

シイタケ産業活性化のための省力栽培技術の開発

片桐一弘・加藤健一・増野和彦

シイタケ産業の活性化に資するため、原木シイタケ栽培の効率化及び省力化に関する試験、菌床シイタケビン栽培技術の開発に関する試験等を行った。その結果の概要は、以下のとおりである。

【原木栽培】オガ菌を植菌する際の封口作業を省略しても、封口した場合と同等の子実体発生量が、植菌当年から得られ、総発生量においても封口の有無による差が見られない品種が確認され、これらの品種は封口省略栽培の適性が高いと考えられた。植菌作業の省力化や大径木の有効活用が可能な、わりばし種菌を用いた栽培試験では、一原木当りのわりばし種菌の接種量を従来の 1 列から 2 列に増やすと、子実体発生量が増加し、一般的な種駒菌を用いた栽培方法と同程度の収量が得られることが明らかになった。生シイタケ生産を行う場合、ほだ木の浸水発生後に必要となる休養の省力化試験では、休養期間中の積極的な加温や加湿処理（蒸し込み）により、通常の休養管理よりも、休養期間が短縮されることが分かった。また、その後の浸水発生による子実体発生量の増加が期待できることから、浸水発生の回数を減らすことが可能と考えられた。

【菌床栽培】①培地材料に、おがチップを混合する栽培試験を行った結果、品種間差は見られたものの、子実体発生量が増加することが確認された。②ビン栽培に適性のある市販品種を新たに 1 品種確認した。③ビン内に子実体が発生するのを防ぐ目的で行う、ビンの遮光の適切な時期を検討した結果、多くの品種で遮光時期による子実体発生量への影響は無いことが確認された。④ビン容器の通気性について検討した結果、通気性の高い蓋を使用したビンで、高収量を得られる品種が確認された。⑤浸水や打床といった、刺激（発生刺激）をビンに与えた結果、子実体の発生促進効果が確認された。⑥ビン栽培においては、袋栽培と同等の収量を得るには、発生期間が長期化してしまう。そこで、高収量かつ短期間での栽培技術の開発試験を行った結果、ビン栽培において、栽培期間を短縮し、回転率を上げることにより、全体の収量を高めることが出来る可能性が示唆された。⑦既存の菌床シイタケ生産者施設において、ビン栽培により子実体が発生することは確認できたが、その発生量には、栽培環境の違いが大きく影響していると考えられた。⑧ビン栽培と袋栽培の生産性を比較検討した結果、ビン栽培の生産性を上げるためには、一ビン当たりの子実体発生量の増加や、栽培期間の短縮化による回転数を増やす必要があると考えられた。それにより、袋栽培と同等以上の「生産量」を得ることが、菌床シイタケビン栽培技術の確立には重要と考えられた。

キーワード：シイタケ、原木栽培、菌床栽培、省力栽培、ビン栽培

目次

1 緒言	
2 原木シイタケの省力栽培	
2.1 封口省略栽培	
2.2 わりばし種菌による省力栽培	
2.3 休養の省力化（蒸し込み）栽培	
3 菌床シイタケビン栽培技術の開発試験	
3.1 培地材料・品種に関する試験	
3.1.1 ビン栽培に適した培地材料の検討	
3.1.2 ビン栽培適性のある品種の探索	
3.2 栽培容器に関する試験	
3.2.1 光線の遮断時期の検討	
3.2.2 容器の通気性に関する試験	
3.3 発生管理に関する試験	
3.3.1 発生刺激の増収効果に関する栽培試験	
3.3.2 高収量・短期栽培を目指した栽培試験	
3.4 ビン栽培技術の普及に関する検討	

3.4.1 菌床シイタケ生産者施設における現地栽培試験	
3.4.2 菌床シイタケビン栽培における生産性の試算	
4 総合考察	
5 結言	
6 謝辞	
7 引用文献	

1 緒言

シイタケ栽培には、原木栽培と菌床栽培の二つの方法がある。

江戸時代に始まったとされる原木栽培は、戦後になって開発された純粋培養種駒の普及を契機に、飛躍的に拡大した。本県においても、昭和 35 年頃から 50 年代にかけて生産が拡大し、春先の貴重な収入源として山村の重要な産物となった¹⁾。

一方、菌床栽培の歴史は浅く、昭和45年頃に袋栽培による空調栽培法が開発され、その後本格的に普及が始まったのは昭和60年頃からである。種菌メーカー等が新しい栽培法を示すことによって生産が拡大していった。本県では、他のきのこの複合栽培や、新たに開始する新規栽培などのパターンで導入が進んできた¹⁾。

今日では、これら二つの栽培方法によるシイタケ産業は、山村の地域経済を担う重要な産業となっている。また、どちらの栽培方法も、里山に豊富にあるコナラ等の広葉樹を原木やおが粉として使用することから、地域資源を活用した持続可能な産業としても、注目されている。長野県林業総合センター（以下「当所」）では、これまで二つの栽培方法の基礎的な研究や、本県の栽培環境に適した様々な栽培技術等の試験研究を行ってきた。

現在、シイタケ産業を取り巻く状況は大変厳しい。原木栽培では、重い原木を扱うことによる重労働や、後継者不足による生産者の高齢化、また近年では、原木価格の高騰も大きな問題となっている。菌床栽培では、世界情勢の変化等による物価上昇の影響を強く受けている。空調施設に使用する燃油及び資材全般の価格の高騰、培地基材であるおが粉がバイオマス発電事業の需要が増加したことにより、入手しづらくなっていることなどがある。

また、現行の菌床シイタケ栽培は、栽培方式が他の栽培きのこの類の多くで用いられるビンではなく、袋栽培であることが大きな特徴となっている。袋栽培は、培養後、袋を破き発生棚に並べ、子実体を発生させ収穫を行うが、一連の作業は手作業が多く、身体的な負担が大きい。ビン栽培は、機械化・省力化が可能で、作業性がよく²⁾、生産コストの削減が期待できる。過去には、菌床シイタケ栽培の専用ビンの開発が検討された^{3, 4)}が、培養中に原基形成されることや、培地全面から子実体が発生する菌床シイタケの特徴のために、培養後はビンを分解し、菌床を取り出す必要があり、ビンによる省力化のメリットが培養段階までに留まっていた。そのため、菌床シイタケの本格的なビン栽培化には至らなかった。

本県は、エノキタケやナメコなどのビン栽培きのこの生産が全国トップクラスであり、ビン栽培に慣れた中小規模生産者が多い。きのこの価格の低迷が続く中で、経営が厳しいこれらの生産者が、既存のビン栽培施設を使って、比較的単価が高いシイタケを生産することによる経営改善が期待され

ている。

以上の諸課題を受け、本研究では、原木、菌床シイタケ栽培それぞれの既存栽培技術を見直し、効率的な栽培技術の開発による労働負荷軽減や大径木を活用した省力栽培技術、また菌床シイタケのビン栽培技術の開発を目指すことで、本県のシイタケ産業の活性化を図ることを目的とした。

なお、本研究は県単課題「里山資源をいかしたシイタケ産業活性化のための省力栽培技術の開発」（2018～2022年度）として実施した。

2 原木シイタケの省力栽培

2.1 封ロウ省略栽培

2.1.1 目的

シイタケの原木栽培で用いられる種菌には種駒菌、おが屑種菌（以下「オガ菌」）、成型（形成）菌の3種類がある。一般的に生シイタケ生産を目的とした場合は、活着・初期伸長が早く年内発生が見込めるオガ菌あるいは、オガ菌を加工（成型）し上部に専用のフタ材を付けて弾丸状に固めた成型菌が用いられる。

オガ菌は、植菌後に種菌の乾燥防止や害菌対策のため、種菌表面にロウを塗布（以下「封ロウ」）する必要がある。封ロウは、ロウや塗布する道具（タンポ）の作製、塗布にかかる労務費など生産者の負担が大きい。封ロウを省略できれば、労働負荷軽減やコストダウンに繋がると考えられるが、これまでに封ロウを省略した栽培方法について検討された例はほとんど無い。そこで筆者は、封ロウ省略栽培技術を確立するために、植菌後の乾燥の影響及び栽培適性のある市販品種の探索を行ってきた⁵⁾。

本試験では、これまで検討していなかった、植菌した年内（当年）から子実体発生を行う栽培方法における封ロウ省略栽培の適性について検討した。併せて、成型菌との比較栽培試験を行った。

2.1.2 試験方法

(1) 栽培概要

植菌は2019、2020、2021年の3回行い、それぞれ1月下旬から2月下旬に実施した。原木は、長野県産コナラを使用し、長さは90cm、末口の平均直径は、2019年は8.9cm、2020年は8.5cm、2021年はやや細く7.7cmであった。種菌は、市販の9品種を使用し、種類及び植菌年は表2-1-1に示した。なお、以降の品種名の表記は、略称を用いることとし、本研究における他の試験も同様とする。

表 2-1-1 封ロウ省略栽培試験使用品種一覧

品種 ^{*1}	発生型 ^{*2}	種類 ^{*3}	植菌年
菌興702 (702)	高中温	オガ 成型	2019・2020 2020
菌興706 (706)	高中温	オガ 成型	2019・2020 2020
富士F309 (F309)	高中温	オガ 成型	2019・2020 2020
富士F720 (F720)	高中温	オガ	2019
秋山A950 (A950)	中温	オガ	2020・2021
秋山A511 (A511)	中高温	オガ	2021
森KV-92 (KV92)	高温	オガ	2021
森XR1号 (XR1)	中高温	オガ	2021
森与一丸 (与一丸)	中高温	オガ	2021

*1 括弧内は略称。*2 発生型はメーカー表示を引用。*3 オガ：オガ菌，成型：成型菌（※発砲スチロールの蓋付き）

植菌方法等の概要は以下のとおり。[穴あけ] 椎茸ドリル（10,000回転/分，東芝製）で一原木当たり平均46箇所（※2021年は原木が細かったので36箇所）設置。[ドリルの刃の直径] オガ菌：12.5mm，成型菌：12.7mm [接種器具] 手動式オガ植菌機（商品名：楽太郎，秋山種菌研究所製）[封ロウ] ホットプレートで溶かしたロウを自作のタンポ（図2-1-1）を使用し塗布（封有区）。その際，封ロウを行わない区（封無区）も設定。[ほだ木の管理] 加温装置付きのビニールハウスで仮伏せ後，人工ほだ場で本伏せ。[浸水発生] 人工ほだ場から運搬したほだ木を，12～24時間浸水槽に浸漬後，加温設備のない発生室内に置き，子実体を発生。初回は，植菌当年の9月下旬頃行い，2回目からは翌年以降



図 2-1-1 封ロウ作業状況

の2年間に実施し，総回数は，植菌年別に2019年は7回，2020，2021年は6回。[収穫調査] 菌傘が8～9分開きとなったものを基準として行ない，試験区毎に発生個数と生重量を測定。なお，ほだ場内で自然発生した子実体も発生量に含めた。また，植菌当年の浸水発生では，子実体の全く発生しないほだ木が見られたことから，試験区毎に全供試数に対する子実体の発生したほだ木の割合を子実体発生ほだ木割合とした。

各試験区の供試数は結果に示す。

(2) 植菌に係る作業時間調査及び費用の試算

植菌等の作業時間の計測は2020年に実施した。作業は，穴あけ，接種，封ロウの3項目とし，オガ菌，成型菌それぞれ原木10本について計測し，一本当たりの平均作業時間を算出した。作業は全て筆者一人で行い，補助者がストップウォッチにて計測した。なお，オガ菌をビンからかき出す時間や，ロウを溶かす時間など，作業の準備に係る時間は除外した。

材料の使用量は，実際の使用量を基に算出した。種菌代は「きのこ種菌一覧（2024年版）」⁶⁾によった。ロウ代は，2023年の当所の購入価格を基にした。作業に係る労務費として，作業時間に雇用賃金（単価）を乗じた金額を計上した。

2.1.3 結果と考察

品種別子実体発生量等調査結果を図2-1-2～10に示す。なお，2年植菌した702，706，F309とA950の4品種は，各年の調査結果が概ね類似していたことから1年分のみ示す。植菌に係る作業時間調査結果を表2-1-2に，植菌に係る費用の試算結果を表2-1-3に示す。

以下に(1)封有区と封無区間の子実体発生量及び(2)発生ほだ木割合の比較検討と，(3)封有区及び封無区と成型区との比較検討，そして(4)植菌に係る作業時間，費用について比較検討を行い，最後に(5)全体のとりまとめを行った。

(1) 封有区と封無区間の子実体発生量の比較

702と与一丸は，当年に発生した生重量（以下「当年生重量」）と個数（以下「当年個数」）及び全期間に発生した総生重量と総個数（以下「総発生量」）で，封有区と封無区間に有意差は見られなかった。F720は当年個数で封無区のほうが封有区より有意に多く，総発生量では両者の間に有意差は見られなかった。706とA511及びKV92の3品種は，当年生重量と当年個数若しくはそのどちらか一方で封有区のほうが封無区より有意に多かったが，総発

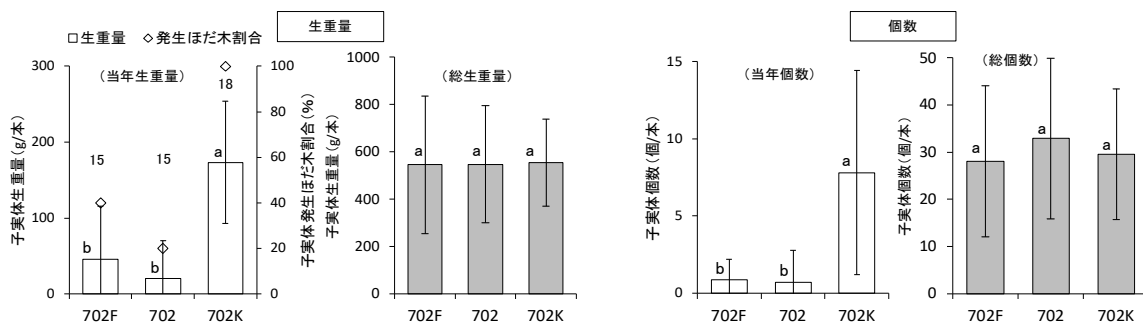


図2-1-2 菌興702子実体発生量等調査結果

(左側図：生重量・子実体発生ほだ木割合，右側図：個数)

注) 品種名の後のF：封有区，品種名のみ：封無区，K：成型区。生重量の当年生重量の棒グラフ上部の数字は供試数。異なるアルファベットは有意差があることを示す (Tukey-Kramer法, $p < 0.01$)。垂線は標準偏差。
 ※以降，図2-1-3～10の注) は，本内容と同じ場合は省略し，異なる内容のみ記載する。

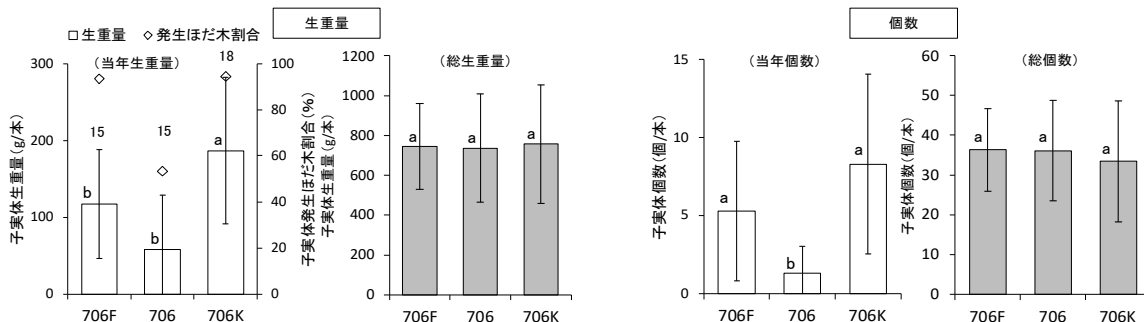


図2-1-3 菌興706子実体発生量等調査結果

(左側図：生重量・子実体発生ほだ木割合，右側図：個数)

注) 異なるアルファベットは有意差があることを示す (Tukey-Kramer法, 706と706Kの間は $p < 0.01$, それ以外は全て $p < 0.05$)。

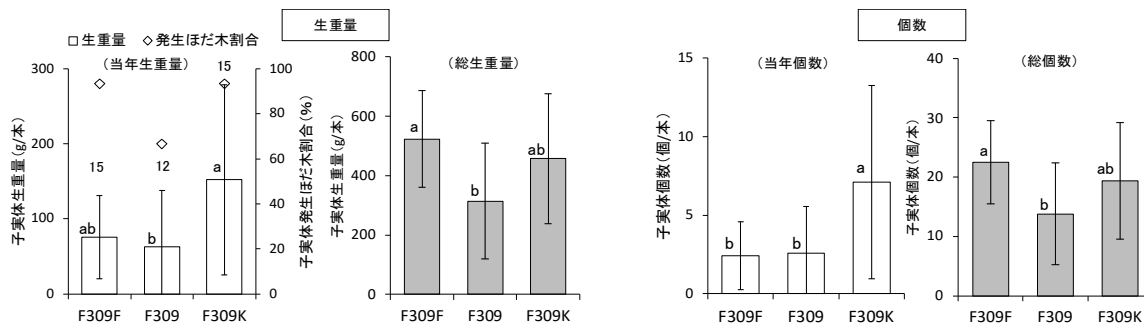


図2-1-4 富士F309子実体発生量等調査結果

(左側図：生重量・子実体発生ほだ木割合，右側図：個数)

注) 異なるアルファベットは有意差があることを示す (Tukey-Kramer法, $p < 0.05$)。

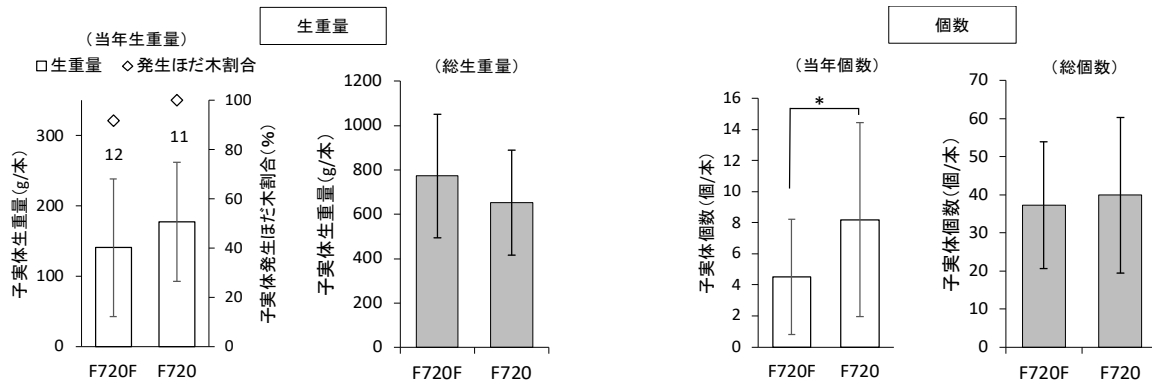


図2-1-5 富士F720子実体発生量等調査結果

(左側図：生重量・子実体発生ほだ木割合，右側図：個数)

注) 「*」は有意差があることを示す (t検定, $p < 0.05$)。

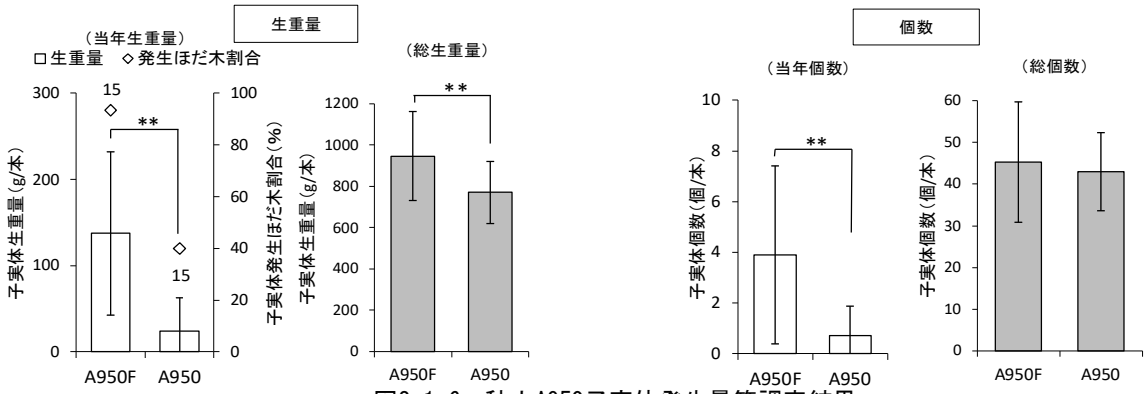


図2-1-6 秋山A950子実体発生量等調査結果

(左側図：生重量・子実体発生ほだ木割合，右側図：個数)

注) 「**」は有意差があることを示す (t 検定, $p < 0.01$)。

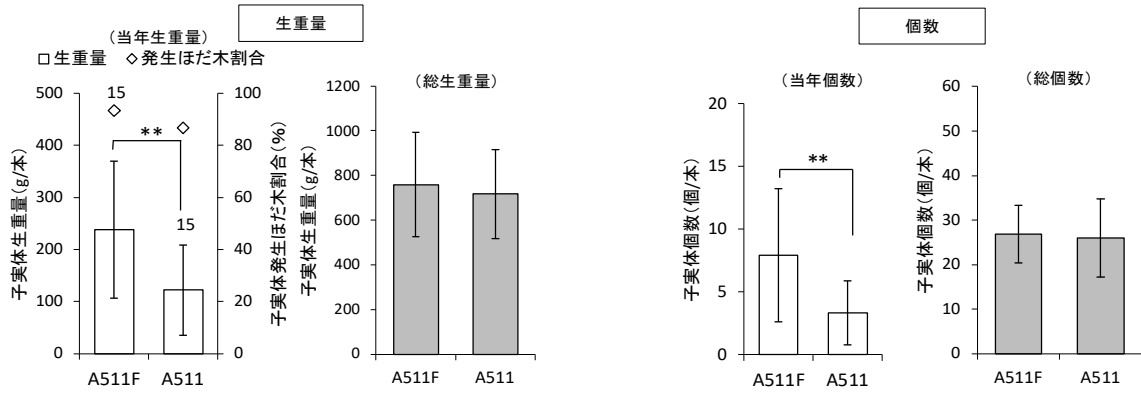


図2-1-7 秋山A511子実体発生量等調査結果

(左側図：生重量・子実体発生ほだ木割合，右側図：個数)

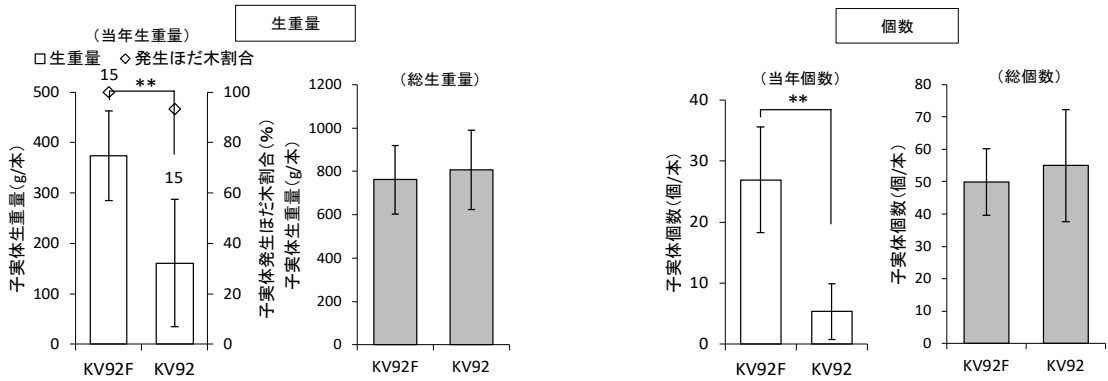


図2-1-8 森KV92子実体発生量等調査結果

(左側図：生重量・子実体発生ほだ木割合，右側図：個数)

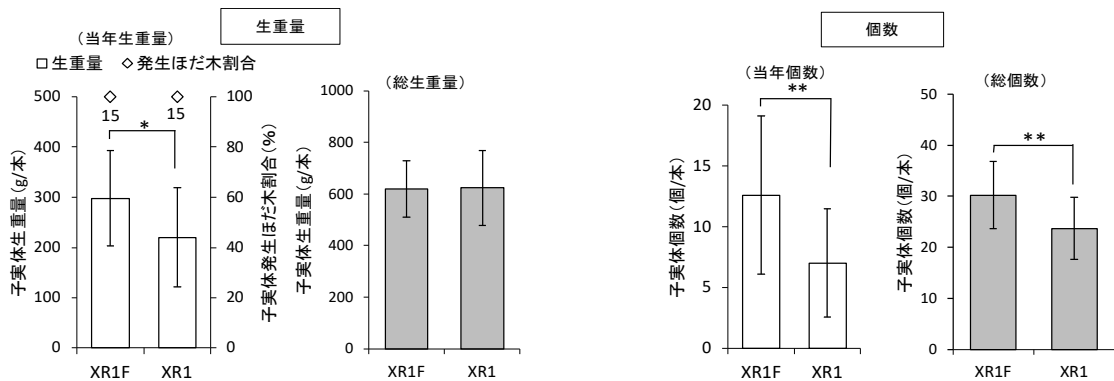


図2-1-9 森XR1子実体発生量等調査結果

(左側図：生重量・子実体発生ほだ木割合，右側図：個数)

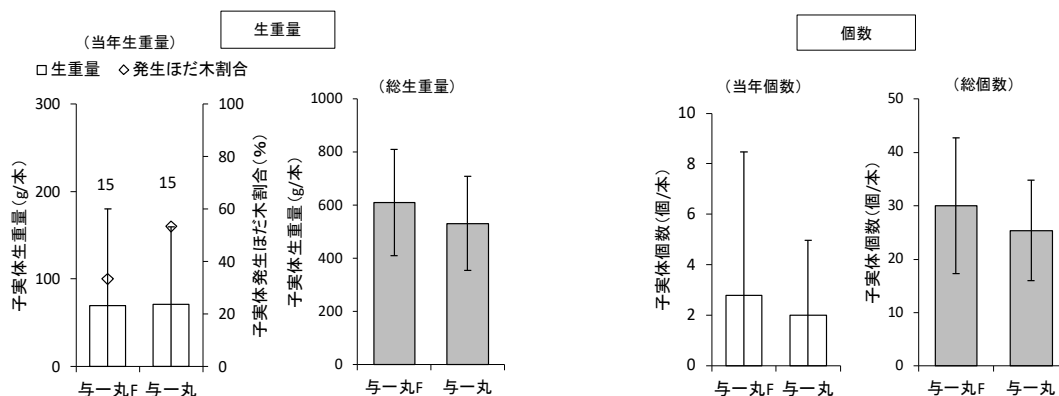


図2-1-10 森与一丸子実体発生量等調査結果
(左側図：生重量・子実体発生ほだ木割合，右側図：個数)

表 2-1-2 植菌に係る作業時間調査結果

試験区	作業時間 (秒/本)				作業時間 (1,000本当り)
	穴あけ	接種	封口ウ	計	
封有区	67	108	69	244	67時間52分
封無区	67	108	-	175	48時間40分
成型区	66	140	-	206	56時間58分

表 2-1-3 植菌に係る費用の試算結果 (円/1,000本当り)

項目	オガ菌		成型菌
	封口ウ有	封口ウ無	
材料費 (使用量)			
種菌代	239,200 (161,000cc) *1	239,200 (161,000cc) *1	193,200 (46,000個)
封口ウ	35,420 (25.76kg) *1	-	-
小計 (A)	274,620	239,200	193,200
労務費			
雇用賃金 (B) *2	67,861	48,667	56,972
合計 (A+B)	342,481	287,867	250,172

*1 1穴当たりのオガ菌の接種量は3.5cc，ロウの使用量は0.56gで計算。*2 時給1,000円で計算。

生量では有意差は無かった。F309 は当年生重量及び当年個数（以下「当年発生量」）では封有区と封無区間に有意差は無かったが，総発生量は封有区のほうが封無区より有意に多かった。A950 と XR1 は，当年発生量では封有区のほうが封無区より有意に多く，A950 は総生重量，XR1 は総個数でも封有区のほうが封無区より有意に多かった。

(2) 封有区と封無区間の発生ほだ木割合の比較

供試した9品種中，5品種で発生ほだ木割合に20%以上の比較的大きな差が見られた。このうち4品種が封有区に対して封無区が低く，706とA950は40%以上の大きな差が見られた。与一丸は封無区のほうが封有区より20%高かった。

(3) 封有区及び封無区と成型区の比較

成型菌を使用した3品種(702, 706, F309)は，当年発生において封有及び封無区に対して成型区

の子実体発生量が多く、生重量と個数若しくはそのどちらか一方で有意差が確認された。一方、総発生量を見ると、3 品種ともに封有及び封無区と成型区間に有意差は確認されなかった。成型区の発生ほだ木割合は、3 品種の平均が 96%と高かった。

(4) 植菌に係る作業時間及び費用の比較

3 試験区で最も作業時間が短かったのは封無区で一原木当り 175 秒であった。封有区は封ロウに時間を要することから、最も作業時間が長かった。成型区は接種にやや時間がかかった(表 2-1-2)。

原木 1,000 本当たりの植菌作業に係る費用は、作業時間が最も長く、材料費にロウ代が必要な封有区が約 34 万円と 3 試験区で最も高かった。封無区は約 29 万円、成型区は約 25 万円であった(表 2-1-3)。

(5) 全体のまとめ

以上の検討結果より、封ロウを省略しても、封ロウした場合と同等の子実体生重量及び個数が、植菌当年に得られる品種があることが分かった。さらに、それらの品種のうち総発生量においても、封ロウの有無による差が見られなかった 702, F720, 与一丸の 3 品種は封ロウ省略栽培の適性が高いと考えられた。また、当年発生量は封有区より少ないものの、総発生量が封有区と同等となる 3 品種(706, A511, KV92)も封ロウ省略栽培に適性があると考えられた。

なおこれらの 6 品種を含め、封無区は封有区や成型区に比べ発生ほだ木割合が低い傾向が見られたことから、封ロウを行わないことが菌まわり(ほだ化)へ影響を及ぼしている可能性が示唆された。ただし、このことと封ロウ省略栽培への適性との関連性は不明であった。また、本試験では、発生型に関わらず多くの品種で封ロウ省略栽培への適性が見られたことから、植菌当年に発生させる場合には、発生型の影響を受けないことが示唆された。

成型菌は使用した 3 品種ともに、発生初期から旺盛な子実体発生が得られることが確認された。発生初期の子実体発生量には植穴からの子実体発生の有無が影響している⁵⁾ことから、成型区は封有区及び封無区に比べ、発生初期に植穴からの子実体発生量が多いことが示唆された。成型菌とオガ菌の使い分けは、作業性や費用面での検討は当然必要だが、「子実体発生量がピークとなる時期の設定」も重要な観点であると考えられた。

2.2 わりばし種菌による省力栽培

2.2.1 目的

クリタケ・ナメコの原木栽培で実践されている、わりばし種菌を用いた簡易接種法⁷⁾は、原木を伐採した現場でチェーンソーを使って植菌し、その場で管理できることから、植菌・仮伏せ作業の省力化や大径木の有効活用を図ることができる。シイタケのわりばし種菌を用いた栽培方法については、当所の先行研究により、ほだ木の乾燥を防ぐ植菌方法及び伏込み管理の確立が課題となっている⁵⁾。

そこで本試験では、これまでの研究成果を踏まえ、植菌方法の改良を行った上で、長期間に渡る収穫調査の結果について報告する。

2.2.2 試験方法

栽培概要は以下のとおり。[原木] 長野県産コナラ(長さ 90 cm)。比較的直径が太いもの(平均末口直径 11.7 cm)を使用。[わりばし種菌] 当所の常法⁵⁾により、シイタケ菌を接種し、2 か月以上培養したものをを用いた。種菌は、市販 2 品種(菌興 115(115), 森 290(290))。[植菌] 2018 年の 4~5 月に、当所の林内ほだ場(アカマツ・コナラ混交林、標高 880m)で行った。チェーンソーで長さ 25 cm 程度の切り込みを 1 列に 3 箇所入れ、わりばし種菌を 1 箇所につき 1 組ずつ挿し込んだ(図 2-2-1)。切り込み列数は、1 列区と 2 列区を設け、2 列目は 1 列目の反対側に設置。一原木当たりのわりばし種菌の使用数は、1 列区は 3 組、2 列区は 6 組。切



図 2-2-1 わりばし種菌の植菌状況
(上: 切り込み状況, 下: わりばし種菌接種状況)

り込みの溝の深さを普通（2 cm）と深い（4 cm）の2種類設定（表 2-2-1）。[ほだ木の管理] 植菌後、すみやかに林内に地伏せ。その際、ほだ木同士の隙間を空けずに、切り込み列を下側にして置いた。ほだ木の乾燥を防ぐために、上側にナラ類を主体とした落葉をかけた。なお、2列区は上側の列に乾燥防止の目的でガムテープを貼り付けた。[対照区] 種駒を植菌した対照区を設置。2018年2月に植菌（一原木当たり約30駒）し、加温装置付きのビニールハウスで仮伏せを行い、同年5月に林内ほだ場に本伏せ（よろい伏せ）した。[ほだ付き率調査] 2019年2月に、各試験区からほだ木1本を抽出し、当所常法⁵⁾により表面及び断面ほだ付き率を調査した。[収穫調査] 植菌後2夏が経過した2019年11月から、林内ほだ場で子実体の自然発生が始ま

った。菌傘が8～9分開きとなったものを基準として収穫し、試験区毎に発生個数と生重量を測定するとともに、乾燥重量を測定した。2023年までの5年間収穫調査を実施した。

各試験区の供試数は15としたが、290の2列区で溝が普通の試験区のみ17とした。

2.2.3 結果と考察

表面及び断面ほだ付き率調査結果を図2-2-2に、子実体発生量の調査結果を図2-2-3に示す。

わりばし種菌を接種した試験区で、表面ほだ付き率が最も高かったのは、290では2列区で溝が深い試験区（2列深溝区）の86%、115も同様に2列深溝区の100%であった。このように2品種ともに2列区のほうが1列区よりも高い傾向が見られた。また、2列区では溝が深いほうが普通の溝よりも

表 2-2-1 わりばし種菌による省力栽培の試験区分

品種	種菌種別	列数	溝 ^{*1}	供試数 (本)	直径 ^{*2} (cm)	試験区
290	わりばし	1	普通	15	11.3	290①
			深い	15	12.0	290①F
		2	普通	17	12.0	290②
			深い	15	12.3	290②F
	種駒	-	-	15	11.1	290C
115	わりばし	1	普通	15	11.6	115①
			深い	15	11.2	115①F
		2	普通	15	12.2	115②
			深い	15	11.9	115②F
	種駒	-	-	15	11.1	115C

*1 溝の深さ 普通：2cm、深い：4cm。 *2 末口直径の平均。

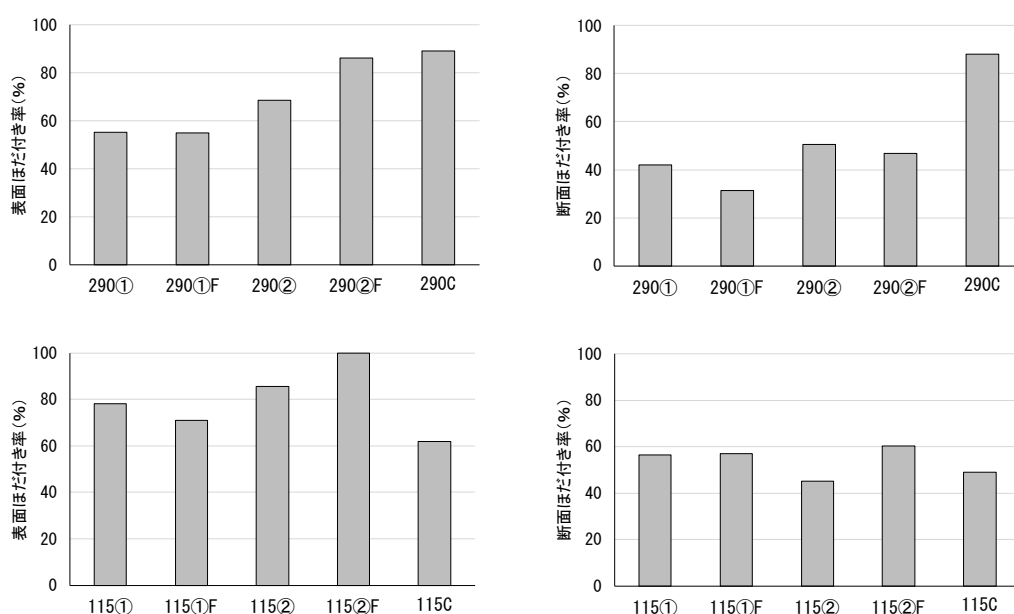


図 2-2-2 品種別表面及び断面ほだ付き率調査結果
(品種 上段：森 290, 下段：菌興 115)

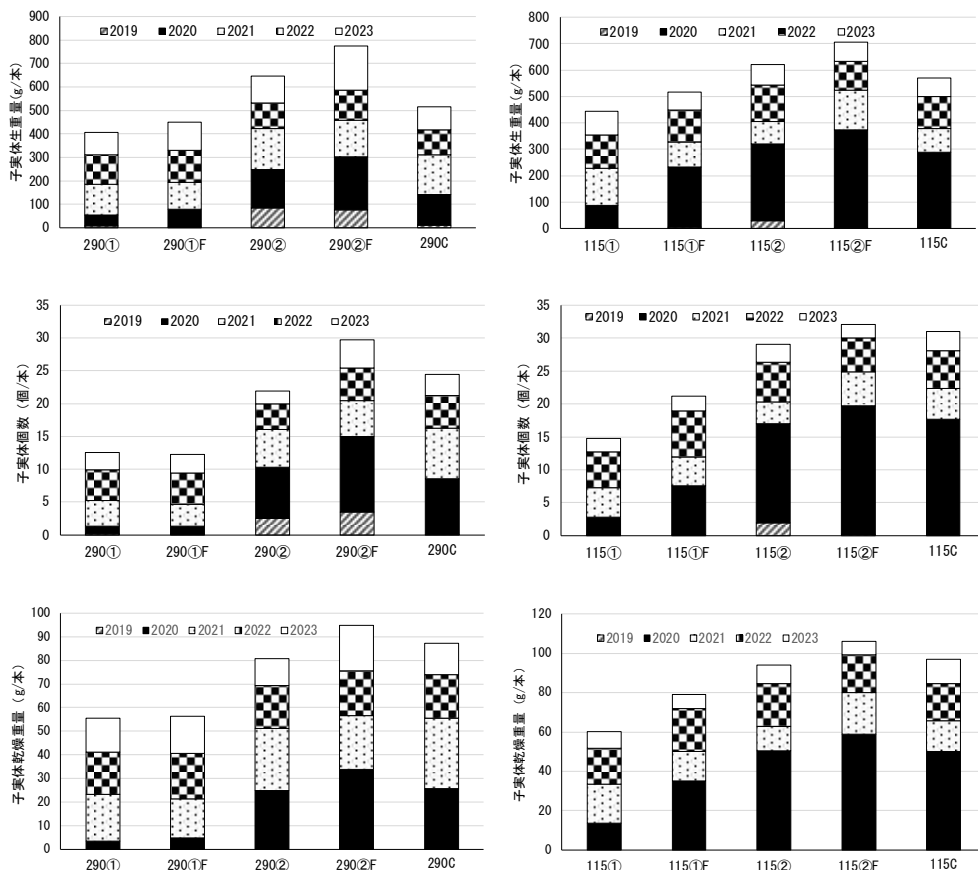


図 2-2-3 品種別子実体発生量調査結果

(品種 左：森 290, 右：菌興 115, 上：生重量, 中：個数, 下：乾燥重量)

注) 子実体生重量は一部雨子が含まれているため参考値。子実体乾燥重量は一部未乾燥があったため参考値。

高い傾向が確認された。断面ほだ付き率は、290 の対照区を除き、試験区間にほとんど差は見られなかった。

5 年間の子実体発生個数は、2 品種ともに 2 列区のほうが 1 列区よりも多く、また、2 列区では溝が深いほうが普通の溝よりも多かった。これは表面ほだ付き率の調査結果と同様の傾向を示していた。なお、115 の 1 列区も溝が深い区のほうが多い傾向が見られた。また、2 列区は 2 品種ともに対照区と同程度、若しくはそれ以上の発生量であったが、1 列区は対照区よりも少なかった。さらに、2 列区は 2 品種ともに最初の 2 年間の発生量が全体の概ね 5 割以上を占めていたのに対して、1 列区は 4 割に満たず、特に 290 では 1 割程度と少なかった。

以上より、わりばし種菌を用いたシイタケの原木栽培では、植菌列数を 2 列とし、一原木当たりのわりばし種菌の接種量を増やしたほうが、その後のほだ化が進みやすく、子実体発生量が増加することが分かった。その発生量は一般的な種駒菌を用いた栽培方法と同程度であることが確認された。

また、列数が同じ場合、切り込みの溝は深いほうが子実体発生量が増加する傾向が示唆された。

2.3 休養の省力化 (蒸し込み) 栽培

2.3.1 目的

原木栽培で生シイタケ生産を行う場合、浸水発生を繰り返し、子実体を収穫することが一般的である。収穫後のほだ木は、ほだ場に戻し 30~50 日位「休養」⁸⁾させる。休養とは、子実体発生によって養分や水分が消費されることにより、弱ったシイタケ菌の活力を回復させ⁹⁾、原基形成を促進するために行う作業である。休養後、再び浸水発生を行い、実際の生産現場では 10 数回これを繰り返す。養分が少なくなり発生量が減少したほだ木は処分される。本県生産者の中には、加湿装置を備えたビニールハウスの中で休養を行い、ほだ木の移動の省力化と、加温と加湿による休養期間の短縮化を図っている事例がある (図 2-3-1)。

本課題では、生産者が「蒸し込み」と呼ぶこの休養方法と、一般的な方法を比較する試験を行い、その有効性について検証した。



図 2-3-1 ビニールハウス内での休養（蒸し込み）状況

2.3.2 試験方法

栽培概要は以下のとおり。[原木] 長野県産コナラ（長さ 90 cm，平均末口直径 9.2 cm）[種菌] 市販 2 品種（菌興 702（702），森 もりの夏実（夏実））のオガ菌 [植菌方法] 2019 年 1 月に植菌し，封口。なお，その他は 2.1.2 (1) と同様とした。[ほだ木の管理] 加温装置付きのビニールハウスで仮伏せ後，人工ほだ場で本伏せ。[浸水発生] 植菌翌年の 2020 年から 2021 年にかけて計 6 回実施。[蒸し込み] 5 回目の浸水発生の子実体を収穫後に実施。なお，浸水発生 5 回目までの子実体発生量には，試験区間に有意差が無いことを予め確認した。高温・高湿度環境（蒸し込み）を再現するために，普

段菌床シイタケの発生室として使用している空調設備のある部屋を使用した。室内にブルーシートを敷き，その上にほだ木を井桁積みにし，ほだ木が常に濡れた状態となるよう，ほぼ毎日 5 分程度散水した。室温は 23℃に設定し，室内の照明（蛍光灯）は 24 時間連続で点灯した。[対照区] 当所常法により，人工ほだ場にてよるい伏せとした。[休養期間] 蒸し込みを実践している生産者同様に，有効積算温度（シイタケ菌の活動にとって有効とされる 5℃以上の日平均気温（平均気温-5℃）の累積値）が 300℃以上を目安とした。温度は，おんどとり（TR-52i，T & D 社製）をほだ木付近に設置して，気温を測定した。[収穫調査] 菌傘が 8～9 分開きとなったものを基準として行ない，試験区毎に発生個数と生重量を測定した。

供試数は，702 は 18，夏実は 17 とした。

また，蒸し込み前後のほだ木の腐朽度合を比較するために，ピロディン（エフティーエス株式会社製）を用いたピンの貫入値を調査した。調査時期は，蒸し込み前が浸水発生 5 回目の子実体収穫直後，蒸し込み後は 6 回目の浸水直前とした。供試したほだ木は，浸水発生 5 回分の発生量及び末口径が，試験区間で同程度のものを各 5 本とした。

2.3.3 結果と考察

蒸し込み試験を実施した浸水発生 6 回目分と，全 6 回分の子実体発生量調査結果を図 2-3-2 に示

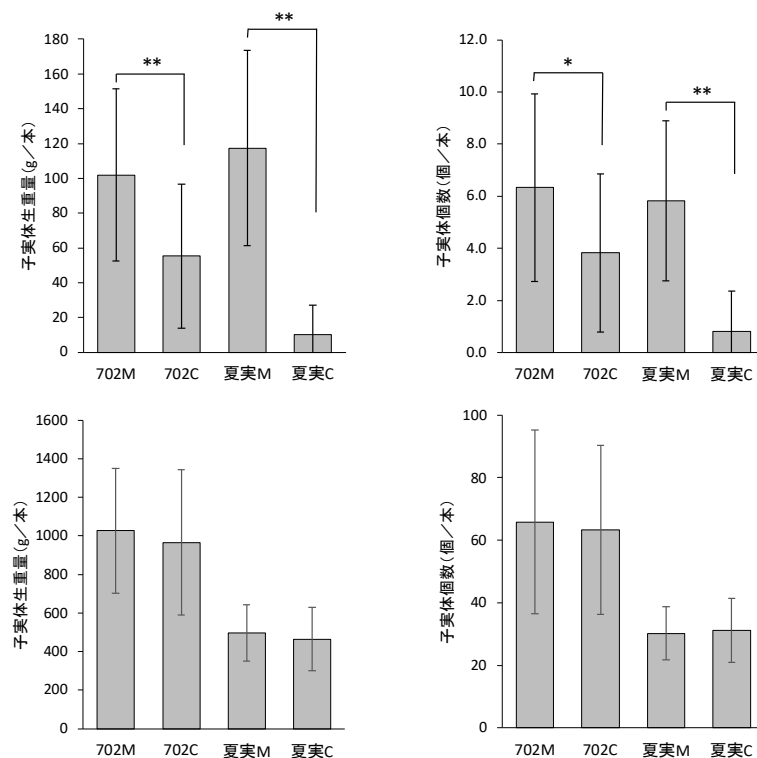


図 2-3-2 子実体発生量調査結果（上段：浸水発生 6 回目分，下段：全 6 回分）

注) 品種名の後の M：蒸し込み区，C：対照区。「*」は有意差があることを示す（t 検定，*： $p < 0.05$ **： $p < 0.01$ ）。

す。また、ピロディンの貫入値の測定結果を表 2-3-1 に示す。

表 2-3-1 休養（蒸し込み）の前後におけるほだ木腐朽度調査結果

試験区	前 (A)	後 (B)	差 (B-A)
702M	37.3	37.9	0.6
702C	36.3	37.7	1.4
夏実M	34.5	35.9	1.4
夏実C	37.7	38.3	0.6

注) 品種名の後の M: 蒸し込み区, C: 対照区。各試験区は、ほだ木 5 本の平均値。(各ほだ木の値は 3 箇所測定した平均。蒸し込みの前後で近接箇所を測定。)

蒸し込み試験を行った 6 回目分の 2 品種の子実体生重量及び個数は、蒸し込み区のほうが対照区より有意に多かった。一方、全 6 回分の 2 品種の生重量及び個数には試験区差は見られなかった。

ピロディンによる貫入値は、値が大きいほどビンが深く貫入したことを示し、腐朽（ほだ化）がより進んだことを表している。2 品種ともに蒸し込みの有無による明確な差は見られなかったものの、全ての試験区で休養後の貫入値が増加しており、ほだ木の腐朽が進んだことは確認できた。

休養期間、有効積算温度は、蒸し込み区が 20 日間で 338℃、対照区は 32 日間で 379℃となった。有効積算温度が 300℃に到達した日を逆算すると、蒸し込み区は対照区に比べ 7 日間早かった。

以上より、休養期間中の積極的な加温や加湿処理（蒸し込み）により、通常の休養管理よりも、休養期間が短縮されることが分かった。また、蒸し込み後の浸水発生において子実体発生量の増加が期待できることから、浸水発生の回数を減らすことによる省力化が可能と考えられた。なお、蒸し込みとほだ木の腐朽度との関連性を示すことは出来なかった。

3 菌床シイタケビン栽培技術の開発試験

3.1 培地材料・品種に関する試験

3.1.1 ビン栽培に適した培地材料の検討

(1) 目的

シイタケの菌床栽培の培地材料は、広葉樹のおが粉、栄養材（フスマ等）及び水である。袋栽培では、おが粉に粒度の粗い「おがチップ」（5×5～10×10 mm）を混ぜて使用することが一般的である。

そこで、ビン栽培においておがチップを混ぜた培地で栽培試験を行い、その発生特性を調査した。

(2) 試験方法

栽培概要は以下のとおり。[培地] 広葉樹のおが粉とおがチップの混合割合（容積比）が異なる 3 種類（表 3-1-1）。おがチップは、一昼夜吸水させたものを使用。水道水を加え、含水率を 61%程度に調整。[容器] ナメコビン（口径 77 mm, 800cc, ポリプロピレン製）[ビン詰め・殺菌] 一ビン当たり概ね 570g 充填し、中心に直径 17 mm の接種孔を 1 カ所開けた後、高温高圧殺菌（120℃, 60 分）。[接種] 冷却後、種菌を一ビン当り約 4g 接種。[種菌] 北研 600 号（H600）と北研 607-S 号（H607）の 2 品種。[培養] 室温 18～20℃。シイタケ菌が培地全面に蔓延した、培養 20 日後にビン全体（フタを除く）をアルミ箔で被覆。作業時以外は暗黒培養。期間は 110 日間。[発生管理] 培養終了後、ビンの蓋を外し、菌床表面を水で軽く洗浄し、明所下（24 時間蛍光灯を点灯）、室温 15～20℃に設定した室内で、239 日間子実体発生量調査を実施。ビン口部の菌床面が乾き過ぎないように、一日 1 回程度軽く散水。子実体は傘が 7 分開きを基本に収穫し発生個数、生重量を計測。

供試数は結果に示す。

表 3-1-1 培地混合割合

試験区	培地混合割合（容積比）		
	おが粉	おがチップ	フスマ
チップ0	10	0	2
チップ2	8	2	2
チップ5	5	5	2

(3) 結果と考察

子実体発生量等の調査結果を図 3-1-1 に、子実体の発生経過を図 3-1-2 に示す。

H600 の子実体生重量は、最も多かったチップ 2 区が一ビン当たり 193g あった。これは、子実体発生重量率（生重量/一培地当たり培地重量×100）が 34% となり、袋栽培の標準値（33%）⁴⁾ と同程度であった。また、チップ 2 区は他区に対して有意に多かった。発生処理後最初の子実体が得られる所要日数（一番収穫所要日数）もチップ 2 区は他区より短い傾向が見られ、チップ 5 区との間には有意差（Tukey-Kramer 法, $p < 0.05$ ）が確認された。子実体発生経過を見ると、チップ 2 区は他区に比べ、発生初期からより多く子実体が発生し、その後も継続的に発生が続いていた。

一方、H607 の子実体生重量は、試験区間に有意差は見られなかった。一番収穫所要日数は、H600 同

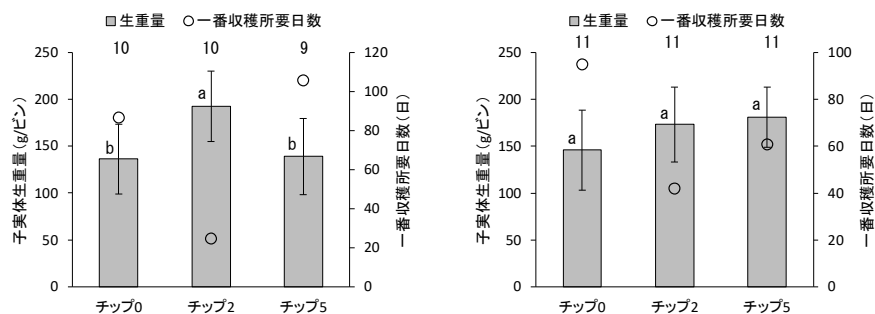


図 3-1-1 品種別子実体発生量等調査結果 (左：北研 600 号，右：北研 607-S 号)

注) 棒グラフ上部の数字は供試数。異なるアルファベットは有意差があることを示す (Tukey-Kramer 法, H600 のチップ 0 と 2 間は $p < 0.01$, チップ 2 と 5 間は $p < 0.05$)。垂線は標準偏差。

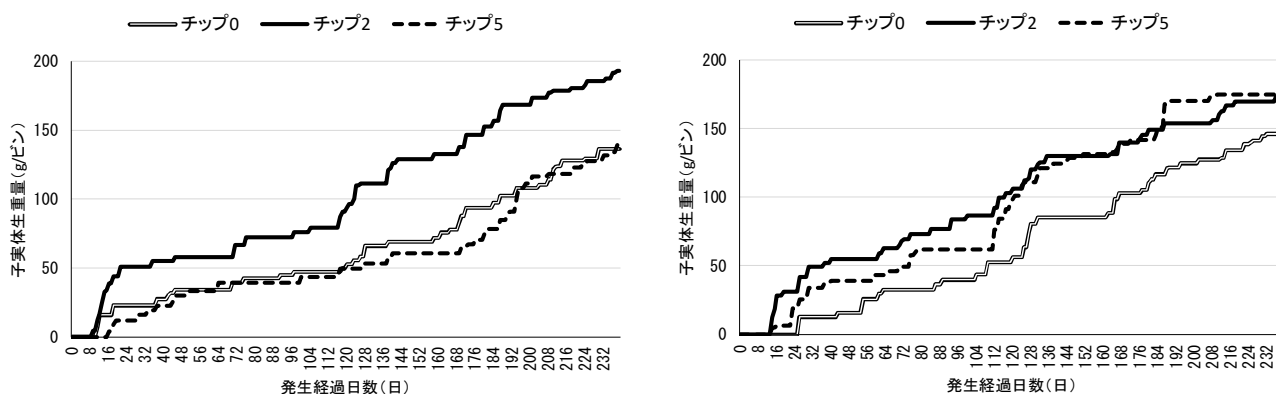


図 3-1-2 品種別子実体発生経過 (左：北研 600 号，右：北研 607-S 号)

様にチップ 2 区が他区より早い傾向となり，チップ 0 区との間に有意差 (Tukey-Kramer 法, $p < 0.05$) が確認された。子実体発生経過を見ると，チップ 2 及び 5 区が 0 区に対して発生初期から多く発生していたが，発生 100 日目までを比較するとチップ 2 区が最も多かった。

以上より，シイタケのビン栽培において，おがチップを培地に混入すると子実体発生量が増加すると考えられた。ただし，その混入率や，子実体の増収効果には品種間差があることが示唆された。また，先行研究⁹⁾と同様に，一番収穫所要日数が短いほど，子実体発生量が多くなることが本試験においても確認された。

3.1.2 ビン栽培適性のある品種の探索試験

(1) 目的

先行研究¹⁰⁾においてビン栽培に適性のある品種の探索を行ったが，供試した品種数が少なかった。

そこで，ビン栽培に適性のある品種をさらに探索するために，未だビン栽培試験の実績がない市販品種等を用いた栽培試験を行った。

(2) 試験方法

栽培概要は以下のとおり。[種菌] 市販 10 品種。

このうち栽培実績のほとんどない新たな品種は，北研 715 号 (H715)，森 ds16 号 (ds16)，113 号 (113)，かつらぎ産業 KS21 (KS21)，KA-1001 (KA1001) の 5 品種。比較対照として，これまでに適性があることが確認されている 5 品種 (北研 600 号 (H600)，603 号 (H603)，607-S 号 (H607)，73 号 (H73)，森 XR1 号 (XR1)) についても併せて使用した。[培地] おが粉と一昼夜吸水させたおがチップ及びフスマを容積比で 8:2:2 に混合。含水率 63%。[ビン詰め・被覆] 一ビン当たり概ね 550g 充填した後，ビン全体をアルミ箔で被覆。[接種・培養] 種菌を接種後，20℃に設定した培養室にて 102 日間培養。[発生管理] 培養終了後，室温 16~20℃に設定した発生室内で，234 日間子実体発生量調査を実施。各品種の供試数は 12 とした。

なお，本項に特段記載のない内容は 3.1.1 (2) と同様とした。このことは，以降の試験についても同様とする。

(3) 結果と考察

子実体発生量等の調査結果を図 3-1-3 に，子実体生重量と一番収穫所要日数との関係を図 3-1-4 にそれぞれ示す。

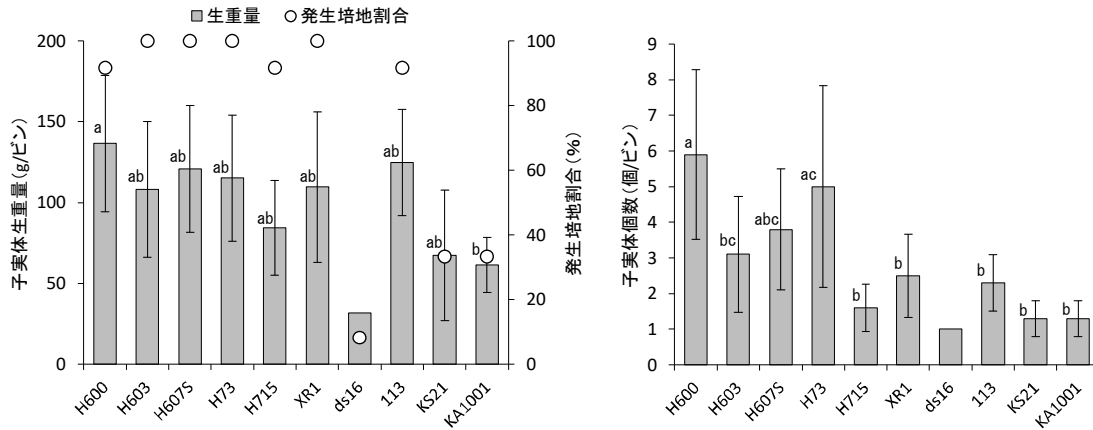


図 3-1-3 子実体発生量等調査結果 (左: 生重量, 発生培地割合, 右: 個数)

注) 異なるアルファベットは有意差があることを示す (Tukey-Kramer 法, $p < 0.01$). 生重量の H600 と KA1001 間と, 個数の H73 と XR1 間のみ $p < 0.05$). 垂線は標準偏差。

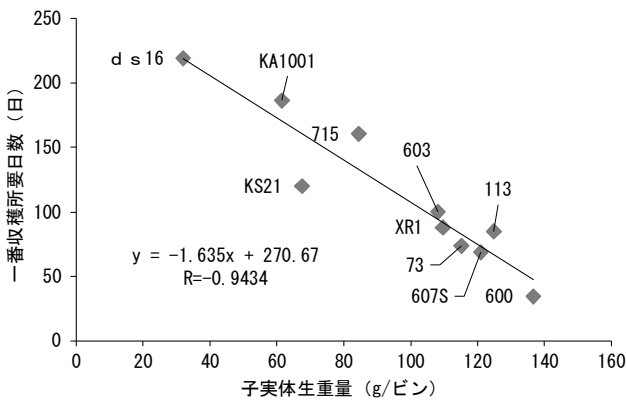


図 3-1-4 子実体生重量と一番収穫所要日数との関係

子実体生重量が一ビン当たり 100g を超えたのは、多い順に H600 の 137g, 113 の 125g, H607 の 121g, H73 の 115g, XR1 の 110g, H603 の 108g の 6 品種であった。これらの子実体発生重量率は 20~25% であった。子実体発生が 1 ビンのみであった ds16 を除く 9 品種で有意差検定を行った結果, H600 と KA1001 間のみ有意差が見られた。

子実体個数は、生重量の多かった上位 6 品種のみ一ビン当たり 2 個以上発生していた。個数の多かった上位 2 品種は、個数の少なかった品種との間に有意差が見られた。

子実体生重量と一番収穫所要日数との間には、強い負の相関関係が見られた。

以上より、ビン栽培に適性のある品種は、子実体発生量、個数が多く、一番収穫所要日数が短い 6 品種と考えられた。このうち、5 品種は既に適性があると考えられていた品種¹⁰⁾であり、今回新たにビン栽培の適性が確認されたのは 113 のみであった。

3.2 栽培容器に関する試験

3.2.1 光線の遮断時期の検討

(1) 目的

シイタケのビン栽培においては、培養時にビン口部以外への光を遮断することにより、子実体発生量を増加させる効果があることが分かっている¹⁰⁾。既存のきのこ栽培用のビンは半透明なポリプロピレン製であり、これらを活用してシイタケをビン栽培するには、ビンをアルミ箔で覆ったり、ビンを着色するなどの処理を行う必要がある。このうちアルミ箔でビンを覆う場合、その実施の適切なタイミングはよく分かっていない。これまででは、培地をビンに詰めた後、殺菌前に覆うことにしていたが、作業に多くの時間を要した。これでは、夏期の高温期など培地の変質防止のため早急に殺菌したい場合には不適切であった。

そこで、光線を遮断する適切な時期を検討するための栽培試験を行った。

(2) 試験方法

ナメコビンを使用し、アルミ箔でビン口部以外を覆って遮光した。実施時期は、①培地をビンに詰めた直後 (直後区)、②シイタケ菌を接種後、菌糸体が培地全体に蔓延した後 (一次培養終了後、一次区)、③培養後期 (後期区) の 3 区分とした。各試験区の供試数は 16 とした。

その他の栽培概要は以下のとおり。[種菌] 北研 600 号 (H600), 603 号 (H603), 73 号 (H73) 及び 森 113 号 (113) の 4 品種 [直後区被覆] 培地をビンに詰めた後、直後区にはアルミ箔を被覆し、殺菌。

[培養] 18~20℃に設定した室内で、104 日間。[一次・後期区被覆] 培養 28 日目に一次蔓延が終了し

たところで一次区にアルミ箔を被覆。培養 61 日目に後期区をアルミ箔で被覆し、この日から日中(約 8 時間)は室内の蛍光灯を点灯した。[発生] 子実体発生量調査 197 日間。

(3) 結果と考察

子実体発生量等の調査結果を図 3-2-1 に、子実体の発生経過を図 3-2-2 に示す。

子実体生重量は、113 の直後区と一次区間に有意差が見られたが、他の 3 品種では試験区間に有意差は見られなかった。

一番収穫所要日数は、H600 の直後区と一次区間に有意差 (Tukey-Kramer 法, $p < 0.05$) が見られた他、H603 の直後区と後期区間にも有意差 (Tukey-Kramer 法, $p < 0.01$) が確認された。その他の品種

では試験区間に有意差は見られなかった。

子実体の発生経過を見ると、各品種とも概ね一番収穫所要日数が短い試験区が、発生初期から子実体発生量が多く、また試験区間差が大きい傾向が見られた。

以上より、本試験に供した多くの品種では、光線の遮断時期による子実体総発生量への影響は無いことが確認された。ただし、113 では、子実体総発生量について、直後区と一次区間で有意差が見られたため、品種によっては反応が異なることが示唆された。一方、子実体発生経過に対しては、光線の遮断時期の影響が大きいことが示唆された。

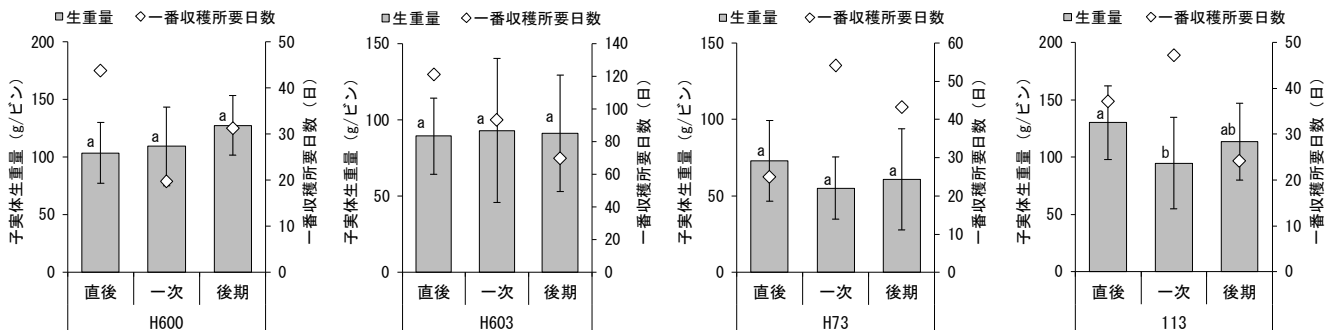


図 3-2-1 品種別子実体発生量等調査結果

注) 異なるアルファベットは有意差があることを示す (Tukey-Kramer 法, $p < 0.05$)。垂線は標準偏差。

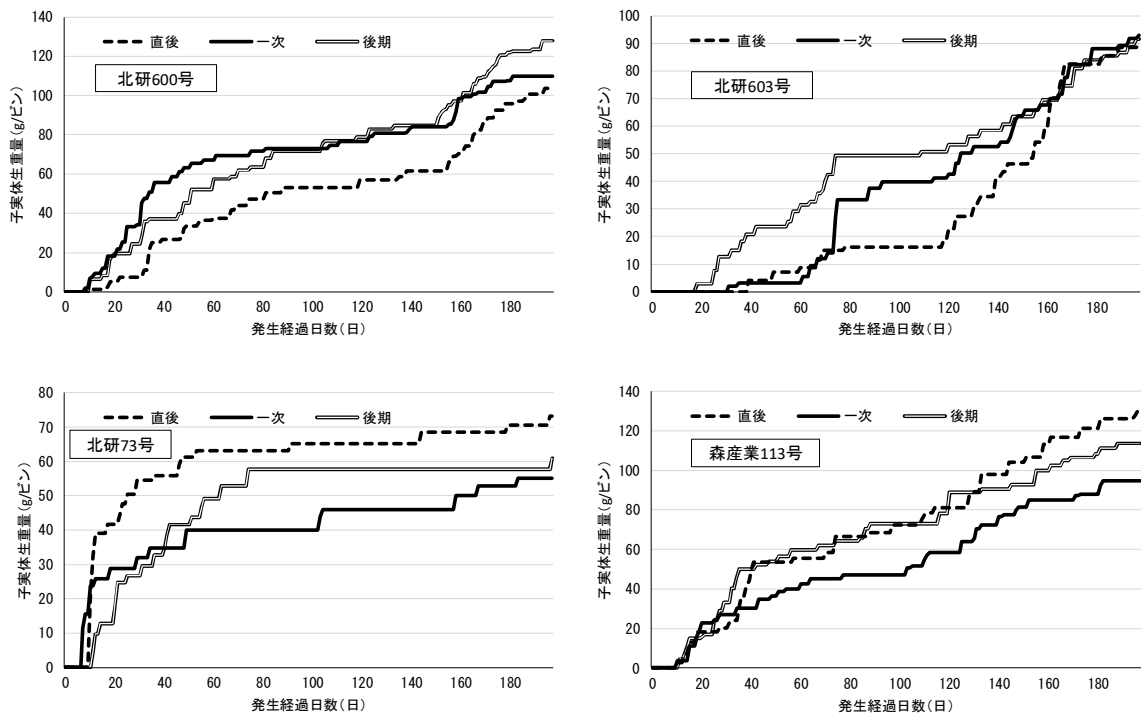


図 3-2-2 品種別子実体発生経過

3.2.2 容器の通気性に関する試験

(1) 目的

シイタケ菌はナメコやエノキタケに比べて呼吸量が多いことから、袋栽培では、培養室内や培養袋の十分な換気が重要とされている⁴⁾。また、培地重量減少率の大きい容器で子実体発生は増加する傾向があり、培養後に5%以上培地重量が減少する状態が良い³⁾とされている。これらは、ビン栽培においても同様と推測されるが、実証した例は無い。

そこで、ビン栽培における容器の通気性が子実体発生に及ぼす影響について検討するために、ビン容器の蓋の通気性に関する栽培試験を行った。

(2) 試験方法

ア 試験に用いた蓋

ナメコビンを使用し、蓋は以下の4種類を用いた。

[2穴区] 付属の蓋に電動ドリルで直径5mmの穴を2箇所開け、Milli Seal (ミリポア社製、外径18mm、内径10mm) を貼付 [大穴区] 電動ドリルで直径15mmの穴を1箇所開け、通気シール (商品名: のり付リングフィルター、アゼアス株式会社製、外径33mm、内径22mm) を貼付 [フィルター区] フィルター付きの蓋 (株式会社千曲化成製) [対照区] 付属の蓋をそのまま使用 (図3-2-3)。

イ 栽培条件

[種菌] 北研600号 (H600)、森XR1 (XR1)、千曲化成チクマッシュ CS202 (CS202) の3品種。CS202は、株式会社千曲化成と当所との技術協力による栽培試験の結果 (※未発表)、ビン栽培の適性があると判断された品種。[培地] おが粉とフスマを容積比10:2に混合。含水率65%。[ビン詰め・被覆] 一ビン当たり概ね520g充填した後、ビン全体をアルミ箔で被覆 [培養] 接種後蓋をして、19~20℃に設定した培養室で90日間培養。培養60日目以降は、室内灯を24時間連続点灯。[発生] 培養終了

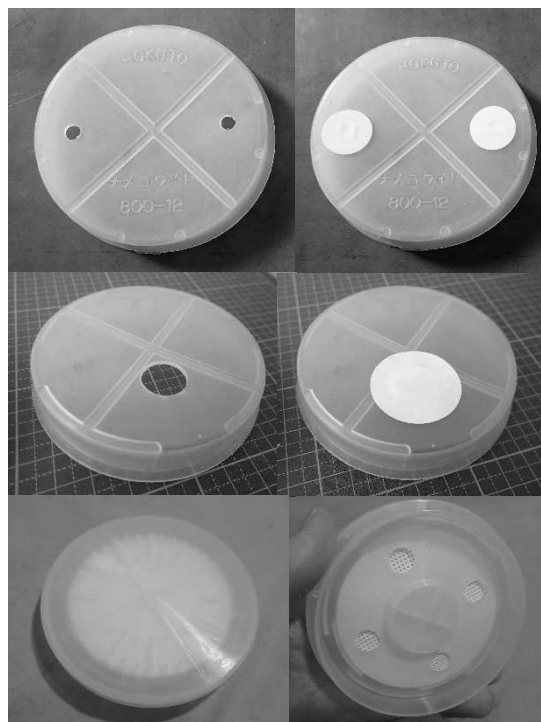


図3-2-3 容器の通気性に関する試験に用いた蓋 (上: 2穴区, 中: 大穴区, 下: フィルター区)

後、13~20℃に設定した発生室で、子実体発生量調査を114日間実施。各試験区の供試数は6とした。

ウ 通気性の調査

菌床シイタケの袋栽培において、培養袋の通気性は、培養袋内の培地重量減少率から判断できる¹¹⁾とされる。そこで、これを応用し、培養期間中の培地重量 (ビンの重さ) を測定し、容器 (蓋) の通気性を検討した。調査は、①種菌接種直後、②一次蔓延終了時 (培養27日目)、③培養中期 (45日目)、④培養後期 (63日目)、⑤培養終了時の全5回実施した。

(3) 結果と考察

培養中の培地の重量減少率の推移を図3-2-4、培養全期間の培地重量減少率を図3-2-5、子実体発生量調査結果を図3-2-6に示す。

培地の重量減少率の推移は3品種が同様の傾向

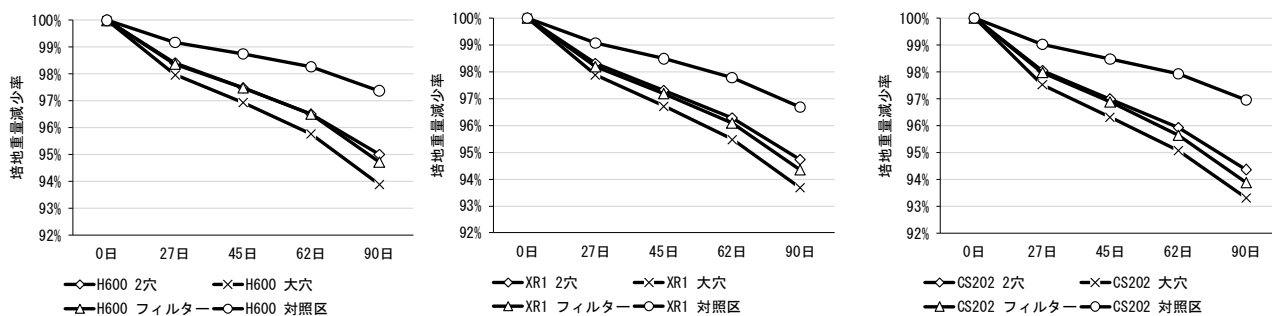


図3-2-4 培養中の培地重量減少率の推移 (一ビン当たり)

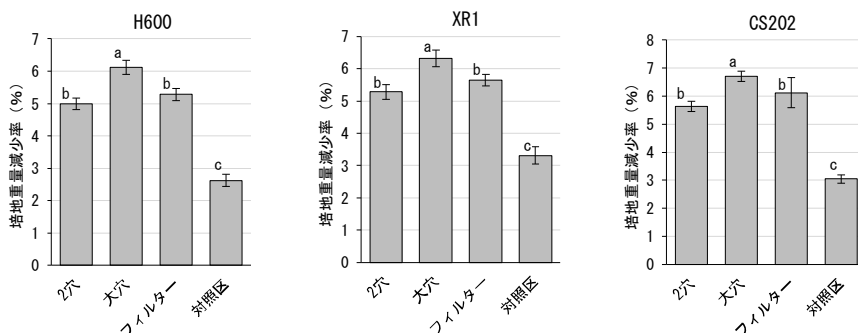


図 3-2-5 培養全期間の培地重量減少率（一ビン当たり）

注) 異なるアルファベットは有意差があることを示す (Tukey-Kramer 法, $p < 0.01$, CS202 の大穴とフィルター区間のみ $p < 0.05$)。垂線は標準偏差。

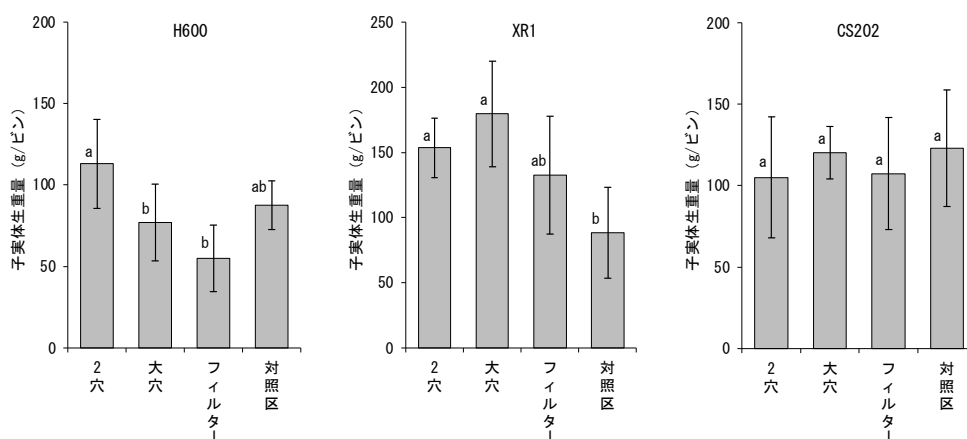


図 3-2-6 品種別子実体発生量調査結果

注) 異なるアルファベットは有意差があることを示す (Tukey-Kramer 法, $p < 0.05$ (H600 の 2 穴と大穴区間, XR1 の 2 穴と対照区間, $p < 0.01$ (H600 の 2 穴とフィルター区間, XR1 の大穴と対照区間))。垂線は標準偏差。

を示していた。各期間の重量減少率を見ると、2 穴、大穴、フィルターの 3 区に比べ、対照区の減少率は小さく、培養終了時には大きな差が見られた。

培養全期間の培地重量減少率も 3 品種で同様の傾向を示し、2 穴、大穴、フィルターの 3 区の減少率は対照区より大きく、有意差も確認された。これら 3 区の培地重量減少率は 5% を超えていた。

XR1 の子実体発生量を見ると、2 穴及び大穴区は対照区より有意に多かった。なお、この 2 区の子実体発生量は一ビン当たり 150g 以上あり、子実体発生重量率は 30% を超えていた。H600 の 2 穴区は、大穴及びフィルター区に対して発生量が有意に多かった。CS202 は試験区間で有意差は無かった。

以上より、容器の通気性は、蓋に穴をあけたものや、フィルター付きの蓋を使用した試験区で高く、培地重量減少率も 5% を超えることが分かった。また、通気性が高い容器で高収量を得られる品種が確認された。ビン容器の通気性が、子実体発生に及ぼす影響には品種間差があることが示唆された。本試験で使用した 4 種類の蓋の中では、2 穴区が

ビン栽培に広く適用できる可能性が示唆された。

3.3 発生管理に関する試験

3.3.1 発生刺激の増収効果に関する栽培試験

(1) 目的

シイタケの原木栽培では、ほだ木を打木（樹脂製ハンマー等でほだ木を叩く操作）することにより、子実体発生量が増加する¹²⁾ことが知られている。菌床シイタケの袋栽培においても、子実体発生を促すために、培地への散水や浸水のほかに、培地を叩く（打床）などの刺激を与えることがある。

そこで、ビン栽培においても、菌床への刺激（発生刺激）が子実体の発生促進に有効かを栽培試験によって検討した。

(2) 試験方法

[種菌] 北研 607-S 号 (H607), 森 XR1 の 2 品種。
[培地] おが粉とおがチップ及びフスマを容積比で 8 : 2 : 2 に混合。含水率 60%。[ビン詰め] 一ビン当たり概ね 550g 充填。[培養] 18~20°C に設定した培養室で 104 日間培養。培養 41 日目に、アルミ

箱でビンを被覆。66 日目以降は毎日、室内の蛍光灯を点灯（約 8 時間）。[発生] 11~22℃に設定した発生室で、子実体発生量調査を 183 日間行った。

[発生刺激] 一番発生が概ね終了した発生処理後 67 日目に、以下の二つの方法で実施。①ビン内を水で満たし、約 15 時間放置後に排水（浸水区）、②ビン口及び底部を樹脂製ハンマーでそれぞれ 2、3 回叩いた後に①と同様に浸水を行う（打床区）。また、常法により散水管理を行った対照区を設けた。各試験区の供試数は 10 とした。

(3) 結果と考察

子実体発生量の調査結果を図 3-3-1、子実体の発生経過を図 3-3-2、発生刺激日翌日以降 30 日間の子実体発生量を表 3-3-1 に示す。

H607 は、打床区の子実体発生量が多く、個数では浸水区、対照区に対して有意差が見られた。また、発生刺激日の翌日以降 30 日間の子実体発生量においても、打床区は生重量と個数で浸水区に対して有意に多かった。なお、対照区はこの期間に子実体の発生が無かった。

XR1 は、子実体発生量に 3 区間でほとんど差は見られず、有意差も無かった。発生刺激日以降の子実体発生状況を見ると、刺激を与えた 2 区は子実体が発生したが、対照区では発生が無かった。なお、子実体が発生した 2 区間に有意差は見られなかった。また、発生培地割合は H607 では 70%以上あったが、XR1 は 2 区ともに 40%にとどまった。

以上より、菌床への刺激（発生刺激）は、ビン栽

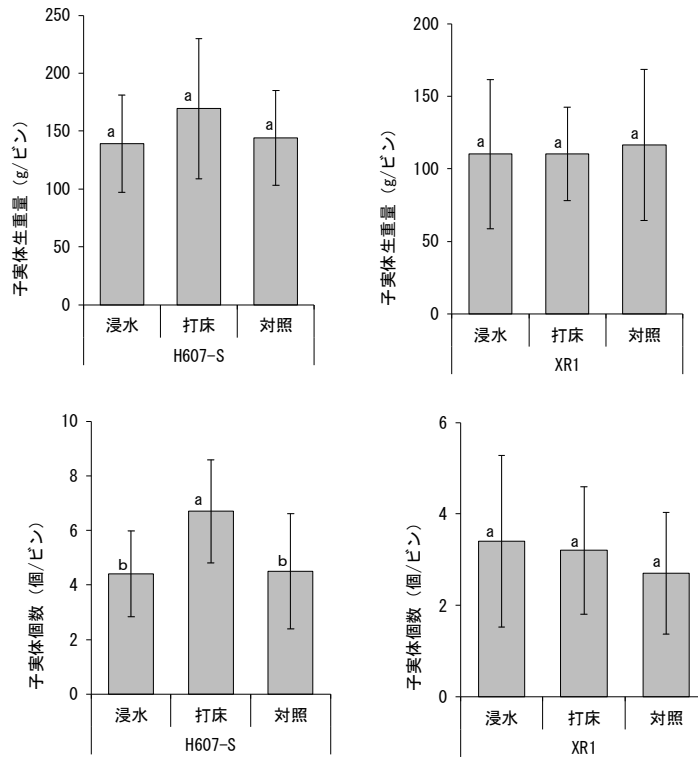


図 3-3-1 品種別子実体発生量調査結果（左：北研 607-S 号，右：森 XR1）

注) 異なるアルファベットは有意差があることを示す (Tukey-Kramer 法, $p < 0.05$)。垂線は標準偏差。

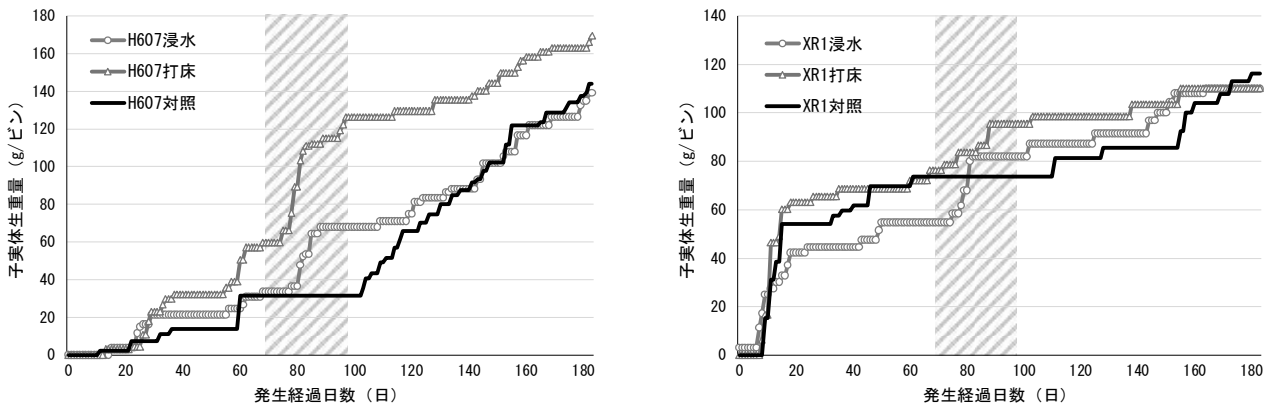


図 3-3-2 品種別子実体発生経過

注) 斜線部は発生刺激翌日からの 30 日間を示す。

表 3-3-1 発生刺激日翌日以降 30 日間の子実体発生量等調査結果

品種	試験区	生重量 (g/ビン)	個数 (個/ビン)	発生培地割合 (%)
H607	浸水	37.1±29.9	1.5±1.4	70
	打床	69.3±27.4*	3.1±1.4**	100
	対照	0	0	0
XR1	浸水	24.4±40.6	0.7±1.3	40
	打床	19.2±30.0	0.4±0.5	40
	対照	0	0	0

注) *は浸水区に対して有意差があることを示す (t 検定, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)。発生培地割合 = 子実体が発生した培地数 / 供試培地数 × 100。±は標準偏差。

培においても、子実体の発生促進に有効であることが確認された。ただし、この効果の大きさには品種間差があることが示唆された。また、刺激を複数与えるなど、刺激がより強いほうが、効果が大きくなる可能性も示唆された。

3.3.2 高収量・短期栽培を目指した栽培試験

(1) 目的

菌床シイタケのビン栽培において、既存のきのこ栽培ビンを使い、ビン内への光線を遮断して、長期間に渡り子実体発生を行うと、袋栽培と同等の収量が得られることが分かっている¹⁰⁾。このことは、本研究の 3.1.1 においても確認されている。一方で、子実体発生期間が長期化すると、培地の乾燥による収量の低下や、害菌・害虫の被害を受けるリスクが高まる。また、栽培施設に長期間培地が留まることにより、施設の回転率が落ちてしまうことが考えられる。

そこで、高収量かつ短期間での菌床シイタケのビン栽培を目指し、培養期間及び効率的な発生管理手法を検討するための栽培試験を行った。

(2) 試験方法

[種菌] 当所のこれまでの栽培試験の結果等か

ら、短期培養でも高収量が得られる可能性が高いと考えられた、千曲化成チクマッシュ CS202 (CS202)、森 XR1 (XR1) の 2 品種を用いた。[培地] おが粉とフスマを容積比で 10 : 2 に混合。含水率 67%。[ビン詰め] 一ビン当たり概ね 530g 充填。

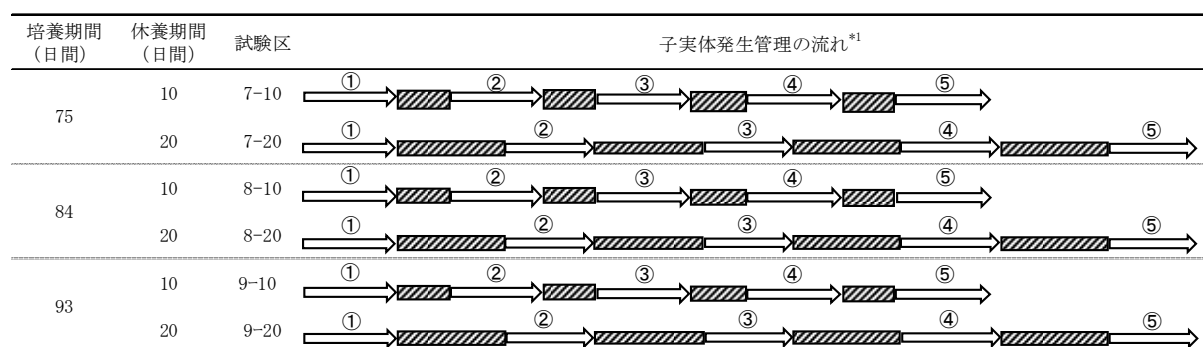
[培養] 19~20℃に設定。培養期間は、75, 84, 93 日間の 3 区分とし、それぞれ 28 日目にアルミ箔でビンを被覆し、培養終了日の 21 日前から室内の蛍光灯を 24 時間連続点灯。[発生] 15~16℃の発生室にて一番発生の子実体発生量調査を行い、発生が途切れた培地を、試験区毎に室温 20~21℃の部屋へ移し、10 日又は 20 日間休養した後、再び 15~16℃の発生室へ戻し、子実体発生量調査を行った (二番発生)。この後、休養と発生を 3 回繰り返し、五番発生まで調査を行った (表 3-3-2)。各試験区の供試数は 12 とした。

(3) 結果と考察

子実体発生量の調査結果を図 3-3-3 に示す。また、子実体発生期間の短期化を検討するために、二番発生までの子実体発生量等の調査結果を表 3-3-3 に示す。

五番発生までの総発生量は、2 品種ともに 6 試験区間に有意差は見られなかった。次に、培養期間

表 3-3-2 培養及び発生管理区分



注) *1 矢印は子実体発生期間、斜線部は休養期間を示す。短い斜線部は 10 日間、長いほうが 20 日間休養を表す。子実体発生期間上の数字は発生回数を示す。

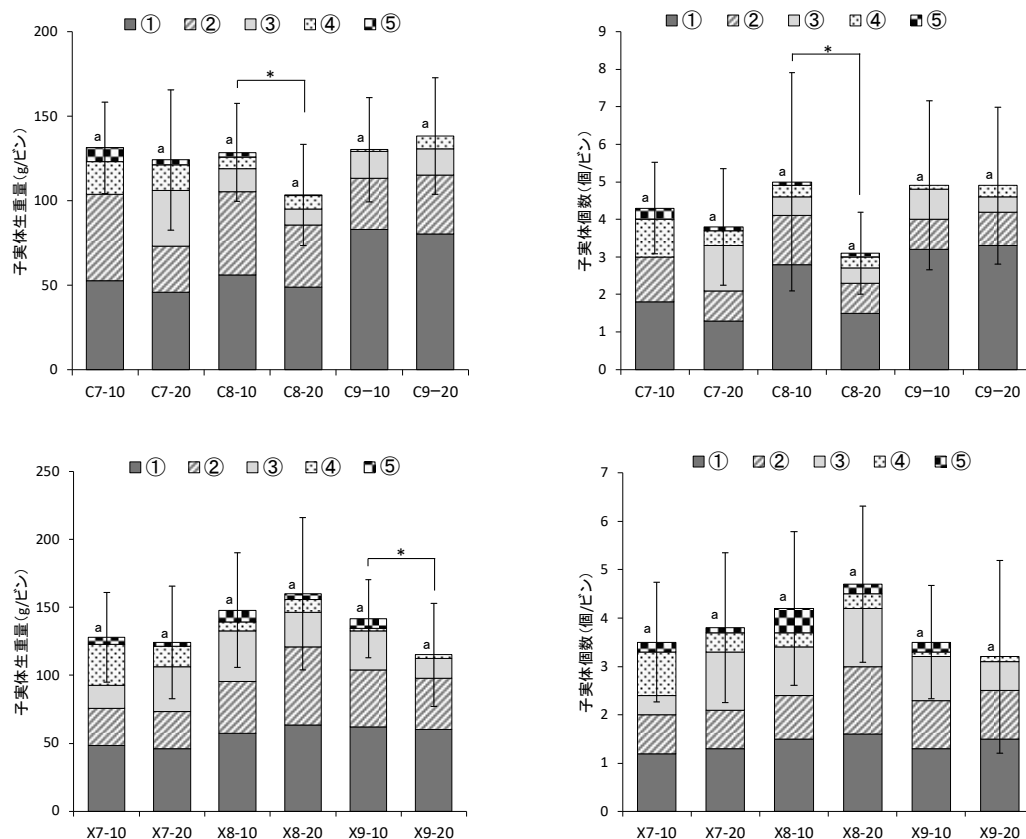


図 3-3-3 品種別子実体発生量調査結果（上：チクマッシュ CS202，下：森 XR1）

注) 異なるアルファベットは有意差があることを示す (Tukey-Kramer 法, $p < 0.05$)。*は表示区間で有意差があることを示す (t 検定, $p < 0.05$)。垂線は標準偏差。

表 3-3-3 二番発生までの子実体発生量等の調査結果
(上：チクマッシュ CS202, 下：森 XR1)

試験区	一番発生のみ			二番発生まで				
	生重量*1 (g/培地)	割合*2 (%)	期間 (日)	生重量*1 (g/培地)	割合*2 (%)	期間 (日)		
C7-10	52.8 ± 21.8	ab	40	18	103.9 ± 21.1	a	79	42
C7-20	45.8 ± 33.5	b	37	18	73.2 ± 39.5	a	59	55
C8-10	55.9 ± 33.0	ab	43	16	105.6 ± 34.1	a	82	52
C8-20	48.8 ± 27.0	ab	47	16	85.6 ± 39.9	a	83	69
C9-10	83.1 ± 14.1	a	64	14	113.4 ± 33.7	a	87	60
C9-20	80.3 ± 37.8	ab	58	14	115.1 ± 40.3	a	83	62
平均	61.1 ± 27.9		48	16	99.5 ± 34.8		79	57

試験区	一番発生のみ			二番発生まで				
	生重量 (g/培地)	割合 (%)	期間 (日)	生重量 (g/培地)	割合 (%)	期間 (日)		
X7-10	48.5 ± 39.4	a	38	18	75.9 ± 30.9	a	59	42
X7-20	45.8 ± 33.5	a	37	18	73.2 ± 39.5	a	59	55
X8-10	57.6 ± 42.1	a	39	16	95.6 ± 41.3	a	65	52
X8-20	63.4 ± 38.8	a	40	16	120.7 ± 54.7	a	75	69
X9-10	62.1 ± 46.8	a	44	14	104.2 ± 41.3	a	73	60
X9-20	60.1 ± 39.0	a	52	14	98.1 ± 44.7	a	85	62
平均	56.3 ± 39.9		42	16	94.6 ± 42.1		69	57

*1 ±は標準偏差。異なるアルファベットは有意差があることを示す (Tukey-Kramer 法, $p < 0.05$)。*2 総発生量 (五番発生までの総生重量) に対するその期間中の発生量 (生重量) の比に 100 をかけた数値。

毎に総発生量を見ると、CS202は84日培養区で生重量と個数ともに、10日間休養区のほうが20日間休養区より有意に多かった（ t 検定、 $p < 0.05$ ）。XR1は、93日培養区で10日間休養区のほうが20日間休養区より有意に多かった（ t 検定、 $p < 0.05$ ）。なお、子実体発生重量率（培地重量に対する子実体発生重量の割合）は、6試験区の平均でCS202は24%、XR1は26%であった。

CS202の生重量の、一番発生のみ6試験区の平均は、一ビン当たり61.1gで、総発生量の48%を占めていた。最も多かったのは、93日培養の10日間休養区の一ビン当たり83.1gで、総発生量の64%を占めていた。本試験区と75日培養の20日間休養区の間には有意差が見られたが、その他の試験区間には有意差は見られなかった。二番発生まででは、6試験区の平均で一ビン当たり99.5gとなり、総発生量の79%を占めていた。

XR1の生重量の、一番発生のみ6試験区の平均は、一ビン当たり56.3gで、総発生量の42%、二番発生まででは、同じく94.6gで、69%を占めていた。

以上より、供試した2品種は、本試験で設定した最も短い75日間の培養でも、十分な子実体発生量が得られることが分かった。休養期間も、20日間より短期間の10日間のほうが、発生量が多くなる傾向が見られた。また、二番発生までに総発生量の7～8割の子実体発生量が得られることが分かった。これらのことより、菌床シイタケのビン栽培においては、培地重量に対する子実体発生重量の割合は袋栽培には劣るものの、栽培期間を短縮し、回転率を上げることにより、全体の収量を高めることが出来る可能性が示唆された。

3.4 ビン栽培技術の普及に関する検討

3.4.1 菌床シイタケ生産者施設における現地栽培試験

(1) 目的

菌床シイタケのビン栽培試験は、これまで当所の栽培施設のみで実施してきた。そこで、県内の菌床シイタケ生産現場において栽培試験を行い、既存生産施設でのビン栽培適性を調査するとともに、将来的な技術の普及時の課題を明らかにすることを目的とした。

(2) 試験方法

培地の作製から培養までは全て当所で行い、発生処理以降は、北信地域の菌床シイタケ生産施設

（以下「生産者施設」と当所において別々に実施した。この生産者施設は空調設備を完備し、普段は変温管理の元、散水方式により菌床全面から子実体を収穫する方式で栽培している。

栽培概要は以下のとおり。[種菌]北研600号（H600）、森XR1（XR1）、千曲化成チクマッシュCS202（CS202）の市販3品種と、予めオガ種菌を作製しておいた、当所所有の野生株MLE9の計4種。[培地]おが粉とフスマを容積比で10:2に混合。含水率65%。[ビン詰め]一ビン当たり概ね520g充填。

[培養]19～20℃に設定した培養室で90日間培養。培養20日目にアルミ箔でビンを被覆。[発生]一旦全ての菌床を当所から生産者施設へ運搬。生産者施設で管理する菌床について発生処理を行い、発生棚に置いた後、当所へ戻り同様に発生処理。発生期間中の管理方法は、生産者施設では、昼間20℃、夜間10℃の変温管理とし、菌床表面が乾いていたら適宜散水。当所では、初めの約1か月間は室温12～14℃とし、その後は10～20℃の範囲で管理し、散水方法は生産者施設と同様。[温度測定]両施設の発生環境を調査するために、おんどとり（TR-52i、T&D社製）を用いて、菌床付近の気温を測定。子実体発生量調査期間は81日間。各試験区の供試数は9とした。

(3) 結果と考察

子実体発生量の調査結果を表3-4-1に示す。また、菌床付近の気温とXR1の子実体生重量の推移を図3-4-1に示す。

子実体発生量は、4品種全てで、当所の発生量が生産者施設より多い傾向が見られ、XR1では個数と生重量、CS202では個数、MLE9は生重量でそれぞれ有意差が確認された。一番収穫所要日数も4品種全てで当所のほうが生産者施設より短い傾向が見られ、H600では有意差が確認された。また、当所のほうが生産者施設に比べ、一番収穫所要日数のバラツキが小さかった。

菌床付近の温度は、発生期間全体を通じて生産者施設のほうが当所に比べ高く、初めの1か月間では、両者の差は2～4℃で推移していた。この間の子実体発生状況を見ると、一番発生が始まる時期には両者に差は無いものの、その後の発生量には大きな差が生じていた。これは、他の3品種についても同様であった。

以上より、既存の菌床シイタケ生産施設においてもビン栽培により子実体が発生することは確認できたが、その発生量には、栽培環境の違いが大き

表 3-4-1 子実体発生量等調査結果

種菌	区分	供試数	子実体発生量(一ビン当たり)		個重 (g)	一番収穫所要 日数(日)
			個数(個)	生重量(g)		
H600	生産者	9	2.6 ±2.2	44 ±40	17	43 ±28 *
	当所	9	3.2 ±1.4	68 ±17	21	16 ±6
XR1	生産者	9	2.2 ±1.4 *	74 ±53 *	34	18 ±17
	当所	9	4.8 ±2.6	122 ±42	25	11 ±1
CS202	生産者	9	4.1 ±2.1 *	95 ±45	23	14 ±12
	当所	9	6.6 ±2.5	119 ±9	18	11 ±2
MLE9	生産者	9	4.6 ±2.2	56 ±20 *	12	22 ±17
	当所	9	4.9 ±1.6	73 ±16	15	14 ±5

注)一番発生日は各試験区の平均値。*は両者の間に有意差があることを示す(t検定、 $p < 0.05$)。±は標準偏差。

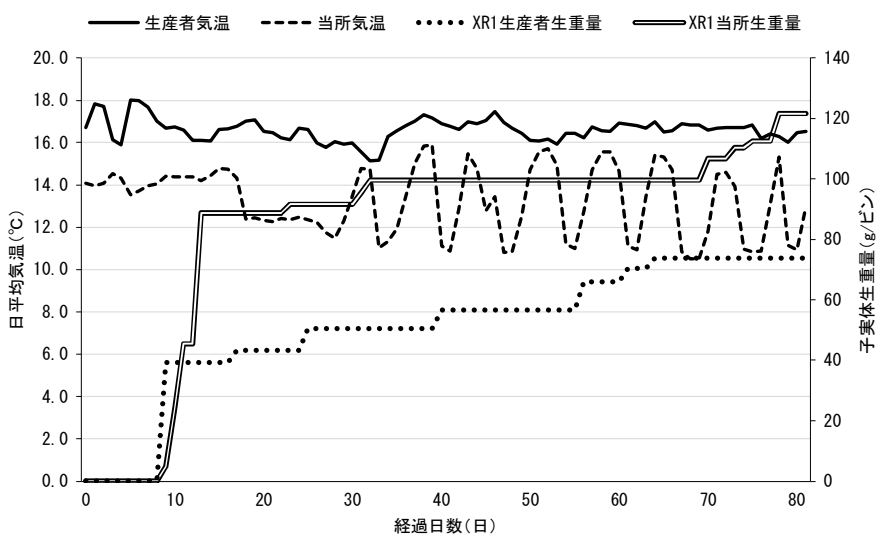


図 3-4-1 菌床付近の気温及び子実体生重量の発生の推移 (品種：森 XR1)

く影響していると考えられた。また、一番収穫所要日数が短いほうが、子実体発生量が多くなる¹⁰⁾ことから、本試験の既存の菌床シイタケ生産施設において菌床シイタケのビン栽培を行う場合、子実体発生初期の温度等の発生環境を改善することが重要と考えられた。

3.4.2 菌床シイタケのビン栽培における生産性の試算

(1) 目的

菌床シイタケの、袋栽培では、通常培地全面から子実体が発生することから、収穫時等の作業性も考慮し、培地同士の間隔を空けて栽培する必要がある。

一方、ビン栽培はコンテナに並べたビンをも、コンテナ同士の隙間無く、栽培棚に置くことができることから、栽培施設の有効活用が可能と考えられるが、これまでに上記について検証した例はほと

んど無い。

そこで本項では、菌床シイタケのビン栽培と袋栽培における生産性の比較検証を行うとともに、今後の課題を探った。

(2) 調査方法

生産性は、ある一定の栽培施設における一年間に発生する子実体の販売額を、それを生産するために必要な培地材料費で除した値とした。

ビン栽培の試算の基になるデータは、3.1.1で一ビン当たり 193g と最も発生量が多く、子実体発生重量率が袋栽培の標準値と同等の 34%であった北研 600 号のチップ 2 区(「最大収量」と、3.3.2で比較的良好な発生がみられた、チクマッシュ CS202 の 75 日培養・10 日休養区 (C7-10) の「一番発生のみ」及び「二番発生まで」の計 3 パターンの子実体発生量等のデータ (表 3-3-3) を用いた。

袋栽培は、栽培の手引書⁴⁾から栽培棚の規模、坪当たりの培地収容数などの数値を引用した。基

準となる栽培施設の規模（発生室の広さ）も、手引書⁴⁾において管理しやすいとされる35坪とした。なお、ビン栽培も同じ施設を使用するとして試算した。

(3) 結果と考察

生産性の試算結果を表3-4-2に示した。

生産性が最も高かったのはビン栽培の「最大収量」の27.4で、以下袋栽培の24.0、ビン栽培の「二番発生まで」の14.7、「一番発生のみ」の7.5と続いた。本調査で設定した栽培施設における、最大収容菌床重量は、ビン栽培と袋栽培間に大きな差が無かったことから、生産性は、年間の回転数と一菌床当たりの子実体発生量に大きく影響を受けると考えられた。「最大収量」は、一菌床当たりの子実体発生量が多いものの、年間の回転数がわずか1.0回のため、総発生量が最も少なかった。しかし、培地材料の使用量も少ない為、結果的に高い生産性

となった。栽培期間が長期化すると、菌床の害菌・害虫被害のリスクも高まり、子実体の品質にも悪影響が生じやすくなることから、この栽培パターンは現実的ではないと考えられた。

「一番発生のみ」や「二番発生まで」のパターンは、回転数は多いものの、一菌床当たりの子実体発生量が少ないため、生産性は低くなっていた。そこで、それぞれのパターンにおいて、子実体の総発生量が袋栽培と同程度となるよう一菌床当たりの子実体発生量を仮に設定した場合の生産性の比較を試みた。その結果、「一番発生のみ」の一菌床当たりの子実体は90gに、「二番発生まで」は113gに増加すると、総発生量が袋栽培と同程度となり、その生産性はそれぞれ、12.8と16.0になり、若干改善することが確認された。さらに生産性を上げる為には、一菌床当たりの子実体発生量の増加や、栽培期間の短縮化による回転数を増やす必要がある

表3-4-2 菌床シイタケのビン栽培における生産性の試算結果（発生室35坪当たり）

項目	ビン（培地重量）			袋（2.5kg）
	最大収量 (570g)	一番発生のみ (530g)	二番発生まで (530g)	
坪当たり収容菌床数（個）	435	435	435	100
最大収容菌床数（個/発生室）	15,225	15,225	15,225	3,500
最大収容菌床重量（kg）	8,678	8,069	8,069	8,750
栽培日数（培養・発生）	349	93	117	190
年間回転数	1.0	3.9	3.1	1.9
年間発生菌床数（個）	15,225	59,378	47,198	6,650
子実体発生量				
一菌床当たり（g）	193	53	104	800
総発生量（kg/年）	2,938	3,147	4,909	5,320
年間販売額*1（円）【A】	2,891,410	3,096,655	4,830,003	5,234,880
年間培地材料使用量				
おが粉（m ³ ）	12	48	38	25
フスマ（kg）	563	2,197	1,746	1,164
培地材料費*2（円）				
おが粉	87,617	341,708	271,614	180,428
フスマ	18,026	70,303	55,882	37,240
計【B】	105,644	412,011	327,496	217,668
所得（円）【A-B】	2,785,766	2,684,644	4,502,507	5,017,212
生産性【A÷B】	27.4	7.5	14.7	24.0

*1 東京都中央卸売市場の生シイタケの令和4年の平均価格の984円/kgで試算（令和4年特用林産物統計調査より）

*2 おが粉（広葉樹）7,140円/m³、フスマ32円/kgで試算（令和5年度長野県きのこ振興方針より）

が、その他には培地材料使用量を減らすことも考えられる。ビン栽培の短期栽培は、袋栽培に比べ、子実体の発生期間が短いため、培地の腐朽・分解があまり進んでいないと推察されることから、使用済み培地を再び培地として再利用することも、生産性を上げるために有効と考えられた。

最後に本調査では、労働生産性の検討をしていないが、ビン栽培の大きなメリットの一つとして省力化があることから、今後は労働生産性の検討も併せて行う必要があると考えている。

4 総合考察

本研究では、シイタケ産業の活性化に資するため、原木シイタケ栽培の効率化や省力化に関する試験、菌床シイタケビン栽培技術の開発試験を行った。以下に成果を簡潔に述べた上で、今後の課題等について考察した。

原木栽培では、封ロウ省略栽培における植菌当年の子実体発生特性を調査した結果、封ロウした場合と同等の子実体発生量が、植菌当年から得られ、さらに3年間の総発生量でも封ロウの有無による差が見られない品種があることを明らかにした。これにより、植菌当年又は翌年³⁾のどちらのタイミングでも、封ロウ省略栽培が可能であることが明らかになった。

わりばし種菌による、大径木を活用した省力栽培では、植菌列数を従来の1列から2列とし、わりばし種菌の接種量を増やすと、その後のほだ化が進みやすく、子実体発生量も増加し、その発生量は一般的な種駒菌を用いた栽培方法と同程度となることが分かった。一方で、植菌列数を増やすと、チェーンソーでの切り込み作業時間が長くなり、身体的な負担が大きくなることから、より負担の少ない植菌方法を検討する必要がある。

休養省力化(蒸し込み)試験では、休養期間中の積極的な加温や加湿処理(蒸し込み)により、通常休養管理よりも、休養期間が短縮されることが分かった。また、その後の浸水発生において子実体発生量の増加が期待できることから、浸水発生の回数を減らすことによる省力化が可能と考えられた。一方、本研究では、空調施設のある室内で試験を行ったが、生産現場で実践可能な簡易的な手法の検討が必要と考えられる。

菌床シイタケビン栽培では、培地材料や品種、栽培容器、発生管理及び将来的な技術の普及を見据えた試験等を行い、以下の①から⑧に示す成果を

得た。①おがチップをビン栽培に用いると、品種間差はあるものの、子実体発生量が増加する。②ビン栽培に適性のある市販品種を新たに1品種確認した。③多くの品種で、光線の遮断時期による子実体総発生量への影響は無いことを確認した。④ビン容器の通気性について検討した結果、蓋に穴をあけたものや、フィルター付きの蓋を使用すると、通気性が高くなり、培地重量減少率も子実体発生量が増加するとされる5%を超えることが分かった。また、通気性が高い容器で高収量を得られる品種が確認された。⑤浸水や打床といった、刺激(発生刺激)をビンに与えたところ、子実体の発生促進に有効であることが確認されたが、この効果の大きさには品種間差があることが示唆された。⑥ビン栽培においては、栽培期間を短縮し、回転率を上げることにより、全体の収量を高めることが出来る可能性が示唆された。⑦既存の生産施設においても、ビン栽培により子実体が発生することは確認できたが、子実体発生量には栽培環境が大きく影響すると考えられた。⑧ビン栽培の生産性を上げるためには、一菌床当たりの子実体発生量の増加や、栽培期間の短縮化による回転数を増やす必要があると考えられた。

菌床シイタケのビン栽培と袋栽培の収量を比較する際、培地重量に対する子実体発生重量の割合が一つの指標となる。本研究においても、この割合を用いて検討した結果、袋栽培と同等の収量を得ようとする、発生期間が長期化してしまい、現実的な栽培方法ではないことが分かってきた。よって、菌床シイタケビン栽培技術を確立するためには、一ビン当たりの収量の増加や、栽培期間の短縮による回転率を向上させ、袋栽培と同等以上の「生産量」を得ることが重要と考えられた。そのためには、上述の研究成果を基に、ビン口部から優先的に形質の良い子実体を発生させる技術など、さらなる栽培技術の検討が必要と考えている。また、本研究において“品種間差”が度々確認されたように、菌床シイタケビン栽培において、適性品種の探索が最も重要な課題と考えられる。今後も、これらの課題解決に向けた試験研究の継続が必要である。

5 結言

現在、シイタケ産業を取り巻く情勢は大変厳しく、生産に関わる様々な資材価格の高騰や、今後将来的に長く影響すると考えられる、少子高齢化による労働力不足対策など喫緊の課題が山積してい

る。本研究では、原木栽培、菌床栽培それぞれの既存栽培技術を見直す中で、栽培の効率化、省力化につながる様々な技術についての研究成果を示すことが出来たと考えている。しかし、原木栽培の更なる省力化や、ビン栽培の実用化には様々な課題があることから、試験研究の継続的な取り組みが必要と考えている。最後に、本研究における種々の研究成果が、実際の原木及び菌床シイタケ生産現場の課題解決に少しでも貢献できれば幸いである。

6 謝辞

本研究を行うに当たり、栽培施設の一部をお貸し頂き、子実体発生量調査等にもご協力頂いた、有限会社グッドウッドパークの小西利幸社長に深く感謝申し上げます。

7 引用文献

- 1) 全国農業協同組合連合会長野県本部編集発行 (2013), 菌床きのこの歩み きのこ系統共販 50 年を振り返る, 64-68
- 2) 山中勝次, きのこ技術集談会編集委員会 編, 株式会社農村文化社 (1991), シイタケ菌床栽培「きのこの基礎科学と最新技術」, 212-220
- 3) 小出博志・竹内嘉江 (1994), シイタケの菌床栽培技術の開発－菌床栽培実用化試験－, 長野県林業総合センター研究報告第 8 号, 35-61
- 4) 大森清寿 編・北研食用菌類研究所 著, 社団法人農山漁村文化協会 (1993), 菌床シイタケのつくり方, 59, 65, 72-73, 100-105
- 5) 片桐一弘・鈴木良一・加藤健一・増野和彦 (2019), 原木シイタケ栽培の革新的な省力栽培技術の開発, 長野県林業総合センター研究報告第 33 号, 9-18
- 6) 全国食用きのこ種菌協会 (2023), きのこ種菌一覧/2024 年版, 22-23
- 7) 増野和彦・福田正樹・西澤賢一・吉村智之・細川奈美・伊藤 淳・山本郁勇・高木 茂・竹内嘉江 (2009), 里山を活用したきのこの栽培及び増殖システムの開発, 長野県林業総合センター研究報告第 23 号, 97-112
- 8) 財団法人日本きのこセンター編 (1986), シイタケ栽培の技術と経営, 77
- 9) 株式会社プランツワールド (2010), 2010 年度版きのこ年鑑別冊 最新きのこ栽培技術, 100
- 10) 片桐一弘・加藤健一・増野和彦 (2019), 既存の栽培施設を活用した菌床シイタケビン栽培

技術の開発, 長野県林業総合センター研究報告第 33 号, 19-34

- 11) 阿部正範 (2005), 菌床シイタケの安定生産に関する研究, 徳島県森林林業研究所研究報告 No. 4, 13-26
- 12) 米倉邦明・山下和久・生野柁大 (2021), 温暖化に対応した乾シイタケ栽培技術の開発 (IV)－1 年起こしの検討－, 大分県農林水産研究指導センター 林業研究部 きのこグループ業務年報第 33 号, 5-9