

# 野生動物の放射能汚染

森林総合研究所特任研究員 山田 文雄

## 1. はじめに

東日本大震災（2011年3月11日）による福島第一原子力発電所の事故によって、大気あるいは海洋に放出された放射性物質が、福島県を中心に広く放射能汚染を起こし5年を迎えようとしている。森林面積割合（68%）の高い福島県やその周辺地域では、陸域に放出された放射性物質の多くは森林に蓄積されている（図1）（中島ほか2014）。陸域の放射性物質のうち、人々の生活圏（住宅地や学校、農耕地など）では「除染」作業によって放射性物質の移動や処理が行われている。一方、森林はあまりにも面積が広大であり、放射性物質の沈着した土壌や植物などの除去により多量の廃棄物が生じ、また本来の森林生態系を壊してしまうため、さらには、放射性物質の多くは土壌表層に留まり、飛散や流出による生活圏への影響が少ないため、生活圏に影響のない森林は除染されない（環境省2015a）。

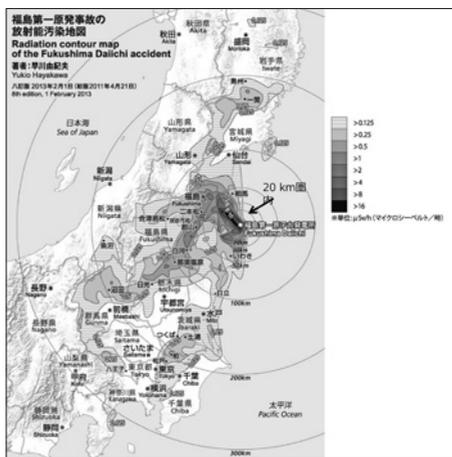


図1 福島県内や周辺地域における福島第一原発から放出された放射性セシウムの空間線量率の分布。(群馬大学早川由紀夫氏作成 URL: <http://blog-imgs-62-origin.fc2.com/k/i/p/kipuka/20130905103125552.jpg> 2016年1月確認)

このような放射性物質を沈着したままの森林に、陸生野生動物の多くは生息している。たとえば、野生哺乳類では、イノシシ、ニホンザル、ツキノワグマ、ニホンジカ、ノウサギ、ネズミ類、食虫類、コウモリ類などが放射性物質とともに生活している。

本稿では、まず、今回の事故による自然環境中の事故由来の放射性物質の新たな法的取り扱いを述べ、次いで事故直後から最近までの調査研究について概説し、また海外事例も紹介し、今後の課題を整理してみた。事故由来放射性物質と自然生態系や野生動物との関係について、現状と課題の理解の一助になれば幸いである。

## 2. 自然環境中における事故由来放射性物質の新たな法的取り扱い

事故による汚染後の対応として、2012年4月に「第四次環境基本計画」が策定され、これに伴い、同年6月に環境法制の基本法である「環境基本法」が改正され、環境省が事故由来放射性物質を担当することになった。従来、放射性物質は「原子力基本法」などの法律で対応されていたが、新設された「原子力規制庁」が環境省の外局に設置されたため所管が変更された。その後、2013年6月に「放射性物質による環境の汚染の防止のための関係法律の整備に関する法律」が公布され、環境省が放射性物質汚染による大気と水質の常時監視と、大気、水質および土壌の環境影響評価等を行うことになった。

一方、先述の人間の生活圏における放射性物質の除染対策については、「放射性物質汚染対処特措法」(2012年1月全面施行)によって対応されている。この特措法は施行3年後に見直しが予定されており、これに伴い関連する法規も見直される予定で、積極的な環境汚染防止のための措置が期待されている(安部2015)。

## 3. 野生生物の放射能汚染のモニタリング

### 1) 環境省による高線量地(帰還困難区域)の標準野生動植物の影響評価

上記の第四次環境基本計画では、放射線による野生動植物への影響の把握が必要とされている。この目的は、事故由来放射性物質の生物影響の発現を示

す放射線量の基準づくりのための指標生物と対象地域を定めることにある。

このため、国際放射線防護委員会（ICRP）の定めた12分類群の「標準動植物」（哺乳類のシカ、小型哺乳類のネズミ、水生鳥類のカモ、両生類のカエル、淡水魚のマス、海生魚のカレイ、陸生昆虫のハチ、海生甲殻類のカニ、陸生環形動物のミミズ、大型陸生植物のマツ、小型陸生植物の野草、および海藻の褐藻類）を参考にして、わが国の標準動植物が選定され、野生動植物を捕獲・採取し、分析が行われている。国際放射線防護委員会の影響把握の目的は、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、その生物への放射線影響を評価し、影響が発現する放射線量の基準をつくることにある。放射線影響評価としては、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。

環境省では、標準動植物の中で、哺乳類では主にネズミ類（アカネズミ、ヒメネズミおよびハツカネズミ）を中心とし、生物全体では44種を対象とし影響評価などが実施されている。なお、福島県の帰還困難区域には、シカの生息は認められていないために、シカは選定されていない。一方、生息するニホンザルは影

響評価の対象には含まれていない。また、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。

標準動植物のモニタリングの対象地域は、高線量地域の帰還困難区域とされ、原発から

表1 環境省による野生動植物への放射線影響調査の結果の事例

分類群	採取された生物	濃度 (Bq/kg 湿重)	
		最小値	最大値
哺乳類	アカネズミ	198	208,340
	ほかに3種、食虫類1種、ノウサギ1種	測定中	測定中
鳥類	ツバメ	不検出	1,411
	ほかにツバメの巣とキジ1種	測定中	測定中
両生類	ニホンアカガエル	28	322
爬虫類	ほかに4種	測定中	測定中
淡水魚類	フクドジョウ	281	835
	ほかに14種	測定中	測定中
無脊椎動物	ミミズ類	873	321,577
	ほかに7種	測定中	測定中
陸生植物	6種	測定中	測定中

資料：環境省(2015b)を改変

採取期間：2014年4～12月

採取地：帰還困難区域（富岡町、大熊町、双葉町および浪江町）と帰還困難区域外（いわき市、広野町および南相馬市）

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。

高線量地域の標準野生動植物のモニタリング調査は、2011 年以降毎年調査が行われ、結果は公表されている（表 1）（例えば、環境省 2015b）。調査地の空間線量率は、最大で  $60 \mu\text{ Sv/h}$ （マイクロシーベルト／時間<sup>\*</sup>）（2012 年 7 月測定）と極めて高い。国際放射線防護委員会は、各標準動植物に対し、放射線影響を判断するための目安として「誘導考慮参考レベル（mGy/d（ミリグレイ／日<sup>\*\*</sup>）」を示している。例えばネズミの誘導考慮参考レベルは  $0.1 \sim 1\text{mGy/d}$  とされ、それより一桁高い  $1 \sim 10\text{mGy/d}$  で繁殖率低下を起こす可能性があるとされている。この調査から、ネズミ類（アカネズミ、ヒメネズミおよびハタネズミ）や食虫類（ヒミズ）では、雌雄の生殖能力の低下により繁殖成功率を低下させる可能性や罹患率を上昇させる可能性を示す高い被曝線量率（内部被曝線量率と外部被曝線量率との合計）を示す個体が捕獲されている（環境省 2015b）。また、ツバメでも罹患率を上昇させる可能性や幼鳥の生存率減少による繁殖成功率を低下させる可能性を示唆する高い被曝線量率を示す個体が捕獲されている。

しかし、この調査において、2011 年以降に捕獲観察された野生動植物（哺乳類、鳥類、魚類、植物など）において、形態的变化は特に確認されていないという（環境省 2015c）。ところが、この調査の中の樹木のモミで、帰還困難区域内の空間線量率が高い地域ほど、形態変化を示すモミ個体の頻度の増加が、最近報告された（Watanabe et al. 2015）。モミの形態変化は事故翌年の 2012 年以降に発生頻度が顕著に増加する一方、2014 年には減少する傾向が認められ、放射線影響が形態変化を起こさせた可能性を示唆しているという。

## 2) 厚生労働省による食品としての野生生物の放射性物質の管理

食品中の放射性物質の管理の仕組みは、基準値の設定、検査体制および基

\* Sv（シーベルト）：ある生物が放射線照射を受けた時の被曝線量の単位。「線量当量」という。Sv/h は 1 時間あたりの被曝線量を示す。

\*\* Gy（グレイ）：放射線照射を受けた時に生物や生物組織が吸収したエネルギーを示す単位。「吸収線量」と呼ぶ。放射線の種類や照射対象の生物組織に応じて係数をかけて、上記の「線量当量」を算出する。

準値を上まわった場合の対応（回収、廃棄、出荷制限、摂取制限（「原子力災害対策特別措置法」に基づく指示））からなる。食品とは、飲料水、乳児用食品、牛乳および一般食品である。基準値は、事故直後には暫定規制値（例えば一般食品で500Bq/kg（ベクレル／キログラム<sup>\*\*\*</sup>））が適用されたが、2012年4月から長期的観点で下げられた（一般食品で100Bq/kg）。この値は、食品からの年間被曝線量の上限值1mSvを超過しないことをめざして、食品中に含まれる放射性物質の量が割り出されている。一般食品としては、農作物、畜産物、淡水産物および海産物が含まれ、事故由来放射性物質が土壌、淡水（河川・湖沼）および海水の経路を通じて、それぞれの食品に蓄積されるために対象とされる。対象自治体としては、福島県を中心に東北地方や関東地方などの17都県が対象とされる。

食肉にされる狩猟鳥獣の汚染状況について、自治体が事故直後から毎年継続的に調べており、食品中の放射性物質の蓄積濃度を公表している。これをみると、福島県だけでなく、周辺県などで広く汚染が広がり、また事故後4年を経過しても低下が未だ見られない動物もある（図2）。福島県のイノシシ肉（検査対象サンプルの最大値で1,400Bq/kg）、ツキノワグマ肉（480Bq/kg）、栃木県のイノシシ肉（260Bq/kg）、群馬県のニホンジカ肉（260Bq/kg）などの鳥獣肉が出荷制限を受けている（厚生労働省2015）。

このように、野生生物の汚染状況は、一部の食肉用狩猟鳥獣を通じてではあるが、広域に概観することができる。

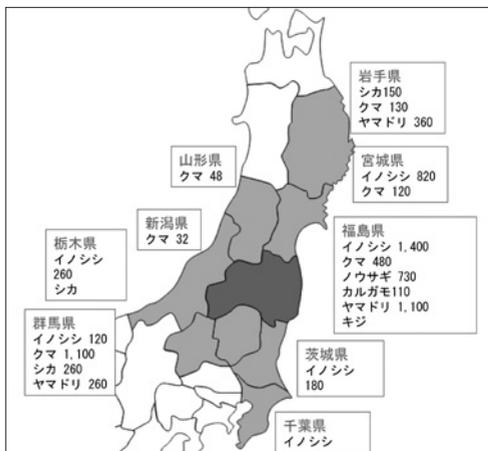


図2 2015年度における食肉用の狩猟鳥獣が出荷制限中の9県。数値は、2015年3月～12月に捕獲された狩猟鳥獣の検査対象サンプルにおける放射性セシウム量の最大値（厚生労働省（2015）を元に描く）

\*\*\* Bq（ベクレル）：放射性物質の量を示す単位で、放射性物質が1秒間に放射線を発する能力（放射能）を表す単位。Bq/kgなどのように、物質の単位重量あたりの量で示す。

しかし、食肉用狩猟鳥獣は、食肉安全基準に応じて出荷規制が発動されるために、狩猟者の狩猟意欲に反映され、より低線量地での捕獲にシフトするなどが起きる。このため、食品用の狩猟鳥獣の放射性物質の測定値は、線量測定されるサンプルが必ずしも無作為抽出でなく、サンプルの偏りや継続性などに問題があることに注意を要する（山田ほか 2013）。

### 3) 研究者ほかによる野生生物における調査研究

野生生物や生息環境に関する事故由来放射性物質の調査研究は、さまざまな研究者などによって、これまで4年間実施されている。事故直後は高線量地（主に、帰還困難区域）への立ち

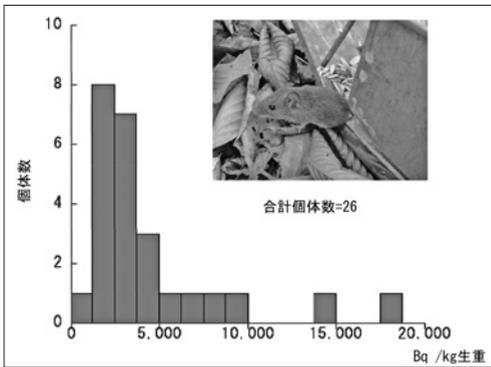


図3 中線量地（福島県川内村）における事故後半年（2011年10月）のアカネズミの体内の放射性セシウム濃度（山田ほか、未発表）

入りの許可が一般的には出なかったために、中線量地あるいは周辺地での調査研究が実施されてきた。基本的には、高線量地の調査研究は、先述の環境省の標準野生動植物の影響評価調査によって行われてきているが、現在は許可を得れば、一般の研究者などでも調査は可能である。このような状況で、昆虫類、魚類、鳥類、哺乳類などを対象とした調査研究が実施されてきている。また、影響評価研究も行われ、昆虫類、鳥類、哺乳類で形態や繁殖影響の結果が得られている。ここでは特に哺乳類での事例を紹介する。

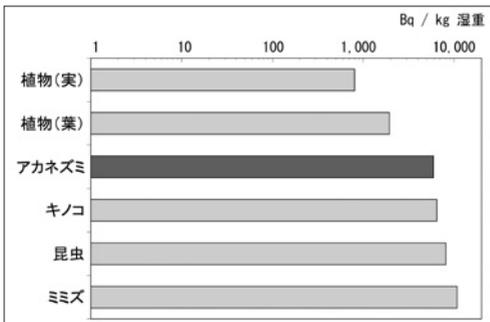


図4 アカネズミと餌における放射性セシウム濃度。（中線量地（福島県川内村）における事故後1.5年の数値に換算）（山田ほか、未発表）

ニホンザルでは、中線量地の福島市で捕獲された個体を対象に、筋肉中の放射性セシ

ウム濃度と血液学的検査が行われ、血球数や血色素濃度などが有意に低下していることが明らかになった (Ochiai et al. 2013)。特に若齢個体では白血球数と筋肉中セシウム濃度との間に有意な負の相関が認められ、白血球数の減少は何らかの放射性物質による影響が示唆されている。

一方、低線量地の栃木県のシカでは、放射性セシウムの筋肉中の蓄積が他の臓器に比べ最も高いが、さらに消化管内容物がそれらよりも高い値を示すことが報告されている (小金澤ほか, 2013)。経年的には、それらの値は減少傾向にあるという。

小型哺乳類では、中線量地や低線量地のネズミ類や食虫類の調査が行われており、比較的高い値がアカネズミやヒメネズミで認められている (山田ほか, 未発表)。アカネズミにおける高濃度蓄積の理由として、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すると考えられている。放射性セシウムはカリウムと同様に水溶性のために、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 (これを生物学的半減期と呼ぶ)。このため、生息環境の放射性物質濃度に近い濃度を反映すると考えられている。

#### 4. 現段階の事故由来放射能と野生生物の関係の理解

事故直後から最近までの4年間の調査研究の結果から、現段階の総括として次のように理解が示されている (Yoshida 2015)。「チェルノブイリで起きたような、例えばレッドフォレストのような壊滅的な被害 (放射性物質のためにマツが赤く枯れた現象) は、福島の場合起きていないが、影響の見られている生物種がいる。しかし、その影響は放射性物質によるかどうかの原因が現段階では不明である。線量評価の研究が開始され始めたが、影響の起きる線量としての線量効果は、生息地現場では被曝線量の観測、実験室などでは実験照射、さらに長期モニタリングでは低線量長期被曝の影響把握が必要である。このため、影響評価と原因解明が必要である。さらに、高線量地域や低線量地域における長期被曝の影響のモニタリングが必要である」とされている。

## 5. チェルノブイリの経験と教訓

チェルノブイリ原発事故の放射能研究の23年間のまとまった資料としては、国際原子力機関（IAEA）と世界保健機関（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、事故がおよぼした本当の影響についての論争が続いているために、国連などの機関や国際原子力機関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。この報告書は、環境影響と人の健康影響のうちの環境影響の部分である。この報告書の「第6章動植物に及ぼす放射線影響」で、小型哺乳類における影響の結論として、次の4点がまとめられている。1) 最高暴露地域（半径30kmの立ち入り禁止区域）では、急性悪影響を受け、死亡率の増加、繁殖喪失および放射線症候群が起き、数年間継続した。2) 最高暴露地域の外では、急性悪影響は認められなかった。3) 最高暴露地域の内外において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である。4) さらに監視とモニタリングが必要である。

この報告書発行の3年後の2009年に「調査報告チェルノブイリ被害の全貌」が発行されている（Yablokov et al. 2009）。この報告書の特徴として次のように紹介されている（崎山 2013）。「本書では、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使われている。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されている。また、これまで否定されてきた放射線による非がん性疾患の紹介もある。このような意味で、本書は大変貴重で、私たちの実生活に役立てたい報告書である」としている。

日本においても、事故由来放射能と私たちの生活や、放射性物質に汚染された野生生物や自然との付き合いは、チェルノブイリの経験からも、今後相

当長期にわたると認識する必要があるだろう。放射性物質のうち、多量に放出された放射性セシウム 137 の半減期は 30 年である。チェルノブイリの経験は教訓として参考になると思う。

## 6. 今後の課題

上記のとおり、福島第一原発事故に伴う事故由来放射性物質の自然環境に関する調査研究では、この4年間にわたり、高線量地における標準動植物モニタリングの総合的調査研究があり、さらに中線量地や低線量地および周辺地におけるさまざまな主体による調査研究が行われてきた。大地震や大津波、原発核燃料の溶融と大爆発、そして多量の放射性物質の放出が起き、未曾有の危機の大混乱の中で、取るものも取りあえざる状況で、これらの調査研究が続けられてきたと言える。今後は、中長期的視野の中で、調査研究の整理や再構築の検討が必要と考える。特に、野生生物や自然生態系の立場から見ると、次のような点への検討が必要と考える（山田ほか 2013）。

自然生態系の中の放射性物質の挙動や動態と影響評価としては、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、分類群や栄養段階の異なる分類群を含めた総合的な選定が必要と考える。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。中低線量地のモニタリングとしては、中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。野生動物への影響を検討するための、計画的で科学的なモニタリング調査が必要と考える。調査研究体制としては、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。

最後に、管理放棄地の野生動物の管理としては、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、狩猟を含む野生動物の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<sup>あつれき</sup>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（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。

## 7. おわりに

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、自国の研究や西側諸国での研究が体系的で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。放射能と野生動物の問題に限ってみても、環境中に放出された放射能を理解し、影響を最小限にとどめ、消え去るまで安全に管理し、また広大な人間活動の空白地帯の管理という課題が求められている。

### 〔引用文献〕

- 安部慶三（2015）放射性物質による環境汚染防止に関する法制度の現状と課題—放射性物質汚染対処特措法を中心として—。立法と調査、360: 146-152.
- 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](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）、263pp. <http://www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/kiroku/3-250325.pdf>
- 環境省（2015a）環境省の取り組み 森林の除染について。 <https://josen.env.go.jp/about/efforts/forest.html>（2016年1月確認）
- 環境省（2015b）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。 [http://www.env.go.jp/jishin/monitoring/results\\_wl\\_d150219.pdf](http://www.env.go.jp/jishin/monitoring/results_wl_d150219.pdf)（2016年1月確認）
- 環境省（2015c）野生動植物への放射線影響に関する論文掲載について（お知らせ）。 [http://www.env.go.jp/jishin/monitoring/results\\_wl\\_d150828.pdf](http://www.env.go.jp/jishin/monitoring/results_wl_d150828.pdf)（2016年1月確認）
- 小澤正昭・田村宜格・奥田圭・福井えみ子（2013）栃木県奥日光および足尾地域のニホンジカにおける放射性セシウムの体内蓄積。森林立地 55（2）99～104.
- 厚生労働省（2015）食品中の放射性物質の検査、出荷制限・摂取制限。 <http://www.mhlw.go.jp/>

- shinsai\_jouhou/shokuhin.html (2016年1月確認)
- 中島映至・大原利眞・植松光夫・恩田裕一編 (2014) 原発事故環境汚染 福島第一原発事故の地球科学的側面. 東京大学出版会.
- Ochiai, K. et al. (2013) Low blood cell counts in wild Japanese monkeys after the Fukushima Daiichi nuclear disaster. SCIENTIFIC REPORTS 4: 5793 | DOI: 10.1038/srep05793.
- 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](http://takasas.main.jp/tushin_087.php#a) (2016年1月確認)
- 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」(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, 296pp.
- 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.
- Yoshida, S. (2015) International research needs for the effects of radiation on non-human biota and ecosystems. IWMC2015 Abstracts: P. 133.
- Watanabe, Y., S. Ichikawa, M. Kubota, J. Hoshino, Y. Kubota, K. Maruyama, S. Fuma, I. Kawaguchi, V. I. Yoschenko and S. Yoshida. (2015) Morphological defects in native Japanese fir trees around the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. Scientific Reports, DOI: 10.1038/srep13232.



山田 文雄 (やまだ・ふみお)

国立研究開発法人 森林総合研究所特任研究員。農学博士。九州大学大学院農学研究科博士課程単位取得退学。専門は野生動物保護管理学。希少種保全や外来種対策、野生生物の化学物質などを研究。「奄美・琉球」世界自然遺産候補地科学委員会委員、環境省の希少種や外来種の検討委員、IUCN（国際自然保護連合）種の保存委員会の委員。1953年生まれ。

---