

ホダ木からシイタケ子実体への放射性セシウムの移行

今井芳典¹・石川洋一¹・齊藤佳緒里¹

¹ 栃木県林業センター

要旨：時間の経過に伴う移行係数の変化を評価するために、4つの調査を行った。①ほだ木全体と子実体の¹³⁷Cs濃度の関係を調査した結果、移行係数は 2.60 ± 1.14 , 3.25 ± 0.89 となった。②原木の各部位（樹皮、辺材、心材）と子実体の¹³⁷Cs濃度を調査した結果、材部（辺材、心材）との間に高い相関が認められた。③栄養体を含まないおが粉を用いて菌床栽培を行い、ほだ木と子実体の¹³⁷Cs濃度の関係を調査した結果、移行係数は 1.78 ± 0.48 となり、原木栽培より小さくなった。④林野庁2011～2012年の調査結果より、移行係数を求めると、 0.62 ± 0.54 となり、①と③の結果より有意に低くなっていた。移行係数が高くなっていた原因は¹³⁷Csがコナラ樹体のうち、菌が主に栄養として利用している辺材や心材内に取込まれたためと考えられた。今後、原木の指標値を見直す必要があると考えられる。

キーワード：放射性セシウム、移行係数、原木栽培、シイタケ

Transfer of radioactive cesium from shiitake log to shiitake fruit body.

Yoshinori IMAI¹, Yoichi ISHIKAWA¹, Kaori SAITOH¹

¹ Tochigi pref. Forest Research Center

Abstract: To evaluate temporal change of transfer factor from bed logs to Shiitake mushrooms, we conducted four surveys. ① Transfer factors of two lots from the whole logs to the mushrooms were calculated as 2.60 ± 1.14 and 3.25 ± 0.89 . ② High correlations were found with radiocesium concentrations in the mushrooms and those in timber parts (sapwood, heartwood) of the logs. ③ Transfer factors from sawdust-based media without additional nutrients to the mushrooms were calculated as 1.78 ± 0.48 . ④ Transfer factor calculated with data from the 2011-2012 surveys of Forestry Agency was significantly smaller than those from survey ① and ② in the present study. The reason why the transfer factor increases is suggested that radioactive cesium was absorbed in the timber parts of *Quercus serrata*, which are used as nutrients for the mushroom. It should suggest that the index value of log needs to be reviewed.

Key-word: radioactive cesium, transfer factor, log cultivation, shiitake mushroom

I はじめに

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所の事故により、東日本の広域の森林に放射性セシウムの汚染が引き起こされ、一部区域では原木栽培シイタケの出荷が制限された。林野庁は、原木栽培シイタケの放射性セシウム濃度については基準値(100Bq/kg)を超えないよう原木栽培シイタケの移行係数を2011-2012年に調査し、最大2、即ち原木栽培に利用可能な原木の指標値は

50Bq/kgに定められた(1)。

その後、移行係数に関する研究が進展し、子実体の放射性セシウム濃度は子実体が発生する辺材部の放射性セシウム濃度に強く影響を受けること(4)、事故後の時間経過により上昇傾向にあること(5)が報告されている。

原木の指標値が設定された時点では、降下した放射性セシウムによるホダ木の外部からの汚染が主であり、放射性セシウムの多くは樹皮部に付着していたと考えられ

る。一方、放射性セシウムの影響を受けた区域では、事故後の時間経過に伴い、原木となるコナラの経根吸収により放射性セシウムが樹体内を転流し、原木内部の濃度が高まっていること(2, 3)が示唆されている。しかし、部位別に変化しつつある放射性セシウムがシイタケ子実体にどのように移行していくのか、評価した事例はない。また、原木中の放射性セシウムの分布は一般的に不均質なものであるが、これを木粉にして均質化を図った際にシイタケへの移行にどう影響するのか、評価した事例もない。

そこで、原木栽培試験により、ホダ木から子実体への現在の移行係数を求めるほか、各部位（樹皮、辺材、心材）と子実体の¹³⁷Cs濃度を調査し、さらに、放射性セシウムの分布が原木に比べ、均一で栄養体を含まない木粉の菌床培地を用いて移行係数を調べる。これらから、ホダ木から子実体への放射性セシウムの移行係数を再評価し、安全な原木を確保するため原木の指標値の検討に資する。

II 材料と方法

1. ホダ木と子実体の放射性セシウムとの関係 (①試験)

2018年12月に栃木県内で伐採したコナラ原木に、2019年3月に菌興702(オガ菌)を22本(以下ロット1)、菌興702(駒菌)を15本(以下ロット2)植菌し、栃木県林業センター場内にあるビニールハウス内に伏せこんだ。その際、土壌に接することがないように、施設内の地面には砂利を敷いた。2019年11月19~20日にホダ木の浸水を行った。1本のホダ木から発生した子実体が、6分から8分開きに揃った時点で、同日に子実体を全て採取し、粉碎して試料とした。子実体採取後にホダ木は両木口面5cmを切除し、L=80cmを全て破砕し、木粉にして、そのうち容積2L分を試料とした。

子実体、ホダ木の放射性セシウム測定は、ゲルマニウム(Ge)半導体検出器γ線スペクトロメーター(食品・環境放射能測定装置 SEG-EMS, セイコーイーザーアンドジー社製)を用いて¹³⁷Cs濃度を測定した。含水率の測定はA&D加熱式水分計MX-50を使用し、ホダ木中の放射性セシウムは林野庁で示している指標値を算出する際の含水率である12%に、子実体は含水率90%に換算した数値で示した。なお、移行係数は次により算出した。

移行係数 = 子実体の¹³⁷Cs濃度 / ホダ木の¹³⁷Cs濃度

移行係数のバラツキを評価するために、ロットごとに平均値と標準偏差を求めた。

2. ホダ木部位別の放射性セシウム濃度と子実体の放射性セシウムとの関係 (②試験)

2018年12月に栃木県内で伐採したコナラ原木に、2019年3月に菌興702(駒菌)を11本植菌し、①試験と同様に伏せこんだ。子実体を①試験と同様に採取した後に、ホダ木は両端の5cmを切除し、部位(外樹皮、内樹皮、辺材、心材)により4分割し、部位ごとに粉碎し、試料とした。なお、試料調整、放射性セシウム濃度測定及び含水率の計測と補正は①試験と同様に行い、各部位から子実体への放射性セシウムの移行係数を求めた。

3. 菌床木粉培地とシイタケの放射性セシウムとの関係 (③試験)

栃木県内の4カ所で伐採したコナラ原木を剥皮し、材部のみを粉碎した木粉を原木産出地ごとにA~Dの4ロットに区分して菌床の培地材料とした(表-1)。

表-1. ③試験に用いた菌床の¹³⁷Cs濃度

Table 1. ¹³⁷ Cs concentration of mycelial blocks for ③test				
項目/ロット	A	B	C	D
培地作成時の ¹³⁷ Cs				
濃度 (Bq/kg)	20.4	24.8	51.9	105

培地は、栄養体を含めずに含水率を調整してミキサーで攪拌し、袋あたり1.0kgの菌床をロットあたり15個作成した。材料を充填してから、121℃で60分高圧滅菌し、シイタケ種菌(北研705L)を接種した。栃木県林業センター内の施設で1年6ヶ月~2年1ヶ月間培養し、2019年11月、2020年1月及び2020年6月に除袋し、浸水による発生操作を行った。子実体は菌床ごとに採りためて試料とした。子実体を採取した菌床は、粉碎し、容積1L分を試料とした。子実体の放射性セシウム測定及び含水率の計測と補正は①試験と同様に行った。また、菌床の放射性セシウム測定及び含水率の計測は①試験と同様に行い、菌床の放射性セシウム濃度は林野庁で示している指標値を算出する際の含水率である12%に換算した数値を用い、木粉培地から子実体への放射性セシウムの移行係数を求めた。

4. 林野庁データとの比較

現在の移行係数と比較を行うために、林野庁が2011年~2012年に行った調査結果(1)のうち、ホダ木の放射性セシウム濃度が300Bq/kg以下のデータを用いて、今回の①及び③試験の結果と比較した。ただし、林野庁が2011年~2012年に行った移行係数調査では、ホダ木及び子実体の放射性セシウムの測定対象は¹³⁴Csと¹³⁷Csとなっている。

III 結果及び考察

1. ホダ木と子実体の放射性セシウム濃度の関係 (①試験)

ロット1から子実体 22 試料, ロット2から子実体 15 試料を 2019 年 11 月 28 日~12 月 16 日に採取した。子実体の平均収量はロット1が 161g, ロット2が 188g, また, 子実体の平均個数は, ロット1が 11.3 個, ロット2が 21.5 個であった。ホダ木の ^{137}Cs 濃度平均値及び標準偏差はロット1が $26.1 \pm 9.31\text{Bq/kg}$, ロット2が $27.7 \pm 5.44\text{Bq/kg}$ に対し, これらのホダ木から発生した子実体の ^{137}Cs 濃度平均値及び標準偏差はロット1が $67.7 \pm 37.15\text{Bq/kg}$, ロット2が $87.9 \pm 22.52\text{Bq/kg}$ であり, 移行係数の平均値及び標準偏差はロット1が 2.60 ± 1.14 , ロット2が 3.25 ± 0.89 であった。ホダ木及び子実体の ^{137}Cs 濃度の測定結果を図-1 に示す。

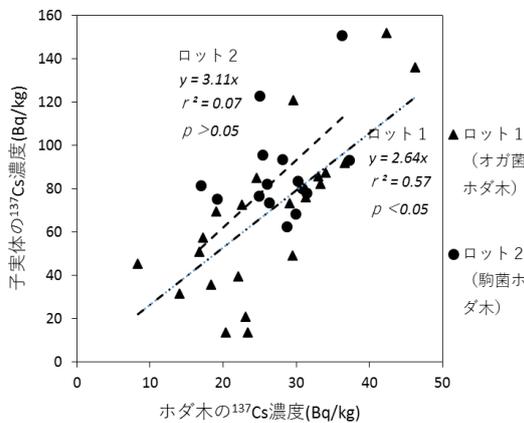


図-1. ①試験によるホダ木と子実体の ^{137}Cs 濃度
Fig.1 ^{137}Cs concentration of bed logs and fruiting bodies by ①test

ロット2では有意な相関とはならず, ^{137}Cs 濃度が 30Bq/kg 以下のホダ木から 100Bq/kg を超える子実体が確認された。また, ロット1とロット2の移行係数に有意差は認められなかった (t -検定, $p > 0.05$)。

2. ホダ木部位別の放射性セシウム濃度と子実体の放射性セシウム濃度の相関関係 (②試験)

②試験では, 試験対象 11 本のホダ木のうち子実体の発生が良好であった 8 本のホダ木から 2019 年 11 月 29 日~12 月 4 日に子実体を採取した。子実体の平均収量は 248g , 試験対象としたホダ木 1 本あたりの子実体の平均個数は 15.1 個であった。ホダ木及び子実体の ^{137}Cs 濃度の測定結果を図-2 に示す。

ホダ木部位別の ^{137}Cs 濃度は外樹皮が最も高く, 次の内樹皮であり, 辺材と心材という順であったが, 辺材と心材の ^{137}Cs 濃度に有意差は認められなかった (t -検定,

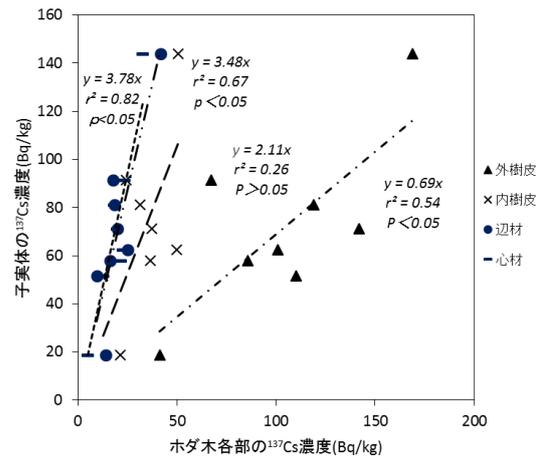


図-2. ②試験によるホダ木各部位と子実体の ^{137}Cs 濃度

Fig.2 ^{137}Cs concentration of each part of bed logs and fruiting bodies by ②test

$p > 0.05$)。

辺材と子実体及び心材と子実体の ^{137}Cs 濃度の相関は高く, それぞれ $r^2 = 0.67$, $r^2 = 0.82$ に対し, 外樹皮と子実体 ^{137}Cs 濃度の相関はそれぞれ $r^2 = 0.54$ と相対的には低かった。②試験からは, 子実体は材部との間の強い正の相関を確認した。これは先行研究 (4) と同じ結果を示し, その再現性を確認した。近年伐採されたコナラ原木は, 経根吸収によって材部の放射性セシウム濃度が高まるに伴い, 移行係数が高まっていると考えられる。また, ①試験でホダ木と子実体の ^{137}Cs 濃度の相関が低い場合がある理由として, ^{137}Cs 濃度が高い樹皮が影響している可能性があると考えられた。

3. 菌床木粉培地とシイタケの放射性セシウム濃度の関係 (③試験)

2019 年 11 月 18 日~2020 年 7 月 6 日にかけて 20 菌床から子実体を採取した。栄養体を含まない培地で栽培したことから, 子実体の平均発生重量は 1 菌床あたり 24.4g , 子実体の発生個数は 1 菌床あたり 1.6 個であった。子実体及び菌床の ^{137}Cs 濃度の測定結果を図-3 に示す。この試験では, 菌床培地の ^{137}Cs 濃度が 100Bq/kg を超過しており, ①試験のホダ木の ^{137}Cs 濃度と同程度ではないが, 菌床培地と発生する子実体の ^{137}Cs 濃度の相関は $r^2 = 0.96$, 移行係数の平均値及び標準偏差は 1.78 ± 0.48 であった。

②試験の結果から, 辺材と子実体及び心材と子実体の ^{137}Cs 濃度の相関は高かったが, 辺材と心材を培地材料に用いた③試験でもその傾向が確認された。

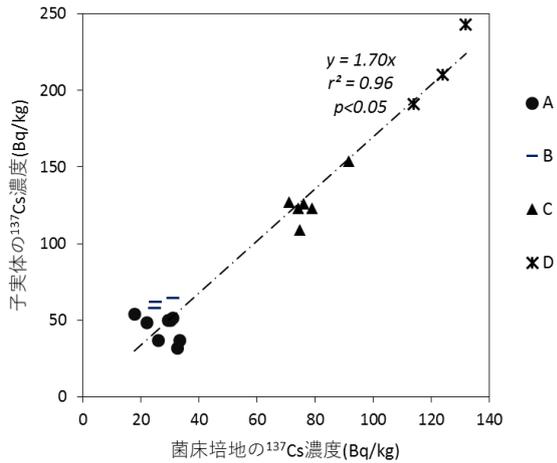


図-3. ③試験による菌床培地と子実体の¹³⁷Cs濃度
Fig.3 ¹³⁷Cs concentration of mycelial blocks and fruiting bodies by ③test

また、①試験による原木シタケの移行係数の平均値はロット1で2.60、ロット2で3.25であり、これらは菌床試験の移行係数に比べ有意に高かった (*t*-検定, *p* < 0.05)。

4. 林野庁データとの比較

林野庁が公表している48サンプルの測定結果(1)では、移行係数の平均値及び標準偏差は 0.62 ± 0.54 であった。そのうち、ホダ木の放射性セシウム濃度が300Bq/kg以下の林野庁のデータを抽出し、*y*切片0の回帰式を求めるとその傾きは0.46であったが、①試験では2.84、③試験では1.70と2倍以上に大きくなった(図-4)。

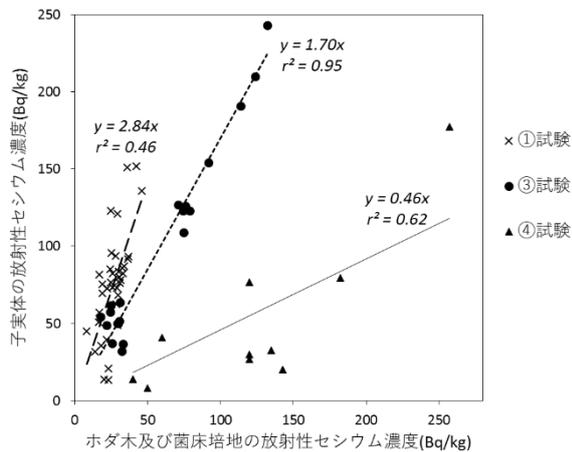


図-4. ①,③,④試験の放射性セシウムの測定結果
Fig.4 Radioactivity measurement results of ①,③ and ④test

それぞれの移行係数を求めると、林野庁のデータでは平均値及び標準偏差は 0.38 ± 0.22 に対し、①試験の37試

料で算出した場合は 2.88 ± 1.08 、③試験の20試料で算出した場合は 1.78 ± 0.48 となり、3つの間に有意差が認められた (*t*-検定, *p* < 0.05)。

2011~2012年に林野庁が調査した時点では、放射性セシウムが主にホダ木表面に降下した場合の影響を強く受けた移行係数であるのに対し、2018年に伐採した原木を使用した①試験の場合は、経根吸収により放射性セシウムが樹体内を転流し(2, 3)、原木内部の放射性セシウム濃度割合が高まった場合の移行係数と考えられる。

IV まとめ

今回の試験の結果からは、移行係数は上昇していると考えられた。また、原木から将来発生する子実体に含まれる放射性セシウムを予測するにあたっては、原木時の材部に含まれる放射性セシウムの濃度を組み入れた新たな指標値を設定し、これに応じた移行係数を用いて原木の適否判定を行うことが必要と考えられた。

なお、今後も特に材部の放射性セシウムが平衡状態に達しているかどうかの調査を継続していく必要があると考えられた。

謝辞：本研究は平成31年度特用林産物を活用した成長産業化支援対策により実施しました。日本特用林産振興会の関係者の方々の御協力に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- (1) 林野庁(2012)きのこ原木及び菌床用培地の当面の指標値の見直し案について(通知)
- (2) 林野庁(2018)放射性物質の現状と森林・林業の再生:4-5pp
- (3) 橋本 昌司・今村 直広・金子 真司・小松 雅史・松浦 俊也・仁科 一哉・大橋 伸太(2020)森林総合研究所研究成果選集10-11
- (4) 岩澤勝巳(2016)ホダ木各部位とシ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. 関東森林学会講演要旨集:24pp
- (5) 杉本恵里子・石川洋一・今井芳典・大橋洋二(2016)ホダ木中の放射性セシウム分布と移行係数. 日本きのこ学会講演要旨集:62pp