

ISSN 1881-3879

BEARS JAPAN

Vol.16 No.3 Mar. 2016



This number

『福島第一原発事故による
放射能汚染と野生動物 (2)』

福島第一原発事故による放射能汚染と野生動物(2)

～事故から5年経って、わかってきたこと、まだわからないこと、クマは？～

石田 健 (東京大学)

最初のご紹介(Bears Japan Vol.13-3, p.3-6)をしてから、3年が経ちました。石の上にも3年と申しますけれど、自然の営みの中では短い時間だと言えます。原子力発電所の重大事故の後に野生動物や自然に何があったのかは、わかってきたことが増えました。測定し易い電磁波のガンマ線(福島事故では主にセシウム134とセシウム137(以下、¹³⁴Csと¹³⁷Cs)から発生する)の環境中の線量や分布、あるいは人を含む大きな生物体内外の線量とその変化については多くの測定が継続的に行われ、異論は出ないくらい理解できてきたと言って良いでしょう。比較的線量が高くなく、避難した住民の一部や地方自治体から帰還の要望が強い区域の人家周辺と農地では、草や低木と深さ5cm程度の地面を剥ぎとる除染が大々的に行われており、面積的には前代未聞の大規模土木事業としての環境改変(攪乱)となっています。一方、最初の紹介でもまず課題にあげた野生動物や生態系に起こっているほんとうのことについては、わかってきた部分を大きいと考えるか小さいと考えるか、今も意見が分かれます。捕獲個体の組織標本や生体試料を分析して、細胞、分子レベルの変異を確認した例は増えていますが、いずれも放射線の直接、間接の影響であると決めるには、さらに実験による検証が必要な段階にあります。それぞれの環境には、2011年春に新たに加わった放射線以外にも生体に影響を与えるいろいろな環境要因が在る可能性が吟味されていないためです。

現地で野生生物や生態系の一部に攪乱(変化)が起こったことは確かで、(1)その攪乱のどれだけの部分が、原発事故によって放出され生態系に付加されて残存し続けている放射性物質(放射線)の影響なのか、それ以外の環境要因(特に避難や除染等の人の活動)の変化によるものなのか、(2)そもそも自然生態系の攪乱はどのくらい大きかったのか、いつまで続いていた、あるいはいつまで続くのかということについてはさまざまな考えかたができます。複雑で広大な自然環境の中では、厳密に放射線量が低確率で結果に効く性質の現象が作用しているために、どんなに調べても、科学的な証拠や情報が完全や理想からは程遠いのがその理由です(石田 2013, 小豆川 2016)。廃炉作業同様、長い時間と多大な労力を要する検証作業(研究)を伴います。どのような研究が検証をする意義のある(検証が実現できそうな)課題か、このご紹介が少しでも皆さんの参考になれば幸いです。

牧されている肉牛についても、岡田さんに紹介していただきました(p.13-14)。ニホンザル、ツキノワグマやイノシシといった野生大型哺乳類等でも、個体群(集団)レベルで詳しい研究が実現すれば喜ばしいのですが、残念ながらそのようなことにはなっていません。岡田さんが研究を行っている小丸共同牧場の牛たちは、家畜ではあるものの、私は初めて見たほど自由闊達で幸せそうに自然の中に暮らしている牛たちで、野生動物の研究にも示唆を与える成果になるのではないかと期待しています。最初の特集で「小丸の子牛」として紹介した写真(Bears Japan Vol.13-3, p.5)はここで事故後に産まれたベコの子でした。避難地域や周辺では狩猟圧が低下して、イノシシやシカ等の個体群管理が課題になっていることは、堀野さんの経過報告でも紹介していただきました(p.9-10)。実際どうなのかは、気候変動や人間活動の変化も背景にあり、相対化し大局的に判断すると良いと思います。クマと同様、人間の力が相対的に低下しつつあるのも事実でしょう。阿武隈山地にシカがいないことは、とりあえず農業には幸いしていると思います。

表1. 筆者が論文や学会発表で目にした主な福島の野生生物等の研究

野生生物	生活型	環境	情報レベル	発表形式
ツキノワグマ	1	あ	A, C	c
イノシシ	1	あ	A, C	a, b, c, d
ニホンジカ	1	あ	B, C	b, c
ニホンザル	1	あ	B, C	a, b, c
ノネズミ	2	あ, (え)	B, C	b, c
ウグイス	2	あ	A, B, C	a, b, c, d
ツバメ	2	あ	C, E	a, b, c
フクロウ	2	あ	C, E	b
その他の鳥	2	あ	A, C	a, b, c
アユ	2	い, (え)	B, C, D	b, c
コイ	2	い	C	a, c
その他の魚	2	い, う	C	a, b, c
ヤマトシジミ	3	あ, え	B, C, D	a, b, c
ワタムシ2種	3	あ	B, C	a, b, c
その他の昆虫	3	あ	A	b, c
クモ類	3	あ	A, B	a, c
キノコ類	4	あ	C	c, d
モミ	4	あ	B, C	a
その他の植物	4	あ, (え)	A, C	b, c

1. 大型哺乳類(野生・家畜); 2. それ以外の脊椎動物; 3. 無脊椎動物; 4. 植物・菌類; 5. その他

あ, 陸上・空中; い, 淡水生; う, 海生; え, 実験室での研究

A. 生態(集団レベル以上); B. 形態(個体レベル); C. 生理(器官・組織レベル); D(DNA・遺伝子); E(その他)

a. 既往論文; b. 学会発表(口頭・ポスター); c. 研究会等発表(ウェブ等でプログラムや要旨が公表されている, JBN特集を含む); d. 書籍等

今特集では、空間線量のいちばん高い場所に放

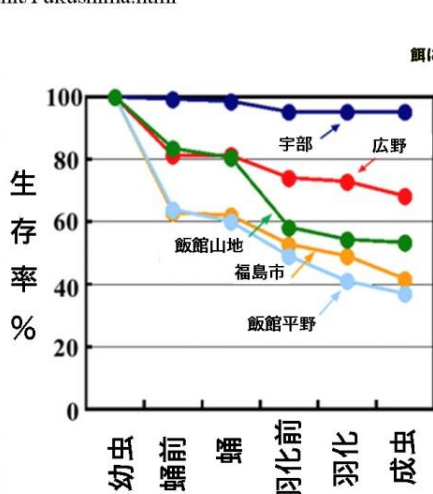
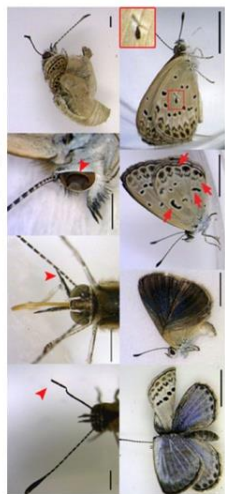
この3年間に、論文や学会発表などで公表された研究の他、多くの野生生物についての研究を目にしました(表1)。日本の研究者や市民は、熱心でマメだと感心しています。制約は多いものの、比較的自由に研究できる社会環境や経済条件が揃っていることは、幸いと言ってよいでしょう。一方で、突然に起きた巨大事故/事件なので、研究の準備ができていた野生生物研究者は一人もいません。国際的な放射線防護の機関やチェルノブイリで研究していた研究グループが駆けつけてくれました。ただし、彼らは日本の自然や生物について研究した経験はなく、理解が浅い面もあります。以下では、こうした研究の中から、4つの研究例の概要と課題を紹介します。後になってみないとわからないことも多く、筆者の理解不足や経験不足も大きいと申せます。特に、低線量内部被ばくのしくみは奥が深く、未解明の部分が引き続き多大に残っています。とても大きな課題で全部をよく理解はできていないことを前提に、お読みください。

1つめは、ご存知の方も多いでしょう。蝶のヤマトシジミです。ヤマトシジミは、本州以南の日本全国の主に低地にいます。食草のカタバミがあれば、街中も含めいろいろな場所にいるけれども、私の見た感じでは密度は高くありません。秩父で散歩がてら記録した方のブログ(p.8参考文献参照)を拝見すると、4kmの間に多い秋で200頭程までいることがあるそうです。琉球大学の大瀧丈二さんと学生さんたちは早くも2011年5月に調査を始め、羽田空港近くから順々に福島に向かってヤマトシジミを採取しました。

人の避難指示はなかった福島の4地点で、翅の紋様や触覚など目に見える異常のある個体が捕獲されました(図1)。現地では2011年春に比べて秋の方が異常個体が多くなっていました。捕獲個体を飼育して産卵させたところ、こうした変化は遺伝しました。現地では、2012年の秋には、異常個体をほとんど見かけなくなったそうです。

琉球大学・大瀧研究室のホームページから
<http://w3.u-ryukyuu.ac.jp/bcphunit/Fukushima.html>

確認のためのいろいろな実験が続けられている



また、沖縄産まれのヤマトシジミの幼虫を飼育して、福島で採取した汚染されたカタバミと山口県宇部で採取した放射能には汚染されていないカタバミを給餌したところ、汚染されたカタバミを食べたヤマトシジミは成虫の蝶になるまでに多く死亡しました(図1)。

ヤマトシジミの研究の特徴は、野生生物ながら「系代飼育実験」系が確立されていることです。大瀧さんはアメリカで研究し帰国してから、ヤマトシジミを研究対象として遺伝子の変化(進化)を研究してこられた方で、卵から孵して世代を継いで個体と遺伝子を追跡する技術を持っています。少数なら、一般の蝶好きの方でも卵から成虫まで育てることはできるようです。ツキノワグマや鳥に比べて、1年に数回の世代を繰り返し多数の個体を調べられるのは有利です。大瀧さんたちが2012年に発表された最初の論文(p.8参考文献参照)を読んで、私にも多くの疑問があり、解釈には慎重になりました。そのすぐ後に、日本生態学会での研究集会で大瀧さんやこの後2つ目に紹介する秋元さんと直接お話しして、疑問の一部は解けました。福島の汚染地域の状態やそこでの調査の苦労を私も経験しているので、事情を理解できることも多かったと言えます。一方、厳密な研究をする、細かい科学的な課題や疑問もそれに応じてまだまだ出てきて、疑問は増えています。

例えば、それまでの放射線生物学や放射線医学の「常識」では考えられない低レベルの被ばくで、個体や組織に表現形質の影響が現れることが示されています。高線量外部被ばく実験での成虫の半数致死率から、昆虫は哺乳類などに比べると放射線には強いと考えられていたことも否定されるような内容でした。今までに認識されていなかった、こういう小さい昆虫に作用する仕組みがあるのかもしれない。また、成虫と幼虫や蛹では受ける影響は異なる可能性があるとして以前から明記はされていますが、それを確認した研究はなかったようです。放射線は、生物の組織や細胞、分子に「吸収」されなければなんの作用もせず通過するだけです。吸収された後にも、多細胞生物であれば、遺伝子修復や細胞分裂など、個体を維持するためのしくみが働き、放射線的作用を打ち消します。放射性セシウムからはベータ線も出て、わずかな距離しか飛びませんが、生物体内に入れば近傍の細胞や分子に影響を与えます。その他、既知の生物学的知見に基づくと様々なしくみが働いていることが推測されます。それがいつどのように働くのかはまだ解明されておらず、ヤマトシジミの実験が改良されながら続けられています。

図1. ヤマトシジミの被曝実験結果。大瀧研究グループの公表されていたHPの掲示と論文(p.8参考文献参照)の図5から作成。左は実験下で羽化した成蝶における形態異常の例。異常が放射線の直接の影響かをより厳密に検証するための実験が続いている。

「線量に依存した生存率の低下が実験でも再現」
 沖縄産の飼育個体に各地のカタバミを給餌

以下は私の「憶測」です。蝶は「完全変態」の昆虫で、蛹の状態を経て成虫になります。幼虫から蛹、蛹から成虫になる過程では、蛹の殻の中では見た目には何も形のない粘性の高い液体のような状態になって、そこからあの素晴らしい蝶が発生してきます。蛹の時には、遺伝子（DNA）が活発に働き、作用しているはずですので、放射線の影響が低い確率で遺伝子に作用するとしても、作用が起きる全体の回数が多いので、どこかに結果を及ぼすような作用が起こる確率は低くないのかもしれませんが、そのようなことが起こりうるのかを、放射線医学の専門家に個人的に質問したところ、「あり得る」というお答えでした。同様のことは、ストロンチウムが骨髄に集まることによって、造血細胞に作用して白血病を発症させることにも通じると思われます。ヤマトシジミは幼虫または蛹で越冬しますので、事故後、現地の線量が最も高かった時期には幼虫または蛹でした。とはいえ、幼虫や蛹で越冬する昆虫は多数いますが、ヤマトシジミのような結果は、今のところ

報告されていないようです。秩父地方のヤマトシジミにおいても、翅の色彩や紋様が普通は見かけない様態の個体があり（前述の個人ブログより）、福島の子ヤマトシジミから明らかになった集団の遺伝子組成や放射線の感受性、DNAの変異を保存しやすい性質は、こうした観察結果に一役買っているのではないかと想像されます。以上、憶測の多い説明でした。なお、蝶類の生態を専門にしている知人に伺ったところでは、今のところヤマトシジミの生活史を調べた人はいないらしく、生命表などはないようです。一般に小型の昆虫の自然の中での成長期の死亡率は、放射線の実験で最も高かった値よりもさらに高いものです。形態が正常でない個体ほど生存率は低く、次世代を残す確率も低いので、2012年秋までに現地での異常個体率が大きく低下したことは納得できるでしょう。上記した秩父の例のように、探すと、簡単な飼育、観察記録は集まりそうです。ヤマトシジミの放射線被ばくについての研究は、新しい視点をつけ加える研究にさらに発展していくことも期待されます。

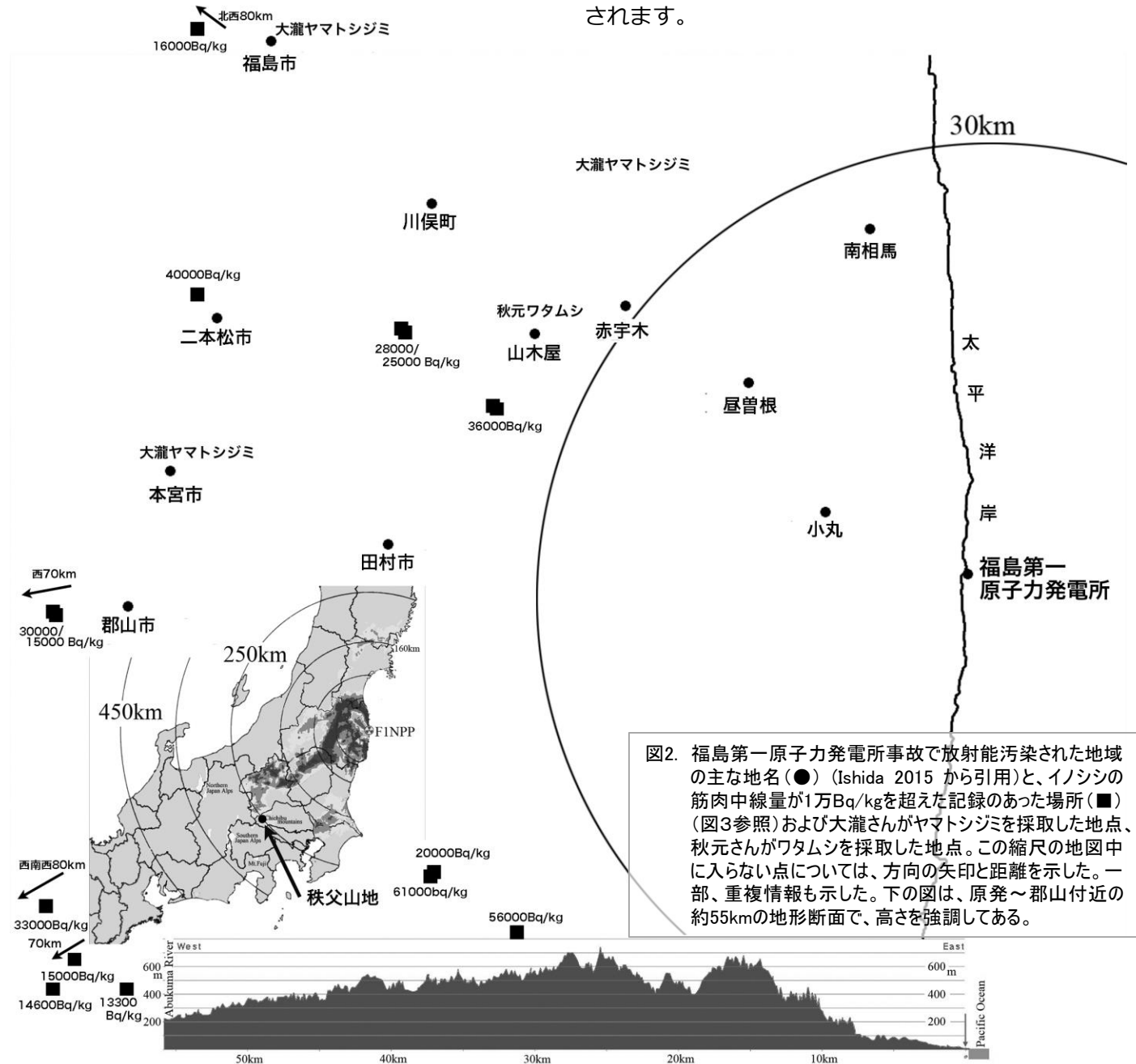


図2. 福島第一原子力発電所事故で放射能汚染された地域の主な地名(●) (Ishida 2015 から引用)と、イノシシの筋肉中線量が1万Bq/kgを超えた記録のあった場所(■) (図3参照)および大瀧さんがヤマトシジミを採取した地点、秋元さんがワタムシを採取した地点。この縮尺の地図中に入らない点については、方向の矢印と距離を示した。一部、重複情報も示した。下の図は、原発～郡山付近の約55kmの地形断面で、高さを強調してある。

2つめは、同じく昆虫の**ワタムシ**です。北海道大学の秋元信一さんが2012年6月から行った2種のワタムシ（アブラムシ、あるいはアリマキ）の研究です。川俣町山木屋（図2）周辺のハルニレの木から採取したワタムシ2種では、北海道などで秋元さんたちが以前に調べた場合よりも、多くの割合で、またより「重度」の異常個体が観察されました（p.8参考HP参照）。ワタムシは不完全変態の昆虫なので、卵から孵ったすぐ後から手足が生えていて、正常に発達せずに変形や余分な出っ張りが出るなどの変異が外見で確認しやすい特徴があるのが、ヤマトシジミとは異なる点です。また、採取して育てたワタムシの次世代には、その異常は遺伝しなかったそうです。

秋元さんの研究成果がなければ、ひよっとすると、今でも大瀧さんのヤマトシジミの実験にも何かの間違い（ミスコンダクト）が混じっているのではないかという私の疑問は払拭できないものももっと大きかったかもしれません。同様に不完全変態の昆虫であるカメムシ類をヨーロッパの原子力発電所の近辺で1万6千匹余採取して多くの奇形を記録した報告(Hesse-Honegge & Wallimann 2008)もあり、不完全変態の昆虫の一部では低線量でも低い確率で外部形態の変化を生じさせ、そのような個体が生存したり繁殖したりする現象もあると考えられます。多様な昆虫の中で、感受性や表現形質の特徴によって、見かけの変化の検出頻度の高いものも、一部にあることがわかります。

3つめは、植物の**モミ**です。国立環境研究所の渡辺嘉人さんたちが昨年論文発表されたもの（p.8参考HP参照）で、これは、国の調査事業として実施されている研究のようです。モミの枝の芽は毎年規則的に出て、過去の成長経過やその過程で成長が通常通りにいかなかった現象が枝の形に記録として残ります。事故前後の成長経過を枝の形でたどることによって、2011年ないしはその後の状況を知ることができるのは、有利な点です。結果として、高濃度に汚染された事故原発に近いほど、芽の成長が阻害されて正常に成長できなかった形の枝がはっきりと高い率で記録され、茨城県の調査地ではごく低確率でだけ出現したことが示されています。調査地である阿武隈山地はモミのまとまった分布としては北限に近いものの、原発の近くほど温暖な低地で（図2参照）、離れている場所ほど高標高で低温なので、温度の影響は考えにくいでしょう。また、広葉樹よりも針葉樹の方が放射線感受性が高いことも一般的に知られていると説明されています。私は、どちらかということも広葉樹のカシヤナラに親しみがあり、ドングリはクマにとっても大切な食物です。感受性は低いかもかもしれませんがカシヤナラも盛んに幹から出芽する性質がありますので、これからは、もう少し気をつけて見てみたいと思います。

4つめは、手前味噌ながら、自分の**ウグイス**の研究をご紹介します。ウグイスは全国調査をすると、ほぼ一番よく記録される鳥です。数があ

れば海岸から高山のお花畑までどこにもいて、福島でも線量の高い場所にも低い場所にも、人の避難の有無に関わらず、いろいろな景観で記録できます。なわばりを構えるオスが朝から夕方までよく囀り、日本人なら誰でも名前とホーホケキョの声で知っているのが、自動録音装置で鳴いていた期間が確認できたり、話を聞いてもらいやすかったりなど、有利な点の多い鳥です（石田 2012）。初鳴きの記録、生態や行動の研究など参照できる情報も比較的あります。私自身でも、1989年から秩父山地で（クマの調査と並行して）捕獲を始め、ずっと記録し続けてきた鳥で、比較できるデータや研究手法を持っていることが福島でウグイスを研究することにした決め手でした。2011年7月15日に公表されている中で最も高線量の赤宇木を直指して調査に出かけました。最初はコゲラも捕獲したいと試みたのですが、すぐに諦めました。制限や制約が多く、状況変化の激しい現場では、的を絞るのが賢明でした。

ウグイスについて大きくは2つの結果が、今のところ得られています。1つは、羽毛汚染です。事故前年の夏の終わりに新しく生え、どこか別の場所で越冬してから2011年の3月下旬（自動録音データから判断）～8月中旬の5か月間に被ばくした結果として、2011年の換羽直前で、最大で約500Bq/gのセシウムと一部銀の放射性物質が羽毛に確認されました（Ishida 2013）。羽毛汚染は、2012年にはおよそ5分の1の量に減り、2013年以降は検出頻度が低下しています。

私は、捕殺や筋肉の測定はしていませんが、事故原発から北西に約53km離れた伊達市小国で村上さんたち（2015）が2013年5月に捕獲した2羽のオスのウグイスでは、筋肉から569と838 Bq/kg（←単位に注意）の¹³⁷Csが検出されています。村上さんたちは羽毛の汚染強度は報告していませんが、小国は私の福島での調査地、赤宇木より降下線量は少なく、赤宇木でも2013年には羽毛の汚染強度は著しく低下していましたので、2011～2012年頃の赤宇木などのウグイスの筋肉中線量は、小国の数字よりもかなり高かったものと推測されます。なお、小国では、同年7月22日に捕獲されたウグイスの近縁のヤブサメのメスの筋肉から5850Bq/kgとより高濃度の¹³⁷Csが検出されており、春に渡来してきてからの被ばく期間の違いや、活動場所、食物を介しての内部被ばく、偶然など多くの環境要因が、鳥の被ばく量にも大きな変異を生じさせていることを示唆しています。

ウグイスの結果の2つめは、おできと、羽毛の脱落を伴う頭部の皮膚下黒変という症状が観察されたことです。おできは、国内外の動物病理専門家に写真を見てもらった所見としては、膿のたまった状態に見え、養生すれば治癒する可能性がある症状に見えるとのことでした。全体が腫瘍である可能性は発達する時間が足りないそうで、放射線の直接の影響の結果ではありません。福島では今のところ1例だけで、他には2006年の夏に和歌山県で捕獲された2個体のウグイスでも同様な症状が記録されています。秩父山地で私自身が捕

獲したウグイスの成鳥213個体中では（他種の1000個体余りでも）、触れてみたり外見を見てわかる症状は全く確認されていません。見た目ですぐわかる程度の症状としては、他の鳥も含めて今のところチェルノブイリ事故地域以外から、同様の情報は寄せられていません。脱羽のある頭部黒変は、2011年のおできの1個体と、2015年に高線量地点で捕獲した4個体で、いずれもオスに確認されました。そのうち1個体は、おできのあった個体が捕獲された同一地点で2013年に初めて捕獲されたオスの成鳥で、2015年までに5回、繰り返し捕獲されました。2014年までの3回の捕獲時には、症状は確認されず、2015年7月に皮膚の破れを伴って発症していました。皮膚の破れは、8月に捕獲した時には治癒していました。野生の同一個体についてのこのような継続観察は、報告としては唯一だと思えます。今後の観察結果が待たれるところです。捕獲したウグイスからは羽毛（主に尾羽）と血液試料を採取しています。2011年のおでき個体には血液原虫の1種（*Leucocytozoon sp.*）が寄生していたことも判明しています。血液塗抹の検鏡なども試みていますが、一筋縄ではいきません。以上、やや詳しく紹介した4種（ヤマトシジミ、ワタムシ、モミ、ウグイス）とも、福島で観察された類似の現象が部分的には他地方でも過去に起こっているらしいこと、福島で違いがあるとすると頻度の差である点も味噌だと思えます。いずれの研究結果も、次ページの参考リストのHP等にも詳しい説明や図版が掲載されていますので、ご覧ください。

これら4種のほかにも、河川のヤマメやため池のコイの器官の組織の変化やニホンザルの骨髄や血液性状の変化、イノシシの胃潰瘍など放射線が生理状態に作用している「かもしれない」という、野生生物の調査結果がいろいろ報告されつつあります。農作物と生物の体の放射線量については、さらに多くの記録があります。前回にもご紹介しましたように高線量に汚染されている阿武隈山地にはツキノワグマとニホンジカは生息していません。クマについては、ニホンミツバチの巣が襲われるなどしてときどき観察されることはあるものの、福島市付近で中通りの平地の東側の阿武隈山地の縁で目撃された記録が大部分です。一方、阿武隈山地が分布北限のイノシシは、全域で多数生息しており、避難指示で人の活動が低下していた時には頻りに目撃されました。狩猟圧が低下してイノシシの個体数と周辺での農業被害の増大が当初は懸念されましたが、今のところ、農業被害の深刻な他地域と福島の避難地域周辺の状況が著しく異なるという報告はありません。今では、昼間は除染作業などさまざまな人間活動があつて、ほんの一部の区域を除いては、以前より、おそらく事故前より騒々しいぐらいだと思われまふ。

地面を鼻で掘りかえすイノシシは、放射性セシウムが強く定着している土に直に、触れ

続けているので、筋肉や消化器が大型哺乳類の中では最も汚染されます。福島県が狩猟獣の食肉汚染を明らかにするために捕獲を奨励し捕獲されたイノシシの筋肉中の放射線量（ガンマ線）を測定した結果をHPで公表しています。前回同様にその結果を、事故後の時間経過の変化として図3に示しました。もっとも高い筋肉の汚染は、事故原発から南西に約50km離れた須賀川市や古殿町で事故の2年後に記録されていますが、北西に30km余り離れた二本松市東部でもそれに次ぐ高線量の個体が捕獲されています（図2）。環境線量が最も高い、私がウグイスを調査している区域でのイノシシの捕獲や検査は行われていませんので、これらの値は、実際のイノシシの体内濃度の中で特に高い値ではないと考えられます。ただ、イノシシがどのような範囲を移動するかにもよるでしょう。県の報告に含まれませんが、高汚染地帯の北側の飯館村の避難地域の農地で2012年に駆除した5個体では、筋肉中に1万5千~2万Bq/kgの線量が測定されており（Tanoi 2016）、他の高い測定値の個体と同様な汚染強度だったと言えます。また、2年目の2013年に最も高い個体が記録され、その後は小さい変動を見せながら徐々に低下しているようです。ツキノワグマの計測値は、西側の会津山地の試料の測定値になり、イノシシとは一桁低いレベルの汚染が、徐々に低下していることが見えます。ツキノワグマはイノシシやシカに比べて自然の中でも長寿の獣だと考えられ、冬眠する性質もあります。同じ個体の中で年齢や季節に伴って変化する経過も反映していると思われるので、そのようなクマの生態が捕獲個体の筋肉中の放射線量とどのような関係にあるかは、人の被ばくりスクにも示唆を与える基礎情報になり得るのでは

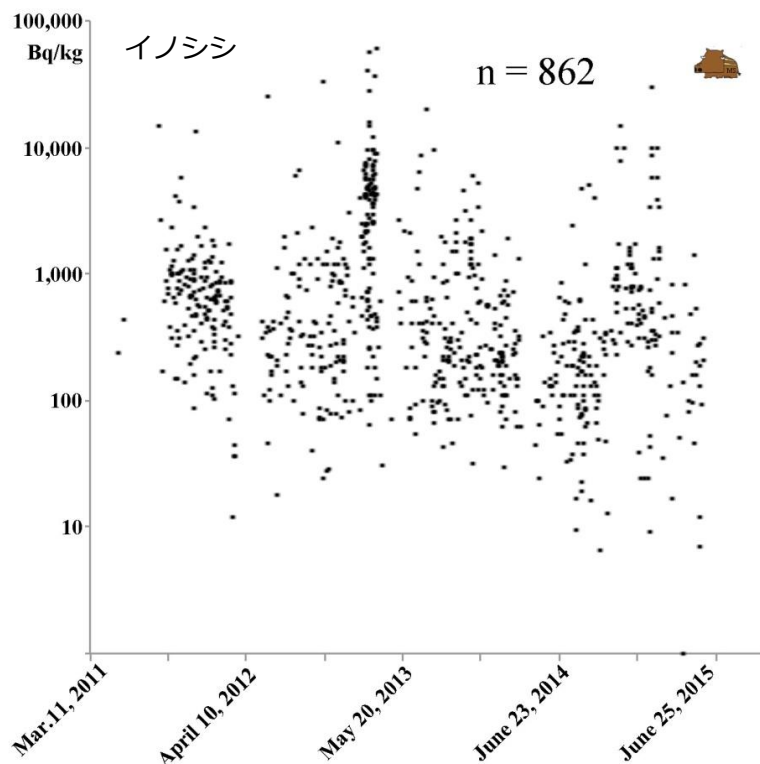


図3. イノシシとツキノワグマの筋肉中の放射性セシウム2種の合計線量経過日数（横軸）に従って捕獲日を示した。（集計の一部を、JBN会員の

ないかと思ひます。埼玉県が発表した結果では、少ない試料ながら、秩父市浦山のホットスポット周辺で捕獲されたシカとイノシシの筋肉中放射線量では、シカで2014年まで700Bq/kg程度までのやや高い値が1頭ずつあった反面、イノシシでは低レベルでした。キノコ等の食物を介しての動物への取り込みがあったのではないのでしょうか。

器官から組織、細胞、分子とレベルが下がる、よりミクロな現象においてほど、放射線の作用によって変化の起こっている確率は指数的に増大します。時間、空間を限定すればなお、ある意味で、調べれば何かあるのは当然とも推測されます。最初の特集から書いているように、実際に野生生物（個体群）や生態系、自然や人に何が本当に起こっているかを、知ることが大切で意味があると言え、低い確率で起こる重要なできごとを見逃さずに記録することができるか、が、私は鍵ではないかと考えています。

読んでいただく方たちの価値観がある程度限られる本誌向けに、誤解を恐れずに私見や無理のない範囲と思える憶測を一部交えて書きました。放射線そのものについては、物理学の明白な事実（科学における証拠、evidence）が揃っています。基本概念やグローバルフォールアウト等の背景になるできごとについては、中西友子著「土壌汚染」（NHKブックス）等を読んでください。本特集でも三浦さんにその一部を紹介していただきました（p.15）。その上で、世の中に氾濫している福島第一やチェルノブイリ事故の情報を、各人の価値観に基づいて判断していただくのがよいでしょう。野生生物については、国際放射線防護委員会（ICRP）の参照種（Reference Species）の概念が提唱されてきました。

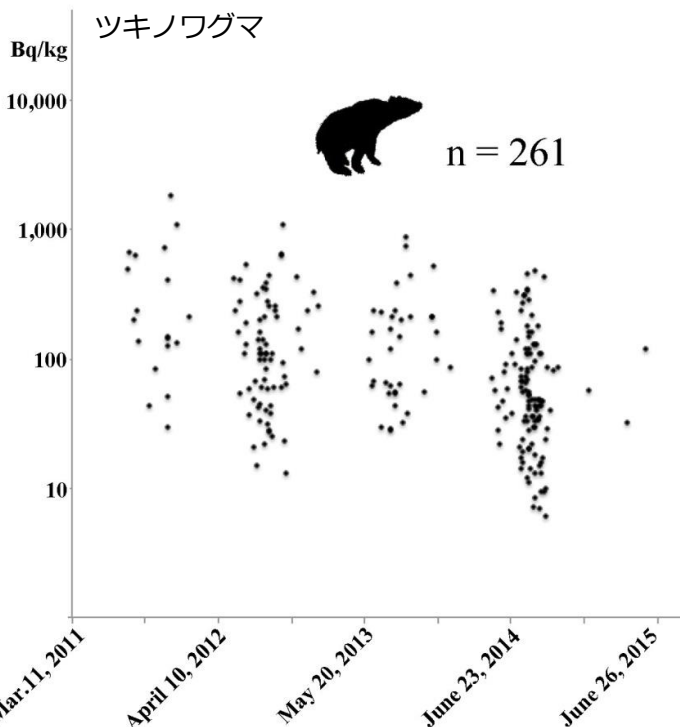
山田さんが紹介して下さった野ネズミ（p.11-12）については、多くの医学実験データもあります。一方、福島には独自の自然がありますし、自然生態系について理解するには別次元の研究や概念も重要です。山田さんの野ネズミやモグラの知見は、チェルノブイリでは確認されていない証拠を提示しつつあるように思われます。放射性物質は、1分子のエネルギーが大きく、一分子で測定するような概念です（小豆川 2016）。極めて低確率で局所的には確実に生物に作用する物理現象です。国際放射生態学連合（IUR）では、個体から個体群・生態系の理解へという考え方も発展させようとしています（IURのHP参照）。これは、個体から分子へもつながると私は思っています。私は、放射線について改めて学び、福島の現場で自分でも研究することによって、生息密度の低いツキノワグマについてかつて秩父山地で体験したのと似たようなことを追体験しました。今では、放射線を闇雲に怖いとは思いません。クマに時々逢う山奥を独りで不安なく歩き回れるのと同様、安心できるためには経験や客観的な情報は必要です。

■ 参考文献

- ・小豆川勝見(2016)現代化学: 22-25.
- ・Hesse-Honegge, C., Wallimann, P. (2008) *Chemist. Biodiv.* 5: 499-538.
- ・Hiyama, A. *et al.* (2012) *Sci. Rep.* DOI: 10.1038/srep00570
- ・石田健(2012)化学と生物 50 (11): 998-1002.
- ・石田健(2013)畜産の研究 67(1): 2-10.
- ・石田健(2013) *Bears Japan* 13 (3): 3-6.
- ・石田健 (2015) 学術の動向10月号: 38-45.
- ・Ishida, K.(2013) In: Nakanishi T.M., Tanoi K. eds., *Agricultural Implications of the Fukushima Nuclear Accident*, Springer: 119-130.
- ・Ishida, K.(2015) *J. Rad. Res.* 56 : i24-i28.
- ・村上正志・鈴木隆央・大手信人・石井伸昌 (2015) *日本鳥学会誌* 64(1): 55-61.
- ・中西友子 (2013) 土壌汚染, NHKブックス 1208.
- ・Tanoi, K.(2016) In: Nakanishi T.M., Tanoi K. eds., *Agricultural Implications of the Fukushima Nuclear Accident*, Springer: 99-106.

■ 参考HP

- ・文部科学省の放射線等に関する副読本掲載ページ http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/attach/1313004.htm
- ・福島県の野生動物の筋肉中放射線量の掲載ページ <http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/wildlife-radiationmonitoring1.html>
- ・琉球大学大瀧研究室のヤマトシジミのページ
英語論文の日本語解説や研究の進捗状況が読めます。
<http://w3.u-ryukyu.ac.jp/bcphunit/fukushimaproj.html>
- ・秩父のヤマトシジミ観察記録 <http://tefteff.exblog.jp/i20>
- ・北海道大学の秋元さんのワタムシに関する研究の和文要約 http://www.hokudai.ac.jp/news/140320_pr_agr.pdf
- ・国立環境研究所のモミの研究結果についての和文の紹介 <http://www.nirs.go.jp/information/event/report/2015/0828.shtml>
- ・筆者の本課題に関する情報ページ
東大農学部アグリコクーン・フォーラム6（放射線の農学）の講義資料などに、関連図表写真等を多数収録・公開してあります。
<http://forester.uf.a.u-tokyo.ac.jp/~ishiken/japanese/F1P/F1P.html>
- ・国際放射線生態学連合シンポジウムのページ
まもなく、最新の提言が出る。個体から個体群・生態系管理へ
<http://iur-uir.org/en/conferences/id-90-iur-consensus-symposium-2015-ecological-effects-of-radiation-on-populations-and-ecosystems>



の時間変化。1つの点が1個体の計測値（縦軸）を表し、事故発生後の遠藤陽子・春山明子・和田千代の各氏に手伝っていただきました。）