

菌床露地栽培ハタケシメジの2年間の子実体放射性セシウム濃度

2-year-monitoring of radiocesium concentrations in fruiting bodies of *Lyophyllum decastes* cultivated with a buried block technique

山口晶子*1

Akiko YAMAGUCHI*1

*1 茨城県林業技術センター

Ibaraki Prefecture Forestry Research Institute, To 4692 Naka Ibaraki 311-0122

要旨：ハタケシメジは、露地栽培の場合、菌床伏込当年だけでなく翌年も子実体が発生するため、子実体への放射性セシウム(以下Csという)移行特性を論じるには、2年間発生する子実体のCs濃度と培地(菌床)のCs濃度との関係を明らかにする必要がある。そこで、Cs濃度の異なる培地を用いて作製したハタケシメジ菌床を、プランター及びスギ林に伏込み、発生する子実体のCs濃度を2年間調査した。その結果、プランター及びスギ林における露地栽培において、2年目に発生する子実体のCs濃度は、培地のCs濃度の高低に関わらず、1年目の子実体よりも高いことが明らかになった。これは、時間の経過とともにハタケシメジ菌糸により培地の分解が進むと同時に培地中のCsが濃縮され、菌床から菌糸を通じて子実体へのCs移行量が増えたためと考えられる。

キーワード：ハタケシメジ、露地栽培、放射性セシウム濃度、推移

Abstract: Radiocesium concentrations in fruiting bodies of *Lyophyllum decastes* grown on mycelial blocks, which were made with media containing different radiocesium levels and buried in the Japanese cedar forest soil or Kanuma Soil in planters, were monitored for two years. As results, regardless of radiocesium levels in the media, radiocesium concentrations in fruiting bodies in the second flush were higher than those in the first flush. They suggested that radiocesium concentrated with media decomposing would be transferred via mycelia to the fruiting bodies.

Key-word: *Lyophyllum decastes*, outdoor cultivation, radiocesium contamination, monitoring

I はじめに

2011年3月に発生した東京電力福島第一原発事故から6年が経過したが、露地栽培の原木シイタケや野生きのこ類については、東日本の広範囲の地域において、未だ国の出荷制限や県の出荷自粛要請が継続している(7)。

一般的に、きのこ類は他の生物に比べて放射性セシウム(以下Csとする)を吸収しやすいことが知られている。村松らは、きのこのCs濃度は、腐朽性キノコに比べて菌根性キノコが高いことを報告している(4)。また、杉山ら(8)は野生きのこや原木・菌床栽培きのこについて、三宅ら(3)は、腐朽性きのこを菌床栽培した場合のCs移行係数を調査し、きのこの種類により、Csの移行しやすさには違いがあることを報告している。

今回、研究対象としたハタケシメジ(*Lyophyllum decastes*)は、茨城県において2001年から栽培技術の普及を県内で進めていた品目である。

大橋ら(5)は、栃木県内各地で野生のハタケシメジ子実体を調査した結果、Cs濃度が低い値で推移していたこと、またCsで汚染された剪定枝葉堆肥を使用して菌床栽培を行ったところ、培地から子実体への移行係数が0.031以下となり、国により示された原木シイタケの移行係数(2.0)と比較して非常に低い値であったことを報告している。筆者ら(9)も、Cs濃度の異なる木質培養基・バーク堆肥を混合して6段階のCs濃度が異なる培地を作製し、ハタケシメジ菌床としてプランターに伏せ込んで露地栽培した場合、菌床伏込当年に発生する子実体のCs濃度は、培地のCs濃度に比べて大幅に低くなることを報告している。

一方で、ハタケシメジは、林内など野外で菌床栽培を行う場合、土中に埋め込んだ年と翌年の2年にわたってきのこが発生する(2)。そのため、ハタケシメジ子実体へのCs移行特性を論じるには、菌床伏込当年に発生す

る1年目発生子実体だけでなく、2年目発生子実体のCs濃度と培地のCs濃度との関係を明らかにする必要がある。これまでの研究では、大橋ら(6)が、原木シイタケについて、栽培開始から約3年間の子実体のCs濃度を定期的に調査し、時間の経過とともに子実体のCs濃度が高くなる傾向があることを報告している。しかし、ハタケシメジ子実体のCs濃度の経年変化に関する調査事例はない。

そこで、本研究では、ハタケシメジ子実体におけるCs移行特性の経年変化を明らかにすることを目的に、プランター及びスギ林で露地栽培したハタケシメジについて菌床伏込当年及び翌年に発生する子実体のCs濃度について調査するとともに、プランター栽培については菌床のCs濃度を経年調査した。なお、本研究で用いるCs濃度は、Cs134とCs137の合計値である。

II 材料と方法

1. **プランター露地栽培試験** 2014年7月に、木質培養基としてCs濃度の異なるおが粉9種類(ND~3, 250Bq/kg・絶乾相当), 広葉樹樹皮堆肥3種類(ND(<23.8)~36.0Bq/kg・湿重), 栄養源として乾燥おから(ND(<14.4)Bq/kg・湿重)・小麦ふすま(ND(<12.3)Bq/kg・湿重)を準備した。木質培養基: 広葉樹樹皮堆肥: 栄養源=5:5:1(容積割合)で混合し, 含水率63%のCs濃度の異なる培地を6種類作製し, その時点のCs濃度を, 各区1試料ずつNaIシンチレーションスペクトロメーターで測定した(表-1, 2)。これら6種類の培地を, 菌床栽培用殺菌袋(サカト産業製)に2kgずつ充填し, 高压滅菌(121°C60分)し, 一晚冷却後, 市販のハタケシメジ種菌(北研製, 亀山1号)を接種し, 20°Cの培養室内で57~63日間培養した。

完熟菌床は, 2014年9月に, 55型プランター(内寸; 長さ55cm, 幅28cm, 高さ22cm)の底に鹿沼土大粒(50.0Bq/kg・湿重)を3cm厚で敷設した上に3個ずつ並べ, 菌床側面を広葉樹樹皮堆肥(36.0Bq/kg・湿重)で充填し, 菌床上面を底に敷設したものと同一鹿沼土大粒で覆う手法で伏せ込んだ。1種類の培地濃度に対して, プランターは3基作製し, 茨城県林業技術センター構内のサクラ並木(2014年11月の地上1m空間線量率0.08μSv/h)に設置した。

2. **スギ林露地栽培試験** 2015年7月に, 木質培養基としてCs濃度の異なるおが粉3種類(14.0~82.5Bq/kg・含水率12%相当), 広葉樹樹皮堆肥3種類(ND(<10.9)~114Bq/kg・湿重), 栄養源として小麦ふすま(ND(<12.3)Bq/kg・湿重)を準備した。プランター栽

培試験と同様に, 木質培養基: 広葉樹樹皮堆肥: 栄養源=5:5:1(容積割合)で混合し, 含水率63%のCs濃度の異なる培地を3種類作製した(表-3)。培地の高压滅菌, 種菌接種は2014年のプランター栽培試験と同様に実施し, 菌床は20°Cの培養室内で57~66日間培養した。

完熟菌床は, 2015年9月に, 茨城県林業技術センター構内のスギ林(2015年7月の地上1m空間線量率0.09μSv/h)において, 林床に深さ15cm程度の穴を掘り, 1処理区あたり6個ずつ並べて, 林内土(132±39.5Bq/kg・絶乾相当)で埋め込み, 栽培を開始した。1種類の培地濃度に対して, 3反復処理とした(表-3)。

3. **データ解析** プランター露地栽培試験では, 2014年秋(10~12月)及び2015年秋(9~12月)に発生した子実体のCs濃度を, また子実体発生終了後の2016年2月にプランターごとに掘りあげた菌床のCs濃度を調査した。スギ林露地栽培試験では, 2015年秋(10~11月)及び2016年春秋(5~6月, 10~12月)に発生した子実体のCs濃度を調査した。Cs濃度はゲルマニウム半導体検出器により測定した。菌床は1リットルマリネリ容器, 子実体は収穫できた子実体量に応じて, 1リットルマリネリ容器, U-8容器(100ml), 200mlまたは500ml円筒容器を用いて測定した。子実体及び培地はCs濃度を測定した後含水率を測定し, 子実体については含水率90%相当, 培地については含水率12%相当のCs濃度に補正した。

III 結果

1. **プランター露地栽培試験でのハタケシメジ子実体および培地の2年間の放射性セシウム濃度** 収量の2年間の推移については, 全処理区とも1年目に2年間の総収量の70%以上が発生した(表-1)。1年目発生子実体のCs濃度は, 培地Cs濃度が100Bq/kg未満の濃度1~3区ではCsが非検出となり, 300Bq/kg以上の濃度4~6区でも4Bq/kg程度と非常に低い値となった(表-2)。2年目発生子実体のCs濃度は, 全処理区において1年目発生子実体に比べてCs濃度が上昇傾向にあった。特に, 濃度4区及び6区においては, 2年目発生子実体のCs濃度が1年目子実体に比べて有意に高かった(t検定, p<0.05, 表-2)。

なお, 培地調整時と2年目子実体発生終了後の培地のCs濃度を比較すると, 全処理区とも子実体発生終了後のCs濃度の方が高く, 培地調整時の1.2~2.2倍となった(表-2)。

2. **スギ林露地栽培試験でのハタケシメジ子実体の2年間の放射性セシウム濃度** 収量の2年間の推移につい

ては、プランター栽培試験同様、全処理区とも1年目に2年間の総収量の70%以上が発生していた(表-3)。1年目発生子実体のCs濃度は、培地Cs濃度がNDの濃度1区ではCsが非検出であり、培地Cs濃度が100~200Bq/kgの濃度2,3区においても、子実体Cs濃度は10Bq/kg未満と非常に低い値であった(表-3)。2年目子実体のCs濃度は、全処理区において1年目発生子実体に比べて上昇しており、最も培地Cs濃度が高い濃度3区の2年目子実体のCs濃度は、1年目子実体に比べて有意に高かった(t検定, $p < 0.05$, 表-3)。

IV 考察

今回の調査から、プランター栽培、スギ林栽培を問わず、露地栽培した菌床ハタケシメジは、1年目に発生する子実体に比べて2年目発生子実体のCs濃度が高くなる傾向があることが明らかになった。

また、プランター露地栽培及びスギ林露地栽培で発生した子実体Cs濃度と培地Cs濃度から移行係数を試算すると、表-2,3のとおりとなった(非検出のものは検出限界値を用いた)。プランター栽培試験では濃度1区以外の5処理区で、スギ林栽培試験では濃度2,3処理区で移行係数の上昇が認められた。なお、今回試算したハタケシメジの移行係数は、プランター栽培の濃度3区については、板橋ら(1)が算出した0.53~0.54と同程度になったが、それ以外のプランター栽培処理区及びスギ林栽培の全処理区では、それよりも低い値となった。

1年目の子実体は、菌床を9月に伏込んでから約1か月後に発生が始まり12月までの約2か月間に総収量の7割以上が収穫される。そのため、子実体形成までの培養期間が短いこと、短期間に大量の子実体が形成されることにより、菌糸を通じた培地から子実体へのCs移行量は軽微であったものと考えられた。

一方、2年目の子実体のCs濃度が、1年目の子実体よりも高くなったのには、いくつかの原因が考えられる。まず、濃度1~3区では、伏込時に比べて培地Cs濃度が最大2.2倍、濃度4~6区では最大1.4倍になったこと、また2年目子実体の収量が、総収量の3割未満、少ない区画では5%を下回ったことから、1年目の子実体発生後、時間の経過とともに、菌床中に生育するハタケシメジ菌糸により培地の分解が進行して菌床の重量が減少して培地のCsが濃縮され、そのCsが2年目に発生した少量の子実体に移行したためと考えられた。

さらに、1年目子実体のCs濃度は、濃度6区のような高濃度培地であっても、最大Cs濃度が4.8Bq/kg(含水率90%値)であったのに対し、2年目子実体については濃

度2区のような低濃度の培地から発生した子実体でも16.5Bq/kg(含水率90%値)が検出されている。培地に硫酸カリウムとゼオライトの混合物を添加すると子実体にCsが移行しないという報告がある(1)ことから、1年間菌糸が成長する時に菌床中のカリウムが吸収され、2年目のカリウム濃度が低下したことがCs吸収に影響したことが可能性の一つとして考えられる。

いずれにせよ、2年目の子実体が発生する時期は、伏込から1年以上経過しており、ハタケシメジ菌糸が菌床中に濃縮されたCsを吸収したと考えられ、そのCsが菌糸を通じて子実体に移行したため、結果として2年目の子実体のCs濃度が上昇したのと考えられた。

引用文献

- (1) 板橋康弘・村野井友・入澤歩・木野康志・中島丈博・郡山慎一・木村栄一・嶋原隆(2015)食用きのこ類へ移行する放射性セシウムの低減対策Ⅱ. 日本きのこ学会大会講演要旨集19: 102
- (2) 菅野昭・西井孝文(2000)新特産シリーズハタケシメジ林内栽培・簡易施設栽培・空調栽培. 農山漁村文化協会, 東京, 91pp
- (3) 三宅定明・日笠司・浦辺研一・原口雅人・大村外志隆(2008)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: 753-757
- (4) 村松康行・吉田聡(1997)キノコと放射性セシウム. *Radioisotopes* 46: 450-463
- (5) 大橋洋二・石川洋一・長嶋恵里子(2014)栃木県内で採種された野生きのこの放射性セシウム. 日本菌学会大会講演要旨集58: 33
- (6) 大橋洋二・石川洋一・杉本恵里子(2015)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(汚染環境における無汚染ほだ木への影響調査). 栃木県林業センター業務報告46: 10
- (7) 林野庁(2017)きのこや山菜の出荷制限等の状況について.
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/tokuyou/kinoko/syukkaseigen.html>
- (8) 杉山英男・岩島清・柴田尚(1990)キノコ類およびその生息基質中における放射性セシウムの分布. *Radioisotopes* 39: 499-502
- (9) 山口晶子・小林久泰(2015)ハタケシメジ露地栽培における菌床から子実体への放射性セシウムの移行. 日本きのこ学会大会講演要旨集19: 10

表-1. プランター栽培試験における子実体収量の2年間の推移

Table 1 Two year monitoring of yield at a planter cultivation experiment

処理区名	培地調整時培地 Cs 濃度 (Bq/kg) *	プランター数	子実体発生プランター数		子実体収量 (g/菌床1個当たり)		収量比率(%) **	
			1年目	2年目	1年目	2年目	1年目	2年目
濃度1	20.0	3	3	3	486.4±44.8	107.4±35.7	82.1±4.4	17.9±4.4
濃度2	24.9	3	3	1	333.8±16.2	43.7	95.9±7.0	4.1±7.0
濃度3	66.5	3	3	2	443.2±96.3	20.0±17.3	95.5±4.2	4.5±4.2
濃度4	370	3	3	3	274.6±62.3	56.1±7.8	82.9±1.4	17.1±1.4
濃度5	334	3	3	3	363.4±40.6	90.7±54.6	80.4±10.5	19.6±10.5
濃度6	718	3	3	3	301.2±35.4	126.3±25.7	70.6±2.0	29.4±2.0

*培地 Cs 濃度は含水率 12%相当に補正して表示した。

**収量比率(%) =各年の子実体収量/2年間の子実体累積収量。プランター単位で算出。

表-2. プランター栽培試験における子実体 Cs 濃度及び試算された移行係数

Table 2 Two year monitoring of the radiocesium concentrations in fruiting bodies and transfer factors estimated from a planter cultivation experiment

処理区名	培地調整時培地 Cs 濃度 (Bq/kg) *	プランター数	1年目			2年目			
			子実体発生プランター数	Cs 濃度 (Bq/kg)		子実体発生プランター数	Cs 濃度 (Bq/kg)		移行係数 (最小-最大)
				子実体	移行係数*** (最小-最大)		子実体	培地	
濃度1	20.0	3	3	ND(<3.3~4.0)	<0.165-<0.200	3	3.71±0.56	43.0±7.66	0.081-0.097
濃度2	24.9	3	3	ND(<4.0~4.8)	<0.161-<0.193	1	16.5	53.9±12.8	0.295
濃度3	66.5	3	3	ND(<3.2~4.5)	<0.048-<0.068	2	46.7±8.84	80.1±8.83	0.519-0.728
濃度4	370	3	3	ND(<3.9~4.9), 4.0	<0.011-<0.013	3	53.9±9.31**	425±26.6	0.115-0.146
濃度5	334	3	3	ND(<5.0), 4.1~4.8	0.012-<0.015	3	68.8±45.2	408±45.6	0.041-0.241
濃度6	718	3	3	ND(<4.3), 4.3~4.8	<0.006-0.007	3	80.3±15.1**	984±16.8	0.067-0.100

*Cs 濃度は子実体が含水率 90%、培地が含水率 12%相当に補正して表示した。

**1年目子実体の Cs 濃度に対して2年目子実体の Cs 濃度が有意に高い区を示す。(t 検定 p<0.05)

***移行係数=プランターから発生した子実体の Cs 濃度 (ND の場合は、検出下限値を使用) /1年目は培地調整時、2年目は2015年秋にプランターから採取した培地の Cs 濃度、プランター単位で算出。

表-3. スギ林栽培試験2年間の子実体収量・Cs 濃度の推移及び試算された移行係数

Table 3 Two year monitoring of yield ,the radiocesium concentrations in fruiting bodies and transfer factors from an outdoor cultivation experiment

処理区名	培地調整時培地 Cs 濃度 (Bq/kg) *	区画数	1年目					2年目				
			子実体発生区画数	子実体収量 (g/菌床1個当たり)	収量比率 (%) **	子実体 Cs 濃度 (Bq/kg)	移行係数*** (最小-最大)	子実体発生区画数	子実体収量 (g/菌床1個当たり)	収量比率 (%)	子実体 Cs 濃度 (Bq/kg)	移行係数 (最小-最大)
濃度1	ND(<30.8)	3	3	233.9±78.5	72.2±9.8	ND(<3.6~5.4)	-	3	39.0±13.1	27.8±9.8	3.60±4.63	-
濃度2	101	3	3	383.9±216.9	71.7±7.2	5.09±1.06	0.038-0.056	3	64.0±36.2	28.3±7.2	9.17±5.00	0.025-0.167
濃度3	200	3	3	239.4±190.8	91.9±8.6	7.19±2.39	0.023-0.047	3	35.6±53.6	8.1±8.6	27.9±19.3****	0.060-0.249

*Cs 濃度は子実体が含水率 90%、培地が含水率 12%相当に補正して表示した。

**収量比率(%) =各年の子実体収量/2年間の子実体累積収量。区画単位で算出。

***移行係数=1区画から発生した子実体の Cs 濃度/培地調整時培地の Cs 濃度により区画単位で算出。

****1年目と2年目の子実体 Cs 濃度に有意差がある区画を示す(t 検定, p <0.05)。