

徳島森研報

No.4 2005

Bull.

Tokushima. Pref.

FOREST. Res. Ins.

ISSN 1347 - 3778

BULLETIN OF

TOKUSHIMA PREFECTURAL
AGRICULTURE, FORESTRY AND
FISHERIES TECHNOLOGY CENTER

FOREST AND FORESTRY RESEARCH INSTITUTE

No.4

March 2005

徳島県立農林水産総合技術センター

森林林業研究所研究報告

第4号

平成17年3月

徳島県立農林水産総合技術センター

森林林業研究所

徳島県徳島市

TOKUSHIMA A.F.F. TECHNOLOGY CENTER

FOREST AND FORESTRY RESEARCH INSTITUTE

TOKUSHIMA, TOKUSHIMA, JAPAN

ノウサギ忌避効果試験

吉村 武志・仲野 節※

要 旨

ヒノキ1年生造林地において、ツリーセーブ原液（供試薬剤）とコニファー3倍液（対照薬剤）をそれぞれ散布した苗木及び無処理苗のノウサギに対する忌避効果の比較試験を行った。その結果、本数被害率がツリーセーブ2.0%、コニファー12.4%、無処理15.8%となり、処理方法の違いによる忌避効果は明確にならなかった。一方、薬剤の苗木に対する薬害及び成長への影響はいずれも認められなかった。

※徳島県立城西高等学校神山分校

I はじめに

徳島県の野生獣類による林業被害はニホンジカ（以下シカとする）によるものがほとんどであるが、シカ以外のカモシカやイノシシ、ノウサギ等による被害も場所や被害量の違いこそあれ依然として発生している。一方、これらの被害対策としては現在、防護柵や防護チューブ等の設置による物理的防除法が主流となっているが、化学的防除法としての忌避剤の散布も行われており、そのための忌避剤が幾つかの薬剤メーカーから販売されている。

そこで今回、シカ食害防止忌避剤として登録されているツリーセーブ（ヤシマ産業株式会社）のノウサギへの忌避効果について検討したので報告する¹⁾。

なお、本試験は社団法人林業薬剤協会の委託により実施した。

II 試験方法

1. 試験地概要 試験地の概要については次のとおりである。

- 1) 位置 試験地は徳島県阿波市（旧阿波郡市場町）にある民有林の大面積伐採跡地の一部を構成するヒノキ1年生造林地（平成16年3月5日植栽）で、ここに2か所の試験地（A及びB）を設定した。

試験地の全景を図－1に示した。

- 2) 地況 標高：500～540m、地形：山腹斜面、斜面方位：E～ENE、傾斜角：30°

- 3) 林況 試験地Aの周囲には小面積もしくは単木的にヒノキが残存し、さらに作業道越しの東側にも30年生前後のヒノキ人工林がある。一方、試験地Bは、Aより直線距離で約80m南に位置し、西側（斜面上部）を除いて同林齢のスギ・ヒノキ人工林に囲まれている。

- 4) 被害状況 試験地周辺の新植造林地では以前からノウサギ被害が多く、試験地北側の平成15年3月植栽のヒノキ造林地は、植栽1月



図－1 試験地全景（右上：A、左上：B）

試験地	処理方法	製剤種類	希釈倍率	供試本数	散布量 (ml/本)	備考
A	グリーンセーブ	水和剤	原液	77	19.5	供試薬剤
	ユニファア	水和剤	3 倍液	77	22.1	対照薬剤
	無処理	—	—	77	—	
	計			231		
B	グリーンセーブ	水和剤	原液	90	23.3	供試薬剤
	ユニファア	水和剤	3 倍液	90	15.3	対照薬剤
	無処理	—	—	90	—	
	計			270		

表—1 試験地別の処理状況

薬剤散布は平成16年3月9日に現地で、背負い式自動噴霧器を用い薬剤が苗木全体にかかるように散布した。一方、無処理はそのままとした。

なお、散布当日の天候は快晴で微風の気象条件であった。

試験地別の処理状況を表—1に示した。

2) 試験区 試験地AにはA1からA5までの5試験区を同様に試験地Bには6試験区を、できるだけ帯状またはブロック状に配置し、さらに1試験区内の処理方法別の供試本数は15本を基本とした。また、供試苗には全て番号札を付けて区別した(図—2、3参照)。

3. 調査内容 次の項目について調査した。

- 1) 被害事前調査 試験区設定時に供試苗のノウサギ被害の有無を確認した。
- 2) 忌避効果調査 忌避効果の判定調査を薬剤散布後から最終調査時(6か月後)までの期間、概ね1月毎に計6回行った。その際、被害の形態を次の分類にしたがって調査・記録した。

分類：①先端(梢頭部)被害②側枝被害
③剥皮被害④その他(主軸または枝切断)

なお、調査後は、その後の新たな被害と区別するため食害部に白色油性ペイントを塗布した。

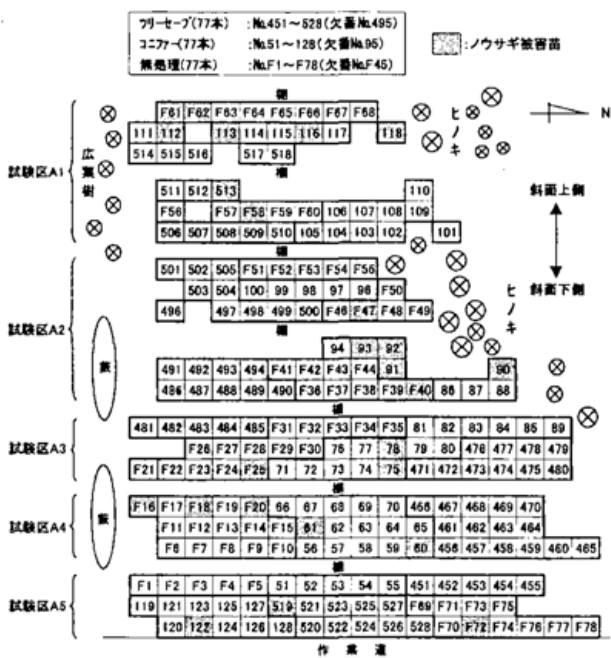
3) 薬害調査 薬剤散布10日後と最終調査時に、供試苗に対する薬害の有無を調査した。

4) 苗木成長量調査 両試験地とも処理方法別に30本の供試苗を番号順に選び、樹高と地際直径を試験区設定時と最終調査時に測定した。

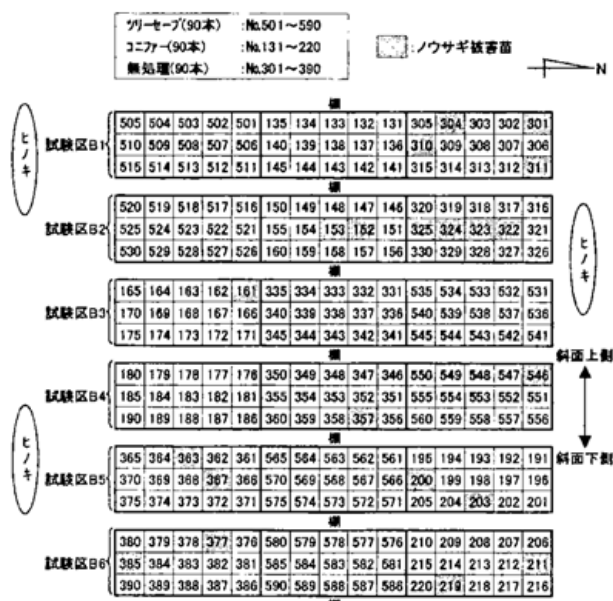
後には剥皮や葉の摂食被害にあっている。また、この地域にはイノシシも多く生息し、造林地内外に多数の堀跡が確認されている。

2. 試験区設定 試験区の設定等については次のとおりである。

1) 処理方法 対照薬剤を、既にノウサギ食害防止忌避剤として登録されているユニファア(株式会社日本グリーンアンドガーデン)とし、これに無処理を加えて比較した。また、



図—2 試験地Aのノウサギ被害苗の状況



図—3 試験地Bのノウサギ被害苗の状況 [被害本数]

表－2 両試験地の調査日別の忌避効果判定結果

試験地	処理方法	供試本数	第1回目（4／9）					第2回目（5／6）					第3回目（6／16）					第4回目（7／13）					第5回目（8／10）					第6回目（9／14）					計													
			①	②	③	④	本数 [%]	①	②	③	④	本数 [%]	①	②	③	④	本数 [%]	①	②	③	④	本数 [%]	①	②	③	④	本数 [%]	①	②	③	④	本数 [%]														
A	ツリーセーブ	66																			1					1	[1.5]			1	1	[3.0]	1		1	2	[3.0]									
	コニファー	74													2	2	[2.7]			5	5	[9.5]	1		2	2	(1)	5	(1)	[16.2]	(2)	1	1	(2)	[17.6]	1		7	5	(2)	(1)	[17.6]	13	(3)		
	無処理	67					1	1	[1.5]			2	2	[4.5]								2	2	4	[10.4]		2	1	3	[14.9]			6	4	10	[14.9]										
	計	207					1	1				2	2				2	2			5	5	1	1	4	4	(1)	10	(1)	2	(2)	3	5	(2)	1	1	13	10	(2)	(1)	25	(3)				
試験地	処理方法	供試本数	第1回目（4／9）					第2回目（5／6）					第3回目（6／9）					第4回目（7／9）					第5回目（8／9）					第6回目（9／13）					計													
			①	②	③	④	本数 [%]	①	②	③	④	本数 [%]	①	②	③	④	本数 [%]	①	②	③	④	本数 [%]	①	②	③	④	本数 [%]	①	②	③	④	本数 [%]	①	②	③	④	本数 [%]									
B	ツリーセーブ	84																				1				1	[1.2]							1		1	[1.2]									
	コニファー	87															5	5	[5.7]							2	2	[8.0]			7	7	[8.0]													
	無処理	79					2	2	[2.5]			2	2	[5.1]			1	1	[6.3]			3	4	7	[15.2]		1	1	[16.5]			4	9	13	[16.5]											
	計	250					2	2				2	2				1	1			8	4	12		1	1	3	3			12	9	21													
試験地	処理方法	供試本数	第1回目					第2回目					第3回目					第4回目					第5回目					第6回目					計													
			①	②	③	④	本数 [%]	①	②	③	④	本数 [%]	①	②	③	④	本数 [%]	①	②	③	④	本数 [%]	①	②	③	④	本数 [%]	①	②	③	④	本数 [%]	①	②	③	④	本数 [%]									
合計	ツリーセーブ	150																					1	1	2	[1.3]			1	1	[2.0]	1	1	1	3	[2.0]										
	コニファー	161															2	2	[1.2]			10	10	[7.5]	1		2	2	(1)	5	(1)	[10.6]	(2)	1	3	(2)	[12.4]	1		14	5	(2)	(1)	[12.4]	20	(3)
	無処理	146					3	3	[2.1]			2	2	4	[4.8]		1	1	[5.5]			3	4	7	[10.3]		2	2	4	[13.0]		3	1	4	[15.8]			10	13	23	[15.8]					
	計	457					3	3				2	2	4			3	3			13	4	17		1	1	5	4	(1)	11	(1)	5	(2)	3	8	(2)	1	1	25	19	(2)	(1)	46	(3)		

注意 1. 供試本数は、試験目的以外の要因で枯死した苗木を除いた数値を掲載した。
2. ①～④は被害分類で、①先端被害②側枝被害③剥皮被害④その他を表す。また、同一苗木の複合被害は主被害に分類した。
3. 各調査日の数値のうち裸数は新たな被害本数を、() は再被害本数を表す。また、[%] には供試本数に対する被害本数の累積被害率を示した。

Ⅲ 結果と考察

1. 被害事前調査 試験区設定が、供試苗が植栽されて間もないこともあり、ノウサギ被害は確認されなかった。

2. 忌避効果調査 両試験地における調査日別の忌避効果判定結果を表－2に、また、ノウサギ被害苗の状況を図－2、3に示した。

表－2で処理方法別の供試本数が試験区設定時より減少しているのは、イノシシの掘り起こしによる枯死や調査期間中の歩道開設に伴う移植枯れ等によるものである。また、両試験地で調査日が第3回目以降異なっているのは、下草繁茂による調査効率低下と気象が原因である。

なお、試験地Bにおいて第3回目にツリーセーブ区(B6)で、さらに第6回目に無処理区(B5)でノウサギ糞を確認した。

【被害本数】 表－2をみると、両試験地の無処理区では第1回目(4月9日)から主軸や枝の切断被害にあい、その後も達続して剥皮被害等が発生している。

コニファー区の被害発生は試験地Aの第3回目(6月16日)からであり、それ以降は無処理区同様の様相を呈した。この時点でツリーセーブ区には被害は発生していない。一方、ツリーセーブ区での最初の被害は第5回目(8月9、10日)に両試験地で1本ずつ、それぞれ伸長展開葉の摂食被害と主軸地際の剥皮被害であり、その後も被害は1本に留まった。

両試験地を合わせた処理方法別の最終被害本数はツリーセーブ3本、コニファー20本、無処理23本となり、供試本数(457本)に対する被害本数(46本)が非常に少なかった。その原因の一つにノウサギの生息密度や植栽初年時の下刈り作業の省略が考えられる。また、被害本数の60%が夏期(第4回目及び5回目)に集中していた。

一方、図－1、2から、被害苗は試験地全体に分散しており、少なくとも場所による偏りは見られなかった。

【被害率】 被害本数が少なかったことから全体的に低被害率で終息し、最終的に累積被害率はツリーセーブ2.0%、コニファー12.4%、無処理15.8%であった。そこで、処理方法別にTukeyによる多重比較検定を行ったところ、いずれも有意差は認められなかった。

【被害分類】 被害本数46本のうち25本が剥皮被害、19本が主軸等の切断被害であり、両方で90%以上を占めた。また、複合被害は第5回目に試験地Aにおいて、無処理区に1本(剥皮被害と枝切断被害)発生しただけであり、さらに同一供試苗の再被害はコニファーの3本のみであった。

3. 薬害調査 薬剤散布10日後の3月19日と最終調査時の9月13日及び14日に調査したが、両試験地とも薬害は認められなかった。

表－3 両試験地の処理方法別の苗木成長量結果

試験地	処理方法	供試本数	試験区設定時				最終調査時			
			樹高 (cm)		地際直径 (mm)		樹高 (cm)		地際直径 (mm)	
			平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
A	ツリーセーブ	26	37	± 4.6	5.0	± 0.8	54	± 9.0	7.8	± 1.3
	コニファー	26	39	± 9.9	5.2	± 1.2	53	± 12.9	8.1	± 1.5
	無処理	25	37	± 5.2	5.2	± 1.0	54	± 10.5	8.0	± 1.3
B	ツリーセーブ	28	38	± 5.2	5.1	± 0.8	59	± 11.3	8.6	± 1.7
	コニファー	30	39	± 4.3	5.0	± 0.7	57	± 7.7	8.2	± 1.3
	無処理	25	40	± 5.0	4.9	± 0.7	63	± 10.5	9.2	± 1.0
合計	ツリーセーブ	54	38	± 4.9	5.0	± 0.8	57	± 10.4	8.2	± 1.5
	コニファー	56	39	± 7.4	5.1	± 1.0	55	± 10.5	8.2	± 1.4
	無処理	50	38	± 5.2	5.1	± 0.8	58	± 11.2	8.6	± 1.3

注意 供試本数は、試験目的以外の要因で枯死した苗木を除いた数値。

4. 苗木成長量調査 両試験地における処理方法別の苗木成長量結果を表－3に示した。

樹高は最終調査時に全処理方法とも平均16～20cm 伸長し、地際直径も平均3.1～3.5mm肥大成長していた。ここで、試験区設定時と最終調査時のそれぞれの樹高と地際直径について被害率同様に比較検定したところ、処理方法別の有意差は認められなかった。

IV おわりに

シカ食害防止忌避剤（ツリーセーブ）のノウサギに対する忌避効果試験を行った。その結果、本薬剤の初期忌避効果は認められるとしても、全処理方法とも被害本数が少なく被害率も低かったこと、また、無処理が対照薬剤（コニファー）と同程度の被害率であったことから、今回の試験では明確な結果を得ることができなかった。

今後は、試験方法の検討も含めデータの蓄積を図る必要があると考える。

引用文献

- 1) 布川耕一ら：ノウサギ防除(忌避)試験、平成15年度林業薬剤等試験成績報告集、p306－337(2004)

伐採後放置林におけるスギ省力造林作業の検証

後藤 誠

要 旨

徳島県那賀郡那賀町木頭の伐採後約7年間放置された林分に、自生広葉樹を活用した造林作業と従来の造林作業の試験区を設定し、それぞれの試験区における作業時間を調べ、作業の省力化を比較検討した。その結果、自生広葉樹を活用した造林作業に係る作業時間は、従来の造林作業と比べ約2分の1だった。次に、それぞれの試験区における1ha当たりの造林経費を試算して、その低コスト化を検討した。その結果、自生広葉樹を活用した造林作業では、従来の造林作業と比べて、54%の経費で造林が可能となった。したがって、自生広葉樹を活用したスギ造林作業は、省力化が図れるとともに、造林経費の低コスト化に繋がることが分かった。

I はじめに

近年、林業の採算性の低下、林業従事者の減少・高齢化、造林地での獣による苗木被害などによって伐採後放置された森林が増加している。このまま放置された森林が増加すると、林業は成り立たなくなる恐れがある。持続的な林業経営を行うためには、従来の方法と比べて少ない労力と経費で、放置林をスギ林に誘導する方法が必要である。

これまで実施されてきた造林作業は、森林に生育する広葉樹を全て伐採した後に、経済的価値の高いスギを植栽してきた。そして、成林するまで、スギの生育を妨げる広葉樹などを全て刈り払う保育作業が行われてきた。このような、従来の育林技術は、多くの労力と経費を使い、自然に生育する広葉樹を不用なものとしてきた。しかし、今後は不用とされる広葉樹を育林技術に活用することも必要である。

今回、伐採後約7年間放置された林分に、広葉樹を活用した造林方法の試験区と、従来の造林方法の

表－1 新試験区の樹高と本数

樹 種	平均樹高 (最小－最大)	本数 (本／0.38ha)
スギ	0.63 (0.4－0.95)	570
アラカシ	3.5 (2－5)	43
エゴノキ	3 (2－4)	20
クサギ	4.5 (4－5)	15
タマミズキ	4.2 (2.5－5)	14
ヌルデ	4.5 (4－6)	13
サンショウ	2.3 (2－2.5)	6
クマノミズキ	4.3 (3－4)	5
シラカシ	3.1 (2.5－4)	4
カナクギノキ	4.3 (3－5)	3
イイギリ	3.5 (3－4)	2
イヌザンショウ	2.8 (2.5－3)	2
クリ	5	2
コナラ	3 (2－4)	2
ハゼノキ	5	2
ホオノキ	2.5	2
ミズメ	4.8 (4.5－5)	2
ユズリハ	4.5 (4－5)	2
ケアオダモ	2.5	1
アカメガシワ	4.8	1
イヌガヤ	2	1
イボタノキ	2.5	1
ウラジロノキ	3.2	1
エンコウカエデ	3	1
シロダモ	2.8	1
ヤマザクラ	4	1
リンボク	4.8	1
ネムノキ	4.6	1
シュロ	4.4	1
不明	4	1
全 30 種		721

表－2 従来試験区の樹高と本数

樹 種	平均樹高 (最小－最大)	本数 (本／0.13ha)
ス ギ	0.45 (0.3－0.6)	390

試験区を設定した。それぞれの試験区の造林作業時間を調べて、作業の省力を検証した。次に、作業時間をもとに1ha当たりの造林経費を試算して、造林作業の低コスト化の検討を行った。

Ⅱ 試験地及び調査方法

1. 試験地 試験地は、那賀川上流域に位置する徳島県那賀郡那賀町木頭西宇に0.51ha設定した。標高は450m、西向き斜面、傾斜35°で、年平均気温13.5℃、年降水量は3,444mmである¹⁾。試験地の土壌母材は秩父帯の泥岩であり、土壌型はB_Dだった。

1996年頃に伐採後、自生の広葉樹が成立していた林分を対象に、自生広葉樹を活用した造林方法の試験区（以下新試験区）0.38haと従来の造林方法の試験区（以下従来試験区）0.13haを隣接して設定した。

新試験区は、自生広葉樹などを1ha当たり400本の密度で、木と木の間隔が5m程度になるように選木した。残した広葉樹は、種数が多くなるように、有用な木だけでなく不用な木も含め、比較的通直な木を選んだ。選木以外の木を伐採し、整理せず放置した。空いた林地にスギを1ha当たり1,500本（従来密度の1／2）の密度で植えつけた。苗木は、3年生のスギ大苗（高さ40－95cm）を用いた。新試験区の林分状況を表－1に示す。残した自生広葉樹などは、アラカシ、エゴノキ、クサギ、タマミズキ他25種だった。植え付けたスギを含めると、30種類の樹木で構成された。

従来試験区は、これまで徳島県下で一般的に行われていた方法で造林を行った。つまり、林地に

生育していた自生広葉樹などを全て伐採し、伐採木を玉切り整理するとともに、4～5m間隔で林地に横筋に棚積みした。地ごしらえのあと、2年生のスギ（高さ30－65cm）苗木を植栽密度1ha当たり3,000本の1.8m間隔の正三角形で植栽した。従来試験区の林分状況を表－2に示す。

新試験区の選木作業は、2003年7月28日、同年10月21日に行った。それぞれの伐採作業等は、2003年12月中旬に行い、植え付け作業は2004年3月中旬に行った。

2. 調査方法 新試験区と従来試験区の造林作業（伐採作業、植え付け作業）時間を計測した。作業は、選木作業以外全て同一の2名の作業者が行い、それぞれの試験区では2名が同時に作業を行った。作業時間は、現場までの移動時間を含み、昼食や休憩時間を含まない時間とした。また植え付け作業時間の中に、最寄りの林道から現場まで、徒歩で苗木を運搬した時間（距離約100m）を含めた。

新試験区における選木作業は、2名で行った。その作業時間には、残す木に目印を付ける作業や樹高を計測する時間を含めた。

Ⅲ 結果と考察

1. 造林作業時間 試験区別の造林作業時間を図－1に示す。

新試験区における0.1ha当たりの延べ選木時間は2時間6分、伐採作業は8時間4分、植え付け作業は6時間40分で、造林作業全体が16時間50分となった。従来試験区における延べ伐採等作業は27時間26分、植え付け作業は10時間15分で、造林作業全体は37時間41分となった。

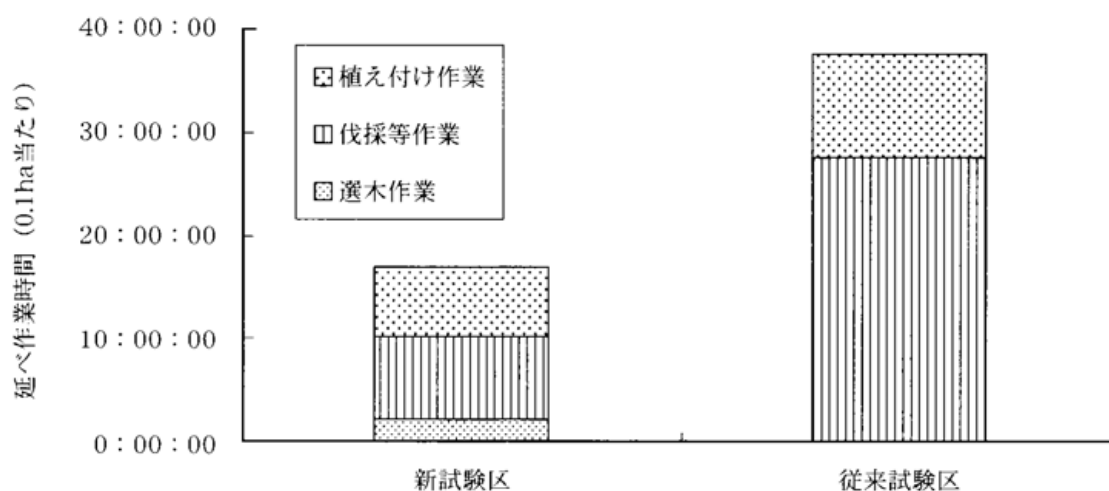
特に、新試験区の伐採作業時間は、従来試験区と比べ約3分の1の時間であった。これは、新試験区は、ha当たり400本の密度で広葉樹を残したことと、伐木した広葉樹の玉切りや整理・棚積み作業を省いたからである。新試験区の植え付け本数は、従来試験区と比べ2分の1(3,000÷1,500)となったが、苗木が大きかったため、従来試験区の作業時間と比べ約3分の2であった。その結果、新試験区の造林作業時間は、従来試験区と比べ約2分の1であった。

2. 造林経費試算 試験区別の1ha当たりの造林経費試算を表－3に示す。

この中で、従来試験区のスギ2年生苗木単価は、H15年度の徳島県の苗木実勢単価を用いた。一方、新試験区のスギ3年生苗木単価は、県下で販売実績がないため、試算値(2年生苗木の2倍程

表－3 試験区別の1ha当たりの造林経費試算

試験区名 項目	新試験区			従来試験区		
	数量	単価(円)	金額(円)	数量	単価(円)	金額(円)
労務費 (選木)	2.6日	13,400	34,840			
苗木代 (スギ)	1,500本 (3年生)	140	210,000	3,000本 (2年生)	74	222,000
労務費 (運搬・仮植)	1.2日	13,400	16,080	1.6日	13,400	21,440
労務費 (伐採など)	13.2日	13,400	176,880	46.2日	13,400	619,080
労務費 (植え付け)	10.5日	13,400	140,700	15.4日	13,400	206,360
計			578,500			1,068,880



図－1 試験区別の造林作業時間結果

度)を用いた。結果的に、新試験区の3年生苗木単価は、従来試験区2年生苗木単価の2倍程度だったが、植栽本数が半分だったため、ha当たりの苗木代には差がなかった。特に、新試験区の伐採などの労務費176,880円が、従来試験区の619,080円と比べ3分の1程度だった。1ha当たりの造林経費合計は、新試験区で578,500円、従来試験区で1,068,880円だった。このように、新試験区では、従来試験区の54%の経費で造林が可能となった。

IV 結 論

徳島県那賀郡那賀町木頭の伐採後約7年間放置された林分に、自生広葉樹を活用した造林作業と従来の造林作業の試験区を設定した。それぞれの試験地における作業時間を調べて、作業の省力化を比較検討した。その結果、自生広葉樹を活用した造林作業に係る作業時間は、従来の造林作業と比べ約2分の1の時間だった。次に、それぞれの試験区における1ha当たりの造林経費を試算して、その低コスト化を検討した。その結果、自生広葉樹を活用した造林作業では、従来の造林作業と比べ54%の経費で造林が可能となった。以上のことから、自生広葉樹を活用したスギ造林作業は、省力化が図れるとともに、造林経費の低コスト化に繋がることが分かった。

今後は、それぞれの試験区における保育作業時間や保育経費を調査する。最終的には、造林から成林するまでの造林保育作業時間と経費を比較して、省力・低コスト化の検証を行う計画である。

V 謝 辞

本研究では、木頭村の早川幸男氏の協力を得て試験地を設定した。また、試験地設定や調査において、木頭森林組合の松本敏男氏、佐々木輝義氏、田中哲氏の協力を得た。これらの人にお礼申し上げる。

引用文献

- 1) 徳島地方気象台ホームページ (2003年報)、<http://www.osaka-jma.go.jp/tokushima/tokushima/geppo/>、
htm

穿孔虫被害の危険性が低い間伐材生産方法の検討

後藤 誠

要 旨

年間安定的に間伐材を生産するために、春から夏期において穿孔虫被害の危険性が低い間伐材生産方法を検討した。従来、3～7月に伐倒後林内に放置した葉枯らしは、穿孔虫被害を受ける危険性が高いとされている。今回の試験でも、3～7月に伐採する葉枯らしは避けることが望ましいという指摘を支持する結果だった。特に5月は、穿孔虫被害の危険性が最も高かったので、生材生産を含め注意を要する時期だった。

今回、着目した巻き枯らし(立木のまま樹皮を剥ぎ枯らしした)による林内乾燥方法は、穿孔虫被害の危険性は低かったが、含水率の低下が不十分で、適当な方法ではなかった。これら以外で、12月に先行伐採を行い、約4カ月間葉枯らしし、翌年4月までに搬出する方法は、含水率が十分に低下し、穿孔虫被害の危険性が少ないことが示唆された。

I はじめに

間伐される森林は増加しているが、間伐材生産の採算性は低い。採算性が低い原因の一つとして、年間安定的に間伐材を生産できない現状がある。年間安定的に間伐材を生産することが可能となれば、生産量は増大され、生産する機械の稼働率も高まり採算性の向上が期待できる。しかし、一般に春から夏期の間は、間伐材を生産することは避けられ、年間安定的に生産することができない原因となっている。なぜならば、この時期に伐採された間伐材は、穿孔虫被害を受けやすく材の価値が低下すると考えられているからである。

間伐材を生産する過程で、先行伐採して一定期間林内に放置する葉枯らしを行い、材の重量を軽くして搬出することが、搬出や運搬効率を高める方法である^{2,5,6)}。しかし、3～7月に伐倒後、林内に放置した葉枯らしは、穿孔虫被害を受ける危険性が高いとされている^{3,5,6)}。野渕ら¹⁾は、薬剤散布による予防効果を示したが、現在ではコストがかかり、実用性が低いと考えられた。また、牧野ら⁵⁾は、当時の見解として、夏期の葉枯らし材生産において決定的な予防法はないことを指摘した。

年間安定的に間伐材を生産するためには、春から夏期において穿孔虫被害の危険性が低い間伐材生産方法が必要である。なおかつ、これら生産方法は、先行伐採等を行い林内で乾燥させる方法が望ましい。そこで、従来の葉枯らし（伐倒後枝葉のつけたまま枯らした）と、巻き枯らし（立木のまま樹皮を剥ぎ枯らした）による林内乾燥の試験を行った。春から夏期に、林内乾燥を開始し、約4ヶ月間林内で放置後、間伐材の穿孔虫被害状況を調査した。また、伐採直後の生材と、葉枯らし材・巻き枯らし材の含水率を調べた。そして、林内乾燥方法別、伐採時期別に被害状況と含水率を比較して、春から夏期における穿孔虫被害の危険性が低い間伐材生産方法を検討した。

II 方 法

試験は、那賀郡那賀町南川和喰試験林内のスギ38年生で行った。試験地の概要を表－1に示す。試験木は、2003年12月及び2004年2～7月に間伐した、葉枯らし材各月10本と、2004年3～7月に立木の樹皮を剥いだ巻き枯らし木を各月10本設定した。林内乾燥期間は、牧野⁵⁾の指摘に準じて4ヶ月とした。

葉枯らしは、チェーンソーで下向きに伐倒し、枝葉付きとした。巻き枯らしの方法は、ノコギリとヘラを使い、元部から上部1mから1.5mまでの間の樹皮を剥いだ。そのまま約4ヶ月間立木乾燥後、チェーンソーで下向きに伐倒した。また、樹皮を剥いだ巻き枯らし材は、樹皮が剥ぎやすい3～7月に設定した。

試験木への穿孔虫被害調査は、約4カ月間乾燥した後、葉枯らし、巻き枯らし材とも元部から上部へ向かって1～2mの部分の丸太を玉切りした。その後、長さ1mの玉切り材の皮を剥ぎ、キクイムシ類の穿孔数を調べた。玉切り材の辺材部を穿孔した昆虫は、ほとんどがキクイムシ類だった。他にヒメスギカミキリの幼虫が、樹皮下の辺材表面部を扁平な溝状に加害していた。しかし、加害部は、製材品劣化の影響が少ないので穿孔虫被害からは除外した。また、樹皮下の辺材表面部からさらに辺材深く穿孔していたが、ごく少数だったのでキクイムシ類の穿孔数に含めた。

試験木への穿孔虫飛来調査は、葉枯らし材の元部から1.5m付近に8×50cmの粘着紙（アースバイオケミカル製「カミキリホイホイ」）を1本につき1枚ずつ、粘着面が表になるよう取り付けした。調査期

表－1 試験地の概要

試験箇所	標高 (m)	斜面方向	傾斜度 (度)	樹種	林令 (年生)	立木密度 (本/ha)	間伐率 (%)	平均樹高 (m)
那賀町南川	210～230	北東	30	スギ	38	1,400	36	17

表－2 穿孔虫被害と飛来状況

調査地	乾燥方法	乾燥開始	乾燥終了	調査本数	平均胸高 (直径±SD)	総穿孔数	被害本数	総飛来数	飛来本数
鷺敷町	葉枯らし	12月	4月	10	19.7 ± 2.7	0	0	7	4
		2月	6月	10	20.4 ± 2.9	26	4	36	8
		3月	7月	10	19.8 ± 3.2	2	1	30	9
		4月	8月	10	23.6 ± 5.8	13	3	66	8
		5月	9月	10	22.0 ± 3.3	153	6	42	9
		6月	10月	10	22.2 ± 2.9	6	2	3	1
		7月	11月	10	24.6 ± 3.7	4	2	0	0
		計		70		204	18	184	39
	巻き枯らし	3月	7月	10	19.4 ± 1.4	0	0	9	5
		4月	8月	10	20.0 ± 2.2	0	0	13	5
		5月	9月	10	20.7 ± 2.4	4	3	10	6
		6月	10月	10	20.5 ± 1.3	0	0	2	1
		7月	11月	10	20.2 ± 1.5	0	0	0	0
		計		50		4	3	34	17

間は、3月から10月とし、粘着面に飛来したキクイムシ類（穿孔虫）の数を調べた。

試験木の元部から4 m 付近で、厚さ5 cm 程度の円盤を採取した。辺材と心材を切り分け、生重量を計測後、乾燥機で105℃で48時間乾燥した。その後、全乾重量を測定し含水率を求めた。

Ⅲ 結 果

全試験木120本における穿孔虫被害と飛来状況を表－2に示す。3月～7月までの試験木の総穿孔数は、葉枯らし178に対し、巻き枯らし4となり、葉枯らしが有意に高かった（Mann-Whitney のU検定：U=1.5、 $p<0.05$ ）。また、3月～7月までの試験木被害本数は、葉枯らし14本に対し、巻き枯らしは3本だった。穿孔虫被害が確認された試験木の割合は、葉枯らしのほうが巻き枯らしよりも有意に高かった（Fisher の正確確率検定：14/36vs.3/47、 $p<0.01$ ）。

林内乾燥方法別の含水率を表－3に示す。12月の生材含水率（平均±SD=155.5±9.9%）と、葉枯らし材（平均±SD=72.4±21.6%）を比較すると、生材が葉枯らし材よりも有意に高かった（t検定：t=11.1、 $p<0.01$ ）。2月の生材含水率（平均±SD=153.0±16.5%）と、葉枯らし材（平均±SD=50.8±12.7%）を比較すると、生材が葉枯らし材よりも有意に高かった（t検定：t=15.5、 $p<0.01$ ）。3月の生材含水率（平均±SD=146.7±17.0%）、葉枯らし材（平均±SD=62.5±12.0%）、巻き枯らし材（平均±SD=147.2±14.4%）を多重比較すると、生材と巻き枯らし材が葉枯らし材よりも有意に高かった（Tukey-Kramer 法、 $p<0.05$ ）。4月の生材含水率（平均±SD=130.1±31.4%）、葉枯らし材（平均±SD=76.7±22.3%）、巻き枯らし材（平均±SD=125.4±19.1%）を多重比較すると、生材と巻き枯らし材が葉枯らし材よりも有意に高かった（Tukey-Kramer 法、 $p<0.05$ ）。5月の生材含水率（平均±SD=119.7±23.6%）、葉枯らし材（平均±SD=81.9±27.7%）、巻き枯らし材（平均±SD=104.7±18.9%）を多重比較すると、生材が葉枯らし材よりも有意に高かった（Tukey-Kramer 法、 $p<0.05$ ）。6月の生材含水率（平均±SD=104.8±20.2%）、葉枯らし材（平均±SD=96.2±20.3%）、巻き枯らし材（平均±SD=120.2±36.2%）を多重比較すると、全て有意差は認められなかった（Tukey-Kramer 法、 $p<0.05$ ）。7月の生材含水率（平均±SD=121.8±8.8%）、葉枯らし材（平均±SD=91.1±24.5%）、巻き枯らし材（平均±SD=111.5±24.6%）を多重比較すると、生材が葉枯らし材よりも有意に高かった（Tukey-Kramer 法、 $P<0.05$ ）。

葉枯らし試験木への穿孔虫飛来数の推移を図－1に示す。2週間に1回程度の間隔で、10本（10枚）当たりの捕獲した穿孔虫（キクイムシ類）数で示した。調査を開始した捕獲日3月8日の穿孔虫数4か

ら、4月2日まで漸次減少後増加に転じた。増加後、5月18日穿孔虫数11をピークに減少し、8月4日から以降は確認できなかった。

葉枯らしの伐採時期別の穿孔虫数と被害本数を表－4に示す。葉枯らし試験木の月別総穿孔数は、12月及び2月～7月までを多重比較すると、5月が12月、3月、4月、6月、7月より有意に高かった(Bonferroni法、 $p<0.05$)。

IV 考 察

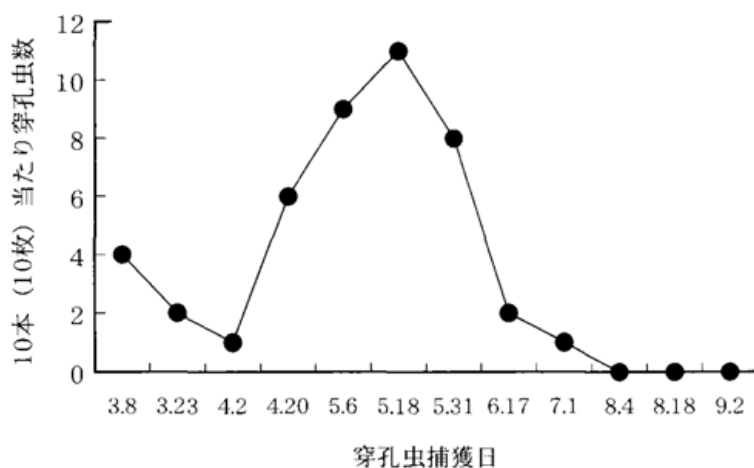
表－2から3～7月の、試験木へのキクイムシ類による総穿孔数は、葉枯らしのが巻き枯らしよりも高かった。また、試験木への被害本数割合も、葉枯らしが巻き枯らしよりも高かった。一方、3～7月に葉枯らしされた伐倒木は、キクイムシ類による被害が指摘されている⁶⁾。今回の調査でも、3～7月に葉枯らしされた伐倒木は、キクイムシ類の被害が確認された。

表－3 林内乾燥方法別の含水率

乾燥開始	乾燥終了	乾燥方法	試験本数	平均含水率±SD	
12月	4月	生材	10	155.5 ± 9.9	*
		葉枯らし材	10	72.4 ± 21.6	
2月	6月	生材	10	153.0 ± 16.5	*
		葉枯らし材	10	50.8 ± 12.7	
3月	7月	生材	10	146.7 ± 17.0	a
		葉枯らし材	10	62.5 ± 12.0	b
		巻き枯らし材	10	147.2 ± 14.4	a
4月	8月	生材	10	130.1 ± 31.4	a
		葉枯らし材	10	76.7 ± 22.3	b
		巻き枯らし材	10	125.4 ± 19.1	a
5月	9月	生材	10	119.7 ± 23.6	a
		葉枯らし材	10	81.9 ± 27.7	b
		巻き枯らし材	10	104.7 ± 18.9	ab
6月	10月	生材	10	104.8 ± 20.2	a
		葉枯らし材	10	96.2 ± 20.3	a
		巻き枯らし材	10	120.2 ± 36.2	a
7月	11月	生材	10	121.8 ± 8.8	a
		葉枯らし材	10	91.1 ± 24.5	b
		巻き枯らし材	10	111.5 ± 24.6	ab

* t検定で葉枯らし材と有意差あり ($P<0.01$)

同じアルファベットがある場合、Tukey-Kramer法で有意差なし ($P<0.05$)



図－1 葉枯らし試験木への穿孔虫飛来数の推移

表－４ 葉枯らしの伐採時期別の穿孔虫数と被害本数

乾燥開始	乾燥終了	調査本数	平均胸高 直径± SD	平均穿孔 数± SD		被害本数
12月	4月	10	19.7 ± 2.7	0.0 ± 0.0	b	0
2月	6月	10	20.4 ± 2.9	2.6 ± 4.6	ab	4
3月	7月	10	19.8 ± 3.2	0.2 ± 0.6	b	1
4月	8月	10	23.6 ± 5.8	1.3 ± 2.4	b	3
5月	9月	10	22.0 ± 3.3	15.3 ± 25.2	a	6
6月	10月	10	22.2 ± 2.9	0.6 ± 1.2	b	2
7月	11月	10	24.6 ± 3.7	0.4 ± 0.9	b	2

同じアルファベットがある場合は、Bonferroni法で有意差なし ($p < 0.05$)

表－３より、12及び2～7月の間に伐採された生材や葉枯らし材と巻き枯らし材の含水率を比較した。12月と2～5月及び7月に伐倒された葉枯らし材が、生材と比べ含水率が低かった。6月(梅雨期)に伐倒された葉枯らし材の含水率は、生材と差が認められなかった。このことから、穿孔虫被害の有無に関わらず6月に葉枯らしする必要性は認められなかった。また、巻き枯らし材は、生材と比べ含水率に差が認められなかった。このことから、巻き枯らし材は穿孔虫被害の危険性が低かったが、含水率の低下度が十分でなく適当な乾燥方法ではなかった。

次に、3～7月に間の林内乾燥法を葉枯らしに絞った。図－１より、3～7月に伐倒した葉枯らし材へ飛来した穿孔虫飛来数は、5月が最大だった。また、表－４より他の時期と比べ5月に伐倒した葉枯らし材が、穿孔数及び被害本数割合が高かった。また井坂⁴⁾は、同和喰試験林内で誘引トラップによるキクイムシ等の捕獲試験を行い、ハンノキキクイムシを含めた穿孔虫を5月中旬から下旬に最も多く捕獲した。このことから、特に5月は穿孔虫被害の危険性が最も高い時期と考えられた。反対に、表－４より6月を除く3～7月期の中で、穿孔虫被害の危険性が比較的低い時期は3、4、7月に絞られた。試験木への穿孔数や被害木の頻度は、穿孔虫飛来時期と密接な関係があると考えられる。一方、キクイムシ類のアンプロシアキクイムシ(ハンノキキクイムシなど)は、辺材部に穿入して材そのものを食べるわけではなく、餌として特殊な共生菌(アンプロシア菌)を坑道に植えていく^{5,7)}。このことから、穿孔虫被害を評価するには、共生菌のすみかとなる好適な被害木(葉枯らし材)の土地環境や材の水分状態などを考慮する必要がある。今後の課題として、3～7月の穿孔虫被害の危険性が低い他の間伐材生産方法をさらに検討する必要がある。

徳島県の葉枯らし乾燥基準では、穿孔性害虫の予防面から2～6月の伐採は避けることが望ましい⁶⁾と定められている。表－４より3～7月以外の葉枯らしについて、12月伐倒木は穿孔数と被害本数とも0だったが、2月伐倒木は穿孔数 2.6 ± 4.6 と被害本数4が認められた。井坂⁴⁾は、カナクギノキクイムシ、ミカドキクイムシを2月下旬から3月上旬の1カ月に多く捕獲した。このことから、3～7月の伐採は避けることにくわえ、徳島県では2月の伐採も避けることが望ましいと推定された。一方、12月伐採による葉枯らしは、表－４より穿孔虫被害が低いことが示唆された。この場合の葉枯らし材の含水率は表－３より生材と比べ低かった。

V まとめ

年間安定的に間伐材を生産するため、春から夏期における穿孔虫被害の危険性が低い間伐材生産方法を検討した。従来、3～7月に伐倒後林内に放置した葉枯らしは、穿孔虫被害を受ける危険性が高いとされている^{3,5)}。今回の試験でも、3～7月に伐採する葉枯らしは避けることが望ましいという指摘を支

持する結果だった。特に5月は、穿孔虫被害の危険性が最も高かったので、生材生産を含め注意を要する時期だった。また、徳島県では、3～7月にくわえ、2月の伐採による葉枯らしも避けることが望ましいという葉枯らし基準⁶⁾を支持する結果だった。

今回、着目した巻き枯らし（立木のまま樹皮を剥ぎ枯らした）による林内乾燥方法は、穿孔虫被害の危険性は低かったが、含水率の低下が不十分で、適当な方法ではなかった。これら以外で12月に先行伐採を行い約4カ月間葉枯らし後、翌年4月までに搬出する方法は、含水率が十分に低下し、穿孔虫被害の危険性が少ないことが示唆された。この場合、5月には丸太への穿孔虫飛来が最大となることを考慮して、必ず4月までに林内から搬出することが必要と考えられた。

引用文献

- 1) 野渕 輝・遠田暢男・越智鬼志夫・五十嵐豊（1977） ヤナセスギ丸太を喰害する害虫の防除法、昭和52年度国有林野事業特別会計技術開発試験成績報告書：152－172
- 2) 鷺見博史（1985）見直される“葉枯らし”“巻き枯らし”による素材の乾燥、林業技術524：11－14
- 3) 野渕 輝（1992）スギ・ヒノキ葉枯らし材と風倒木に穿孔するキクイムシ類（Ⅳ）、林業と薬剤122：27－33
- 4) 井坂利章（1992） スギ葉枯らし材の虫害調査（予報）、徳島県林業総合技術センター研究報告29：22－25
- 5) 牧野俊一・吉田成章（1993）葉枯らし材の害虫とその対策、林業技術612：7－10
- 6) 徳島県（1998）スギ葉枯らし乾燥の実務、スギ葉枯らし乾燥（付加価値向上のために）：27～39.
- 7) 山岡裕一（2000）微生物の繁殖源の創出 — 樹皮下キクイムシと青変菌 —、森林微生物生態学（二井一禎・肘井直樹編著）：148－160.

菌床シイタケの安定生産に関する研究

阿部 正範

要 旨

シイタケ栽培は原木栽培に比べて、労働力の軽減、収穫期間の短縮、増収が見込めることから、現在では木粉を利用した菌床栽培が主流となっている。ところが、1990年代初頭から輸入シイタケによる価格下落が問題となり、国内のシイタケ生産者は、安価な輸入シイタケに対抗するために、高品質なシイタケの安定栽培を求めるようになった。そこで、このようなニーズに応えるために、菌床シイタケの安定生産に関する研究を行った。

多くの生産者は、空調設備を保有せず、自然温度を利用した栽培を行っており、それに対処するために、培養温度、培養袋、培地への水分供給といった栽培条件について分析を行った。その結果、培養前期と発生操作前に温度の上昇防止策が必要、通気性の高い培養袋の使用、水分供給のための培地の浸水時間は培養終了時点の含水率が目安という栽培条件が明らかとなった。

I はじめに

シイタケ栽培は原木栽培に比べて、労働力の軽減、収穫期間の短縮、増収が見込めることから、現在では木粉を利用した菌床栽培が主流となっている。ところが1990年代初頭から輸入シイタケによる価格下落が問題となり、国内のシイタケ生産者は、安価な輸入シイタケに対抗するために、高品質なシイタケの安定栽培を求めるようになった。こうした社会的ニーズに応えるために、菌床シイタケの安定生産を目的とした研究を実施したのでその結果を報告する。

菌床シイタケ栽培の培養及び子実体発生における環境因子は、光¹⁻²⁾、温度³⁻⁴⁾、水分条件⁵⁻⁸⁾、ガス条件⁹⁻¹⁰⁾等があげられ、これらの因子が及ぼす影響について、さまざまな検討が行われている。特に栽培現場では、培養温度、水分条件、培養袋の通気性が子実体の収量と安定生産に多大な影響を及ぼすため、それらの解明が望まれているところである。

菌床シイタケの栽培方法は、培養及び子実体発生を空調機器によって温度制御された施設で行う空調栽培法と簡易ハウス、林内、人工ほだ場等を利用して自然環境下の温度で行う自然栽培法の2方法に大別される。空調栽培法は、周年栽培を行うことを目的とする栽培法であるが、施設の整備に多額の資金を要するという欠点がある。逆に自然栽培法は、季節栽培型であるが施設整備に多額の資金を要しない。そのため、多くの生産者が自然栽培法を取り入れた栽培を行っている。環境因子のひとつである培養温度は、自然栽培法が施設栽培法に比べて重要な因子になると考えられる。施設栽培法では、培養温度は通常21℃前後で一定である。ところが自然栽培法では、温度の制御が困難で、時に培養温度の上昇による影響と思われる子実体発生量の低下が見られる。そこで、培養中のある一定期間をシイタケ菌糸の生長限界とされる30℃¹¹⁾以上で培養を行い、その時点の培養袋内の二酸化炭素濃度と培地内温度及び子実体の発生量とその形質を測定し、菌床シイタケ栽培における培養期間中の温度変化が子実体発生に及ぼす影響について検討した。

ガス条件については、培養室の二酸化炭素濃度をできるだけ低く保つために、換気を充分行い、培養袋の内側と外側の空気の循環をよくして、培養袋内に二酸化炭素が蓄積しないようにするとともに、通気のよいフィルターを装着した培養袋を使用するよう栽培指導書¹²⁻¹³⁾に指摘されている。栽培キノコの培養過程におけるガス条件については、エノキタケ、ヒラタケ、ブナシメジについて二酸化炭素の排出量¹⁴⁾や酸素消費量¹⁵⁾、ヒラタケ、シイタケについては菌糸生長・子実体の発育に及ぼす二酸化炭素の影響^{10,16)}が報告されている。またシイタケでは、培養袋の違いによる袋内の酸素濃度⁹⁾の報告もなされている。しかし、培養容器内の二酸化炭素濃度については、エノキタケで栽培瓶の違いによる培地内の二酸化炭素濃度¹⁷⁾について報告されているものの、菌床シイタケ栽培では、培養袋の違いによる袋内の二酸化炭素濃度と子実体発生量についての報告は見あたらない。そこで、菌床シイタケ栽培に適した培養袋を検討するために、培養中の培養袋内の二酸化炭素濃度を4種類の培養袋で測定するとともに、培養袋の違いと培養袋内の重量変化、菌糸伸長量、子実体発生量の関係を調査した。また、これらの結果を基に、菌床シイタケ栽培に適した培養袋の開発を行った。

水分条件については、菌床シイタケ栽培では、子実体の発生を促すための培地の冠水処理は必須条件となっている⁵⁾。培地への冠水処理は、主として水槽の中に培地を浸水させる方法と、散水ノズルなどで培地表面に散水する方法に大別される。散水による冠水は、浸水によるそれに比べて労力は軽減される。しかし、発生している子実体に水がかかるなどの不備があると、水分を多く含んだ低品質な子実体となる。そのため高品質な子実体を得るためには、浸水による冠水が適していると考えられる。ところが、培養中の培地含水率、培地重量¹⁸⁾、水ポテンシャル¹⁹⁾の変化、散水方法が子実体発生に及ぼす影響²⁰⁾については報告されているが、培地の浸水時間が子実体発生に及ぼす影響については報告されていない。そこで、発生操作における浸水時間、培地含水率及び子実体発生量を測定し、発生に最も適した浸

水条件を検討した。また、シイタケが子実体形成時に必要とされる炭素源の吸収のために、セルロースやリグニンの分解に関与する加水分解酵素のセルラーゼと酸化還元酵素のラッカーゼの活性上昇は重要であると考えられることから、浸水が酵素活性に及ぼす影響についても検討した。

II 培養温度が子実体発生に及ぼす影響

1. 実験方法

1. 1 供試菌、接種源及び供試培地 菌株は、市販品種の北研600号を用いた。接種源は、粒度が20メッシュより小さい広葉樹おが粉と栄養材として米ぬかを乾物重量比で5：1、含水率62%に調整した培地に PDA 平板培地で培養した供試菌を接種し、21℃で60日間培養したおが粉種菌を使用した。

培地材料には、3メッシュより大きい粒度の広葉樹おが粉と20メッシュより小さい広葉樹おが粉及び栄養材として米ぬか、ふすまを使用した。これらの材料を乾物重量比でそれぞれ5：5：1：1に配合したものを培地とした。

培地は水道水を用いて、含水率を62%に調整した。これを片面に通気用フィルターを装着した1.2kg用のポリプロピレン製培養袋（ST-12P-25、株式会社シナノポリ）に1kg充填し、117℃で90分間殺菌して放冷後、接種源を1培地当たり約15g接種した。

1. 2 培養、子実体の発生条件と採取 培養条件は、通常の培養温度を21℃、培養室の相対湿度を65%、培養期間を90日間とした。菌糸が培地全体にはほぼ蔓延した接種27日後（培養前期）と培地表面の褐変がほぼ終了した接種56日後（培養中期）、及び発生操作開始直前にそれぞれ培養温度をシイタケ菌糸の生長限界とされる30℃及び35℃に上昇させて培養を行った。一定期間高温で培養した後、21℃の培養温度で培養を続行した。対照区（NT）は、21℃で培養を行った。培養温度と高温処理期間を表－1に示す。また培養は、培養中の培地内温度と培養袋内の二酸化炭素濃度を測定するとき以外は、暗黒下で行った。

培養が終了した培地は培養袋から取り出し、培地表面を水道水で洗った後、温度17℃、相対湿度85%、800luxの昼白色蛍光灯2本による1日8時間の照明下の発生室で、子実体を発生させた。

1次発生終了後、ただちに浸水処理による培地への水分供給を行い2次発生に備えた。このように、発生終了後の培地への浸水処理を繰り返して4次発生までの子実体の発生状況を調査した。浸水処理時間は1次発生終了後が4時間、2次発生終了後8時間、3次発生終了後24時間とした。

子実体の採取は、内被膜が切れかかった時点でを行い、発生重量と子実体の形質を測定した。子実体の形質は、菌傘直径5cm以上をL、4cm以上5cm未満をM、3cm以上4cm未満をS、3cm未満及び奇形をOとした。

1. 3 培養袋内の二酸化炭素濃度の測定 高温処理した期間を中心に、培養中の培養袋内の二酸化炭素濃度を測定した。測定日は、培養前期の接種27日後から高温処理を開始した試験区と培養中期の接種56日後から高温処理を開始した試験区では、高温処理開始直前、高温処理期間の中間日、すなわち30P5と30M5では高温処理開始3日後、30P10と30M10では高温処理

表－1 培養温度と高温処理期間

試験区	温度（℃）	高温処理開始日	高温処理期間（日）
30P 5	30	接種 27 日後 ^{a)}	5
30P10	30	接種 27 日後 ^{a)}	10
35P 3	35	接種 27 日後 ^{a)}	3
30M 5	30	接種 56 日後 ^{b)}	5
30M10	30	接種 56 日後 ^{b)}	10
35M 3	35	接種 56 日後 ^{b)}	3
30F 5	30	接種 85 日後 ^{c)}	5
30F10	30	接種 80 日後 ^{c)}	10
35F 3	35	接種 87 日後 ^{c)}	3
NT	21	—	—

a) 培養前期

b) 培養中期

c) 発生操作前

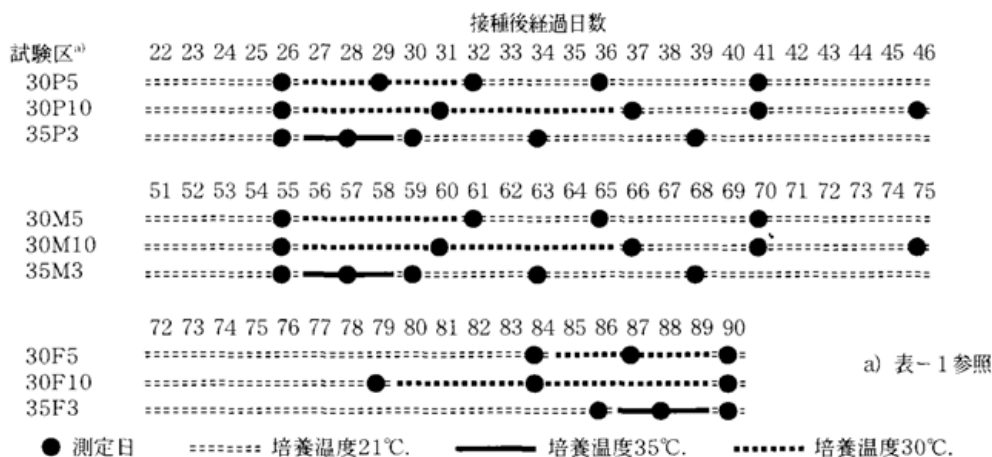


図-1 二酸化炭素濃度の測定日

開始5日後、35P3と35M3では高温処理開始2日後とした。また、高温処理期間の終了翌日、高温処理期間終了5日目後、高温処理期間終了10日目後にも培養袋内の二酸化炭素濃度を測定した。発生操作開始直前に高温処理を開始した試験区では、高温処理開始直前と高温処理期間の中間日すなわち30F5は高温処理開始3日後、30F10は5日後、35F3は2日後、及び高温処理期間終了翌日すなわち発生操作開始日とした。二酸化炭素濃度の測定時期を図-1に示す。

二酸化炭素濃度の測定は、ガス検知管（No.2L 二酸化炭素、株式会社ガステック）を用いた。測定箇所は、培地と培養袋のシール部分との間の空間で、通気フィルターの下部に当たる部分に、検知管を挿入して二酸化炭素濃度を測定した。供試数は、各試験区3培地とした。

1. 4 培地内温度の測定 温度記録計（Thermo Recorder RT-10、タバイエスベック株式会社）を用いて培養中の培地内温度を測定した。温度センサーを培地の中央部に設置し、培養全期間にわたり1時間毎に培地中央部の温度を記録した。供試数は、各試験区3培地とした。

2. 結果と考察

菌床シイタケ栽培における培養期間中の温度変化が、子実体発生に及ぼす影響について検討した²¹⁾。

1培地当たりの子実体発生状況を表-2に示す。また、接種27日後、56日後、発生操作開始直前にそれぞれ高温処理を行ったときの高温処理区と対照区の培養袋内の二酸化炭素濃度差を図-2に、接種27日後、56日後、発生操作開始直前にそれぞれ高温処理を開始した試験区における10時時点の培地内温度の推移を図-3に示す。

培養中のシイタケ菌は、栄養生長時にセルラーゼ、ラッカーゼなどの酵素を分泌して培地成分を分解し、菌糸がこれを吸収・利用する。特に菌糸蔓延時にはラッカーゼの活性が高くなる²²⁾。シイタケ菌の材腐朽力は、生長限界に近い32℃が最も高いとされている²³⁾。このことから、酵素活性は対照区の培養温度である21℃より30℃の方が高いと考えられる。

30P5、30P10、30M5は、総発生個数は対照区と差は見られなかったが、M以上の発生個数は、対照区より増加した。また、発生重量も増加した。これは、菌糸蔓延時に培養温度が上昇したため、酵素活性が高まったことで子実体発生に必要な菌体内貯蔵養分が増大したことが、M以上の発生個数の増加につながったものとも考えられる。30M10は、発生重量と総発生個数が対照区より多く発生したが、これはSとOの発生個数の増加によるものである。培地の熟成が進んだ培養中期に、酵素の活性が高くなると考えられる30℃が、10日間という長期間継続したことにより、培地の熟成が進み

すぎたことが、小型子実体多発生の原因と考えられる。培養温度を30℃に上昇することで酵素活性が高くなり、菌糸の活動が促進されたことは、高温培養期間終了後における30P 5、30P10、30M 5、30M10の培養袋内の二酸化炭素濃度が上昇していることから推察できる。35P 3では、総発生個数は対照区と差は見られないが、M以上の発生個数が少なく、発生重量も危険率5%で有意差は認められなかったが対照区より少なかった。

また、35M 3は発生重量、総発生個数、M以上の発生個数とも対照区より少なかった。

特に35P 3は、対照区より高温培養期間終了後の二酸化炭素濃度と培地内温度が低下した。これはシイタケ菌が衰弱したためと思われ、シイタケ菌の一時的な衰弱が発生量に悪影響したものと考えられる。35M 3については、高温培養期間終了後の二酸化炭素濃度は対照区より高く、対照区に比べて菌糸生長は促進されたと考えられる。35M 3は高温培養期間終了後、褐変した培地表面からシイタケ菌糸が再発菌して培地の表面が、菌糸により白色化する現象が見られた。白色化した培地表面部分からの子実体発生は少なかった。そのため発生重量、発生個数が対照区より少なくなった。30F 5は、発生重量とM以上の発生個数が対照区より少なく、30F10は、発生重量とM以上の発生個数及び総発生個数とも対照区より少なかった。21℃で80日間と85日間それぞれ培養した30F 5、30F10は、30℃で培養を開始する前は培地内に子実体まで生長可能な大きな原基が多数存在していたものと推定される²⁴⁾。ところが、培養温度が上昇したことで子実体になるべき原基が衰弱し、その結果、子実体の発生量が減少したと考えられる。発生操作開始3日前に培養温度を35℃とした35F 3は、発生操作後に培地が害菌に汚染されて子実体は発生しなかった。シイタケ菌は、ホダ木内の菌糸の場合、40℃で約20時間は生存可能であるが45℃から50℃になると死滅する¹¹⁾。35F 3は、培地内温度が35℃を越える期間が3日間続いたため、菌糸が衰弱したと思われる。これは、高温培養期間終了後の培養袋内の二酸化炭素濃度が対照区に比べて低かったことから推察できる。菌糸が衰弱し害菌に対する抵抗力が低下したところに、発生操作のため培地を培養袋から取り出したために害菌に汚染されたと推察される。

菌床シイタケ栽培における培養温度は、21℃を中心に行われている。しかし、発生操作直前に培養温度が30℃に上昇すると子実体の発生量が減少傾向となり、35℃を越えると不発生となることが分かった。また、菌糸が培地全体に蔓延した培養の前期と培地の褐変が終了した培養中期では、培養温度が30℃に上昇すると子実体の発生量は増加傾向となるが、35℃を越えると発生量は減少傾向となっ

表－2 高温処理が子実体発生に及ぼす影響

試験区 ^{a)}	生重量 (g/ 培地)	子実体発生個数 (個 / 培地)	M ^{b)} 以上発生個数 (個 / 培地)	S ^{c)} +O ^{d)} 発生個数 (個 / 培地)
30P 5	328.7 [△] ± 34.0	36.2 ± 5.9	12.9 [△] ± 3.0	23.3 ± 6.2
30P10	319.5 [△] ± 19.0	35.4 ± 8.6	13.2 [△] ± 3.5	22.2 ± 8.9
35P 3	291.5 ± 38.7	37.1 ± 9.4	7.7 [▼] ± 2.7	29.4 ± 11.6
30M 5	324.1 [△] ± 24.1	31.7 ± 6.7	13.9 [△] ± 3.3	17.8 ± 6.3
30M10	330.3 [△] ± 20.5	44.7 [△] ± 7.4	12.4 ± 3.9	32.2 [△] ± 8.8
35M 3	274.9 [▼] ± 48.4	25.1 [▼] ± 9.8	8.8 [▼] ± 2.8	16.3 ± 9.6
30F 5	262.9 [▼] ± 36.6	34.2 ± 8.8	8.8 [▼] ± 1.8	25.4 ± 10.0
30F10	268.9 [▼] ± 34.8	27.2 [▼] ± 6.4	8.7 [▼] ± 2.5	18.6 ± 6.9
35F 3	0.0 [▼] ± 0.0	0.0 [▼] ± 0.0	0.0 [▼] ± 0.0	0.0 [▼] ± 0.0
NT	305.8 ± 12.5	32.9 ± 4.1	10.8 ± 1.9	22.1 ± 5.0

平均±標準偏差 (n=20)

△：危険率5%でNTよりも有意に大きい ▼：危険率5%でNTよりも有意に小さい

a) 表－1 参照 b) 菌傘直径4cm以上 c) 菌傘直径3cm以上4cm未満 d) 菌傘直径3cm未満と奇形

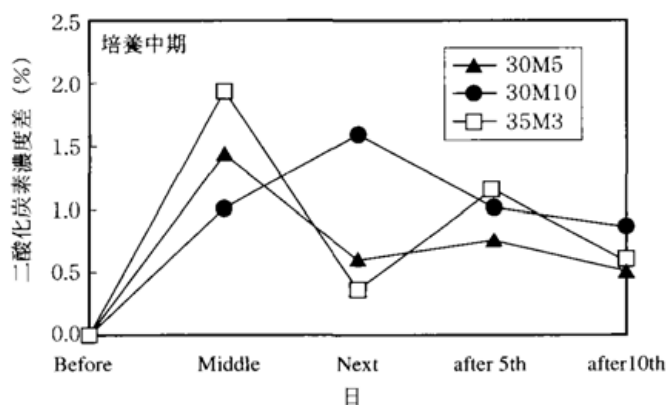
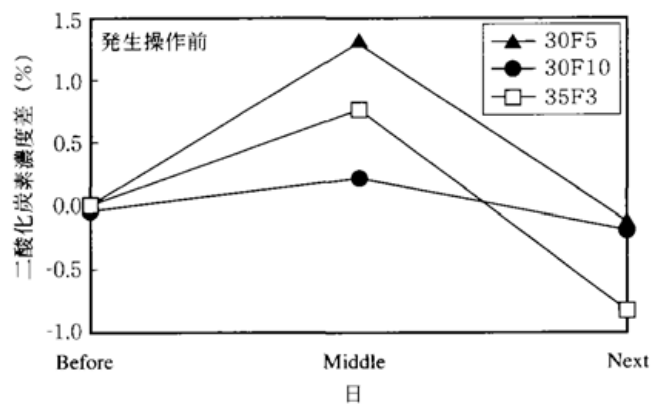
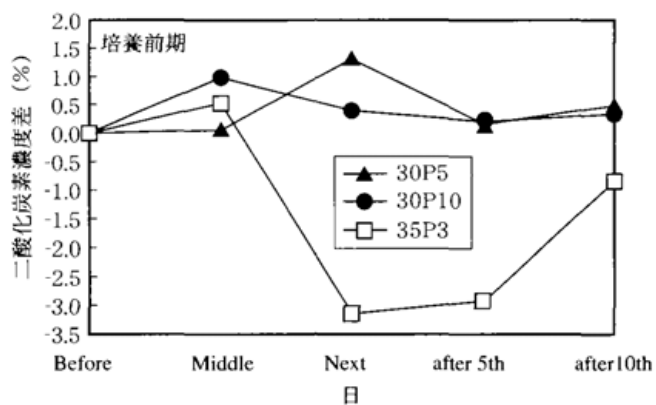


図-2 高温処理区とNTの培養袋内の二酸化炭素濃度差 Before: 高温処理前(0.0%)、Middle: 高温処理期間の中間日、Next: 高温処理終了翌日、after 5th: 高温処理終了5日後、after 10th: 高温処理終了10日後。

30P 5、30P10、35P 3、30M 5、30M10、35M 3、30F 5、30F10、35F 3: 表-1 参照

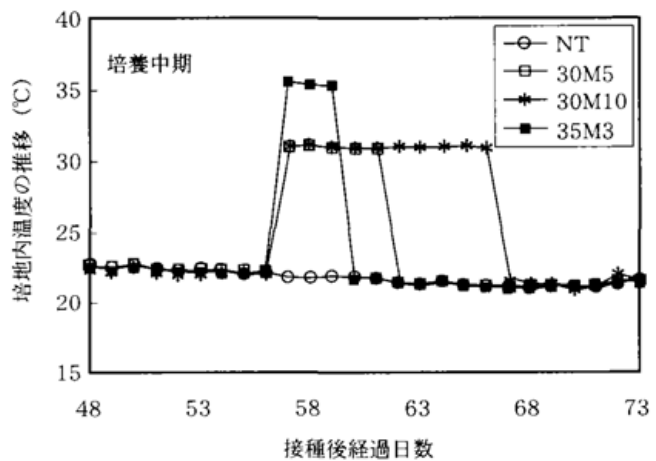
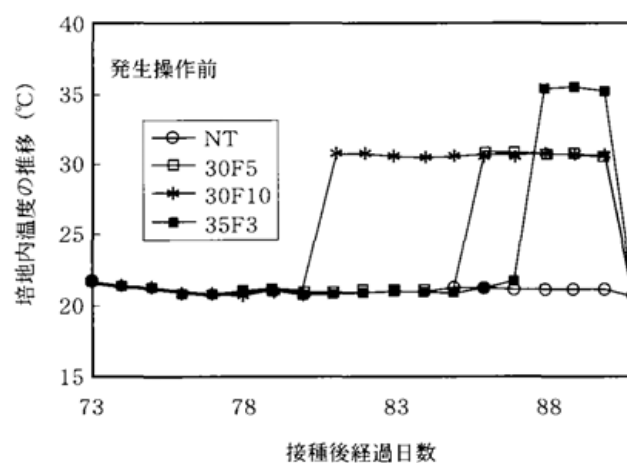
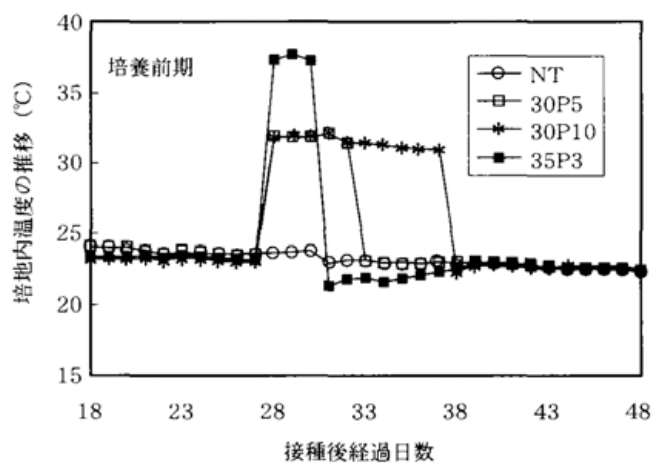


図-3 培養中の高温処理が培地内部の温度に及ぼす影響温度測定: AM10:00/日。

NT、30P 5、30P10、35P 3、30M 5、30M10、35M 3、30F 5、30F10、35F 3: 表-1 参照

た。

培養の中期に3日間、35℃で培養した後の培養袋内の二酸化炭素濃度は、培養前期のそれに比べて高いことから、培地の褐変が、終了した培養中期の菌床培地は前期の培地に比べて高温に対して耐性が強いと考えられた。ただし子実体発生量は、前期の培地に比べて少ない傾向となった。培養中期に3日間35℃で培養した35M3は、褐変した培地表面からシイタケ菌糸が再発菌して、培地表面が菌糸で白色化する現象が見られた。白色化した部分では、原基が減少したと考えられ、そのため子実体の発生量が減少することが分かった。

空調設備を利用しない自然栽培法では、培養前期と発生操作前の温度管理が重要であることが分かった。特に発生操作前の温度上昇は、子実体発生量に多大な悪影響を及ぼすことが分かった。

Ⅲ 培養袋の通気性が子実体発生に及ぼす影響

1. 実験方法

1. 1 供試菌、接種源及び供試培地 供試菌、接種源及び供試培地は、前項と同様とした。培地は、水道水を用いて含水率を62%に調整した。

これを市販されている4種類の培養袋に1kg充填し、117℃で90分間殺菌して放冷後、接種源を1培地当たり約15g接種した。

1. 2 培養袋 試験に使用した培養袋を表-3に示す。袋はすべて1.2kg培地用である。E、Dは、キャップに通気フィルターを装着した同じ培養袋である。一部の栽培指導書では、二酸化炭素は空気の中では重い気体なので、培地を横に倒しフィルター部分を横にすることで培養袋内の上部は、酸素濃度が高くなる²⁵⁾と述べられている。そこで、フィルター付きキャップを使用した培養袋では、種菌の活着を確認次第直ちに培地を横に倒して培養を行い、二酸化炭素の排出促進効果を測定した。なお、供試培地数は、各培養袋10培地とした。

1. 3 培養、子実体の発生条件と採取 培養期間は100日、培養温度は21℃、相対湿度は65%以上とした。接種30日後までは暗黒で、31日目以降は800luxの昼白色蛍光灯2本による1日8時間の照明下で培養を行った。培養室の換気条件は、外気の導入を60m³/hとなるよう設定した。培養室内の二酸化炭素濃度は、0.06～0.1%であった。

培養が終了した培地は、培養袋から取り出し培地表面を水道水で洗った後、発生室へ移動、1次発生を行った。発生室の温度は17℃、相対湿度は85%とした。また照明は、800luxの昼白色蛍光灯2本による1日8時間の照明とした。

灯2本による1日8時間の照明とした。

1次発生終了後、ただちに浸水処理による培地への水分供給を行い2次発生に備えた。このように発生終了後の培地への浸水処理を繰り返して5次発生までの子実体の発生状況を調査した。浸水処理時間は1次発生終了後が4時間、2次発生終了後8時間、3次発生終了後24時間、4次発生終了後32時間とした。子実体の採取は、前項と同様とした。

1. 4 二酸化炭素濃度と培養袋内の重量の測定 二酸化炭素濃度の測定は、ガス検知管(No.2H、No.2L 二酸化炭素、株式会社ガステック)を使用した。測定個所は、培地上部と

表-3 試験に供した培養袋

培養袋	名 称	仕 様
A	キノバッグ NT12 (日昌産業株式会社)	袋両面に直径 20 mm の 通気フィルター
B	シナノバッグ SK-2 P-18 (株式会社シナノポリ)	袋片面に直径 20 mm の 通気フィルター
C	シナノバッグ SK-12P-25 (株式会社シナノポリ)	袋片面に直径 20 mm の 通気フィルター
D	キャップ式培養袋 (株式会社北研)	通気フィルターは キャップに装着 (上部にキャップ)
E	キャップ式培養袋 (株式会社北研)	通気フィルターは、 キャップに装着 (側面にキャップ)

ヒートシール部分、もしくは、キャップ部分の間の空間とし、接種5日後から100日後までの二酸化炭素濃度をほぼ5日ごとに測定した。また、二酸化炭素濃度の測定時に、培養袋の重量を含んだ培養袋内の重量を測定した。

1. 5 菌糸伸長量の測定 接種14日後から20日後までの7日間の菌糸伸長量を測定し、1日当たりの伸長量を算出した。測定部分は、培地側面の菌糸伸長部分の中で最も大きかった伸長量と最も小さかった伸長量の平均とした。また、菌糸が、培地全体に蔓延した日数も測定した。

1. 6 培養袋の開発 袋Cの通気フィルターを不織布（商品名ルクサー、大塚テクノ株式会社）と交換した培養袋（OT-R）を作成して子実体発生量を測定した。対照区は、袋Cとした。培養、子実体の発生条件と採取については、培養期間は90日、子実体の発生は4次発生までとした。培養中の培養袋内の二酸化炭素濃度を接種30日後に測定した。また、不織布（ルクサー）と袋Cのフィルターの通気度をB型ガーレ式デンソメーター（東洋精機株式会社）で測定した。

2. 結果と考察

培養袋内の二酸化炭素濃度の推移を図-4に示す。各培養袋とも菌糸が蔓延中は、菌糸が排出する二酸化炭素の蓄積により高い数値を示した。菌糸が培地全体に蔓延する接種25～35日後に最も濃度が高くなり、その後急激に減少した。このことから、菌糸が蔓延している接種35日後までは、菌糸の呼吸が活発であり、35日後までは、それ以降に比べてより培養室の換気が重要であることが分かった。また、培養袋により二酸化炭素濃度に差が生じ、最も濃度が高かった袋Aで9.2%、最も低かった袋Cで3.5%であった。なお、培地を横に倒して二酸化炭素の排出を促す培養法は、培地を倒さない培養法と比較して二酸化炭素濃度に大きな差は生じなかった。また、各培養袋とも二酸化炭素濃度に2つのピークが認められた。1つめのピークは、菌糸蔓延時、2つめはこぶ状菌糸の固まりの形成期という報告²⁴⁾があるが、今回の試験では、菌糸蔓延時、菌糸の固まりの形成期という明確な区別はできなかった。

培養袋の種類による袋内の二酸化炭素濃度の違いは、培養袋に装着されたフィルターの通気性が原因と考えられる。キノコは呼吸作用により、二酸化炭素と水を生成する²⁶⁾が、フィルターの通気性が高い袋は、呼吸によって生じた水の蒸発が、スムーズに行われるため培養袋内の重量減少率が高くなると予想される。そのため、各培養袋内の重量減少率を比較した。

各培養袋内の重量の変化を図-5に示す。二酸化炭素濃度の高かった培養袋A、D、Eに比べて濃度の低かった袋B、Cが、培養袋内の重量が、減少する割合が高くなった。培養終了時点の減少率は、

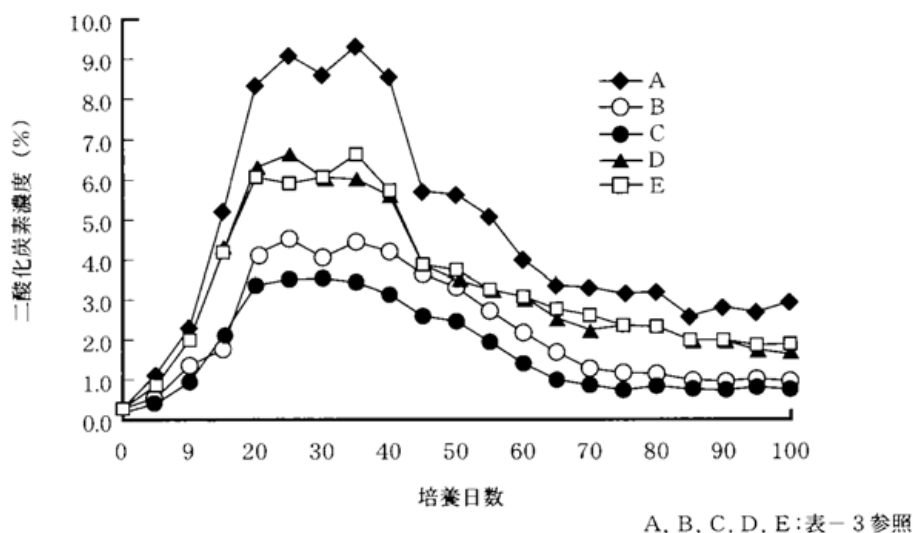
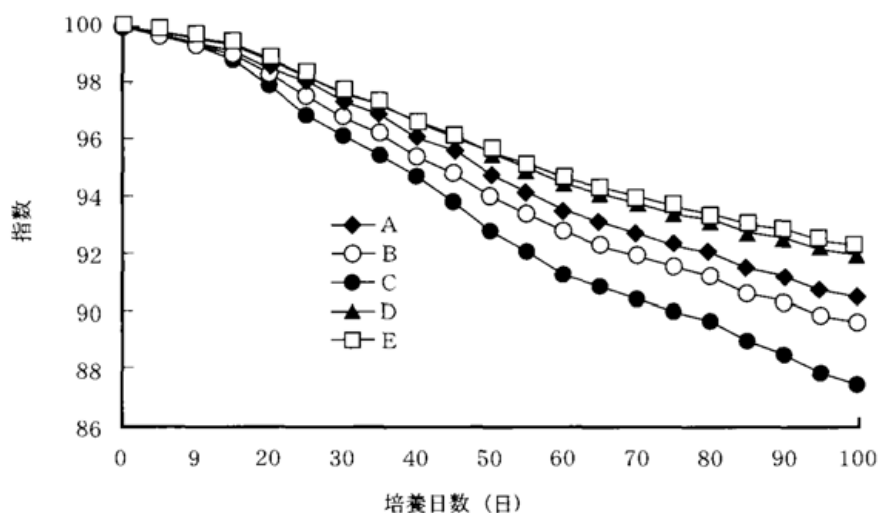
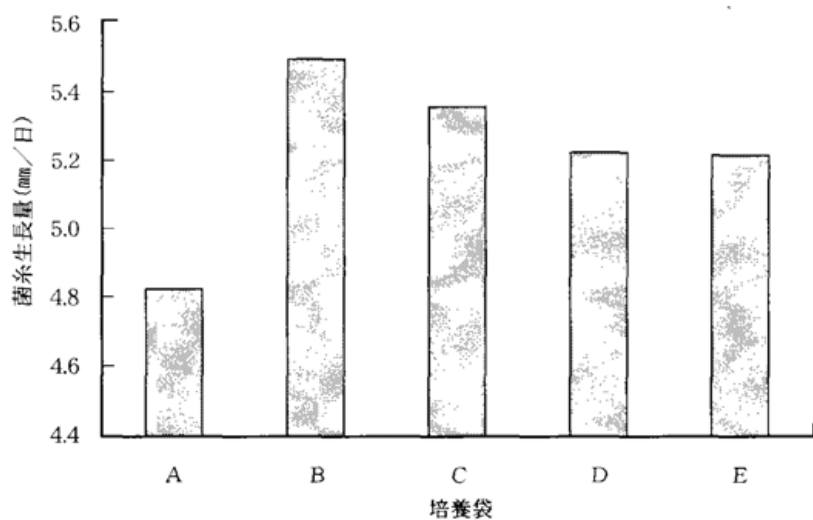


図-4 培養袋内の二酸化炭素濃度の推移



指数は、培養開始時の重量を100とした時の指数である。
A, B, C, D, E: 表-3 参照

図-5 培養袋内重量の推移



A, B, C, D, E: 表-3 参照

図-6 菌糸生長量

表-4 培養袋の違いが子実体発生に及ぼす影響

培養袋 ^{a)}	生重量 (g/培地)	子実体発生個数 (個/培地)	S ^{b)} + O ^{c)} 発生個数 (個/培地)	M ^{d)} 以上発生個数 (個/培地)
A	178.8 ± 18.5	11.6 ± 1.9	3.8 ± 1.0	7.8 ± 1.8
B	194.1 ^{e)} ± 11.0	13.6* ± 3.3	5.2** ± 2.1	8.4* ± 2.2
C	210.7** ± 28.0	14.7** ± 3.7	5.0* ± 2.0	9.7** ± 3.4
D	176.6 ± 13.1	9.9* ± 2.1	2.6* ± 0.9	7.3 ± 1.7
E	177.8 ± 11.0	10.7 ± 1.8	4.0 ± 1.1	6.7* ± 2.1

平均±標準偏差 (n=10)

a) 表-3 参照 b) 菌傘直径 3cm 以上 4cm 未満 c) 菌傘直径 3cm 未満と奇形 d) 菌傘直径 4cm 以上

e) *: 危険率 5% で A と有意差あり **: 危険率 1% で A と有意差あり

表-5 培養袋 OT-R と C における子実体発生量

培養袋	生重量 (g/培地)	子実体発生個数 (個/培地)	S ^{a)} + O ^{b)} 発生個数 (個/培地)	M ^{c)} 以上発生個数 (個/培地)
C ^{d)}	162.1 ± 12.2	9.7 ± 2.1	3.0 ± 1.1	6.7 ± 1.9
OT-R	179.9 ^{e)} ± 14.3	11.1* ± 1.4	3.4 ± 0.8	7.7* ± 1.6

平均±標準偏差 (n=10)

a) 菌傘直径 3cm 以上 4cm 未満 b) 菌傘直径 3cm 未満と奇形 c) 菌傘直径 4cm 以上 d) 表-3 参照

e) *: 危険率 5% で C と有意差あり

最も減少率の高かった袋と最も減少率の低かった袋で、1.6倍の開きがあった。このことから、培養袋の通気性は、袋内の重量減少率から判断できることが分かった。

接種14日後から20日後までの培養袋別の1日当たりの菌糸伸長量を図－6に示す。各袋別の菌糸伸長量を分散分析により危険率1%で検定したところ有意差が認められた。培養袋内の二酸化炭素濃度が高かった袋A、D、Eでは菌糸伸長が悪く、二酸化炭素濃度が低かった袋B、Cでは菌糸伸長が良好となった。また、培地全体に菌糸が蔓延する日数も二酸化炭素濃度が高かった袋A、D、Eでは蔓延日数が長く、二酸化炭素濃度が低かった袋B、Cでは蔓延日数が短かった。蔓延日数が最も短かった袋Cと最も長かった袋Dで2.5日間の差が生じた。シイタケと同じ白色腐朽菌のヒラタケ菌糸は、二酸化炭素に対する耐性が大きく、濃度が20%の雰囲気中では生長は旺盛であり、30%になると生長が鈍ることが報告されている¹⁶⁾。ヒラタケ栽培の場合、通気の悪い栽培瓶では瓶の上部の二酸化炭素濃度は最大時で17～18%であるが、底部では25%を上回る高濃度となるため生長が阻害されると報告されている²⁷⁾。菌床シイタケ栽培でも二酸化炭素濃度は、培養袋上部では10%でも底部では20%を越える高濃度が予想される。そのため、培養袋の種類により菌糸伸長量に差が生じたと考えられる。

5次発生までの子実体発生結果を表－4に示す。発生重量、発生個数ともに、培養袋内の二酸化炭素濃度が最も高かった袋Aとの比較では、二酸化炭素濃度の低かった袋C、Bは、袋Aに対して大きくなり有意差が認められた。これは、培養袋の通気性が悪く二酸化炭素濃度の高かった袋では、菌糸の伸長量が遅いために菌床が熟成不足となったことが原因と考えられる。

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ことが分かった。また、培養袋の通気性は、培養袋内の重量減少率で判断できることが分かった。

以上の結果を基に、通気性に優れた培養袋(OT-R)の開発を行った。通気フィルターには不織布(商品名ルクサー、大塚テクノ株式会社)を採用した。フィルターの通気度はルクサーが10.5sec/100ml、袋Cが38.5sec/100mlであった。また、袋内の二酸化炭素濃度が、最も高くなる接種30日後のOT-Rと袋Cの袋内の二酸化炭素濃度を測定した結果、OT-Rは2.3%、袋Cは4.1%となった。これらのことから、OT-Rは袋Cよりも通気性に優れていることが明らかとなった。OT-Rと袋Cでの4次発生までの子実体発生結果を表－5に示す。OT-Rは、袋Cよりも発生重量、発生個数ともに危険率5%で大きくなり、従来の培養袋よりも優れていることが判明した。

IV 浸水時間が子実体発生に及ぼす影響

1. 実験方法

1. 1 供試菌、接種源及び供試培地 供試菌、接種源及び供試培地は前項と同様である。培地は1.2kg用のポリプロピレン製培養袋(ST-12P-25、株式会社シナノポリ)に1kg充填し、117℃で90分間殺菌して放冷後、接種源を1培地当たり約15g接種した。

1. 2 培養条件 培養は温度21℃、相対湿度は65%で90日間行った。接種30日後までは暗黒で、31日目以降は800luxの昼白色蛍光灯2本による1日8時間の照明下で培養を行った。

1. 3 子実体の発生条件と採取 90日間の培養後、菌床を培養袋から取り出し温度17℃、相対湿度85%の発生室に移動して1次発生を行った。1次発生に供した培地数は69培地である。1次発生終了後、ただちに培地を浸水処理し

表－6 浸水時間

試験区	1回目浸水 時間 (時間)	2回目浸水 時間 (時間)	3回目浸水 時間 (時間)
8時間浸水区	8	8	24
12時間浸水区	12	12	24
24時間浸水区	24	24	24

表－7 酵素活性を測定した菌床培地

菌床培地	接種後経過日数
接種 50 日後	50
接種 60 日後	60
接種 70 日後	70
接種 80 日後	80
接種 90 日後（1 次発生開始）	90
1 次発生終了後	102
1 回目浸水後	103
2 次発生前	106
2 次発生終了後	120
2 回目浸水後	121
3 次発生前	123
3 次発生終了後	130
3 回目浸水後	131
4 次発生前	133
4 次発生前	137

表－8 酵素活性測定条件

酵素	基質	反応条件 ^{a)}
ラッカーゼ	5 mM p-Phenylendiamine	30℃ 10 分 pH4.2
セルラーゼ	0.5 % Carboxymethyl cellulose sodium salt	30℃ 120 分 pH 4.2

a) pH 4.2: 30 m M acetate-acetic acid buffer.

ラッカーゼ活性は、反応後の溶液の525nmの吸光度を測定し、1分間に吸光度が0.001上昇するときの酵素量を1Uとした。セルラーゼ活性は反応によって生成した糖をNelson-Somogyi法により定量し、1分間に1μmolのグルコースを生成するときの活性を1Uとした。

2. 結果と考察

浸水処理後（2次～4次発生）の1培地当たりの子実体発生状況を表－9に示す。また、浸水による培地含水率の推移を図－7に示す。培地の含水率は、1回目浸水後は12時間浸水区が1次発生開始時（培養終了後）の培地含水率に最も近く、次いで24時間浸水区、8時間浸水区の順となった。1回目浸水後（2次発生）の子実体発生重量は、12時間浸水区で最も多くなった。次いで24時間浸水区、8時間浸水区となった。2回目浸水後（3次発生）の子実体発生重量も、培地の含水率が1次発生開始時の含水率に最も近かった24時間浸水区が最も多く、次いで12時間浸水区、8時間浸水区の順となった。

このように、培養終了後の培地含水率に近い培地が、子実体発生量が多くなる傾向が伺えた。3回目の各試験区すべて24時間浸水後（4次発生）の発生重量は、8時間浸水区が最も多くなった。12時間浸水区と24時間浸水区の発生重量はほぼ同じとなった。3回目浸水後の培地含水率は、8時間浸水区が培

た。浸水条件を表－6に示す。浸水後の供試培地数は、各試験区とも2次発生～4次発生が12培地である。子実体の採取は、前項と同様とした。

1. 4 培地含水率の測定 培養終了後と浸水終了後の培地含水率を測定した。含水率は、114℃で96時間乾燥させた培地の重量を絶乾重量として求めた。なお、培養終了後の含水率を測定した培地は、全培地の重量の平均値に最も近い3培地とした。浸水終了後の含水率を測定した培地は、各試験区の培地重量の平均値に最も近い3培地とした。

1. 5 菌体外酵素活性の測定 酵素活性は、表－7に示す培地でラッカーゼ、セルラーゼ活性を測定した。測定方法は、Ohga²⁸⁾に準拠して行った。

粗酵素液の調製は、培地10g（生重量）に10mMアセテートバッファー（pH4.2）を100ml加え、ワーリングブレンダーで攪拌後、混合液を9,100g、0℃で10分間遠心分離した。上澄液70mlをとり、硫酸アンモニウムを飽和度が0.80になるように加え、4℃で30分放置後、上記と同条件で遠心分離した。沈殿を1mMアセテートバッファー30mlに溶解し、15,000g、0℃で10分間遠心分離し、上澄液を粗酵素液とした。活性試験の条件を表－8に示す。

表－9 浸水処理後の子実体発生量

試験区 ^{a)}	子実体の生重量と 発生個数	2次発生	3次発生	4次発生	合 計 (2次－4次発生)
8時間浸水区	生重量 (g/培地)	101.8 ± 18.5	38.9 ± 7.4	50.6 ± 10.7	191.3 ± 23.4
	発生個数 (個/培地)	8.0 ± 1.9	4.2 ± 1.3	5.6 ± 2.6	17.8 ± 3.7
	M ^{b)} 以上の発生個数 (個/培地)	4.5 ± 1.0	1.5 ± 0.9	1.9 ± 1.0	7.9 ± 1.7
	S ^{c)} と O ^{d)} の発生個数 (個/培地)	3.5 ± 1.4	2.7 ± 1.7	3.7 ± 2.5	9.8 ± 3.5
12時間浸水区	生重量 (g/培地)	117.4 ± 35.7	47.9 ± 21.6	37.4 ± 16.3	202.7 ± 40.2
	発生個数 (個/培地)	8.3 ± 2.8	5.1 ± 2.2	4.2 ± 2.0	17.6 ± 4.7
	M 以上の発生個数 (個/培地)	5.0 ± 2.5	2.8 ± 1.6	1.4 ± 1.2	9.2 ± 2.9
	S と O の発生個数 (個/培地)	3.3 ± 2.2	2.3 ± 2.2	2.8 ± 2.1	8.4 ± 4.3
24時間浸水区	生重量 (g/培地)	108.5 ± 27.8	75.3 ± 18.0	37.4 ± 12.5	221.2 ± 37.7
	発生個数 (個/培地)	7.8 ± 2.1	4.8 ± 1.4	4.6 ± 2.1	17.2 ± 3.4
	M 以上の発生個数 (個/培地)	5.3 ± 2.1	2.8 ± 0.6	1.7 ± 1.1	9.8 ± 2.7
	S と O の発生個数 (個/培地)	2.4 ± 1.6	2.0 ± 1.3	2.9 ± 2.6	7.3 ± 3.2

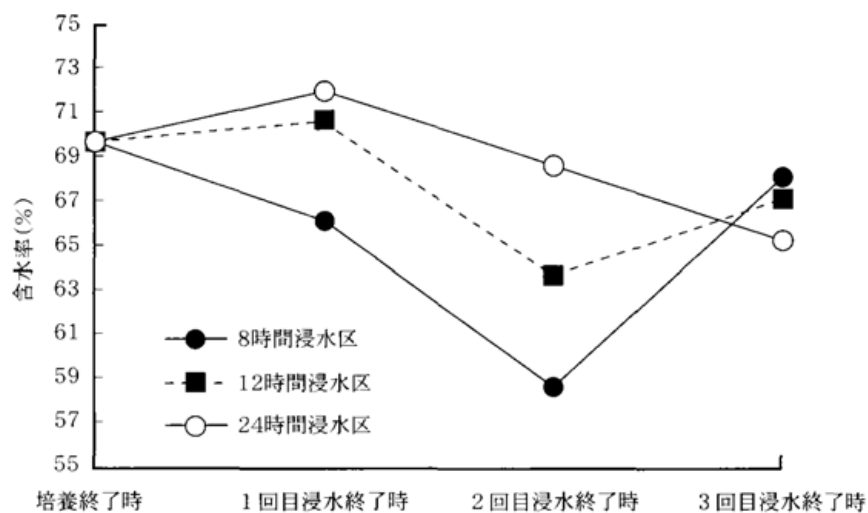
平均±標準偏差 (n=12)

a) 表－6 参照

b) 菌傘直径4cm以上

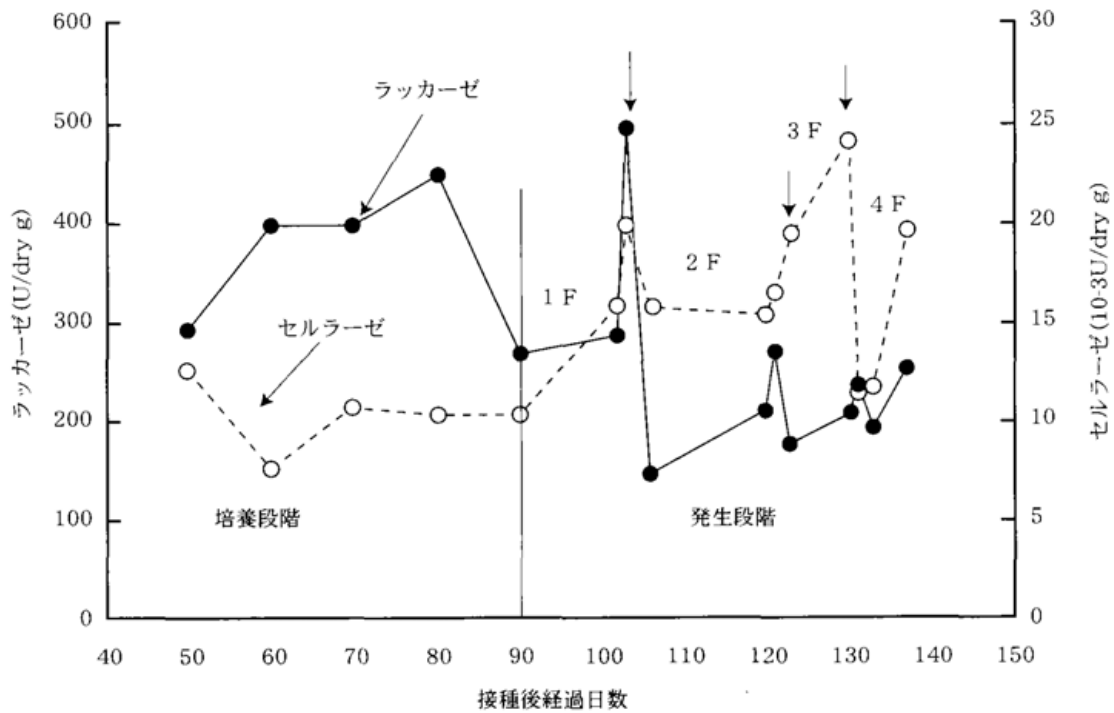
c) 菌傘直径3cm以上4cm未満

d) 菌傘直径3cm未満と奇形



図－7 培地含水率の推移

8時間浸水区、12時間浸水区、24時間浸水区：表－6 参照



図ー8 菌床培地でのシイタケの培養と発生段階におけるセルラーゼとラッカーゼ活性の推移
矢印は浸水処理を示す。1F：1次発生、2F：2次発生、3F：3次発生、4F：4次発生

養終了後の培地含水率に最も近く、次いで12時間浸水区、24時間浸水区となった。各試験区間で、2回目浸水後の培地含水率ほどの大きな差はなかったものの、やはり培養終了後の培地含水率に近いほど発生量が多くなることが示された。8時間浸水区は、3回目浸水後（4次発生）の発生量が他の試験区よりも多かった。しかし、4次発生の発生重量は、2次発生で発生重量が最も多かった12時間浸水区の2次発生での発生重量の43.1%、また、3次発生で発生重量が最も多かった24時間浸水区での3次発生の発生重量の67.2%であった。そのため8時間浸水区は、2次発生と3次発生の発生重量の低下を4次発生で補うことはできなかった。このことから、発生段階の初期に培地の含水率が低い状態で発生操作を行うと、発生段階の後期で、培地含水率を培養終了後の含水率に近づけても、発生後期で発生前期の発生量の低下を補うことは困難なことが示唆された。これは、培地の水分が少ないために、すでに形成された原基数が減少したか、発生後期に発生するための原基の形成が充分でなかったためと推察される。培養期間を多くとり、熟成度が進んだと考えられる菌床ほど菌床の重量減少率が大きく、浸水による吸水量も多くなると報告されている^{16,19)}。今回の試験で、発生段階では、子実体の発生量が多い培地ほど吸水量は少なくなり、含水率を上げるためにはより長時間の浸水が必要となることが分かった。

培地への浸水が加水分解酵素のセルラーゼ、酸化還元酵素のラッカーゼの活性に及ぼす影響について検討した。ラッカーゼおよびセルラーゼ活性の経時変化を図ー8に示す。食用担子菌の菌体外酵素活性については、シイタケ^{30,28),31-32)}、ツクリタケ³³⁾、ヒラタケ³⁴⁾、エノキタケ³⁵⁾、ブナシメジ³⁶⁾について研究されている。菌体外酵素活性は、菌糸体の蔓延とともに酸化還元酵素が産出され、その後、子実体原基形成、子実体形成へと成長段階が進展するにつれて酸化還元酵素の活性が低下し、加水分解酵素の活性が高くなるとされており、子実体形成と密接な関係があるとされている。今回の試験でもこの傾向が認められた。酸化還元酵素のラッカーゼは、培養中は高い値を示し、発生期間中は、培養期間中よりも全般的に低く推移した。逆に加水分解酵素のセルラーゼは、培養期間中よりも発生期間中に高い活性を示した。

シイタケ菌の木材細胞壁の分解では、まず、リグニン成分が分解され、腐朽の進展に伴いセルロース成分が分解されることが形態的に観察されている。このことから、シイタケ菌は木材細胞成分を分解する際に、まず、リグニン分解酵素を産出し、その後セルロース分解酵素を産出するものと推察される。

ところが、発生期間中の浸水操作によって、一時的に加水分解酵素のセルラーゼ、酸化還元酵素のラッカーゼともに、活性が上昇する現象が認められた。これは、浸水操作を行ったために、ラッカーゼ活性の上昇からセルラーゼ活性の上昇という移行が極めて短時間に行われたものと思われる。

アミスギタケでは、子実体形成時に菌体外から吸収される炭素源が量的には重要であると報告されている³⁷⁾。シイタケについても、アミスギタケと同様、子実体形成には菌体外炭素への依存度が高いと考えられる。そのため、加水分解酵素、酸化還元酵素の活性上昇は、木材腐朽を促進させ、子実体形成に必要な炭素源を菌体外から吸収する上で重要である。また、浸水は、強制的にこれら酵素活性を上昇させるための有効な手段であることが分かった。

V おわりに

菌床シイタケ栽培において、高品質なシイタケを安定的に生産することは、シイタケ生産者の所得向上に欠かせないものと考えている。今回は、菌床シイタケ生産者が安定栽培をする上で直面する問題点である、培養温度、培養袋の通気性および培地への水分供給について検討した。

今後もさらに、高品質シイタケの安定生産技術に関する研究を深め、シイタケ栽培に携わる方々の発展のために努力していきたいと考えている。

引用文献

- 1) Mohamed, A.B., Meguro, S., Kawachi, S.: The Effects of Light on Primordium and Fruit Body Formations of *Lentinus edodes* in Liquid Medium I, *Mokuzai Gakkaishi*, 38, 600–604 (1992)
- 2) Mohamed, A.B., Meguro, S., Kawachi, S.: The Effects of Light on Primordium and Fruit Body Formations of *Lentinus edodes* in Liquid Medium II, *Mokuzai Gakkaishi*, 38, 876–879 (1992)
- 3) 鈴木 彰：同担子菌類の子実体原基形成に関与する環境要因、*日菌報*、20、253–265 (1979)
- 4) 時本景亮・小松光雄：シイタケの菌糸生長および子実体原基におよぼす温度の影響、*日菌報*、23、385–390 (1982)
- 5) Matsumoto, T., Kitamoto, Y.: Induction of fruitbody formation by water-flooding treatment in sawdust cultures of *Lentinus edodes*, *Trans. Mycol.Soc.Japan*, 28, 437–443 (1987)
- 6) Ohga, S., Kato, Y., Nakaya, M.: Water Potential in Relation to Culture Maturity in Sawdust-Based Substrate of *Lentinus edodes*, *Mushroom Sci. Biotechnol.*, 6, 65–69 (1998)
- 7) Koo, C.D., Kim, S.J., Cho, N.S., Min, D.S., Ohga, S.: Effect of moisture content for mycelial growth and primordial formation of *Lentinus edodes* in a sawdust-based substrate, *Mushroom Sci. Biotechnol.*, 7, 169–174 (1999)
- 8) Ohga, S.: Effect of water potential on fruit body formation of *Lentinus edodes* in sawdust-based substrate, *J. Wood Sci.*, 45, 337–342 (1999)
- 9) Bastola, H.C., 渡辺和夫・衣田雅人・小畠 靖：シイタケ菌床栽培における袋の通気性が子実体の発生に及ぼす影響、*奈良県林試林業資料*、8、23–26 (1993)
- 10) 鈴木 彰・米山 誠・秋山直子・小暮一俊：シイタケの子実体の発育に対する二酸化炭素濃度の影響、*第43回日本木材学会大会研究発表要旨集*、P. 78 (1993)
- 11) 中村克哉：シイタケ、「キノコの事典」(中村克哉編集)、朝倉書店、東京、pp. 229–230 (1982)
- 12) 小出博志：菌床シイタケの栽培技術、「林業改良普及双書 No. 112 菌床シイタケの栽培と経営」(古川久彦編著)、全国林業改良普及協会、東京、pp. 74–81 (1992)
- 13) 鮎沢澄夫：自然栽培＝秋発生型長期栽培、「菌床シイタケのつくり方」(大森清寿編、北研食用菌類

- 研究所著)、農山漁村文化協会、東京、pp.141-152 (1993)
- 14) Kinugawa, K., Tanesaka, E.: Changes in the rate of CO₂ release from cultures of three basidiomycetes during cultivation, Trans. Mycol. Soc. Japan, 31, 489-500 (1990)
- 15) 衣田雅人: ヒラタケ、エノキタケおよびブナシメジの栽培過程における酸素消費量の変動、奈良県林試林業資料、7、28-30 (1992)
- 16) 渡辺和夫: ヒラタケの菌糸生長に及ぼす二酸化炭素の影響、奈良県林試研報、14、7-11 (1984)
- 17) 山本秀樹・中村公義・森山隆弘・赤羽弘文・柿本陽一: エノキタケの栽培ビンと培地内二酸化炭素濃度、日本菌学会第38回大会講演要旨集、p.113 (1994)
- 18) Watanabe, K.: Effect of physical properties of cultures on flushing Patterns of fruiting bodies in sawdust based cultivation of Shiitake, *Lentinus edodes* I, Mokuzai Gakkaishi, 41, 767-773 (1995)
- 19) 大賀祥治: シイタケ菌床栽培と菌床の熟成度、きのこの科学、2、1-13 (1995)
- 20) 富川康之・平佐隆文: シイタケ菌床栽培における散水方法が子実体発生に及ぼす影響、島根県林技研報、46、43-52 (1995)
- 21) 阿部正範・飯田繁・大賀祥治: シイタケ子実体発生に及ぼす培養温度の影響、日本応用きのこ学会誌、10、129-134 (2002)
- 22) Ohga, S., Cho, N.S., Thurston, C.F., Wood, D.A.: Transcriptional regulation of laccase and cellulase in relation to fruit body formation in mycelium of *Lentinus edodes* on a sawdust-based substrate, Mycoscience, 41, 149-153 (2000)
- 23) 善如時厚: シイタケ、「きのこハンドブック」(衣川堅二郎・小川真編集)、朝倉書店、東京、pp.36-37 (2000)
- 24) 河内進策・目黒貞利・中野直樹: 木粉培地でのシイタケ子実体原基の形成、木材学会誌、37、976-980 (1991)
- 25) 鮎沢澄夫: 空調栽培、「菌床シイタケの作り方」(大森清寿編、北研食用菌類研究所著)、農山漁村文化協会、東京、pp.105-116 (1993)
- 26) 衣川堅二郎: キノコの生理・生態、「キノコの事典」(中村克哉編集)、朝倉書店、東京、pp.49-53 (1982)
- 27) 山中勝次: きのこと生産における栄養条件と環境制御Ⅱ-応用編、「きのこの基礎科学と最新技術」(きのこ技術集談会編集委員会編)、農村文化社、東京、pp.163-164 (1991)
- 28) Ohga, S.: Comparison of extracellular enzyme activities among different strains of *Lentinus edodes* s grown on sawdust-based cultures relationship to their fruiting abilities, Mokuzai Gakkaishi, 38, 310-316 (1992)
- 29) Royse, D.J., Rhodes, T.W., Sanchez, J.E.: Vacuum-soaking of wood chip shiitake (*Lentinus edodes*) logs to reduce soak time and log weight variability and to stimulate mushroom yield, Appl. Microbiol. Biotechnol., 58, 58-62 (2002)
- 30) 池ヶ谷のり子・後藤正夫・林康夫: フェノール化合物およびウロン酸のシイタケ菌の栄養生長並びに子実体形成に伴う菌体外酵素活性の変動に及ぼす影響、日菌報、34、195-207 (1993)
- 31) 石川久雄・沖妙・仙波裕子: シイタケの子実体形成にともなう菌体外酵素活性の変化について、木材学会誌、29、280-287 (1983)
- 32) Matsumoto, T.: Changes in activities of carbohydrases, phosphorylase, proteinase and phenol oxidases during fruiting of *Lentinus edodes* in saw dust cultures, Rept. Tottori Myco 1. Inst., 26, 46-54 (1988)

- 33) Wood, D.A., Goodenough, P.W.: Fruiting of *Agaricus bisporus*, Arch.Microbiol., 114, 161–165 (1977)
- 34) 岩原博樹・吉本知孝・福住俊郎：ヒラタケ生育時の菌体外酵素の変化、木材学会誌、27、331–336 (1981)
- 35) Kitamoto, Y, Guren, H.E.: Distribution of cellular carbohydrates during development of mycelium and fruitbodies of *Flemmulina velutipes*, Plant Physiol., 58, 485–491 (1976)
- 36) 天野良彦・西澤賢一・床尾力哉・松澤恒友・神田鷹久： *Lyophyllum ulmarium*(*Hypsizygus marmareus*) の菌床栽培過程で生産される菌体外酵素、木材学会誌38、411–416 (1992)
- 37) 北本 豊・寺下隆夫・松田末広・小畑勝義・細井 登・河野又四・市川吉夫：アミスギタケの炭水化物の代謝変動、日菌報、19、273–281 (1978)

徳島すぎの構造利用に関する研究 — 横架材端部の鉛直支持耐力試験 —

三宅 裕司

要 旨

建築物の強度性能は、材料強度のほか、仕口など接合部の性能に影響される。現状では、多種多様の仕口仕様があり、構造計算上、支持耐力がいくらなのか明らかにする必要がある。そこで、徳島すぎを用いた県産木造住宅を供給する3タイプの住宅から、主な接合部を抽出し、鉛直支持耐力試験を実施した。

その結果、各住宅タイプの主な接合部の支持耐力が明らかとなった。柱—梁接合型の試験では、込み栓打ちによる伝統構法の仕様に高い支持耐力が示された。梁—梁接合型においては、梁材を受ける受け梁のめり込み耐力で決定され、その乾燥方法が大きく影響した。また、梁—梁接合（回転考慮）型では、接合金物の性能と取り付けによる仕口の密着度が影響した。梁—梁接合型が、高い支持耐力を得るには受け梁の残り寸法を大きく採る方が有効であった。

I はじめに

徳島県では、徳島すぎの構造利用を図るため、これまでに実大材強度試験の研究成果を生かし、品確法に対応した「徳島すぎスパン表」を作成し、設計者や大工・工務店等が現場で使えるものとして普及してきた。

しかし、実際の建築物の強度は、材料強度のみならず接合部（仕口）の性能に支配されている。これまで接合部（仕口）仕様の耐力について明示できていなかった。このため、徳島すぎ接合仕様検討委員会を発足させ、課題であった横架材端部の接合性能について、鉛直支持耐力試験を実施した。

II 試験体と試験方法

1. 住宅タイプ 通常使われている代表的な横架材端部を抽出するため、表—1に示す徳島すぎを使用した県産木造住宅を供給する3社（A、B、C）の仕様を選び、試験体の接合部を製作した。

2. 試験材料 試験体に使用する梁材については、那賀町丈ヶ谷（旧上那賀町）の65年生の山で、3

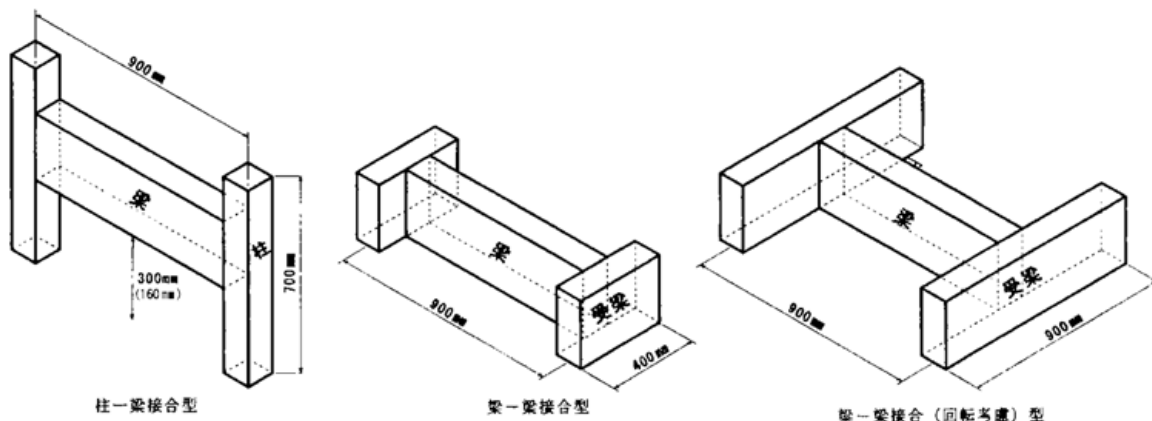


図-1 試験体図

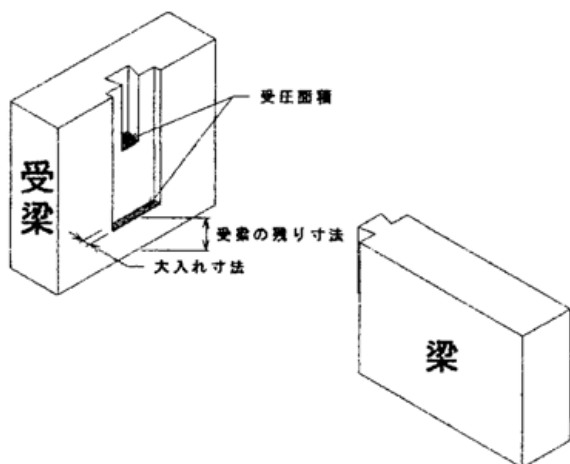


図-2 大入れ寸法と受け梁の残り寸法

ヶ月間、葉枯らし乾燥したすぎを用いた。評価値の信頼性を高めるため、丸太から製材品までを強度等級区分の手法を用い、ばらつきを抑えた試験材料を調達した。調達した梁材は、丸太、製材(乾燥前)、乾燥後の各段階において、縦振動法によるヤング測定を行い、E70～E90を60本選別、区分けした。

平均末口径30cm、長さ4mのすぎ丸太を120mm×240mm×4000mmに製材した後、乾燥は各住宅タイプの乾燥方法の仕様に従って実施した。

なお、受け梁、柱については、別途ヤング係数を揃えたものを購入等で調達した。

3. 試験体と仕口仕様 試験体は、図-1に示すように柱-梁接合型と梁-梁接合型の2型とし、梁-梁接合型については、受け梁(支持点)が回転しない場合と、受け梁が回転する影響を考慮した場合の2種類とした。

仕口仕様は、表-2～4に示すように3社(A、B、C)の通常用いられている標準仕様Sと、この仕様(標準形)を基準として、図-2に示す大入れ寸法や受け梁の残り寸法の影響を調査する仕様O、ヤング係数の影響を調査する仕様E、接合金物の影響を調査する仕様Kの4種を必要に応じて設定した。

試験体は、それぞれ各住宅タイプの加工方法に従い、合計3型4種121体を製作、供試した。

4. 試験方法 図-3に示すように梁中央部を力点として毎分5mmの単調増加荷重を加えた。変位測定は、梁中央部と梁端部仕口の両側で鉛直方向変位を測定した。柱-梁接合型及び梁-梁接合型は、

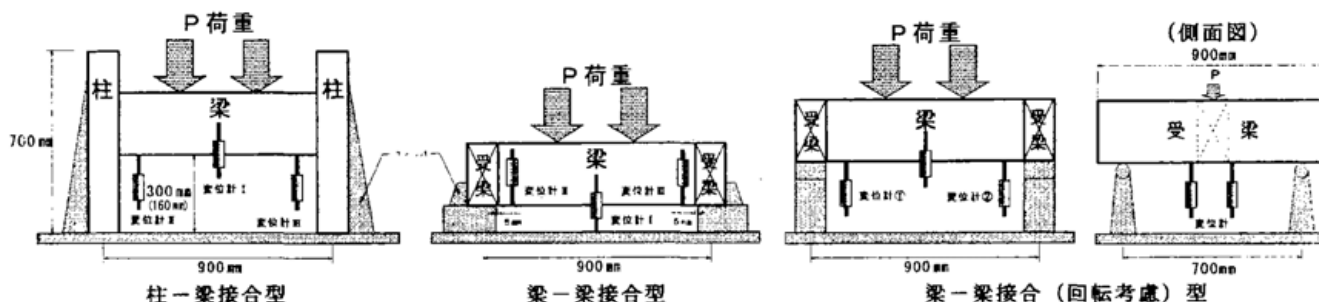
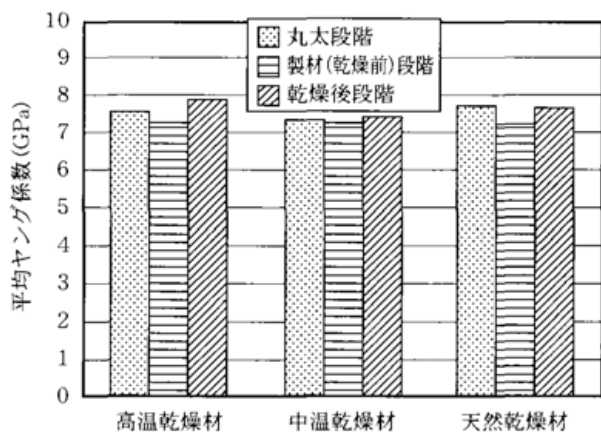


図-3 試験方法



図－4 ヤング係数追跡結果

最大荷重 P_{max} の $2/3$ の平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方とした。

なお、変位30mm時の荷重を最大荷重とし、変位30mm未満で最大荷重に達した場合は、それを最大荷重とした。また、降伏耐力 P_y は、荷重－変形曲線の終局加力を行った頂部を結んで作成した包絡線より求めた。得られた値は、 $1/2$ を乗じて梁端部（接合部）1箇所当たりの評価とした。

Ⅲ 結果と考察

1. 縦振動法によるヤング係数追跡結果 丸太、製材（乾燥前）、乾燥後の各段階においてヤング係数を追跡した結果を図－4に示した。丸太を製材することにより、密度の高い辺材部が切削されヤング係数が低下するが、各乾燥により含水率の低下とともにヤング係数が向上することが確かめられた。

乾燥後のばらつきを抑えるため、製材（乾燥前）段階で、平均ヤング係数を7.2GPaに揃えて各乾燥法に供試したところ、高温乾燥材は7.9GPa、中温乾燥材は7.4GPa天然乾燥材は7.6GPaの平均ヤング係数となった。また、各乾燥材の変動係数は0.1となり、ばらつきが抑えられた梁材を供試することができた。

2. 柱－梁接合型 表－5に示すように、通常使用されている標準形（S）の仕口では、伝統構法のCタイプが高い耐力値を示した。特に、込み栓打ちが施された仕口（SⅡ）では、他のタイプに比べ受圧面積が大きく、耐力にも大きく影響した。また、込み栓打ちは、仕口の胴付き力が高まることから、初期剛性の向上に著しい効果が認められた。（図－5）

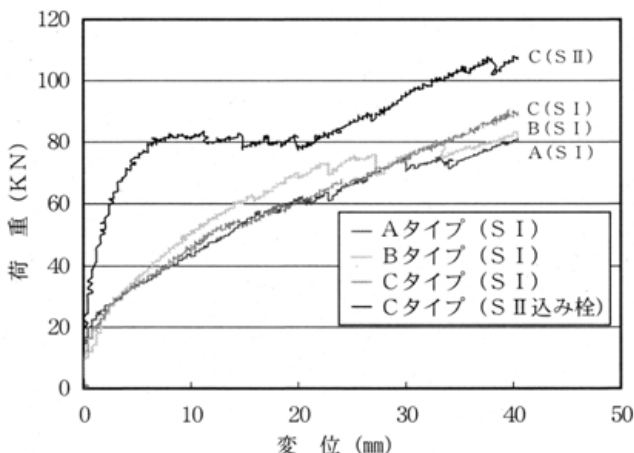
接合金物を用いたプレカットのAタイプでは、Dボルトの効果が認められるが、大入れ寸法を増した（OⅠ）は、耐力が増加しなかった。高温乾燥に伴う内部割れの影響ではないかと推察される。

また、軸ボルトを使用したプレカットのBタイプの標準形（SⅠ）については、期待した荷重が出なかった。ボルトなし（KⅠ）やE90の梁材を使用した（EⅠ）場合において、高い耐力値を示していることから、柱の回転が拘束されていると、ボルトは耐力に影響していないと考えられ

支持する柱や梁のズレや回転が生じないようにストッパーにより拘束した。また、梁－梁接合型において、標準形試験体の一部については受け梁の回転を考慮し、ストッパーを外した場合についても試験を行った。

5. 評価方法 梁端部の支持耐力は、短期基準接合耐力に $1.1/2$ を乗じた値を長期許容支持耐力として求めた。

短期基準接合耐力は、降伏耐力 P_y または、



図－5 標準形仕口の荷重－変位グラフ

る。むしろ、梁上端部に箱抜きを設けた軸ボルトは、施工上、初期段階での変形が生じやすく、また、割裂が生じやすいため、この点を改善する必要がある。

3. 梁—梁接合型 柱—梁接合型と違い、この型の試験は梁を受ける受け梁の繊維方向が荷重に対して直交するため、接合部耐力は、梁材のせん断耐力ではなく、受け梁のめり込み耐力で決定した。(図-6) このため、表-6に示すように各タイプとも受け梁の残り寸法を増した(OⅡ、OⅢ)場合は、耐力の向上が見られた。なお、大入れ寸法を増した(OⅠ)場合やE90の梁材を使用した(EⅠ)場合については、Aタイプにおいて高い耐力値を示したが、他のタイプにはこの傾向が見られなかった。また、通常使用される標準形(S)の仕口は、B・Cタイプが高い耐力値を示した。

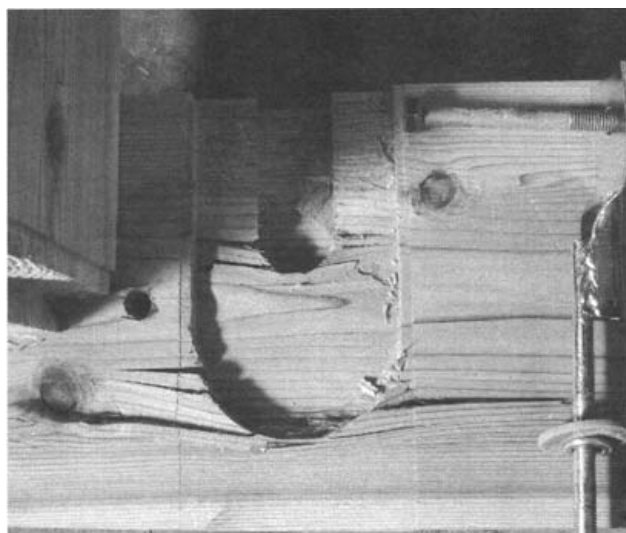


図-6 受け梁のめり込み破壊

このことから、受け梁の回転を拘束しているため、ボルトの効果よりも、梁材の乾燥方法による違いが耐力値の差に現れていると考えられる。また、受圧面積の増加(大入れ寸法を増すこと)が、単純に耐力増となるよりも、断面欠損による受け梁の剛性低下を考慮する必要がある。同様に、ヤング係数の高い材を使用した場合についても、単純に耐力増となる明確な要因にはならず、試験体数を増やして精細な検討を行う必要がある。

4. 梁—梁接合(回転考慮)型 表-7に示すように、通常使用されている標準形(S)の仕口では、Aタイプが高い耐力値を示した。Aタイプが使用するDボルトは、断面の中心に軸ボルトを入れて梁材を引き寄せるため、仕口の密着度が高く、梁の抜け出し防止に高い効果が出ている。Bタイプについては、羽子板ボルトの締め付けや取り付け方による遊びの影響ですべりが生じるが、遊びがなくなると耐力が向上した。

A・BタイプそれぞれのSⅠとSⅡは、受け梁の残り寸法が同じであったが、耐力値の差が梁断面や大入れ寸法の違いによるものかは、明確な要因が得られなかった。Cタイプについては、接合金物を使用していないにもかかわらずBタイプのSⅡに近い値を示したが、外周梁や吹き抜けに面した梁に使用する場合は、回転することにより耐力が小さいので、ボルトを併用することによって支持耐力

の向上を図る必要がある。

特に、この型は梁—梁接合型のSⅠ(回転考慮)と違い、受け梁の回転のほか、たわみによる影響も考慮する必要がある。スパンを長く採る場合や負担荷重が重い場合は、耐力の低下を考慮する必要がある。

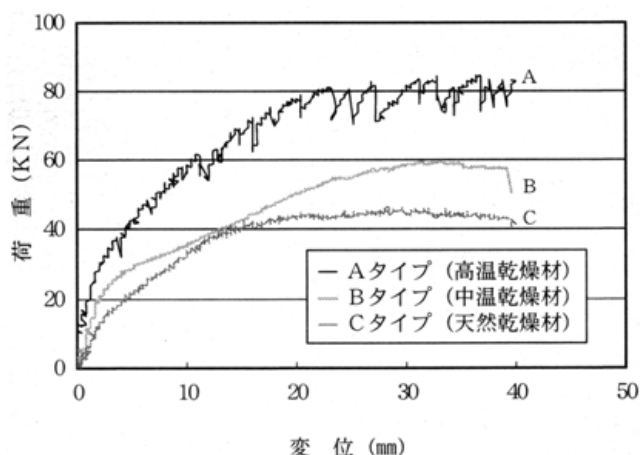


図-7 乾燥別荷重—変位グラフ

5. 各乾燥法の性状 図-7に梁—梁接合(回転考慮)型の荷重—変位グラフの一例を示した。Aタイプが使用している高温乾燥材は、グラフ初期の立ち上がりから、初期剛性が高いことが示さ

表－1 県産木造住宅

住宅タイプ	A	B	C
加工方法	プレカット	プレカット	手加工
構造材(乾燥工程)	高温乾燥材(120℃で5日間)	中温乾燥材(80℃で2週間)	天然乾燥材(栈積み3ヶ月間)
壁工法	板壁	大壁	土壁
工期	4ヶ月	3～4ヶ月	6～12ヶ月

れた。また、高温乾燥材は、高い耐力が示されているが、降伏後の耐力が上下に大きく振れ、内部割れの影響が示唆された。Cタイプが使用する天然乾燥材は、グラフの初期線が緩やかに放物線状を示した。Bタイプが使用する中温乾燥材は、高温乾燥と天然乾燥の中間的な性状を示した。

IV おわりに

木造住宅における接合部の形状は多種多様である。今回の試験では乾燥・加工方法や接合形状の組み合わせが限定されているものの、徳島すぎを使用した県産木造住宅の代表的な接合部の鉛直支持耐力が明らかになり、実際の構造計算にも使えるものとなった。

この試験結果については、現場で使えるものとして徳島すぎ接合仕様検討委員会の監修のもと別途「徳島すぎスパン表接合編」として指針書を作成する予定である。また、接合性能が明らかになる一方、一部において接合部の耐力不足などいくつかの技術課題も浮き彫りとなり、改善策の検討も必要である。

V 謝 辞

本研究にあたっては、試験設計からご指導を頂いた有限会社山辺構造設計事務所の山辺豊彦氏、鈴木竜子氏、宮本構造設計の宮本昌司氏、堀川建築構造設計事務所の堀川誠一氏、材料供給から試験体作製までご協力頂いた徳島県木の家づくり協会の方々に感謝の意を表します。

引用文献

- 1) (財)日本住宅・木材技術センター：木造軸組工法住宅の許容応力度設計、(2001)
- 2) 徳島県：徳島すぎ接合仕様検討中間報告書－横架材端部の鉛直支持耐力試験結果、(2004)
- 3) 三宅裕司：徳島すぎを用いた県産木造住宅の強度性能について、平成15年度森林林業研究発表会概要集、p13－16、(2004)
- 4) 小松幸平、森 拓郎：伝統木造継手・仕口における「胴付き力」の測定に関する実験的試み、日本建築学会近畿支部研究報告集第43号・構造系、p5－8、(2003)

表－2 柱－梁接合型試験体の仕口仕様

住宅タイプ	A				B		C	
試験体番号	S I	O I	K I	S I*	E I	K I	S I	S II
仕口仕様	胴差し	胴差し	胴差し	胴差し	胴差し	胴差し	胴差し	二胴差し
接合金物	Dボルト	Dボルト	無	軸ボルト	軸ボルト	無	軸ボルト	無(込み栓)
梁断面寸法(mm)	120×240	120×240	120×240	120×240	120×240	120×240	120×240	120×240
柱断面寸法(mm)	120×120	120×120	120×120	120×120	120×120	120×120	150×150	150×150
ヤング係数(E)	70	90	70	70	90	70	70	70
受圧面積(mm ²)	1,800	2,850	1,800	2,060	2,060	2,060	2,052	5,591
大入れ寸法(mm)	15	30	15	16	16	16	21	21
試験体数(体)	5	5	4	4	5	3	5	5

*試験体の梁下高さは、160 mm

表－3 梁－梁接合型試験体の仕口仕様

住宅タイプ	A					
試験体番号	S I	E I	K I	O I	O II	O III
仕口仕様	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け
接合金物	Dボルト	Dボルト	無	Dボルト	Dボルト	Dボルト
梁断面寸法 (mm)	120 × 240	120 × 240	120 × 240	120 × 240	120 × 240	120 × 240
受け梁断面寸法 (mm)	120 × 270	120 × 270	120 × 240	120 × 270	120 × 270	120 × 270
ヤング係数 (E)	70	90	70	90	70	90
受圧面積 (mm ²)	2,398	2,398	2,398	5,080	5,080	5,080
大入れ寸法 (mm)	9	9	9	30	30	30
受け梁の残り寸法 (mm)	60	60	60	60	90	90
試験体数 (体)	10 (5)	3	3	3	2	3
住宅タイプ	B					
試験体番号	S I	E I	K I	O I	O II	O III
仕口仕様	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け
接合金物	羽子板ボルト	羽子板ボルト	無	羽子板ボルト	羽子板ボルト	羽子板ボルト
梁断面寸法 (mm)	120 × 240	120 × 240	120 × 240	120 × 240	120 × 240	120 × 240
受け梁断面寸法 (mm)	120 × 240	120 × 240	120 × 240	120 × 240	120 × 270	120 × 270
ヤング係数 (E)	70	90	70	90	70	90
受圧面積 (mm ²)	2,454	2,454	2,454	4,650	4,650	4,650
大入れ寸法 (mm)	12	12	12	30	30	30
受け梁の残り寸法 (mm)	60	60	60	60	90	90
試験体数 (体)	10 (5)	3	3	3	2	3
住宅タイプ	C					
試験体番号	S I	S II	E I	O I	O II	O III
仕口仕様	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け
接合金物	無	軸ボルト	無	無	無	無
梁断面寸法 (mm)	120 × 240	120 × 240	120 × 240	120 × 240	120 × 240	120 × 240
受け梁断面寸法 (mm)	120 × 300	120 × 300	120 × 300	120 × 300	120 × 300	120 × 300
ヤング係数 (E)	70	70	90	90	70	90
受圧面積 (mm ²)	3,157	3,157	3,157	4,912	4,912	4,912
大入れ寸法 (mm)	15	15	15	30	30	30
受け梁の残り寸法 (mm)	60	60	60	60	90	90
試験体数 (体)	6 (1)	3	3	3	2	3

(内数) は、受け梁の回転を考慮した試験体数

表－4 梁－梁接合（回転考慮）型試験体の仕口仕様

住宅タイプ	A		B		C
試験体番号	S I	S II	S I	S II	S I
仕口仕様	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け	大入れ蟻掛け
接合金物	Dボルト	Dボルト	羽子板ボルト	羽子板ボルト	無
梁断面寸法 (mm)	120 × 240	120 × 240	120 × 240	105 × 240	120 × 240
受け梁断面寸法 (mm)	120 × 270	120 × 240	120 × 240	105 × 240	120 × 300
ヤング係数 (E)	70	70	70	70	70
受圧面積 (mm ²)	2,398	2,398	2,454	2,204	3,157
大入れ寸法 (mm)	9	9	12	12	15
受け梁の残り寸法 (mm)	60	60	60	60	60
試験体数 (体)	3	5	3	3	3

表－5 柱－梁接合型の試験結果

単 位：
kN

住宅タイプ	試験体番号	試験体数	最大荷重 P max	最大荷重の2/3 2/3・P max	降伏耐力 P y	短期基準接合耐力 P t	長期許容支持耐力
A	S I	5体	33.47	22.31	16.89	13.90	7.65
	O I	5体	41.53	27.69	20.32	13.27	7.30
	K I	4体	22.54	15.03	11.50	9.58	5.27
B	S I	4体	34.36	22.90	17.32	14.00	7.70
	E I	5体	42.98	28.66	23.25	19.04	10.47
	K I	3体	35.01	23.34	17.48	15.62	8.59
C	S I	5体	37.34	24.89	19.70	16.73	9.20
	S II	5体	51.42	34.28	35.22	25.79	14.18

表-6 梁-梁接合型の試験結果

単位：
kN

住宅タイプ	試験体番号	試験体数	最大荷重 P max	最大荷重の2/3 $2/3 \cdot P \text{ max}$	降伏耐力 P y	短期基準接合耐力 P t	長期許容支持耐力
A	S I	5体	39.87	26.58	21.01	13.82	7.60
	S I (回転考慮)	5体	35.86	23.91	18.45	16.62	9.14
	E I	3体	41.22	27.48	24.62	19.30	10.61
	K I	3体	25.15	16.77	17.87	12.56	6.91
	O I	3体	51.02	34.01	34.07	22.28	12.25
	O II	2体	45.62	30.41	25.33	19.00	10.45
	O III	3体	47.78	31.86	26.96	19.81	10.89
B	S I	5体	40.82	27.22	26.16	20.56	11.31
	S I (回転考慮)	5体	25.25	16.83	15.52	12.96	7.13
	E I	3体	37.54	25.02	24.24	17.39	9.57
	K I	3体	29.05	19.37	17.07	13.20	7.26
	O I	3体	43.16	28.77	29.06	16.04	8.82
	O II	2体	45.95	30.63	26.31	19.73	10.85
	O III	3体	52.81	35.21	33.86	26.15	14.38
C	S I	5体	39.44	26.30	22.13	19.14	10.52
	S I (回転考慮)	1体	25.76	17.17	15.68	11.76	6.47
	S II	3体	43.46	28.97	22.51	20.83	11.45
	E I	3体	36.28	24.19	20.75	13.02	7.16
	O I	3体	47.83	31.89	26.00	13.04	7.17
	O II	2体	45.65	30.44	26.42	19.82	10.90
	O III	3体	50.85	33.90	29.32	21.56	11.86

表-7 梁-梁接合（回転考慮）型の試験結果

単位：
kN

住宅タイプ	試験体番号	試験体数	最大荷重 P max	最大荷重の2/3 $2/3 \cdot P \text{ max}$	降伏耐力 P y	短期基準接合耐力 P t	長期許容支持耐力
A	S I	3体	35.93	23.95	17.00	13.61	7.49
	S II	5体	37.30	24.86	19.22	16.66	9.16
B	S I	3体	27.93	18.62	15.81	12.41	6.83
	S II	3体	25.99	17.33	12.83	11.08	6.09
C	S I	3体	24.52	16.35	13.90	10.85	5.97

徳島県立農林水産総合技術センター
NO.4 森林林業研究所研究報告

平成17年 6 月25日印刷 非売品
平成17年 7 月 1 日発行

編集兼発行者 徳島県徳島市南庄町 5 丁目69番地
 森林林業研究所
 〒770-0045
 ☎088-632-4237

印 刷 所 徳島市問屋町165
 協業組合 徳島印刷センター
 〒770-8056
 ☎088-625-0135