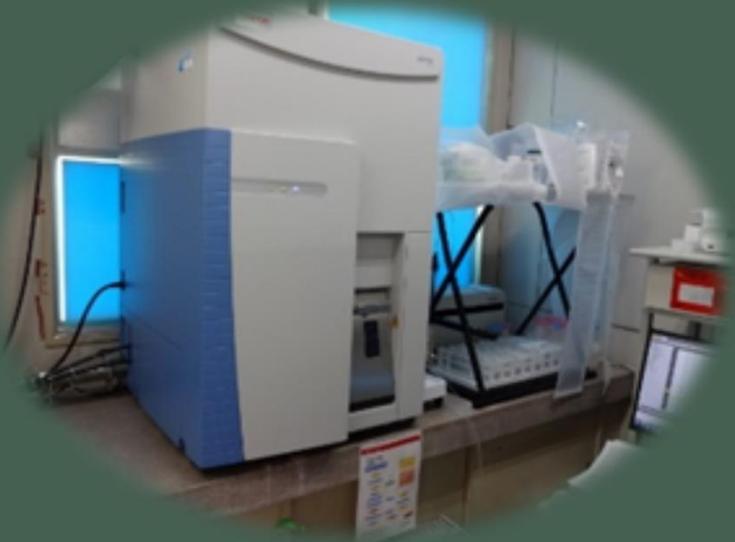




シイタケのカドミウム含有量の各国の規制と 輸出拡大に向けた低減技術について



令和7年3月

目次

1. はじめに	1頁
2. 我が国の原木シイタケの輸出の現状について	1頁
3. 各国のシイタケにおけるカドミウム含有量規制値について	2頁
4. 原木シイタケのカドミウム低減に資する調査・研究結果	3頁
5. まとめ	7頁
6. 引用文献	9頁

1. はじめに

シイタケは、東アジアで古くから食されてきた伝統的な食材であり、栄養価や機能性の高さから世界的に注目されています^{1), 2)}。特に、乾シイタケは、調理することで旨味成分であるグアニル酸を生成するとともに、レンチオニンという香気成分により独特の風味を醸し出すため、日本食には欠かせない重要な食材です。また、食物繊維が豊富で、整腸作用や生活習慣病予防効果が期待されています。さらに、紫外線照射によりビタミンD2を生成し、カルシウムの吸収を促進することで骨の健康にも貢献します。これらの健康機能性は人々の健康増進に大きく寄与することが期待されます。

一方で、シイタケは人体に有害なカドミウムを蓄積する傾向があることが知られています。一人当たりの消費量が少ないこともあり、シイタケのカドミウムの健康への影響はほとんどないと考えられ、日本や米国ではカドミウム含有量の規制値は設けられていません。しかしながら、EUなど一部の国・地域では、含有量の規制値を設け、さらに強化する動きがあることから、我が国からのシイタケの輸出拡大の障壁になる可能性があります。

「イノベーション創出強化研究推進事業（JPJ007097）、課題名・有害元素（放射性セシウム、カドミウム）低蓄積原木シイタケ品種の開発（令和2年度～令和6年度）」では、シイタケに含まれる有害成分であるカドミウムに着目し、研究開発を進めてきました。これは、国・地域間の食品安全基準の差異により、我が国のシイタケ輸出が制約を受ける可能性に鑑み、その対策を検討・検証するためです。シイタケは健康機能性に優れた食材であり、適正なシイタケ食は人々の健康増進に大きく貢献すると期待されます。本事業の成果が、我が国の原木シイタケの国内外における消費拡大および人々の健康増進に繋がれば幸いです。

2. 我が国の原木シイタケの輸出の現状について

原木乾シイタケは、かつて我が国の重要な輸出農林産品であり、昭和59年では200億円の輸出額を誇っていました。しかしながら、安価な中国産菌床乾シイタケの大量流入、過疎高齢化の進行等による国内生産力の低下に伴い、輸出量は減少の一途を辿り、令和4年度では輸出量36トン・輸出額1.9億円となっています。令和4年度の輸出先としては米国、香港、台湾、オランダ、サウジアラビアとなっています（表1）。一方で、表に記載はありませんが、カタール、アラブ首長国連邦等の中東諸国等への輸出も見られるようになり、輸出国の多様化が進んでいることもうかがわれます。これは、今までの中華料理や和食での利用だけでなく、世界的な健康志向の高まりとともに、ヴィーガンやハラルなどの多様な食生活への利用が拡大していることが理由として考えられます。また、香港、台湾では、花どんこや茶花どんこ等の高級品について日本産原木乾シイタケへの強いニーズがありますが、需要に見合う量を輸出できていないのが現状です。なお、冷蔵技術の発展に伴い、生シイタケの輸出も令和4年度にはシンガポール（11トン・11.7百万円）・香港（3トン・3.3百万円）・

クロアチア（1トン以下・0.3百万円）へ、少ないながら行われており、今後の進展が期待されています。

表 1. 乾シイタケの輸出動向

（単位：トン、千円）

国名	令和元年		令和2年		令和3年		令和4年	
	数量	金額	数量	金額	数量	金額	数量	金額
アメリカ	10	23,729	14	83,223	18	100,495	19	64,641
香港	16	96,374	12	72,361	14	96,237	11	79,581
台湾	5	22,023	2	23,968	5	32,879	3	25,971
オランダ	0	1,824	0	607	1	6,630	1	5,475
サウジアラビア	0	551	1	2,811	0	2,356	1	2,574
その他	3	17,807	4	37,231	2	16,615	2	14,095
計	33	162,308	33	220,201	41	255,212	36	192,337

令和4年 特用林産基礎資料 III-2 より

3. 各国のシイタケにおけるカドミウム含有量規制値について

前項で記述したようにシイタケは世界的な健康志向を背景に輸出先が多様化しています。一方で、シイタケは人体に有害であるカドミウム（Cd）を蓄積しやすい特性を有しており、特に原木栽培シイタケのカドミウム濃度は他の38種類の生鮮野菜・食品の平均値の約9倍という報告があり³⁾、その濃度範囲は0.17～3.31 mg/乾重 kg⁴⁾、0.46～1.98mg/乾重 kg（菌蕈研究所、未発表）であることが明らかにされてきました。国際食品規格の策定等を行っているコーデックス委員会は、現在までに精米、小麦、豆類など主要な食品中のカドミウム濃度に対する国際基準値を定めるとともに、「果菜類」の国際基準値は0.05mg/生重 kg（乾シイタケ換算値：0.35mg/乾重 kg）以下としています⁵⁾、シイタケを含む食用きのこは摂取量が少ないことから、この基準値の適用から除外されています。同様に、日本および米国⁶⁾ではシイタケに含まれるカドミウム含量の基準値は設定されていませんが、EU（0.15mg/生重 kg：1.05mg/乾重 kg（換算））⁷⁾、シンガポール（1mg/乾 kg）⁸⁾、香港（0.7mg/乾 kg 換算値）⁹⁾、台湾（2mg/乾 kg、2020）¹⁰⁾では基準値を設定しており、少ない事例ですが、輸出において積戻しも発生しています。今後、食用きのこに対する国際基準値の設定に向けた動きが活発化した場合、シイタケのカドミウム濃度が原木シイタケの輸出拡大の障壁となる可能性があります。

4. 原木シイタケのカドミウム低減に資する調査・研究結果

本事業において（一財）日本きのこセンター菌茸研究所は、原木シイタケのカドミウム含量についての現状、および、原木シイタケのカドミウム低減に資する研究開発を実施してきました。本稿では、その内容について紹介いたします。

【子実体および原木のカドミウム濃度と収量との関係】

— 1本あたりの収量が増加すると子実体カドミウム濃度は低下し、原木のカドミウム濃度が高いと子実体カドミウム濃度が増加する傾向がある。 —

コナラ原木を用いて、2022年4月に3品種の成型種菌を植菌し、同年9月にビニールハウスに取り込み、散水管理を行い、10月～翌3月まで子実体を採取しました。採取した子実体と原木内樹皮のカドミウム濃度を測定した結果、原木内樹皮のカドミウム濃度と子実体カドミウム濃度とは弱い正の相関（ $r = 0.38$ ）が認められました（図1B）。一方、乾重収量と子実体カドミウム濃度とは負の相関（ $r = -0.55$ ）が認められ（図1A）、乾重収量が10%増加すると子実体カドミウム濃度は3.8%減少することが重回帰分析の結果から推定されました。これらの結果から、子実体収量が多くなるほど原木内のカドミウムが多くの子実体に分配されるため、子実体の平均カドミウム濃度が低下することが明らかになりました。

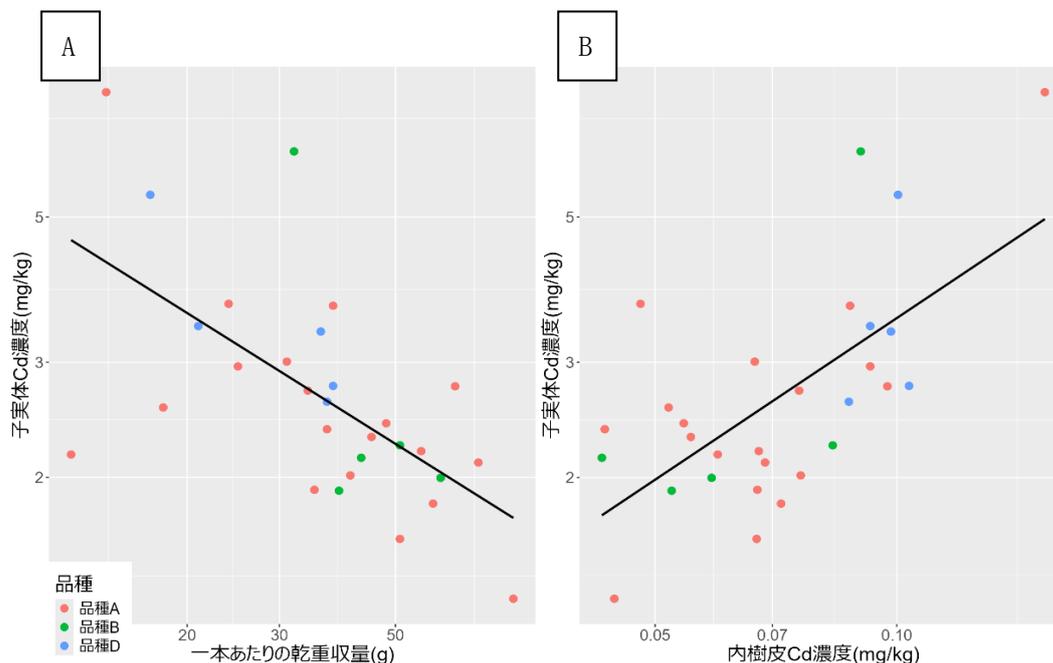


図1 子実体カドミウム濃度、ほだ木一本あたりの乾重収量および内樹皮カドミウム濃度の関係

【原木の立木中の高さの子実体カドミウム濃度の関係】

—立木の高い位置から採取した原木で栽培した子実体のほうが、地面に近い位置から採取した原木のものよりもカドミウム濃度が低い—

クヌギ立木から高さ別に約1mの長さに切取った原木を用いて、2021年4月に菌興115号の成型種菌を植菌し、2年ほだ木（2022年11月～2023年4月）と3年ほだ木（2023年11月～2024年4月）の子実体を採取しました。採取した子実体のカドミウム濃度を測定し、使用した原木の樹高別に比較した結果、立木の高い位置から採取した原木で栽培した子実体のほうが、地面に近い位置から採取した原木のものよりも、カドミウム濃度が低い傾向が認められました（図2上段）。一方で、原木のカドミウム濃度を測定した結果では、立木の高い位置から採取した原木のカドミウム濃度が、地面に近い位置から採取したものよりも高いという、反対の結果を得ています（データ未掲載）。そこで、それぞれの原木の材積あたりの収量を調査した結果、立木の高い位置から採取した原木のほうが材積あたりの収量が高いことが明らかになりました（図2下段）。本調査でも、収量性が高いほど子実体のカドミウム濃度が低下することが示され、前項の結果を支持する結果が得られました。

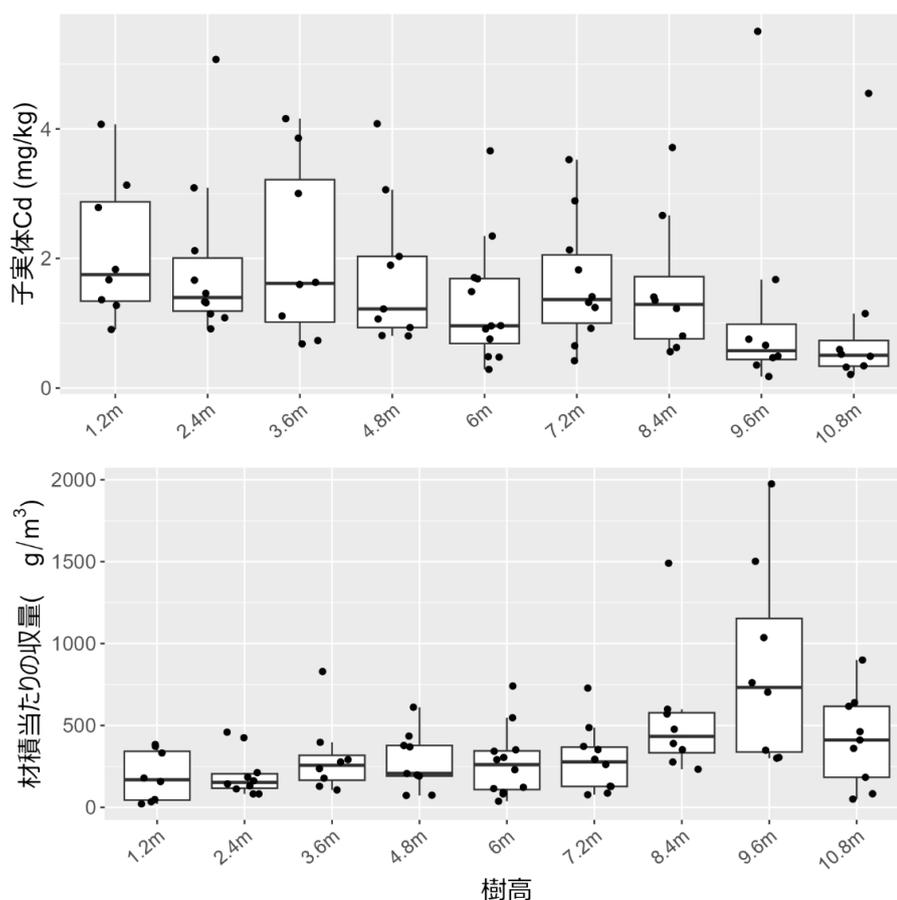


図2 原木の立木中の高さの子実体カドミウム濃度の関係

【子実体カドミウム濃度の年次変動】

—新ほだ木よりも古ほだ木の方が子実体のカドミウム濃度が低い。—

前項の試験における直径 188.5mm（樹高 1.2m）、直径 125mm（樹高 4.8m）、85.5mm（樹高 8.4m）の原木を用いて栽培した子実体のカドミウム濃度の年次変動を図 3 に示しました。年次変化（図 3）では、いずれの原木においても 2 年目のほだ木から採取した子実体のほうが 3 年目よりも高いことが分かります。これは、2 年目（初年度）の発生により、ほだ木内のカドミウム濃度が低下したため、3 年目では子実体のカドミウム濃度が低下したと考えられました。

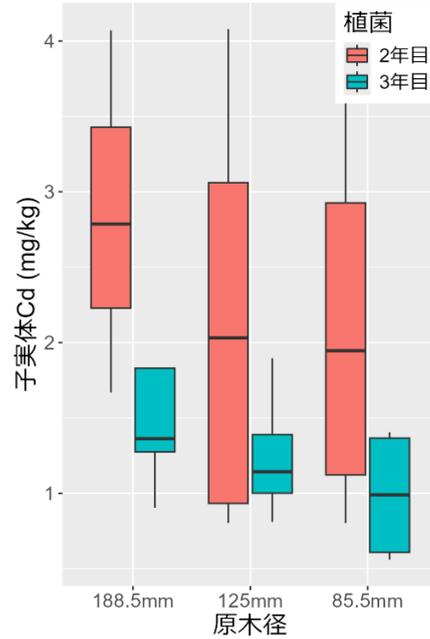


図 3 ほだ木齢と子実体カドミウム濃度の関係

【子実体カドミウム濃度の季節変動】

—各ほだ木の発生初期の子実体のカドミウム濃度が高い—

上記の原木を用いて栽培した子実体のカドミウム濃度の 2 年目ほだ木から採取した子実体カドミウム濃度の季節変動と乾重収量を図 4 に示しました。小中径木（直径 125mm、85.5mm）は秋季から発生が始まり、秋季と春季一回目の収穫物ではカドミウム濃度が高かったものの、春季の 2 回目以降の収穫で低下が認められています。また、大径木（直径 188.5mm）では秋期に発生は認められず、春季では中小径木と同様に 2 回目以降の収穫でカドミウムの低下が認められています。これらの結果は、秋季の子実体でカドミウム濃度は高い傾向がありますが、春季であっても各ほだ木での発生初期の子実体ではカドミウム濃度が高いことが明らかになりました。

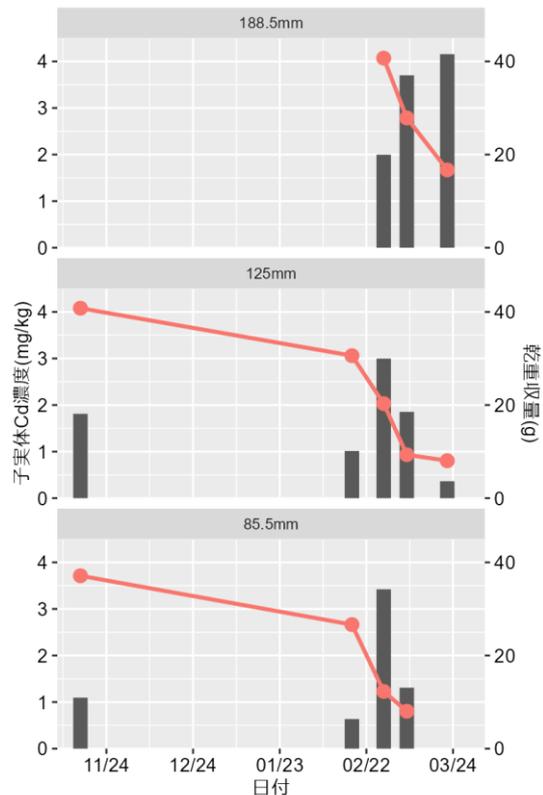


図 4 子実体発生時期と子実体カドミウム濃度の関係（折れ線：子実体カドミウム濃度、棒グラフ：乾重収量）

【子実体カドミウム濃度の樹種間差・地域間差】

5 県、計 25 戸の生産者から収集した 35 検体（3 品種・245 サンプルを含む）の子実体一個当たりのカドミウム濃度（傘のカドミウム濃度から推定）を図 5 に示しました。この結果、樹種ではクヌギ原木を使用して栽培した子実体のカドミウム濃度が、コナラ原木やアベマキ原木で栽培したものよりも低い傾向がありました。クヌギ、コナラ、アベマキなどの樹種間では材に含まれるカドミウム濃度には大きな差がないため（データ未掲載）、クヌギ原木を使用して栽培した子実体カドミウム濃度が低かったのは、クヌギ原木がコナラやアベマキ原木と比較して収量が高かったことに起因するものと考えられました。

なお、樹種別の EU 規制値超過割合はクヌギで 13.7%、コナラでは 65.7%でした。

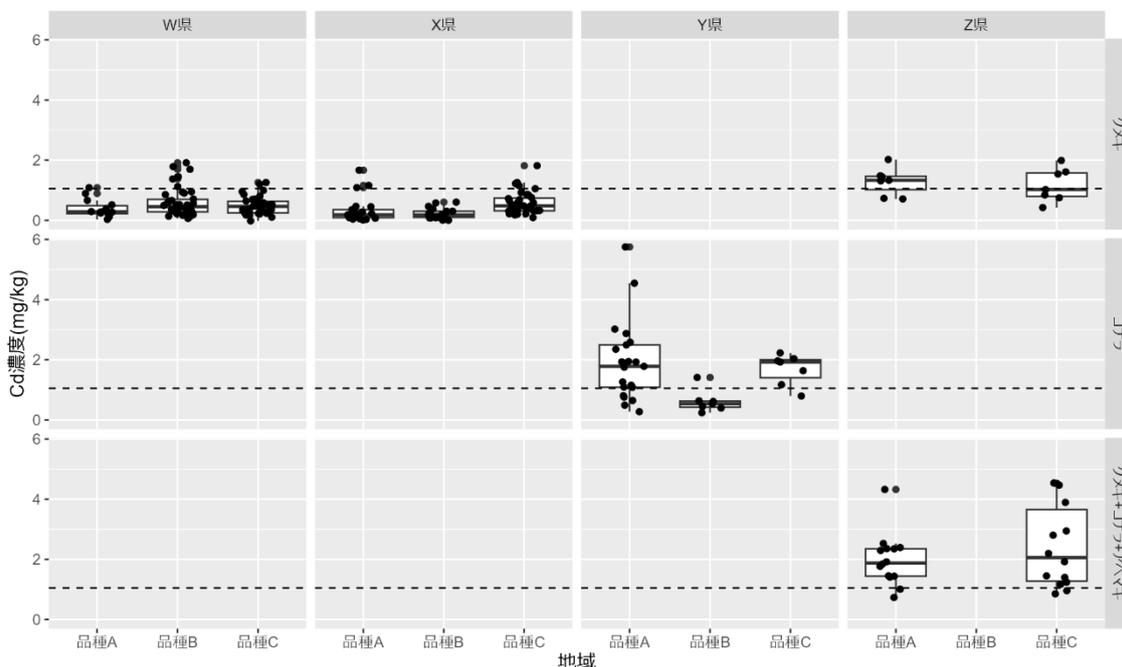


図 5 子実体カドミウム濃度の樹種間差・地域間差

破線:EU 規制値 (乾換算値 1.05mg/kg)

5. まとめ

本事業により以下のことが明らかになりました。

- 結果① 原木のカドミウム濃度が高いと子実体カドミウム濃度が増加する。
- 結果② 1本（材積）当たりの収量が増加すると子実体カドミウム濃度は低下する。
- 結果③ 立木の高い位置から採取した原木で栽培した子実体のほうが、地面に近い位置から採取した原木のものよりもカドミウム濃度が低い傾向がある。
- 結果④ 新ほだ木よりも古ほだ木の方が子実体のカドミウム濃度が低い。
- 結果⑤ 各ほだ木の発生初期の子実体のカドミウム濃度は高い傾向がある。
- 結果⑥ クヌギ原木を使用して栽培した子実体のカドミウム濃度が、コナラ原木やコナラ・アベマキ原木で栽培したものよりも低い傾向がある。

【原木と子実体カドミウム濃度の関係について】

カドミウム濃度が高い原木を用いて栽培すると、子実体カドミウム濃度が高まることが示されました（結果①）。土壌中のカドミウム濃度が高い地域から原木を収集し、カドミウム濃度を測定した結果、一部の原木でカドミウム濃度が高い傾向が認められました（データ未記載）。これらの原木を使用して生産した子実体を食用にしても、特に健康被害を与えるものではありませんが、輸出対象の品柄を生産した場合は積戻しの可能性は否定できません。そのため、輸出前提とした原木シイタケ栽培を行う場合は、使用する原木のカドミウム濃度を測定しておくことが望ましいと考えられます。

【収量と子実体カドミウム濃度について】

結果③と⑥は、結果②（収量と子実体カドミウム濃度の関係）に関連して導き出された結果だと考えられます。結果③については、立木の高い位置の原木はカドミウム濃度が、立木の株元の原木よりも高いにもかかわらず、採取した子実体のカドミウム濃度が低い傾向が認められました。これは高い位置の原木を用いた場合、材積当たりの収量が高くなり、子実体のカドミウム濃度の低減が認められたと考えられます。また、結果⑥については、クヌギ、コナラ、アベマキ原木のカドミウム濃度に大きな差が認められなかった（データ未記載）ため、クヌギ原木を用いた場合、コナラ原木やコナラ・アベマキ原木の場合より高い収量が得られることから、クヌギ原木を用いた地域の子実体濃度が低い傾向にあったと考えられます。これらの結果から、若木など年輪幅の広い良質な原木を使用し、適切な栽培管理を行い、高収量をあげることにより、シイタケのカドミウム濃度は低減できることが示されました。また、結果⑥から、適切な管理を前提に、収量性が高いクヌギ原木のほうがカドミウム濃度がより低減できると考えられます。

【ほだ木齢、採取季節と子実体カドミウム濃度について】

結果④より、ほだ木齢が進むと、そこから採取される子実体のカドミウム濃度は低下することが明らかになりました。これは、ほだ木内のカドミウムは子実体に吸収されるため、子実体が収穫されるたびに、ほだ木内のカドミウム濃度が低下することに起因すると考えられます。また、1シーズンでの、子実体のカドミウム濃度の変動を調査した結果（結果⑤）では、各ほだ木で最初に採取された子実体のカドミウム濃度が高い傾向が認められました。秋季に採取した子実体のカドミウム濃度が高い傾向があるとともに、秋季の発生が終わり、冬季の低温期間を挟んで、春季に発生が再開する場合や、秋季に発生がなく春季に最初に発生がみられるような場合は、春季であっても子実体のカドミウムが比較的高い場合が認められました。そのため、輸出製品の生産では、子実体の発生時期が類似する原木径毎やほだ木齢毎に栽培管理を行い、分別採取を実施し、特に新木の発生では発生初期の子実体は分別しておくことが望ましいと考えられます。

【今後の研究開発について】

本事業では、原木シイタケのカドミウム低減技術の開発を行うとともに、低減品種の開発を進めてきました。その中で、シイタケのカドミウム低減能には品種間差があることを明らかにするとともに、イオンビーム照射による突然変異処理によりカドミウム低蓄積能を有する菌株を取得することができました。取得した菌株を実用化するためには、カドミウム低蓄積能の再現性の確認や栽培特性調査を、今後さらに進めていく必要があると考えています。将来的には、カドミウム低減に資する栽培技術と品種を組み合わせ、カドミウムを含有しない国産原木シイタケの生産を実現し、輸出拡大に貢献していきたいと考えています。

6. 引用文献

- 1) Mizuno, T: Shiitake, *Lentinus edodes*: functional properties for medicinal and food purposes, *Food Rev Int*, 11, 109-128 (1995)
- 2) Lindequist, U: Medicinal mushrooms as multicomponent mixtures—demonstrated with the example of *Lentinula edodes*, *J Fungi* 10, 153 (2024)
- 3) 大江ら (1981) シイタケにおけるカドミウム濃縮性とその化学形について. *食品衛生学雑誌* 22:345-350.
- 4) Zhao et al. Identification of early-response genes involved in cadmium resistance in shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*), *Mycol Progress* 14, 114 (2015)
- 5) Codex Alimentarius Commission (CAC), General Standard for Contaminants and Toxins in Foods and Feed, CXS 193-1995
- 6) ジェトロ (訳文) アメリカ (総括的な法的水準なし):
https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/02/2016/6c14deb8dd925f90/us_heavymetals_rp201602.pdf
- 7) European Commission: maximum levels of cadmium in foodstuffs, COMMISSION REGULATION (EU) No 488/2014 of 12 May 2014 amending Regulation (EC) No 1881/2006, *Official Journal of the European Union*, L138, 75-79, (2014)
<https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>
- 8) Singapore government agency: FOOD REGULATIONS, SALE OF FOOD ACT (CHAPTER 283, SECTION 56) (2005) <https://sso.agc.gov.sg/>
- 9) ジェトロ (訳文) 香港 (0.1mg/kg(生) : 0.7mg/kg (乾換算) 2018):
https://www.jetro.go.jp/ext_images/world/asia/hk/law/pdf/CAP_132V_JP_201803.pdf
- 10) ジェトロ (訳文) 台湾 (2mg/乾 kg、2020):
https://www.jetro.go.jp/ext_images/world/asia/tw/foods/law/tw_sanitationstandard.pdf <https://www.jetro.go.jp/world/asia/tw/foods/exportguide/vegetables.html>

発行日：令和7年3月31日（第1版）

編集・発行：一般財団法人 日本きのこセンター菌蕈研究所

689-1125 鳥取市古郡家211

TEL：0857-51-8111、FAX：0857-53-1986

*本資料掲載内容を転載する際は、（一財）日本きのこセンター菌蕈研究所の許可を得てください。