

2. きのか原木に関する現状と課題

(1) 移行係数に関する既存の知見について

福島第一原子力発電所の事故後、最初の原木から子実体への放射性物質の移行係数の調査は、平成 23 年度¹（2011～2012 年）及び平成 24 年度（2012 年）²に行われた。平成 23 年度調査では 48 検体、24 年度では 66 検体、合計で 114 検体で移行係数が調査され、対数正規分布、95 パーセンタイルで移行係数が 2 になるということで、当面「2」となり、厚生労働省が定める一般食品の放射性物質基準値 100Bq/kg に照らし原木の放射性物質濃度の当面の指標値が 50Bq/kg に定められた。

以後、移行係数は最大 2 として運用されてきたが、2014～2015 年頃から、移行係数が 2 よりも高くなっているとする研究結果や、生産者からの意見がみられるようになった。

現在までに得られている知見から、移行係数が 2 より高くなる要因としては、子実体がほだ木のどの部位からセシウムを吸収しているのかが重要なポイントであると考えられる。すなわち外側の樹皮ではなく、内側の材、形成層から放射性セシウムが吸収されているのではないかと考えられる。原発事故直後のコナラは、事故による空中からの降下によって直接放射性セシウムを浴び、樹皮における濃度が最も高くなっていた。しかし、時間が経過し、根を介して材にセシウムが移行する、樹皮のセシウムが徐々に風雨にさらされて地表に流れ落ちるなどにより、樹体内のセシウム濃度の分布が変わり、樹皮よりも材の中のセシウム濃度が事故直後より高くなったと考えられる。このように、原木内のセシウムの動態の経年変化により、結果的に子実体内のセシウム濃度が高くなることで、移行係数も見かけ上は事故直後より高くなってしまっているのではないかと考えられる。

背景としては、いくつかの研究で、原木の樹皮ではなく、材など内部組織のセシウム濃度としいたけのセシウム濃度の相関が高いことが示されている点が挙げられる。また、事故直

¹ 平成 23 年度安全な「きのか原木」の安定供給対策事業報告書」平成 24 年 2 月、森林総合研究所)

² 平成 24 年度特用林産物安全供給推進事業 きのか原木等の安定供給対策事業（きのか原木等の放射性物質調査）」平成 25 年 3 月 日本特用林産振興会

後は樹皮の表面を機械洗浄することにより子実体の濃度を低下させる効果が得られたが、事故から年数が経つごとに、あまり影響しないとの報告がある。³

また、移行係数に影響を及ぼす要因について、いくつかの論文で検討は行われているが、そのメカニズムについて明確な回答を提示しているものはない。

イネなどの植物では、土壌の交換性カリウムが移行係数に影響を与えているとする報告があるが、きのこについても、材中のカリウムなどの養分が移行係数に影響を及ぼし、カリウムが多いほうがセシウムを吸収しにくいとする研究結果もある。しかしながら、その他の細かい要因については、十分に検証されていないというのが現状である。

原木しいたけ栽培をする際は、施設内で、外からの汚染の影響を受けにくい場所で栽培する方法と、野外の森林内に原木を置いて栽培する露地栽培の 2 つの方法がある。そのような栽培方法の違いによっても放射性セシウムの吸収についての結果が異なることが報告されている。露地栽培は森林の中で栽培するため、外的要因からの二次汚染が起き、子実体内のセシウム濃度が高くなる傾向がある。例えば、セシウム濃度が低い原木を仕入れて栽培しても、二次汚染によって子実体内にセシウムが検出されるという結果も報告されている。ただし、その場合であっても震災から 10 年という時間の経過とともに二次汚染の程度は弱くなってきていることを示す報告もある。³

移行係数については、指標値を 50Bq/kg に設定した平成 24 年度以降も現在に至るまで都道府県立試験研究機関等において様々な条件が異なる中で 10 検体、20 検体程度調査を行った例があるが、広範な地域を対象とした指標値の検証を目的に行われたものはない。また、樹体内のセシウムの移行メカニズムについても十分に検証できていないのが現状といえる。以下に、移行係数に関して収集した文献をカテゴリー別に示す。原文は別冊の通り。

³ 「森林の放射線生態学—福島森を考える」橋本昌司、小松雅史著、三浦 覚執筆協力 (2021 年 03 月、丸善出版)

[移行係数]

- Hiraide, Masakazu. 「Factors Affecting the Cesium Transfer Factor to Shiitake (*Lentinula Edodes*) Cultivated in Sawdust Medium」. *Journal of Wood Science* 67, no. 1 (2021 年 12 月): 17. <https://doi.org/10.1186/s10086-021-01949-9>.
- O'Brien, Martin, Masakazu Hiraide, Yoshimi Ohmae, Naoto Nihei, Satoru Miura と Keitaro Tanoi. 「Efficient Sampling of Shiitake-Inoculated Oak Logs to Determine the Log-to-Mushroom Transfer Factor of Stable Cesium」. *PeerJ* 7 (2019 年 10 月 24 日): e7825. <https://doi.org/10.7717/peerj.7825>.
- Tsuchiyama, Tomoyuki, Hitoshi Miyazaki, Hisaya Terada と Masahiro Nakajima. 「Observed distribution of radiocaesium contamination in shiitake lots and variability of test results」. *Food Additives & Contaminants: Part A* 32, no. 2 (2015 年 2 月): 205–13. <https://doi.org/10.1080/19440049.2014.990996>.
- Weller, Anica, Dorian Zok と Georg Steinhauser. 「Uptake and Elemental Distribution of Radiosilver ^{108}mAg and Radiocesium ^{137}Cs in Shiitake Mushrooms (*Lentinula Edodes*)」. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 322, no. 3 (2019 年 12 月 1 日): 1761–69. <https://doi.org/10.1007/s10967-019-06778-1>.
- 岩澤勝巳. 「ほだ木各部位とシイタケとの放射性セシウム濃度の関係及び育成期間による影響」. *関東森林研究* 68, no. 2 (2017 年): 157–60.
- 坂内忠明, 吉田聡と村松康行. 「キノコへの放射性核種の移行に関する培養実験」. *Radioisotopes* 43 (1994 年): 77–82.
- 三宅定明, 日笠司, 浦辺研一, 原口雅人, 大村外志隆. 「栽培キノコ及び培地中における放射性セシウム濃度」. *Radioisotopes* 57, no. 12 (2008 年 12 月): 753–57. <https://doi.org/10.3769/radioisotopes.57.753>
- 杉本恵里子, 石川洋一, 今井芳典と大橋洋二. 「ほだ木中の放射性セシウム分布と移行係数」. *日本きのこ学会大会要旨* 20 (2016 年): 1B11.
- 相場幸敏, 橘田美香と降矢郁美. 「原木シイタケにおける移行係数の不確実性について」. *日本きのこ学会大会要旨*, 2012 年.

[移行メカニズム]

- Hiraide, Masakazu, Masahide Sunagawa, Hitoshi Neda, Nur Humaira' Lau bt. Abdullah, Satoshi Yoshida. 「Reducing radioactive cesium transfer from sawdust media to Pleurotus ostreatus fruiting bodies」. Journal of Wood Science 61, no. 4 (2015 年 8 月): 420–30. <https://doi.org/10.1007/s10086-015-1483-x>.
- Niimura, Nobuo, Kenji Kikuchi, Ninh Duc Tuyen, Masakazu Komatsuzaki と Yoshinobu Motohashi. 「Physical Properties, Structure, and Shape of Radioactive Cs from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident Derived from Soil, Bamboo and Shiitake Mushroom Measurements」. Journal of Environmental Radioactivity 139 (2015 年 1 月): 234–39. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2013.12.020>.
- Ohnuki, Toshihiko, Yukitoshi Aiba, Fuminori Sakamoto, Naofumi Kozai, Tadafumi Niizato と Yoshito Sasaki. 「Direct Accumulation Pathway of Radioactive Cesium to Fruit-Bodies of Edible Mushroom from Contaminated Wood Logs」. Scientific Reports 6, no. 1 (2016 年 7 月 19 日): 29866. <https://doi.org/10.1038/srep29866>.
- 岩澤勝巳. 「シイタケの傘の直径及び開き具合による放射性セシウム濃度、存在量の違い」. 日本きのこ学会大会要旨, 2015 年.
- 岩澤勝巳. 「シイタケ原木栽培における放射性セシウムの移行特性」. 日本きのこ学会大会要旨, 2014 年, 2012.
- 成松眞樹. 「完熟菌床を用いた a0 層からシイタケ菌床へのセシウム 137 移行経路の推定」. 日本きのこ学会誌 25, no. 2 (2017 年): 59–65. https://doi.org/10.24465/msb.25.2_59.

[原木判定]

- 加賀谷美佳, 片桐秀明, 榎本良治, 山口晶子, 石川洋一, 平出政和, 村石浩, ほか. 「低線量環境下での原木シイタケ栽培用ホダ木の放射能濃度の屋外検査用スクリーニング装置」. Radioisotopes 68, no. 5 (2019 年): 305 – 15. <https://doi.org/10.3769/radioisotopes.68.305>.
- 石川洋一, 杉本恵里子, 今井芳典, 福井陸夫. 「放射能汚染地域内で生産された原木の使用適否判定方法の適合性」. 日本きのこ学会誌 25, no. 4 (2017 年): 145–49. https://doi.org/10.24465/msb.25.4_145.

[社会影響]

- ・横山達也, 草処基, 千年篤. 「福島第一原子力発電所事故の阿武隈山系原木椎茸経営への損害とその賠償」. 農業経済研究 90, no. 1 (2018 年): 59 – 64. <https://doi.org/10.11472/nokei.90.59>.
- ・藤原遥. 「福島原発事故 10 年, 環境政策の視点から問う森林汚染対策」. 環境経済・政策研究 14, no. 2 (2021 年): 68–71. https://doi.org/10.14927/reeps.14.2_68.

[モニタリング]

- ・Tagami, Keiko, Shigeo Uchida と Nobuyoshi Ishii. 「Effects of indoor and outdoor cultivation conditions on 137 Cs concentrations in cultivated mushrooms produced after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident」. Journal of the Science of Food and Agriculture 97, no. 2 (2017 年 1 月): 600–605. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7771>.
- ・八戸真弓, 濱松潮香, 川本伸一. 「国内農畜水産物の放射性セシウム汚染の年次推移と加工・調理での放射性セシウム動態研究の現状」. 日本食品科学工学会誌 62, no. 1 (2015 年): 1–26. <https://doi.org/10.3136/nskkk.62.1>.
- ・山浦由郎. 「放射能と野生キノコ」. 長野女子短期大学研究紀要 14 (2016 年 3 月 15 日): 45–48.

[追加汚染・汚染対策]

- ・根田仁. 「きのこの汚染と対策」. 森林科学 72 (2014 年): 13 – 16. https://doi.org/10.11519/jjsk.72.0_13.
- ・岩澤勝巳. 「放射性セシウム濃度の低い原木シイタケを生産するために」. 千葉県農林水産技術会議技術指導資料. 千葉県農林総合研究センター, 2016 年 3 月. <https://www.pref.chiba.lg.jp/lab-nourin/nourin/gijututaikei.html>.
- ・成松眞樹. 「岩手県における原木しいたけ栽培の放射性物質対策」. 森林科学 82 (2018 年): 40–43. https://doi.org/10.11519/jjsk.82.0_40.
- ・羽山恵子, 今関達治, 遠藤良太, 岩澤勝巳. 「千葉県君津市, 富津市のシイタケほだ場におけるほだ木放射性セシウム濃度の 1 年後の変化」. 関東森林研究 65-1(2014 年): 141–142.

- ・岩澤勝巳. 「放射性物質に汚染されたシイタケほだ場における伏せ込み方法別のほだ木の放射性セシウム濃度の変化」. 日本森林学会大会 2. (2014 年)

[海外]

- ・ Lee, S. H., J. S. Oh, K. B. Lee, J. M. Lee, S. H. Hwang, M. K. Lee, E. H. Kwon, ほか. 「Evaluation of Abundance of Artificial Radionuclides in Food Products in South Korea and Sources」. *Journal of Environmental Radioactivity* 184–185 (2018 年 4 月): 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.01.008>.

[調理]

- ・鍋師裕美, 堤智昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子. 「乾しいたけの水戻しおよび牛肉の加熱調理による放射性セシウム量の変化」. *食品衛生学雑誌* 54, no. 1 (2013 年): 65–70. <https://doi.org/10.3358/shokueishi.54.65>.
- ・鍋師裕美, 堤智昭, 植草義徳, 松田りえ子, 穂山浩, 手島玲子, 蜂須賀暁子, ほか. 「調理による牛肉・山菜類・果実類の放射性セシウム濃度及び総量の変化 Effects of Cooking Process on the Changes of Concentration and Total Amount of Radioactive Caesium in Beef, Wild Plants and Fruits」. *Radioisotopes* 65, no. 2 (2016 年): 45–58. <https://doi.org/10.3769/radioisotopes.65.45>.

[震災前]

- ・ Abukawa, Johji, Chiyo Tsubuku, Kazuhiko Hayano, Kemmei Hirano. 「A Survey of ^{90}Sr and ^{137}Cs Activity Levels of Retail Foods in Japan」. *Journal of Environmental Radioactivity* 41, no. 3 (1998 年 12 月): 287–305. [https://doi.org/10.1016/S0265-931X\(98\)00003-4](https://doi.org/10.1016/S0265-931X(98)00003-4).
- ・ Shimizu Masami, Ikuro Anzai. 「Concentration of ^{137}Cs in dried *Lentinula edodes* (Shiitake) as an indicator of environmental contamination」. *Journal of Oral Science* 43, no. 2 (2001 年): 145–49. <https://doi.org/10.2334/josnusd.43.145>.
- ・ Shimizu Masami, Ikuro Anzai, Masahiro Fukushi, Yoshiyuki Nyuui. 「A Study on the Prefectural Distribution of Radioactive Cesium Concentrations in Dried *Lentinula edodes* (Shiitake) Produced in Japan」. *Radioisotopes* 46, no. 5 (1997 年): 272–80.

<https://doi.org/10.3769/radioisotopes.46.272>.

また、県の研究機関による移行係数に関する収集した報告及び概要について以下に示す。
原文は別冊の通り。

[福島県] 令和2年度業務報告

(2) 震災原発事故関連課題

②県産きのこの放射性物質汚染低減対策

- ・ 原木シイタケに被覆材をかぶせると発生するシイタケのセシウム 137 濃度が低下することが示された。被覆材は直接接触させない方が濃度が低下した
- ・ 原木ナメコ栽培では客土の濃度と子実体のセシウム 137 濃度に相関が認められた
- ・ 追加汚染の影響をみるため空間線量の高い地点で原木を模したフィルターを設置したところ、フィルター上部・中部・下部ともにセシウム 137 濃度が増加した。
- ・ 3 地点で得られた原木を使って移行係数を調べたところ、シイタケのセシウム 137 濃度は辺材の濃度と相関が高く、辺材のセシウム 137 分布割合が多いほど移行係数は高くなる傾向が認められた。

[栃木県] 平成 29 年度課題概要

シイタケ原木栽培における放射性物質の影響に関する研究（放射能汚染地域におけるシイタケ原木林の利用再開・再生技術の開発）

- ・ 可搬型検査装置を作成し、利用可能な原木林の判定法を開発した。
- ・ 非破壊検査装置でセシウム 137 濃度を測定した原木シイタケの栽培試験を行ったところ、移行係数の平均は 1.26 であった
- ・ 露地栽培試験で防草シートを敷設したところ、樹皮の濃度は敷設区で増加したが、子実体の濃度は影響がなかった。

[岩手県] 成松・高橋 研究報告

岩手県南部のホダ場における A0 層の除去が、移設 4 か月後のホダ木の放射性セシウムの放射能濃度に及ぼす影響

- ・2012年に4ヶ月林地に設置したほだ木は設置前よりセシウム137濃度が増加した。
- ・特にほだ木下部の濃度上昇傾向が認められた
- ・A0層除去でほだ木の濃度上昇が抑えられる傾向が認められたが、一方でA層の付着による追加汚染による再汚染も示唆された。

[宮城県] しいたけ原木林放射性物質調査-県 HP

しいたけ原木林放射性物質現況調査の結果について

- ・R2年度75箇所の原木林で原木のセシウム濃度を測定した。
- ・60%が指標値以下で平成26,29年の調査よりも濃度低下傾向が認められた。

[茨城県] R2年度業務報告

5. 農林水産物モニタリング強化事業（きのこ・山菜類関係）

- ・平成28年に施肥した広葉樹林の当年枝を改めて測定したらセシウム濃度の低下が認められた（セシウム137としてどの程度かは不明）
- ・センター構内で露地栽培したシイタケの移行係数(n=24)は 2.43 ± 1.14 で95%タイル値は4.30であった。

[群馬県] 平成30年度業務報告

きのこ原木林再生技術の開発

- ・平成30年に0.6haの広葉樹林で20の元玉と末玉のセシウム濃度を調べたところ、元玉より末玉が高い傾向が認められた
- ・個体の濃度は伐採地点によって偏りが認められた

(2) 原木きのこ及びきのこ原木等の生産・流通の実態について

原木きのこ及びきのこ原木等の生産・流通の実態を把握するため、原木しいたけ生産者団体及び17都県の委員会オブザーバーの協力を得て、原木しいたけ生産者を対象にアンケート調査を行った。質問項目は原木の調達方法、原木の放射性物質濃度の測定状況、使用している種菌の種類、放射性物質の影響を排除するために栽培に関して留意している点などとした。

原木しいたけ栽培に関するアンケート

日本特用林産振興会

Q1 栽培形態について当てはまるものに○を付けてください。〔全員回答〕

- ①露地栽培 ②施設内にて全て栽培 ③発生のみ施設内

Q2 購入した原木の放射性物質濃度をご自身で確認されていますか？〔全員回答〕

- ①購入していない ②必ず確認している ③時々確認している
④確認していない→ Q6へ
⑤その他 ()

Q3 自伐した原木の放射性物質濃度をご自身で検査されていますか？〔全員回答〕

- ①自伐していない ②必ず検査している ③時々検査している
④検査していない→ Q6へ
⑤その他 ()

Q4 放射性物質濃度の対象としている物質は何ですか？ 該当するものに○を付けて下さい。

- ①セシウム 134 ②セシウム 137 ③セシウム 134 とセシウム 137 の合計値
④その他 ()

Q5 実際に使用している原木の放射性物質濃度はどれくらいですか？〔全員回答〕

当てはまるものすべてに○をつけて下さい。

- ①0～10Bq/kg 未満 ②10～15Bq/kg 未満 ③15～20Bq/kg 未満
④20～25Bq/kg 未満 ⑤25～30Bq/kg 未満 ⑥30～35Bq/kg 未満
⑦35～40Bq/kg 未満 ⑧40～45Bq/kg 未満 ⑨45～50Bq/kg 未満
⑩50Bq/kg 以下 ⑪その他 ()

→ Q8へ進んで下さい。

Q6 原木の放射性物質濃度を確認・検査しない理由は何ですか？

当てはまるものすべてに○を付けて下さい。

- ①安全な原木林から取ったものだから → Q7へ ②検査費用が高額だから
③信頼できる業者から購入しているから ④その他 ()

⇒裏面に続きます

Q 7 安全な原木林だと判断される理由は何ですか？ 当てはまるものすべてに○を付けて下さい。

- ①県や市町村などの行政による検査の結果 ②10ha 当たり 3 本の立木を測った結果
③空間線量率を測った結果 ④その他 ()

Q 8 栽培している品種を植菌数の多い順に記載して下さい(全員回答)

- ① (メーカー名:) 種菌名:)
② (メーカー名:) 種菌名:)
③ (メーカー名:) 種菌名:)
④ (メーカー名:) 種菌名:)
⑤ (メーカー名:) 種菌名:)
⑥ (メーカー名:) 種菌名:)

Q 9 これまでに国の指標値である 50Bq/kg 以下の原木を使って、100Bq/kg を超えるしいたけが発生したことはありますか？(全員回答)

- ①ある→ Q10 へ ②ない→ Q 11 へ

Q 10 100Bq/kg を超えるしいたけが発生した時、栽培に使用した原木の放射性物質濃度の最高値はいくつでしたか？

- 原木の放射性物質濃度 (Bq/kg)
しいたけの放射性物質濃度 (Bq/kg)

Q 11 放射性物質対策に関する栽培管理のうち、最も重要視していることは何ですか。(全員回答)
()

Q 12 その他ご意見等ございましたらご記入下さい。
()

ご協力ありがとうございました。

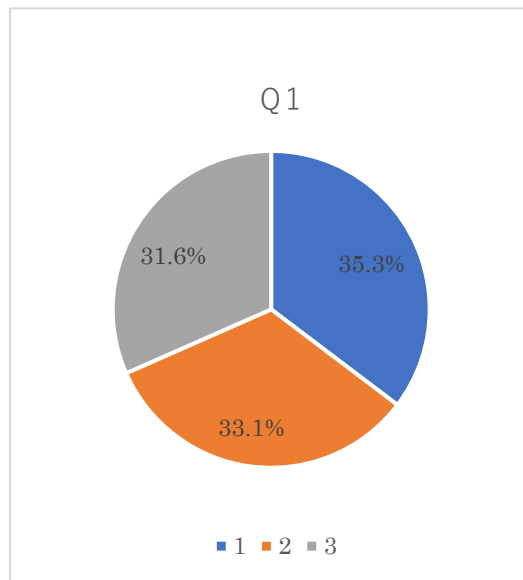
①集計結果

有効回答数

生産者団体経由	92
都県経由	157
計	249

Q1 栽培形態について当てはまるものに○を付けてください。〔全員回答〕 n = 269

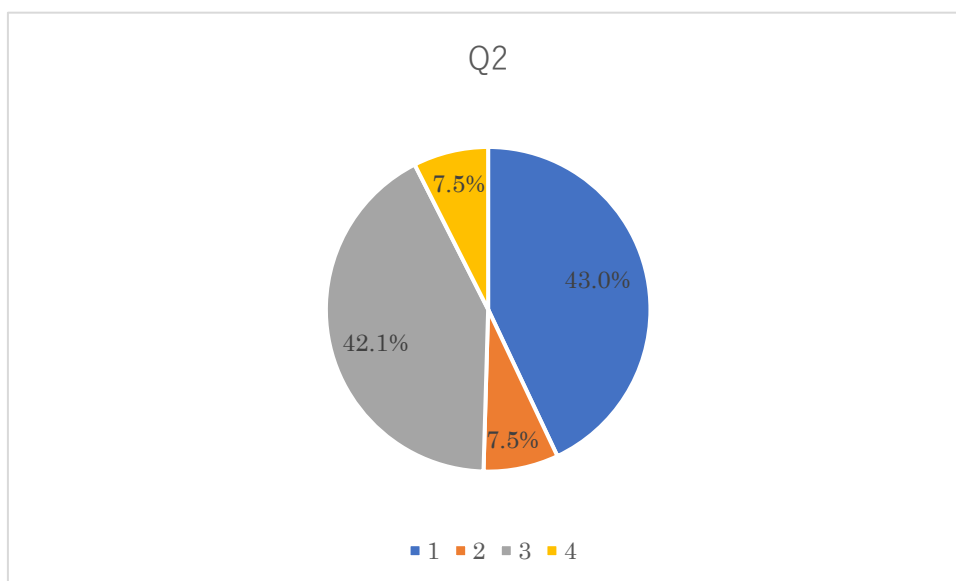
- ①露地栽培 ②施設内にて全て栽培 ③発生のみ施設内



栽培形態については、露地栽培、施設内栽培、発生のみ施設内とも、ほぼ同じ割合となった。但し、発生以外の工程を施設で行っているためか、あるいは種菌によって栽培工程が異なるためか、複数に○を付けている回答も見られた。

Q2 購入した原木の放射性物質濃度をご自身で確認されていますか？〔全員回答〕 n = 214

- ①購入していない ②必ず確認している ③時々確認している
④確認していない→ Q6 へ
⑤その他 ()



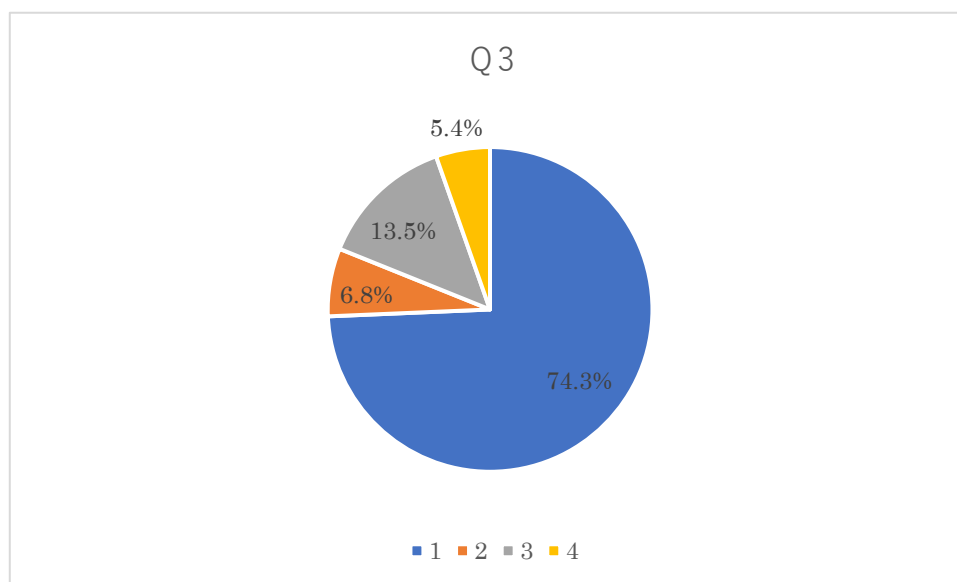
原木を購入している場合を 100 とした時、その放射性物質濃度を確認しているかについては、「必ず確認している」が 43.0%、「時々確認している」が 7.5%となった。「確認していない」は 42.1%となっているが、これは Q6 に示すように、自分で確認しているのではなく、原木販売業者や県などが検査を行っている場合、西日本から原木を調達している場合がほとんどである。⑤その他の回答の中でも、Q6 同様、「原木業者が確認」、「西日本産原木は検査しない」などの回答が見られ、ほぼ全ての回答者が原木の購入にあたって何らかの形で放射性物質濃度を確認していることが示された。

[⑤その他の回答]

- ・原木業者が確認（同趣旨計 5 件）
- ・西日本産原木は検査しないが、県内産は検査している（同趣旨計 2 件）
- ・17 都県以外 産地証明を確認（同趣旨計 2 件）
- ・子実体発生前にほだ木の放射能検査を実施し、子実体発生前後に子実体の放射能検査を実施している。
- ・農林振興センターに依頼している
- ・種菌メーカーからの検査証提出

Q3 自伐した原木の放射性物質濃度をご自身で検査されていますか？〔全員回答〕 n=74

- ①自伐していない ②必ず検査している ③時々検査している
④検査していない→ Q6 へ
⑤その他 ()



自伐で原木を調達している場合を 100 とした時、自分で放射性物質濃度を検査しているかについては、「必ず検査している」が 74.3%、「時々検査をしている」が 6.8%、「検査をしていない」が 13.5%となった。「検査をしていない」は、Q2 と同様、自分では検査をしていないが、他者が検査を行っているか、放射性物質の心配のない西日本から原木を調達している場合である。「自伐していない」、すなわち原木を購入するなど外部から調達している割合が 63.0%となっている。⑤その他の回答の中でも、「原木業者が確認」、「県（振興局）の検査を行っている」などの回答が見られ、ほぼ全ての回答者が何らかの形で原木の放射性物質濃度を確認していることが示された。

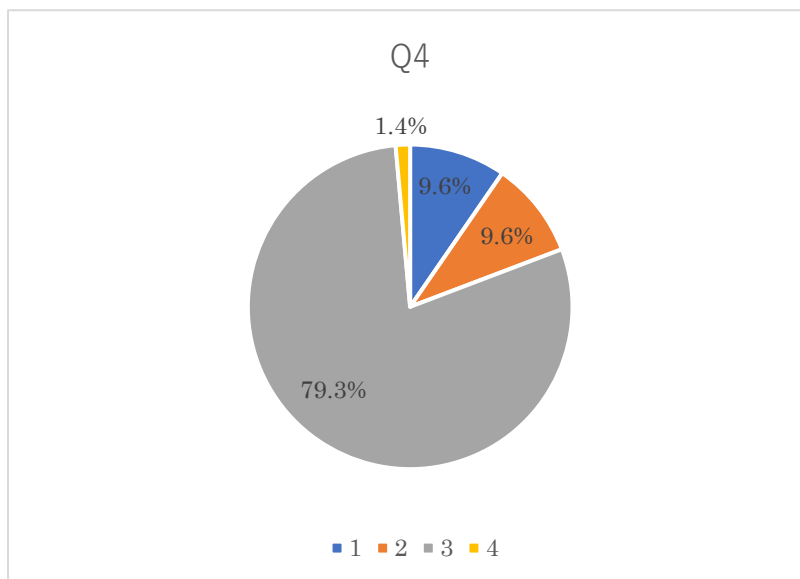
[⑤その他の回答]

- ・ 原木業者が確認
- ・ 県（振興局）の検査を行っている
- ・ 新たな林分で原木を伐採する場合検査を行う

Q4 放射性物質濃度の対象としている物質は何ですか？ 該当するものに○を付けて下さい。

n=208

- ①セシウム 134 ②セシウム 137 ③セシウム 134 とセシウム 137 の合計値
④その他 ()



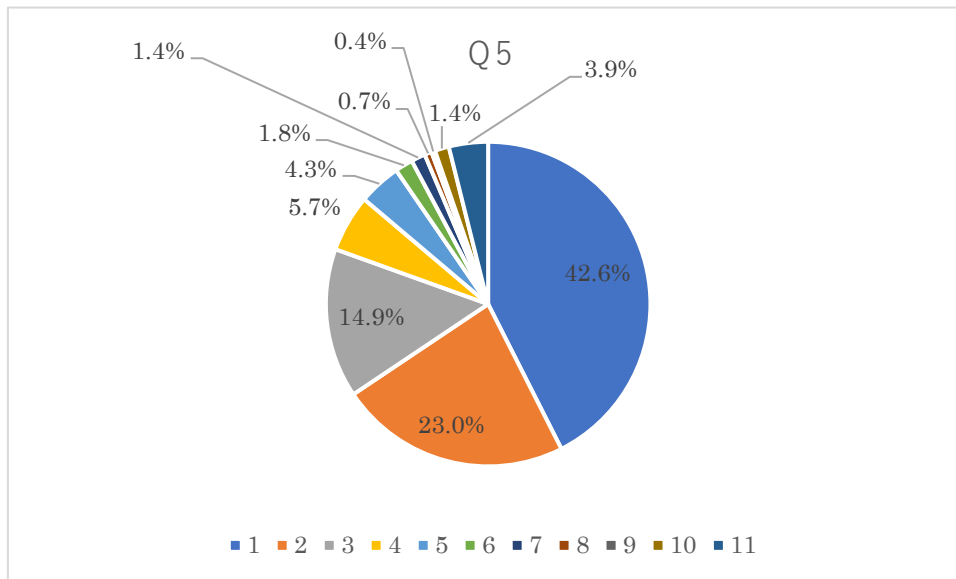
放射性物質濃度の対象としては「③セシウム 134 とセシウム 137 の合計値」が 79.3%と最も多い。④その他の回答として、ヨウ素を挙げた回答が 2 件名あった。た、不明とした回答も 1 件あった。

Q5 実際に使用している原木の放射性物質濃度はどれくらいですか？〔全員回答〕

当てはまるものすべてに○をつけて下さい。 n=282

- ①0～10Bq/kg 未満 ②10～15Bq/kg 未満 ③15～20Bq/kg 未満
④20～25Bq/kg 未満 ⑤25～30Bq/kg 未満 ⑥30～35Bq/kg 未満
⑦35～40Bq/kg 未満 ⑧40～45Bq/kg 未満 ⑨45～50Bq/kg 未満
⑩50Bq/kg 以下 ⑪その他 ()

→ Q8 へ進んで下さい。



原木栽培に使用している原木の放射性物質濃度については、「①0～10Bq/kg 未満」が42.6%と最も多く、次いで「②10～15Bq/kg 未満」(23.0%)、「③15～20Bq/kg 未満」(14.9%)となっており、これらで回答の80.5%を占める。放射性濃度が上がるにつれて回答の割合は小さくなっており、国の指標値である「⑩50Bq/kg 以下」と回答した割合は1.4%にとどまった。

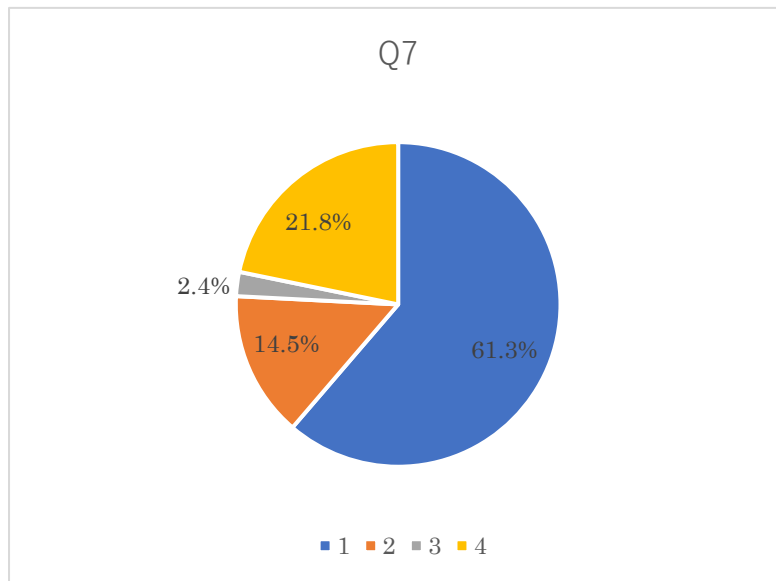
[⑪その他の回答]

- ・ 0～15Bq/kg 未満 (合計値)
- ・ 購入先 (JA) にて確認
- ・ 数値未回答だが、50Bq/kg 以下
- ・ 不検出 (2)
- ・ 不明
- ・ 西日本産原木使用
- ・ 県の原木

Q6 原木の放射性物質濃度を確認・検査しない理由は何ですか？

当てはまるものすべてに○を付けて下さい。 n=128

- ①安全な原木林から取ったものだから → Q7へ ②検査費用が高額だから
 ③信頼できる業者から購入しているから ④その他 ()



Q6で「①安全な原木林からとったものだから」とした回答者に、その理由について尋ねた結果、「①県や市町村などの行政による検査の結果」が61.3%と最も多く、国の基準である「②10ha 当たり 3 本の立木を測った結果」は14.5%、「③空間線量率を測った結果」は2.4%となった。「④その他」では、西日本から調達した原木だから、とする回答が大半を占めた。

[④その他の回答]

- ・西日本産原木を使用（同趣旨計 6 件）
- ・原木を納入して頂く、種菌メーカーの調査を信頼しているので（同趣旨計 2 件）
- ・毎年のしいたけから検出されていないから（同趣旨計 2 件）
- ・原木林での自主検査の結果
- ・岩手の盛岡より北、長野、山梨、九州等の産地で検査に合格（20B q 以下）したもの
- ・業者が線量測定してから購入
- ・県林連さんを通して購入しているから
- ・県の斡旋したものだから

Q 8 栽培している品種を植菌数の多い順に記載して下さい〔全員回答〕 n = 249

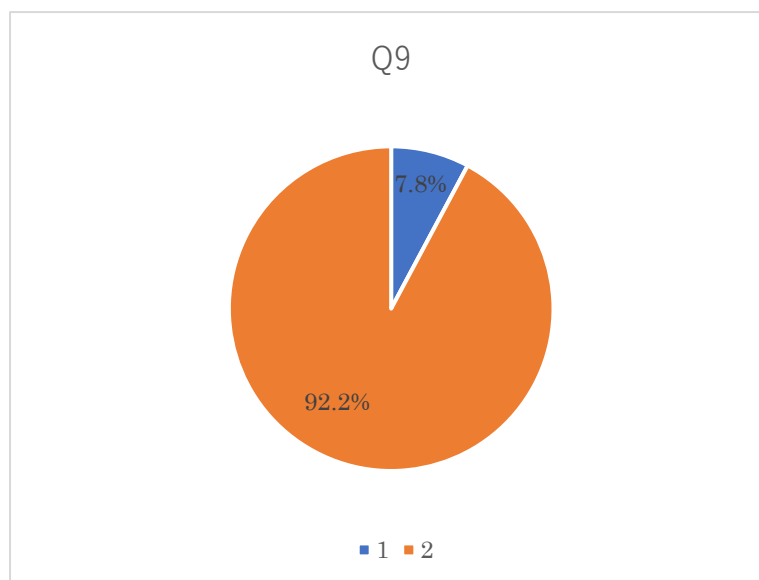
メーカー名及び種菌名は非公表とする

現在栽培しているしいたけの品種について、植菌数の多い順に回答を得た。有効回答数 222 を集計した結果、回答の①に記載された種菌の種類は 41 種であり、最も回答数の多い種菌は上位から順に 25 件 (11.3%)、24 件 (10.8%)、19 件 (8.6%)、18 件 (8.1%)、17 件 (7.7%) などとなった。特定の種菌に集中する傾向は見られず、むしろ 1 件のみ回答があった種菌は 20 種と約半数を占め、原木栽培に使用される種菌は多様な状況にあるといえる。

この傾向は記述されたすべての種菌名を集計するとより顕著となり、最も多く選択された種菌は、上位 10 の種菌で 50 件 (8.4%)、50 件 (8.4%)、46 件 (7.7%)、42 件 (7.1%)、38 件 (6.4%)、36 件 (6.1%)、34 件 (5.7%)、32 件 (5.4%)、26 件 (4.4%)、18 件 (3.0%) となった。これら上位 10 の種菌が全体の回答に占める割合は 62.5% である。

Q 9 これまでに国の指標値である 50Bq/kg 以下の原木を使って、100Bq/kg を超えるしいたけが発生したことはありますか？〔全員回答〕 n=243

①ある→ Q10 へ ②ない→ Q 11 へ



過去に 50Bq/kg 以下の原木を使用して栽培し、100Bq/kg を超える子実体が発生したことがあるとした回答は 7.8% であった。

Q 10 100Bq/kg を超えるしいたけが発生した時、栽培に使用した原木の放射性物質濃度の最高値はいくつでしたか？

Q9 で 100Bq/kg を超える子実体が発生したことがある回答者に、その時の原木の放射性物質濃度と子実体の放射性物質濃度を尋ねた結果、以下の回答が得られた。

- ・ 原木 (25～30Bq/kg) しいたけ (103Bq/kg)
- ・ 原木 (25Bq/kg) しいたけ (103Bq/kg)
- ・ 原木 (26Bq/kg) しいたけ (112Bq/kg) 品種は忘れました。多品種詰め合わせ
- ・ 原木 (30Bq/kg) しいたけ (121Bq/kg)
- ・ 原木 (約 30Bq/kg) しいたけ (102Bq/kg)
- ・ 原木 (30Bq/kg) しいたけ (110Bq/kg)
- ・ 原木 (30～35Bq/kg) しいたけ (115～120Bq/kg)
- ・ 原木 (36Bq/kg) しいたけ (151Bq/kg)
- ・ 原木 (39Bq/kg) しいたけ (220Bq/kg)
- ・ 原木 (40Bq/kg) しいたけ (110Bq/kg)
- ・ 原木 (40Bq/kg) しいたけ (120Bq/kg)
- ・ 原木 (41.8Bq/kg) しいたけ (108Bq/kg)
- ・ 原木 (45Bq/kg (注：原木林の検査結果は 11, 13, 14, 18Bq/kg (4 種類) だった)) しいたけ (127.7Bq/kg)
- ・ 原木 (45Bq/kg) しいたけ (100Bq/kg)
- ・ 原木 (50Bq/kg 以下) しいたけ (120Bq/kg)
- ・ 原木 (80Bq/kg) しいたけ (120Bq/kg)
- ・ 原木 (320Bq/kg) しいたけについては記載なし

Q 11 放射性物質対策に関する栽培管理のうち、最も重要視していることは何ですか。〔全員回答〕

栽培管理上重視している点について、自由記載方式で回答を求めた。

主に、原木の購入面については原木の産地、原木の放射性セシウム濃度について、栽培管理では、ほだ木に土が付着しないようにほだ場にシート等を敷くなどの対応に関する回答が目立った。

[回答]

- ・放射性物質濃度の低い原木を入手する（同趣旨計 62 件）
- ・ほだ木が地面に直接触れないように、各種シートを敷いたり、モミガラを敷くなどの対策を行っている（同趣旨計 61 件）
- ・原木、きのこの放射性物質濃度の測定・検査を受ける（同趣旨計 28 件）
- ・ハウスなど施設内での栽培（同趣旨計 7 件）
- ・国のガイドラインに沿った栽培管理（同趣旨計 6 件）

[複数の対策]

- ・しいたけの放射能検査、原木の産地、品種別ロット管理
- ・安全な原木の購入、土の上に原木を直接置かない、水槽の定期的な清掃
- ・安全な原木の安定的確保。ほだ木を林内で休養させる際、地面にビニールを敷き落葉をまめに取り除くこと
- ・原木の放射性物質の指標値、ホダ場の管理、位置（方位）
- ・原木の放射性物質濃度、栽培管理
- ・夏場、斜光ネットをハウスにかけ、雨水をある程度遮断。冬場、ビニールをかけ雨水を遮断。土のはねかえりを防ぐよう管理している。泥水をほだ木にかけないようにする。
- ・ほだ木の上に遮光ネットを掛ける、原木の放射線濃度を必ず測定している
- ・必ず放射能検査を受けること。野外でのほだ木づくりの際シートを敷いて土につかないようにしている
- ・地面に接触させない。検査済みの原木を使用する
- ・原木・ほだ木。しいたけの放射性物質濃度のこまめな検査
- ・安全な原木の安定的な確保。ほだ木を林内で休養させる際、地面にビニールを敷き落葉をまめに取り除くこと

[安全なほだ場の確保]

- ・空間線量を調べたほだ場を使って栽培すること
- ・ほだ場の選定とほだ場作り
- ・安全な場所で栽培する

[その他]

- ・ホダ木を原木産地と品種別にロット分け(通常、1年ごとに20~30ロットに分かれます。この管理に手間がかかっています。)して、そのロットごとに、ホダ木の検査(しいたけ出荷前)を徹底すること。
- ・水分管理、出荷基準(生活クラブ生協 50Bq/kg)のため20~25Bq/kgの原木を使用すると、夏場乾く時期45Bq/kg位まで検査値が上がるがあるので注意している。
- ・まだ年2回露地物、ハウス栽培物と検査をしているが、もういいのでは? 10年以上になるし安全な原木で栽培をする。
- ・私の地区は放射能濃度が低いためあまり気にしていない
- ・細いほだ木を使用しない。大径木(15cm以上)は安全
- ・土壌及び水質の管理
- ・空間線量の高い森林は自伐しない。過去の検査結果を参考に山を選定
- ・市の水道水のみ使用
- ・いつもきれいに管理している
- ・屋外の原木にはビニールシートをかけて栽培
- ・浸水発生の際、水槽を一度満水状態にした後、その水をすべて廃棄し、浸水用の水を張るようになっている
- ・ブルーシートを敷いた上にほだ木を伏せ込む。落葉の放射性物質検査など、栽培管理における必須検査以外にも、安全なほだ場環境の確認のため、自主検査を実施している。
- ・原木、楢木が雨に濡れないようにすること

Q12 その他ご意見等ございましたらご記入下さい。

その他自由記載方式で意見を求めたところ、検査のあり方、原木価格の高騰、指標値の見直しなど、さまざまな回答があった。

[回答]

[原木の不足・価格の上昇]

- ・原木の不足。高い。
- ・年を追うごとに必要な原木数量確保が難しくなっています。同時に、原木価格の上昇が止まらず先行き大変不安に感じています。里山保全整備に貢献している点では原木業者も

栽培者も同じです。価格が上がっても供給量が増えないのは伐り手の絶対数の不足や省力化、機械化の難しさと言った構造的な問題があるように思われます。そこで伐採量を増やすためにまずは伐り手が増えるような行政的支援、さらには補助事業等で原木業者のモチベーションを上げるような政策も必要ではないでしょうか。しかし、個人事業者が多いために補助事業を受けにくい状況がその一方にあります。そこでお願いですが、まずは日特振がまとめ役となって原木事業者協議会的な穏やかな組織化を進めてはいかがでしょうか。ご検討ください。

- ・私の地域は高い山が近く、原木林も高い所にあり、場所によって放射能値が高い原木がある。購入原木の補助を引き続きお願いします。
- ・原木1本当たりの単価が高過ぎることです。
- ・事故後10年経ち原木林が年々減少し原木の品質（細い、まがり、水なら等）が悪く収穫量が減っている、しかし損害倍償はでない！
- ・原木の値上がりをおさえてほしい
- ・原木しいたけ栽培をしていくのに単価が上昇している。
- ・原木価格上昇分の助成金
- ・原木購入が大変です。
- ・岩手県より原木購入で1本当たりが高い

[指標値の見直しについて]

- ・安心して栽培を行うため、原木の指標値は上限を30~40Bq/kg程度にするべきと考えます。
- ・今後、原木の指標値見直し検討するのであれば原木林のばらつき問題を十分に考慮していただきたい。
- ・世界の基準は300~1200ベクレルと聞く他方への注力が肝要と思う。
- ・国の100Bq/kgの考えを改めてもよいのでは？
- ・放射性物質濃度を緩和して欲しい
- ・100Bq/kgは厳しい。300Bq/kgにして下さい
- ・食品の放射能の最高数値を300Bq/kgにして欲しい。出荷解除のすべての権限を市町村にまかせて欲しい

- ・原木の基準を 50Bq/kg より下げて欲しい

[検査の緩和について]

- ・早く放射能検査がなくなることをお願いしたい。
- ・原発事故当時と同じ検査を続けているが地方では生産者 30 名が全員解除・出荷となっている。最終生産物の検査だけでよい。検査を厳重に続けるほど風評被害は止まない。
- ・原木・ほだ木の検査止め、出荷前検査のみにして欲しい
- ・震災から 10 年以上経過したが、いつまで検査を受ける必要があるのか
- ・子実体のみで解除できるよう要件を見直して欲しい
- ・いつまで検査をやるんですか？

[その他]

- ・1. 原木・ホダ木の指標値に関して、3 点、希望があります。
(1) 現在、多くの生産者が行っている「比較的低ベクレル原木の仕入れ（令和 3 年 3 月 8 日・自民党「食品等の出荷制限の合理的なあり方に関する提言」の提言 11 との整合性が難しいので、以下でも詳述します）、かつ、東京電力への原木代かかりまし請求が今後も支払いはあること。」（現行方式）が今後も続いて欲しいです。（=指標値は変わらず、低ベクレルの原木仕入れがスムーズになる方式）このやり方は、しいたけ生産者や現場の関係者が 10 年をかけて、苦勞して見出した現時点でのベストの方法と思われます。

【上記の理由】

指標値 50Bq/kg よりもかなり低い（ND～20Bq/kg）原木に植菌する理由は、指標値に近い原木に植菌するとホダ木が指標値を超える、またはしいたけが基準値を超える蓋然性が高くなるからです。（=基準値超え、指標値超えの予防策）

しかし、一方で、東京電力が、現在は大丈夫ですが、将来、原木代かかりまし請求を出し渋る場合の理由付けの一つとして予想されるのが、上記の提言 11 を盾に、「低ベクレルの原木だけを購入した場合、賠償の支払いが無くなる、または、削られる」あるいは、「指標値 50Bq/kg に近い原木の仕入れ要求してくること」が心配されます。このようなことになることを避けるべく、今は大丈夫であっても、今から何らかの布石を打っておいて欲しいと思います（実証実験により低ベクレル原木仕入れることの科学的合理性の裏付け

すること。)

例えば、原木・ホダ木の指標値は変更せず「25 (20) Bq/kg【=試験によって得られた値】以下の原木に植菌することを推奨する」という趣旨の文書があれば、ありがたいと思っています。これは、自治体がしいたけの出荷制限解除の申請を行う際、厚生省は一般食品の基準値の半分である 50Bq/kg を超えると解除申請すら受け付けないと言う話を聞いたことがあります。その状況を踏まえています。

(2) 原木しいたけでは、下記 2. のように複雑な実情が絡んでおり、原木、ホダ木の指標値の改定だけでは、原木しいたけを取り巻く問題を解決することは適切ではないと考えています。しいたけの生産性を悪化させないことを前提とした放射性セシウム移行低減の栽培方法（放射性セシウムのキャプチャー、あるいは、移行低減種菌の育成、原木林の更新の際のカリウム施肥など）の確立など、指標値の変更すること以外の方策を希望します。

(3) 原木しいたけホダ木の移行係数や指標値の策定などに際しては、その委員会のメンバーに関係者を選ぶ場合、原木しいたけ関係者のみで、菌床しいたけの関係者は除いて欲しいと考えています。（原木しいたけと菌床しいたけでは、栽培技術などに差異が大きいからなど。）

★現在、基準値超えしいたけや指標値超えホダ木がレアケースなのは、生産者の多くが比較的lowレベルの原木に植菌していることが大きいと思われる。上記の提言 11 を履行して原木が入手しやすくなったとしても、基準値超えのしいたけや指標値超えのホダ木が増えては、主客転倒と思われる。★また、指標値が厳しくなって原木の需給がさらにひっ迫するようでは、生産者が困ります。

2. 原木しいたけでは、下記のように複雑な実情が絡んでおり、原木・ホダ木の指標値の改定だけでは、原木しいたけを取り巻く問題を解決することは適切ではないと考えています。

①もし、原木の指標値が低くなれば、原木の需給ひっ迫と価格高騰がさらに厳しくなることが予想されること。さらに仕入れた原木の品質が、現在以上に低下し、生産性に悪影響をおよぼし、原木しいたけ生産者全体に悪影響が出る可能性があること。また、ホダ木の指標値超え問題が今以上に多発することも考えられます。（現在は、指標値よりもかなり低い原木に植菌しているのでホダ木での指標値超えがレアケースですが、指標値が下がった場合、指標値ぎりぎりの値の原木に植菌すれば、ホダ木になってから指標値を超えやすいことは、経験則でかなり蓋然性が高いです。）

②上記の提言 11 の内容に沿って 50Bq/kg に近い原木に植菌し、しいたけを生産すれば、基準値超えのしいたけ、あるいは指標値超えのホダ木が増えることが予想されること。また、ホダ木への追加汚染のある地域では、例えば、49Bq/kg の原木に植菌した場合、追加汚染で、後に、ホダ木が指標値を超えてしまう。つまり、栽培の途中までは生産がOKで途中から生産NGとなるという、生産や関係者にとって、非常に頭の痛いこととなります。これは、指標値をどのように設定しても起こり得ることです。

③原木・ホダ木の指標値の前後の原木林が、東日本の至る所にあり、指標値を超える原木（林）にアクセスしやすいこと。

④現状の原木林の検査マニュアル（10haで1検体の検査）は、サンプル数が少なすぎるとの考えも一部にあります（検査マニュアルができたのが原発事故直後であり検査機器の少なさから検査の頻度を高めにくく、当時は必要悪だった。）、その一方で、もし、サンプル数を増加させたとしても、費用対効果、あるいは、原木の需給に対して、どれくらいプラスの意味があるかも難しいと思われるので、現行方式を続けることは、仕方ないと考えています。

例えば、非破壊検査機を使用して伐採した原木の全数検査、または検査数を増やす方法を行う場合、原木単価が上昇します。つまり、生産者が支払う金額が上がります。原木代ばかり増損害賠償請求が、いつ終わるか不安な中で、原木単価が上がるようなことは避けて欲しいです。

また、他人所有林の原木林検査は、もし、指標値超えの原木が現れた場合、地主さんとの人間関係が悪くなる可能性があります。

⑤原木林の立木ごとの放射性セシウム値バラツキが大きだけでなく、1本の原木でも放射性セシウム値のバラツキが大きく、費用対効果を考えると、指標値の概念だけで100%の蓋然性で基準値を超えるしいたけや指標値を超える原木を排除しにくい事。

⑥原木・ホダ木の指標値を改定しただけでは、提言 11 問題にある 2 種類の一つ（指標値に近い原木を仕入れた場合、基準値を超えるしいたけの発生する蓋然性は下がりますが、ホダ木になってから指標値を超えること）は残ること。

⑦原木・ホダ木の指標値は一般食品の基準値を超えるしいたけを生産・流通させないための手段であって、目的ではないこと。その手段は、他にもあると考えられること。

⑧指標値を下げた場合、指標値を超えるホダ木が増加し、汚染廃棄ホダ木の損害賠償が増

加することが考えられます。事故後 10 年以上が経過し損害賠償の消滅時効も生産者にとっては不安材料の中で、さらに損害が増えることは、マイナス要因と思われます。このように指標値を下げた場合は、この生産者の不安を取除く措置も同時に行った方が良いと思われます。

- ・ 木灰の販売がいまだに禁止です。補償なり禁止解除なり検討し連絡をお願いします。
- ・ 今後原木栽培は自然環境を最大限に利用することが大事なので、露地栽培（管理）と施設栽培との併用が必要ではないか思います。原木栽培が力を出すために福島でも露地栽培解除に知恵をください。よろしく願い申し上げます。
- ・ 指標値である 50Bq/kg を超過したほだ木が含まれるロットが判明したため、このロットから試験的に浸水・発生・採取をしたところ、5 検体のうち 4 検体が 100Bq/kg を超えました。平成 31 年春植菌のこのロット全ほだ木は処分済みです。
- ・ 11 年前の原発事故で、放射能の降らなかった地域の原木用山林に行政の補助は出来ないものか？
- ・ 生産者はしいたけ栽培に最大限の努力をします。是非とも行政機関の御支援を宜しく願い致します。
- ・ 福島の様な事故が地球上から無くなるように祈っています。
- ・ スーパーへの商品は年に 3 回程検査しています。134, 137 合計は 10~15 くらいは出ます。134 の値は出ません。
- ・ 安全性の確保のために、今後も放射性物質のモニタリング検査を行ってほしい
- ・ 原子力の取り扱いに関しては、全て庶民の安寧を基本にして欲しい。想定外を考慮して！！
- ・ だいたい山林の放射性物質は少なくなりつつあります。でも今後露地栽培をしてゆく取組みをしているが場所により空間の放射濃度が高いところがあるので注意が必要である。我々の地域は乾燥しいたけ産地なのでそここのところを注意しないといけない。
- ・ 東京出荷のため 30Bq/kg 以上のしいたけは栽培しないため楢木の検査は県に依頼している。
- ・ 原木山の除染がされないため原木産地が回復しない。
- ・ なぜ原木椎茸に放射能汚染がかかわりあるか？ 理解できません。

- ・仕事がきつい上、あまりもうからないのにこの放射能問題で原木シイタケはなくなると思う。この産業を残すための国の力を必要とします。
- ・震災後に栽培を始めたため、差額分の賠償金がもらえない。不平等ではないか。
- ・しいたけの価格が向上せず困っている。また、食品の基準値 100Bq/kg は他国よりも厳しい。設定の根拠をわかりやすく示すことで生産者も納得できるのではないか。
- ・栽培管理に適した場所が少なく、生産量が制限されるうえに労働量は大きくなってしまふ。ほだ場に関する管理事項の緩和を検討して欲しい
- ・今まで 10 年間安全な他県産原木使用し指標値超えたことがないので、ほだ場解除の必要ないと思う。作業日誌、記帳も毎日行っている。調査だけでなく、今後の事考えてほしい。
- ・県内原木が使用できるようになれば植菌本数を増やそうと思っているが、数年内なら可能だが、その後なら体力が？
- ・原木が県外（九州、岩手県北）のものを使うとしいたけは安全です（地元のものはい）
- ・現状、検査結果から露地栽培品の値は基準値以下なので、解除に向けて早期に許可願います
- ・真冬に晩秋から出始めてほだ木の上で乾燥した生しいたけを使用すると放射能濃度はとても高い数値になります
- ・土からの放射性物質以降抑制のため敷くシートに係る費用は、補償対象にして欲しい。
- ・県内コナラ原木を使用したい
- ・補償を早くして下さい
- ・原木検査に時間がかかると時期がずれ込み、他作物の繁忙期が重なる等調整が大変
- ・県内産購入原木の中には数値が高いものもあり不安
- ・毎年しいたけの自主検査を実施し、安全性を確認している

(3) 立木内の放射性物質の経年変化について

(1) で前述した通り、しいたけ栽培には主にコナラ原木が使われるが、福島第一原発の事故直後に生えていたコナラは直接放射性セシウムを浴び、樹皮の濃度が最も高くなっていた。樹木に放射性セシウムが取り込まれる経路は、葉や樹皮に付着した放射性セシウムがそのまま樹体内に取り込まれる経路と、根から土壤中の放射性セシウムを取り込む経路がある。2、3年のうちに大部分の放射性セシウムは土壤に移動するため、その後は根を介した吸収がほとんどを占めると考えられる。時間が経過し、根から材に放射性セシウムが移行したり、樹皮の放射性セシウムが洗い流されるなどした結果、材の放射性セシウム濃度の分布が変わり、樹皮よりも材の濃度が事故直後より高くなったと考えられる。

一方、しいたけは樹皮ではなく、内側の材の形成層から放射性セシウムを吸収していると考えられ、そのため子実体内のセシウム濃度が、移行係数として見かけ上、上がって見えていると考えられる。

以下に主にコナラに関する立木内の放射性セシウムの経年変化についての論文名及びその抄録を示す。

・ Temporal trends in ^{137}Cs concentrations in the bark, sapwood, heartwood, and whole wood of four tree species in Japanese forests from 2011 to 2016, *Journal of Environmental Radioactivity*, 178-179, 335-342.

2017

Shinta Ohashi, Katsushi Kuroda, Tsutomu Takano, Youki Suzuki, Takeshi Fujiwara, Hisashi Abe, Akira Kagawa, Masaki Sugiyama, Yoshitaka Kubojima, Chunhua Zhang, Koichi Yamamoto,

[抄録]

福島第一原子力発電所 (FDNPP) 事故後の幹材中の放射性セシウム (セシウム 137) 濃度の変化を理解するために、2011 年以降 (一部の地点では 2012 年以降)、FDNPP 事故による放射性セシウム沈着量の異なる複数の地点で、4 種の主要樹種の樹皮、辺材、心材および全材中のセシウム 137 濃度を調査した。スギは 4 地点、ヒノキとコナラは 2 地点、アカマ

ツは 1 地点である。2011 年から 2015 年にかけて採取された樹皮および全木材試料中の ^{137}Cs 濃度に関する前回の報告では、同じ樹種であってもサイト間で時間的な変動があることが示唆された。本研究では、2016 年の樹皮および全木試料のデータを提供し、2011 年から 2016 年までの辺材および心材試料の ^{137}Cs 濃度を別途測定した。さらに、樹幹各部位の ^{137}Cs 濃度の時間的傾向、特に辺材と心材間の ^{137}Cs 分布について、その種および部位依存性と関連付けて考察を行った。2011 年から 2016 年に採取された樹皮および全木材試料の時間的傾向は、2011 年から 2015 年に採取された試料で報告された傾向と一致した。樹皮中の ^{137}Cs 濃度の時間的変動は、減少傾向または明確な傾向を示さず、樹皮中の ^{137}Cs 沈着は不均質であり、除染が比較的遅い場合があることを示唆するものであった。辺材、心材、材全体の ^{137}Cs 濃度の時間的傾向は、樹種間で異なり、また同一樹種内でも部位によって異なっていた。同一種内では、スギ心材、カシ辺材および材全体で比較的共通した増加傾向が見られた。一方、辺材に対する心材の ^{137}Cs 濃度比(新鮮重量ベース)は、スギでは共通して 2 以上に増加したが、他の種では明確な時間的傾向は見られず、ヒノキとマツで 1 前後、オークで 0.5 以下であり、辺材から心材への ^{137}Cs 移行には種依存性があると示唆される。その結果、樹木内の ^{137}Cs 移行は種依存性が現れやすく、環境から樹木への移行は様々な要因で覆い隠される可能性があることが分かった。したがって、幹材中の ^{137}Cs 濃度の予測は、より多くのサンプルサイズと複数のサイトでの調査、そして種特異的な ^{137}Cs 移行メカニズムの理解が必要であるため、慎重に行う必要がある。

・最新のデータとモデルから森林内の放射性セシウムの動きを将来予測
—森林の中での動きが平衡状態に近づいている—

(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所

PRESS RELEASE (2020/2/6)

chrome-

extension://efaidnbmninnibpcjpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.ffpri.affrc.go.jp%2Fpress%2F2020%2F20200206%2Fdocuments%2F20200206press.pdf&cflen=382502&chunk=true

[抄録]

・福島第一原子力発電所の事故で森林に入った放射性セシウムは森林の中で分布が変化している

・最新の観測データと改良した予測モデルを用いることで、森林内の放射性セシウムの分布の長期変化を予測した。

・今回のモデル解析により、森林内の放射性セシウムの大部分が土壌に存在している現在の状況は長期的にも変化しないこと、コナラ木材中の放射性セシウム濃度の増加傾向は引き続き継続して緩やかになること等、森林の中での放射性セシウムの動きが平衡状態に近づいていることが予測された。

・樹皮からのセシウム吸収およびその化学形態

*田中 万也, 高橋 嘉夫

2015 年度日本地球化学会第 62 回年会講演要旨集

[抄録]

樹皮から吸収されたセシウムの化学形態を調べるために、コナラ及びコシアブラの幹から樹皮、辺材、心材をそれぞれ切り出した。切り出した試料にセシウムを吸着させ、Cs-L3 吸収端 EXAFS スペクトルの測定を行った。EXAFS スペクトルの解析結果は、樹皮、辺材、心材に吸着したセシウムが外圏型錯体として存在していることを示した。

・コナラ当年枝中のセシウム濃度の個体内変動

*長倉 淳子, 三浦 覚, 齊藤 哲, 田中 憲蔵, 大橋 伸太, 金指 努, 大前 芳美

第 131 回日本森林学会大会

[抄録]

きのこ原木栽培に用いる広葉樹について、原木利用部位の放射性セシウム濃度を当年枝のセシウム濃度から推定する方法の確立を目指している。本研究は、当年枝のセシウム濃度が同一個体内の採取位置によって異なるかどうかを明らかにすることを目的とした。原発事故後に萌芽更新したコナラ林 3 サイトの各 3 個体から 8~11 本の当年枝（主軸の梢端から

下部に向けて5本、および主軸以外の萌芽枝)を採取し、放射性セシウムおよび安定同位体セシウムの濃度を測定した。当年枝の放射性セシウム濃度は、個体によっては採取位置によって2倍以上異なるものもあったが、梢端で高い、下部で高い、主軸で高い、といった採取位置による決まった傾向はみられなかった。放射性セシウム濃度の変動係数は枝間では0.22、個体間では0.29、サイト間では0.51であり、個体内変動よりもサイトによる違いが大きかった。コナラ当年枝の放射性セシウム濃度は枝間や個体間でばらつきはあるが、サイトの指標値として利用できる可能性が示された。

・福島第一原発事故後における空間線量率の低い落葉広葉樹林の放射性セシウム動態(I)
休眠期から葉の展開後までの放射性セシウム濃度の変化

*伊藤 愛, 加藤 徹, 綿野 好則, 鈴木 拓馬, 近藤 晃

第124回日本森林学会大会

[抄録]

森林内での放射性セシウム(以下セシウム)の分布や循環の解明が、森林資源の管理のために重要な課題となっている。2011年以降、東日本の森林でセシウムに関する調査が進められているが、高線量の地域を対象としたものが多く、低線量の地域における知見はほとんど無い状況である。そこで、空間線量率が比較的低いクヌギ・コナラの混交林2地点(2012年1月時点で0.12と0.14 μ Sv/h)において、セシウムの分布と、休眠期から葉の展開後のセシウム濃度の変化を調査した。同一個体(2地点合計9個体)を対象として、2012年2月と6月に試料を100ml採取し、乾燥後にゲルマニウム半導体分析器でセシウム濃度の測定を行った。採取部位は、樹体では樹皮と辺材(地上高1mと6m地点)、葉と枝(セシウム降下後に伸長したもの)、樹体以外ではリターと土壌3層(表層から5cmごと)とした。その結果、樹体では樹皮で最も高濃度のセシウムが検出された。セシウムは、事故後1年以上経過して展葉・伸長した葉や枝からも検出された。2月に林内で最も高かったリター層のセシウム濃度は経時的に減少し、表層土壌のセシウム濃度は増加する傾向にあった。

・落葉広葉樹林における落葉・落果の放射性セシウムの年次変化

*直江 将司, 阿部 真, 田中 浩, 赤間 亮夫, 高野 勉, 正木 隆

第127回日本森林学会大会

[抄録]

森林のリターは放射性セシウムの林内循環に大きな影響を与え、またリターを食べる動物を内部被ばくさせる。しかし、原発事故による放射性物質の降下があった落葉広葉樹林において、リターの放射性セシウムに関する知見は不足している。本研究では落葉広葉樹林の主要構成樹種であるコナラ・カスミザクラ・アカシデを対象に、その落葉・落果の放射性セシウム濃度と年次変化を調べた。サンプルは原発から 70 km の北茨城市と 26 km の川内村に設置したリタートラップで採取し、樹種・部位別に測定した。落葉の放射性セシウム濃度は、2011 年からの時間経過とともに全樹種において大幅に減少した。一方、年度ごとの落葉の放射性セシウム濃度には顕著な樹種差が見られ、カスミザクラ、アカシデ、コナラの順に多くなっていた。落果の放射性セシウム濃度はカスミザクラでは 2011 年から 2015 年にかけて単調に減少する一方、コナラでは 2011 年から 2013 年にかけて増加し、その後減少に転じるというパターンが見られた。調査結果から、落葉広葉樹のリターの放射性セシウム濃度は概して減少しているものの、生態系に与える影響を考える上では樹種や部位による差異を考慮する必要があると考えられた。

・ 樹幹への ^{137}Cs の取込みと蓄積

*岡田 直紀, 大橋 伸太, 田中 厚志, 中井 渉

第 125 回日本森林学会大会

[抄録]

福島第一原発からおおよそ 20km の距離にある、福島県双葉郡川内村のアカマツ、コナラ、スギに含まれる放射性セシウムの樹体内分布を調べた。各樹種からそれぞれ 3 個体を選び、地上部から 4-5 ヶ所の高さで円盤を採取し、樹皮と木部をさらに細かく分割して放射性セシウムを測定した。樹体各部の放射性セシウム濃度は、外樹皮 > 内樹皮 > 辺材 > 心材の順で高かった。木部の半径方向では、形成層を含む最外部が最も濃度が高く、辺材ではほぼ一定で、心材では内側に向かって低下していた。このことは、生きた細胞を含まない心材内において、辺材を経由して移動してきた放射性セシウムが内側に向かって拡散していることを示していると考えられた。従って、心材内の放射性セシウム濃度は今後も上昇していくものと予想される。外樹皮の放射性セシウム濃度は、アカマツでは地上高によらず放射性セシウム濃度に大きな違いがなかったが、コナラとスギでは上部ほど濃度が高かった。しかし、内樹皮では地上高によらず 3 樹種ともにほぼ一定であった。

・森林環境における福島第一原発事故から7年間の放射性セシウムの移行状況

*加藤 弘亮, 恩田 裕一, Zul Hilmi Saidin

第129回日本森林学会大会

[抄録]

森林に降下した放射性セシウムは樹冠に捕捉され、その後の降雨や落葉等によって徐々に林床に移行する。そのため、森林内の放射性セシウムの分布や空間線量率の時間変化を把握するためには、樹冠から林床への移行状況を観測することが必要である。本研究では、福島県の森林を対象として、福島第一原子力発電所事故から7年間に、森林樹冠から林床に移行した放射性セシウムの調査を実施した。福島県伊達郡川俣町山木屋地区において、スギ人工林からなる2林分(31年生・15年生)と広葉樹混交林(コナラ及びアカマツ)を調査対象林分に選定し、樹冠通過雨、樹幹流、落葉等のセシウム137濃度を測定した。観測期間中(平成23年7月~平成29年12月)に樹冠から林床に移行したセシウム137は、スギ壮齢林、スギ若齢林、広葉樹混交林でそれぞれ191 kBq/m²、206 kBq/m²、67 kBq/m²であった。これらの移行量は、原発事故後に大気から沈着した総量の43.2%、46.6%、15.0%にあたる。樹冠から林床への放射性セシウムの年間移行量は、原発事故から5年間では時間経過とともに顕著に減少する傾向を示したが、平成28~29年度では同程度の移行量であった。

・グローバルフォールアウト Cs-137 を利用したコナラの移行係数推定

*三浦 寛, 益守 眞也, 高田 大輔, 関谷 信人, 成田 義人, 新田 響平, 中島 春樹, 相浦 英春, 小谷 二郎, 小倉 晃, 田野井 慶太郎, 中西 友子

第127回日本森林学会大会

[抄録]

森林の放射能汚染による数十年後のきのこ原木汚染を予測するために、石川、富山、秋田の3県のコナラ林でグローバルフォールアウトセシウム(GFO-137Cs)の分布を調査した。実生あるいは植栽された19~31年生コナラ林を各県3林分選定し、各林分で3個体のコナラの地上部3部位と地下部1部位およびその近傍のリターと土壌3層を採取し、Ge検出器により134Cs、137Csを測定した。秋田県の枝とリター試料からは福島原発由来の134Csが

わずかに検出された。GFO-137Cs 濃度は、土壌第 1 層 0-5cm が最も高く、第 2 層 5-15cm、第 3 層 15-30cm では急激に低下していた。リター層の濃度は土壌第 2 層と同程度であった。コナラ樹体中の濃度は枝<1cm、幹 6m 高、幹 0.5m 高、太根のいずれも低濃度であった。造成地 1 林分を除いた土壌第 1 層と幹 0.5m の濃度を用いた移行係数は 0.005~0.05 であり、福島県で原発事故後の 2014 年に調査したコナラ林に比べて、1/5~1/100 程度低かった。凝集移行係数についても算出し、汚染土壌で新たに生育したコナラのセシウム吸収について報告する。

・コナラ樹体中の福島原発事故由来の放射性セシウム分布

*三浦 覚, 高田 大輔, 益守 眞也, 関谷 信人, 小林 奈通子, 廣瀬 農, 田野井 慶太郎, 中西 友子

第 126 回日本森林学会大会

[抄録]

きのこ栽培に利用されるコナラの放射性セシウム濃度の将来予測に資するため、福島第一原発事故により放射性セシウムで汚染されたコナラ樹体中のセシウム分布を調査した。2014 年 3~4 月に、福島県田村市都路の 26 年生コナラ林において、3 個体の地上部と地下部をすべて伐倒掘り取りして現存量を調査し、部位別に分析試料を採取した。地上部はそのまま、地下部は洗浄したのちに乾燥させて、Ge 検出器により ^{134}Cs , ^{137}Cs , 40K を測定した。 ^{137}Cs 濃度は、地上部地下部ともに、細くて木部の割合が少ない試料ほどが高かった。細根の ^{137}Cs 濃度は 464~1,502Bq/kg で、枝(1,296~2,174Bq/kg)や樹皮(621~2,082Bq/kg)よりやや低いと同水準であった。 ^{137}Cs の現存量の地上部地下部分布割合は、40K の分布割合に比べて地上部の割合が 7~15%多く、事故により直接汚染した樹皮と事故後の新生枝に多く存在していた。本研究により樹体内への ^{137}Cs の広がりを調べる上で重要な初期データを得ることができた。しかし、樹皮から樹体全体への移動が平衡状態に達しているか否かや根からの吸収状況を知るには、さらなる調査が必要である。

・コナラの放射性セシウム移行係数と土壌の交換性カリウムの関係

*三浦 覚, 金指 努, 田野井 慶太郎, 福田 研介, 岩澤 勝巳, 伊東 諒祐, 益守 眞也, 小林 奈通子, 伊東 宏樹, 二瓶 直登, 長倉 淳子, 平井 敬三, 中西 友子

第 129 回日本森林学会大会

[抄録]

福島第一原子力発電所事故による森林の放射性セシウム(Cs)汚染により、東日本の広い範囲のコナラがシイタケ原木として利用できなくなった。本研究では、土壌の交換性カリウム(K)がコナラの Cs 吸収特性に及ぼす影響を明らかにするために、福島、茨城、千葉 3 県で原発事故後に更新されたコナラ萌芽林 33 林分で、コナラ萌芽枝の Cs-137 面移行係数と土壌の交換性カリウム(K)蓄積量の関係について調査した結果を報告する。萌芽枝の試料は、休眠期に各林分で 5 個体以上から当年枝を採取し Cs-137 濃度を測定した。土壌は、0-4cm または 0-5cm の深さから採土円筒で採取し、Cs-137 濃度、交換性 K を測定した。土壌の Cs-137 蓄積量は調査地全体で 10 倍の違いがあったが、面移行係数は土壌の交換性 K 蓄積量が大きいほど低下し両対数軸上で負の相関関係を示した。交換性 K が低い領域では Cs-137 のばらつきが大きかったが、交換性 K と当年枝の Cs-137 の面移行係数の関係は、土壌の汚染程度によらず同じ範囲に分布していた。コナラ萌芽林の放射能汚染レベルを推定する指標として、交換性 K と面移行係数の関係が広い汚染レベルの範囲で利用できることが示唆された。

・コナラとアカマツ樹体内の放射性セシウムの季節変化と林床処理の効果

*平野 堯将, 小林 達明, 高橋 輝昌, 鈴木 弘行, 恩田 裕一, 高橋 純子, 山本 理恵, 斎藤 翔

第 126 回日本森林学会大会

[抄録]

里山生態系内での放射性セシウム（以下 Cs）の動態を明らかにするため、川俣町山木屋地区の農家所有の里山と山木屋小学校の森林において樹体各部位と土壌の Cs を調査した。農家所有の里山では A0 層の除去処理を行い、土壌中の Cs の低下が里山生態系内にどのような影響を及ぼすのか調べた。コナラ・ミズナラは対照区で幹木部や葉の Cs 濃度が高かったのに対し、Cs 除去処理区では Cs 濃度が低いという関係が見られた。また、コナラとミズナラの全調査木の幹木部と樹皮の関係は見られなかったのに対し、幹木部と葉の間には明瞭な正の相関関係が見られた。そのため、Cs の吸収は経皮吸収によらず、主に根から吸収され、樹液流によって幹木部から葉に運ばれていると考えられる。一方、アカマツの葉の Cs

濃度は、コナラやミズナラに比べると低く、幹木部の Cs 濃度は著しく低かった。コナラの葉は展葉前の葉の Cs 濃度が最も高い傾向が見られたがアカマツには季節変化は見られなかった。また、コナラでは辺材、心材で Cs 濃度に大きな差が見られたのに対し、アカマツでは Cs 濃度に大きな差が見られなかった。

(4) 交換態カリウムがきのこのセシウム吸収に及ぼす影響について

既往の研究から、植物体や菌類においてはセシウムとカリウムの吸収が競合し、カリウムが多ければセシウムの吸収が抑制されることが示唆されており、カリウムによる交換態セシウムの吸収抑制効果は普遍的な事実であるとみなされている。土壌から樹木についての放射性セシウムの吸収については、ヒノキ¹⁾、コナラ^{2),3)}において、カリウムの施肥が樹木への放射性セシウムの移行を減少させることが示されている。

また、子実体の放射性セシウムの吸収とカリウムの関係については、土壌中の交換性カリウムが野生きのこ（ススケヤマドリタケ）の子実体へのセシウム¹³⁷の吸収抑制⁴⁾、菌床栽培しいたけにおいてカリウム濃度が高くなるに従って放射性セシウムの移行係数が低くなることが報告されている⁵⁾。

本事業においては、移行係数の検証事業にあたって、原木中の交換態カリウムの動態及び移行係数に及ぼす影響についても調査する必要性についても検討を行った。第1回委員会、第2回委員会において検討した結果、土壌から原木、原木から子実体への放射性セシウムの移行についてはカリウムの影響が大きいことについて有識者委員の意見が一致したが、一方で、原木中のカリウムの濃度の地域的な変動や、カリウムの濃度が移行係数に及ぼす影響を定量的に押さえる必要性については意見が分かれた。

このことから、原木から子実体への放射性物質の移行係数を検証する上ではカリウムの測定は必ずしも必須ではないものの、本事業で策定した実施計画では、カリウム測定を含めることを想定するものとした。

1) Potassium fertilisation reduces radiocesium uptake by Japanese cypress seedlings grown in a stand contaminated by the Fukushima Daiichi nuclear accident, (カリウム施肥は福島第一原発事故後に植栽したヒノキ苗木の放射性セシウム吸収を抑制する)

著者（所属）：小松雅史（国立研究開発法人森林総合研究所きのこ・森林微生物研究領域）・平井敬三・長倉淳子（同・立地環境研究領域）・野口享太郎（同・東北支所）

掲載誌：Scientific Reports, 7巻 15401（2017年11月15日）

<https://www.nature.com/articles/s41598-017-15401-w>

2) Potassium supply reduces cesium uptake in Konara oak not by an alteration of uptake mechanism, but by the uptake competition between the ions (カリウムの供給は、コナラガシのセシウムの取り込みを減少させるが、これは取り込み機構の変化ではなく、イオン間の取り込み競争によるものである)

著者 (所属) : Riona Kobayashi, Natsuko Kobayashi *, Keitaro Tanoi, Masaya Masumori, Takeshi Tange

* 東京大学大学院農学生命科学研究科・農学部

掲載誌 : Journal of Environmental Radioactivity 208-209 (2019) 106032,
<https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.106032>

3) Relationship between the activity concentration of ^{137}Cs in the growing shoots of *Quercus serrata* and soil ^{137}Cs , exchangeable cations, and pH in Fukushima, Japan (福島県におけるコナラの成長芽における ^{137}Cs の放射能濃度と土壌 ^{137}Cs 、交換性陽イオンおよび pH との関係)

著者 (所属) : Tsutomu Kanasashi (国立研究開発法人森林総合研究所立地環境研究領域), Satoru Miura (同・震災復興・放射性物質研究拠点), Keizo Hirai (同・立地環境研究領域), Junko Nagakura (同・立地環境研究領域), Hiroki Ito (北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場)

掲載誌 : Journal of Environmental Radioactivity 220-221 (2020) 106276

4) Spatial distribution of ^{137}Cs concentrations in mushrooms (*Boletus hiratsukae*) and their relationship with soil exchangeable cation contents (ススケヤマドリタケのセシウム 137 濃度の空間分布と土壌の交換性塩基濃度の関係)

著者 (所属) : 小松 雅史 (国立研究開発法人森林総合研究所きのこ・森林微生物研究領域)、鈴木 也実・小川 周太・太田 祐子 (日本大学)

掲載誌 : Journal of Environmental Radioactivity、2020年10月.
DOI:10.1016/j.jenvrad.2020.106364

5) 貧栄養条件下における菌床栽培シイタケのセシウムに対する移行係数

著書（所属）：平出政和（国立研究開発法人森林総合研究所きのこ・森林微生物研究領域）

掲載誌：第 69 回日本木材学会大会（函館） 2019 年 3 月 15 日 O15-P-03

（5）移行係数に影響を及ぼす要因について

既往の研究では、移行係数に影響を及ぼす要因は以下の 5 つであることが示唆されている。（令和 4 年 2 月 2 日第 1 回 ワーキンググループ会議：平出政和委員）

1. 種菌
2. 原木中の放射性セシウム濃度（イオン交換態のセシウム濃度）
3. カリウム等の栄養成分
4. 収穫回数
5. 子実体全体で評価するか、傘だけ評価するか

このうち 1～3 までは確実な要因と言える。

3. の栄養成分については、カリウム以外にも、窒素とリンも関係している可能性があるという研究結果が出ているが、移行係数に及ぼす影響は軽微であるといえる。原木の移行係数のばらつきは、原木内の窒素、リン、カリウムのうち、リンはあまり変動しておらず低い状態で一定になっている。それに対してカリウムは多めに含まれていて原木ごとのバラつきが非常に大きい。窒素はまだ調べていないが、それほど原木ごとの変動は大きくないのではないかと考えられる。少ない窒素、リンが基本的に移行係数のベースを決めて、さらにカリウムの多寡がバラつかせるのではないかと考えられることから、カリウムに着目していけばよい。

きのこに吸収されるセシウムの濃度については 5 つの要因でよいと思うが、セシウムの移行係数に何が効いているかという点では、原木中のセシウム濃度は効いていない。セシウム濃度に関係なく移行係数は、他の要因によって決まるけれども、原木中のセシウム濃度が多いか少ないか自体は、移行係数には影響しないというのが科学的な理解のしかたである。

交換態 137 セシウム*と交換態ではないものとの割合については、試験点数は少ないが一定ではないという結果が出ている。調べた限りでは辺材における全体のセシウム濃度に対する交換態セシウム 137 の割合は低いもので 60%、高いものはほぼ 100%であった。

以上の議論を経たうえで、本事業では交換態セシウムを測るのではなく、全セシウム濃度を

測るのが現実的であるとの結論に至った。

※交換態放射性セシウム：比較的弱く吸着されている放射性セシウムで、酢酸アンモニウム溶液で抽出することが可能なもの。抽出されない放射性セシウムは固定態と呼ばれる。

(6) 移行係数再検証の必要性について

前述の通り、原木から子実体への放射性物質の移行係数の最初の調査は、平成 23 年度及び 24 年度に行われ、対数正規分布、95 パーセンタイルで移行係数が 2 になるということで、原木の放射性物質濃度の当面の指標値が 50Bq/kg に定められ、現在に至っている。

しかしながら、2014～2015 年頃から、移行係数が 2 よりも高くなっているとする研究結果や、生産者からの意見も聞かれるようになってきた。その背景には、前述の「(3) 立木内の放射性物質の経年変化について」で示したように、時間の経過に従って原木内の放射性物質の分布が、よりしいたけの菌糸に吸収されやすい部位へと変化していることが主な原因と推察される。

また、前述「(2) きのか原木等流通の実態について」で実施したアンケート調査では、全体の回答を集計した結果では、過去に 50Bq/kg 以下の原木を使用して栽培し、100Bq/kg を超える子実体が発生したことがあるとした回答は 7.8%であった (p26) が、集計可能な地域によってはサンプル数が少ないながらも、19.0%、11.8%、9.3%となる地域もあった。また、現状の移行係数「2」に基づく原木の指標値は 50Bq/kg であるものの、実際の栽培現場では 0～20Bq/kg 未満の原木を使用している生産者が 80.5%を占めていることがアンケート調査から明らかとなった (p21)。しかし、適切な指標値についての明確な科学的根拠が得られるには至っていない。

現在の指標値設定の根拠となった平成 23 年度から 24 年度にかけての調査では、原子力発電所の事故直後のため、緊急性が高かったことから移行係数の検証に供されたサンプル数も限定的であり、また、上述のアンケート結果が示すように、原木の指標値 50Bq/kg は生産現場では実効性が乏しくなっていることが示唆されている。このため、2011 年以降に集積された学術的、技術的知見を活用し、改めて移行係数を調査することは、科学的な見地から重要であると考えられる。