

## 原木きのこ露地栽培におけるほだ場環境から子実体への 放射性セシウム追加汚染低減対策

小林勇介 長峯秀和 久保智裕 手代木徳弘

### 目 次

#### 要旨

I	はじめに	24
II	原木シイタケ露地栽培における被覆等による 子実体 $^{137}\text{Cs}$ 汚染低減効果の検討	24
III	原木ナメコ露地栽培における客土による 子実体 $^{137}\text{Cs}$ 汚染低減効果の検討	27
IV	おわりに	30
V	引用文献	30

### 要 旨

原木シイタケ・ナメコ露地栽培におけるほだ場環境から子実体への放射性セシウム ( $^{137}\text{Cs}$ ) 追加汚染対策を検討した。原木シイタケ露地栽培における汚染低減対策として、土壌からの汚染の低減を目的としたブロック敷き及び落葉や塵等からの汚染の低減を目的とした不織布等による被覆の効果を検証した。その結果、ブロック敷きによる子実体  $^{137}\text{Cs}$  濃度低減効果が確認された。一方、被覆による効果は確認されなかった。被覆の効果はより空間線量率の高い地域等で再度検証する必要がある。また、原木ナメコ露地栽培における汚染低減対策として、ほだ場への客土の効果を検証した。赤玉土を 10 cm の厚さに客土してほだ木を伏せ込んだ結果、初年度の子実体の  $^{137}\text{Cs}$  濃度は対照区に比べて大幅に低下した。このことから、地表面への客土が有効である可能性が示された。厚さ 10 cm の客土には多大な労力とコストが掛かることから、実用化のためには省力・低コストの手法を検討する必要がある。

キーワード：放射性セシウム、汚染低減、原木シイタケ、原木ナメコ

受付日 令和7年12月17日

受理日 令和8年3月26日

課題名 県産きのこの放射性物質汚染低減対策（平成30年～令和4年度）

## I はじめに

福島県ではシイタケ (*Lentinula edodes*)、ナメコ (*Pholiota microspora*) 等のきのこ類の原木栽培が行われてきた。しかし、2011 年 3 月に発生した東京電力福島第一原子力発電所（以下、原発）事故に伴う放射性物質の拡散により、原木栽培きのこ類の子実体から食品の放射性物質濃度の基準値 100 Bq/kg（厚生労働省 2012）を超える放射性セシウム（以下、 $^{137}\text{Cs}$ ）が検出される等の影響が生じた。事故から 14 年が経過した 2025 年現在でも、原木シイタケ露地栽培では、県内では浜通り及び中通りの 17 市町村、原木ナメコ露地栽培では 2 市で出荷制限が継続している（林野庁 2025）。子実体の  $^{137}\text{Cs}$  の汚染源としては、生産資材である原木のほか、ほだ場環境における落葉、土壌、雨水、塵等の追加汚染がある。本研究では、環境からの追加汚染に着目し、原木シイタケ露地栽培及び原木ナメコ露地栽培における子実体  $^{137}\text{Cs}$  濃度の低減対策を検討した。

## II 原木シイタケ露地栽培における被覆等による子実体 $^{137}\text{Cs}$ 汚染低減効果の検討

### 1 目的

既報においては、ほだ場の土壌や落葉からほだ木や子実体への  $^{137}\text{Cs}$  移行を防止する手法が検討されており、ブロック等の敷設や表層土壌の除去を行った上で、ほだ木を伏せ込む手法の有効性が示されている（岩澤 2016；平出 2018；成松ら 2021）。

これに加えて、これまで、落葉、雨水、塵等からの  $^{137}\text{Cs}$  移行を防止するためにほだ木を被覆する手法も試みられてきた。先行研究には、被覆の有効性が認められた報告（平出 2018；手代木ら 2021）と、必ずしも有効性が認められなかった報告（目黒ら 2018；山口ら 2017）があることから、被覆の有効性を再検証する必要がある。

また、生産現場において被覆を行う場合、単管パイプ等でほだ木を囲うようにやぐらを組み、やぐらを被覆する手法と、ほだ木に直接接触するように被覆する手法が想定される。本研究では、従来から有効性が確認されているブロックを用いる手法に加えて、上記 2 種類の被覆による手法の有効性を検証するため試験を行った。

### 2 試験方法

#### (1) 試験地

郡山市のスギ林内を試験地とした。試験地は原発から 61.20 km の地点に位置する。2019 年 12 月現在の空間線量率（地上高 1 m）は 0.25  $\mu\text{Sv/h}$  であった。

#### (2) 試験区の設定

四国産コナラ原木（長さ 90 cm）に、2019 年 3 月にシイタケ種菌（菌興 115 号、形成菌）を植菌し、ビニールハウス内で約 2 ヶ月間仮伏せした後、同年 5 月に試験区毎に伏せ込みを行った。試験区の概要を（図-1）に示す。対照区では、通常の栽培と同様に片方の木口を地表面に接触するように林内のスギに立てかけて設置した。ブロック区は、不織布（TN300、ポリエステル製、厚さ 3 mm、ユニチカ株式会社）を敷いた箇所にコンクリートブロック（390 mm×190 mm×100 mm）を置き、その上にほだ木を設置した。ブロック+被覆（接触）区はブロック区と同様にほだ木を設置した後

に、その上に不織布（ラブシート、ポリエステル製、厚さ 0.13 mm、ユニチカ株式会社）、防虫ネット（1 mm メッシュ）の順でほだ木に接触するように被覆し、被覆資材の両端を角材で押さえて固定した。ブロック+被覆（非接触）区は、ブロック区と同様にほだ木を配置した後、ほだ木を囲うように支柱を立て、その上から不織布及び防虫ネットをほだ木に接触しないように被覆した。なお、対照区では 1 箇所にはほだ木 8 本を、その他の試験区では 3 箇所にはほだ木 20 本ずつを伏せ込んだ。各試験地の状況を（写真-1）に示す。

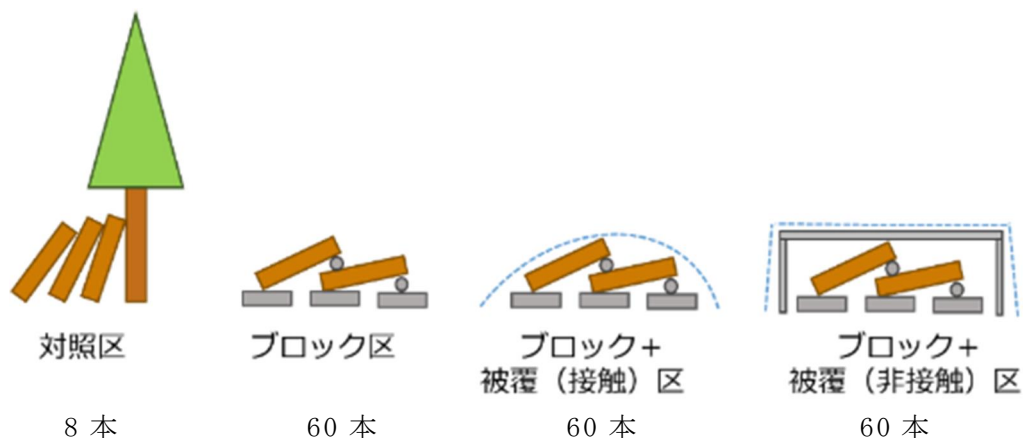


図-1 各試験区の概要とほだ木数



写真-1 試験区の状況写真（左から対照区、ブロック区、ブロック+被覆（接触）区、ブロック+被覆（非接触）区）

### （3）子実体の採取

2020 年及び 2021 年の春期に自然発生した 8 分開きの子実体をほだ木 1 本毎に採取し、子実体収量（g、生重量）を測定した。ほだ木 1 本毎の子実体収量（2020 年／2021 年）は、対照区：42.04±30.36 g／27.82±21.30 g、ブロック区：184.83±140.09 g／64.75±47.46 g、ブロック+被覆（接触）区：222.10±131.51 g／39.30±25.70 g、ブロック+被覆（非接触）区：96.08±106.81 g／41.41±37.35 g となった。被覆やブロックの施用によって収量が減少する傾向は認められなかったが、2021 年は 2020 年に対して子実体収量はいずれの区でも低下した。

### （4）試料調製と <sup>137</sup>Cs 濃度測定

2020 年に採取した子実体は試験区毎、2021 年に採取した子実体はほだ木 1 本毎に

まとめて試料調製及び測定を行った。子実体から石突きを取り除き、フードプロセッサ（TK440、テスコム電機株式会社）で粉碎・混合し、1.5 L容マリネリ容器に充填しNaI (T1) シンチレーションカウンター検出器（EMF211型ガンマ線スペクトロメータ、EMFジャパン株式会社）を用いて<sup>137</sup>Cs濃度を測定した。測定時間は、3,600～43,200秒とした。ほだ木1本毎に採取した2021年は検体が少量となるため90 ml容U8容器に充填しGe半導体検出機（SEG-EMS、セイコー・イーゲーアンドジー株式会社）を用いて<sup>137</sup>Cs濃度を測定した。測定時間は6,000秒とした。

<sup>137</sup>Cs濃度の測定値は基準日時点の<sup>137</sup>Cs濃度（Bq/kg）に $N_a = N_b(1/2)^{(t_a - t_b)/T}$ （アイソトープ手帳（11版）（社団法人日本アイソトープ協会））の式を用いて減衰補正した。ただし、 $N_b$ ：測定時の<sup>137</sup>Cs濃度（Bq/kg）、 $t_a$ ：基準日（2021年4月1日）、 $t_b$ ：測定日、 $T$ ：<sup>137</sup>Csの物理学的半減期（=30.1671年）とした。併せて、粉碎後の一部検体を定温乾燥機（DX602、ヤマト科学株式会社）により105℃で24時間乾燥後、乾燥重量を測定し含水率を算出し、子実体の<sup>137</sup>Cs濃度を、含水率90%での値に補正した。

なお、測定検体のうち、ブロック区の23検体中1検体、ブロック+被覆（接触）区の22検体中3検体、ブロック+被覆（非接触）区17検体中1検体がN.D.（測定下限値：2.04 Bq/kg）となった。

### 3 結果及び考察

各試験区の子実体<sup>137</sup>Cs濃度を（図-2）に示す。2020年は試験箇所毎に子実体の<sup>137</sup>Cs濃度を測定したためサンプル数が少なく統計的な比較は行えないが、対照区の<sup>137</sup>Cs濃度に対して、対策を実施した各区の<sup>137</sup>Cs濃度はいずれも低く、ブロック区、ブロック+被覆（接触）区、ブロック+被覆（非接触）区の順に低値となった。2021年はほだ木毎に子実体の<sup>137</sup>Cs濃度を測定したことで統計解析可能なサンプル数が得られた。その結果、対照区に比べてブロック区、ブロック+被覆（接触）区、ブロック+被覆（非接触）区の子実体<sup>137</sup>Cs濃度が有意に低下した（Tukeyの多重比較検定、 $p < 0.05$ 、<sup>137</sup>Cs濃度測定値が測定下限値以下（以下、N.D.）となった検体は除いて統計解析した）。ただし、ブロック区、ブロック+被覆（接触）区、ブロック+被覆（非接触）区の間では有意差は認められなかった。

ブロックを利用した3区の<sup>137</sup>Cs濃度は、対照区に比べて低かったことから、ブロック敷きによる子実体<sup>137</sup>Cs濃度低減への有効性が示された。今回の結果は、表層土壌を除去した上でほだ木を伏せ込む手法は子実体の<sup>137</sup>Cs濃度低減に有効であったとの報告（成松ら 2021）と同様の結果と考えられる。これはブロックでほだ木と地表面を隔離することで、土壌等に含まれる<sup>137</sup>Csがほだ木に移行することを防止できたためと考えられる。

一方、ブロック敷きに被覆を追加した区の子実体<sup>137</sup>Cs濃度は、被覆無しのブロック区との間に有意差は認められなかったことから（2021年）、被覆の有効性は確認できなかった。これまで被覆に関しては、子実体<sup>137</sup>Cs濃度低減に対して有効であった場合と有効でなかった場合が報告されている。被覆は落葉や雨水、塵等への対策

となるが、上層林分の状況や地形、事故からの経過年数、森林の<sup>137</sup>Cs汚染の程度により、対策の効果は変わりうる可能性がある。特に森林の<sup>137</sup>Cs汚染の程度が低ければ、落葉、雨水、塵等の<sup>137</sup>Cs濃度も低く、被覆の効果を検証できないと考えられることから、より空間線量率の高い地域での再検証が必要と考えられる。

なお、2年目の子実体収量は1年目に比べて大きく減少した。原因は不明であるが、収量の減少が各対策の効果に与えた影響は明らかではない。より安定した収量条件での再検証も必要と考えられる。

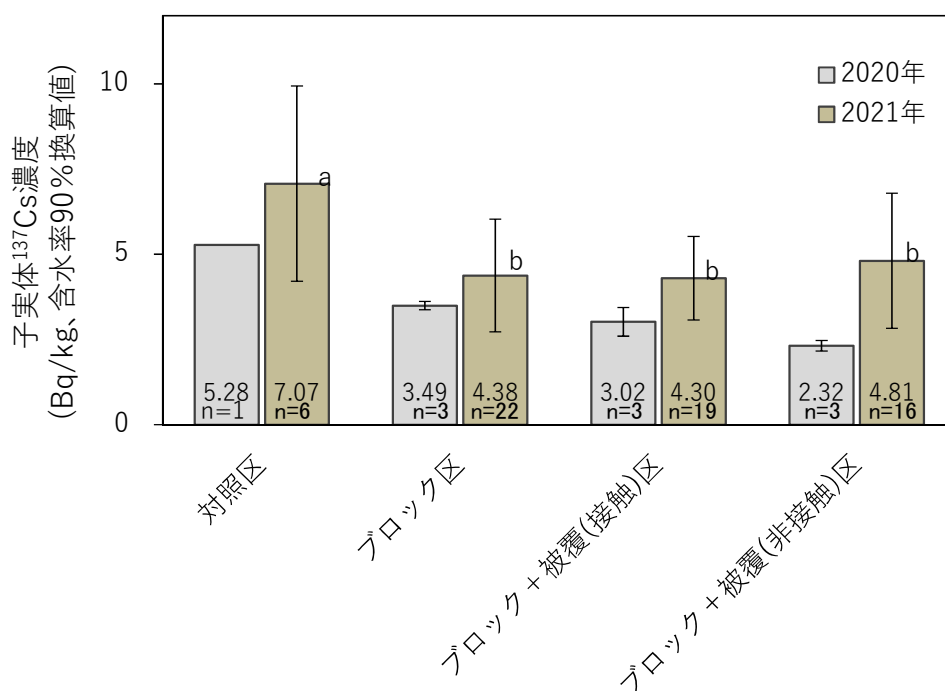


図-2 各試験区の子実体<sup>137</sup>Cs濃度

(棒グラフとエラーバーは平均±標準偏差を示す。試験区間(2021年)において、異なるアルファベット間で統計的有意差があることを示す(Tukey-Kramer,  $p < 0.05$ ))

### Ⅲ 原木ナメコ露地栽培における客土による子実体<sup>137</sup>Cs汚染低減効果の検討

#### 1 目的

地面に直伏せするナメコでは、シイタケに比べてより土壌からの<sup>137</sup>Cs移行の影響を受けやすい可能性がある。既報においても、地表面への対策が検討されており、地表から0~5 cmの表層土壌の除去(原口ら2016)、バーク堆肥とバーミキュライトによる表層土壌の置換(成松2019)の有効性が報告されている。当研究センターで実施した予備的な調査では地表面への客土により子実体<sup>137</sup>Cs濃度の低下傾向がみられた(久保2020; 手代木ら2021)。本研究では、地域を変えて再度客土の有効性を検証するため試験を行った。

## 2 試験方法

### (1) 試験地

相馬市のスギ林内を試験地とした。試験地は原発から 45.30 km の地点に位置する。2021 年 4 月現在の空間線量率（地上高 1 m）は 0.34~0.36  $\mu\text{Sv/h}$ 、土壌（深さ 0~5 cm）の乾燥重量あたりの  $^{137}\text{Cs}$  濃度は  $4443.7 \pm 2206.0$  Bq/kg であった。

### (2) 試験区の設定

県産サクラ原木（長さ 90 cm、 $^{137}\text{Cs}$  濃度：ND（測定下限値：生重量あたり 4.03 Bq/kg））に 2021 年 3 月にナメコ（森ナメコ 2 号、駒菌）を植菌し、ビニールハウス内で約 2 ヶ月仮伏せを行った後、2020 年 6 月に伏せ込んだ。

客土を行う客土区と対照区を試験地の傾斜方向に対してそれぞれ偏りがないうように 5 区画配置した。各試験区では設置前に刈り払い機により除草し、落葉を除去した。各区画は 2.4 m×1.5 m とし、高さ 30 cm の合板製の枠で囲った。対照区では区画内にほだ木を 10 本ずつ平行に並べて地表に接するよう伏せ込んだ。客土区は 10 cm の厚さとなるよう赤玉土（硬質赤玉土（細粒）、株式会社牧野、 $^{137}\text{Cs}$  濃度：乾燥重量あたり 1.89 Bq/kg 以下）を客土し、散水した後、対照区と同様にほだ木を伏せ込んだ。各試験区の状況を写真-3 に示す。また、西日の直射を防ぐため、アルミパイプで各試験区に高さ 1.5 m 程度のやぐらを組み、寒冷紗（遮光率 50 %、シルバー）を掛けた（上面及び 2 側面のみ寒冷紗を設置）。寒冷紗の覆いは積雪に耐えられないため、降雪の前に寒冷紗を外してほだ木の上に被覆し、翌春、再度寒冷紗をやぐらに掛けた。



写真-3 試験区の状況写真（左：対照区、右：客土区）

### (3) 子実体の採取

2022 年秋期に十分に子実体が発生したほだ木を 1 区画あたり 3 本抽出し、ほだ木 1 本毎に開傘した状態の子実体を採取した。ほだ木 1 本毎の子実体収量（g、生重量）は、対照区では  $270.10 \pm 70.69$  g、客土区では  $310.26 \pm 109.60$  g となった。なお、対照区については 5 区画のうち 1 区画で子実体の発生がなかったため供試数は 12 となった。

### (4) 試料調製と $^{137}\text{Cs}$ 濃度測定

子実体は水洗した後、ザルで水を切り、フードプロセッサー（TK440、テスコム

電機株式会社)で粉碎して、0.5 L 容マリネリ容器もしくは 100 mL 容 U8 容器に充填して測定試料とした。

測定試料の  $^{137}\text{Cs}$  濃度を NaI (T1) シンチレーションカウンター検出器 (EMF211 型ガンマ線スペクトロメータ、EMF ジャパン株式会社製) を用いて測定した。測定時間は、3,600~10,800 秒とした。 $^{137}\text{Cs}$  濃度は II の試験と同様の方法により 2022 年 10 月 1 日を基準日として減衰補正した。また、測定後の子実体の測定試料を直径 10 cm のガラス製シャーレに移し、定温乾燥機 (DX602、ヤマト科学株式会社) により 105°C で 24 時間乾燥後、乾燥重量を測定し含水率を算出した。子実体の平均含水率は 96.3% であったことから、全ての測定試料の  $^{137}\text{Cs}$  濃度を含水率 96.3% での値に補正した。なお、客土区の測定検体のうち、15 検体中 12 検体が N.D. (測定下限値: 4.20 Bq/kg) となった。

## 2 結果及び考察

各試験区の子実体  $^{137}\text{Cs}$  濃度を (図-3) に示す。客土区では対照区に対して、子実体  $^{137}\text{Cs}$  濃度が大幅に低下した。この結果は、表層土壌の置換や除去といった地表面への対策が有効であるとする既報 (原口ら 2016; 成松 2019) と同様の結果と考えられる。

原木ナメコ露地栽培の場合、地面にほだ木全体を直接接地させる。また、通常はほだ木あるいは地表面から発生するが、本試験においては地表面から発生した子実体が多かった。地表に一方の木口のみを接地させ、ほだ木から子実体が発生する II のシイタケ栽培にくらべると、地表面の影響をより強く受けると考えられる。そのため、客土の効果がより強く表れたと考えられる。

なお、本研究は 1 年間のみの実施である。原木ナメコ露地栽培は伏せ込み後、5 年程度栽培を継続するため、その後の環境からの追加汚染の影響等を調査する必要がある。また、本研究では厚さ 10 cm の客土を行ったが、資材費や資材運搬と客土の手間を考えると現実的ではない。本研究の後に、客土の厚さをより薄くした試験を継続して実施していることから、追って報告する予定である。

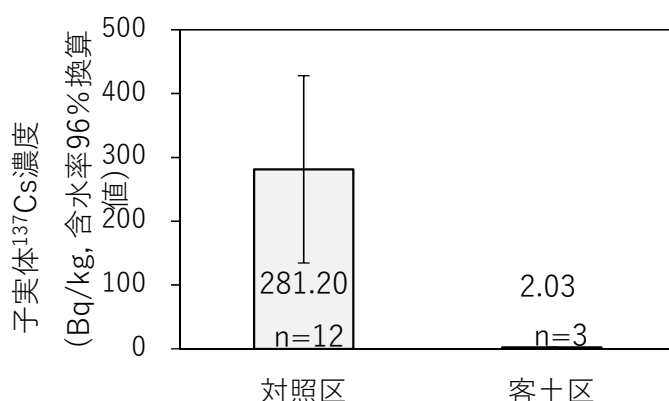


図-3 各試験区の子実体  $^{137}\text{Cs}$  濃度

(棒グラフと平均値を示す。対照区のエラーバーは標準偏差を示す。客土区は 12 検体が N.D. となった)

#### IV おわりに

原木シイタケ露地栽培における子実体の  $^{137}\text{Cs}$  汚染を低減する手法を検討した結果、既報と同様に地表とほだ木をブロックにより隔離する方法が有効であった。一方でほだ木への被覆の効果は本試験地では認められなかった。被覆の効果はより空間線量率の高い地域等で再度確認する必要がある。

また、原木ナメコ露地栽培における子実体の  $^{137}\text{Cs}$  汚染を低減する手法を検討した結果、無汚染の土壌を厚さ 10 cm で客土した上にほだ木を伏せ込む方法により、 $^{137}\text{Cs}$  濃度を大幅に低減することができた。ただし客土のコストや手間の負担が大きいため、より省力かつ低コストな手法を開発する必要がある。

#### V 引用文献

- 1) 原口雅人ら. 2016. ヒノキ原木栽培ナメコ中の環境放射性セシウム汚染の低減化. 日本森林学会誌. 98: 128-131.
- 2) 平出政和. 2018. 露地栽培による放射性物質の影響調査. 栽培管理等推進事業報告書: 平成 29 年度特用林産物安全供給推進復興事業. 日本特用林産振興会: 199-206.
- 3) 岩澤勝巳. 2016. 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・千葉県農林水産技術会議. <https://www.pref.chiba.lg.jp/lab-nourin/nourin/documents/sesiumugenbokusiitake.pdf>
- 4) 厚生労働省. 2012. 乳及び乳製品の成分規格等に関する省令の一部を改正する省令、乳及び乳製品の成分規格等に関する省令別表の二の(一)の(1)の規定に基づき厚生労働大臣が定める放射性物質を定める件及び食品、添加物等の規格基準の一部を改正する件について. 平成 24 年 3 月 15 日付け厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知; [2025. 8. 26 参照]  
[https://www.mhlw.go.jp/shinsai\\_jouhou/dl/tuuchi\\_120316.pdf](https://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/dl/tuuchi_120316.pdf)
- 5) 久保智裕. 2020. 原木ナメコ露地栽培における敷材による  $^{137}\text{Cs}$  汚染低減効果. 福島県林業研究センター放射線関連支援技術情報.  
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/378252.pdf>
- 6) 目黒渚ら. 2018. 原木しいたけ生産再開に向けた生産実証試験と原木林及びほだ場の汚染状況・生産物への放射性物質移行に関する基礎調査. 宮城県林業技術総合センター研究報告 第 27 号(2018): 37-54
- 7) 成松眞樹. 2019. ナメコ原木露地栽培の子実体の Cs 濃度と発生量に地表処理が及ぼす影響. 岩手県林業技術センター 林業技術情報. 97 (乾シイタケ No.65).  
<https://www2.pref.iwate.jp/~hp1017/>
- 8) 成松眞樹, 高橋健太郎. 2021. スギ林の A0 層除去が、シイタケ原木露地栽培のホダ木、子実体および土壌の放射性セシウムに及ぼす影響. 日本森林学会誌 103: 266-272.
- 9) 林野庁. 2025. きのことや山菜の出荷制限等の状況について; [2025. 8. 26 参照].

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/tokuyou/kinoko/syukkaseigen.html>

10) 手代木徳弘ら. 2021. 県産きのこの放射性物質の挙動と対策に関する研究. 福島県林業研究センター研究報告. 53.

<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/432084.pdf>

11) 山口晶子ら. 2017. きのこと類露地栽培における放射性セシウムの動態及び移行メカニズムの解明 (3) 各種の放射性セシウム吸着資材による原木シイタケへの移行抑制②林地被覆資材による Cs 移行状況. 茨城県林業技術センター業務報告(平成28年度) No.54. 39-40.