

研究報告

液体培地を利用した菌糸体へのセシウム移行にかかる
カリウム、窒素の影響

小林勇介 小川秀樹

目 次

要旨	
I はじめに	18
II 試験方法	18
III 結果	20
IV 考察	21
V 引用文献	21

要 旨

本研究では、きのこの原木栽培及び菌床栽培における放射性セシウム (Cs) 移行抑制対策の基礎調査とするため、安定 Cs (非放射性) を加えた液体培地に、カリウム (K) 及び窒素 (N) を添加し、シイタケ菌糸体への安定 Cs 移行に与える影響を検討した。安定 Cs (塩化セシウム、1 ppm) を含む液体培地に、K (塩化カリウム) 及び N (酒石酸アンモニウム) をそれぞれ 0.25~1.0% の濃度で添加し、22°C で 56 日間培養を行った。培養後、菌糸体の安定 Cs 濃度及び菌糸体の絶乾重量を測定した。その結果、菌糸体中の安定 Cs 濃度は、K 添加量に応じて低下し、N 添加においてはいずれの添加量においても対照区の 1/2 程度に低下した。このことから、培地への K 及び N の添加は、菌糸体への安定 Cs の移行を抑制する可能性が示唆された。また、菌糸体の絶乾重量は、対照区に比べて K 添加区で低下し、N 添加区で増加したことから、培地への K 及び N の添加による菌糸体重量への影響は K と N でそれぞれ異なる可能性が示唆された。

キーワード：安定セシウム、セシウム汚染低減、シイタケ

受付日 令和7年11月28日

受理日 令和8年 3月26日

課題名 きのこの放射性セシウム移行メカニズムの解明のに関する研究
(令和5年~令和9年度)

I はじめに

福島県ではシイタケ (*Lentinula edodes*) の原木栽培及び菌床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事故により放出された放射性物質によって、原木栽培シイタケ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、県内の原木シイタケ露地栽培では、浜通り及び中通りの17市町村(2市町は原発から30 km圏内のみ)で出荷制限が継続している(林野庁 2025)。菌床シイタケの生産量は震災前に比べ回復したものの、県産オガ粉の培地への利用が低迷しており、需給量の96%が県外からの供給に依存している状況である(農林水産省 2024)。原木シイタケの出荷制限解除や県産オガ粉の菌床シイタケへの利用拡大のためには、子実体への¹³⁷Cs移行を低減する技術の開発が求められている。

既往の原木及び菌床の栽培試験の結果から、栽培資材に含まれる無機栄養成分が子実体へのセシウム(Cs)移行に影響する可能性が示されている(Hiraide et al. 2021; 杉本ら 2024)。しかし、原木や菌床の無機成分組成は複雑であり、またその濃度には個体差があるため、個々の栄養成分の影響のみを正確に把握することには限界がある。

そこで、原木や菌床栽培における無機栄養成分を利用した汚染対策の基礎調査とするため、培地の成分組成や濃度、培養環境を厳密に管理できる液体培地を利用して、カリウム(K)、窒素(N)が培地から菌糸体へのCs移行に与える影響を検討した。

II 試験方法

1 液体培地の調整

培地組成(N源)の違いが菌根菌等の菌糸体の安定Cs濃度に及ぼす影響を検討した小河ら(2015)の方法を参考に、表-1に示す基本培地を実験に用い、基本培地にK、N源を添加して培養試験を行った。

基本培地に添加する無機塩類は、N源は基本培地と同様に酒石酸アンモニウムとした。また、基本培地のK源は培地の主な無機塩類の1つであるリン(P)を含むことから、K源はPを含まない塩化Kとした。

基本培地に、KまたはNを重量比で0%(対照)、0.25%、0.5%、1.0%となるよう添加した培地を調製した。調製した培地は、対照区、K0.25%区、K0.5%区、K1.0%区、N0.25%区、N0.5%区、N1.0%区とした。各培地の繰り返し数は、対照区は6、その他の試験区は4とした。

クリーンベンチ内で各培地100 mlを、シリンジフィルター(ADVANTEC DISMIC-25CS020AS、孔径0.2 μm、アドバンテック東洋株式会社)によりろ過滅菌し、滅菌済みの200 ml容三角フラスコに分注した。

表-1 基本培地の組成

小川・河合培地（1Lあたりの成分）

ブドウ糖	10g
酒石酸アンモニウム	1g
リン酸2水素カリウム	1g
硫酸マグネシウム7水和物	0.5g
塩化カルシウム2水和物	0.0555g
クエン酸鉄	0.001g
硫酸亜鉛7水和物	0.0044g
硫酸マンガン4水和物	0.005g
ニコチン酸	0.0005g
葉酸	0.0005g
チアミン塩酸塩	0.0001g

* pHを一定に保つために2-メルホリノエタンスルホン酸（MES）

を50mMの濃度で加えた。

* 塩化セシウムを1ppmの濃度で加えた。

* pHは5.5に調整した。

2 菌糸体の培養

シイタケ菌（秋山 A-560）を平板培地（液体培地に寒天を重量比 1.5% 添加）で前培養した。菌叢の先端付近を、接種点から同心円状に直径 5 mm のコルクボーラーで打ち抜いて作成したディスク 3 個を、（1）で調整した液体培地に接種し、シリコ栓で封をした。

接種済みの各培地は、22℃に設定した恒温器（EYELA FLI-2000、東京理化学器械株式会社）内で、暗条件下で 56 日間培養した。

成長した菌糸体（写真-1）を回収し、アスピレーター（SP-20S、株式会社ハイテック）及びフィルター（MF-Millipore メンブレンフィルター、孔径 5.0 μ m、外径 47 mm、メルク株式会社）を用いて吸引ろ過した。その際に菌糸体に 20 ml の蒸留水を注いで洗浄した。その後、凍結乾燥機（TFD-550、株式会社宝製作所）を用いて 72 時間凍結乾燥させた。乾燥した菌糸体は電子天秤（TW432N、株式会社島津製作所）で重量を測定した。以上は、小河ら（2015）の方法と同様とした。

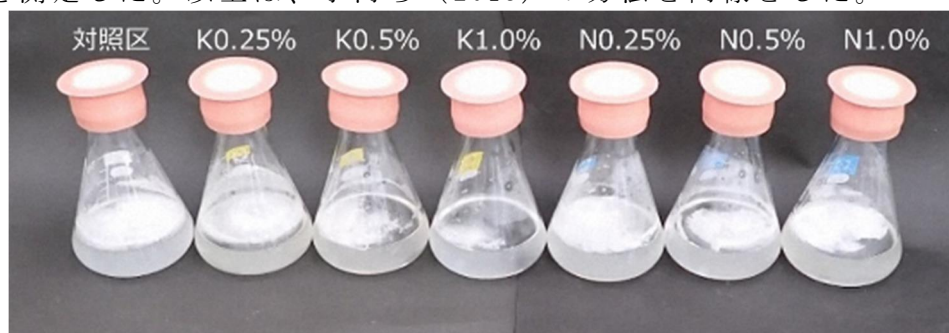


写真-1 培養後の菌糸体

3 菌糸体の安定 Cs 濃度測定

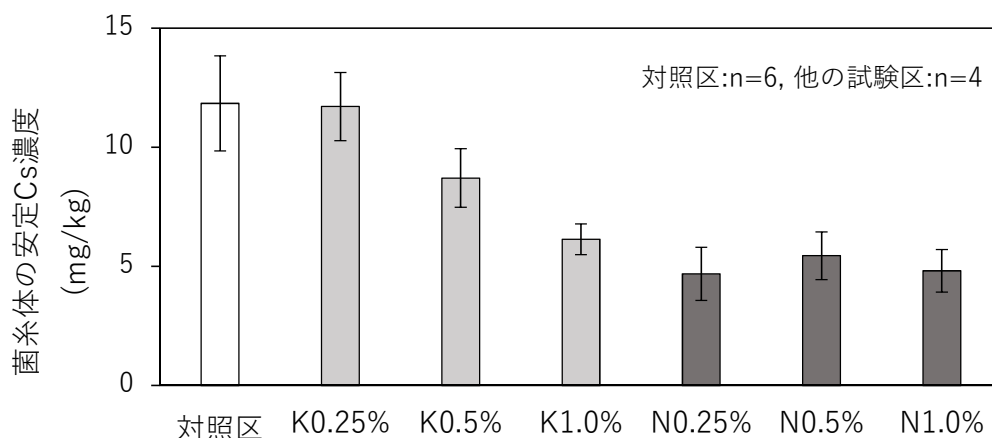
安定 Cs 濃度分析を行うための前処理として、次の方法により湿式灰化させた。乾燥菌糸体に 68% 硝酸を 4 ml 加えて一晩静置した後、ヒートブロック（試料酸分解システム Digi PREP Jr、ジーエルサイエンス株式会社）を用いて 110℃ で 60 分加熱した。その後 30% 過酸化水素を 1 ml 加え、再び液量がわずかになるまで 110℃ で加熱し、40 ml に定容した。

これを誘導結合プラズマ質量分析装置（7800 ICP-MS、アジレント・テクノロジー株式会社）を用いて安定 Cs 濃度（mg/kg）を測定した。

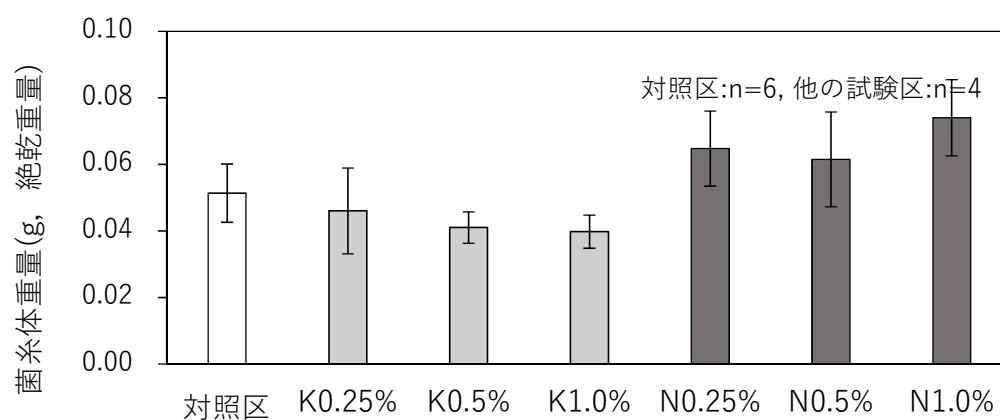
III 結果

菌糸体の安定 Cs 濃度の平均値を（図－1）に示す。K を添加した培地では対照区に比べ K 添加量が多い培地ほど低値となり、K1.0% 区は対照区の 1/2 程度となった。また、N を添加した全ての培地で、対照区に比べ安定 Cs 濃度は 1/2 程度となった。

菌糸体重量の平均値を（図－2）に示す。K を添加した培地では対照区に比べ K 添加量が多い培地ほど低値となった。一方で、N を添加した全ての培地で高値となった。



図－1 各試験区における菌糸体の安定 Cs 濃度



図－2 各試験区における菌糸体重量

IV 考察

培地への無機成分添加が菌糸体等への Cs 移行に及ぼす影響については、いくつかの先行研究がある。アカヒダワカフサタケ (*Hebeloma vinosophyllum*) を用いた液体培養試験では、Bannai et al. (2005) が培地への塩化 K 及び塩化アンモニウムの添加によって、菌糸体への放射性 Cs 移行が低下したことを報告している。また、Quyen Bao-thuy Ho et al. (2013) は、培地に硫酸アンモニウムを添加することで、菌糸体及び液体培地上に形成された子実体への安定 Cs 移行が低下したと報告している。

本研究においては、K 及び N の添加によって菌糸体の安定 Cs 濃度は低下する傾向にあった (図-1)。この結果は既報とも一致しており、K 及び N の添加によって菌糸体への Cs 移行を抑制できる可能性が示唆された。一方、K 添加量が増えるほど安定 Cs 濃度は低下したのに対して、N 添加量が増えても安定 Cs 濃度は大きく変化はしていない。このことから、K と N の添加濃度と安定 Cs 濃度の抑制効果の関係性は異なる可能性がある。

なお、小河ら (2015) は、アンモニア態 N または硝酸態 N を N 源とした 2 種類の培地で菌根菌及び腐生菌を培養し、菌糸体への安定 Cs 移行を比較した結果、硝酸態 N を用いた培地でより安定 Cs 移行が増加した菌種があったことを報告している。本研究では K 源として塩化 K、N 源として酒石酸アンモニウムを用いたが、異なる K 源や N 源を使用した場合には、結果が異なる可能性もあるため留意が必要である。

前述したアカヒダワカフサタケの研究では、塩化アンモニウム添加培地及び塩化 K 添加培地において菌糸体重量が対照区より高値となった (Bannai et al. 2005)。一方、ヒラタケ及びタモギタケの菌床栽培試験では、K 添加により子実体収量が低下した (原田ら 1997)。シイタケ菌を利用した本研究においては、K 添加において菌糸体重量は減少し、N 添加によって菌糸体重量は増加している (図-2)。これらの結果の差異の要因が、対象とする菌種や培地条件によるものかは本研究では不明であった。

本研究では、安定 Cs 濃度を検出可能な範囲とするため、培地中の安定 Cs 濃度は原木中濃度より高く設定した。今回の安定 Cs 添加濃度は 1 ppm (≒ 1 mg/kg、培地重量あたり) としたが、実際のコナラの幹の安定 Cs 濃度は 0.011~0.057 mg/kg (乾燥重量あたり) (Martin et al. 2019) よりも濃度が高い。また、放射性 Cs と安定 Cs では菌糸体内において挙動が異なる可能性もある。以上の点に留意することで、本研究結果を、実際の原木栽培および菌床栽培における K、N 添加による放射性 Cs 移行抑制手法検討の参考とすることができると考えられる。

V 引用文献

- 1) 原田 陽ら. 1997. タモギタケ栽培における培地添加物の影響. 林産試験場報 / 北海道立林産試験場. 11-1: 7-10
- 2) 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

Martin O' Brien et.al. 2019. Efficient sampling of shiitake-inoculated oak logs to determine the log-to-mushroom transfer factor of stable cesium. PeerJ. 7:e7825

Masakazu Hiraide. 2021. Factors affecting the cesium transfer factor to shiitake (*Lentinula edodes*) cultivated in sawdust medium. Journal of Wood Science. 67: 1-12

3) 農林水産省. 2024. 令和 5 年特用林産物生産統計調査結果. [2025. 8. 26 参照]. <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000040203326&fileKind=0>

4) 小河澄香ら. 2015. 異なる窒素源を加えて培養した時の菌根菌および腐生菌のセシウム吸収量. 関東森林研究. 66-2: 155-158

Quyen Bao-Thuy HO et.al. 2013. Caesium Uptake in Mushroom-Comparison with Coexisting Elements and Effect of Ammonium Ion as a Competitor, by Laboratory Experiments Using *Hebeloma vinosophyllum*-. RADIOISOTOPES. 62: 125-133

5) 林野庁. 2025. きのこと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>

6) 杉本恵里子ら. 2024. コナラの ^{137}Cs および K の立木間・立木内分布特性が原木栽培シイタケ子実体への ^{137}Cs 移行に及ぼす影響. 日本森林学会誌. 106: 311-318

Tadaaki Ban-nai et.al. 2005. Uptake of Radiocesium by Hypha of Basidiomycetes. Radiotracer Experiments. 6: 111-113