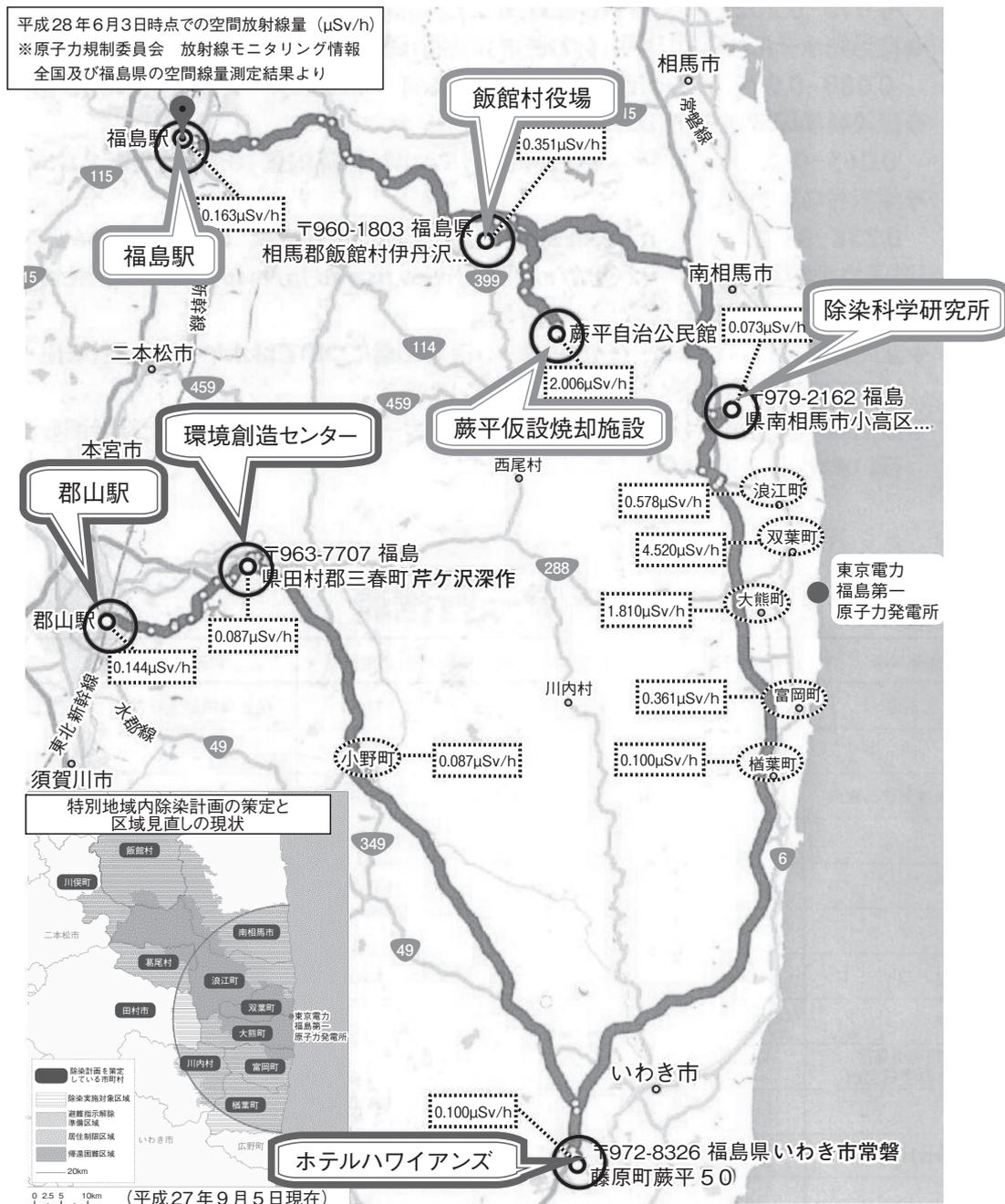


図1 バス移動の全行程
 (福島郡山駅 ⇒ 環境創造センター ⇒ ホテル ⇒ 除染科学研究所 ⇒ 福島駅)

145号において紹介しているので、シンポジウムのタイトルのみ記載します。

- 講演会：6月17日（金）；福島県環境創造センター、18日（土）；除染科学研究所
- ①福島県環境創造センターの紹介；副所長 佐藤弘美
- ②除去土壌等の減容・再生利用技術開発戦略について；日本原子力研究開発機構 加藤 貢
- ③放射性セシウムに対する土壌の吸脱着特性と

それに影響を及ぼす共存イオンの影響；国立環境研究所 石森洋行

- ④阿武隈流域でセシウムの流出モデル；大阪大学 近藤 明
- ⑤超伝導磁気分離を用いた汚染土壌減容化；大阪大学 秋山庸子

講演会に参加し、それぞれの一線で活躍している先生方がどのような視点で、何を研究しているかの現状の一端を垣間見ることができた。



写真1 常磐自動車道大熊町付近
(放射線量：1.7 μ Sv/h；基準の7倍以上)



写真2 南相馬市北泉仮保管場所
(上下左右をシートで覆っている)

1. 2 視察時に車窓から見た鳥の数は！

平成28年6月「福島復興支援ツアー」に参加し、シンポジウムでの最新の研究発表に参加、除染科学研究所や放射能で汚染された除染土壌の保管現場等を視察した。2日間にわたるバス移動中に車窓から観察した。青々とした森や雑草が生い茂る田畑あるいは沿岸部の保管場所において鳥類を一度も見かけなかった。以前にNHKのBS放送で放映された「チェルノブイリ 25年後の被ばく森」の映像が脳裏に浮かぶ。鳥類は放射能に弱く繁殖は難しいが、イノシシなどの大型哺乳類は大繁殖しているとの衝撃的なものであった。

今回もツアーに参加し、図1に示した移動ルートの中からは降車時に鳥を探した。福島郡山駅から田村郡三春町、いわき市ホテルハワイアンズ、南相馬除染科学研究所から阿武隈山地越で福島駅までバスで約250km位は移動した。車窓からツバメ、スズメ、カラスが1匹でハトが珍しく3匹を確認できた。また、以前はゴルフ場であった森の中の南相馬市北泉除染物保管場ではウグイスの声が聞こえた。飯館村の地元の方と話す機会があったが、原発事故後にはツバメの幼鳥が少ないことを気にしていた。

なお、バスからあるいは下車して周辺の鳥を探しても探鳥に疎い素人では探せないかもしれない。自宅の近くの公園（京都市東運動公園）を毎日散歩するが、カラス、スズメ、ハト、ツバメ、セキ

レイ、トンビやヒヨドリを多数見かけることも多いが、バスからでは見つけるのは難しい。そういえば、京都市左京区岩倉の自宅付近でも最近、ツバメが少ない、むしろ餌となる昆虫が少ないように思う。ツバメは毎年何千kmも渡りをするが、その理由は必ずしも明らかでないらしい。最近では渡りをしないで地域に留まる事例（留鳥）も多いと聞く。温暖化で住みやすくなり、冬でも餌があれば、わざわざ危険を冒して南国へ移動することもないであろうが、なんとも不思議な生態である。

2. 福島県下における野生鳥獣の調査について

福島原発事故後に様々な機関で野生動植物に関する調査が行われている。福島県では「野生鳥獣の放射線モニタリング調査」が毎年実施されている。また、環境省では、平成25年度から「野生動植物への放射線影響に関する意見交換会」で関係機関の調査結果の報告が行われている。その他にも（公益財団法人）山階鳥類研究所や日本野鳥の会などでも野生の鳥獣類あるいは鳥の巣の放射能汚染状況の調査が行われている。

これらの報告内容を収集し、平成23年度から福島県が行っている野生鳥獣に関する調査結果をもとにして、その特徴について以下にまとめた。

2. 1 調査概要と調査地点について

福島県自然保護課では、平成23年度から毎年「野生鳥獣の放射線モニタリング調査」を行っている。この調査は、食用対象の野生鳥獣について、肉に含まれる放射性核種濃度を調査している。なお、これまでの調査では、放射性Cs以外の核種は検出限界値未満であった。調査対象は、イノシシ、ツキノワグマ、ニホンシカ、ウサギ、キジ、カモ類等である。県内で捕獲された野生鳥獣の肉に含まれる放射性Csの濃度が福島県HPに公表されている。調査結果を基にして「食肉の放射性物質に関する基準値」（放射性Csの場合は肉1kg当たり100Bq）を超えた場合には、摂取制限あるいは出荷制限措置が講じられる。

なお、平成24年3月31日まで暫定基準は500Bq/kgであったが、4月以降は厳しい新基準である100Bq/kgが適用される。

福島県の野生鳥獣調査は、県下を7ブロックに区分（図2）して、それぞれの地区で捕獲した鳥獣の放射能濃度を調査している。福島県は奥羽山脈と阿武隈高地、その2つの山地によって会津と中通りと浜通りの3地域に区分されている。浜通りは、福島県の東部にあたり、西に阿武隈高地と東に太平洋に挟まれた太平洋側沿岸の地域である。浜通りの北部に位置する「相双地域」は相馬地域と双葉地域から成る。事故を起こした福島第一原発は、相双地区の太平洋岸に位置している。なお、各ブロックを構成する主たる市と郡（町村）は下記の通りである。

- ①県北（4市3町1村）：福島市・二本松市・伊達市・本宮市・伊達郡・安達郡
- ②県中（3市6町3村）：郡山市・須賀川市・田村市・岩瀬郡・石川郡・田村郡
- ③県南（1市4町4村）：白河市・東白川郡・西白河郡
- ④相双（2市7町3村）：相馬市・南相馬市・相馬郡・双葉郡
- ⑤いわき市（1市）
- ⑥会津（2市8町3村）：会津若松市・喜多方市・耶麻郡・河沼郡・大沼郡

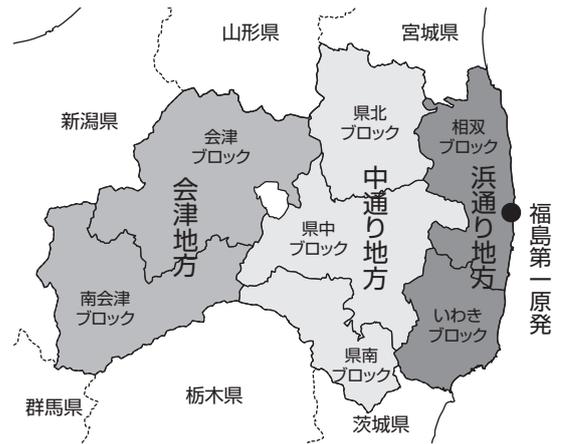


図2 福島県のブロック（7区分）

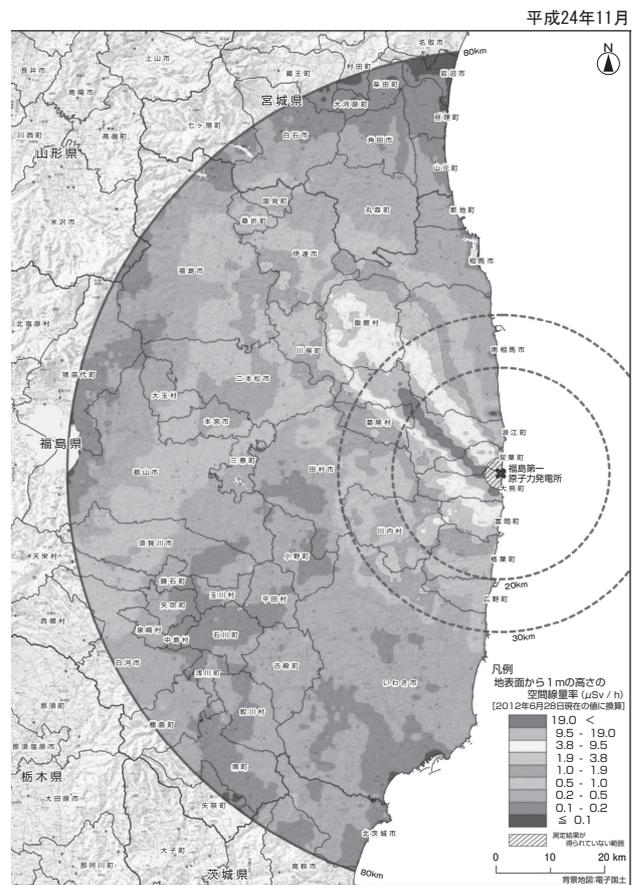


図3 原発事故時の放射能の流れ

- ⑦南会津（3町1村）：南会津町・下郷町・檜枝岐村・只見町

事故時に放出された放射能は、原発周辺の大熊町、双葉町、浪江町、富岡町などの近郊は当然のことながら高濃度で沈着したが、南相馬市から飯館村が位置する北西方向にも大量に拡散した。風向状況により県北や県央など福島県全域が高濃度

で放射能汚染された。なお、放射能放出時の風向や風速、大気安定度あるいは着地点の高度などの条件により放射能の着地濃度は異なり、不均一に県内外全体が汚染された（図3）。

2.2 野生鳥獣の放射能に関する調査結果について

福島県では、平成24年度から野生鳥獣の肉の放射性Cs濃度を調査し、自家消費あるいは出荷制限を判断する基礎データとして用いている。調査対

象は食肉対象の鳥獣で在り、小鳥は含まれていない。以下、福島県ホームページの野生鳥獣の放射線モニタリング調査結果を引用した。

平成23年度から各地区ごとに毎年実施されているが、食品基準が暫定基準から新基準に改正された平成24年度以降のデータのうち、平成24年度と平成27年度のデータを抜粋して表1に示す。表から野生鳥獣に取り込まれている放射能の減少傾向がわかる。なお、試料採取地区を掲載したが、未

表1 平成24年度及び平成27年度放射線モニタリング調査結果（抜粋）

種類	年度	放射性Cs(Bq/kg)	基準値超過数	試料採取地域
イノシシ	24	110～61,000	78/78	相双
		79～25,000	85/90	県北
		18～1,200	48/67	県中、県南、会津、南会津
	27	31～30,000	11/12	相双
		59～2,500	133/146	県北
		10～1,100	6/62	県中、県南、会津
ツキノワグマ	24	不検出～1,100	40/77	県北、県中、会津、南会津
	27	4.4～480	10/30	県中、県南、会津、南会津
キジ	24	不検出～220	3/25	県北、県中、県南、相双、いわき
	27	6.5～13	0/5	県北、相双
ヤマドリ	24	不検出～950	9/16	県北、県中、県南、相双、いわき
	27	14～270	2/3	県北、会津、相双
カモ類	24	不検出～860	1/7	県北、県中、県南、会津、いわき
	27	不検出～28	0/9	県北、県中、県南、会津、相双
ニホンジカ	24	19～190	1/2	会津、南会津
	27	6.6～36	0/6	会津、南会津
ノウサギ	24	170～730	2/2	県北、県南
	27	14	0/1	県中

※福島県「野生鳥獣の放射線モニタリング調査」より

※カモ類；カルガモ、マガモ、コガモ

表2 放射性Csの減衰状況（%）

初年度	1年後	2年後	3年後	4年後	5年後	6年後	7年後	8年後	9年後	10年後
100.0	84.6	73.3	64.9	58.6	53.8	50.2	47.3	45.0	43.1	41.5

※初年度のCs137とCs134の存在割合を50/50とした。

※それぞれの半減期をCs137が30.17年、Cs134が2.06年とした。

※鍵谷司作成。

掲載地区では捕獲試料がないことを示す。

表1から、野生鳥獣に取り込まれる放射能濃度は、地区別、野生種の違いにより大きく異なる。次のような傾向を読み取れる。なお、表2に示したように放射性Csは時間とともに減衰する。平成24年度から平成27年度の4年を経過すると放射性Csはおおよそ3割以上自然減衰しており、影響はしだいに低くなる。

- ①原発に近い相双地区（相馬郡と双葉郡）、ついで放射能が移流した県北地区（福島市、伊達市等）の野生鳥獣の放射能濃度は高い傾向にある。
- ②放射能濃度が高い野生鳥獣は、イノシシ、ついでクマであり、キジ、ヤマドリやカモ類は比較的低い傾向にある。
- ③草食性のニホンジカの濃度は低い傾向にある。
- ④野生鳥獣類の放射能Cs濃度は急激に減少し、イノシシでは4年で1/10程度に低下している。放射性Csの自然減衰速度及び森からの流出（1%以下）から考えても異常な速さで低下している。放射能汚染の高い地区では、餌となる小動物の減少や植物の実などが不具合になり、放射能の影響が小さい低汚染地域では餌が豊富であるため、主にここで採餌しているのではないかと推測している。

原発事故時の平成23年3月には、放射能が空中から降下して地表に存在する土壌、河川水、生物などあらゆるものを汚染した。野生鳥獣類の放射能は、主に餌に含まれる放射能から取り込まれるので、元となる水や土壌の放射能汚染と密接にかかわる。すでに寄稿したように土壌に蓄積した放射能は、木の実や葉への移行は小さいこと、枯葉や地表有機物を餌とする小動物への移行は高い可能性があるかと推測される。¹⁾

つまり、地表面の植物や小動物を主食とするイノシシは体内濃度が高く、草食性のニホンジカのそれは低いことは容易に想定される。キジやヤマドリ、カモ類につきも主食となる餌の放射能濃度を調べると合理的に説明できると考えられる。なお、上記のデータは地区別に捕獲された野生鳥獣



写真3 避難区域内富岡町でイノブタの群れ（2016年2月28日：福島民友より）野生のイノシシと家畜のブタが交配してイノブタが増えている

について測定したものであるが、地区自体はかなり広く、放射能汚染の程度に大きなバラツキがあるろう。低汚染地帯では餌となる植物・実あるいは小動物の個体数が多いのではないかと推測している。なお、野生なので地区間の移動は自由であり、必ずしも地区別のデータでないことに留意する必要がある。

放射線モニタリング調査結果によると各年度における野生鳥獣の放射能濃度のうち、食品基準（100Bq/kg）を超えた検体数は以下の通りである。

- 平成24年度：394検体中275検体が基準を超過（69.8%）
- 平成25年度：303検体中219検体が基準を超過（72.3%）
- 平成26年度：365検体中195検体が基準を超過（53.4%）
- 平成27年度：274検体中182検体が基準を超過（66.4%）
- 平成28年度：73検体中40検体が基準を超過（54.8%）

なお、年度により調査対象種の検体数及び地域別の試料数が異なるので、必ずしも基準値を超過した割合が正しいとは限らない。放射能で強く汚染された地域、かつ放射能濃度の比較的高いイノシシなどの試料が多いと基準を超過する割合が高くなることにも留意する必要がある。原発事故後

すでに5年を経過してもまだ半分くらいの確率で放射能汚染が持続していると解釈すべきであろう。

3. 放射能汚染地帯の鳥類調査について³⁾⁴⁾

鳥類、とくにツバメに注目した理由は、放射線の人に対する影響では、目の水晶体に対して高く、放射線白内障を引き起こすことが知られている。とくに、地上で活動する動物は、匂い、振動や温度など視覚以外の感覚で生存できるのに対して、鳥類は視力が低下すると飛ぶことも餌を見つけることも難しく、ツバメでは「渡り」自体が困難になり、致命的であろう。

ここでは、以前にNHKテレビで放映された「チェルノブイリ事故 25年後の被ばくの森」報道や関連資料、環境省で平成23年から毎年行っている「野生動植物の放射線影響に関する意見交換会」で野生生物の調査結果などで取り上げられているツバメに関する調査結果を引用して検討した。

3. 1 原発事故後のムソー教授らによる鳥類調査

原発事故に伴う鳥類に対する影響については、チェルノブイリ原発事故以来多くの調査が行われてきた。その中でも米サウスカロライナ大学のチモニシー・ムソー教授らによる調査、とくにツバメに関する調査は、世界的に有名であり、多くの文献等に引用されている。

(1) 平成23年6月「NHK-BS世界ドキュメンタリシリーズ「チェルノブイリ事故25年」より

生物学者のムソー教授らによるチェルノブイリの鳥類調査の結果は次の通りであった。¹⁾²⁾

1991年から調査を開始し、高汚染地帯の松枯れした赤い森と低汚染地帯の鳥類を比較すると赤い森の鳥類の数は半分程度、種類は2/3程度、腫瘍のあるツバメ、その卵は通常の1/4程度と小さいこと、時々、色素が抜けて白い斑点があるものや羽根の形に左右が異なる、老化が早いことや精子の5割に異常があるなど多くの異常が認められ、繁殖することは難しいと報告している。

その理由として「渡り鳥は主にアフリカで冬を越してこの地区へ戻るが、渡りの過程で体力の消

耗でフリーラジカルが生成するが、これを抗酸化物質により消して細胞の老化を防いでいる。この抗酸化物質が放射線の被ばくに伴うフリーラジカルを消す重要な役割を担っている。高汚染地域のツバメは低汚染地域のツバメよりも抗酸化物質が少ないことが解った。つまり、抗酸化物質が少ないと放射線による影響が強くと表れることを示唆するとしている。

(2) 福島原発事故後におけるツバメの調査

2011年3月の福島原発事故以来、十数回にわたって福島で動植物調査を行っている。その結果、ツバメの減り方は著しく、観測できた事故前の数百羽から数十羽に減少している。福島の放射線量は年々低下しているにもかかわらず、鳥の個体数は減る傾向にある。チェルノブイリでは渡り鳥に影響が出ているのに対して福島では移動しない留鳥に影響が出ている。留鳥は汚染地帯で活動するので被ばく量は多いが、福島でも世代交代が進むとチェルノブイリと同様に渡り鳥に影響が出ると考えられる。

なお、渡り鳥が被ばくの影響をより強く受ける理由は、渡りで抗酸化物質を消耗してしまうので、被ばく地帯に戻って放射線によりDNAが損傷しても修復ができたためである。南国から渡ったばかりのツバメが被ばくにより数を減らした原因であるとみられる。

ムソー教授は現在、被ばくの影響が他種間で異なる原因や放射性物質による動植物にどのような影響を及ぼすかについて研究調査を開始している。³⁾⁴⁾

【コメント；福島の放射能による汚染は、桁違いに高い放射能で汚染（事故時には1,000mSv/h）された赤い森のような急性の影響は出ていないが、今後の世代交代の過程で低被ばく条件下での影響は徐々に現れる可能性がある。

また、渡り鳥の放射線による影響が大きい理由として「DNA損傷を修復する抗酸化物質」を挙げているがデータ不足ではないか？ 被ばく地域に戻ったツバメの成体が放射線を浴びてDNA損傷を修復できずに尾羽根の長さが異なるとはとても



写真4 尾羽根の長さの違うツバメ



写真5 ツバメの巣；泥を固めている

思えない。むしろ、放射能汚染されたツバメの巣の中に育つ卵や幼鳥が被ばくにより異常をきたしたと考えることが合理的である。まず、調査対象のツバメが渡りで戻ってきた個体か、現地で生まれのツバメかを識別することが基本であろう。難しいことではあるが！】

(3) 被ばくによるツバメの白化現象

ムソー教授らは、十数年にわたりチェルノブイリで調査を行い、ツバメの体の一部が白くなる突然変異アルビノを発見した第一人者である。福島県双葉町でのツバメの調査した結果、空の巣ばかりでツバメを発見できなかった。通常、ツバメは、50%の確率で同じ巣に戻ってくるが、高線量地帯ではわずか10%程度であった。他の地区で発見したツバメに突然変異のアルビノが少し見られた。日本野鳥の会によるツバメの部分白化に関する調査では、「ツバメの喉の白化の出現頻度を2013年度には放射能汚染地帯では約1割に白化が認められ、非汚染地域では認められなかった。2014年度以降の調査では非汚染地帯でも確認されており、汚染と部分白化の明確な傾向は認められない」と報告している。いずれも放射線による影響か否かはわからない」；Nスタ（2013年9月11日 TBSより）

【コメント：ツバメは渡り鳥であり、必ずしも同じ場所には戻るとは限らない。被ばくしたツバメが餌の豊富な非汚染地帯に移動することは十分にありうる。まず非汚染地帯で捕獲したツバメの放射

能濃度を調べるべきであろう。】

※アルビノ；メラニンの生合成に関わる遺伝情報の欠損により先天的にメラニンが欠乏する遺伝子疾患、並びにその症状を伴う個体のことを指す。この症状を伴う個体のことを白化個体、白子などとも呼ぶ。さらに、アルビノの個体を生じることは白化（はくか・はっか）、あるいは白化現象という。

3. 2 山階鳥類研究所によるツバメの巣の調査結果

平成23年11月から24年3月までに北海道から九州にわたる全国21都道府県において197個のツバメの巣を採取して放射性Cs濃度を測定した。その結果、福島原発から370km圏内の13都県で採取された150個の巣から放射性Csが検出された。

○福島県内の92個の巣からはすべて放射性Csが検出され、最大で90万Bq/kgであった。

○千葉県では、最大12,900Bq/kgであった。

○福島原発から370km離れた静岡県内でも検出された。

○巣の濃度は営巣地の土壌の放射能濃度が高いほど高い傾向にあるが、ばらつきがみられた。調査結果は表3のように報告されている。

【ツバメ；越冬地は東南アジアなどで、3月下旬から4月上旬頃に渡来し、人家などの建物に巣を作る。寿命は1.5年程度で、産卵期は4～7月ごろに一回に3～7個の卵を産む。抱卵日数は13～17日、巣内での育雛日数は20～24日。子育て後の9

表3 都道府県別ツバメの巣の放射性Cs濃度の平均値 (Bq/kg)

採取地点	平均値	採取地点	平均値
福島県	7,502	神奈川県	311
千葉県	3,210	埼玉県	195
茨城県	1,289	山梨県	140
宮城県	903	新潟県	101
東京都	858	石川県	47
群馬県	493	山形県	36
静岡県	353		

備考) 不検出；北海道、岐阜県、愛知県、京都府、鳥取県、岡山県、愛媛県、鹿児島県
試料なし；栃木県

月から10月にかけて渡り去る。脚は短く歩行には不向きで、巣材の泥を求めるとき以外は地面に降りることはめったにない。飛翔する昆虫などを空中で捕食する。また、水面上を飛行しながら水を飲む。巣は、通常は新しく作るが、古い巣を修復して使用することもある。】

3. 3 汚染地帯におけるツバメの巣等の放射能濃度について

環境省では、平成23年から毎年「野生動植物の放射線影響に関する意見交換会」として野生生物の調査研究の発表が行われている。この調査では、当初「帰還困難区域」(年間50mSv以上)の浪江町、双葉町、大熊町、いわき市の調査地点において哺乳類(各種ネズミ)、鳥類(ツバメ、巣材、キジ)、両生類(イモリ、カエルなど)、爬虫類(ヘビ、トカゲ、カメなど)、魚類(メダカ、フナ、アユ、ヤマメなど)、無脊椎動物(ミミズ、ゴミムシ、エビなど)の放射能濃度(Bq/kg)を調べ、調査を継続している。なお、試料の採取時において、その被ばく線量率の評価のために、空間線量率を測定するとともに、採取地において土壌・水の放射性核種濃度も分析している。

「平成24年度、平成25年度、平成26年度 野生動植物への放射線影響に関する意見交換会 要旨集」(環境省)及び別冊資料(環境省自然環境局自

然環境計画課)による調査結果よりツバメの巣等の放射能濃度を抜粋した。⁵⁾⁶⁾

なお、下記の放射能汚染の単位は次のとおりである。

○ツバメの巣：(Bq/kg-wet)

○ツバメの幼鳥：(Bq/kg)

○土壌：(Bq/kg-DW)

(1) 平成24年度意見交換会別添資料；第5次調査(平成24年9月)

○浪江町(警戒区域)…5検体 10,300～1,380,000(平均590,000)

※周辺の空間線量率；0.4～14 μ Sv/h

○大熊町(警戒区域)…6検体 11,600～1,000,000(平均296,000)

※周辺の空間線量率；4～70.2 μ Sv/h

○富岡町(警戒区域)…3検体 2,400～79,000(平均34,100)

※周辺の空間線量率；0.4～4.5 μ Sv/h

(2) 平成25年度意見交換会別添資料「表2-2」より

○浪江町…5検体 16,800～550,000(平均198,000)

※周辺土壌；56,000～341,000(平均144,000)

○大熊町…4検体 42,000～610,000(平均194,500)

※周辺土壌；26,600～390,000(平均181,000)

○富岡町…4検体 370～58,000(平均21,600)

※周辺土壌；12,200～182,000(平均97,400)

表4 ツバメの被ばく線量率(μ Gy/h)の推定

対象	試料採取地区	内部被ばく線量率	外部被ばく線量率	合計被ばく線量率
成鳥	浪江町	59.01	93.22	152.23
	大熊町	65.16	106.14	171.30
	富岡町	6.22	9.87	16.09
卵	浪江町	2.17	93.63	95.80
	大熊町	2.38	106.61	109.00
	富岡町	0.23	9.91	10.14

- (3) 平成26年度意見交換会別添資料「表2-2 鳥類の放射性セシウム濃度」より抜粋
- 浪江町…幼鳥；5検体、70～1,411（平均620）
 巣材；1検体、29,900、周辺土壌；42,300
 ※空間線量率；0.69～3.10（ $\mu\text{Sv/h}$ ）
 - 大熊町…幼鳥；2検体、479～754（平均617）
 巣材；1検体、63,800、周辺土壌；74,400
 ※空間線量率；2.00（ $\mu\text{Sv/h}$ ）
 - 富岡町…幼鳥；2検体、38～61（平均50）
 巣材；1検体、15,900、周辺土壌；11,890
 ※空間線量率；0.25～0.26（ $\mu\text{Sv/h}$ ）、
 - 南相馬市…幼鳥；1検体、不検出
 巣材；1検体、13,400（土壌は測定せず）
 ※空間線量率；0.13（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

表5 被ばく線量率（ $\mu\text{Gy/h}$ ）の推定

ツバメ	試料採取地区	内部被ばく線量率	外部被ばく線量率	合計被ばく線量率
成鳥	浪江町	12.17	25.31	37.48
	大熊町	13.42	28.26	41.68
	富岡町	0.06	2.79	2.86
	南相馬市	0.01	2.29	2.30
卵	浪江町	0.50	25.42	30.42
	大熊町	0.47	20.80	21.27
	富岡町	0.06	2.80	2.86
	南相馬市	0.01	2.22	2.23

- ①採取試料周辺の土壌とツバメの巣の放射能濃度に高い相関性（図4；重相関係数0.9714）及び幼鳥とに高い相関性（0.8345）が認められたことは、ツバメの巣作り及び餌の採取は比較的狭い範囲で行われていることを示唆する。
- ②動植物に対する被ばくの影響は繁殖率低下、寿命短縮、罹患率の上昇、繁殖成功率の低下等の可能性がある。表4及び表5は被ばく線量の推計値であるが、ツバメの幼鳥の生存率の減少や繁殖成功率を低下させるに足る線量率である。汚染地帯のツバメが急激に減少することを示唆する。なお、汚染地帯で生まれあるいは成長し

たツバメが減少しても当然外部から元気なツバメが入り込むので見かけだけでは判断しがたい。

※誘導考慮参考レベル；欧州原子力共同体の開発したERICA アセスメントツールで安全側（算定値の3倍）の被ばく線量率を算定し、国際放射線防護委員会（ICRP）では算出された被ばく線量率による影響を判断するための目安を示している。

※算出された被ばく線量率で評価されているが、本来、被ばく時間に乗じて被ばく線量で示す方法が一般的である。用いた数値、計算手法、影響評価の詳細は明記されていない。なお、放射線による感受性等が不明であるため吸収線量（ $\mu\text{Gy/h}$ ）で表示されている。人に対する影響は、人体のそれぞれの臓器に対する被ばくの影響性を考慮して実効線量（mSv）で示される。

- ③ツバメの巣の放射性Cs濃度は、急激に低下している。放射性Csの自然崩壊はわずか年10%以下であり、かつ自然減衰により汚染土壌の放射能は減少するが、1/10程度も急減することはない。むしろ、ツバメの餌が豊富な地域は低汚染地域であり、その周辺に巣を作っていると考えることが合理的である。つまり、高汚染地帯では、ツバメの餌となる昆虫類も被ばくにより少なくなっていることを示唆する。
- ④表5より、ツバメの被ばくは、内部被ばくよりも外部被ばくがかなり多い。ツバメは、地表に降りないで餌をとる習性があるので、ねぐらの巣の放射能による外部被ばくの可能性が高い。また、卵では、巣からの被ばくであることは明らかである。

【追記；ツバメの巣の放射能汚染はどの程度か？】
 ツバメの巣の放射能濃度を記載したが重さ1kg当たりの放射能量（ベクレル；Bq）で示されても汚染の程度を理解することは難しい。日本の場合は、人に対する影響をすぐに判断できるように地上1mの高さで計った空間放射線量率（シーベルト；Sv）で示されるこれに被ばく時間あるいは屋外や室内での被ばく時間に乗じて被ばく量を算定し、

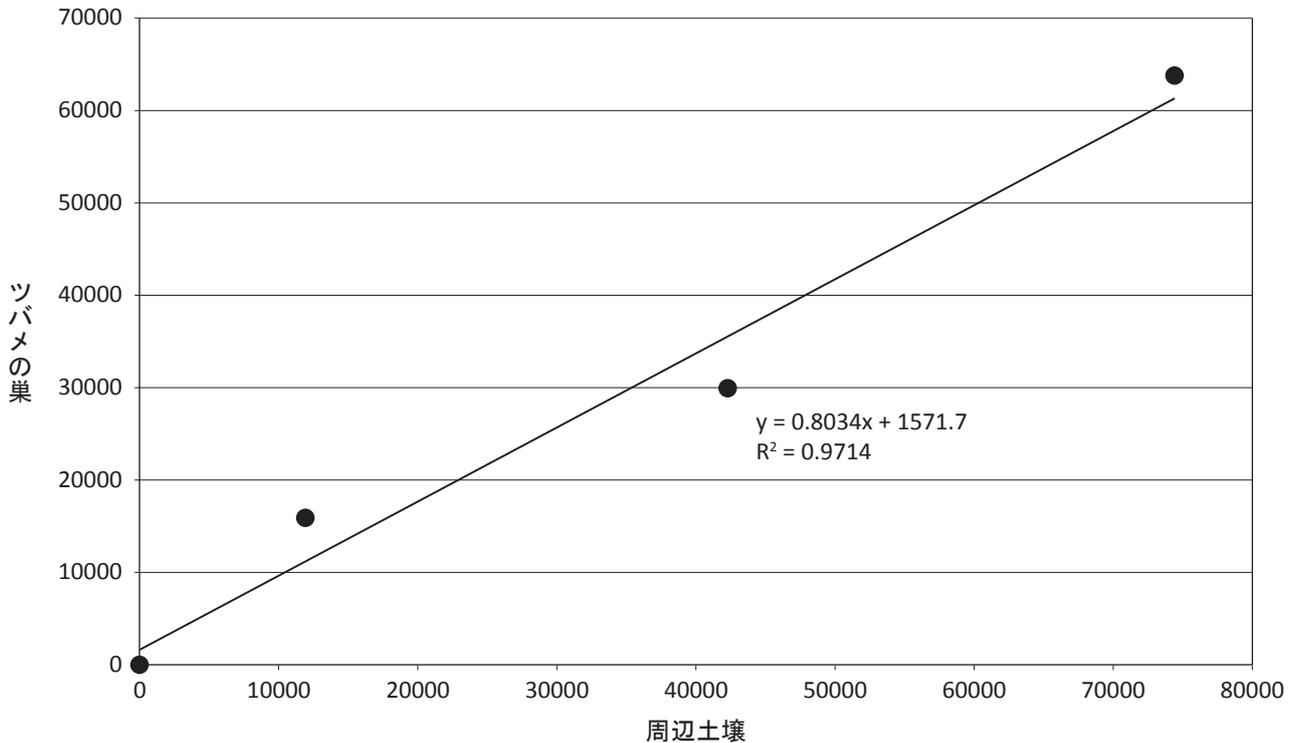


図4 ツバメの巣と試料周辺土壌の放射能濃度の相関性

原発事故による追加被ばく線量が年間1 mSv以下を遵守するように被ばく管理が行われる。これ以上の空間線量率の地帯が除染区域に指定され、除染が行われている。

除染対象区域における地表土壌の放射性Cs濃度は、経時的に変わるが次の目安になる（試案）。

- ① 20mSv/年以上の区域では除染しない。地表に20,000Bq/kg以上の放射性Csが分布
 - ② 5～20mSv/年の区域は国が除染する。地表に5,000Bq/kg以上の放射性Csが分布
 - ③ 1～5 mSv/年の区域は自治体が除染する。地表に1,000Bq/kgの放射性Csが分布
- ※被ばく線量から地表の重量当たりの放射能濃度を推算するには設定条件がある。¹⁾
- ※被ばく線量と地表の放射性Cs濃度は継時的に変化するので、濃度も経年変化する。

除染物は、放射能濃度に違いにより処理方法が異なる。8,000Bq/kg以下では一般廃棄物最終処分場で埋立処分できるが、8,000～100,000Bq/kgのものは、厳しい構造・維持管理できる処分場、100,000Bq/kg以上のものは指定廃棄物として国が処分することになる。

放射能で汚染された土壌を除染した場合の処分方法は次の通りである。¹⁾

- ① 放射性Cs濃度が8,000Bq/kg以下の除染物は、一般廃棄物最終処分場で通常の廃棄物と区分することなく埋立処分することができる。
- ② 同8,000～100,000Bq/kgの除染物は、一般廃棄物最終処分場（管理型処分場）において隔離層設置、耐久性容器封入あるいは屋根付き処分場で埋立処分できる。
- ③ 100,000Bq/kg以上の除染物は、国が中間貯蔵施設（着工段階）で保管する。

上述したようにツバメの巣の放射能濃度はかなり高濃度であり、巣内で育つ卵や幼鳥への影響は無視できない。なお、巣の重さはわずかであるので含まれている放射エネルギーも少なく、地上の人への被ばくを心配する必要はないであろう。

簡易な放射線測定器で巣内の空間線量率を測定し、対応を検討すべきではないか？ 除去しなければ汚染された巣が再び使用される可能性がある。安易に除去すればツバメのねぐらを奪うことになるあるいは粉じん発生で吸い込む可能性がある。野鳥の会なども含めて議論して対応を示すべきで

ある。

おわりに

原発事故後の野生鳥獣に対する放射能の影響をツバメに焦点を当てて調査研究した。ツバメを取り上げた理由は、放射線により視力が低下すると飛ぶことも餌を探すことも困難になり、致命的である。とくに、ツバメの巣材は、泥や藁であり、放射能汚染された巣で孵化、ヒナを育てた場合には大きな影響が出そうである。留鳥と違い、渡りを行うツバメの個体を正確に確認することは難しいので、影響を確認することは現実的には困難であるが、個体数の減少は明らかになりつつある。

環境省や福島県をはじめ様々な機関で野生鳥獣の調査が行われており、巣材の放射能濃度も調べられていた。渡り鳥のツバメに対する放射線の影響について、世界的に有名なツバメの研究調査に詳しいサウスカロライナ大学ムソー教授らの主張する「渡り鳥は、渡りの過程で抗酸化物を消費するので飛来して放射線に暴露されて損傷したDNAを修復できないので影響は大きい」との説明である。しかしながら、異常が発見されたツバメが渡りで飛来した個体か、放射能汚染地で生れた個体かを確認することが重要である。とくに汚染土壌で作られた巣の放射能濃度から被ばく線量率が推算されており、ツバメの幼鳥の生存率の減少や繁殖成功率を低下させるに足る被ばくであることが報告されている。

このままでは、いずれ福島からツバメが消えるのではないかと懸念する。

一方、福島県内のイノシシなどの哺乳類は繁殖しており、見た目には「イノシシ天国」である。が、天敵がいなくなり、住処や餌が豊富であれば、非汚染地帯や低汚染地帯から進入して爆発的に増殖している可能性もある。あたかも放射能の影響はないと結論することは安易すぎるかもしれない。いずれは「イノシシは放射線に強いのか！」と題してデータに基づいて調査研究をしてみたい。

ところで、宿泊地のホテルハワイアンズは、いわき市に位置するので視察先からはかなり遠かった。金曜日にもかかわらずフラダンスショーは1,500人くらいの見学者で、大盛況であった。いわき市の人口は約35万人であり、昔は常磐炭坑で有名だったと思ったが、今や、ホテルが有名で観光客を惹きつける。参加することも福島支援だと思いつつ楽しみました。



ポリネシアン・グランドステージ / Grand Polynesian Show
(宝塚歌劇とは違った華やかさだった！)

〈引用・参考資料〉

- 1) 鍵谷司；緊急報告；どうなる、被ばくの森 ～福島復興支援ツアー視察記（Ⅲ）；「環境施設」、No.143、pp.2-13（2016.3）
- 2) 鍵谷司；特別寄稿；NHKスペシャル「被曝の森」を斬る！ ～福島復興支援ツアー視察記（Ⅳ）；「環境施設」、No.144、pp.2-10（2016.6）
- 3) ティモシー・ムソー講演会；チェルノブイリから福島へ ～ツバメたち動物が教えてくれたこと～；2013.7.24【浜松】
- 4) 鳥類学会誌オンライン版、Think the Earth；福島から鳥が消えている、放射線の影響を示す調査結果（2015.4.29）
- 5) 平成24年度、平成25年度、平成26年度、平成27年度 野生動植物への放射線影響に関する意見交換会要旨集（環境省）
- 6) 平成25年度、平成26年度、平成27年度 野生動植物への放射線影響調査において採取した試料の放射性核種濃度測定値と被ばく線量率の推定値