

# ホンシメジ等の菌床栽培技術の開発

特産部 古川 仁・片桐一弘

ホンシメジの菌床栽培技術の開発は、これまで西日本を中心に収集された菌株を用いて行われてきたが、本研究では長野県内を中心とする東日本で収集されたホンシメジ類38菌株を用いて検討した。その結果ホンシメジ4菌株が子実体形成可能なことを確認した。またこのうちAT2155（ホンシメジ）は環境適応範囲が広いことも合わせて確認した。また、培養時の乾燥対策として培地に吸水させる手法を検討し、今後の栽培技術として活用できる可能性も見出した。

キーワード：ホンシメジ，菌床栽培，菌株収集，吸水，子実体形成

## 1 緒言

長野県のきのこ生産量は全国の3割以上を占め、全国一位である<sup>(16)</sup>。ただし、きのこの販売価格は、まつたけなど一部を除くと近年は生産過剰による下落が著しく、特に中小規模生産者にとっては経営維持が困難な状況になるほど落ち込んでいる。このためホンシメジ (*Lyophyllum shimeji*) など高級きのこのこの実用栽培技術の開発は、きのこ生産者の経営安定化にも重要である。ホンシメジはアカマツ (*Pinus densiflora*)、コナラ (*Quercus serrata*) などの木本植物と外生菌根を形成することで子実体発生に至る菌根性きのこに分類され、従来菌根性きのこの人工栽培は腐生性きのこのシイタケ (*Lentinula edodes*)、ナメコ (*Pholiota microspora*) などに比べ難易度が高いとされてきた。しかし、1990年代以降、培養菌床を林地に埋設し、宿主と外生菌根を形成することで子実体形成に成功した事例が報告<sup>(1, 5, 7, 8, 10, 11, 17)</sup>され、また宿主によらない施設内での菌床栽培は1994年にOhta<sup>(13)</sup>、Watanabe<sup>(18)</sup>、吉田ら<sup>(21)</sup>による成功が相次ぎ、その後も培地添加物の改変<sup>(3, 4, 14)</sup>等の報告がある。さらに現在では菌床栽培による一部実用化も始まっているが、菌株は市販されていない。また、ホンシメジの栽培技術は西日本で採取された菌株を中心に開発された技術であり、ホンシメジについては形態学、生態学も含め中部地方以北の集団は十分に調査されているとは言い難い現状<sup>(20)</sup>である。したがって長野県内の中小規模生産者がこの技術を導入するためにはまず優良菌株の収集が重要であり、つぎに収集した菌株に適した生育環境を検討、そしてその菌株に適した栽培技術の開発が必要である。そこで本研究は長野県内を中心にホンシメジ類菌株を収集し、栽培試験を通じながら菌株に適した施設栽培条件を探ったので報告する。

## 2 子実体形成能を有する菌株選抜

### 2.1 目的

長野県内を中心にホンシメジ類菌株を収集し、菌床栽培で子実体を形成する菌株を選抜する。

### 2.2 材料と方法

#### 2.2.1 菌株

使用した菌株を表-1に示した。長野県内で収集した子実体は収集後速やかに組織分離により、直径90mmのシャーレに調製したMNC<sup>(19)</sup>寒天平板培地上で培養保管した。また、信州大学農学部からの譲渡菌株はMNC及びMA (Malts Agar)培地上で培養されているものを、シャーレ毎受け、その後生育状況に応じてMNC寒天培地上で継代培養を行った。なお、これらの菌株は室温20℃の暗環境下で保管した。

なお譲渡された菌株数は、ホンシメジ22菌株、シャカシメジ2菌株である。

#### 2.2.2 使用培地

栽培試験に用いた培地は大麦(押麦):ブナおが粉:小麦粉を容積比で2:3:0.2に混合したものを培地基材<sup>(15)</sup>とした。大麦をタライに入れ同体積の添加溶液(表-2)で浸る様にし、1夜吸水させた。翌日ブナおが粉、小麦粉を混合、含水率が65%程度となるよう水道水を加えた。培地は各種栽培ビンに詰め高圧蒸気滅菌器(120℃, 60分)で殺菌、十分に放冷の後、菌株を接種した。

#### 2.2.3 栽培ビン(写真-1)

##### ナメコビン

ホクト産業製のナメコ栽培用800ml広口ビンを用い、蓋は付属のものを使用した。

##### 250mlビン

ポリプロピレン製の容量258mlのTWIST PACK(タケヤ化学製)とし、付属の蓋中央部に直径5mmの穴を1箇所あけ、Milli Seal(MILLIPORE製)を貼付け

表-1 栽培試験に使用したホンシメジ類菌株と試験区分

種名	菌株名	採取地	栽培試験区分 <sup>*1</sup>						備考
			I	II	III	IV	V	VI	
1	IN001	長野県伊那市	○	○	-	-	-	-	
2	IN002	長野県伊那市	○	○	-	-	-	-	
3	SH001	長野県佐久穂町	○	○	-	-	-	-	
4	SH002	長野県佐久穂町	○	○	-	-	-	-	
5	SH003	長野県佐久穂町	○	○	-	-	-	-	
6	SH004	長野県佐久穂町	○	○	-	-	-	-	
7	SH005	長野県佐久穂町	○	○	-	-	-	-	
8	S64	長野県中川村	○	○	-	-	-	-	*2
9	S136	栃木県	○	○	-	-	-	-	*2
10	S160	長野県中川村	○	○	-	-	-	-	*2
11	AT608	茨城県	-	○	○	-	-	-	*2
12	AT787	長野県辰野町	○	○	-	-	-	-	*2
13	AC201	長野県阿智村	-	-	○	-	-	-	
14	AT0713	長野県大鹿村	-	-	○	-	-	-	*2
15	AT2113	長野県佐久市	-	-	○	-	-	-	*2
16	AT2155	北海道	-	-	○	○	○	○	*2
17	AT2157	長野県伊那市	-	-	○	-	-	-	*2
18	AT2350	長野県辰野町	-	-	○	-	-	-	*2
19	AT2351	長野県辰野町	-	-	○	-	-	-	*2
20	HG201	長野県松本市	-	-	○	○	○	○	
21	MA201	長野県松川町	-	-	○	○	-	-	
22	S144	長野県大鹿村	-	-	○	-	-	-	*2
23	S147	長野県大鹿村	-	-	○	○	○	○	*2
24	S148	長野県中川村	-	-	○	-	-	-	*2
25	S151	長野県松本市	-	-	○	-	-	-	*2
26	S153	長野県松本市	-	-	○	-	-	-	*2
27	S154	長野県松本市	-	-	○	-	-	-	*2
28	S155	長野県松本市	-	-	○	-	-	-	*2
29	S161	長野県大鹿村	-	-	○	-	-	-	*2
30	S162	長野県大鹿村	-	-	○	-	-	-	*2
31	S268	長野県松本市	-	-	○	-	-	-	*2
32	SA3	長野県中川村	-	-	○	-	-	-	*2
1	C001	長野県塩尻市	○	○	-	-	-	-	
2	C002	長野県塩尻市	○	-	-	-	-	-	
3	C004	長野県塩尻市	○	○	-	-	-	-	
4	C005	長野県塩尻市	○	-	-	-	-	-	
5	S128	長野県松本市	-	-	○	-	-	-	*2
6	S137	栃木県	-	-	○	-	-	-	*2

\*1: ○ 栽培試験実施、- 未実施

\*2: 信州大学からの譲渡株

使用した。

#### 2.2.4 接種源

保管中の菌株コロニー周縁を約5mm角にメスで切り取り、新たに調製したMNC培地上で約2ヶ月間培養したものを用いた。接種も菌株コロニー周縁

部を約5mm角に切り取り、接種源とした。

#### 2.2.5 覆土資材

培養が完了した培地はピートモスで表面を厚さ約1cm覆土した。ピートモスは10ℓに対して水道水5ℓ、CaCO<sub>3</sub>29gを混合し、pH5.0~5.4に調整後高圧

表-2 添加溶液成分

クエン酸	0.5 g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.1 g
MgSO <sub>4</sub> ・7H <sub>2</sub> O	0.2 g
CaCl <sub>2</sub>	10 mg
アセチルアセトン	5 μl
FeCl <sub>3</sub> ・6H <sub>2</sub> O	50.0 mg
CuSO <sub>4</sub> ・5H <sub>2</sub> O	2.1 mg
ZnSO <sub>4</sub> ・7H <sub>2</sub> O	1.4 mg
CoSO <sub>4</sub> ・7H <sub>2</sub> O	0.4 mg
NiSO <sub>4</sub> ・6H <sub>2</sub> O	0.1 mg
MnSO <sub>4</sub> ・4-6H <sub>2</sub> O	0.04 mg

蒸気滅菌器（120℃，60分）で殺菌，放冷したものをを用いた。

### 2.2.6 栽培環境

培養室は室温 23℃暗環境とし，栽培ビンは接種後速やかに培養室に移動させた。発生室は室温 14℃恒温，湿度 95%以上とし，発生室に栽培ビンを移動させた日を低温刺激日とした。また，接種から子実体収穫までの期間を栽培期間とした。



写真-1 栽培試験に用いたビン

左: ナメコビン，中央: 250ml ビン，右: 400ml ビン

### 2.2.7 栽培試験

#### 栽培試験 I

使用菌株は表-1のとおりとし，培地は前述 2.2.2 に示した（以下に示す各種試験も供試菌株は

表-1，培地は 2.2.2 に示す）。栽培ビンは 2.2.3 に示すナメコビンとし，ビン半分程度（約 400ml）に培地を充填，その後直径約 7mm の木製棒を培地に 5ヶ所差し込み，接種孔とした。各菌株の繰り返し数は 7 とした。培養時に菌糸体がほぼビン全体に回った時点で，培地上面をピートモスで約 1 cm 厚に覆土し，ピートモスの大半に菌糸体が広がった 7～10 日後に栽培ビンを発生室に移動（低温刺激）した。

#### 栽培試験 II

栽培ビン，培地の充填量，接種孔及び繰り返し数，覆土について全て栽培試験 I と同様とした。

#### 栽培試験 III

栽培試験 I，II で用いたナメコビンよりも短期間での培養と供試菌株を多数にする目的で 250ml ビンを用い，繰り返しは 8 とした。培地はビン 9 割程度に充填し，覆土する余裕を残した。また，接種孔はビン中央部に 1 箇所とした。覆土はビン全体に菌糸体が増殖した時点で行い，さらにピートモスの大半に菌糸体が増殖した 6～8 日後にビンを発生室に移動（低温刺激）した。

### 2.2.8 菌糸体伸長調査

各栽培試験において不定期に菌糸体伸長の観察を行った。観察の方法は栽培ビン外面から菌床の上面，底面，側面を観察し，その表面積全体に対し，菌糸体の拡がりが見られる面積（培地占有率）を目視により測定した。参考に目視判定の大まかな基準を表-3 に示した。

また，原基，子実体は河合<sup>(9)</sup>，Ohta<sup>(13)</sup>に従い，菌糸が集合して小さな塊となり周囲と明らかに区別できる構造を原基，傘と認められる構造ができたものを子実体とした。また，原基から子実体に成長した直後のものを幼子実体とした。

観察終了時期は，覆土を行ったものはコンタミしたビンが増える覆土後概ね 90 日，また培養が完了せずに覆土に至らなかったビンは接種後 270 日ころまでとした。なお，コンタミが生じたビンは随時処分を行った。

表-3 培地占有率の大まかな判定基準

評点	判定基準
0	菌糸体の伸長が一切見られない
10	接種源から菌糸体の拡がりが始まったことが明瞭にわかる状態
80	ビン底を除き、ビン側面、上面に菌糸体が広がった状態
100	ビン底を含め全体に菌糸体が広がった状態

表-4 栽培試験における接種後の菌糸体伸長の観察結果

種名	菌株名	栽培試験 区分	接種後経過日数 (日)																															
			26	43	57	68	70	77	82	87	88	92	93	102	104	105	111	112	122	147	167	168	178	223	224	227	277	414						
ホンシメジ <i>Lyophyllum shimeji</i>	IN001	I	7		8*																													
		II		7			10*																											
	IN002	I	5		8*																													
		II		5								10*																						
	SH001	I	7		9*																													
		II		8			10*																											
	SH002	I	7		8*																													
		II		7			10*																											
	SH003	I	6		9*																													
		II		6			10*																											
	SH004	I	5		10*																													
		II		8			10*																											
	SH005	I	1		2																													
		II		1									2																		10*			
	S64	I	5		8*																													
		II		8									10*																					
	S136	I	5		8*																													
		II		5									10*																					
	S160	I	8		10*																													
		II		8			10*																											
	AT608	II		4									10*																					
		III					8																											
	AT787	I	6		8*																													
		II		7									10*																					
	AC201	III				7																												
	AT0713	III				10*																												
	AT2113	III				10*																												
	AT2155	III				10*																												
		IV																																
		V																																
AT2157	VI																																	
	III				5																													
AT2350	III				9																													
AT2351	III				10*																													
HG201	III				10*																													
	IV																																	
	V																																	
MA201	VI																																	
	III				9																													
S144	IV																																	
	III				10*																													
S147	III				10*																													
	IV																																	
	V																																	
S148	VI																																	
	III				3																													
S151	III				10*																													
S153	III				9																													
S154	III				10*																													
S155	III				5																													
S161	III				10*																													
S162	III				9																													
S268	III				3																													
SA3	III				10*																													
シャカシメジ <i>Lyophyllum fumosum</i>	C001	I	4		7*																													
		II		3																														
	C002	I	4		7*																													
	C004	I	4		7*																													
		II		3																														
	C005	I	4		6*																													
	S128	III				5																												
S137	III				5																													

表中の数値はホンシメジ菌糸体の培地占有率 (% : 表-3 参照)

\* 覆土実施

「原基」、「幼子実体」、「収穫」は該当試験区分においてはじめて1個(回)以上が確認(実施)された日  
( ) 内は低温刺激後の経過日数

### 2.2.9 収穫調査

子実体は傘の下面が水平になるまで成長し、収穫した。収穫時には個体ごとに生重量を測定した。

### 2.3 結果

接種後の時間経過における菌糸体の増殖と形態変化について表-4に示した。なお、菌糸体の拡がりを示す数値は、菌株ごと供試したすべてのビン観察後、平均的な伸長をしているビンの状態を示した。また、原基、幼子実体、収穫は菌株ごとの1つ以上のビンから1個以上が初めて確認又は収穫された時点を示す。

#### 2.3.1 栽培試験Ⅰ

SH005を除くホンシメジは接種後50日程度でビン底面を除き培地表面にほぼ菌糸体がまん延した(表-4)。同時期にシャカシメジ(C001, C002, C004, C005)の菌糸体はビン底面にも届かず、一般的にホンシメジよりもシャカシメジの菌糸体伸長が遅い傾向があった。SH005の菌糸体伸長は非常に遅く、接種後50日程度でようやく接種源を中心に菌糸体の伸長が確認できる程度であった。

接種後57日にSH005, AT608を除くホンシメジは培地全体の約8割に菌糸体のまん延が、シャカシメジは約7割を超えたので、ピートモスで覆土を行った。覆土7日後に菌糸体が覆土内部に入り、14℃に恒温設定した発生室へ移動させた(低温刺激)。

接種後112日(低温刺激48日後)にはホンシメジ(SH002, SH003, SH004, S64, S136, S160)、シャカシメジ(C002, C005)に原基形成が確認されたが、その後原基がさらに成長することはなかった。

#### 2.3.2 栽培試験Ⅱ

栽培試験Ⅰでは菌糸体のまん延が培地全体の7~8割程度で覆土処理を行ったが、ここではさらに菌糸体がまん延したビンに対し覆土処理を行った。なお供試菌株は、栽培試験Ⅰに対してホンシメジは新たに譲渡を受けたAT608を追加した。シャカシメジは栽培試験Ⅰで原基形成に至ったものの、その後の形態変化がみられなかったC002, C005については実験機材数量上の問題から栽培試験Ⅱでは除外した。

IN001, SH001, SH002, SH003, SH004, S160は栽培試験Ⅰ同様順調な菌糸体伸長がみられ、ビン底面も含めた全体に菌糸体がまん延した接種後70日に覆土を行った(表-4)。覆土10日後に覆土内部まで菌糸体が増殖していることを確認し14℃設定の発生室にビンごと移動(低温刺激)したが、その後原基形成等目視で形態変化がみられる現象は生じ

なかった。

IN002, S64, S136, AT608, AT787, C001, C004の菌糸体伸長は比較的遅かったが接種後93日に底面も含めビン全体に菌糸体がまん延したことが確認され、覆土を行った。これら菌株は覆土後も菌糸体



写真-2 栽培試験Ⅲにおける発生の様子

左2列: AT2155, 右2列: HG201

の伸長は遅く、発生室へ移動する基準とした覆土内部への菌糸体伸長を覆土後19日に確認し、同日発生室へ移動(低温刺激)した。その後接種178日(低温刺激66日)にS136に原基を確認したが、他の菌株は178日以降も形態変化は認められなかった。

なおSH005は栽培試験Ⅰ同様、供試した全ての7本とも菌糸体伸長は極端に遅かった。接種後414日によりやく7本ともビン底も含め全体に菌糸体がまん延、覆土を行った。その後も菌糸体伸長は遅く、覆土内への菌糸体伸長はみられなかったが、覆土6日後に発生室へ移動(低温刺激)した。低温刺激後も菌糸体伸長はほとんどなく、原基形成等の形態変化も確認できなかった。

#### 2.3.3 栽培試験Ⅲ

ビン全体への菌糸体まん延が早まることを期待し、さらに多系統の菌株を同時に選抜する目的で、小型の250mlビンを使用した。培地への菌糸体まん延速度(表-4)は菌株により差があり、最も早く接種後68日で菌糸体が培地全面にまん延したもの(グループAとする:AT0713, AT2113, AT2155, AT2351, HG201, S144, S147, S151, S154, S161, SA3)。接種後82日でビン全体にまん延したもの(グループBとする:AC201, AT2350, S153, S155, S162)。菌糸体まん延に時間を要し、接種後111日で完了したもの(グループCとする:AT2157, MA201, S148, S268)と3グループに分けられた。以下グループ別

の試験結果を記述する。なお、収量等について表-5に示した。

**グループA (AT0713, AT2113, AT2155, AT2351, HG201, S144, S147, S151, S154, S161, SA3)**

接種後 68 日で菌糸体がビン全体にまん延したものは覆土後も菌糸体伸長は速く 6 日後に全て発生室へ移動 (低温刺激) させた。またこの内 AT0713 は培養中の覆土時点で菌糸体が集合体を形成し始め、発生室に移動し 3 日 (接種後 77 日) で明らかな原基を形成した。ただし、その後原基の成長は見られず子実体形成には至らなかった。同じく菌糸体伸長が速かった AT2155 は接種後 92 日 (低温刺激 18 日後) に原基形成が始まり、接種後 105 日 (低温刺激 31 日後) に初収穫となった。更に 5 日後には二回目の収穫となった。HG201 は接種後 102 日 (低温刺激 28 日後) に 1 本の栽培ビンで子実体 1 本が収穫基準に達したので初収穫とした。ただし、3 日後には供試した 8 本すべてのビンから発生した子実体が収穫基準に達し、本格的な発生が始まったと考えた。さらに接種後 110 日 (低温刺激 36 日) にも 8 本中 3 本のビンで子実体を収穫した (写真-2)。

S147 は接種後 104 日 (低温刺激 30 日後) に原基が確認され、その 4 日後に 2 本のビンからの収穫となった。栽培試験Ⅲの中では低温刺激から原基形成に要した時間は最大であったが、原基形成確認から収穫に至る時間は 4 日と最短であった。なお、収量は HG201, AT2155 と比べ少なく、発生も接種後 108



写真-3 S147 の子実体 (栽培試験Ⅲ)

日 (低温刺激 34 日後) の 1 回のみであった (写真-3)。

S161 は接種後 122 日 (低温刺激 48 日後) に傘の直径約 5 mm, 柄の長さ約 10 mm の幼子実体をビン内に 1 本発見したが、ビンの壁に押し付けられる形で生育し、その後さらに成長することはなかった。また、原基形成期等については未確認であった。

SA3 は接種後 88 日 (低温刺激 14 日後) に原基形成を確認したが、その後特に形態変化は見られなかった。

他の菌株については原基形成などの形態変化を目視で確認することは出来なかった。

**グループB (AC201, AT2350, S153, S155, S162)**

これらの菌株は底面も含めたビン全体に菌が増殖するのに 81 日を要し、観察の翌日 (接種後 82 日) に覆土を行った。6 日後には覆土内にも菌糸体の拡がり確認できたのでビンを発生室に移動 (低温刺激) させた。その後原基形成等の形態変化が目視で確認できたものはなかった。

**グループC (AT2157, MA201, S148, S268)**

これらの菌株はビン全体に菌糸体がまん延するのに時間を要し、接種後 111 日に覆土を行った。覆土内への菌糸体増殖も非常に遅かったが、すべてのビンに覆土 8 日後に発生室へ移動させた (低温刺激)。その後接種 168 日 (低温刺激 49 日後) に MA201 がビンの通気孔を破って子実体形成していることを確認した (写真-4)。子実体を切り取り、蓋を外したところ、培地上に 10 程度の幼子実体も発見したが、原基形成日は不明であり、またこのビンも含め、これ以外に子実体形成をはじめ、原基形成等の形態変化は確認できなかった。



写真-4 MA201 の発生状況 (栽培試験Ⅲ)

左: 通気孔を破っての子実体発生

右: 培地上の幼子実体 (中央は子実体切断痕)

表-5 栽培試験Ⅲにおける子実体発生状況

菌株	繰り返し	接種	覆土	低溫刺激	栽培期間 ( )内は低溫刺激後日数										総計				
					102日(28)	105日(31)	108日(34)	110日(36)	122日(48)	168日(49)	総発生								
					発生ビン数	発生ビン数	発生ビン数	発生ビン数	発生ビン数	発生ビン数	発生ビン数	発生ビン数	発生ビン数	発生ビン数					
AT2155	8	2016/7/1	9/7	9/13	-	7	7.3	40.3	-	3	1.0	0.6	-	-	-	7	6.8	35.5	
HG201	8	2016/7/1	9/7	9/13	1	8	3.1	39.1	-	3	1.3	3.7	-	-	-	8	3.8	45.7	
S147	7	2016/7/1	9/7	9/13	-	-	-	-	2	1.5	13.8	-	-	-	-	2	1.5	13.8	
S161	7	2016/7/1	9/7	9/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MA201	8	2016/7/1	10/20	10/28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1.2	1	1.2

\*1: 発生を確認したビンの平均値

\*2: 試験期間を通じ発生を確認したビン数の合計と異なる場合がある

\*3: その後生育せず

表-6 栽培試験Ⅳにおける子実体発生状況

菌株	繰り返し	接種	覆土	低溫刺激	栽培期間日数 ( )内は低溫刺激後日数		総計						
					288日(31)	292日(35)							
					発生ビン数	発生ビン数							
AT2155	14	2016/12/22	なし	2017/9/5	2	8.5	53.7	2	2.5	7.8	2	11	61.5

\*1: 発生を確認したビンの平均値

\*2: 試験期間を通じ発生を確認したビン数の合計と異なる場合がある

### 3 栽培方法の検討

栽培試験を通じて実用的なホンシメジ菌床栽培技術の検討を行った。

#### 3.1 栽培試験Ⅳ

##### 3.1.1 目的

培地のビン詰め効率化のため、ビン詰め機で作製した培地により栽培試験を行う。

##### 3.1.2 方法

###### 菌株

2 子実体形成能を有する菌株選抜で子実体形成能を有すると選抜した菌株(AT2155, HG201, MA201, S147:表-1)。

###### 使用培地

2.2.2に示す。培地の充填、接種孔作製はナメコ栽培に用いるビン詰め機(協全商事(株)製)を用いた。なお、接種孔は培地中央に1本とした。

###### 栽培ビン

2.2.3に示すナメコビン(写真-1)を用い、繰り返し数は14とした。

###### 接種源

2.2.4に示す。

###### 覆土資材

ビン詰め機による培地充填の結果、培地はビン口付近まで充填されたため覆土スペースがなく、覆土は行わなかった。

###### 栽培環境

2.2.6に示す。

##### 3.1.3 結果

培地充填をビン詰め機により行った結果、培地重量は1ビンあたり約794g(風袋除く生重量)であった。菌糸体のまん延は全ての菌株で非常に遅く(表-4)、接種224日後でも培地全体の6から7割程度しか菌糸体がまん延せず、MA201については2割程度しか菌糸体はまん延しなかった。この様に菌糸体伸長には多大な時間を要し、底部を含めた培地全体に菌糸体がまん延するものはなかったが、接種後257日に全てのビンを発生室へ移動(低温刺激)させた。この発生室への移動時も菌糸体のまん延状況は接種後224日とほとんど変化はなかった。また長期間培養により、培地が乾燥している様子が目視で認められたので、クリーベンチ内で一旦すべての蓋を外し、滅菌水をビンからあふれるまで注水、そのまま2時間放置ののち、注水した水を除去後発生室へ移動(低温刺激)した。

接種後277日(低温刺激後20日)にはAT2155のビン2本に幼子実体が1ビン当たり10程度形成さ

れていることを確認し、接種後288日(低温刺激31日後)と接種後292日(低温刺激35日後)に子実体を収穫した(表-6)。

今回使用した菌株は栽培試験Ⅲ(2.3.3)で子実体形成実績のある菌株であったが、子実体形成率は非常に悪かった。また、菌床への菌糸体まん延も時間を要したため、試験終了後培地をすべて崩して観察を行ったが、大半の培地で菌糸体は培地内部には侵入せず、表面のみで広がっていた、これは培地が非常に密で固結していたためで今回ビン詰め機を用いたことが原因と思われた。また、菌糸体のまん延に時間を要したため、乾燥気味の培地が多く、このことが子実体形成を阻害した可能性も考えられた。

#### 3.2 栽培試験Ⅴ

##### 3.2.1 目的

栽培試験Ⅳ(3.1)との比較を目的とし、ビン詰め機を使用しない、手作業による培地のビン詰めを行った。なお、栽培試験Ⅳは覆土が出来なかったため、本試験では比較のため覆土区と無処理区を設定した。



写真-5 機械詰め覆土なし培地での発生  
(栽培試験Ⅳ:AT2155)

##### 3.2.2 方法

###### 菌株

2 子実体形成能を有する菌株選抜で子実体形成能を有すると選抜した菌株(AT2155, HG201, S147:表-1)

###### 使用培地

2.2.2に示す。

表-7 栽培試験Vにおける子実体発生状況

菌株	繰り返し 返し	接種 日	覆土 日	低温 刺激	栽培期間日数 (○内は低温刺激後日数)								
					231日(31)		236日(36)		242日(42)		総計		
					発生 ビン数	発生量(ビン当) <sup>*1</sup> 重量(g)	発生 ビン数	発生量(ビン当) <sup>*1</sup> 重量(g)	発生 ビン数	発生量(ビン当) <sup>*1</sup> 重量(g)	総発生 ビン数 <sup>*2</sup>	発生量(ビン当) <sup>*1</sup> 重量(g)	
AT2155	6	2017/2/17	8/24	9/5	3	1.7	6.4	4	1.8	9.2	5	2.4	11.2
AT2155	6		なし		0			2	1.5	12.9	3	1.3	11.6

\*1: 発生を確認したビンの平均値

\*2: 試験期間を通じ発生を確認したビン数のため、各観察日の合計とは異なる場合がある

表-8 栽培試験VIにおける子実体発生状況

菌株	操作	繰り返し 返し	接種 日	低温 刺激	栽培期間日数 (○内は低温刺激後日数)									
					184日(30)		191日(37)		総計					
					発生 ビン数	発生量(ビン当) <sup>*1</sup> 重量(g)	発生 ビン数	発生量(ビン当) <sup>*1</sup> 重量(g)	総発生 ビン数 <sup>*2</sup>	発生量(ビン当) <sup>*1</sup> 重量(g)				
AT2155	吸水+覆土	5	2017/11/15	2018/4/11	4/18	1	6	54.6	1	2	31.6	2	4.0	43.1
	対照区	5				-	-	-	-	-	-	-	-	-

\*1: 発生を確認したビンの平均値

\*2: 試験期間を通じ発生を確認したビン数のため、各観察日の合計とは異なる場合がある

表-9 菌床栽培ホンシメジ食味試験アンケート調査結果 (菌株名: AT2155)

被験者	年齢	性別	野生ホンシメジ食経験年数	年間食回数	自由記述
A	~29	男	なし	0	香りがよい
B	40~49	女	6-10年	2-5	風味が思ったよりもありびっくりした。傘の上のぼつぼつが気持ち悪い、ないといと思う。
C	60~	男	10年以上	2-5	味覚が柔らかい
D	60~	男	なし	0	美味しかった
E	60~	女	なし	0	美味しかった
F	60~	男	10年以上	6回以上	天然物に比べると肉質が柔らかいと思う。
G	60~	女	10年以上	1	きのこがやわらかかった。香りもうすかった。

## 栽培ビン

2.2.3 に示すナメコビン（写真-1）を用いた。覆土区と無処理区を設定し、繰り返し数は各区6とした。

## 接種源

2.2.4 に示す。

## 覆土資材

2.2.5 に示す。

## 栽培環境

2.2.6 に示す。

## 3.2.3 結果

培地重量は1ビン当たり平均630g（標準偏差37.1：風袋除く生重量）であった。ビンによる培地量のばらつきの影響をなくすため、供試菌株ごと培地量のばらつきがほぼ同じとなる様使用するビンを選び分けた。

供試したAT2155, HG201, S147の内AT2155が最も菌糸体のまん延が早く（表-4）、接種後167日でナメコビンほぼ全体に菌糸体がまん延した。なお、この時点でHG201は培地全面の約8割、S147は約7割であった。その後HG201, S147もほぼ培地全面に菌糸体がまん延した接種後188日に、菌株ごと6本に覆土、残り6本を無処理とした。つぎに覆土した全てのビンで覆土上部まで菌糸体がまん延した接種後200日に、無処理のビンも含め発生室に移動（低温刺激）した。

接種後223日（低温刺激23日後）にAT2155の覆土処理ビン3本とHG201の覆土処理ビン1本に原基形成を確認した。AT2155の原基は順調に成長を続け、接種後227日（低温刺激27日後）に幼子実体を確認、その4日後に子実体収穫（表-7）とした。また接種236日（低温刺激36日後）にも新たな初収穫ビン2本を含めた収穫となった。一方HG201については原基と判断した物体が成長したものの「ひだ」は確認できず、子実体ではないと判断した。

無処理のAT2155は接種後236日、242日（低温刺激36日、42日）に子実体収穫となったが、発生するビンが覆土処理の半分程度と少なく、また発生に時間を要した。

## 3.3 栽培試験VI

### 3.3.1 背景・目的

太田<sup>(14)</sup>は一般きのこ栽培に用いるエノキビン、ナメコビン、シイタケビン、ヒラタケビンを用い、ホンシメジ栽培試験を行い、培地体積当たりの収量の比較を行っているが、これによると栽培ビンの口

は細くないものがよく、ナメコビンに半分程度の培地を入れるのが効率的としている。ただし、予備試験としてナメコビンに半分程度の培地を詰め、子実体発生に至らせた結果（写真-6）、収穫時はビン内に指を入れる必要があり収穫の難易度を高める。また、子実体が生育時を含めビンの壁に触れることで痛み、商品価値が著しく低下する可能性がある。この問題解決のためナメコビン上部の壁がない形状に似た400mlビン（写真-1）を用いた試験を行った。

### 3.3.2 方法

#### 菌株

AT2155（ホンシメジ）を用いた。

#### 使用培地

2.2.2 に示す。

#### 栽培ビン（400mlビン：写真-1）

ポリプロピレン製の容量450mlのTWIST PACK（タケヤ化学製）とし、付属の蓋中央付近に2箇所直径5mmの穴をあけ、Milli Sealを貼付け使用した。

#### 接種源

2.2.4 に示す。

#### 覆土資材

2.2.5 に示す。

#### 栽培環境等

栽培環境は2.2.6に示す。400mlビンは上面開口部が広く、またナメコビンと比較すると上面に壁がない点などから培地の乾燥が懸念され、覆土時に培地へ吸水させる吸水区を設けた。吸水はビンの蓋を外し、上面から滅菌水をあふれるまで注ぎ、2時間クリーベンチ内で放置、その後ビンを傾けてビン内の水を除いた。この吸水区を含め、試験区は吸水区、吸水+覆土区、対照区（各5本）とした。

### 3.3.3 結果

AT2155, HG201, S147の培養時の菌糸体のまん延はほぼ同様で、接種後147日に全てのビンで培地全



写真-6 ナメコビンで発生させた例

面への菌糸体のまん延が確認された(表-4)。そこで菌株ごと吸水区, 吸水+覆土区, 対照区(各5本)を設定した。さらに7日間培養をつづけたところ覆土内に菌糸体のまん延を確認したので, 覆土区以外も含む全てのビンを発生室へ移動(低温刺激)させた。

その後AT2155は接種184日(低温刺激30日), 191日(同37日)目に吸水+覆土区からそれぞれ1本のビンから子実体の収穫を行った(写真-7, 表-8)。以後他のビンからの発生, 原基形成は確認できなかった。

#### 4 食味試験

##### 4.1 目的

菌床栽培により発生した子実体の食味が, 野生由来のものと差があるかについて食味試験を行った。

##### 4.2 方法

佐久市の野生きのこの生産, 販売店関係者を被験者とし, 栽培試験により発生した子実体の食味試験を行った。試験に用いた子実体は栽培試験Ⅳ, Ⅴで発生したAT2155とした。被験者にはアンケート用紙(付図-1)とともに収穫直後の子実体を配布, きのこ料理の経験が豊富な販売店に勤務する従業員が調理し, 本人を含む関係者が食味試験に臨みアンケートに記入した。

##### 4.3 結果

7名(男4, 女3)から回答を得, 結果を表-9に示す。年齢構成は60歳以上が5名と多数を占めたが, 20代以下, 40代からも回答を得た。また野生ホンシメジの食経験年数も「なし」から「10年以上」と幅広かった。自由記述も「香りがよい」との肯定的なものから, 「きのこがやわらかかった。香りもうすかった。」といった否定的なものまであった。

#### 5 考察

##### 5.1 ホンシメジ

###### 5.1.1 子実体形成能

今回32菌株で試験を行った結果, 子実体形成に至った菌株はAT2155, HG201, S147, MA201, S161の5菌株(S161は幼子実体1本の確認のみ)で, 内長野県産菌株はAT2155を除き4菌株であった。太田<sup>(14)</sup>は西日本を中心に60菌株ホンシメジを収集し, 内20菌株が子実体形成に至っている。また, 河合<sup>(9)</sup>は奈良県を中心に38菌株のホンシメジを収集し, 11菌株が幼子実体に, さらに5菌株を完全な子実体に成長させた。西原ら<sup>(12)</sup>は愛媛県を中心に6菌株中5菌株, 衛藤<sup>(2)</sup>は広島県内で8菌株中1菌株が



写真-7 400ml ビンからの発生  
(栽培試験Ⅵ:AT2155)

子実体形成に至ったと報告している。また東日本の研究例として, 古川ら<sup>(8)</sup>は福島県を中心に47菌株収集し, 11菌株を子実体に成長させた。このように純粋培養下で子実体を形成する菌株が見つかる割合は地域によって偏りがある<sup>(2)</sup>と言われ, 長野県は純粋培養下において子実体形成に至る株が見つかる確率が比較的低い結果となった。

子実体形成に至った5菌株(AT2155, HG201, S147, MA201, S161)について栽培試験Ⅲの結果(表-4)をもとに考察すると, MA201を除き, 接種68日目には菌床全面に菌糸体がまん延するような速い菌糸体伸長がみられた。一方菌糸体伸長が遅くて子実体形成に至る例はほとんどない。菌糸体伸長が速いことは栽培実用化の観点からも重要であり, 今後の子実体形成能を有する菌株選抜には菌糸体成長が速いという点が有効と考えた。

つぎに5菌株の内AT2155, HG201, S147の3菌株は栽培試験ⅣからⅥを, MA201については栽培試験Ⅳで試験を引き続き実施したが, AT2155以外はその後発生がなかった。この原因については明らかにできなかったが, 保管中の菌株が変異した可能性もあるので, 菌株保管手法も含め今後検討が必要である。一方AT2155は収量, 菌糸伸長に関して試験による変動はみられるが, 供試した全ての栽培試験(Ⅲ~Ⅵ)で子実体形成に至っている。これは培地や栽培環境等の変動に対し, 子実体形成能の適応範囲を広範囲に維持できる菌株であると言えよう。

###### 5.1.2 原基形成

全ての栽培試験を通じて原基形成を確認した菌

株は 32 菌株中 13 菌株あり、その内 AT0713 は低温刺激を与える前から菌糸体の濃密な集合がみられた(原基形成と判断したのは低温刺激 3 日後)。ホンシメジの菌株により原基形成温度に相違があることは純粋培養下<sup>(9)</sup>や屋外試験<sup>(6)</sup>の結果から指摘されている。また栽培に適した温度以外の環境条件が菌株により差異があることも十分考えられる。現在、純粋培養下でのホンシメジに関する報告は西日本で収集した菌株を中心に進展していることから、環境条件の異なる東日本で収集した菌株に対応するためには今回参考にした報告<sup>(14)</sup>とは環境条件を変えさらに検討することで、今回は原基形成までしか成長しなかった菌株についても子実体形成に至る可能性があると考ええる。実際山田ら<sup>(20)</sup>はホンシメジの中部地方以北の集団については必ずしも十分な調査がされていないとし、今後生物学的種の解析が必要とするとしている点からも、それぞれの地域の菌株に適した栽培手法の改変も今後の課題である。

### 5.1.3 栽培技術・収量

本研究では栽培試験 I～III にかけて先ず子実体形成に至る菌株の選抜を行い、考察を 5.1.1 に述べた。つづいて子実体形成能を有すると選抜した菌株を対象に栽培試験 IV～VI を実施したが、この試験すべてで子実体形成に至ったのは AT2155 のみであった。ただし、AT2155 の子実体形成は収量や形態変化に要する時間など各試験によるばらつきがあり、また使用したビンも栽培試験によって異なる場合があるため、以下はあくまでも参考値としての扱いで AT2155 を用いた栽培技術について考察を行う。

#### 覆土・吸水

覆土については培地の乾燥防止から必要<sup>(14)</sup>とされる。栽培試験 V (表-7) に示す通り、覆土を行ったビンは覆土をしないものよりも早い時期からの子実体の発生がみられている。また、発生ビン数も 5/6 と覆土なしの 3/6 に比べ多くなっていることから覆土の必要性があるといえる。

さらに栽培試験 VI (表-8) での 400ml ビンの使用は、収穫の容易性と広口ビンによる通気性の確保を目的としている。通気性確保の重要性は先行研究<sup>(3, 9, 14)</sup>で述べられているが、当然通気性を高めると培地が乾燥する問題もあり、今回は吸水という手法を取り入れた。その結果、吸水のみを行った区画では子実体発生がなかったのに対し、吸水+覆土区では数量は少ないものの発生がみられたことから、本試験においては覆土の重要性が再度確認された。

つぎに吸水の効果について栽培試験 V と VI を比較しながら考察したい。栽培試験 V はその収量が極端に悪い(表-7)が、これは試験終了後培地を破壊し観察したところ、培地が非常に乾燥し、これは培養に 200 日を要したためと思われる。但し、同じく培養に 200 日以上を要した栽培試験 VI (表-8)の方が V (表-7)に比較して収量が確保されたのは、培養後期の培地への吸水が関係していると考ええる。今後はこの吸水についてさらなる検証が必要と考えられる。

#### 収量

実用的な栽培手法の検討を目的に行った栽培試験 IV～VI での収量について考察する。

栽培試験 IV～VI における収量は表-6～8 に示した。栽培試験 V は極端に収量が低く、この原因については乾燥として前述した。つぎに栽培試験 IV, VI の初収量(表-6, 8)は、ともにビン当たり 54g 前後である。太田<sup>(14)</sup>によるナメコビン(培地量 400ml)での実験が 6 菌株平均で 61.0g (min. 21.5g ~ max. 94.5g) であり、今回の 54g は概ね近い数値のため、収量を見る限り今後 AT2155 について実用化の可能性もあると考ええる。ただし、繰り返し試験で行ったビンの中には発生の見られないものもあった点については更なる検討が重要と考える。

#### 栽培期間

栽培期間(接種から子実体収穫までの期間)について検討すると、太田<sup>(14)</sup>の例が平均 82.5 日にに対し、今回の栽培試験 IV～VI は最短で 184 日と著しく時間がかかりすぎている。また、子実体形成能を有する菌株の早期選抜を目的に 250ml ビンを用いた結果(表-5)も栽培期間が最短で 102 日(HG201)、AT2155 は 105 日と小型ビンを用いているにもかかわらず太田<sup>(14)</sup>の例に及ばない状態である。このことから今後も新たな菌株と更なる最適栽培条件の探索が重要である。

#### 食味試験

表-9 に集計結果を示すが、調理方法は薄く塩味をつけたお吸い物であった。自由記述の項目を見る限り、野生のホンシメジを食した経験のない者は「香りがよい」「美味しかった」と好意的な記述である反面、野生ホンシメジを食した経験者にとっては「香りが薄い」「やわらかだった」など野生ホンシメジに比較して否定的な意見があった。なお、「肉質が柔らかい」等の表現は肯定にも否定にもとれるが、後日被験者に確認したところ野生ホンシメジに対して否定的な表現との聞き取りを得ている。これ

らのことから、AT2155 の食味は、野生ホンシメジに及ばないといえた。

また傘の上の「ぼつぼつ」(写真-5)についての記述があるが、ホンシメジの形態には色、茎下部のふくらみ等に個体差がある他、傘表面にいぼ状の突起があるものがあることが知られている<sup>(6)</sup>。AT2155はこの特徴を有する株(写真-5)であり、この「いぼ」については食用とするとき抵抗感があることが分かった。これらの点は今後の菌株収集等で活用したい情報である。

## 5.2 シャカシメジ

6 菌株で栽培試験を行ったが、原基形成に至った株は2 菌株で、子実体形成に至ったものはなかった。シャカシメジの形態はホンシメジに似るが、現在人工栽培例はない。今回原基形成に至った2 菌株を中心に、今後は栽培条件等を改変しながら検討する余地があると考えた。

## 謝辞

本研究の実施にあたり、先行研究者の面から元滋賀県森林センター太田明博士、奈良県森林技術センター河合昌孝森林資源課長から多大なご助言をいただいたことにつき、ここに厚く御礼申し上げます。また信州大学山田明義博士においてはご助言の上、保管する貴重な菌株も譲渡いただき研究に活用できた点深謝する。また、食味試験にご協力いただいた佐久市「でくのぼう」の皆様には貴重なご意見をいただいたことを心より敬意を表する。また、菌株収集においては、長野県内多数の林業普及指導員のご協力をいただいた点ここに感謝申し上げます。

## 引用文献

- 1) 阿部実・富樫均(1999), 菌根性食用きのこ類の林地増殖技術の開発試験, 秋田林技セ研報 6, 76-89
- 2) 衛藤慎也(2000), 栽培に適した広島県内産ホンシメジ菌株の選抜, 広島林技セ研報 32, 53-56
- 3) 衛藤慎也(2001), トウモロコシ粉を用いた培地でのホンシメジの子実体形成, 日本応用きのこ学会誌 9, 171-174
- 4) 衛藤慎也(2005), 米ぬかを用いたホンシメジの栽培, 日本きのこ学会誌 13, 29-33

- 5) 藤原直哉(2007), 菌根性きのこのシロ形成技術の開発, 岡山林試研報 23, 21-26
- 6) 藤田博美(1989), 林地利用によるホンシメジ栽培の体系化に関する研究, 林業技術 570, 7-9
- 7) 藤田徹・中村善剛・上家祐(1998), ホンシメジ林地栽培試験(I)-子実体形成試験-, 森林応用研究 7, 101-104
- 8) 古川成治・笠原航・武井利之(2004), 菌根性きのこ安定生産技術の開発, 福島林研セ研報 37, 1-13
- 9) 河合昌孝(1996), ホンシメジ (*Lyophyllum shimeji* Hongo) 保存菌株の子実体形成能, 奈良林試林業資料 11, 1-4
- 10) 河合昌孝(1997), ホンシメジ培養菌糸体のアカマツ林埋設によるシロ及び菌根形成, 奈良林試研報 27, 8-12
- 11) 水谷和人(2005), ホンシメジ培地の林地埋設後5 年間の子実体発生状況, 岐阜森林研研報 34, 1-6
- 12) 西原寿明・仲田幸樹(1998), ホンシメジ6 菌株の菌糸生長と子実体形成, 愛媛林試研報 19, 36-40
- 13) Ohta Akira(1994), Production of fruit-bodies of a mycorrhizal fungus, *Lyophyllum shimeji*, in pure culture, Mycoscience 35, 147-151
- 14) 太田明(1998), ホンシメジの実用栽培のための栽培条件, 日菌報 39, 13-20
- 15) 太田明(2005), ホンシメジの実用栽培のための栽培条件(滋賀県) バイオテクノロジー実用化型研究成果 菌根性きのこの安定生産技術の開発(林野庁), 67-68
- 16) 林野庁(2019), 平成 30 年特用林産基礎資料, 38p
- 17) 藤堂千景(2010), アカマツ林に埋設したホンシメジの発生事例, 兵庫農技総セ研報(森林林業) 56, 5-10

18 ) Watanabe, K., Kawai, M., Obata, Y. (1994) ,  
Fruiting body formation of *Lyophyllum shimeji*  
in pure cultures, Mokuzaigakkaishi40, 879-882

19 ) Yamada, A., Maeda, K. (1995) , Mycorrhizal  
association of isolate from sporocarps and  
ectomycorrhizas with *Pinus densiflora*  
seedlings, Mycoscience36, 315-323

20) 山田明義・増野和彦・福田正樹(2012), 日本産  
ホンシメジおよびその近縁種の分類学的問題点に  
ついて, 日本きのこ学会誌 20, 9-15

21) 吉田博・藤本水石(1994), ホンシメジの菌床栽  
培の試み, 日菌報 35, 192-195

ホンシメジの味覚調査について

目的

ホンシメジの菌床栽培は不可能と言われておりましたが、近年特異的な株を用いた菌床栽培、そして製品化がなされております。しかしこの製品に対し、一部消費者からは本来の野生株とは全く味覚が異なるとの意見もあります。

そこで林業総合センターでは味覚が野生株に近いホンシメジの菌床栽培を目指しており、今回は試験的に発生したホンシメジの味覚調査にご協力願います。

なお調理方法は、皆様方の経験からホンシメジを最もおいしく食べる方法でお願いします。その後下記質問事項にご記入をお願いします。

質問1 ご自身について○をつけてください

(1) 年齢・性別

1. 20代以下    2. 30代    3. 40代    4. 50代    5. 60代以上

1. 男    2. 女

(2) 野生ホンシメジを食べた経験年数

1. なし    2. 1～5年    3. 6年～10年    4. 10年以上

また1年間に野生ホンシメジを食べる頻度は何回程度でしょうか。

1. 0回    2. 1回    3. 2～5回    4. 6回以上

質問2 今回の料理方法について簡単にお書きください。

.....  
.....  
.....  
.....

質問3 今回のホンシメジについてご感想をお書きください。

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

ご協力ありがとうございました。

付図-1 食味試験に用いたアンケート用紙