

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

片桐一弘・加藤健一・増野和彦

エノキタケ等のビン栽培に慣れたきのこ生産者が、容易に菌床シイタケを栽培できるよう、栽培の全工程を既存きのこビンで栽培する、シイタケビン栽培技術の開発に取り組み、以下の結論を得た。

- ① 既存きのこビンを用いてシイタケを菌床栽培するには、ビン内部での子実体発生を防ぎ、ビン口部に原基を多数形成させることが重要と考えられた。
- ② 本試験で用いた市販 11 品種の中で、ビン栽培に適性があると考えられた品種は、北研 600 号、森 XR1、北研 603 号、北研 607-S 号、北研 73 号の 5 品種であった。
- ③ 栽培時における光を制御（遮断、照射）することによって、子実体発生量の増加効果があることが分かった。
- ④ ビン栽培でも袋栽培と同程度の子実体収量が得られることが分かった。
- ⑤ 培養時の通気性の改善や、栄養材の選択により、子実体発生量が増加することが分かった。
- ⑥ 新たな容器として検討した、広口円筒容器は、高い子実体収量及び品質が得られる可能性が示唆された。

キーワード：菌床シイタケ、ビン栽培、培養、遮光、光照射

1 緒言

近年、きのこ価格の低迷により、本県では菌床栽培の品目をエノキタケ・ブナシメジ・ナメコから単価の高いシイタケへ転換を検討する生産者が増えている。しかし、前者はポリプロピレン製のビンを使って栽培（ビン栽培）し、後者はポリプロピレン製の袋を使って栽培（袋栽培）しており、両者の栽培方法は大きく異なっている。本県ではビン栽培に慣れた生産者が多く、袋栽培への適応が難しいため、シイタケのビン栽培化が求められている。さらに、ビン栽培は、機械化・省力化が可能で、作業性がよく、害菌侵入が少ない¹⁾等のメリットが多い。

一方、現在袋栽培される菌床シイタケは、過去には専用ビンの開発が検討された²⁾。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、培養後はビン分解し、菌床を取り出す必要があった³⁾。このため、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。

そこで本研究では、エノキタケ等のビン栽培に慣れたきのこ生産者が容易に菌床シイタケを栽培できるよう、栽培の全工程を既存きのこビンで栽培するシイタケビン栽培技術の開発に取り組んだ。なお、本研究は県単課題(平成 25～29 年度)として実施した。

2 既存きのこビンを用いた栽培試験

2.1 試験の目的

既存きのこビンを用いて菌床シイタケを栽培した場合の、子実体発生特性及び問題点を調査するために、2 種類の既存きのこビンを使った栽培試験を行った。

2.2 試験の方法

2.2.1 栽培ビン及び袋

栽培ビンは、ナメコ及びブナシメジ栽培用のビンを用いた。比較対照として、当所で菌床シイタケ栽培に使用する一般的なきのこ栽培用の袋も用いた（表-1）。

表-1 使用した既存きのこビン及び袋概要

容器	材質・規格・栓等	培地重量(g)
ナメコビン	PP*製、800ml、口径77mm、キャップ栓	545
ブナシメジビン	PP製、800ml、口径54mm、キャップ栓	545
袋	きのこ栽培用フィルターφ30mm・1穴式PP袋	600

*ポリプロピレン製

2.2.2 供試菌、培地組成及び培養条件

供試菌は北研 600 号 (H600) と北研 607-S 号 (H607) を用いた。培地はブナオガコとフスマを容積比 10:2 で混合し、含水率を 64% に調整した。これを 3 種類の容器（表-1）に充填し、ビンは中心に直径 17 mm の接種孔を 1 カ所、袋は直径 13 mm の接種孔を 2 カ所開けた後、高圧殺菌 (120℃, 60 分) した。殺菌後の培地を冷却後、菌を 1 ビン当

り 5g, 1 袋当り 10g 接種し, 室温 20℃に設定した培養室で 90 日間培養した。なお, 作業時以外は暗培養とした。

2.2.3 子実体発生条件, 発生量調査

培養終了後, ビンはキャップ栓を外し, 袋は全て除去した後, 表面を水道水で軽く洗浄し, 明所下 (24 時間蛍光灯を点灯), 室温 15℃に設定した発生室内で, 64 日間子実体発生量調査を行った。なお, 途中 17 日間は, 発生室の空調施設の改修工事のため, 日平均気温 4~8℃で管理した。菌床の水分管理として, ビンはビン口部に一日 1 回程度

軽く散水した。袋は一日 1 回程度, 約 5 分間散水し, さらに発生処理後 48 日目 (以下「発生 () 日目」) に浸水処理 (16 時間) を行った。また, ビン内に発生し, 収穫不可能な子実体を, 発生 14 日目から観察し, 43 日目に 1 ビン当りの個数を調査した。子実体は傘が 7 分開きを基本に収穫し発生個数・生重量を測定した。

2.3 結果と考察

子実体発生量等の調査結果を表-2, 発生状況を写真-1 に示す。

北研 600 号の袋の子実体発生個数はナメコビン

表-2 既存きのこビンを用いた栽培試験 子実体発生量等調査結果

品種	栽培容器 *1	供試数 (個)	子実体発生量(1培地当り)		1個当りの 重量(g)	未収穫培 地(個)*2	ビン内発 生(個)*3	子実体発生 重量率(%)*4
			個数(個)	生重量(g)				
H600	ナ	11	1.2	22.0	18.3	4	6.7	4.0
	ブ	11	0.6	14.4	24.0	5	4.3	2.6
	袋	11	17.1	121.7	7.1	0	-	20.3
H607	ナ	11	1.8	40.4	22.4	3	2.0	7.4
	ブ	11	0.5	16.7	33.4	6	2.0	3.1
	袋	11	11.4	116.5	10.2	0	-	19.4

*1 ナ:ナメコビン、ブ:ブナシメジビン *2 子実体の収量が無かった培地数 *3 ビンの内側に発生し, 収穫が不可能な子実体数(1ビン当り) *4 子実体発生重量率(%) = 生重/培地重量 × 100



写真-1 既存きのこ栽培ビンからの子実体発生状況

左上: ブナシメジビンから発生した北研 607-S 号 (発生 13 日目), 右上: ナメコビンから発生した北研 607-S 号 (発生 14 日目), 左下: ブナシメジビンから発生した北研 600 号 (発生 15 日目), 右下: ナメコビンから発生した北研 600 号 (発生 17 日目)

の14.2倍、ブナシメジビンの28.5倍、同じく生重量はそれぞれ5.5倍、8.4倍であった。同様に北研607-S号の袋の子実体発生個数はナメコビンの6.3倍、ブナシメジビンの22.8倍、同じく生重量はそれぞれ2.8倍、6.9倍であった。2品種とも袋のほうがビンより多くなり、特にブナシメジビンで大きな差が見られた。

子実体発生重量率をみると、袋は、2品種ともに20%程度あるが、ビンは2.6~7.4%と著しく低かった。また、2品種ともに、未収穫培地が見られ、特にブナシメジビンは半数程度のビンで収穫が無かった。2品種ともに、子実体のビン内発生が見られたが、北研600号のほうが多かった(写真-2)。ビン内に発生し、収穫されずに放置された子実体周辺部にはトリコデルマ菌と思われる害菌汚染が確認された。子実体の1個当りの重量は2品種ともに袋に比べ、ビンのほうが重く、北研600号は2.5~3.3倍、北研607-S号は2.1~3.2倍の差があった。

次に既存ビン2種類間の子実体生重量を比較すると、2品種ともナメコビンのほうがブナシメジビンより多くなり、北研607-S号では有意差が認められた(T検定, $P < 0.05$)。

以上をまとめると、既存栽培ビンを用いてシイタケを菌床栽培すると、袋栽培と比べ収量が著しく低下することが分かった。これは、ビンには未収穫培地が多く見られたことや、ビン内に子実体が発生し、それに伴う培地の害菌汚染が大きな原因と考えられた。よって、収量を増やすためには、ビン内部での子実体発生を防ぎ、ビン口部に原基を多数形成させることが重要と考えられた。

既存栽培ビンでは、ビン口部の面積がより広いナメコビンがシイタケのビン栽培に適していることが分かった。

さらに、ビン栽培で発生する子実体は袋栽培に比べ、1個当りの重量が重くなる(大型化する)ことが分かった。これは、ビンの子実体発生個数が、袋に比べ著しく少ないことが原因と考えられた。

3 ビン栽培に適した品種の探索

3.1 試験の目的

ビン栽培に適したシイタケ菌を探索するために、菌床シイタケの市販品種を用いて栽培試験を行った。

3.2 試験の方法



写真-2 ナメコビン内に発生した子実体
(発生14日目, H600)

3.2.1 供試菌

供試菌として北研600号(H600)、北研603号(H603)、北研607-S号(H607S)、北研607-LL号(H607LL)、北研705号(H705)、北研715号(H715)、北研73号(H73)、森の富富(ML8)、森XR1(XR1)、JMS 5K-16(5K16)、JMS KV-92(KV92)の市販品種11種類を用いた。

3.2.2 培地組成、培養条件、子実体発生条件、発生量調査

培地組成、培養条件及び子実体発生条件は、それぞれ2.2.2、2.2.3に示した当所の常法とした。容器は全てナメコビンを用いた。発生室温は発生44日目までは15℃とし、それ以降は18℃とした。菌床の水管理、発生量調査は2.2.3に示した当所の常法とし、151日間調査を行った。

3.3 結果と考察

子実体発生量等の調査結果を表-3に示す。

子実体発生個数が多かった上位5品種は、北研600号、北研607-S号、北研73号、北研603号、森XR1となり、ここまでの1培地当たり1個以上の発生が見られた。生重量が多かった上位5品種は、北研607-S号、北研73号、北研600号、森XR1、北研603号であった。一番発生日数が早かった上位5品種は、森XR1、北研715号、北研603号、北研600号、北研607-LL号であった。次に、未収穫培地割合が小さかった上位5品種は、北研600号、北研73号、北研607-S号、北研603号で、森XR1、北研607-LL号、北研705号の3品種は同率の5位となった。北研600号のみ全ての供試培地から子実体が発生した。

以上の結果から、本試験に供した菌床シイタケ

表-3 菌床シイタケビン栽培品種別子実体発生量等調査結果

品種	供試数	子実体発生量(1培地当り)		未収穫培地(個)	未収穫培地割合(%)*1	一番発生日数(日)*2
		個数(個)	生重(g)			
H600	9	2.1	52.3	0	0	53
H603	9	1.1	39.3	4	44	50
H607S	9	1.7	72.6	3	33	90
H607LL	9	0.7	37.2	6	67	58
H705	9	0.9	32.4	6	67	107
H715	9	0.1	9.1	8	89	21
H73	9	1.3	60.0	1	11	80
ML8	7	0.1	12.7	6	86	123
XR1	3	1.0	46.7	2	67	21
5K16	5	0	0	5	100	-
KV92	5	0.2	10.6	4	80	114

*1 未収穫培地割合(%)=未収穫培地数/全供試数×100、*2 発生処理後、最初の子実体を収穫するまでの経過日数の平均値。

の市販 11 品種の中で、ビン栽培に適性があると考えられた品種は、北研 600 号、森 XR1、北研 603 号、北研 607-S 号、北研 73 号の 5 品種であった。これらは、前述の四つの各調査項目の上位 5 位以内に 3 項目以上該当した品種であり、他品種に比べビン栽培に対する適性が高いと判断された。

4 培養時における光の遮断及び照射に関する栽培試験

4.1 試験の目的

2.3 より、ビン栽培で収量を増やすためには、ビン内部での子実体発生を防ぎ、ビン口部に原基を多数形成させることが重要と考えられた。一方、シイタケの原基形成には微弱ながら光が必要⁴⁾とされている。また、青色 LED (以下「LED」) を培養期間中に照射すると原基形成が促進されて、子実体発生量が増加するとの報告⁵⁾がある。そこで、ビン内部における原基形成を抑え、かつビン口部の原基形成の促進を図るため、ビン口部以外の光を遮断し、その上でビン口部へ光を照射する栽培試験を行った。

4.2 試験の方法

4.2.1 ビンの遮光方法

容器は全てナメコビンを使用した。遮光はビン口部を除き「アルミ箔で覆う」「黒い袋に入れる」「黒く塗る」の 3 つの方法で行い、対照区として遮光無し(無処理)のビンも用いた(表-4、写真-3)。なお、遮光は培養開始時から子実体発生量調査終了時まで継続した。

表-4 ビンの遮光方法

試験区	区分	方法
遮光区	アルミ箔	ビン口部を除き、全面をアルミ箔で覆う。
	黒袋	ビンをきこの栽培用黒色袋(ポリプロピレン製)に入れ、ビン口部はビンに密着するようセロハンテープで固定。
	黒塗り	耐熱用黒色スプレー(ニッペホームプロダクツ(株)製)でビン外側の全面を塗装。
対照区	無処理	-

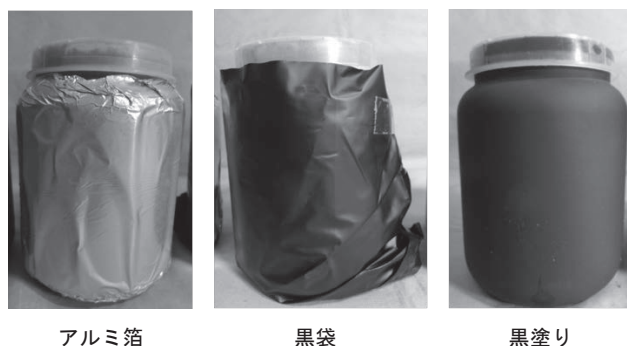


写真-3 ナメコビン遮光状況

4.2.2 供試菌、培地組成、培養条件

供試菌は北研 600 号を用い、培地組成等は 2.2.2 に示した当所の常法とした。培養は室温 20℃に設定した培養室で、91 日間行った。

4.2.3 光照射方法

菌床シイタケ栽培においては、菌糸が培地全体に蔓延するまでの期間である接種後約 30 日間は、LED 照射は適さないとの報告⁵⁾がある。よって本試験では、培養 30 日目まで暗培養とし、31 日目から蛍光灯照射、LED 照射、暗培養の 3 区に分けた。蛍光灯及び LED 区は 1 日 8 時間連続照



写真-4 光照射状況 (左：蛍光灯, 右：青色LED)

射し、その他の時間は暗培養とした (写真-4)。LEDの照射量は、光量子量が $10.5 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$ 付近が適しているとの報告⁶⁾があることから、LEDの照射量は $10.2 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$ 、蛍光灯は $10.9 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$ に設定した。LEDはパナソニック㈱ライティング社製「MS-M260BGP」を用いた。光の測定には、ライカ社製ライトメーターL1-250Aを使用し、隅の4点を測定して平均値を求めた (以下の試験も同じ)。

4.2.4 子実体発生条件, 発生量調査

子実体発生操作, 水分管理は2.2.3に示した当所の常法とした。室温 15°C に設定した発生室内で、147日間子実体発生量調査を行った。

4.3 結果と考察

子実体発生量等の調査結果を表-5に示す。

子実体生重量は、全ての照射区で遮光区のほうが無処理区より多かった。特にLED区の生重量は、各遮光区と無処理区間に平均12.7倍の大きな差が見られ、黒塗り区と無処理区間には有意差が認められた。発生個数をみると、生重量と同様に、遮光区と無処理区間に大きな差が見られた。また、LED区の黒塗り区と無処理区間には有意差が認められた。

次に、蛍光灯区及びLED区と暗培養区間を比較すると、生重量・発生個数ともに、後者のほうが前者より多い傾向が見られた。なお、遮光区別に光照射について検討したところ、蛍光灯・LED・暗培養区間に有意差は認められなかった。

表-5 培養時における光の遮断及び照射に関する菌床シイタケビン栽培試験 子実体発生量調査結果

光照射区分	ビン遮光区分	供試数	子実体発生量(1培地当り)			未収穫培地割合(%) ^{*2}	一番発生日数(日) ^{*3}
			生重量(g) ^{*1}	標準偏差	発生個数(個) ^{*1}		
蛍光灯	アルミ箔	6	27.7	42.8	0.8	50	97
	黒袋	6	28.2	30.2	1.0	50	
	黒塗り	11	48.8	58.6	2.0	45	
	無処理	6	10.2	22.7	0.2	83	
LED	アルミ箔	7	60.3 ab	45.7	2.1 ab	29	63
	黒袋	6	77.0 ab	53.6	1.5 ab	17	
	黒塗り	11	80.6 a	61.9	3.5 a	9	
	無処理	7	5.7 b	9.1	0.4 b	71	
暗培養	アルミ箔	6	86.7	69.7	2.5	33	86
	黒袋	6	81.8	61.9	2.3	17	
	黒塗り	10	92.5	51.8	3.4	20	
	無処理	6	35.0	52.3	1.3	67	

*1 異なるアルファベットは有意差を示す。(Tukey-Kramer法, $P < 0.05$) アルファベットの無い照射区は有意差なし。*2 未収穫培地割合(%) = 子実体収量がなかった培地/供試数 $\times 100$ 。*3 発生処理後、最初の子実体を収穫するまでの経過日数の平均値。

次に未収穫培地割合を見ると、全ての光照射区で無処理区のほうが遮光区より高く、無処理区では67~83%のビンから子実体が収穫されなかった。

一番発生日数はLED区が蛍光灯区より約5週間、暗培養区より約3週間早い傾向が見られた。

以上の結果から、培養時にビン口部以外への光を遮断することは、子実体発生量を増加させる効果があることが分かった。なお、3つの遮光方法間に大きな差は無かった。

LED及び蛍光灯照射による子実体発生量の増加効果は、本試験では確認できなかった。一方、培養中LEDを照射することで、一番発生が早くなることが示された。

5 培養時における光照射期間に関する栽培試験

5.1 試験の目的

シイタケの原基形成には微弱ながら光が必要⁴⁾とされている。また、LEDは、培養期間中に照射すると原基形成が促進されて、子実体発生量が増加するとの報告⁵⁾がある。しかし、前項「4 培養時における光の遮断及び照射に関する栽培試験」では、LED照射による原基形成促進効果は確認できなかった。そこで、シイタケのビン栽培に適した光照射方法を検討するため、培養時の光照射期間に関する栽培試験を行った。

5.2 試験の方法

5.2.1 供試菌，培地組成，培養条件

供試菌は森XR1 (XR1)，北研600号 (H600)，北研607-S号 (H607)，の3品種を用い、培地組成等は2.2.2に示した当所の常法とした。ビンはナメコビンを使用し、アルミ箔を巻いて遮光したもの

と、無処理 (遮光無し) のものを用いた。培養は室温20℃に設定した培養室で、91日間行った。

5.2.2 光照射方法

光照射方法について表-6示す。

培養開始から32日目までは暗培養とし、以降蛍光灯 (光量子量: $2.5 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$) 又はLED (光量子量: $4.3 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$) を照射する試験区 (F33, L33) と、培養開始から59日目まで暗培養し、それ以降同様に蛍光灯又はLEDを照射する試験区 (F60, L60) を設けた。光照射は、1日8時間連続照射し、その他の時間は暗黒とした。照射位置による差異が生じないように、10日に1回の頻度で、コンテナ (12ビン入り) 単位でローテーションを行った。また、培養の全期間を暗培養とする試験区 (暗黒 (ア)) を設け、この中に遮光無しの試験区 (暗黒 (無)) を設置した。なお、作業時には室内蛍光灯を点灯した。

5.2.3 子実体発生条件，発生量調査

子実体発生操作，水分管理は2.2.3に示した当所の常法とした。室温13~20℃に設定した発生室内で、225日間子実体発生量調査を行った。

5.3 結果と考察

子実体発生量の調査結果を図-1に示す。

森XR1は、培養中に光を照射した試験区 (F33, F60, L33, L60) のほうが、暗黒区 (暗黒 (ア), 暗黒 (無)) より生重量が多かった。F33, F60及びL33と暗黒 (ア) との間には有意差が認められた。一方北研600号は、光照射した試験区 (F33, F60, L33, L60) と暗黒 (ア) 区が暗黒 (無) 区より生重量が多く、それぞれの間に有意差が認めら

表-6 培養時の光照射期間に関する栽培試験 光照射区分

試験区	供試数	光照射(日)			
		0日	33日	60日	91日
F33	16	←	→	←	→
F60	10	←	→	←	→
L33	16	←	→	←	→
L60	10	←	→	←	→
暗黒(ア)	11	←	→	←	→
暗黒(無)	4	←	→	←	→

注) 供試数は3品種共通。

 : 暗黒培養,
  : 蛍光灯
 : 青色LED

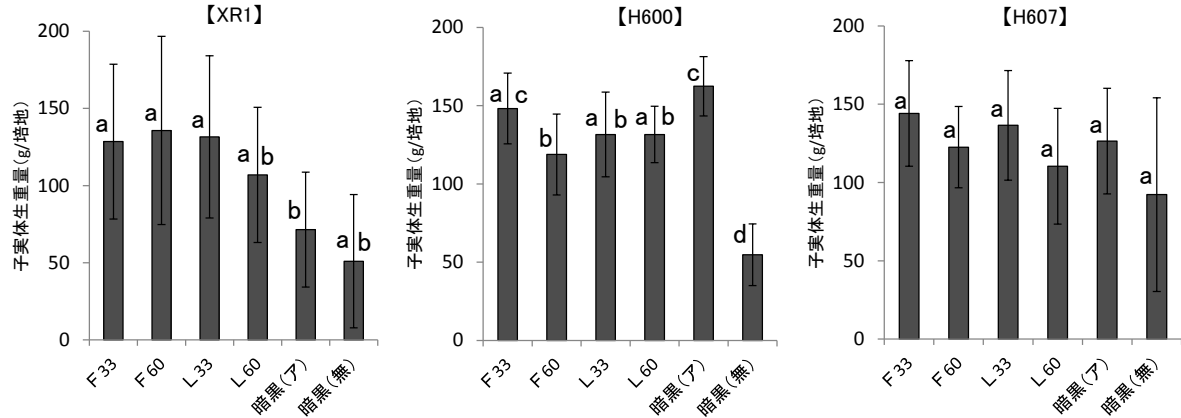


図-1 培養時の光照射期間に関する栽培試験 子実体発生量調査結果

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)。XR1 は全て $p < 0.05$ 。H600 は F33 と F60, L33 と暗黒, L60 と暗黒との間が $p < 0.05$, それ以外は全て $p < 0.01$ 。垂線は標準偏差。

れた。F33 は F60 より生重量が多く、有意差が認められた。暗黒 (ア) は最も生重量が多く、F60, L33, L60 との間には有意差が認められた。北研 607-S 号は光照射した試験区と、暗黒区との間に明確な差は認められなかった。光照射区では F33 は F60 より、L33 は L60 よりも生重量が多い傾向が見られた。

次に子実体生重量と一番発生日との関係を表-7、図-2 に示す。全ての品種で生重量と一番発生日との間に強い負の相関関係 ($r = -0.74 \sim -0.95$) が認められた。また、森 XR1 は光照射区のほうが暗黒区より一番発生日が早い傾向があり、F33 と L33 は暗黒 (ア) との間には有意差が認められた。北研 600 号と北研 607-S 号は光照射した試験区 (F33, F60, L33, L60) と暗黒 (ア) 区が暗黒 (無) 区より一番発生日が早い傾向があり、北研 607-S 号の一部を除き、有意差が認められた。

以上の結果より、培養中に長期間光を照射すると子実体発生量が増加する可能性が示唆されたが、これには、品種間差があることが分かった。本試験では LED と蛍光灯間の差は認められなかった。また、4.3 で認められた、培養時にビン口部以外への光を遮断することによる子実体発生量増加効果について、森 XR1 でも効果が確認されたことか

表-7 培養時の光照射期間に関する栽培試験 子実体発生生重と一番発生日調査結果

品種	試験区	生重量 (g/培地)	一番発生日数 (日/培地)	
XR1	F33	129	15	a
	F60	136	39	ab
	L33	132	14	a
	L60	107	45	ab
	暗黒(ア)	72	77	b
	暗黒(無)	51	71	ab
H600	F33	148	21	a
	F60	119	36	a
	L33	132	18	a
	L60	132	27	a
	暗黒(ア)	162	22	a
	暗黒(無)	55	89	b
H607	F33	144	56	ab
	F60	123	65	ab
	L33	137	34	a
	L60	110	50	ab
	暗黒(ア)	127	28	a
	暗黒(無)	92	122	b

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, $p < 0.01$)。

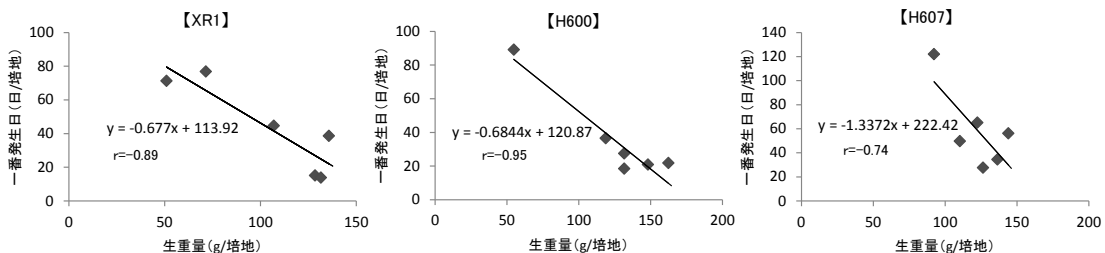


図-2 培養時の光照射期間に関する栽培試験 子実体発生生重量と一番発生日との関係

ら、シイタケ品種に幅広く適用できると考えられた。

子実体一番発生日が早いほうが、子実体収量が多くなることが分かった。それには、光を長期間照射することが有効と考えられたが、この特性には品種間差があることが分かった。

6 培養温度別栽培試験

6.1 試験の目的

菌床シイタケの袋栽培における培養温度は20℃定温が良い²⁾とされているが、既存きのこ栽培ビンを用いた場合の適温は明らかにされていない。そこで、ナメコビンを用いて培養温度別子実体発生特性を調査し、ビン栽培に適した培養温度を検討した。

6.2 試験の方法

6.2.1 供試菌, 培地組成

供試菌は森 XR1 (XR1), 森 113 (113) 及び北研 607-S 号 (H607) の3品種を用いた。培地組成等は2.2.2に示した当所の常法とした。ビンはナメコビンを用い、黒く塗って遮光したものと、アルミ箔で覆って遮光した2種類を使用した。培地重量は、一ビン当たり540gとした。

6.2.2 培養条件 (培養温度)

室温を18℃, 20℃, 22℃の3区分 (定温) に設

定した培養室で105日間培養した。培養開始から68日間は暗培養とし、それ以降は室内蛍光灯を24時間連続照射した。

6.2.3 子実体発生条件, 発生量調査

子実体発生操作, 水分管理は2.2.3に示した当所の常法とした。室温15~20℃に設定した発生室内で、これまでの試験で最も長い265日間子実体発生量調査を行った。得られた結果をもとに、子実体発生重量率を求めた。

6.3 結果と考察

子実体発生量の調査結果を表-8に示す。

子実体生重量は全ての品種において、培養温度別の有意差は無かった。

生重量と一番発生日との関係を見ると (図-3), 全ての品種において、5.3同様に、生重量と一番発生日との間に負の相関関係が認められた。このうち、森113と北研607-S号は、ともに強い負の相関関係が認められた。また、森113の18Aの一番発生日は全ての試験区の中で最も遅く、同じ森113の20A, 22A及び20B, 22Bとの間に有意差が認められた。

一方、子実体発生重量率が最も高かったのは、森XR1の18Bの36%であった。以下高かったのは、森XR1の22B, 森113の20B, 22B, 20A, 18Bの順で、それぞれ34%, 33%, 32%, 31%, 30%とな

表-8 培養温度別栽培試験 子実体発生量調査結果

品種	ビン遮光	培養温度 (°C)	試験区	供試数 (個)	生重量*1 (g/培地)	一番発生日数*1 (日/培地)	子実体発生重量率 (%) *2
XR1	黒塗	18	18B	6	193 (66)	45	36
		20	20B	7	139 (68)	36	26
		22	22B	7	182 (42)	51	34
	アルミ箔	18	18A	10	124 (67)	66	23
		20	20A	11	155 (58)	34	29
		22	22A	11	137 (59)	77	25
113	黒塗	18	18B	6	160 (24)	92 ab	30
		20	20B	7	177 (30)	22 a	33
		22	22B	7	174 (9)	46 a	32
	アルミ箔	18	18A	10	128 (42)	173 b	24
		20	20A	11	168 (73)	54 a	31
		22	22A	11	159 (47)	51 a	29
H607	黒塗	18	18B	6	136 (44)	83	25
		20	20B	7	145 (34)	80	27
		22	22B	7	143 (71)	38	26
	アルミ箔	18	18A	10	117 (58)	93	22
		20	20A	11	140 (52)	64	26
		22	22A	11	91 (63)	114	17

*1 生重量のカッコ内は標準偏差。異なるアルファベットは有意差を示す (Tukey-Kramer法, $p < 0.01$)。アルファベットの無いものは有意差なし。*2 子実体発生重量率 (%) = 生重量 / 1培地当り培地重量 × 100

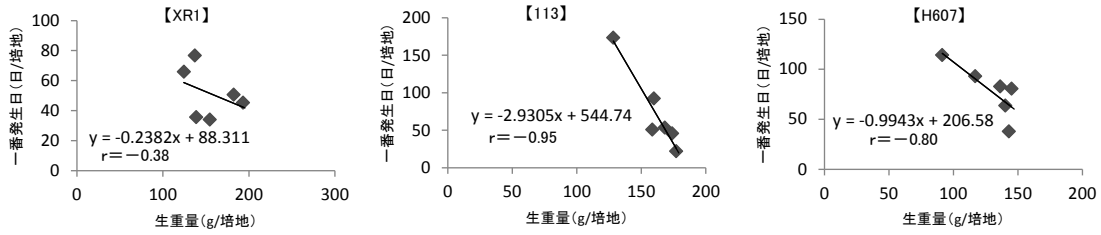


図-3 培養温度別栽培試験 子実体生重量と一番発生との関係

り、ここまでが30%以上であった(写真-5)。

以上の結果より、今回の試験に供試した3品種のうち、森113の培養温度は20℃又は22℃が適していると考えられた。一方、森XR1及び北研607-S号については、明らかにすることができなかった。

菌床シイタケの袋栽培では子実体発生重量率は25~42%¹⁾若しくは33%³⁾が標準的とされている。本試験では33%以上の試験区が複数見られたことから、ビン栽培においても袋栽培と同程度の子実体収量が得られることが分かった。



写真-5 培養温度別栽培試験 子実体発生状況 (発生13日目)

森113号, 培養温度20℃, アルミ箔で遮光

7 培養中の変温管理と通気性に関する栽培試験

7.1 試験の目的

6.1では培養温度を3区分設定し、それぞれ定温管理した。本試験では、ビン栽培に適した培養方法を検討するために、培養中段階的に温度を上げる栽培試験を行った。

菌床シイタケの袋栽培では、通気性の優れた袋を使用することで熟成度の高い菌床が得られ、収量の増加が見込まれる⁷⁾。そこで、ビン栽培における培養中の通気性を改善する栽培試験を併せて行った。

7.2 試験の方法

7.2.1 供試菌, 培地組成, ビンの通気性改善

供試菌は北研600号を用いた。

培地組成等は2.2.2に示した当所の常法とした。ビンは、アルミ箔で覆って遮光したナメコビンを用いた。また、ビンの通気性改善を図るために、キャップ栓の有無による栽培試験を行った。なお、キャップ栓をしない場合、透明なポリプロピレン製の培養袋に、2本ずつビンを入れて培養した。

7.2.2 培養条件(変温管理)

培養室の室温は18℃, 20℃の定温区と、18℃~23℃に段階的に上げていく変温区の3区分に設定し、暗培養とした(表-9)。培養期間は111日間。

表-9 培養中変温管理と通気性に関する栽培試験 試験区分

試験区	キャップ栓の有無	供試数	培養温度・培養日数(日間)			積算温度
			18℃	20℃	23℃	
18	無	20	111	-	-	1,998
18C	有	20	-	111	-	2,220
18-23	無	20	31	42	38	2,272
18-23C	有	19	-	-	-	-

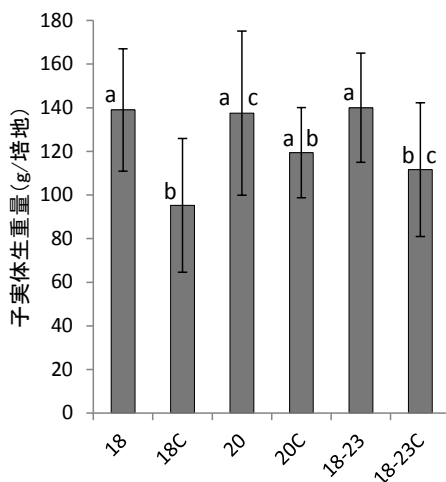


図-4 培養中変温管理と通気性に関する栽培試験 子実体発生量調査結果

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)。18 と 18C, 18C と 20, 18C と 18-23 は $P < 0.01$ 。18 と 18-23C, 18-23 と 18-23C は $P < 0.05$ 。垂線は標準偏差。

7.2.3 子実体発生条件, 発生量調査

子実体発生操作, 水分管理は 2.2.3 に示した当所の常法とした。室温 15~23℃ に設定した発生室内で, 229 日間子実体発生量調査を行った。

7.3 結果と考察

子実体発生量の調査結果を図-4 に示す。

培養中の変温管理について, キャップ栓無区 (18, 20, 18-23) 及びキャップ栓有区 (18C, 20C, 18-23C) で, それぞれ有意差は認められなかった。次に, 温度区分の違う 3 試験区を, キャップ栓の有無について比較すると, 20℃定温区を除き, キャップ栓無区のほうがキャップ栓有区より生重量が有意に多かった。

以上の結果より, 培養中の変温管理は今回の試験では子実体収量増加に対して効果が確認できなかった。一方で, 通気性改善のためキャップ栓をしない培養方法は, ビン栽培に適していると考えられた。しかし, キャップ栓をせずに, ビンを袋に入れて培養する方法は作業が煩雑であることから, 今後は, キャップ栓の通気性の改善を検討する必要があると思われた。

8 栄養剤別栽培試験

8.1 試験の目的

これまでの試験では, 培地に混入する栄養剤はフスマのみを使用した。現在, 菌床シイタケ栽培では種菌メーカーが推奨している各種栄養剤が使われることが多い。そこで本試験では, ビン栽培に適した栄養剤を検討するため, 株式会社北研より販売されている栄養剤 (商品名: ニューバイデ

ル (短期栽培用)。以下「バイデル」という。) を用いた栽培試験を実施した。

8.2 試験の方法

8.2.1 供試菌, 培地組成, 培養条件

供試菌は, 北研 600 号 (H600) と北研 607-S 号 (H607) の 2 品種を用いた。培地は, ブナオガコとフスマ又はバイデルを容積比 10 : 2 で混合し, 含水率を 65% に調整した。ビンへの充填, 菌の接種方法は 2.2.2 に示した当所の常法とした。ビンは, アルミ箔で覆って遮光したナメコビンを用いた。培養は室温 20℃ に設定した培養室で, 104 日間, 暗培養とした。なお, 一部の培地は, 培養 42 日目以降, 一日 8 時間 LED を照射した (光量子量: $3.8 \mu \text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$) (表-10)。

表-10 栄養剤別栽培試験 試験区分

品種	栄養材	LED照射	供試数	区
H600	フスマ	有	18	フ600L
		無	18	フ600D
	バイデル	有	18	バ600L
		無	18	バ600D
H607	フスマ	有	19	フ607L
		無	18	フ607D
	バイデル	有	19	バ607L
		無	18	バ607D

8.2.2 子実体発生条件, 発生量調査

子実体発生操作, 水分管理は 2.2.3 に示した当所の常法とした。室温 15~20℃ に設定した発生室内で, 276 日間子実体発生量調査を行った。

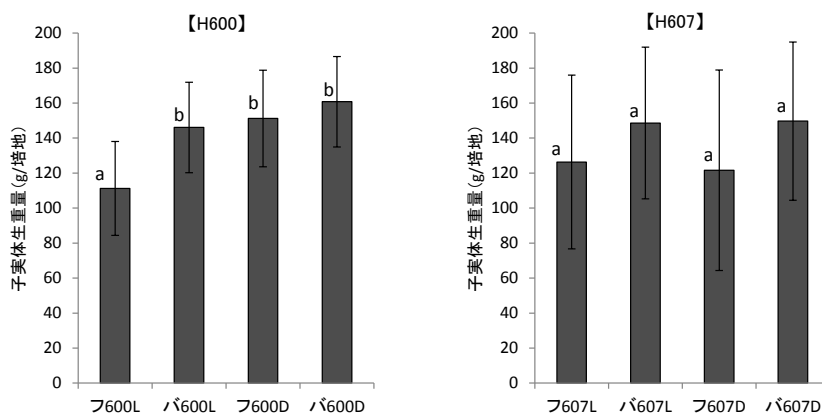


図-5 栄養剤培材別栽培試験 子実体発生量調査結果

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, $P < 0.01$)。垂線は標準偏差。

8.3 結果と考察

子実体発生量の調査結果を図-5 に示す。

北研 600 号は、フスマ培地の LED 照射区の生重量が、他区に比べ有意に少なかった。暗培養区ではフスマ培地とバイデル培地に差は見られなかった。北研 607-S 号では、LED 照射区、暗培養区共にバイデル培地のほうが、フスマ培地より多い傾向が見られたが、有意差はなかった。

以上の結果より、ビン栽培において、使用する栄養材によっては、子実体発生量が増加する可能性があることが分かった。それには、品種間差や、培養時の光照射の有無が関係していることが示唆された。



写真-6 新たな栽培容器

(広口円筒容器 (ポリメチルペンテン製))

9 新たなビン容器を使った栽培試験

9.1 試験の目的

これまでの試験では、既存のきのこ栽培ビンを使ったシイタケの菌床栽培を試みたが、ビン栽培の可能性を広げるために、新たな栽培容器を用いた栽培試験を行った。

9.2 試験の方法

9.2.1 容器

新たな栽培容器として、広口円筒容器 (ポリメチルペンテン製、10 容、口径 112 mm) を用いた (写真-6, 以下「広口容器」)。比較対照として、ポリプロピレン製のきのこ栽培用フィルター (φ 30 mm, 1 穴式) 付き袋 (以下「PP 袋」という。) を用いた。

9.2.2 供試菌, 培地組成, 培養条件

供試菌は森 XR1 (XR1) と北研 600 号 (H600) の

2 品種を用いた。培地組成は 2.2.2 と同じとした。広口円筒容器は、培地 700g を充填後、表面を軽く転圧し、中心に直径 12 mm・深さ 7 cm の接種孔を 1 カ所開けた。その後、アルミ箔で容器外側を被覆し、フタはせずに、培養袋 (PP 製) に入れた。PP 袋は培地 700g 充填後、表面を軽く転圧し、直径 13 mm の接種孔を 2 カ所開けた。その後両者を、高圧殺菌 (120℃, 60 分) し、培地を冷却した後、広口容器・袋どちらも菌を 1 培地当り 10g 接種し、室温 20℃ に設定した培養室で 90 日間培養した。なお、60 日目まで暗培養し、それ以降は明所下 (24 時間蛍光灯を点灯) で培養した。

9.2.3 子実体発生条件, 発生量調査

培養終了後、広口容器及び PP 袋培地を袋から取り出し、表面を水道水で軽く洗浄した後、明所下 (24 時間蛍光灯を点灯)、室温 15~18℃ に設定した発生室内で、181 日間子実体発生量調査を行

菌床の水管理として、広口容器培地はビン口部に一日1回程度軽く散水した。PP袋培地は一日1回程度、約5分間散水し、さらに発生61日目に浸水処理(24時間)を行った。なお、2品種とも、広口容器培地は5個、PP袋培地は10個供試した。

9.3 結果と考察

子実体生重量は2品種とも広口容器培地とPP袋培地間に有意差は無かった(図-6)。子実体発生重量率は31~33%となり、4試験区間の差はほとんど無く、広口容器培地はPP袋培地同様に良好な発生状況であった(写真-7)。

子実体発生個数は、2品種ともPP袋培地のほうが広口容器培地より多く、それぞれ有意差が認められた。特に北研600号はPP袋培地と広口容器培地間に2.7倍と大きな差があった。

子実体1個当りの重量は、広口容器培地のほうがPP袋培地より重く、北研600号では有意差が確認された。

次に子実体発生経過を図-7に示す。

2品種ともに、PP袋培地のほうが広口容器培地より、子実体発生ペースが早かった。PP袋培地は培養後の発生処理、途中の浸水処理直後の発生が多い傾向が見られた。一方、広口容器培地は、2品種とも、発生処理直後にまとまって発生し、

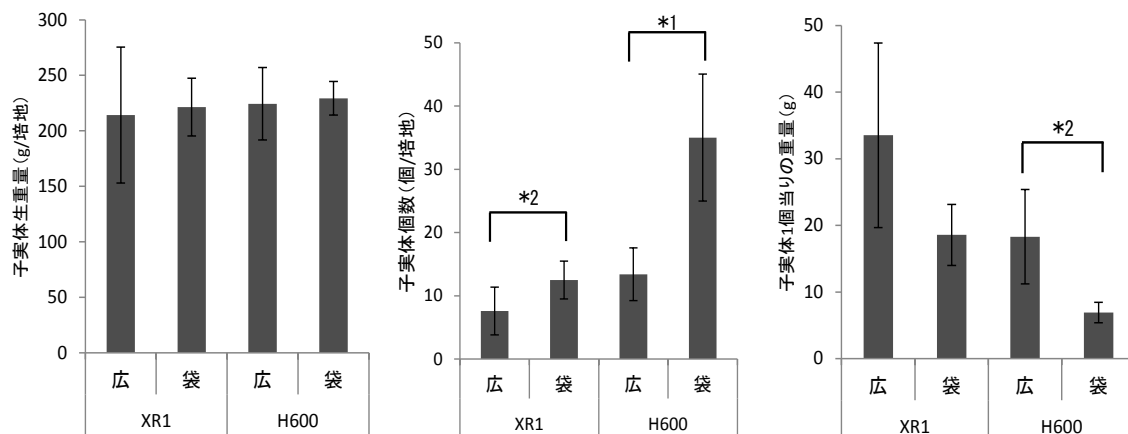


図-6 新たなビン容器を使った栽培試験 子実体発生量調査結果

(左：子実体発生重量，中：子実体発生個数，右：子実体1個当りの重量)

注) 広：広口容器，袋：PP袋。「*」は有意差があることを示す(T検定，*1：P<0.01，*2：P<0.05)。垂線は標準偏差。



写真-7 新たなビン容器を使った栽培試験 子実体発生状況

左：広口容器から発生した北研600号子実体。発生12日目

右：PP袋培地から発生した森XR1子実体。発生10日目

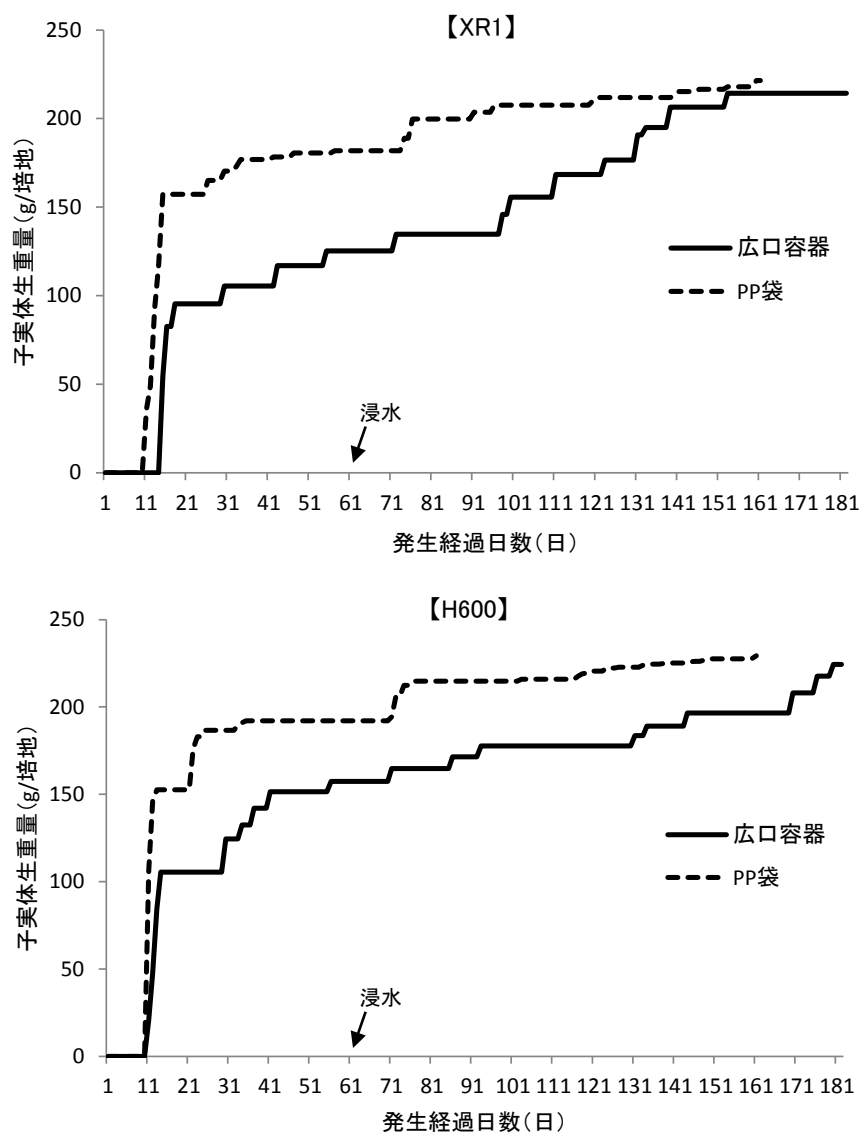


図-7 新たなビン容器を使った栽培試験 子実体発生経過 (上: XR1, 下: H600)

その後は少量ずつ継続的に発生し、PP袋培地に遅れること3~4週間で同程度の発生量が得られた。本試験の発生期間181日間は、同程度の子実体発生重量率であった「6 培養温度別栽培試験」の265日間より84日間短かった。

以上の結果をまとめると、広口容器は、慣行法であるPP袋と比較し、子実体発生量、発生経過に大きな差がないことから、菌床シイタケ栽培の新たな栽培容器として有望と考えられた。また、既存きのこ栽培ビンと比較しても優れていると考えられた。

現在、多くの菌床シイタケ栽培現場で行われている上面栽培法は、高温処理と給水処理を併用し、子実体発生を上面に調整している⁸⁾。ビン栽培も、ビン口部(開放部)から子実体が発生する点で共通している。上面栽培法では慣行の袋栽培と比べ、

子実体発生個数は減少するものの、合計収量及び子実体1個当りの生重量は増加する。このことは上面栽培法では、高い子実体収量及び品質を可能にするとされる⁸⁾。本試験では、合計収量は袋栽培と同等であったが、その他は上面栽培と類似した発生特性を示した。よって、広口容器を用いた菌床シイタケ栽培では袋栽培と同等の収量が得られ、高品質なシイタケ生産が可能であることが示唆された。

10 総合考察

エノキタケ等のビン栽培に慣れたきのこ生産者が容易に菌床シイタケを栽培できるよう、栽培の全工程を既存きのこビンで栽培するシイタケビン栽培技術の開発に取り組み、以下の結果を得た。
①既存栽培ビンを用いてシイタケを菌床栽培す

るには、ビン内部での子実体発生を防ぎ、ビン口部に原基を多数形成させることが重要と考えられた。既存栽培ビンでは、ビン口部の面積がより広いナメコビンがシイタケのビン栽培に適していることが分かった。さらに、ビン栽培で発生する子実体は袋栽培に比べ、1個当りの重量が重くなる（大型化する）ことが分かった。これは、ビンの子実体発生個数が袋に比べ、著しく少ないことが原因と考えられた。

②本試験で用いた市販11品種の中で、ビン栽培に適性があると考えられた品種は、北研600号、森XR1、北研603号、北研607-S号、北研73号の5品種であった。

③培養時にビン口部以外への光を遮断することは、子実体発生量を増加させる効果があることが分かった。培養中に青色LEDを照射すると、子実体発生量が増加するとの報告がある⁵⁾が、本試験では、その効果は確認できなかった。一方、培養中青色LEDを照射することで、一番発生が早くなることが示された。

④培養中に長期間光を照射すると、子実体発生量が増加する可能性が示唆されたが、これには、品種間差があることが分かった。なお、本試験においては青色LEDと蛍光灯間の差は認められなかった。また、③で認められた、培養時にビン口部以外への光を遮断することによる子実体発生量増加効果について、森XR1でも効果が確認されたことから、シイタケ品種に幅広く適用できると考えられた。

発生処理後、一番発生日が早いほうが、収量が多くなることが分かった。それには、光を長期間照射することが有効と考えられたが、この特性には品種間差があることが分かった。

⑤今回の試験に供試した3品種のうち、森113の培養温度は20℃又は22℃が適していると考えられた。菌床シイタケの袋栽培では子実体発生重量率は25～42%¹⁾若しくは33%³⁾が標準的とされている。本試験では33%以上の試験区が複数見られたことから、ビン栽培においても袋栽培と同程度の子実体収量が得られることが分かった。

⑥キャップ栓をしない培養方法は、ビン栽培に適していると考えられた。キャップ栓をせずに、ビンを入袋に入れて培養する方法は作業が煩雑であることから、今後は、キャップ栓の通気性の改善を検討する必要があると思われる。

⑦ビン栽培において、使用する栄養材によっては、

子実体発生量が増加する場合があることが分かった。それには、品種間差や、培養時の光照射の有無が関係していることが示唆された。

⑧既存きのこ栽培ビンのほか、新たな容器について検討した。広口円筒容器は、慣行法であるPP袋と比較し、子実体発生量、発生経過に大きな差がないことから、シイタケ菌床栽培の新たな栽培容器として有望と考えられた。また、上面栽培法⁸⁾と類似した発生特性を示したことから、広口円筒容器を用いた栽培では、高い子実体収量及び品質が得られる可能性が示唆された。

11 結言

菌床シイタケ栽培は1970年代後半に開始されたが、栽培技術が十分確立されておらず、収量が不安定、低品質であり、コストが高くつき採算が取れなかったことなどから、この栽培法の普及・定着には至らなかった¹⁾。しかし、1990年代に入り、原木シイタケ生産の情勢の変化や労働力の高齢化等を背景にして、栽培技術の改善、菌床栽培用種菌の開発、栽培資材の開発等により再び生産が行われるようになった¹⁾。菌床シイタケ栽培の大きな特徴として、他の食用きのこ類で行われているビンを使った栽培ではなく、ポリエチレンやポリプロピレン製の袋を使った栽培が行われることである。これは、菌床シイタケは菌床全面から長期間に渡り複数回発生する⁸⁾性質があるためであるが、ビン栽培に慣れた本県のきのこ生産者にとって馴染みにくい点である。ビンを用いる菌床シイタケ栽培は、機械化・省力化が可能となり、作業性がよく、生産性が高く、害菌侵入が少ないメリットがある¹⁾。

本研究では、ビン栽培に慣れた生産者が容易にシイタケの菌床栽培ができるよう、既存栽培施設を使った菌床シイタケのビン栽培技術の開発を目的にさまざまな試験を行った。その結果、ナメコビンを用いて、光を遮断また照射することによる子実体発生量増加効果等について、新たな知見を得た。また、新たな容器を検討したところ、広口円筒容器を用いた栽培法が今後有望であることを見出した。

全国の生シイタケ生産量の9割は菌床シイタケであり、本県においては実に94%を占めている⁹⁾。近年の生シイタケ栽培技術は多様化し、品質に大きな差が生じるようになり、価格差が広がっている¹⁰⁾。こうした情勢の中で、シイタケの新たな菌

床栽培技術を確立することは、きのこ産業が盛んな本県にとって、生産振興を図る上で大きな起爆剤となる可能性を秘めている。シイタケのビン栽培法は、菌床シイタケ栽培が開始された1970年代と共通する課題も多く、引き続き技術の確立を目指し、試験研究に取り組む必要性を感じている。

引用文献

- 1) 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
- 2) 小出博志・竹内嘉江 (1994), シイタケの菌床栽培技術の開発ー菌床栽培実用化試験ー, 長野県林業総合センター研究報告第8号, 35-61
- 3) 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, 72-73, 59
- 4) 時本景亮 (2010), シイタケ原木栽培の基礎, 日本きのこ学会誌 Vol.18(4), 131-138
- 5) 阿部正範 (2006), 発光ダイオード光源を利用した菌床シイタケ栽培, 徳島県森林林業研究所研究報告No.5, 4-9
- 6) 阿部正範・西澤 元 (2011), 青色発光ダイオードによる光照射がシイタケ子実体の発生に及ぼす影響 (I), 徳島県森林林業研究所研究報告No.7, 1-7
- 7) 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
- 8) 山内隆弘 (2012), シイタケ菌床栽培の安定化に関する基礎的研究, 宇都宮大学演習林報告第48号, 1-34
- 9) 林野庁 (2018), 特用林産基礎資料 (特用林産物生産統計調査 結果報告書), 5
- 10) 株式会社プランツワールド (2018), 特集 2017年 (平成29年) の特用林産物生産動向 (きのこ編) 「特産情報 11月号」, 8-15

