

マダケおが粉を利用したシイタケ栽培

Lentinula edodes cultivation using bamboo sawdust

齊藤みづほ・國友幸夫

要旨

- ・シイタケ菌床栽培のコスト削減とマダケ材の有効利用を目的として、マダケおが粉の培地基材への混合割合、堆積期間、堆積場所について検討した。
- ・混合割合：空調栽培の場合、培地基材として広葉樹おが粉の25%（乾燥重量）をマダケおが粉に置き換えても、対照区と比較して子実体の収量・個数に差がみられなかった。一方、発生を自然栽培で行った場合、広葉樹おが粉の25%以上（乾燥重量）をマダケおが粉に置き換えたところ、収量が有意に減少した。
- ・堆積期間：空調栽培において、広葉樹おが粉の25%（乾燥重量）をマダケおが粉に置き換えた場合、対照区と比較して、マダケおが粉を13か月まで堆積したものを用いても、子実体の収量・個数に差がみられなかった。
- ・堆積場所：マダケおが粉は、屋外に5か月堆積しても使用可能であることがわかった。
- ・マダケおが粉はシイタケ菌床栽培で有効利用ができることがわかった。

キーワード：シイタケ、マダケおが粉、菌床栽培

I はじめに

きのこ菌床栽培は、中山間地域における重要な産業であるが、近年のきのこ生産者を取り巻く状況は非常に厳しい。2011年に発生した福島第一原子力発電所の事故以降、おが粉の価格や電気料金が上昇したことや、大規模企業参入によるきのこの価格低下などにより、中小規模のきのこ生産者の経営が圧迫されている。このような背景から、きのこ生産者にとって、コスト削減は大きな課題である。

一方、現在西日本を中心にタケノコ価格の暴落、竹材の代替資材の普及などを要因とする管理放棄により竹林が拡大している（鳥居・井鷲，1997；鳥居・奥田，2010など）。放置竹林は、隣接する田畑や、道路、民家などへ侵入し、被害をもたらすだけでなく、イノシシなどの野生動物に利用され、農作物や人的被害の拡大を助長している。

竹林の拡大は、群馬県内でも報告されており（大森，2014）、対策の必要性が高まっている。このような中、群馬県では2014年度から導入した「ぐんま緑の県民税」を財源とするぐんま緑の県民基金市町村提案型事業などにより竹林整備に着手している（群馬県環境森林部林政課，2017）。しかし、竹林整備で伐採した竹の処理が大きな問題となっている。伐竹作業よりも、その後の枝払い、玉切り、移動、棚積みなどに手間がかかること、また、竹の利用先も限られていることから、伐竹を林内に放置せざるを得ないケースが多々みられる（本多，2016）。このようなことから、伐竹の搬出を促すためには、竹材の新たな活用方法を見いだすことが重要と考えられる。

竹材の活用方法として、きのこ菌床栽培の培地基材としての利用も試みられているが（高島，2012

：日本特用林産振興会，2012：日本特用林産振興会，2013：日本特用林産振興会，2014：上辻・水谷，2015：高島ら，2016など）、モウソウチクを対象としている試験が多い。全国的にはモウソウチクの竹林が多くみられるが、群馬県では管理放棄によって拡大した竹林の大部分はマダケである（大森，2014）。群馬県はかつて全国有数の養蚕県で、養蚕用具にマダケ材が用いられたためと推測されている（大森，2014）。このことから、群馬県内の竹材の有効利用のためには、特にマダケについて検討する必要があると思われる。

マダケおが粉を用いた栽培については、シイタケ、マイタケ、アラゲキクラゲなど各種きのこへの適性を検討した試験（日本特用林産振興会，2012）や、シイタケの品種の違いによる適性などを検討した試験が行われている（日本特用林産振興会，2013）。しかし、生産者に対してマダケおが粉の利用を促進するような、実用に即した知見が依然として十分ではない。例えば、竹林の伐採シーズンは秋から冬にかけてであることから、マダケおが粉を安定供給するためには、1年以上の保管が栽培に与える影響の確認や、保管の簡易な屋外で堆積したマダケおが粉の利用方法の検討が必要と考えられる。

これらの点を明らかにするため、國友・松本（2016）は群馬県で生産量の多いマイタケの菌床栽培において、マダケおが粉の混合割合、堆積場所、堆積期間について検討した。さらに、本研究では、群馬県内で最も生産量が多い（2016年現在）シイタケの菌床栽培を対象に、マダケおが粉の培地への混合割合、堆積期間、堆積場所を検討した。混合割合については、県内で比較的多く行われる簡易ハウスを用いた自然栽培についても試験を行った。

II 方法

シイタケ菌床栽培を対象に、培地基材へのマダケおが粉の混合割合、堆積期間、堆積場所について空調下で試験を行った。また、混合割合については、簡易ハウスを用いた自然栽培による実証栽培も行った。いずれの試験も、培地基材が広葉樹おが粉100%の試験区を対照区とした。供試品種は森XR1号とし、培地の詰め重量は1.2kgとした。

本研究で用いたマダケおが粉は、NPO法人竹取物語より提供されたものを用いた（図-1）。このおが粉は、竹林で伐採したマダケを破碎・ふるい選別によりチップ化し、フレキシブルコンテナバッグへ



図-1 マダケおが粉

詰めて、堆積保存したものである。マダケおが粉は、仕上げとして目開き5mm弱のふるい掛けをしており、一部、縦方向にふるいの目を通過したと思われるやや長めのチップ（最長3cm程度）もみられる。

菌床の作成方法は次のとおりである。広葉樹おが粉とマダケおが粉を混合し（対照区は広葉樹おが粉のみ）、米ぬかとフスマを添加した後、水を加えさらに攪拌し培地とした。培地は栽培袋に詰め、高圧滅菌釜で中心温度が120℃になってから40分間滅菌を行った。その後一晩放冷し、供試菌を接種した。

培養は、温度23℃、湿度65%に設定した林業試験場実験棟内の培養室で、下記試験1～3については3か月間、下記試験4については102日間行った。

発生は、試験1～3においては、温度16℃、湿度90%、散水を1日30分間に設定した試験場実験棟

内の発生室で行い、試験4については、2016年11月7日から林業試験場内の簡易ハウスで行った（図-2）。簡易ハウスは、昼は遮光ネットの開閉で日差しを調整することによって加温し、夜間～朝方の極端な低温状態を避けるため、2月から温風機を使用した。温風機は、ハウス内の温度が9℃以下になった場合に稼働するよう設定した。散水は、基本的に毎夕刻行い、散水時間については、ハウス内や菌床の乾燥状態などを観察して、適宜調整した（0～60分間）。



図-2 簡易ハウス

いずれの試験も、1回目の発生は発生室または簡易ハウスへの移動と除袋の刺激のみで行い、2回目以降の発生は3～4週間ごとに菌床を16時間浸水させることによって行った。発生回数は5回とした。なお、試験4については、1回目の発生を約9週間行い、2回目以降は3～4週間ごとに菌床の浸水・発生を行った。

調査項目は、1菌床あたりの子実体平均収量（以下収量）、1菌床あたりの子実体平均発生個数（以下個数）とした。

1 マダケおが粉の培地基材への混合割合（試験1）

広葉樹おが粉の代替として、培地へ混合するマダケおが粉の最適な割合を決めるため、栽培試験を行った。

供試したマダケおが粉は、群馬県内で2014年3月、2015年3月に伐採したマダケをおが粉にし、屋内で雨に当たらないよう堆積保存したものである。堆積期間は、1か月または13か月とした。試験区、堆積期間、マダケおが粉の混合割合、培地含水率を表-1に示す。供試した菌床は、各試験区13菌床である。マダケおが粉25%区では、乾燥重量で広葉樹おが粉75に対しマダケおが粉25を混合し、50%区では乾燥重量で広葉樹おが粉50に対しマダケおが粉50を混合した。培地添加物は米ぬかとフスマを1：1（乾燥重量）で混合し、培地基材3に対し培地添加物1（乾燥重量）の割合で混合した。接種日は2015年5月13日である。

表-1 各試験区におけるマダケおが粉の堆積期間、混合割合及び培地含水率

試験区	堆積期間	混合割合	培地含水率 (%)
対照区	—	—	59
1か月25%区	1か月	25%	60
1か月50%区	1か月	50%	60
13か月25%区	13か月	25%	59
13か月50%区	13か月	50%	60

2 マダケおが粉の堆積期間（試験2）

竹林伐採のシーズンは主に冬であることから、きのこ生産者へマダケおが粉を通年で安定供給するためには、おが粉を長期間堆積しても使用可能であることが重要である。そこで、堆積期間の異なるマダケおが粉を用いて、栽培試験を行った。

供試したマダケおが粉は、群馬県内で2014年3月、11月、2015年1月、3月に伐採したマダケをおが粉にし、屋内で雨に当たらないよう堆積保存したものである。マダケおが粉は、堆積期間がそれぞれ異なっているものの、色や腐朽の程度に差はみられなかった。試験区、堆積期間、培地含水率を表

－2に示す。供試した菌床は、各試験区13菌床である。マダケおが粉を混合した試験区では、乾燥重量で広葉樹おが粉75に対しマダケおが粉25を混合した。培地添加物は米ぬかとフスマを1：1（乾燥重量）で混合し、培地基材3に対し培地添加物1（乾燥重量）の割合で混合した。接種日は2015年4月22日である。

表－2 各試験区におけるマダケおが粉の堆積期間及び培地含水率

試験区	堆積期間	培地含水率 (%)
対照区	－	59
1か月区	1か月	58
3か月区	3か月	59
5か月区	5か月	58
13か月区	13か月	58

3 マダケおが粉の堆積場所（試験3）

屋内だけでなく屋外に堆積したマダケおが粉を用いても、栽培に支障がなければ、施設のスペースに限りがある生産者にとって使い勝手が良く、マダケおが粉の普及に繋がると考えられる。そこで、1か月及び5か月間、屋内と屋外へ堆積したマダケおが粉を用いて、栽培試験を行った。

供試したマダケおが粉は、群馬県内で、2014年11月、2015年3月に伐採したマダケを破砕・ふるいがけし、屋内と屋外に堆積保存したものである。屋外の環境は、地面にコンクリートが敷設してあり、上方に遮るものがなく、雨天時には雨が当たる場所である。屋内と屋外に堆積したマダケおが粉は、腐朽の程度が異なるといった差異がみられなかった。試験区、堆積場所、堆積期間、培地含水率を表－3に示す。供試した菌床は、各試験区13菌床である。マダケおが粉を混合した試験区では、乾燥重量で広葉樹おが粉75に対しマダケおが粉25を混合した。培地添加物は米ぬかとフスマを1：1（乾燥重量）で混合し、培地基材3に対し培地添加物1（乾燥重量）の割合で混合した。接種日は2015年4月28日である。

表－3 各試験区におけるマダケおが粉の堆積場所、堆積期間及び培地含水率

試験区	堆積場所	堆積期間	培地含水率 (%)
対照区	－	－	58
屋内1か月区	屋内	1か月	58
屋内5か月区	屋内	5か月	58
屋外1か月区	屋外	1か月	57
屋外5か月区	屋外	5か月	57

4 マダケおが粉混合割合別実証栽培（試験4）

群馬県内では、通年で空調を用いてシイタケ菌床栽培を行う方法以外に、簡易ハウスにおける自然栽培も多い。そこで、簡易ハウスにおいて、マダケおが粉の混合割合別に実証栽培試験を行った。

供試したマダケおが粉は、群馬県内で2016年6月21日に伐採したマダケをおが粉にし、雨の当たらない屋内で1か月堆積保存したものである。試験区、混合割合、培地含水率を表－4に示す。供試した菌床は各試験区37菌床である。培地添加物は、米ぬかとフスマを1：1（乾燥重量）で混合し、培地基材3に対し培地添加物1（乾燥重量）の割合で混合した。接種日は2016年7月28日である。

表－4 各試験区におけるマダケおが粉混合割合及び培地含水率

試験区	混合割合（乾重比）		培地含水率（%）
	広葉樹おが粉	マダケおが粉	
対照区	100	0	62
10%区	90	10	60
25%区	75	25	60
35%区	65	35	60
50%区	50	50	60

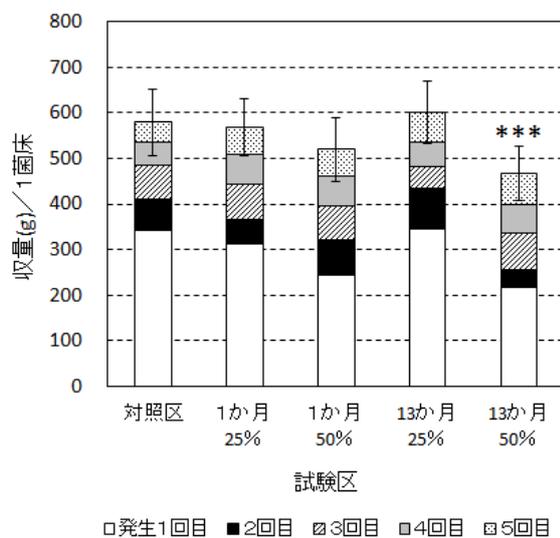
Ⅲ 結果

1 マダケおが粉の培地基材への混合割合（試験1）

図－3 に1菌床あたりの収量を示す。発生操作5回の合計収量は、対照区と比較すると1か月50%区及び13か月50%区の収量が少ないようにみえた。しかし、対照区と各試験区間で検定を行った結果、13か月50%区は収量が有意に少なかったが、1か月50%区と対照区の間は有意差がみられなかった（Dunnett検定； $p>0.05$ ）。また、同様にそのほかの試験区と対照区間も有意差はみられなかった（Dunnett検定； $p>0.05$ ）。

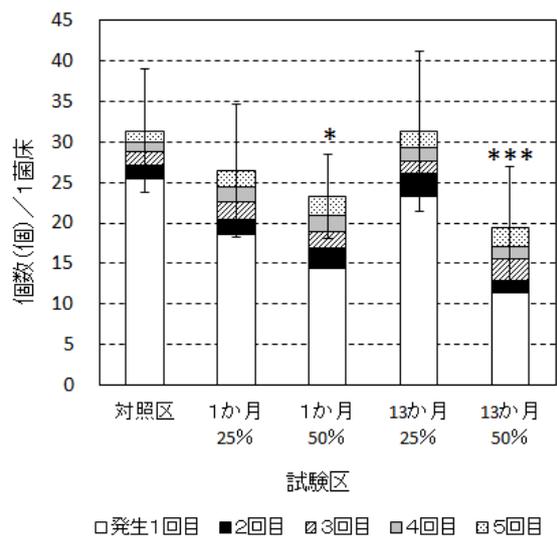
図－4 に1菌床あたりの個数を示す。5回の発生操作合計個数は、対照区と比較して、1か月25%区、1か月50%区、13か月50%区の個数が少ないようにみえた。対照区と各試験区間で検定を行ったところ、1か月25%区は有意差がみられなかったが（Dunnett検定； $p>0.05$ ）、1か月50%区、13か月50%区は有意に個数が少なかった。

図－5 に各試験区から収穫された子実体の写真を示す。マダケおが粉の割合が高くなっても、子実体に奇形等はみられなかった。



図－3 マダケおが粉混合割合別収量

エラーバーは、発生5回の合計に対する標準偏差を示す。対照区と各試験区間について検定を行った（Dunnett検定，*** $p < 0.001$ ）。



図－4 マダケおが粉混合割合別子実体個数

エラーバーは、発生5回の合計に対する標準偏差を示す。対照区と各試験区間について検定を行った（Dunnett検定，* $p < 0.05$ ，*** $p < 0.001$ ）。

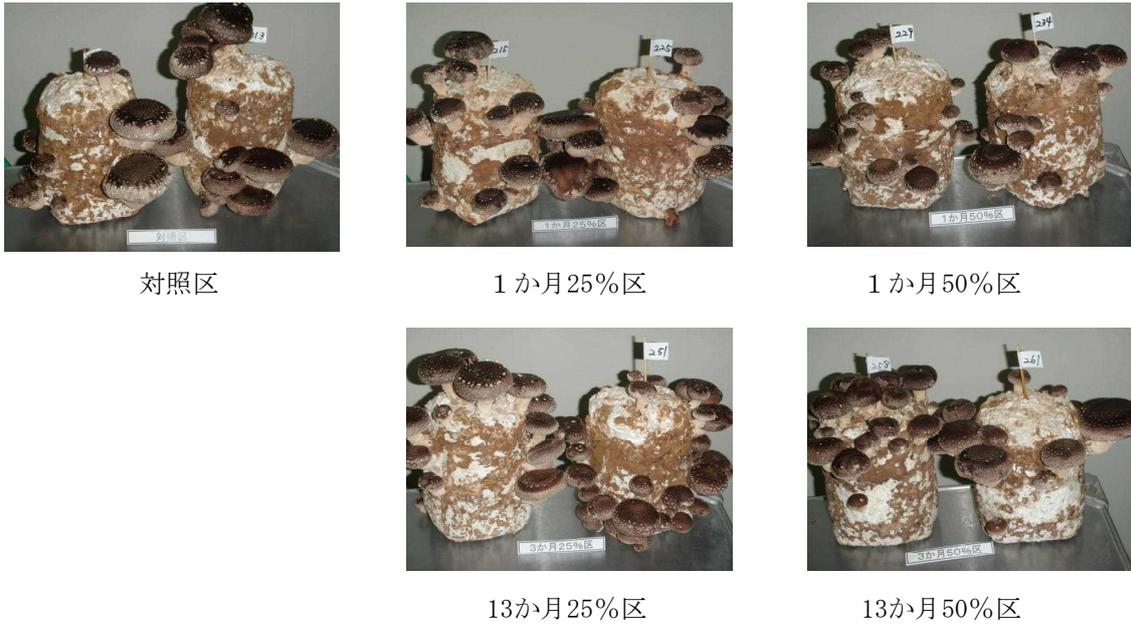


図-5 マダケおが粉混合割合別子実体発生状況

2 マダケおが粉の堆積期間（試験2）

図-6に1菌床あたりの収量を示す。発生操作5回の合計収量は、5か月区が平均739gと最も多く、対照区が平均687gと最も少なかった。全体的に、マダケおが粉を混合した試験区において収量が若干増加しているようにみえたが、対照区と比較していずれの試験区間にも有意差はみられなかった（Dunnnett検定； $p>0.05$ ）。

図-7に1菌床あたりの個数を示す。発生操作5回の合計個数は、1か月区の37個が最も多く、対照区の31個が最も少なかった。試験区によってある程度差がみられたが、対照区と比較していずれの試験区間にも有意差はみられなかった（Dunnnett検定； $p>0.05$ ）。

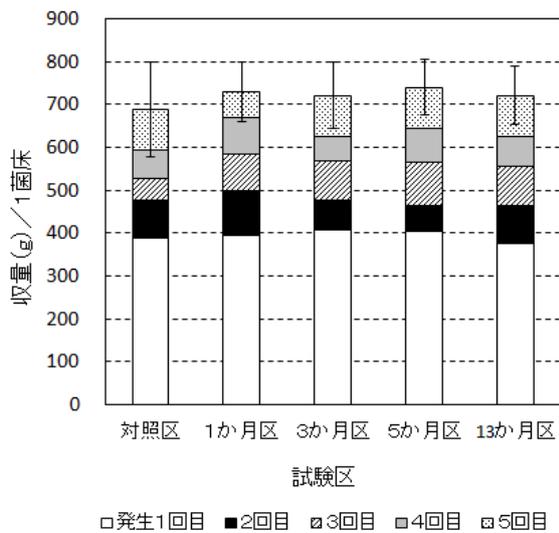


図-6 マダケおが粉の堆積期間別収量
エラーバーは、発生5回の合計に対する標準偏差を示す。

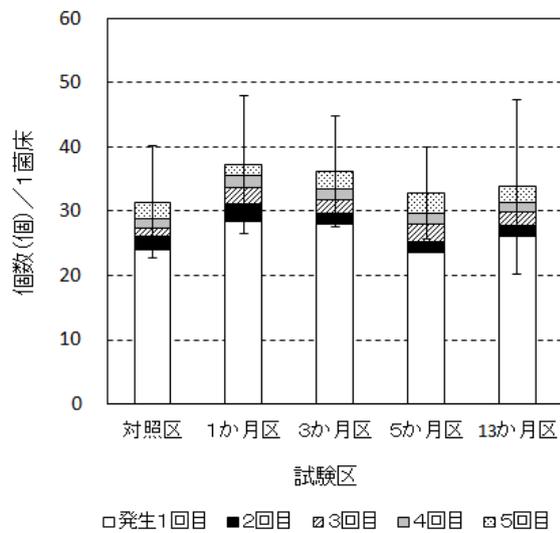


図-7 マダケおが粉の堆積期間別子実体個数
エラーバーは、発生5回の合計に対する標準偏差を示す。

3 マダケおが粉の堆積場所（試験3）

図-8に1菌床あたりの収量を示す。発生操作5回の合計収量は、屋外5か月区が平均720gで最も多く、対照区が平均675gで最も少なかった。しかし、対照区と比較して、いずれの試験区間にも有意差はみられなかった（Dunnnett検定； $p>0.05$ ）。

図-9に1菌床あたりの個数を示す。発生操作5回の合計個数は屋内5か月区の36個が最も多く、屋外5か月区の29個が最も少なかった。試験区によって個数に差があるようにみえたが、対照区と各試験区間に有意差はみられなかった（Dunnnett検定； $p>0.05$ ）。

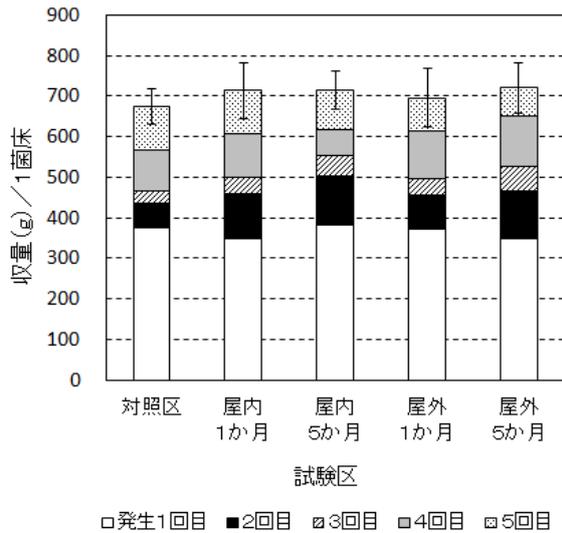


図-8 マダケおが粉堆積場所別収量

エラーバーは、発生5回の合計に対する標準偏差を示す。

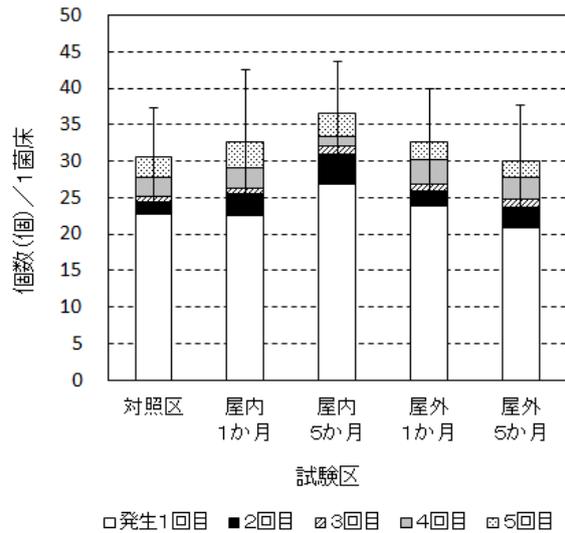


図-9 マダケおが粉堆積場所別子実体個数

エラーバーは、発生5回の合計に対する標準偏差を示す。

4 マダケおが粉混合割合別実証栽培（試験4）

試験の結果、すべての試験区において発生操作5回の合計個数の2~14%の割合で、傘が一部、または完全に開かない奇形の子実体が発生した。しかし、対照区にも奇形がみられたことから、奇形の発生はマダケおが粉を混合した影響ではなく、培養時の不具合など、別の要因によるものと判断した。そこで、奇形の子実体を除外して分析した。

図-10に1菌床あたりの収量を示す。発生操作5回の合計収量は、対照区が平均518gで最も多く、50%区が平均378gで最も少なかった。全体的にマダケおが粉の混合割合が高くなるにつれて、収量が減少する傾向がみられた。検定の結果、対照区と10%区においては有意差がみられず（Steel Dwass検定； $p>0.05$ ）、25、35、50%区では収量が有意に少なかった。

図-11に1菌床あたりの個数を示す。発生操作5回の合計個数は、対照区が約53個と最も多く、50%区が約17個と最も少なかった。マダケおが粉の混合割合が高くなるに伴い、個数が顕著に減少した。検定の結果、対照区と比較して、マダケおが粉を混合したすべての試験区において、個体数は有意に少なかった。

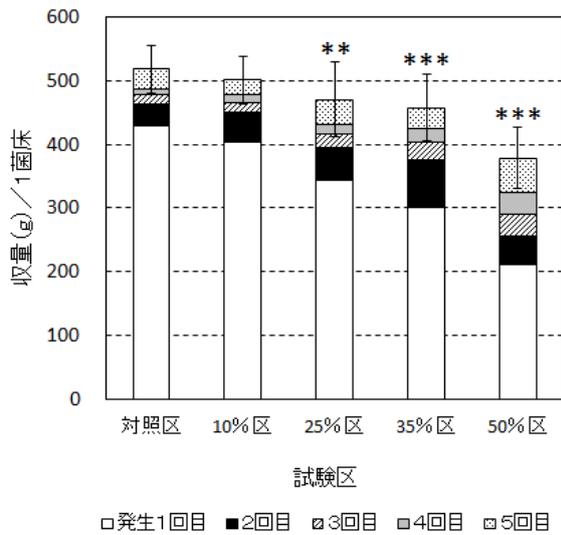


図-10 マダケおが粉混合割合別収量

エラーバーは、発生5回の合計に対する標準偏差を示す。対照区と各試験区間について検定を行った(Steel Dwass検定, ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$)。

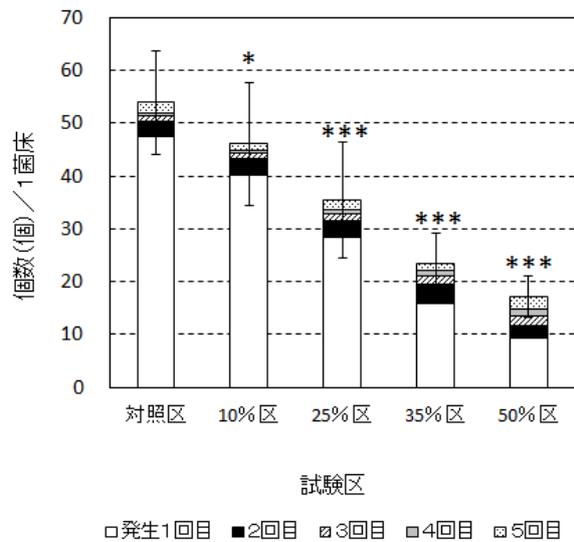


図-11 マダケおが粉混合割合別子実体個数

エラーバーは、発生5回の合計に対する標準偏差を示す。対照区と各試験区間について検定を行った(Steel Dwass検定, * $p < 0.05$, *** $p < 0.001$)。

IV 考察

空調栽培における試験により、次のことが明らかになった。試験1から、広葉樹おが粉の25%（乾燥重量）をマダケおが粉に置き換えても、対照区と比較して収量と個数に有意差はみられなかった（図-3、4）。また、広葉樹おが粉の50%（乾燥重量）を1か月堆積したマダケおが粉と置き換えた場合、対照区と比較して収量に有意な差はみられなかった。一方、広葉樹おが粉の50%（乾燥重量）を屋内に13か月堆積したマダケおが粉に置き換えた場合、収量が有意に減少した（図-3）。このことから、屋内堆積1か月であれば、マダケおが粉を50%まで混合できる可能性もあるが、堆積期間を考慮しなければ、収量の面からみて25%まで混合可能であるといえる。

試験2から、屋内堆積で13か月までのマダケおが粉を用いても、対照区と比較してシイタケの収量・個数に差がみられなかった（図-6、7）。このことから、マダケおが粉は、屋内堆積であれば1年程度経過してもシイタケ菌床栽培に問題なく使用できることが明らかになった。つまり、マダケおが粉は安定供給するために1年程度貯蔵しておくことが可能である。空調栽培は、通年で行うため、マダケおが粉の安定供給は生産者にとって重要な条件である。そのため、本研究の結果により、マダケおが粉の実用性はさらに高まったといえる。

試験3から、対照区と比較して堆積場所の違いによる収量・個数の差はみられなかった（図-8、9）。また、5か月までではあるが、屋外堆積も可能であることがわかった。屋内・屋外のいずれにも堆積することによって、保管場所の選択が広がることは、実用化の面で有用であるといえる。

一方、試験4の自然栽培では、広葉樹おが粉の10%（乾燥重量）をマダケおが粉に置き換えた場合、対照区と比較して収量に差はみられなかったが、25、35、50%置き換えると収量が有意に減少することがわかった（図-10）。この結果は、発生を空調下で行った試験1と異なっていた。これは、空調栽培で行った試験と比較して、簡易ハウス内の温湿度が低かったこと、奇形が発生したことなどが影響した可能性もある。以上のことから、自然栽培の場合は、培地基材のうちマダケおが粉の混合割合

を10%（乾燥重量）程度にしても影響がないといえた。また、マダケおが粉を25%混合した場合も、対照区より収量が少なくなるものの、供試したマダケおが粉の価格が現時点で広葉樹おが粉より低いことから、コストの面からみると25%混合も十分検討の余地があると考えられる。

以上より、シイタケ菌床栽培におけるマダケおが粉の混合割合、堆積期間、堆積場所など、マダケおが粉の実用化に重要な基礎的データを示すことができた。しかし、試験1、4の結果より、混合するマダケおが粉の割合が同じ場合でも、栽培環境の違いなどによって、収量・個数が異なる可能性が示唆された。このことから、本研究と条件の大きく異なる生産現場でマダケおが粉を用いる場合は、その点を留意する必要があると考えられる。また、今後は個々の生産現場でマダケおが粉を用いて栽培した結果を蓄積し、より良い使用方法を検討することも必要と考えられる。

V おわりに

本試験の結果、マダケおが粉はシイタケ菌床栽培に利用できることが明らかになり、実用化により近づいた。また、本研究で供試したマダケおが粉は、広葉樹おが粉と比較すると安価な価格であることから（平成29年度現在）、マダケおが粉を使用することによって、コスト削減も十分期待される。

謝辞

本研究に用いたマダケおが粉を提供頂いたNPO法人竹取物語、マダケおが粉を用いた菌床栽培についてご助言をいただいた（一財）日本きのこ研究所にこの場を借りて感謝申し上げます。

引用文献

- 群馬県環境森林部林政課（2017），みんなの森をみんなで守ろう「ぐんま緑の県民税」，
<http://www.pref.gunma.jp/04/e3000101.html>（参照2018-1-8）
- 本多良助（2016），利用竹林の整備と人材育成－NPO法人竹取物語の活動，森林技術891，12-15
- 上辻久敏・水谷和人（2015），食用キノコ菌床栽培における竹利用の可能性，岐阜県森林研研報44，17-20
- 國友幸夫・松本哲夫（2016），マダケおが粉を利用したマイタケ栽培，群馬県林業試験場研究報告（20），52-59
- 日本特用林産振興会（2012），平成23年度特用林産物経営安定化・消費拡大総合対策事業 経営高度化対策事業（新生産技術検証事業：竹チップ等の用途拡大に向けた調査・検討），125-162
- 日本特用林産振興会（2013），平成24年度特用林産物経営安定化・消費拡大総合対策事業 経営高度化対策事業（新生産技術検証事業：竹チップ等の用途拡大に向けた調査・検討），31-76
- 日本特用林産振興会（2014），平成25年度特用林産物経営安定化・消費拡大総合対策事業 経営高度化対策事業（新生産技術検証事業：竹チップ等の用途拡大に向けた調査・検討），59-99
- 大森威宏（2014），群馬県南西部・安中市大谷地区の竹林の拡大過程について，群馬県立自然史博物館研究報告（18），151-156
- 高島幸司（2012），竹材を利用したナメコ菌床栽培，富山森研研報4，25-30
- 高島幸司・中田裕治・吉田誠（2016），竹材オガコによるヒラタケ菌床栽培，日本きのこ学会誌24（2），71-76
- 鳥居厚志・井鷲裕司（1997），京都府南部地域における竹林の分布拡大，日本生態学会誌47，31-41
- 鳥居厚志・奥田史郎（2010），タケは里山の厄介者か？，森林科学58，2-10