

島根林技研報  
Bull. Shimane. Pref.  
For. Res. Cent.

ISSN 0910-9471

BULLETIN  
OF THE  
SHIMANE PREFECTURE FOREST RESEARCH CENTER  
No. 46  
March 1995

---

---

# 島根県林業技術センター研究報告

第46号

平成7年3月

---

---

SHIMANE PREFECTURE FOREST RESEARCH CENTER  
SHINJI, SHIMANE, JAPAN

島根県林業技術センター

島根県宍道町

# 目 次

## 論文

- ヒノキ漏脂病の患部と健全部からの菌類分離試験  
.....周 藤 靖 雄 ..... 1

## 論文

- 「粗皮落とし」によるスギカミキリ加害回避効果とその実用的技法の検討  
.....井ノ上二郎・金森弘樹 ..... 11

## 論文

- オキノウサギとトウホクノウサギの飼育と野外飼育場での被害回避試験  
.....金 森 弘 樹 ..... 19

## 論文

- 島根県産アカマツ材の強度性能  
.....池 淵 隆・錦 織 勇 ..... 33

## 論文

- 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  
.....富川康之・平佐隆文 ..... 43

## 短報

- シヨウロ土壤培養菌糸体接種によるクロマツまきつけ苗の菌根合成  
.....平 佐 隆 文 ..... 53

## 論文 ヒノキ漏脂病の患部と健全部からの菌類分離試験

周 藤 靖 雄

Isolation of Fungi from the Lesions of the Resinous Stem Canker  
and the Sound Stems in *Chamaecyparis obtusa*

Yasuo SUTO

### 要 旨

島根県下で採集したヒノキ漏脂病発病木の患部と健全部から菌類を分離した。患部内樹皮と変色木部からは3種の盤菌類—*Cistella japonica*, *Pezicula livida* (*Cryptosporiopsis abietina*) および *Sarea resiniae* を高率に分離した。健全部の内樹皮からもこれら3種を、また木部からは *C. japonica* と *S. resiniae* をきわめて低率ではあるが分離した。変色木部からは担子菌の1種を高率で分離した場合があった。本病の病原菌は *C. japonica* であると考えるが、本菌は健全部に潜伏しており、患部組織では最初優勢に蔓延するが、のちに *C. abietina* や *S. resiniae* も侵入して蔓延すると推察する。

### I はじめに

周藤ら(7, 8, 13)は島根県におけるヒノキ漏脂病の被害実態を調査して、本病が県下全域のヒノキ若齢林に普遍的に発生して、ときに高い発病率の激害を与えていることを明らかにした。また、本病の病因についても究明して、患部組織からの菌類分離試験を行い、3種の盤菌綱に属する子のう菌—*Cistella japonica* Suto and Kobayashi, *Pezicula livida* (Berk. and Br.) Rehm [不完全世代 *Cryptosporiopsis abietina* Petrak] および *Sarea resiniae* (Fries ex Fries) Kuntze [不完全世代 *Pycnidiella resiniae* (Fries ex Fries) Höhnelt] を高率に分離した(8)。そして、周藤(8, 10)はこれら3種の病原性を検討するために接種試験を行った結果、*C. japonica* を病原菌と判定するに至った(9, 12)。

本研究では本病発病木の患部組織における菌類の蔓延状態をさらに多くの試料を用いて検討するために、1990~1992年県下各地から採集した漏脂病発病木の患部からの菌類分離試験を行った。また、外見

上異常を認めない樹幹の組織からも分離試験を行い、前述の3種の菌の健全組織への潜伏の有無を調査した。

本研究は情報活動システム化事業の「ヒノキ漏脂病の被害実態と防除技術に関する調査」の1試験事項として実施したものである。本研究への参加を許された林野庁研究普及課研究企画官森山忠雄氏、また試料採取に協力していただいた各農林振興事務所林業課と隠岐支庁農林部林業振興課の各位に厚くお礼を申しあげる。

### II 試験方法

県下各地の9林分から20本の発病木を伐倒して供試した。樹齢は12~22年生の若齢木であり、新しい樹脂が流出中の発病木を選んで用いた。患部の発生部位は枝打痕と不特定のものが多く、枯枝基部とスギカミキリ加害部のものも少数あった(表-1)。

発病患部については、樹脂が浸出する内樹皮と灰青色または褐色に変色した木部を供試した。前者では樹脂が浸出する部位の縁辺を選んだ。1試料では患部の外樹皮も供試した。また、健全部については

外樹皮、樹脂浸出を認めない内樹皮および変色を認めない木部を供試した。分離操作は供試験木の伐倒後5日以内に行った。キシロールで滅菌したなたとはさみを用いて、5×3×1mmの小切片を作った。供試片数は各供試料別に原則として200または300片とした。これらを包埋かごに入れて水道水で1.5時間流水洗浄した後、さらに滅菌水で3回洗浄した。これをストレプトマイシンを3γ/ml添加したジャガイモ・ブドウ糖寒天培地上に置き、冷蔵庫中(5℃)で約1か月培養した後、室内に放置して出現菌を調査した(写真-1)。

### Ⅲ 試験結果

#### 1. 患部からの菌類分離結果

分離結果は表-2に示したが、すべての試料で供試した切片のほとんどまたは75%以上の多くから菌類(糸状菌)と細菌を分離した。子のう菌類、盤菌綱に属する*C. japonica*, *P. livida*および*S. resiniae*が概して高率に分離された。分離されたこれら3種の判別は培地上に成長した菌そうの形態によった。なお、従来の実験結果(5, 10)と同様に、培地上において*C. japonica*は子のう盤、分生子などの繁殖器官をまったく形成せず、また*S. resiniae*はときに分生子を形成した。*P. livida*については、分離培養中にしばしばにおいて不完全世代*C. abie-*

*tina*の分生子を形成したので、以下この世代の学名で記す(写真-2~6)。

外樹皮については1試料(No. 3)を供したに過ぎないが、ほとんどの切片から*C. abietina*を分離し、*C. japonica*と*S. resiniae*はきわめて少数の切片から分離したに過ぎなかった。

内樹皮からはすべての試料で*C. japonica*, *C. abietina*, *S. resiniae*の3種、またはこれらのうちの2種を分離した。供試した15試料のうち、*C. japonica*, *C. abietina*はそれぞれ12, 8試料、*S. resiniae*はすべての試料から分離した。分離率20%以上の場合が、*C. japonica*, *C. abietina*, *S. resiniae*でそれぞれ6, 7, 5試料あり、うち50%以上の場合が*C. japonica*と*C. abietina*でそれぞれ2, 3試料あった。*C. japonica*を高率で分離した試料(No. 4, 6, 7, 10, 11, 13)では*C. abietina*を分離せず、一方*C. abietina*を高率で分離した試料(No. 3, 5)では*C. japonica*を分離しない場合があった。

木部については1試料を除いては*C. japonica*, *C. abietina*, *S. resiniae*のいずれか1種または2種を分離した。供試した11試料のうち*C. japonica*, *C. abietina*, *S. resiniae*をそれぞれ5, 9, 3試料から分離した。*C. japonica*は3試料で30~50%, *C. abietina*は5試料で40~100%で分離し、*S.*

表-1 供試したヒノキ漏脂病の発病木

No.	採集地	樹齡(年生)	本数	患部発生部位	採集年月日	
1	伯太	能義郡伯太町赤屋	18	3	枝打痕, 不特定	1990年10月8日
2	宍道(1)	八束郡宍道町宍道	18	2	スギカミキリ加害部	1990年5月30日
3	"(2)	"	20	1	不特定	1991年9月10日
4	"(3)	"	20	1	枝打痕	1991年12月13日
5	"(4)	"	19	1	不特定	1992年7月30日
6	出雲(1)	出雲市朝山町	20	1	枝打痕	1992年5月6日
7	"(2)	"	20	1	"	"
8	"(3)	"	20	1	不特定	"
9	"(4)	"	20	1	"	"
10	赤来(1)	飯石郡赤来町下赤名	22	1	"	1991年6月18日
11	"(2)	" 下来島	12	1	スギカミキリ加害部	"
12	平田	平田市猪目町	20	1	枯枝基部	1990年6月26日
13	浜田	浜田市西村	20	1	枝打痕	1992年6月30日
14	金城	那賀郡城町小田	16	1	"	"
15	六日市	鹿足郡六日市町朝倉	19	3	不特定	1990年10月2日

表-2 患部からの菌類の分離結果

分離菌	No.1 伯太		2 穴道(1)		3 穴道(2)			4 穴道(3)		5 穴道(4)	
	内樹皮		内樹皮	木部	外樹皮	内樹皮	木部	内樹皮	木部	内樹皮	木部
	<i>Cistella japonica</i>	21 <sup>o</sup>	12	13	2			71	44		
<i>Cryptosporiopsis abietina</i>	66	48	85	97	87	89		40	70	100	
<i>Sarea resinæ</i>	+	5		1	4		3		16		
<i>Cladosporium</i>		7			2		2		2		
<i>Epicoccum</i>		1	1								
<i>Papularia</i>		2	1	3	4		3		1		
<i>Penicillium</i>	1	36		2	5		3		10	1	
<i>Pestalotiopsis</i>	1	1			1						
<i>Trichoderma</i>		2		1	1						
担子菌の1種						12					
不明	1	1		1	2	1	9	3	6	1	
細菌	16	3			2	1	63	44	18	23	
供試片数	300	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
糸状菌・細菌分離片数	297	197	196	197	200	198	200	194	197	200	

分離菌	6 出雲(1)		7 出雲(2)		8 出雲(3)		9 出雲(4)		10 赤来(1)		11 赤来(2)	
	内樹皮		内樹皮	木部	内樹皮	内樹皮	内樹皮	木部	内樹皮	木部	内樹皮	木部
	<i>Cistella japonica</i>	86	12	29	3	22	42	54	49			
<i>Cryptosporiopsis abietina</i>					40							
<i>Sarea resinæ</i>	6	32	2	22	1	19		15				
<i>Cladosporium</i>	1	1		1	1	2	1			1		
<i>Epicoccum</i>						1						
<i>Fusarium</i>						1						
<i>Papularia</i>	2	5	1	1	1		4	2	2			
<i>Penicillium</i>			1	6	19	5	6	3	2			
<i>Pestalotiopsis</i>	1	8		1		9	28	1	1			
<i>Phomopsis</i>						2						
<i>Seiridium</i>		2										
<i>Stemphilium</i>								1				
<i>Trichoderma</i>		2	1	2		6	1	4				
担子菌の1種										75		
不明	20	41	95	61	4	24	16	35	2			
細菌	10	48	34	30	46	26	4	9	1			
供試片数	200	200	200	200	200	200	200	190	195			
糸状菌・細菌分離片数	192	194	199	189	200	191	174	179	158			

表-2 つづき

分離菌	12 平 田		13 浜 田		14 金 城		15 六 日 市	
	内樹皮	木部	内樹皮	木部	内樹皮	木部	内樹皮	木部
	<i>Cistella japonica</i>	7		18	15	7		
<i>Cryptosporiopsis abietina</i>	26	12		74	35	75	5	21
<i>Sarea resinae</i>	42	8	50		8		21	17
<i>Alternaria</i>					2	1	1	
<i>Cladosporium</i>	3	2	2	2	5			
<i>Epicoccum</i>	2	1	1	1	1	1	1	
<i>Papularia</i>			1					
<i>Penicillium</i>	4	3	8	2	9	1		
<i>Pestalotiopsis</i>	+	1			1			
<i>Trichoderma</i>	1	1	1			1	1	1
担子菌の1種		48						
不明	18	8	35		2	17	44	46
細菌	2		27	29	54	25	10	9
供試片数	300	200	190	200	200	200	200	200
糸状菌・細菌分離片数	286	150	181	200	187	196	143	146

a) 分離率(%), +は1%未満。

*resinae*はいずれの試料でも20%以下であった。*C. japonica*を高率で分離した試料(No. 7, 10)では*C. abietina*を分離せず、一方*C. abietina*を高率で分離した試料(No. 3, 4, 14, 15)では*C. japonica*を分離しない場合があった。また、菌そうが白色、綿毛状で菌糸隔膜部にかすがい連結を認める担子菌類の1種を3試料からそれぞれ10, 50, 80%で分離した。

ほとんどすべての試料から*Penicillium*や細菌を分離し、分離率は前者では40%、後者では60%に達する場合があった。また、多くの試料から*Cladosporium*, *Papularia*および*Pestalotiopsis*を分離し、*Pestalotiopsis*では分離率が10~30%に達する場合があったが、他の2種では普通5%以下に留まった。また、少数の試料からは*Alternaria*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Phomopsis*, *Seiridium*, *Trichoderma*などを分離したが、分離率は5%以下に留まった。その他に未同定の菌を多種分離したが、これらの合計が50%以上に及ぶ場合もあった。

## 2. 健全部からの菌類分離結果

分離結果は表-3に示したが、供試した切片数に対する糸状菌と細菌の分離切片数の割合は患部の場合に比べて低率であり、50%以下の場合も3試料あった。

外樹皮については7試料を供試したが、*C. japonica*は分離されなかった。*C. abietina*を6試料から分離し、2試料では25, 30%と高率であったが、他は10%以下であった。*S. resinae*を4試料から分離したが、いずれも5%以下であった。

内樹皮については10試料を供試したが、*C. japonica*を2試料(No. 13, 14)から1%のきわめて低率で分離した。*C. abietina*は3試料からいずれも1%のきわめて低率で分離したに過ぎなかった。*S. resinae*は8試料から分離したが、うち分離率10~30%の場合が6試料あった。

木部については10試料を供試したが、*C. japonica*を1試料(No. 10)から1%のきわめて低率で分離した。*C. abietina*はいずれの試料からも

表-3のつづき

分離菌	No. 13 浜田		No. 14 金城		No. 15 六日市			
	内樹皮	木部	内樹皮	木部	外樹皮	外樹皮	内樹皮	木部
<i>Cistella japonica</i>	1		1					
<i>Cryptosporiopsis abietina</i>			1		12	8		
<i>Sarea resiniae</i>	18	9	29	12	1	6	4	5
<i>Alternaria</i>		2	1	2	1	1		1
<i>Cladosporium</i>	2	2	5	5	2	1	1	2
<i>Epicoccum</i>	2	2	1	1		2		
<i>Fusarium</i>					1	1		
<i>Papularia</i>	3	2	1	6	5	3	1	1
<i>Penicillium</i>	17	19	10	8	32	21	21	6
<i>Pestalotiopsis</i>	1	1	1	1	1	1		1
<i>Trichoderma</i>	1				1	3	1	1
不明	4	4	5	4	37	36	12	15
細菌	74	55	71	73	1	5	9	26
供試片数	200	200	200	200	200	200	200	200
糸状菌・細菌分離片数	190	164	181	187	163	152	89	101

\*) 分離率(%), +は1%未満。

分離されなかった。*S. resiniae*は8試料から分離され、分離率20、10%の場合がそれぞれ1試料あったが、他は10%未満の低率であった。

ほとんどすべての試料から*Penicillium*と細菌を分離し、前者では40%、後者では90%に達する場合もあった。また、多くの試料から*Cladosporium*、*Papularia*および*Pestalotiopsis*を分離し、*Papularia*では分離率が15、35%に達する場合があったが、他の2種では5%以下に留まった。また、少数の試料から*Alternaria*、*Epicoccum*、*Fusarium*、*Phomopsis*、*Seiridium*および*Trichoderma*分離したが、分離率は5%以下に留まった。その他に未同定の菌を多種分離したが、これらの合計が30~70%の高率に及ぶ場合があった。

#### IV 考 察

本研究において供試したヒノキ漏脂病の発病患部の内樹皮からは3種の菌類—*C. japonica*、*C. abietina*および*S. resiniae*を概して高率で分離した

が、これは前試験(8)の結果と同様であった。また、これら3種は患部の変色した木部からも分離される場合があり、*C. japonica*と*C. abietina*では分離率が高い場合があった。これら3種は全国各地で発生した漏脂病の患部からも高率で分離されている(2, 3, 4, 6, 14)。供試した内樹皮、木部の場合ともこれら3種の分離率が試料によって大きく異なった。これは後に詳しく述べるが、その患部が生じてからの期間—患部の新旧によると考える。なお、供試した患部は枝打痕、枯枝基部、スギカミキリ加害部、不特定などに生じていたが、これら3種の分離状態は患部発生部位の種類によって異なるとは言い難い。

これら3種の菌類は健全な内樹皮や木部からも分離され、これらの組織内に潜伏していることが分かった。前試験(7)でもこれら3種が健全部の内樹皮からきわめて低率ながら分離されている。*C. abietina*はヒノキの健全な苗木の枝や幹、また健全な成木の種子、球果、内樹皮、形成層部から分離された

表-3 健全部からの菌類の分離結果

分 離 菌	No. 1 伯 太			2 宍道(1)			3 宍道(2)		
	外樹皮	内樹皮	木部	外樹皮	内樹皮	木部	外樹皮	内樹皮	木部
	<i>Cistella japonica</i>								
<i>Cryptosporiopsis abietina</i>	4 <sup>b)</sup>			7	1		25		
<i>Sarea resinae</i>	3	25	22		11	2			
<i>Alteranaria</i>				1	+			3	
<i>Cladosporium</i>		1	1		1	2	2	4	1
<i>Epicoccum</i>	1			1	1	1			1
<i>Fusarium</i>	1			+			1		
<i>Papularia</i>	7	1	1	16	1		35	2	7
<i>Penicillium</i>	16	3	2	45	8		38	1	2
<i>Pestalotiopsis</i>	1	1	3	4			2		2
<i>Phomopsis</i>				+					
<i>Rhizosphaella</i>					+				
<i>Stemphiliium</i>	1								
<i>Trichoderma</i>		1		1	4			1	2
不明	44	27	32	16	1	1	2		
細菌	4	8	22	13	12	8	42	88	5
供試片数	200	200	200	300	300	200	200	200	200
糸状菌・細菌分離片数	146	115	138	261	138	132	197	184	37

分 離 菌	5 宍道(4)		6 出雲(1)		10 赤来(1)			12 平 田		
	内樹皮	木部	内樹皮	木部	外樹皮	内樹皮	木部	外樹皮	内樹皮	木部
	<i>Cistella japonica</i>				5			1		
<i>Cryptosporiopsis abietina</i>								29	1	
<i>Sarea resinae</i>			11	7		1	2	4	10	5
<i>Alternaria</i>	2	3						+	1	3
<i>Cladosporium</i>	4	4		1	3			1	1	2
<i>Epicoccum</i>	1	1		1		1			+	2
<i>Fusarium</i>								+		
<i>Papularia</i>	4				14	7	3			1
<i>Penicillium</i>	8	1	10		45	25		9	6	1
<i>Pestalotiopsis</i>	1	1		1	2	1	1			1
<i>Phomopsis</i>					2	1	2			
<i>Seridium</i>			1							
<i>Trichoderma</i>						1	2	+	+	
不明	6	8	23	21	17	17	18	69	3	9
細菌	59	81	91	73	1	2	23	2	44	41
供試片数	200	200	200	200	200	200	200	300	300	150
糸状菌・細菌分離片数	194	180	195	179	157	105	93	288	193	95



報告がある(1)。本試験では*C. japonica*は内樹皮と木部の、また*C. abietina*は内樹皮の少数の試料からきわめて低率で分離されたに過ぎない。一方、*S. resinae*は内樹皮、木部とも多くの試料から分離され、分離率がかなり高率の場合があった。

周藤はこれら3種の菌類についてヒノキ若齢木に対して接種試験を行った。*C. abietina*を接種した場合は少量の樹脂の流出を伴う胴枯病斑が生じて自然発病の患部と形態が異なり、*S. resinae*は病原性をまったく示さなかった(11, 12)。一方、*C. japonica*を接種した場合は、樹脂が著しく流出する自然発病と同様の患部が生じ、本菌が本病の病原菌であると主張した(9, 12)。

島根県における本病の被害実態調査から、患部が枝打痕、枯枝基部、スギカミキリ加害部、ニホンジカ剥皮部、なた傷などなど特定な部位に生じたものも多かった(7, 8, 13)。本試験に供した試料にもこれら特定な部位に生じた患部がある。これらの傷などは発病に際して発病の誘因になったと考える。前述したように*C. japonica*は健全木の内樹皮や木部に潜伏していたが、これら傷などによって特定の部位に生じた宿主のストレスが、本菌による発病の契機となったと推察する。

本病の患部にはまず病原菌である*C. japonica*が蔓延すると考えるが、ついでこの壊死部には他の菌が腐生的に侵入するであろう。*C. abietina*や*S. resinae*は壊死部に早期に侵入する菌類と考える。*C. japonica*を高率で分離した試料では*C. abietina*を分離しなかったが、これらは新しい患部であり、*C. abietina*を高率で分離した試料では*C. abietina*を分離しなかったが、これらは古い患部と推察する。本病の患部における菌類の遷移については、経時的に調査する必要がある。なお、Kaneko and Sakamoto (1)は*C. abietina*の拮抗菌としての特性について検討し、本菌の浸出液は3種の病原菌の菌そうの成長を抑制したものの、*C. japonica*、*S. resinae*の成長には影響を与えなかったと報じている。

## 引用文献

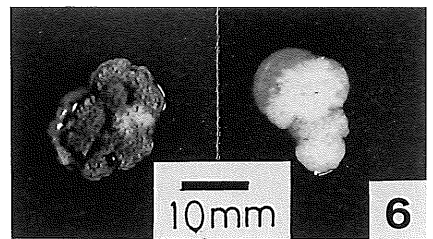
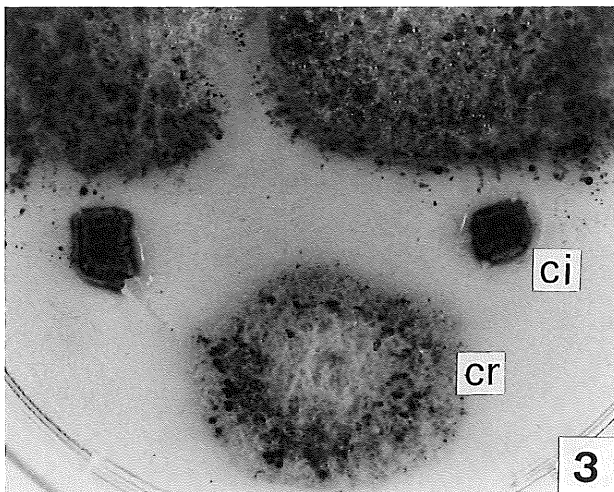
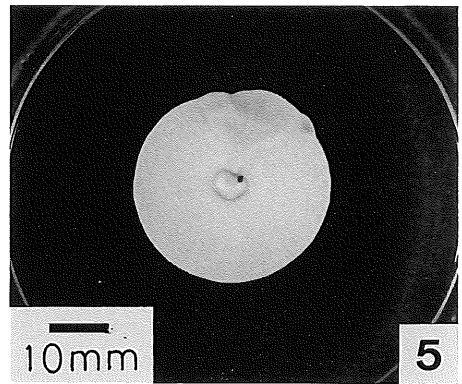
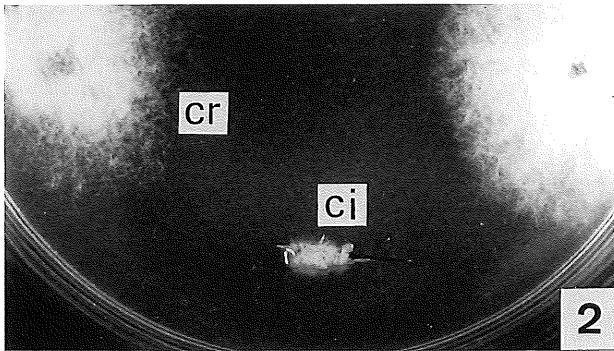
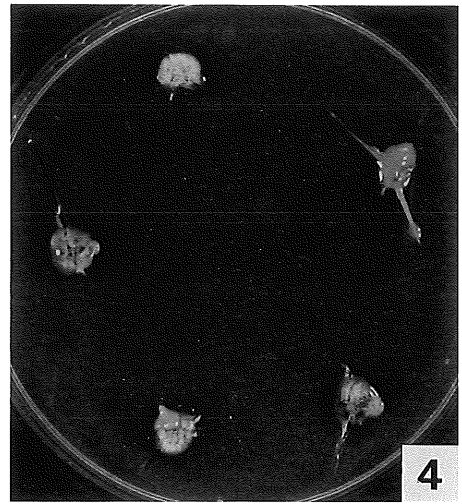
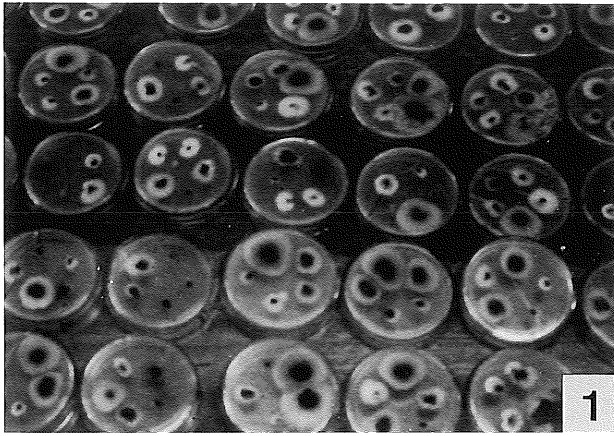
- 1) Kaneko S. and Sakamoto, Y.: Biology on *Cryptosporiopsis abietina* on Japanese cypress. Abstracts, 6 International Congress of Plant Pathology, 122, 1993
- 2) 小林享夫・林 弘子・窪野高德・田端雅進・伊藤進一郎: ヒノキ漏脂病に関する病原学的ならびに病理学的研究 I, 病原菌の探索・分離と病原性。森林総研研報357: 51~93, 1990
- 3) 久林高市・山下力夫: 長崎県におけるヒノキ漏脂病の被害実態と発生環境。長崎総合農林試研報(林業部門) 24: 1~13, 1993
- 4) 讚井孝義・服部文明・大河内 勇: ヒノキ漏脂症状の観察。100回日林論, 625~626, 1989
- 5) Suto, Y.: A new collection of a resinicolous discomycete, *Sarea resinae*, and some physiological characteristics of the fungus. Trans. Mycol. Soc. Japan 26: 331~341, 1985
- 6) 周藤靖雄: ヒノキの漏脂症, 「樹脂胴枯病」を除く漏脂症の発生生態と病因究明。森林防疫36: 117~122, 1987
- 7) ———・金森弘樹: 島根県におけるヒノキ漏脂症の被害実態。100回日林論, 623~624, 1989
- 8) ———・—————: 島根県におけるヒノキ漏脂病の被害解析と病因究明。島根林技研報41: 31~50, 1990
- 9) ———: ヒノキ漏脂病患部から分離した *Cistella* sp. とその病原性。102回日林論, 317~318, 1991
- 10) Suto, Y.: A new species of *Cistella* (Discomycetes) inhabiting bark of *Chamaecyparis obtusa* and *Cryptomeria japonica*, and its cultural characters. Trans. Mycol. Soc. Japan 33: 433~442, 1992
- 11) ———: *Cryptosporiopsis abietina* と *Sarea resinae* のヒノキとスギへの接種試験。103回日林論, 559~560, 1992
- 12) Suto, Y.: Etiological study on the resinous stem canker in *Chamaecyparis obtusa*. Abstracts, 6 International Congress of Plant Pathology, 119, 1993
- 13) ———・—————・井ノ上二郎: 島根県におけるヒノキ漏脂病の被害実態。島根林技研報 45: 17~25, 1994
- 14) 土屋大二・陳野好之: 東京都におけるヒノキ漏脂病に関する研究 (I) - 被害解析と患部からの菌類の分離 -。104回日林論, 104~105, 1993

Isolation of Fungi from the Lesions of the Resinous Stem Canker  
and the Sound Stems in *Chamaecyparis obtusa*

Yasuo SUTO

Summary

Fungi were isolated from the lesions of the resinous stem canker and sound trunks in *Chamaecyparis obtusa* collected in Shimane Prefecture, Japan. Three species of Discomycetes, *Cistella japonica*, *Pezicula livida* (Anamorph: *Cryptosporiopsis abietina*), and *Sarea resinae* were isolated at high rate from the infected inner bark and discolored xylem. These fungi were isolated from the sound inner bark and xylem at only few rate. A species of Basidiomycotina was isolated at high rate from the discolored xylem of some materials. *C. japonica*, the pathogen of the disease, is supposed to be latent in the sound trunk and be superior to grow in the infected lesion at the first phase, and *C. abietina* and *S. resinae* in succession in the infected lesion.



1 : 室内に静置した菌類分離ペトリ皿。

2～5 : 分離された菌類の菌そう 2 : 菌そう成長初期 (5℃, 30日後) - *Cistella japonica* (ci), *Cryptosporiopsis abietina* (cr)。3 : 室内放置10日後 - *C. japonica* (ci), *C. abietina* (cr)。

4 : 菌そう成長初期 (5℃, 30日後) - *C. japonica*。

5 : *Sarea resiniae*の培養菌そう (25℃, 30日後)。

6 : *C. japonica*の培養菌そう (25℃, 30日後, 子のう孢子分離菌そう) - 左灰色菌そう, 右 : 白色菌そう。

# 論文 「粗皮落とし」によるスギカミキリ加害回避効果とその実用的技法の検討

井ノ上二郎・金森弘樹

Practical Control Effect of Peeling Outer Barks of *Cryptomeria japonica* on Attack by *Cryptomeria* Bark Borer

Jiro INOUE and Hiroki KANAMORI

## 要 旨

1988~1993年、島根県下の5スギ林分で粗皮落としによるスギカミキリ加害防止効果とその実用的技法を検討した。鎌による粗皮落とし処理は産卵回避効果に優れた。ワイヤーブラシによる処理は鎌に比べて作業効率が優れたが、その効果が若干劣った。これは除去すべき粗皮を十分にこすり落とせなかったためと考える。

## I はじめに

スギカミキリ (*Semanotus japonicus* Lacordaire) 成虫はスギ・ヒノキ樹幹の外樹皮の間隙に産卵し、ふ化した幼虫は木部を摂食して食痕や虫穴が生じ、さらには変色・腐朽が生じて著しい材質劣化を起こす(3, 4)。本被害を回避するために、この外樹皮の最外部を人為的にこすり落として産卵を防止する方法があり、「粗皮落とし」と呼ばれて各地で試験されている(1, 4, 5)。筆者らもかつて被害発生初期のスギ林分でその効果を確認した(2)が、1林分だけの試験であり、また粗皮落としの作業には多大な労力と時間を要し、その実用性に問題を残した。そこで、今回より多くのスギ林分でその効果を再確認するとともに、簡易で経済的な粗皮落としの方法——使用する道具と粗皮落としの程度について検討した。

本研究は1988~1992年度国庫助成大型プロジェクト研究「スギ・ヒノキ材質劣化害虫防除に関する総合研究」の1課題として実施したものである。本研究への参加を許された元林野庁研究普及課田辺真次、鈴木一生企画官および現林野庁研究普及課森山忠一企画官、また試験地設定に当たって協力いただいた

松江、木次農林事務所林業普及課の各位に厚くお礼申し上げる。

## II 試験方法

試験は1988~1993年、表-1に示す5林分で実施した。品種はいずれもオキノヤマで、10~18年生の若齢林であった。林内の被害木が散在する部位に、「強度粗皮落とし区」「弱度粗皮落とし区」および「対照(無処理)区」の3区を設定した。木次では各区を1列ずつ7回反復したが、他の試験林では3区を隣接して設定した。供試本数は1試験区当たり50~100本である。

「強度粗皮落とし区」では刃先を丸めた鎌を用いて樹幹表面が平滑になるように外樹皮の粗い部分を内樹皮や木部を傷付けないようにていねいにこすり落とした(写真-5)。1本当たりの処理時間は8~13分で、平均10分を要した。また、「弱度粗皮落とし区」ではワイヤーブラシを用いて外樹皮の粗い部分をだまかにこすり落とした(写真-6)。処理時間は5~8分で、平均6分を要した。いずれも地際から高さ約2mまでの樹幹の樹皮を処理した。各区のすべての林木についてすでに生じていた脱出孔や「ハチカミ」患部に白ペンキで調査済の印を付けた。

表-1 試験林の概要

試験林	所在地	林齡 (年生)	面積 (ha)	平均 樹高(m)	平均胸高 直径(cm)	設定年月
伯太	能義郡伯太町安田	15	1.8	11	12.3	1990年2月
大東-1	大原郡大東町明賀谷	10	1.5	10	10.3	1990年3月
” -2	” 岡村	15	0.7	13	13.8	1990年1月
” -3	” 小河内	18	1.8	13	16.2	1990年2月
木次	” 木次町平田	15	2.6	12	13.2	1988年11月

効果の判定は処理後に新たに生じた幼虫の樹皮下食害に伴う樹幹表面への樹脂流出と新しい脱出孔の有無によって行った。試験林設定後1993年まで毎年調査したが、調査年数は2～5年と試験林によって異なった。カミキリ成虫脱出終了後の5～7月に新鮮な樹脂流出とその年に生じた脱出孔の数を調査した。前者についてはその部位の外樹皮をカッターナイフで薄く剥いでカミキリ幼虫の摂食痕を確認した。これらにも調査済の白ペンキの印を付けた。

効果調査時には各処理木の樹皮状態を観察して、樹皮の粗さの回復程度を調査した。

### Ⅲ 試験結果

試験林設定時のスギカミキリ加害状態は表-2に示したが、いずれでも幼虫の樹皮下摂食に伴う新鮮な樹脂流出や比較的新しい脱出孔、「ハチカミ」症状のある被害木を少数認め、被害発生初期の林分と判定した。大東-2では加害本数、加害部数とも少数であったが、他の4林分では同程度の発生であった。

各試験林におけるスギカミキリ加害による樹脂流出数は表-3に示したが、いずれでも対照区では設定後毎年1～6本の林木に新たな樹脂流出を認め、設定2～5年後の最終調査時には4～11本の林木に計5～13個の樹脂流出が生じた。これに対して、いずれの強度粗皮落とし区でも新たな樹脂流出の発生を認めなかった。大東-1と木次の弱度粗皮落とし区では設定後ほぼ毎年1、2本に樹脂流出を1～3個認めたが、最終調査時の累積数は対照区の半数以下に留まった。他の試験林の弱度粗皮落とし区では樹脂流出は生じなかった。

各試験林におけるスギカミキリ成虫の脱出孔数は表-4に示したが、木次の対照区では新たな脱出孔を設定後ほぼ毎年1～5本の林木に認め、設定5年後には14本に計15個が生じた。これに対して、強度粗皮落とし区では新たな脱出孔の発生を認めなかった。また、弱度粗皮落とし区では設定2～4年後に毎年1、2本に少数生じたが、最終調査時の累積数は対照区の1/3に留まった。他の試験林ではいずれの区でも新たな脱出孔の発生を認めなかった。

樹皮の粗さの回復程度についてみると、強度粗皮落とし木では処理5年後の木次でも樹幹は平滑に保たれており、無処理木との区別は明確であった。一方、弱度粗皮落とし木では処理2、3年後にはいずれの試験林でも粗さがやや回復したものの無処理木との区別は容易であった。しかし、処理5年後の木次では無処理木と同程度の粗さに回復した。

### Ⅳ 考 察

本試験において強度粗皮落とし区ではスギカミキリによる加害が発生せず、その回避効果を認めた。一方、弱度粗皮落とし区では対照区に比べれば加害が少なかったものの強度粗皮落とし区に比べればその効果は若干劣った。このように加害が減少したのは従来いわれてきたように(3)、粗皮落としによって産卵が行われるべき粗皮の間隙がなくなり、その結果産卵が防止されたためであろう。ハチカミ共同研究班(1)、井ノ上ら(2)および大型プロジェクト研究(5)でも強度な粗皮落としを実施し、加害回避効果を認めている。

従来の試験(1, 2, 5)では加害回避効果が処理後新たに生じた脱出孔のみによって判定されてお

表-2 試験林設定時のスギカミキリ加害部数

区	調査本数	加害本数	加 害 部 数			計
			樹脂流出	脱出孔	「ハチカミ」	
伯太						
強度粗皮落とし	100	7	8	1	3	12
弱度 "	100	11	9	0	6	15
対 照	100	15	12	1	5	16
大東-1						
強度粗皮落とし	50	6	4	2	0	6
弱度 "	50	8	5	1	4	10
対 照	50	4	5	0	1	6
大東-2						
強度粗皮落とし	55	1	2	1	0	3
弱度 "	53	3	2	0	1	3
対 照	50	3	3	0	2	5
大東-3						
強度粗皮落とし	50	6	4	0	2	6
弱度 "	50	10	7	2	2	11
対 照	50	10	6	1	3	10
木次						
強度粗皮落とし	68	6	3	1	3	7
弱度 "	66	8	7	0	1	8
対 照	67	11	8	1	3	12

表-3 スギカミキリ加害による樹脂流出

区	調査本数	試験林設定					計
		1年後	2年後	3年後	4年後	5年後	
伯太							
強度粗皮落とし	100	0 <sup>a)</sup>	0	0	—	—	0(0) <sup>b)</sup>
弱度 "	100	0	1(1)	0	—	—	1(1)
対 照	100	1(2)	3(4)	6(6)	—	—	10(12)
大東-1							
強度粗皮落とし	50	0	0	0	—	—	0(0)
弱度 "	50	0	2(2)	2(3)	—	—	4(5)
対 照	50	2(2)	4(4)	3(3)	—	—	9(9)
大東-2							
強度粗皮落とし	55	0	0	—	—	—	0(0)
弱度 "	53	0	0	—	—	—	0(0)
対 照	50	1(1)	3(4)	—	—	—	4(5)
大東-3							
強度粗皮落とし	50	0	0	—	—	—	0(0)
弱度 "	50	0	0	—	—	—	0(0)
対 照	50	4(5)	4(4)	—	—	—	8(9)
木次							
強度粗皮落とし	68	0	0	0	0	0	0(0)
弱度 "	66	0	0	2(2)	1(1)	2(2)	5(5)
対 照	67	4(5)	2(2)	1(2)	2(2)	2(2)	11(13)

a) 加害本数。

b) 樹脂流出数。

表-4 スギカミキリ成虫の脱出孔

区	調査本数	試験林設定					計
		1年後	2年後	3年後	4年後	5年後	
伯太							
強度粗皮落とし	100	0 <sup>a)</sup>	0	0	—	—	0( 0) <sup>b)</sup>
弱度 "	100	0	0	0	—	—	0( 0)
対 照	100	0	0	0	—	—	0( 0)
大東-1							
強度粗皮落とし	50	0	0	0	—	—	0( 0)
弱度 "	50	0	0	0	—	—	0( 0)
対 照	50	0	0	0	—	—	0( 0)
大東-2							
強度粗皮落とし	55	0	0	—	—	—	0( 0)
弱度 "	53	0	0	—	—	—	0( 0)
対 照	50	0	0	—	—	—	0( 0)
大東-3							
強度粗皮落とし	50	0	0	—	—	—	0( 0)
弱度 "	50	0	0	—	—	—	0( 0)
対 照	50	0	0	—	—	—	0( 0)
木次							
強度粗皮落とし	68	0	0	0	0	0	0( 0)
弱度 "	66	0	2( 2)	2( 2)	1( 1)	0	5( 5)
対 照	67	0	5( 5)	4( 4)	4( 5)	1( 1)	14(15)

a) 加害本数。

b) 脱出孔数。

り、脱出孔が生じなかった場合は効果判定不能とされた(5)。本試験では、設定した5林分のうち1林分でしか新たな脱出孔が発生しなかったが、ふ化幼虫の樹皮下摂食に伴う樹脂流出の有無も加えてその効果を検討した。すなわち、ふ化幼虫が樹皮下または材内で死亡して成虫が脱出するまで至らなかった場合でも、産卵されたことに注目して調査した。その結果、処理木では樹脂流出が生じないかまたは無処理木に比べて少数に留まった。

粗皮落としのための道具とその程度について、小林(3)は内樹皮を傷付けないためにあまり鋭利でない刃物かワイヤーブラシの使用を推奨し、外樹皮の粗い部分のみの除去でよいとした。また、大型プロジェクト研究(5)では竹ベラ、割竹ブラシ、鎌、ナタなどが使用されたが、それら道具による作業効率、効果の差については述べていない。本試験では刃先を丸めた鎌で外樹皮のほとんどをていねいに、またワイヤーブラシで粗い部分をだまかに処理した。ワイヤーブラシの使用は鎌に比べてその処理時間は

約1/2で、作業効率に優れた。しかし、前述したようにワイヤーブラシによる処理では鎌に比べてその効果が若干劣った。これは除去すべき粗い部分を充分にはこすり落とさなかったためと推察する。

ハチカミ共同研究班(1)の試験では粗皮落とし3年後までは加害防止効果を認めたものの、その後被害は急増した。そしてこれは林木の成長に伴い樹皮が再び粗くなったためと推察している。一方、井ノ上ら(2)は鎌を使用して処理後6年目まで粗皮落としの効果が持続したことを報告した。本試験でも鎌を使用した場合には効果は処理5年後まで持続したが、ワイヤーブラシによる処理では3~4年後までしか持続しなかった。これはワイヤーブラシでの粗皮落としの程度が鎌に比べてだまかであり、粗皮の回復が早かったためと考える。

小林・柴田(4)は無被害・被害初期林分では林外から飛来する成虫の産卵防止を目的とした防除が重要とし、その手段の一つとして粗皮落としを推奨した。このように粗皮落としは主として林外から飛

来する成虫の産卵防止効果を期待したものと考えますが、産卵を防止することによって林内での次世代成虫の脱出数を軽減でき、結果的にそれら成虫による産卵を防止できることも期待できよう。

### 引用文献

(1) ハチカミ共同研究班：スギカミキリによるスギのハチカミに関する研究。47～51，関西地区林試協保護部会，1971

(2) 井ノ上二郎・二見鎌次郎・金山信義：粗皮落としと枝打ちによるスギカミキリ加害回避効果。島根林技研報42：9～16,1991

(3) 小林富士雄：スギ・ヒノキのせん孔性害虫。185pp，林業改良普及双書，東京，1986

(4) 小林一三・柴田叡弍：スギカミキリの被害と防除法。88pp，東京，1985

(5) 林野庁：大型プロジェクト研究研究成果4——スギ・ヒノキ穿孔性害虫被害の防除技術に関する総合研究。41～45,1990

## Practical Control Effect of Peeling Outer Barks of *Cryptomeria japonica* on Attack by *Cryptomeria* Bark Borer

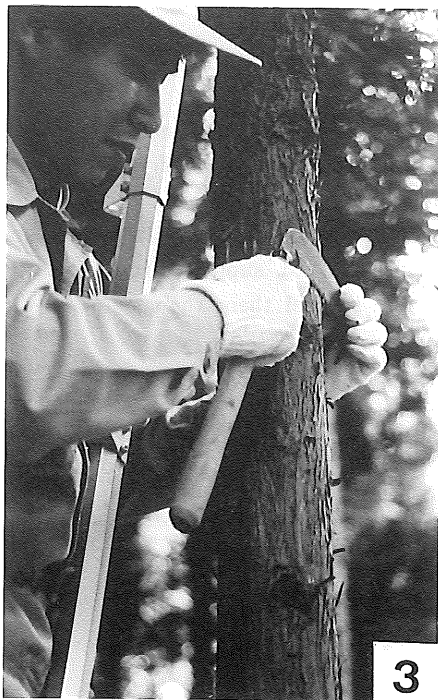
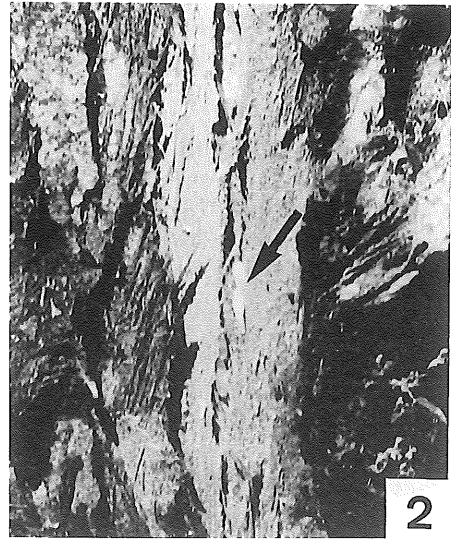
Jiro INOUE and Hiroki KANAMORI

### Summary

In 1988～1993, practical measures of peeling outer barks was examined for control the attack by *Cryptomeria* bark borer, *Semanotus japonicus*, at five stands of *Cryptomeria japonica*. Peeling outer barks on trunks of *C. japonica* with a hook revealed the good effect to escape the oviposition of the adults of the borer, and with a wire brush the less effect. A wire brush was not supposed to peel outer barks efficiently, though it was easier in practice to peel them than a hook.



写真-1~4



- 1 : 粗皮間隙へ産卵するスギカミキリ成虫
- 2 : 粗皮間隙に生まれた卵(矢印)
- 3 : 鎌による強度の粗皮落とし
- 4 : ワイヤブラシによる弱度の粗皮落とし

写真-5~7



- 5 : 強度粗皮落とし木の樹幹表面
- 6 : 弱度粗皮落とし木の樹幹表面
- 7 : 無処理木の樹幹表面

## 論文 オキノウサギとトウホクノウサギの飼育と 野外飼育場での被害回避試験

金森弘樹

Breeding of the Japanese Hares, *Lepus brachyurus okiensis* and *L. b. angustidens*, and Control Experiments for Coniferous Saplings against Damage by them in the Breeding Ground

Hiroki KANAMORI

### 要 旨

1. 1986~1994年, 飼育舎と野外飼育場を製作し, オキノウサギ28頭とトウホクノウサギ6頭を飼育して, 二・三の生態調査, 針金, アルミ帯および各種忌避剤を使った被害回避試験を実施した。
2. オキノウサギの妊娠期間は45~46日, 産子数は1~3頭であり, 出生期間はほぼ周年にわたると推定された。出生時体重は68~100gであり, その後急増して約3か月後には1,900~2,400gとなった。横田産トウホクノウサギは冬期に白変したが, オキノウサギでは白変を認めなかった。
3. オキノウサギの摂食・水分摂取, 排糞は夜間が90%以上を占めた。
4. 針金, アルミ帯の苗木への設置は障害になり, ノウサギの摂食が遅延することを確かめた。
5. 各種忌避剤の苗木への散布は薬剤によって被害回避効果の差が大きかったが, チウラム剤とイミノクタジン+チウラム剤の効果が高かった。

### I はじめに

島根県林業技術センターでは1980年以降, ノウサギ (*Lepus brachyurus*) の生息密度・被害調査・網かごによる捕獲試験 (5), 野外での各種被害回避試験 (6, 7) を実施してきた。これらの調査や試験から, その結果を確認するためにノウサギを飼育してその行動を直接観察する必要があると考えた。とくにオキノウサギの生態に関する報告はこれまでほとんどなく, 飼育によってその生長や繁殖などの生態を知ることができると考えた。また, 赤外線暗視カメラを使って, 限られた空間において苗木への食害行動, 忌避剤などを使った被害回避行動を観察でき, 野外 (造林地) での調査以上に詳細な調査が可能となる。そこで1986~1994年, ノウサギの飼育方法を検討するとともに, 飼育条件下での二・三の生態を調査した。また, 野外飼育場において摂食障害物として針金とアルミ帯, さらに市販の各種忌避

剤を使った被害回避試験を実施した。

本調査の実施に当たり, 捕獲に御協力いただいた隠岐支庁林業課の各位に厚くお礼を申し上げる。

### II 飼育したノウサギと飼育の方法

#### 1. 飼育ノウサギ

飼育したノウサギはオキノウサギ (*L. b. okiensis*) 28頭, トウホクノウサギ (*L. b. angustidens*) 6頭の計34頭であった (表-1, 写真-1~4)。うち, 20頭は捕獲によって, 12頭は繁殖によって得た。また, 他の2頭は飼育中のものを譲渡され得た。捕獲によって得たもののうち, 飼育後まもなく死亡したのは3頭に留まった。出生後まもない幼獣で捕獲した宍道産トウホクノウサギ5頭は牛乳, 乳児用ミルクで哺育したが, 生育したのは2頭であった。繁殖によって得た12頭のうち生育したのは5頭であり, 他は母親ノウサギによる殺傷, ヘビによる捕食などで出生後まもなく死亡した。

表-1 飼育ノウサギ

No.	捕獲・誕生年月日	性別	捕獲時体重(kg)	死亡年月日	飼育期間(年・月)	死亡原因
オキノウサギ(西ノ島産)						
1	1986年2月3日 <sup>b)</sup>	?	? (成獣)	1986年2月4日	—	不明
2	6月19日 <sup>c)</sup>	♂	2.2	8月29日	0.2	〃
3	1987年1月12日 <sup>b)</sup>	♂	2.1	1989年2月20日	2.1	〃
4	1月12日 <sup>b)</sup>	?	0.8	1987年1月13日	—	〃
5	1月22日 <sup>b)</sup>	♀	2.2	1988年12月2日	1.10	テンによる捕殺
6	1月24日 <sup>b)</sup>	♀	2.4	1987年9月	0.8	不明
7	2月6日 <sup>b)</sup>	♂	2.2	1991年8月25日	4.6	麻酔事故
8	2月6日 <sup>b)</sup>	♀	2.8	1988年11月19日	1.9	不明
9	2月 <sup>a)</sup>	♂	—	3月21日	1.1	けんか
10	2月 <sup>a)</sup>	♂	—	12月2日	1.10	テンによる捕殺
11	2月 <sup>a)</sup>	♀	—	1992年5月1日	5.3	不明
12	1988年2月16日 <sup>b)</sup>	♂	2.0	1988年2月17日	—	〃
13	5月28日 <sup>a)</sup>	♂	—	1991年9月27日	3.4	
14	1989年1月19日 <sup>b)</sup>	♂	2.6	1989年10月14日	0.9	不明
15	1月19日 <sup>b)</sup>	♀	2.7	1991年9月27日	2.8	
16	1月19日 <sup>b)</sup>	♀	2.7	1989年9月3日	0.8	不明
17	1990年10月23日 <sup>a)</sup>	?	—	1990年10月23日	—	親による殺傷
18	1991年4月21日 <sup>a)</sup>	♀	—	1993年9月20日	2.5	テンによる捕殺
19	7月1日 <sup>a)</sup>	?	—	1991年7月3日	—	親による殺傷
20	8月6日 <sup>a)</sup>	?	—	8月8日	—	不明
21	8月6日 <sup>a)</sup>	?	—	8月12日	—	ヘビによる捕食
22	1994年1月21日 <sup>b)</sup>	♂	2.4	1994年5月20日	0.4	テンによる捕殺
23	2月5日 <sup>b)</sup>	♀	3.5	5月20日	0.3	〃
24	2月7日 <sup>a)</sup>	?	—	2月7日	—	不明
25	2月7日 <sup>a)</sup>	?	—	2月7日	—	〃
26	2月7日 <sup>a)</sup>	?	—	2月8日	—	〃
オキノウサギ(島後産)						
27	1989年9月22日 <sup>b)</sup>	?	0.6	1990年10月8日	1.0	不明
28	1990年5月7日 <sup>b)</sup>	♂	0.3	1993年9月20日	3.4	テンによる捕殺
トウホクノウサギ(宍道産)						
29	1987年6月 <sup>b)</sup>	?	0.1	1987年6月	—	哺育失敗
30	6月 <sup>b)</sup>	?	0.1	6月	—	〃
31	6月 <sup>b)</sup>	?	0.1	6月	—	〃
32	1993年7月9日 <sup>b)</sup>	♂	0.1	1994年3月22日	0.6	不明
33	7月9日 <sup>b)</sup>	♂	0.1	1993年11月4日	0.4	テンによる捕殺
トウホクノウサギ(横田産)						
34	1993年12月21日 <sup>c)</sup>	♀	2.2	生存中	1.0	—

<sup>a)</sup> 誕生, <sup>b)</sup> 捕獲, <sup>c)</sup> 飼育中のものを譲渡。

捕獲時の体重は成獣で2.0~3.5kg, 幼獣で0.1~0.8kgであった。捕獲で得た幼獣で0.3kg以上の個体は固形飼料, クローバーの葉などで飼育できた。

長期間生存した21頭の生存期間は2か月~5年3か月であったが, 13頭が1年以上, うち7頭が2年以上生存した。死亡原因は21頭のうち不明が9頭, テン (*Martes melampus*) による捕食が7頭であった。

## 2. 飼育方法

多摩動物公園(3)と森林総合研究所(1)の飼育舎を参考に製作した木製, 3室が連なった飼育舎2棟で飼育した。1室の床面積は1.0×0.7mで高さ0.6mである。1室に1頭入れたが, 交尾の際は引戸によって隣接の室と連げた(図-1, 写真-5)。左室には餌入れ1個と500ml容の給水瓶2瓶を設置した。給餌・清掃時には右室へ追い込み中央の引き戸で遮った。右室には隠れ箱(0.4×0.35m, 高さ0.25m)を置き, ここに閉じ込めて体重を測定し, また移動に使った。床は金網張りにして糞尿を糞尿受けに落下させたが, 金網上で長期間飼育すると起こし易い皮膚炎(3)を防止するために床の一部にはベニヤ板を敷いた。糞尿受けには傾斜をつけて水で流し易くした。餌としてはウサギ用固形飼料

((株)日本配合飼料製, CR-2)とヒノキの枝を2~3日間隔で与え, 同時に給水瓶2瓶の水を取

り換えた。飼育舎の周囲はカラー波板とビニール被覆金網で作成した高さ1.8mの壁で囲んだ。

野外飼育場は13×7m, 約90㎡のものを設置した(図-2, 写真-6, 7)。高さは2.85mであるが, テンなどの侵入を防ぐため2.4mの高さまでにはカラー鉄板(カラーコイル)を張り, その上部にはビニール被覆金網を張った。上部全面には約2m間隔で鉄線を縦横に張り, 猛禽類の飛来侵入を防いだ。出入口は2段階にし, また内側上部には約30cmのビニール被覆金網の返しを付けてノウサギの逃亡を防いだ。隠れ場所としてヒューム管を4基置いた。内部には給餌箱, 水入れ, ヒノキ大枝を入れ, ここに1~2頭のノウサギを放した。

また, 遠隔操作が可能なカラーカメラ(昼間用)と夜間観察用の赤外線暗視カメラを設置した(写真-15, 16)。いずれもビデオデッキで記録・観察できるようにした。

## III. 繁殖・生長と二・三の生態

### 1. 調査方法

繁殖については, 同一飼育箱または野外飼育場においてオキノウサギ雄, 雌各1頭を1~60日同居させて交尾させ, その後の妊娠・出産状態を調査した。また, 妊娠中の個体を捕獲した場合があり, これらの出産も調査した。

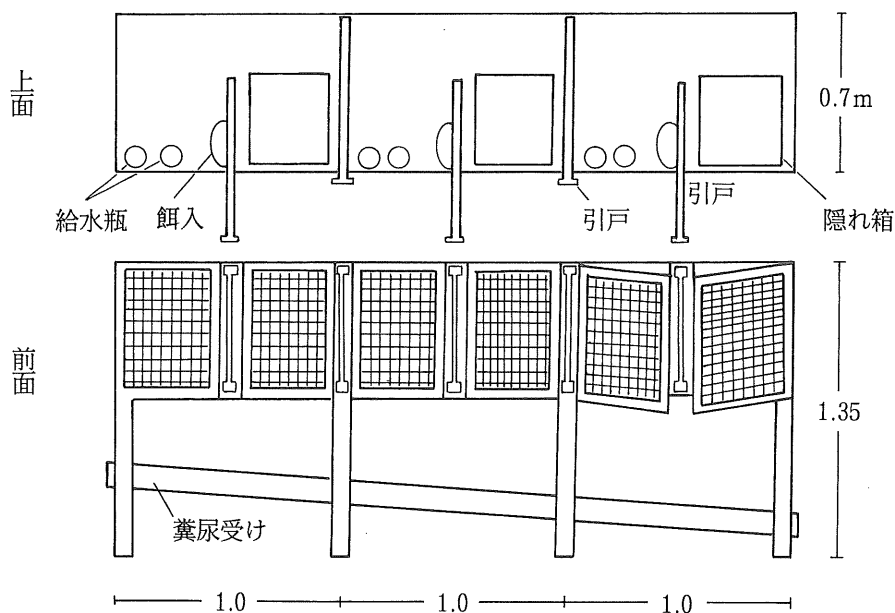


図-1 飼育舎

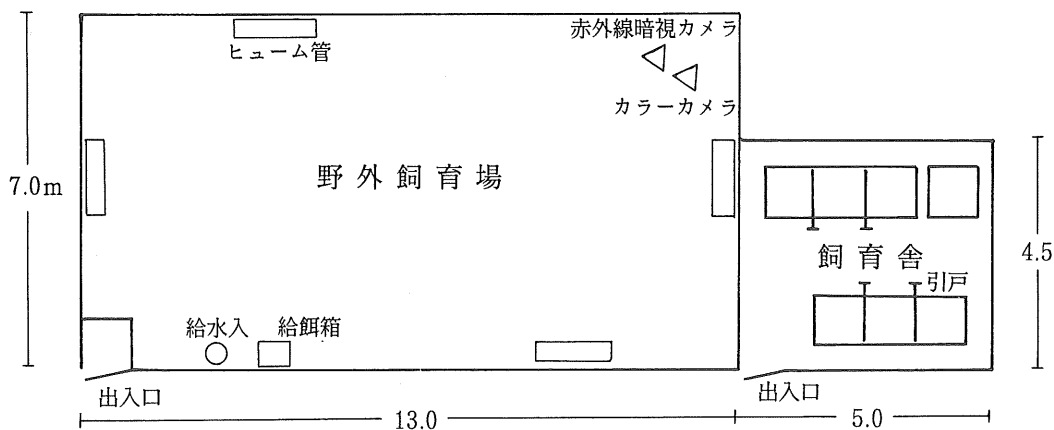


図-2 野外飼育場

生長については、飼育舎で誕生したオキノウサギ2頭（個体No.13, 18）と幼獣で捕獲されたオキノウサギ2頭（個体No.27, 28）の体重を10～30日間隔で計測した。

横田産トウホクノウサギ1頭について、毛色変化を継続的に観察した。

摂食量、水分摂取量、糞粒数および糞重量について、オキノウサギ成獣4～5頭を供試して調査した。1989年4月中旬・8月下旬・10月下旬・1990年1月中旬の4時期に飼育舎内で5日間、昼（8:30～17:00）・夜（17:00～翌朝8:30）別に固形飼料300g、水1,000ml与えて調査した（写真-8）。糞重量は60℃、72時間乾燥して測定した。

また、1991～1992年、野外飼育場にスギまたはヒノキ2年生苗木を2～5本植栽し、オキノウサギを、1～2頭を放した。夜間の摂食行動を1～2晩赤外線暗視カメラで撮影し、ビデオデッキで記録後観察した。

## 2. 調査結果

### 1) 繁殖

44回の同居のうち出産は5回であったが、2月上旬～10月下旬に出産した。また、個体No.4は体重0.8kgで1月12日に捕獲されたが、後述する成長曲線から逆算して12月上旬に誕生したと推測した。妊娠期間は3例確認できたが、45～46日であった。

1腹産子数は1子が5例と最も多く、2子が2例、3子が1例であった。

出生時体重は4個体について計測できたが、1子の1例が100g、3子の1例が68～82gであった（表-2）。

### 2) 生長

誕生時には体重100g程度であったが、その後急増して約3か月後には1,900～2,400gとなり、その後は2,000～2,500gで安定した（図-3）。

### 3) 体毛の変化

オキノウサギでは白変するものを認めなかったが、トウホクノウサギでは穴道産は白変するものを認めなかったが、横田産1頭は白変した。

9月下旬に耳、後足から白変が始まり、11月下旬には完全に白変した。白毛（冬毛）から褐色毛（夏毛）への変化は3月中旬から白変とは逆に目・鼻の周囲から始まり、5月上旬には完全に褐変した（表-3、写真-4）。

### 4) 摂食量と糞量

表-4に示すように、1日1頭当たりの摂食量は90～120g、水分摂取量は310～470mlであった。摂食量は10・1月が4・8月に比べて多く、水分摂取量は8・1月が4・10月に比べて多かった。

1日1頭当たりの糞粒数は170～260粒、糞重量は27～38gであった。糞粒数は4・10月に比べて8月

表-2 オキノウサギの繁殖

No.	出産年月日	妊娠期間(日)	産子数	性別	出生時体重(g)	生育
6	1987年2月	- <sup>a)</sup>	1	♂	-	生育
8	1987年2月	-	2	♂, ♀	-	"
11	1988年5月28日	45	1	♂	-	"
11	1990年10月23日	-	1	-	-	死亡
15	1991年4月21日	45	1	♀	100	生育
11	7月1日	-	1	-	-	死亡
15	8月6日	46	2	-	-	"
23	1994年2月7日	-	3	-	68, 70, 82	"

<sup>a)</sup> 不明

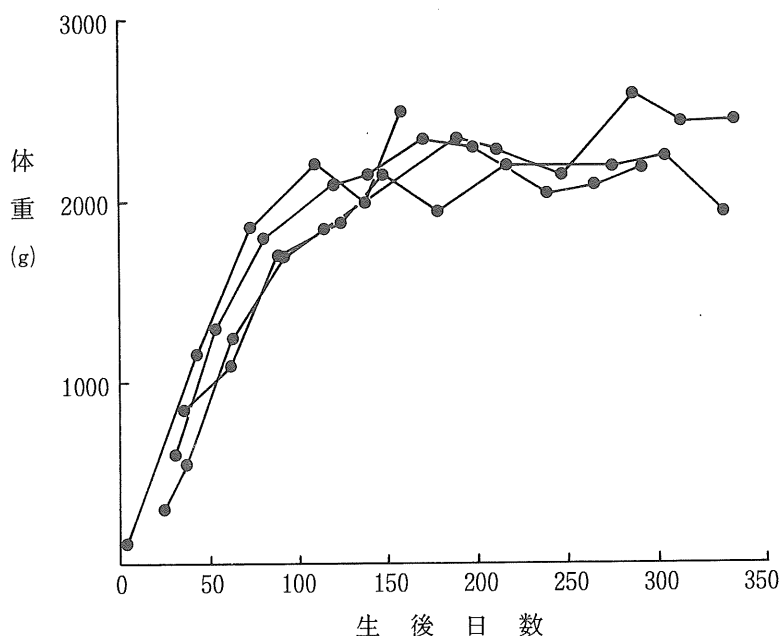


図-3 オキノウサギの生長曲線

表-3 横田産トウホクノウサギの毛色変化

時期	毛色変化
1994年3月中旬	目, 鼻の周囲から褐変始まる。
4月上旬	背中, 大腿部に褐変進行。
中旬	耳と足の一部を残して褐変。
5月上旬	完全に褐変。
9月下旬	耳, 後足から白変が始まる。
10月上旬	耳, 後足は2/3が白変, 前足も白変が始まる。
中旬	耳2/3以上, 前足2/3が白変。
下旬	耳, 足は完全に白変, 背中も白変が始まる。
11月上旬	背中, 腹は白変進行, 顔のみ褐色残る。
中旬	顔の一部(目, 鼻の周囲)を残してほぼ白変。
下旬	完全に白変。

表-4 1日1頭当たりの摂食・水分接種量と糞量

調査時期	摂食量(g)	水分摂取量(ml)	糞粒数(粒)	糞重量(g) <sup>a)</sup>
4月 昼	9.1 <sup>b)</sup> (0~28) <sup>c)</sup>	21.3(0~205)	6.6(0~38)	1.2(0~6.8)
4月 夜	84.2(67~108)	291.0(110~680)	197.2(71~263)	28.9(19.2~41.5)
4月 計	93.2(71~120)	312.3(140~790)	203.8(71~263)	30.1(19.2~41.5)
8月 昼	2.7(0~12)	14.6(0~110)	5.2(0~59)	0.8(0~8.1)
8月 夜	89.2(59~124)	393.4(70~695)	163.4(89~289)	26.4(0~44.0)
8月 計	91.9(59~136)	408.0(70~735)	168.6(86~289)	27.1(14.8~44.0)
10月 昼	11.7(0~28)	30.2(0~105)	18.2(0~72)	2.9(0~14.2)
10月 夜	107.7(77~146)	290.9(100~635)	198.4(157~243)	35.4(23.8~50.6)
10月 計	119.4(98~151)	321.1(183~720)	216.6(157~305)	38.3(30.0~50.6)
1月 昼	10.5(0~32)	40.0(0~590)	4.6(0~45)	0.6(0~6.7)
1月 夜	106.4(74~142)	434.6(105~995)	259.6(183~346)	36.9(27.6~51.5)
1月 計	116.9(88~153)	474.6(120~1010)	264.2(183~380)	37.5(28.1~51.5)

注 4・10月は4頭, 8・1月は5頭を供試。  
<sup>a)</sup>絶乾重量, <sup>b)</sup>平均値, <sup>c)</sup>範囲。

はやや少なく, 1月は多かったが, 糞重量は4・8月に比べて10・1月は重かった。すなわち, 1糞粒当たりの重量は4・8・1月が0.14~0.16gであったのに対して, 10月は0.18gと重かった。糞の形状は野外のものとは異なり俵状であった(写真-9, 10)。

摂食・水分摂取は4・10・1月には夜間が約90%, 8月にはほとんどを占めた。排糞はいずれの調査時期も夜間が92~98%とほとんどを占めた。

各ノウサギ個体によって摂食・水分摂取量・糞粒数・糞重量に差があった。

#### 5) 摂食行動

スギでは20:00~7:00, 主として2:00~6:00に摂食した。枝先の摂食, 側枝基部の切断が多かったが, 主軸先端は後足で立ち上って摂食した。側枝は幹の基部から切り取って, 切断部をくわえて葉先まで摂食した。太枝, 樹幹の剥皮は口を幹方向に沿って上下させ前歯で剥皮して摂食した。

ヒノキでは19:00~6:30, 主として1:00~5:00に摂食した。初めは側枝の切断が多く, 次第に樹幹の剥皮が多くなった。スギの場合と同様に側枝を幹の基部から切り取って切断部から葉先まで摂食する場合と切断して落す場合があった。そして後に落下した側枝を摂食する場合もあった。幹は口を幹方向に

沿って上下させ前歯で剥皮した(写真-17~20)。

## IV 被害回避試験

### 1. 試験方法

試験は1988年1月~1991年9月に実施した。いずれの試験でも野外飼育場にスギまたはヒノキの2年生苗木を0.7m間隔で94~97本植栽した。障害物設置による被害回避試験では, 苗木に白色ビニールを被覆した針金(径2.6mm)またはアルミ帯(アルミブレード<sup>®</sup>, 日本樹木食害防止器研究所製)をらせん状に巻き付けた。針金は植栽した苗木1本おきに, またアルミ帯は飼育場半面の苗木に1本おきに巻いた。苗木1本当たりの使用量は針金, アルミ帯とも2.5mであった。忌避剤による被害回避試験では表-5に示す5種類の忌避剤を用いた。 $\beta$ -ナフトール+クレオソート剤は竹杖に塗布して苗木に添え立てたが, その他の薬剤は1本当たり約50~100mlを噴霧器で散布した。

ここにオキノウサギ1頭を放して, 7~30日後まで1~2日間隔で, 各供試木について被害の有無, 形態および程度を調査した。なお, 試験期間中は水のみを与え, 固形飼料は与えなかった。

被害の形態は切断型: 主軸・側枝が切断, 剥皮型: 主軸の樹皮が剥皮一に分類した。被害程度は次の



表-5 供試した忌避剤

薬 剤 名	商 品 名	濃 度
チウラム剤	アンレス水和剤	10倍
イミノクタジン+チウラム剤	カジラン	2倍
アスファルト乳剤	ブラマック	2倍
ジラム剤	コニファー水和剤	5倍
β-ナフトール+クレオソート剤	キヒコートO	原液

ように区分して、指数を与えた。

主軸・側枝切断または主軸剥皮 1/3 以下：指数 1  
 “ 1/3 ~ 2/3 : “ 2  
 “ 2/3 以上 : “ 3

また、赤外線暗視カメラによって摂食回避行動を観察した。野外飼育場にヒノキ2年生苗木を5本植栽して、うち3本に針金またはアルミ帯を巻き付けた。また、チウラム剤、ジラム剤または消石灰を散布をした。オキノウサギ1頭を放し、夜間のノウサギの行動を1~2晩赤外線暗視カメラで撮影し、ビデオデッキで記録後観察した。

## 2. 試験結果

### 1) 障害物設置による被害回避試験(表-6)

被害はヒノキではほとんどが主軸・側枝の切断であり、スギではほとんどが主軸の剥皮であった。

針金についての試験ではいずれもヒノキを供試したが、試験-Iでは10日後までは被害はほとんど発生せず、その後急増して、15日後には無設置では全

木、また設置でもほとんどが被害を受けた。本試験は当野外飼育場を使つての最初の試験であり、供試ノウサギがしばらくは自生していた草本類を摂食していた。試験-IIでは無設置では2日後には約70%、10日後にはほとんどが被害を受けた。これに対して、設置では2日後にはごく少数、10日後でも約半数が被害を受けたに留まった。被害程度は被害発生当初から設置と無設置との間に差を認めなかった。

アルミ帯についての試験ではスギでは無設置では2日後で約70~80%、10日後にはほとんどが被害を受けた。これに対して、設置では15日後でも約10%が被害を受けたに留まった。ヒノキでは3日後までは設置では無設置に比べて被害率が低かったが、7日後には設置、無設置とも全木が被害を受けた。被害程度は、ヒノキでは被害発生当初から設置と無設置との間に差を認めなかったが、スギでは枝葉を主軸に巻き込むようにアルミ帯を巻いたため設置では軽微な被害に留まった(写真-7)。

表-6 針金とアルミ帯の被害回避効果

障害物	樹種	調査本数	被害本数(平均被害指数)								
			1日後	2	3	5	7	10	15		
針金	ヒノキ(II)	設置	49	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	45(2.4)	
		無設置	48	1(2.0)	1(2.0)	1(2.0)	1(2.0)	2(2.0)	4(1.8)	48(2.3)	
	“	ヒノキ(II)	設置	49	0(0)	3(2.0)	6(1.8)	10(2.1)	20(2.3)	28(2.2)	-
			無設置	48	5(1.6)	31(1.7)	36(1.7)	37(1.9)	41(2.0)	46(2.0)	-
アルミ帯	スギ	設置	25	-	1(1.0)	1(1.0)	2(1.0)	-	3(1.0)	6(1.0)	
		無設置	24	-	19(1.3)	21(1.5)	22(1.9)	-	23(2.1)	23(2.3)	
		対照(無設置半面)	45	-	33(1.4)	36(1.5)	40(1.7)	-	42(1.8)	43(2.3)	
	“	ヒノキ	設置	25	1(2.0)	9(1.8)	7(1.6)	22(1.9)	25(2.4)	-	-
			無設置	24	6(1.7)	14(1.9)	21(1.9)	24(2.1)	24(2.5)	-	-
			対照(無設置半面)	48	15(2.0)	21(2.0)	31(2.0)	46(2.0)	48(2.3)	-	-

いずれの試験でも、被害発生当初から被害は全面に散発的に生じた。

2) 各種忌避剤による被害回避試験(表-7)

スギを用いたβ-ナフトール+クレオソート剤についての試験では、無施用で30日後には約30%の苗木が中程度の加害を受けた。他の薬剤についての試

験では、スギ、ヒノキの場合とも無散布・無施用区では普通7~15日後、早い場合では2~3日後、遅い場合でも15日後にはほとんどまたは全部の苗木が加害された。また、その被害程度も激しく、最終的にはスギでは主軸・側枝の全部が切断されるものが多く、ヒノキでは主軸の全周が摂食され、枯死する

表-7 各種忌避剤の被害回避効果

障害物	樹種	調査本数	被害本数(平均被害指数)							
			1日後	2	3	5	7	10	15	30
チウラム剤	スギ									
	散布	49	1(1.0)	2(1.0)	2(1.0)	—	2(1.0)	3(1.0)	11(1.0)	—
	無散布	48	26(1.3)	29(1.3)	35(1.5)	—	39(2.1)	47(2.1)	48(2.7)	—
	〃									
	ヒノキ									
	散布	49	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	3(1.3)	4(1.5)	—
	無散布	48	0(0)	0(0)	0(0)	37(2.4)	46(2.8)	47(2.9)	48(3.0)	—
イミノクタジン+チウラム剤	スギ									
	散布	49	—	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	—
	無散布	48	—	14(1.6)	15(2.0)	25(2.1)	36(2.2)	43(2.5)	48(2.9)	—
	〃									
	ヒノキ									
	散布	49	0(0)	0(0)	0(0)	—	4(2.3)	6(2.0)	9(1.9)	—
	無散布	48	42(1.6)	47(2.0)	48(2.9)	—	48(3.0)	48(3.0)	48(3.0)	—
アスファルト乳剤	スギ									
	散布	49	1(1.0)	2(1.0)	13(1.5)	—	35(2.1)	48(2.4)	49(2.7)	—
	無散布	48	9(1.3)	12(1.7)	16(1.8)	—	35(1.7)	47(2.1)	48(2.8)	—
	〃									
	ヒノキ									
	散布	49	3(1.6)	10(1.3)	23(1.2)	—	49(2.1)	49(2.9)	—	—
	無散布	48	9(2.1)	38(2.2)	47(2.2)	—	48(3.0)	48(3.0)	—	—
ジラム剤	スギ									
	散布	49	0(0)	0(0)	1(1.0)	—	4(1.0)	5(1.0)	10(1.1)	—
	無散布	48	0(0)	2(1.0)	11(1.2)	—	27(1.5)	35(1.8)	48(2.2)	—
	〃									
	ヒノキ									
	散布	49	4(1.3)	8(1.4)	11(1.5)	—	25(1.8)	29(1.7)	35(1.7)	—
	無散布	48	21(1.7)	32(1.7)	42(1.9)	—	48(2.6)	48(2.9)	48(3.0)	—
β-ナフトール+クレオソート剤	スギ									
	施用	49	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	2(1.0)	7(1.4)
	無施用	48	0(0)	1(3.0)	2(2.0)	3(2.3)	5(1.8)	5(1.8)	7(1.6)	14(1.6)
	〃									
	ヒノキ									
	施用	49	5(1.2)	16(1.8)	36(2.0)	—	47(2.7)	49(2.8)	—	—
	無施用	48	39(1.4)	43(1.9)	45(2.1)	—	48(2.6)	48(2.9)	—	—

注 イミノクタジン+チウラム剤は現在販売が中止されている。

ものが多かった(写真-13, 14)。

チウラム剤ではスギ、ヒノキとも15日後でも約10～20%が軽微な被害を受けたに留まった。イミノクタジン+チウラム剤ではスギでは15日後でもまったく被害を受けず、ヒノキでも7日後に少数、15日後に約20%が中程度の被害を受けたに留まった。アスファルト乳剤では1～3日後までは少数が加害されたが、7日以降はほとんどまたは全苗木が激しい被害を受けた。ジラム剤ではスギでは15日後でも約20%が軽微な被害を受けたに留まった。ヒノキでは3日後に約20%が、また15日後には約70%が被害を受けたが、被害程度は軽微であった(写真-11)。β-ナフトール+クレオソート剤ではスギでは15日後にはごく少数、30日後には約15%が被害を受けたに留まった。ヒノキでは2日後までは少数が加害されたが、7日以降はほとんどまたは全苗木が激しい被害を受けた(写真-12)。

イミノクタジン+チウラム剤のスギでの無散布木、アスファルト乳剤のスギとβ-ナフトール+クレオソート剤のスギでの施用・無施用木では、初め被害は局所的に生じ、しだいにその周囲に被害が拡大した。他の試験では、被害発生当初から被害は全面に散発的に生じた。

### 3) 赤外線暗視カメラによる観察

針金またはアルミ帯を巻き付けた苗木についての試験では、無設置木は18:00～6:00に激しく摂食された。これに対して、針金では19:00～24:00、アルミ帯設置木では24:00～2:00には近づくが摂食しない場合が多く、まれに針金、アルミ帯から出ている葉先のみを摂食するに過ぎなかった。そして針金では24:00～6:00、アルミ帯では2:00～6:00には次第に頭を針金、アルミ帯間に入れて摂食して幹も剥皮し、翌朝には無設置木と同程度にまで摂食した。

チウラム剤、ジラム剤および消石灰を散布した苗木についての試験では、無散布木と消石灰散布木は17:00～6:00に激しく摂食された。これに対して、チウラム剤散布木では3:00～4:00に2晩で計6回、ジラム剤散布木では23:00～5:00に2晩で2～10回にわたって鼻・口を葉先に触れるが摂食しなかった。

## IV 考 察

飼育舎でのノウサギの飼育は従来困難とされてきた(11, 13)が、細田(3)により隠れ場所の提供によってストレスを減少させ、ノウサギの飼育を容易にした。本試験で製作した飼育舎もこの点に配慮

して製作し容易に飼育をすることができた。野外飼育場での飼育管理法は上田ら(13)、豊島ら(11)によって確立されたが、本研究で設定した野外飼育場もこれらを参考に設定した。

オキノウサギを飼育することによって繁殖・生長について調査したのは本調査が初めてである。細田(3)は飼育個体で妊娠期間、産子数および出産月日を調べ、キュウシュウノウサギは45～48日、1～2頭(平均1.7頭)、4～8月、サドノウサギは46～49日、1～2頭(平均1.6頭)、3～10月、またトウホクノウサギは42～43日、1～3頭(平均1.7頭)、4～8月であったと報告した。オキノウサギ(西ノ島産)は妊娠期間はキュウシュウノウサギ、サドノウサギとほぼ同様であったが、出産月日はほぼ周年にわたると推測した。谷口(10)によると鹿児島県におけるキュウシュウノウサギの繁殖活動は周年にわたると述べている。

オキノウサギの生長は豊島(12)がトウホクノウサギで調査した例や谷口(10)がキュウシュウノウサギで調査した例とほぼ同じ生長曲線を描いた。

オキノウサギには白変するものは従来から認められていない(4)が、本調査でも白変するものは認めなかった。トウホクノウサギには白変するものと褐色のままのものが認められている(4)が、島根県産トウホクノウサギでは宍道産には白変するものは認めなかったが、横田産1頭は白変した。白変の時期は山形県産トウホクノウサギ(9)と一致したが、褐変は山形県産、新潟県産トウホクノウサギ(11)よりもやや開始時期は遅かったが、終了時期は新潟県産トウホクノウサギとほぼ一致した。なお、体毛の変化(白変)は大津(9)によって日照時間の長短によることが明らかにされている。

平川(2)は摂食量と糞量について固形飼料を与えて調査をしたが、摂食量は90～130gであり、個体別・季節別の変化は大きいと報告したが、本調査での結果も同様であった。本調査での糞粒数は170～260粒と野外での糞粒数に類似するとしたクズを与えた場合の糞粒数(351粒)(10)に比べて少なく、糞の形状も野外のものと異なり俵状であった。

本試験に供試した針金、アルミ帯は造林地での試験でも食害回避効果を認めた(7)が、本試験によってこれら障害物の苗木への設置はノウサギの食害を遅延させることを確認した。この効果は夜間暗視カメラによる観察から摂食の物理的な障害による可能性が大きいと推察した。造林地での試験では、ア

ルミ帯設置苗木付近の無設置苗木も食害が回避されたが、本試験ではそうした現象は認めなかった。

各種忌避剤の苗木への散布は被害回避効果の差が大きかった。チウラム剤、イミノクタジン+チウラム剤の被害回避効果は高く、ジラム剤はスギでは効果は高かったが、ヒノキではやや劣った。これらに比べてアスファルト乳剤、 $\beta$ -ナフトール+クレオソート剤の効果は劣った。アスファルト乳剤は造林地での試験では試験林とその周囲の環境条件によって効果に差が生じた(6)。

野外飼育場での障害物、忌避剤の試験では短期間に効果を詳細に確認をすることができた。しかし、野外での効果は環境条件によって異なることも予想されるので、造林地での試験も併せて必要であろう。

### 引用文献

- (1) 平川浩文・桑畑 勤：森林総合研究所に整備した実験用ノウサギ飼育施設。野兎研誌16：61～70, 1989
- (2) ————：飼育下のノウサギの摂食活動。野兎研誌16：71～77, 1989
- (3) 細田孝久：多摩動物公園におけるノウサギの飼育—15年間の記録—。森林野生動物研誌18：9～13, 1991
- (4) 今泉吉典：原色日本哺乳類図鑑。109～113, 哺育社, 大阪, 1972
- (5) 井ノ上二郎・周藤靖雄：野ウサギの生息密度・被害調査と網かごによる捕獲。島根林試研報35：27～32, 1984
- (6) 金森弘樹・井ノ上二郎・周藤靖雄：アスファルト乳剤によるオキノウサギ被害回避試験。島根林技研報39：39～46, 1988
- (7) ————・—————・—————：針金とアルミ帯によるオキノウサギ被害回避試験。島根林技研報40：53～60, 1989
- (8) 大津正英：トウホクノウサギの生態に関する研究 1. 繁殖について。日本応動昆会誌9(2)：79～82, 1965
- (9) ————：トウホクノウサギの生態に関する研究 第3報毛色変化に及ぼす要因。日本応動昆会誌11(2)：37～42, 1967
- (10) 谷口 明：鹿児島県におけるノウサギによる造林木の被害とその個体群生態に関する研究。鹿児島林試研報2：1～38, 1986
- (11) 豊島重造・中山 昇・飯久保巍：トウホクノウサギの飼育。新潟大農学部演習林報4：59～67, 1970
- (12) ————：ノウサギによる森林被害とその生息数推定に関する研究。新潟大農学部演習林報別冊, pp79, 1978
- (13) 上田明一・柴田義春・山本時夫：エゾノウサギの飼育。林試研報179：89～98, 1965

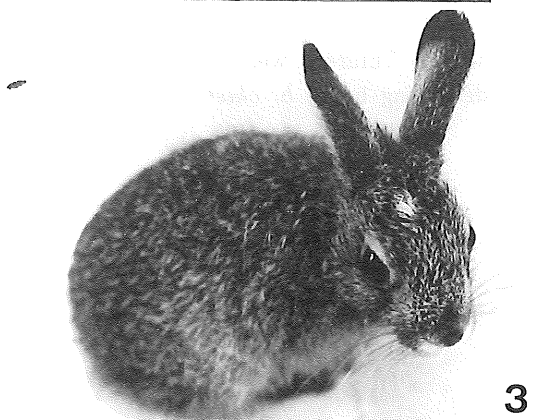
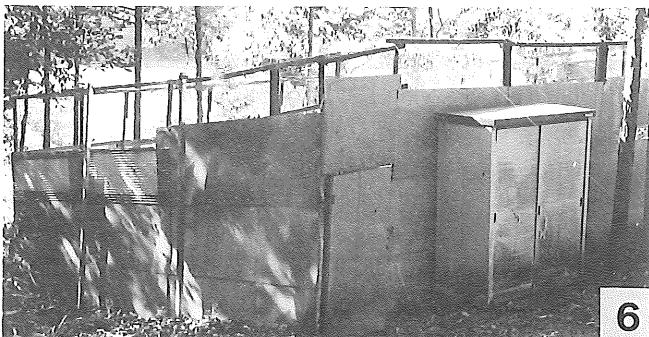
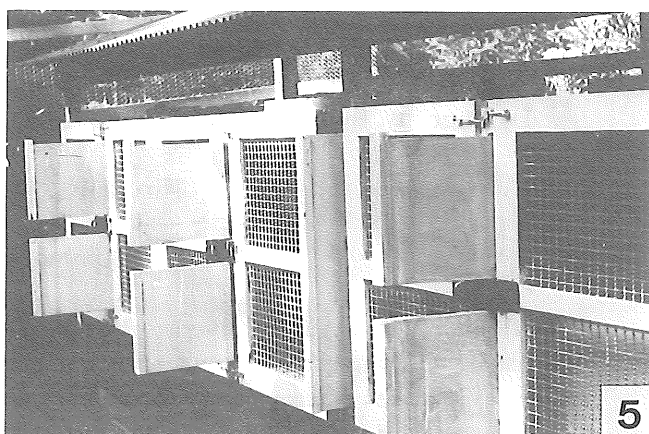
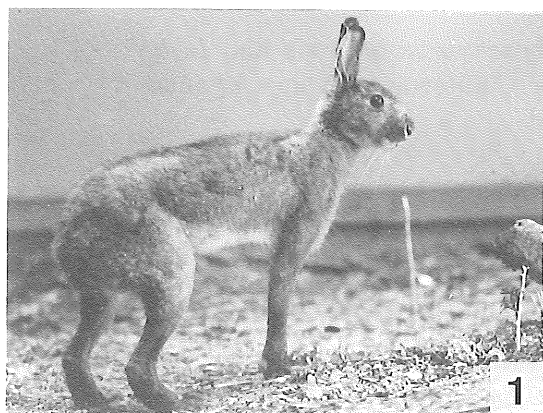
Breeding of the Japanese Hares, *Lepus brachyurus okiensis* and *L. b. angustidens*, and Control Experiments for Coniferous Saplings against Damage by them in the Breeding Ground

Hiroki KANAMORI

Summary

1. In 1986-1994, 28 *Lepus brachyurus okiensis* and six *L. b. angustidens* were bred in cages and a breeding ground. Some ecological characters of the hares were observed and control experiments were conducted for saplings of *Chamaecyparis obtusa* and *Cryptomeria japonica* against damage by them in the breeding ground.
2. The length of pregnancy of *L. b. okiensis* was 45-46 days and litter size of it was one to three at a time. The hare was born in all seasons. The hare weighted 68-100g at birth and gained weight to 1,900-2,400g three months after. Coat color of *L. b. angustidens* caught in Yokota changed from brown to white in winter season, while no change of coat color of *L. b. okiensis* was observed.
3. About 90% of feeding and dunging activities of *L. b. okiensis* was occupied in the night time.
4. Good preventive effects of setting wire and aluminium belt up to saplings were obtained for against frowsing and debarking by *L. b. okiensis*.
5. Good deterrent effects of Thiuram and Iminokutazin with Thiuram were obtained as repellents for protecting saplings against frowsing and debarking by *L. b. okiensis*.

写 真-1~7



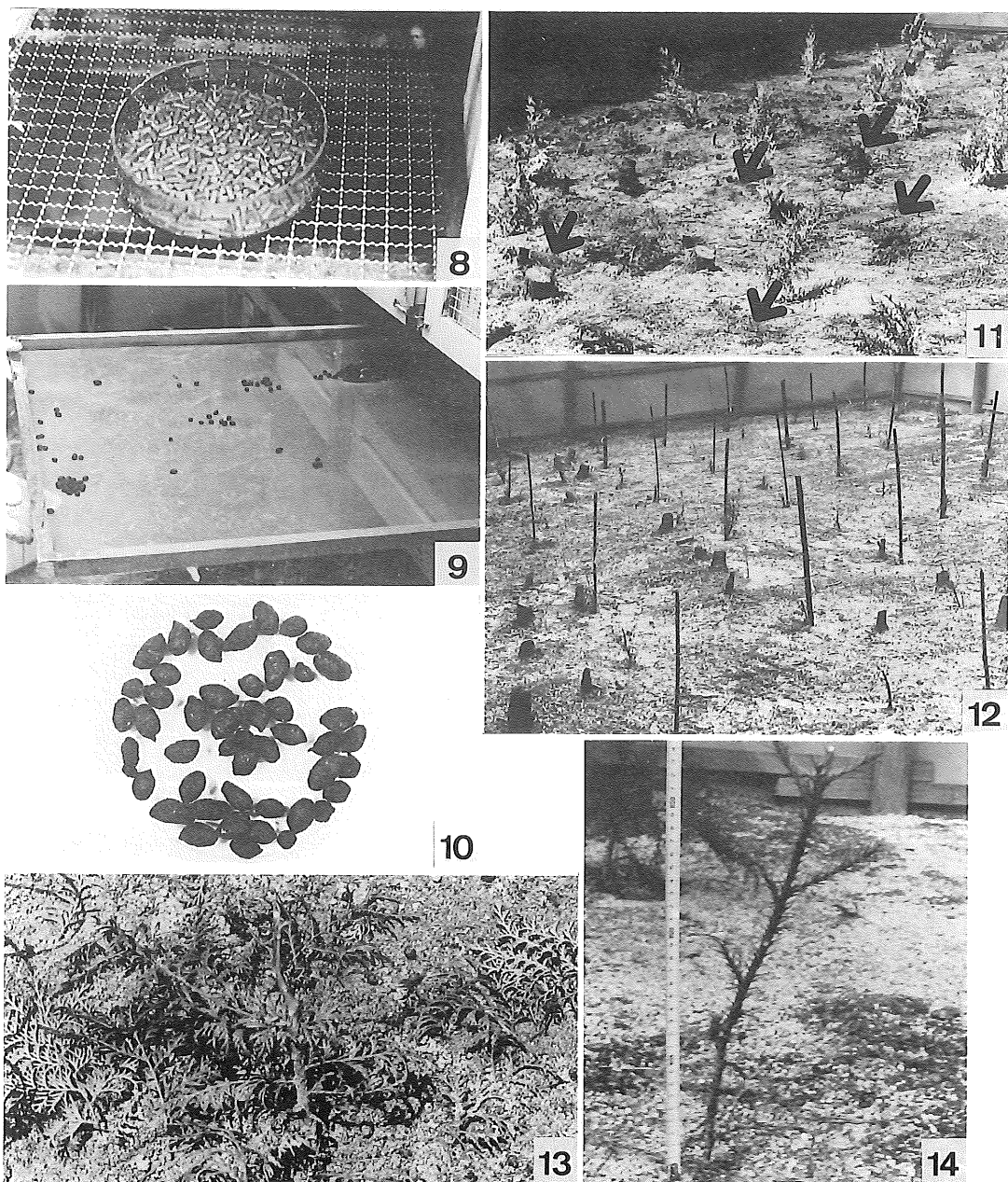
1~4 : ノウサギ

- 1 : オキノウサギ成獣 (夏毛)
- 2 : 授乳中のトウホクノウサギ幼獣
- 3 : トウホクノウサギ成獣 (生後約30日)
- 4 : 白変した横田産トウホクノウサギ成獣

5~7 : 飼育施設

- 5 : 飼育舎
- 6 : 野外飼育場
- 7 : アルミ帯試験中の野外飼育場

写 真- 8 ~14



8 ~10 : 摂食量・糞量調査

8 : 固型飼料

9 : 糞採取用網受け

10 : 採取された俵状の糞粒

11 ~14 : 野外飼育場での被害回避試験

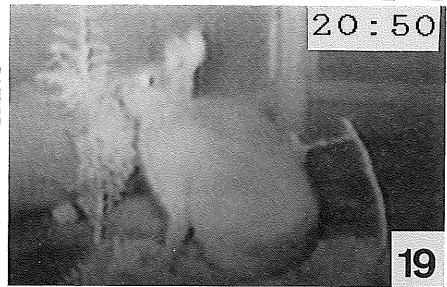
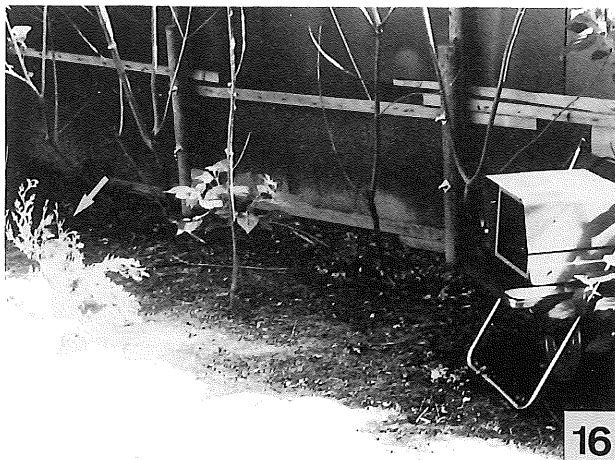
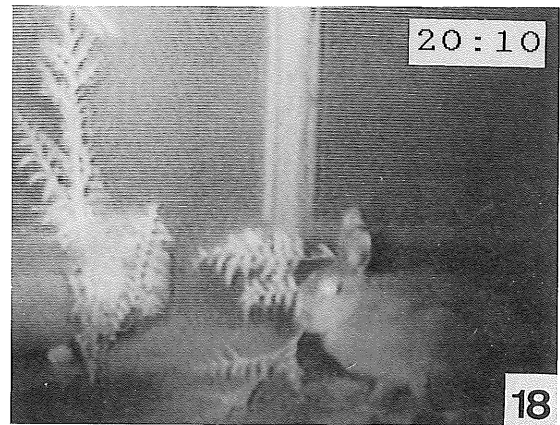
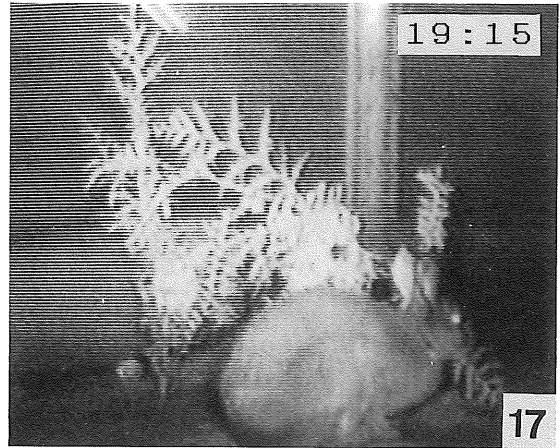
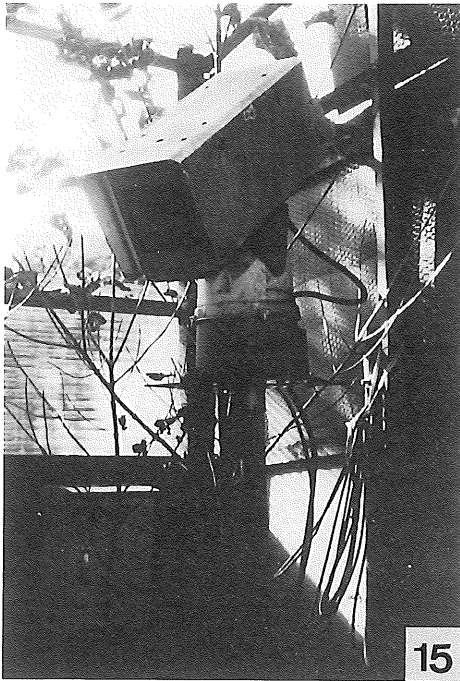
11 : ジラム剤試験 (矢印は激しく摂食された無散布木)

12 : 処理・無処理木のいずれも激しく摂食された $\beta$ -ナフトール+クレオソート剤試験

13 : 切断・剥皮されたヒノキ

14 : 主軸・側枝が切断されたスギ

写 真-15~20



15~20 : カメラによる観察

15 : 遠隔操作が可能な昼間用カラーカメラ装置

16 : ジラム剤散布木(矢印)を撮影する赤外線暗視カメラ装置

17~20 : 時間の経過とともに激しく摂食されるヒノキ



論文

島根県産アカマツ材の強度性能

池 淵 隆・錦 織 勇

Strength Properties of Akamatsu (*Pinus densiflora*) Trees Growing in Shimane Prefecture

Takashi IKEBUCHI and Isamu NISHIKORI

要 旨

島根県産アカマツ材を対象として、正角材に製材後、曲げ強度試験を行った。

1. 生材時の曲げヤング係数は、平均値で104.5tonf/cm<sup>2</sup>で、JAS等級間でははっきりとした違いが認められた。また、産地間での差は少なかった。
2. 破壊試験時の曲げヤング係数の平均値は122.0tonf/cm<sup>2</sup>で、生材時に対して1.167倍で、乾燥により明確に増加した。
3. 破壊試験時の曲げヤング係数(MC15%換算値)は平均値で118.4tonf/cm<sup>2</sup>で、JAS等級間による差がはっきりと認められた。また、木構造設計基準に示されているアカマツ普通構造材の曲げヤング係数90tonf/cm<sup>2</sup>未満の材はわずか5.9%であった。
4. 曲げ破壊係数(MC15%換算値)は平均値、統計的下限值でそれぞれ477kgf/cm<sup>2</sup>、265kgf/cm<sup>2</sup>で建築基準法施行令第95条に規定されている材料強度値285kgf/cm<sup>2</sup>をほとんどの材が満足していた。
5. 生材時と破壊試験時の曲げヤング係数と曲げ破壊係数との間に高い相関が認められた。
6. 材縁部の節径比と曲げ破壊係数との間に高い相関が認められた。

I は じ め に

島根県内の森林面積は488,000haで、そのうち人工林面積は180,000ha(36.9%)である。とくにマツの占める人工林面積は57,000haで全国で2番目である。

また、島根マツの特徴としては、年輪幅が小さい、材表面の杓が美しい、心材の色が赤く艶がある、強度が強い等があげられる。しかも、人工および天然林マツ材の蓄積量の50%が伐期に達しており、木材としての利用の増大が期待されている。

一方、利用面から見ると、針葉樹材の大半は主として木造建築用構造材であるが、それらの需要拡大を図るには木造建築の推進を図ることが必要である。

そのためには品質性能が保証された木材を供給することが求められている<sup>1)</sup>。

そこで、1992~1993年、県下3カ所の林分から採取した標準伐期齢に達したアカマツ材を対象として、在来工法の主要断面部材である正角材の強度性能を1991年7月に制定された「針葉樹の構造用製材の日本農林規格」<sup>2)</sup>(以下「新JAS」と記す)に基づいて、産地、採材部位、等級別に検討するため、実大材の曲げ強度試験を行った。

本試験を実施するにあたり、供試材の入手にご配慮をいただいた出雲市、益田市、邑智郡の森林組合各位に厚くお礼申し上げます。

## II 試験方法

### 1. 供試木の採取地と概要

アカマツの供試木を県下3ヵ所（大田市川合町－県中央部で海岸付近，邑智郡瑞穂町－県中央部で広島県境付近，益田市栃山町－県西部で海岸付近）から採取し，その概要を表－1に示す。

供試木は標準伐期齢である35年生に達した林分から1番玉で12cm正角材の採材が可能なものを選び，その1番玉と2番玉（材長各3m）を供試素材とした。素材総数は118本である。

### 2. 素材の外観特性

供試素材は平均年輪幅，曲り，心材率，細り率，偏心率，節を調査し，素材の日本農林規格（JAS）に準拠して，節と曲りによる品等区分を行った。また，調査後の素材はその径級に適した正角材12×12×300cm，10.5×10.5×300cm，9×9×300cmに挽材した。

### 3. 生材時における製材品の外観特性

挽材後の製材品について平均年輪幅，丸身，節，繊維傾斜を調査し新JASに準拠して節，丸身による品等区分を行った。

### 4. 生材時における曲げヤング係数

生材時における曲げヤング係数の測定は，図－1のようにスパンを270cm，ヨークスパンを50cmとし，3等分点2点荷重方式で重錘法（分銅載荷，10kg×4回）により行った。そして，全スパンの曲げヤング係数と中央1/3区間（モーメント一定区間）の曲げヤング係数を所定の計算式<sup>3)</sup>により求めた。

### 5. 気乾時における製材品の外観特性

天然乾燥により気乾状態に達した供試材について含水率，繊維傾斜，割れ，ねじれ，曲りを調査した。その後，人工乾燥により含水率を約15%に調整した。

### 6. 実大材の曲げ破壊試験

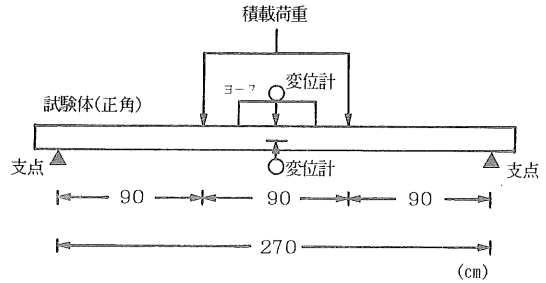
供試材は含水率を調整した後，3等分点2点荷重方式で実大材の曲げ破壊試験を行った。そして全スパンの曲げヤング係数，中央1/3区間の曲げヤング係数，曲げ比例限度，曲げ破壊係数を所定の計算式<sup>3)</sup>により求めた。なお，試験機は万能木材強度試験機（円井製作所製）を用い，全スパンは270cm，ヨークスパンは50cmである。

### 7. 無欠点小試験体の曲げ解析試験

実大曲げ破壊試験を行った供試材の非破壊部分から，無欠点小試験体（2.5×2.5×40cm）を採取し，日本工業規格（JIS）に準拠した静的曲げ試験（スパン35cm）を行った。

表－1 供試木

場所	採取本数 (本)	素材数 (本)	樹齢 (年)	樹高 (m)	枝下高 (m)	胸高直径 (cm)	採取時期
大田市川合町	18	36	38	14.7	6.5	23.1	1992年3月
益田市栃山町	20	40	35	16.7	6.1	22.9	1992年10月
邑智郡瑞穂町	21	42	48	18.2	8.7	23.4	1993年12月



図－1 実大材の曲げ試験方法

## III 結果と考察

### 1. 素材の外観特性と品等区分

#### 1) 素材の外観特性

総数で見ると，平均年輪幅，曲り，心材率，細り率，偏心率ともバラツキが大きかった。産地別に見ると，平均年輪幅は，瑞穂産材が最も小さく，次いで大田産，益田産の順に大きかった。このことは，胸高直径が同一にもかかわらず平均樹齢の違いから生じたと考える。瑞穂産材は，曲りが小さく，心材率が大きかった（表－2）。

また，採材部位別に比較した場合，1番玉が2番玉に比べて平均年輪幅が小さかった以外は，曲り，心材率，細り率，偏心率とも1番玉が大きかったがその差はわずかであった（表－3）。

表－2 素材の外観特性

産地 (供試数)	平均 年輪幅 (mm)	曲り (%)	心材率 (%)	細り率 (%)	偏心率 (%)	
大田 (36)	3.3	25.7	8.7	1.12	3.4	
益田 (40)	3.8	20.6	5.6	1.25	4.4	
瑞穂 (42)	2.8	16.5	10.6	0.98	3.5	
総数 (118)	平均値	3.3	20.7	8.3	1.11	3.8
	標準偏差	0.7	10.2	4.6	0.68	2.1
	変動係数(%)	22.8	49.5	54.9	60.66	55.8
	最大値	6.5	47.2	21.5	3.23	13.0
最小値	1.7	0.0	1.6	0.00	0.5	

表-3 採材部位別素材の外観特性

採材部位 (供試数)		平均 年輪幅 (mm)	曲り (%)	心材率 (%)	細り率 (%)	偏心率 (%)
1番玉 (59)	平均値	3.2	22.8	8.6	1.45	4.0
	標準偏差	0.8	10.1	4.1	0.74	2.4
	変動係数(%)	23.9	44.2	47.9	51.14	59.0
2番玉 (59)	平均値	3.3	18.6	8.0	0.78	3.5
	標準偏差	0.7	10.0	4.9	0.36	1.8
	変動係数(%)	21.5	53.6	61.8	46.85	50.2

表-4 素材の品等区分

産地 (供試数)		1等	2等	3等
大田 (36)	本数	0	23	13
	出現率(%)	0.0	63.9	36.1
益田 (40)	本数	0	34	6
	出現率(%)	0.0	85.0	15.0
瑞穂 (42)	本数	3	37	2
	出現率(%)	7.1	88.1	4.8
総数 (118)	本数	3	94	21
	出現率(%)	2.5	79.7	17.8

2) 素材の品等区分

表-4に示すように、総数で見ると節、曲りによる総合等級区分では2等材が約80%を占め、1等材は約3%と少なかった。また、産地別に見ると瑞穂産材で上位の等級材が多く、大田産材では3等材が約40%と高かった。

2. 製材品の外観特性と品等区分

1) 製材品の外観特性

表-5に示すように、総数で見ると含水率は通常気乾状態と考えられている15±2%にほぼ調整されているようであるが若干低いものも認められた。繊維<sup>4)</sup>のアカマツ正角材の曲げ強度の報告値と比較すると、比重は報告値0.54に近似していた。平均年輪幅は新JAS1級の基準値6mm以下を満足していた。また、素材の平均年輪幅に比べて若干大きく、年輪幅が狭い辺材部分が製材により除去されたと考える。繊維傾斜については、新JASの基準では1級は1m間の繊維走向傾斜の高さが83mm以下、2級

は125mm以下、3級は167mm以下となっているが、ほとんど1級に等級区分できた。節径比、集中節径比については等級格付けの重要因子となっている<sup>2)</sup>。特に、強度に大きく影響すると思われる材縁部の節径比は中央 $\frac{1}{3}$ 区間、全区間それぞれに平均値で約18%、25%であり、新JASの目視等級区分の甲II種で等級格付すると2級材となるが、それらのバラツキは大きかった。中央部と材縁部の節径比に大きな差は見られなかった。また、集中節径比については材縁部より中央部が大きかった。

産地別に比較すると、比重は産地による差は認められず、平均年輪幅は瑞穂産材が狭く、次いで大田産、益田産の順に大きかった。節径比は最大節径比、集中節径比とも中央 $\frac{1}{3}$ 区間、全区間で瑞穂産材が最も小さく、次いで益田産が小さく、最も大きかったのは大田産であった。繊維傾斜は3産地とも1級に等級格付できた。

表-5 製材品の外観特性

産地 (供試数)		含水率* (%)	比重	平均 年輪幅 (mm)	繊維 傾斜 (mm/m)	最大節径比(%)				集中節径比(%)			
						中央 $\frac{1}{3}$ 区間		全区間		中央 $\frac{1}{3}$ 区間		全区間	
						材縁部	中央部	材縁部	中央部	材縁部	中央部	材縁部	中央部
大田 (36)	平均値	13.5	0.57	3.7	34	20.7	23.0	28.3	28.4	25.8	39.3	39.3	48.9
	標準偏差	0.7	0.05	0.6	18.8	9.6	8.5	9.1	7.9	14.8	13.4	16.7	12.5
	変動係数(%)	5.0	9.22	16.8	55.3	46.1	36.9	32.2	27.7	57.5	34.0	42.5	25.6
益田 (40)	平均値	13.2	0.57	4.0	47	18.4	21.4	25.1	25.7	21.6	30.1	32.3	42.9
	標準偏差	0.6	0.05	0.5	23.4	8.1	5.3	6.4	6.0	11.7	10.1	12.4	12.0
	変動係数(%)	4.5	8.45	13.2	49.4	43.8	24.8	25.4	23.2	54.0	33.7	38.3	28.0
瑞穂 (42)	平均値	14.5	0.55	3.1	37	15.8	16.7	21.3	21.6	19.7	26.5	29.0	36.5
	標準偏差	0.8	0.05	0.6	20.6	8.6	8.2	9.3	7.3	14.3	13.4	16.6	18.1
	変動係数(%)	5.2	8.89	18.1	55.5	54.7	49.1	43.6	33.9	72.7	50.6	57.3	49.7
総数 (118)	平均値	13.7	0.56	3.6	40	18.2	20.2	24.7	25.1	22.2	31.6	33.2	42.5
	標準偏差	0.9	0.05	0.7	21.8	9.0	7.9	8.8	7.6	13.9	13.5	15.9	15.5
	変動係数(%)	6.6	9.00	19.1	55.1	49.3	39.2	35.7	30.4	62.5	42.6	47.8	36.4
	最大値	16.1	0.71	5.0	110	38.9	46.7	47.6	47.8	56.7	61.1	75.6	121.4
	最小値	11.9	0.42	2.1	3	0.0	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	0.0	8.9

\* 含水率は破壊試験時のもの

## 2) 製材品の品等区分

表-6に示すように、1級材の出現率が低く、2級、3級材の出現率が高かった。また、等級外の製材品の出現率が非常に高かった。大田産材で約60%が等級外品であったが、これは曲りの大きい素材からできる限り大きい正角材を挽材したため、丸身が大きくなり等級が下がったと考える。

また、新JAS甲種構造材Ⅱ（以下甲Ⅱ種）と乙種構造材（以下乙種）の基準によって等級格付けした結果を表-7に示す。甲Ⅱ種の基準による等級格付けでは構成比が最大なのが3級材であるが、これを乙種の基準で等級格付けすると、2級材が最大となり、しかも等級外の比率が非常に少なくなった。このことから、大森ら<sup>9)</sup>と同様に甲Ⅱ種の基準による等級格付けの方が厳しい結果となることが確認された。

## 3. 生材の曲げヤング係数

総数で見ると、供試材の生材時における曲げヤング係数は約105tonf/cm<sup>2</sup>で、東野ら<sup>9)</sup>のアカマツ材の強度結果よりかなり大きい結果が得られた。

産地間で比較すると瑞穂産材が最も高く、大田産材と益田産材は同等であった（表-8）。

また、生材時曲げヤング係数を等級間で比較すると、等級間の出現率に差はあるが、全スパンの曲げ

表-6 製材品の品等区分

産地 (供試数)	1等	2等	3等	等級外
大田本数 (36)	1	4	10	21
出現率(%)	2.8	11.1	27.8	58.3
益田本数 (40)	3	10	19	8
出現率(%)	7.5	25.0	47.5	20.0
瑞穂本数 (42)	5	18	11	8
出現率(%)	11.9	42.9	26.2	19.0
総数本数 (118)	9	32	40	37
出現率(%)	7.6	27.1	33.9	31.4

表-7 等級別本数(本)

	甲Ⅱ種				乙種			
	1級	2級	3級	級外	1級	2級	3級	級外
本数	9	32	40	37	30	46	22	20
出現率(%)	(7.6)	(27.1)	(33.9)	(31.4)	(25.4)	(39.1)	(18.6)	(16.9)

表-8 生材の曲げヤング係数

	大田市	益田市	瑞穂町	総数
本数	36	40	42	118
平均値	102.0	102.0	109.0	104.5
標準偏差	15.0	14.6	14.8	15.1
変動係数(%)	14.7	14.3	13.6	14.5

表-9 生材の等級別曲げヤング係数

	1級	2級	3級	級外
本数	9	32	40	37
出現率(%)	7.6	27.1	33.9	31.4
平均値	127.8	107.5	99.1	102.1
標準偏差	8.9	13.1	10.4	16.5
変動係数(%)	7.0	12.2	10.5	16.1

ヤング係数は等級が上位なほど高く、等級に対応した曲げヤング係数であった（表-9）。

## 4. 乾燥による曲げヤング係数の変化

図-2に示すように、乾燥により明らかに曲げヤング係数の増加が図られた。なお、生材時と破壊試験時の平均の曲げヤング係数はそれぞれ104.5tonf/cm<sup>2</sup>、122.0tonf/cm<sup>2</sup>であり、生材時に対する破壊試験時の曲げヤング係数の比は1.167であった。

このことは、中井ら<sup>7)</sup>、中山ら<sup>8)</sup>もスギについて報告しており、アカマツ正角材もそれらと同様な傾向を示していることがわかる。なお、乾燥による形質変化については別に報告する。

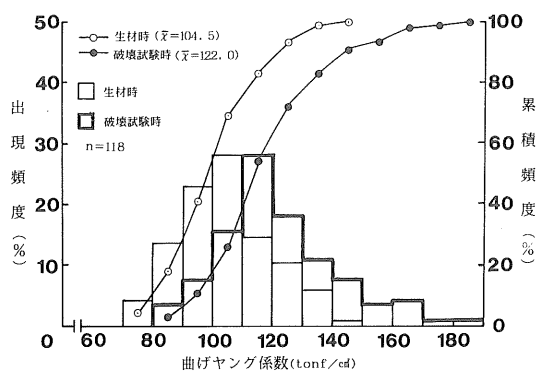


図-2 生材時と破壊試験時の曲げヤング係数の出現頻度と累積頻度

### 5. 実大材の曲げ破壊試験

表-10に示すように、総数で見ると、曲げヤング係数の平均値は全区間で118.4tonf/cm<sup>2</sup>、範囲は79.2~183.5tonf/cm<sup>2</sup>であり、曲げ破壊係数の平均値は477kgf/cm<sup>2</sup>、範囲は247~811kgf/cm<sup>2</sup>であった。曲げ比例限度の平均値は、曲げ破壊係数の約73%であり、従来から言われている曲げ破壊係数の%の値より若干高かった。

また、曲げヤング係数は等級による差がはっきりと認められ、中央1/3区間、全区間とも1級材はかなり高く、等級が下がるにつれて曲げヤング係数も低下した。曲げ破壊係数についても、さきに述べたように等級が下がるにつれて低下が顕著であった。

木構造設計基準<sup>9)</sup>に示されているアカマツ普通構

造材のヤング係数90tonf/cm<sup>2</sup>未満の材はわずか6%であり、上級構造材のヤング係数100tonf/cm<sup>2</sup>以上の材は約87%であり、良質な構造材であることが分かった(図-3)。

建築基準法施行令第95条に規定されている材料強度値285kgf/cm<sup>2</sup>を下回っていた材は僅か3%であったが(図-4)、平均値を度数分布の統計的下限5%信頼限界<sup>10)</sup>(以下「下限値」)で見ると265kgf/cm<sup>2</sup>であり若干下回っていた。等級別の曲げ破壊係数を下限値と比較すると、1級材は496kgf/cm<sup>2</sup>、2級材は343kgf/cm<sup>2</sup>、3級材は285kgf/cm<sup>2</sup>、等級外材は226kgf/cm<sup>2</sup>であり、アカマツ材の材料強度値を3級材までは満足していた。

表-10 等級別と総数の実大曲げ破壊試験結果

等級 (供試数)	比 重	曲げヤング係数		曲げ比例限度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	曲げ破壊係数 (kgf/cm <sup>2</sup> )
		中央1/3区間 (tonf/cm <sup>2</sup> )	全 区 間 (tonf/cm <sup>2</sup> )		
1 級 (9)	平 均 値	0.63	175.4	441	674
	標 準 偏 差	0.03	41.6	18.3	108.2
	変動係数(%)	5.05	23.7	16.4	16.0
2 級 (32)	平 均 値	0.56	133.8	369	518
	標 準 偏 差	0.04	32.3	18.1	106.4
	変動係数(%)	7.56	24.2	19.2	20.6
3 級 (40)	平 均 値	0.56	122.0	331	433
	標 準 偏 差	0.04	21.8	63.4	90.2
	変動係数(%)	6.40	17.9	19.2	20.8
級 外 (37)	平 均 値	0.57	122.3	319	440
	標 準 偏 差	0.06	22.3	84.3	130.1
	変動係数(%)	9.86	18.3	26.4	29.6
総 数 (118)	平 均 値	0.57	129.3	346	477
	標 準 偏 差	0.05	30.6	80.6	128.6
	変動係数(%)	8.70	23.6	23.3	27.0
	最 大 値	0.71	282.6	531	811
	最 小 値	0.42	79.6	150	247

(注) 曲げヤング係数(スパン-梁せい比21、等分布荷重条件における全スパンたわみからの値に換算)、曲げ破壊係数および比重を含水率15%時の値に換算<sup>1)</sup>した。

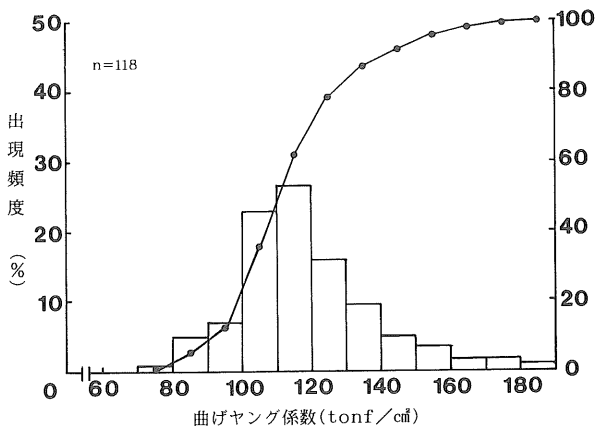


図-3 曲げヤング係数の出現頻度と累積頻度

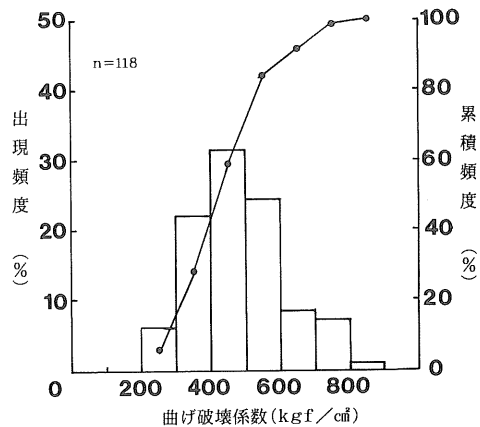


図-4 曲げ破壊係数の出現頻度と累積頻度

表-11に示すように、曲げヤング係数は生材時の曲げヤング係数の場合とほぼ同様で、瑞穂産材が高く、次いで益田、大田産材であった。曲げ破壊係数も曲げヤング係数の場合と同様で瑞穂産材が高く、最も低いのが大田産材であった。

表-12に示すように、曲げヤング係数は中央1/3

区間、全区間とも1番玉が高く、曲げ破壊係数も1番玉が高く、採材部位が高くなると曲げヤング係数、曲げ破壊係数とも低下した。中山ら<sup>9)</sup>が島根県産スギ材で採材部位の違いによる差はなかったと報告しているが、アカマツ材では採材部位の差が明確に現れた。

表-11 産地別実大曲げ破壊試験結果

産地 (供試数)		曲げヤング係数		曲げ比例限度 (kgf/cmf)	曲げ破壊係数 (kgf/cmf)
		中央1/3区間 (tonf/cmf)	全区間 (tonf/cmf)		
大田 (36)	平均値	121.0	112.8	309	431
	標準偏差	27.9	18.5	85.3	112.3
	変動係数(%)	23.1	16.4	27.6	26.0
益田 (40)	平均値	128.4	119.0	357	478
	標準偏差	21.0	18.7	74.3	133.5
	変動係数(%)	16.3	15.8	20.8	28.0
瑞穂 (42)	平均値	137.4	122.5	366	514
	標準偏差	37.6	20.9	71.2	124.5
	変動係数(%)	27.3	17.1	19.4	24.2

表-12 採材部位別実大曲げ破壊試験結果

採材部位 (供試数)		曲げヤング係数		曲げ比例限度 (kgf/cmf)	曲げ破壊係数 (kgf/cmf)
		中央1/3区間 (tonf/cmf)	全区間 (tonf/cmf)		
1番玉 (59)	平均値	138.5	124.8	382	540
	標準偏差	31.1	19.3	68.9	127.6
	変動係数(%)	22.5	15.5	18.0	23.6
2番玉 (59)	平均値	120.1	111.9	309	414
	標準偏差	27.1	18.3	74.7	94.1
	変動係数(%)	22.5	16.3	24.1	22.8

## 6. 単回帰分析による強度性能の推定

表-13に示すように、曲げ破壊係数と相関の高かった測定因子は比重、平均年輪幅、生材時および破壊試験時の曲げヤング係数、曲げ比例限度であった。曲げ破壊係数と破壊試験時の曲げヤング係数の相関係数は0.758でかなり高い相関が認められ、曲げヤング係数が高ければ曲げ破壊係数も高くなることが確認できた。また、一般的に比重が高ければ曲げヤング係数、曲げ破壊係数が向上すると言われているが本結果でも高い相関がありその傾向が認められた。

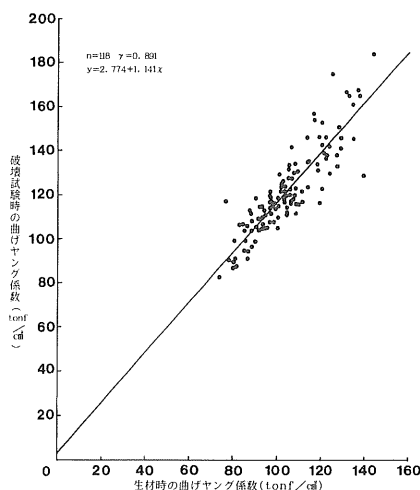


図-5 生材時と破壊試験時の曲げヤング係数の関係

表-13 外観特性と強度性能の相関係数

	比 重	平均年輪幅	繊維傾斜	曲げヤング係数 (生材時)	曲げヤング係数 (破壊試験時)	曲げ比例限度	曲げ破壊係数
比 重	1.00	-0.219	-0.016	0.635*	0.681*	0.595*	0.628*
平均年輪幅		1.00	0.268*	-0.513*	-0.374*	-0.340*	-0.418*
繊維傾斜			1.00	-0.214	-0.233	-0.065	-0.162
曲げヤング係数 (生材時)				1.00	0.891*	0.741*	0.780*
曲げヤング係数 (破壊試験時)					1.00	0.731*	0.758*
曲げ比例限度						1.00	0.824*

\*は1%の危険率で有意

さらに、図-5に示すように、生材時と破壊試験時の曲げヤング係数の相関係数は0.891と高かった。また、生材時と破壊試験時の曲げヤング係数と曲げ破壊係数の相関係数が高いことから、生材時の曲げヤング係数から曲げ破壊係数を推定できると考える。

また、表-14に示すように、曲げ破壊係数および曲げヤング係数と全区間の材縁部の節径比が最も相関が高かった。新JASの甲II種の基準では強度に大きな影響を及ぼすのは材縁部ということで材縁部の基準が厳しくなっているが、今回の試験も材縁部の節径比が曲げ破壊係数および曲げヤング係数に大きく影響していることが確認できた。集中節径比についても曲げ破壊係数との間に高い相関が認められ、アカマツ材においては節の大きさ、出現部位がかなり大きく強度に影響を与えると考える。

### 7. 無欠点小試験体の曲げ解析試験

表-15に示すように、比重の平均値は実大材の値より4%低かった。これは無欠点小試験体が実大材に含まれている節を除去したためと考える。年輪幅の平均値は実大材の値より12.5%も低かった。これは無欠点小試験体が年輪幅の広い樹心部（未成熟材

表-14 節径比と強度性能の相関係数

		曲げヤング係数 (破壊試験時)	曲げ破壊係数
最大節径比	中 $\frac{1}{3}$ 区間 材縁部	-0.489*	-0.606*
	中央部	-0.415*	-0.537*
	全 $\frac{1}{3}$ 区間 材縁部	-0.499*	-0.664*
	中央部	-0.408*	-0.585*
集中節径比	中 $\frac{1}{3}$ 区間 材縁部	-0.428*	-0.545*
	中央部	-0.472*	-0.594*
	全 $\frac{1}{3}$ 区間 材縁部	-0.473*	-0.626*
	中央部	-0.383*	-0.524*
曲げヤング係数		1.00	0.758*

\*は1%の危険率で有意

部)を含まないためと考える。曲げヤング係数の平均値は実大材と差はなかった。曲げ比例限度、曲げ破壊係数の平均値は実大材より低く、錦織ら<sup>4)</sup>のアカマツ正角材の曲げ強度の結果と同様に実大材の含む欠点因子が影響したと考える。曲げ比例限度に対する曲げ破壊係数の比は平均値で62%で、従来から言われている曲げ破壊係数の $\frac{2}{3}$ (67%)に近似していた。

表-15 無欠点小試験体の曲げ試験

産 地 (供試数)	比 重	平均年輪幅 (mm)	曲げヤング係数 (tonf/cmf)	曲げ比例限度 (kgf/cmf)	曲げ破壊係数 (kgf/cmf)
大 田 (108)	平均値	0.56	3.3	120.0	637
	標準偏差	0.06	0.8	22.0	103.5
	変動係数(%)	11.38	25.6	18.3	16.2
益 田 (193)	平均値	0.56	3.7	120.0	597
	標準偏差	0.06	0.8	21.5	94.1
	変動係数(%)	10.51	22.8	17.9	15.8
瑞 穂 (201)	平均値	0.55	2.8	111.6	561
	標準偏差	0.05	0.6	18.3	75.0
	変動係数(%)	9.90	23.3	16.4	13.4
総 数 (502)	平均値	0.55	3.2	116.7	591
	標準偏差	0.06	0.9	20.8	93.8
	変動係数(%)	10.51	27.0	17.8	15.9
	最大値	0.90	7.5	174.1	999
	最小値	0.40	1.3	51.8	303

#### IV 結 論

以上の結果から、県産アカマツ正角材は建築基準法施行令に規定されている材料強度値を上回る試験体がほとんどであったが、中には規定値を下回る試験体もあり、強度的にバラツキがあることがわかった。しかし、新JASの目視等級区分で等級が上がれば強度は大きくなることが確認できた。また、アカマツ材は節の大きさ、出現部位が強度に大きく影響を与えることもわかった。

曲げヤング係数と曲げ破壊係数に高い相関が認められることから、今後は非破壊的な方法で曲げヤング係数を求め、機械と目視をあわせた等級区分システムを確立し、品質性能が保証された木材を供給することが非常に重要だと考える。

#### 引 用 文 献

- (1) 木材強度・木質構造研究会：構造用木材－強度データの収集と分析。日本木材学会：1～41，1988
- (2) 全国木材協同組合連合会：針葉樹の構造用製材の日本農林規格並びに解説。(社)全国木材組合連合会：1～79，1991
- (3) 林野庁：昭和58年度林業試験研究報告書。198，1985
- (4) 錦織 勇・勝部理市・安井 昭：構造用製材の強度性能(Ⅲ)，アカマツ正角材の曲げ強度。島根林技研報38：51～59，1987
- (5) 大森昭壽・池田潔彦：針葉樹構造用製材の曲げ強度と等級区分，スギ正角・ベイツガ正角。静岡県林技研報22：63～73，1994
- (6) 東野 正・中野正志・多田野 修：アカマツ材の強度(Ⅲ)，平割材の曲げ強度性能および非破壊試験による曲げ強度の推定。日林東北支誌43：221～222，1991
- (7) 中井 孝・田中俊成：間伐材等小径木の強度性能，曲げ剛性と曲げ破壊係数。木材工業39：235～241，1984
- (8) 中山茂生・錦織 勇・池淵 隆・安井 昭：島根県産スギ造林木の強度性能，スギ正角材の曲げ強度。島根林技研報42：17～36，1991
- (9) 日本建築学会：木構造設計規準・同解説。(社)日本建築学会：24～25，1973
- (10) 飯島泰男：エンジニアリングウッド各論。木材工業47：45～49，1992



# Strength Properties of Akamatsu (*Pinus densiflora*) Trees Growing in Shimane Prefecture

Takashi IKEBUCHI and Isamu NISHIKORI

## Summary

Bending strength tests were carried out on the square lumbers sawed out of logs of Akamatsu (*Pinus densiflora*) trees growing in Shimane Prefecture, Japan.

1. Bending modulus of elasticity was 104.5tonf/cm<sup>2</sup> on an average under the green condition and different in the "Japanese Agricultural Standard (JAS)" grade of the tested lumbers. It was not influenced by the localities of Akamatsu trees.
2. Bending modulus of elasticity was 122.0tonf/cm<sup>2</sup> on an average under bending rupture tests and dried lumbers increased in it by 1.167 times the value under the green condition.
3. Bending modulus of elasticity was 118.4tonf/cm<sup>2</sup> on an average in terms of value at 15% in moisture content and different in the JAS grade of the lumbers. The lumbers in lower value than 90tonf/cm<sup>2</sup>, the standard value of bending modulus of elasticity in the "Wood Structural Design Standard", were occupied only 5.9% of all the tested lumbers.
4. Average and the lowest limit of bending modulus of rupture were 477kgf/cm<sup>2</sup> and 265kgf/cm<sup>2</sup>, respectively, in terms of value at 15% in moisture content, and almost all the lumbers were acceptable in these values to the standard in the 95th article of the "Building Standard Law".
5. High correlation was shown between bending modulus of elasticity and bending modulus of rupture not only under green condition but also under bending rupture tests.
6. High correlation was shown between the knot ratio to the lumber edges and bending modulus of rupture.

論文 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

富川康之・平佐隆文

Effects of Water-spraying Process on Production  
of Shiitake Mushroom on Sawdust Medium Beds

Yasuyuki TOMIKAWA and Takafumi HIRASA

要 旨

3種類の種菌と4方法の散水によってシイタケ菌床栽培を行って、散水方法が子実体の発生量、発生パターンおよび品質に及ぼす影響を検討した。散水方法が大きく影響を及ぼしたのは発生パターンであり、連続散水をした場合には試験開始直後の短い期間に発生が集中した。1番発生後散水、休養散水および休養浸水では、試験終了時まで発生が継続した。発生量と品質はおもに種菌によって結果が異なり、散水方法には概して影響を受けなかった。しかし、集中発生した場合には規格外の発生率が高いなど、散水方法による影響を若干認めた。

I はじめに

近年、シイタケ (*Lentinus edodes* (Berk.) Sing.) を木粉培地によって栽培する「菌床栽培」が全国的に広まっている。島根県では1986年に仁多町でこの栽培法が導入されて以来、生産量は毎年増加している。1993年には県内18市町村で1,050 tが生産されて、生シイタケ生産量の81%を占めるに至った(県林業振興課統計資料より)。栽培農家戸数、生産量ともに今後さらに増加すると考えられ、子実体の発生量や品質などを正確に把握する必要がある。

本栽培は各種菌メーカーによって栽培方法が示されているが、菌床への散水方法が大きな特徴である。しかし、生産者の栽培施設や労働力は一様でなく、生産目標に適合した散水方法を検討することは重要であると考え。1991~1993年度に「シイタケ菌床栽培実証試験」を実施したが、その中で散水方法についていくつかの知見を得たので報告する。

本試験を実施するに当たり、供試菌床を提供していただいた株式会社北研産業と明治製菓株式会社にお礼を申し上げる。

II 試験方法

発生舎は木造で屋根と外壁をトタンで覆い、内壁は断熱材を使用した。床はコンクリートで、天井と内壁にはビニールシートを張り付けた。棚は鉄パイプ製で、床面からの高さが60, 90, 120cmの棚を使用した(写真-1, 2)。

供試菌床は種菌メーカーから、培養済みのものを購入した。北研産業からは種菌に北研600号を使用したもの1種類と、明治製菓からは種菌にJMS9K-3とJMS9K-4を使用したもの2種類を供試した(写真-3~5)。

散水はつぎの4方法で行った。散水時間はいずれの方法とも朝と夕方に30分間ずつで、子実体採取後に行った。①1番発生後散水:袋から取り出した菌床に散水を開始したが、シイタケの芽切りが始まった時点で散水を止めて1番発生をさせた。発生量が減少した時点で直ちに散水を開始して、試験終了時まで継続した。②休養散水:1番発生が終了するまでは①と同様だが、その後は休養のため20日間散水を行わなかった。休養させた後は30日間の散水と20

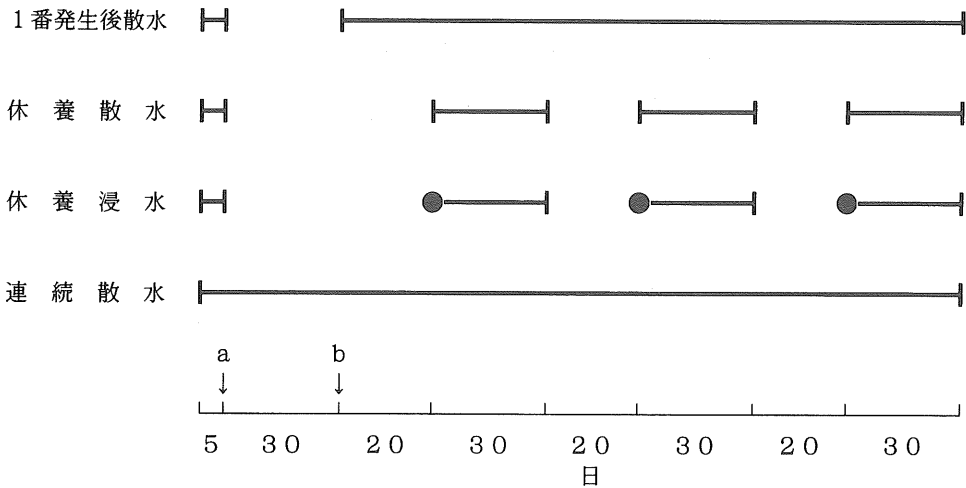


図-1 散水方法

┌───┐ : 散水期間    ● : 浸水    a : 芽切り開始    b : 1 番発生の発生量減少

日間の休養を繰り返して、4 番発生まで行った。

③休養浸水：散水は②と同様だが、休養をさせた後に散水を開始する時点で24時間の浸水を行った。

④連続散水：菌床を袋から取り出した時点から試験が終了するまで散水を継続した（図-1）。なお、北研600号は連続散水を行わなかった。

①～③の散水方法は1991年12月～1992年6月、④は1992年12月～1993年6月、夏の暑い時期を外す季節栽培として行った。栽培期間はいずれの散水方法とも210日である。

発生舎内の暖房は灯油ヒーターを用い、室温が15

℃以下の時に運転するように設定した。加湿器は用いず、菌床への散水の外に床面への散水によって湿度を保った。自記温湿度計による測定記録から、毎日の最高、最低温湿度を読みとり図-2に示した。12～3月ではほとんどが10～15℃の温度範囲にあったが、4月から最高室温が上昇して1日の温度差が大きくなった。湿度はほとんどが60～90%の範囲であった。また、試験期間の平均温湿度（毎日0、6、12、18時の温湿度から計算）は、1991年12月～1992年6月では15.5℃、71.7%であり、1992年12月～1993年6月では14.7℃、78.0%であった。

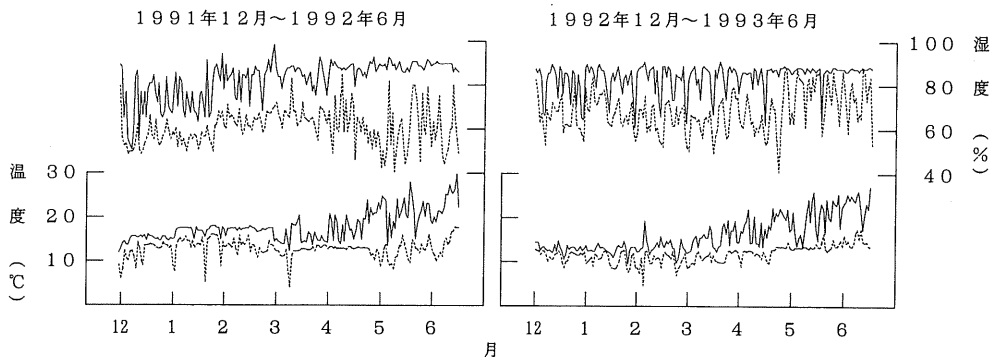


図-2 発生舎内の温湿度

— 最高温湿度  
- - - 最低温湿度

子実体の採取は朝と夕方の2回、内披膜が切れかけた時点でいった。すべての子実体について生重量、傘の直径と厚さ、柄の長さ太さを測定し、形態を観察した。子実体の含水率は2カ月間隔(12, 2, 4月)に10~20個の子実体について、次式によって算出した。なお、全乾重量は乾シイタケを作った後、105℃で24時間乾燥させて測定した。

$$\text{含水率} = \frac{\text{生重量} - \text{全乾重量}}{\text{生重量}} \times 100$$

子実体の規格は、傘の直径と形態から「生シイタケ全国統一規格」(7)によって選別した。

### III 試験結果

#### 1. 子実体の発生量

各種菌、各散水方法での発生量を表-1に示すが、試験区ごとに菌床重量や供試菌床数が異なるため、菌床を1kgに換算した場合の子実体発生数と菌床重量に対する子実体発生重量の割合で比較した。菌床1kg当たりの発生数は、JMS9K-3ではいずれの散水方法でも他の2種菌と比べて多数発生した。同一

種菌内で比較すると連続散水を行った場合、JMS9K-3では他の散水方法に比べて少数発生して、JMS9K-4では多数発生した。菌床重量に対する発生割合は1番発生後散水、休養散水および休養浸水では、いずれの種菌でも41~48%であった。しかし、連続散水を行った場合JMS9K-3では他の散水方法と比べてやや低く、JMS9K-4ではかなり高かった。子実体重量は北研600号とJMS9K-4ではいずれの散水方法でも、JMS9K-3と比べて大きかった。

各菌床での発生量を調査して図-3に示したが、菌床間に大きな差を認めた。菌床1kg当たりの発生数は、JMS9K-3で菌床間の差が大きかった。同一種菌内で比較すると連続散水を行った場合、他の散水方法と比べて菌床間の差が大きかった。菌床重量に対する発生割合は、連続散水を行った場合JMS9K-3ではわずかしこ発生しない菌床があり、JMS9K-4では多量に発生した菌床があり、菌床間の差が大きかった。子実体重量は、JMS9K-3は他の2種菌と比べて菌床間の差が小さかった。

連続散水を行ったJMS9K-3とJMS9K-4について棚別に発生量を調査したが、いずれの種菌でも棚の高さによる顕著な差はなかった(表-2)。

表-1 子実体の発生量

種 菌	散 水 方 法	供試菌床数	菌床重量 (g)	菌床当たり 発生数	菌床当たり 発生量(g)	菌床1kg当 たり発生数	菌床重量に 対する発生 割合(%)	子実体重量 (g)
北研600号	1番発生後散水	30	2126	32.1	998.0	15.1	46.9	33.1
	休 養 散 水	30	2139	31.1	886.9	14.5	41.5	28.5
	休 養 浸 水	29	2091	35.8	919.7	17.1	44.0	25.7
JMS9K-3	1番発生後散水	15	816	32.2	367.7	39.3	45.1	11.4
	休 養 散 水	15	847	29.9	350.3	35.2	41.4	11.7
	休 養 浸 水	15	826	30.4	355.4	36.6	43.0	11.7
	連 続 散 水	50	1018	32.6	397.8	32.0	39.1	12.2
JMS9K-4	1番発生後散水	16	953	14.3	458.5	15.1	48.1	32.2
	休 養 散 水	16	937	13.1	404.7	13.9	43.2	31.0
	休 養 浸 水	16	936	15.6	449.0	16.3	48.0	28.7
	連 続 散 水	50	996	22.4	559.4	22.5	56.2	24.9

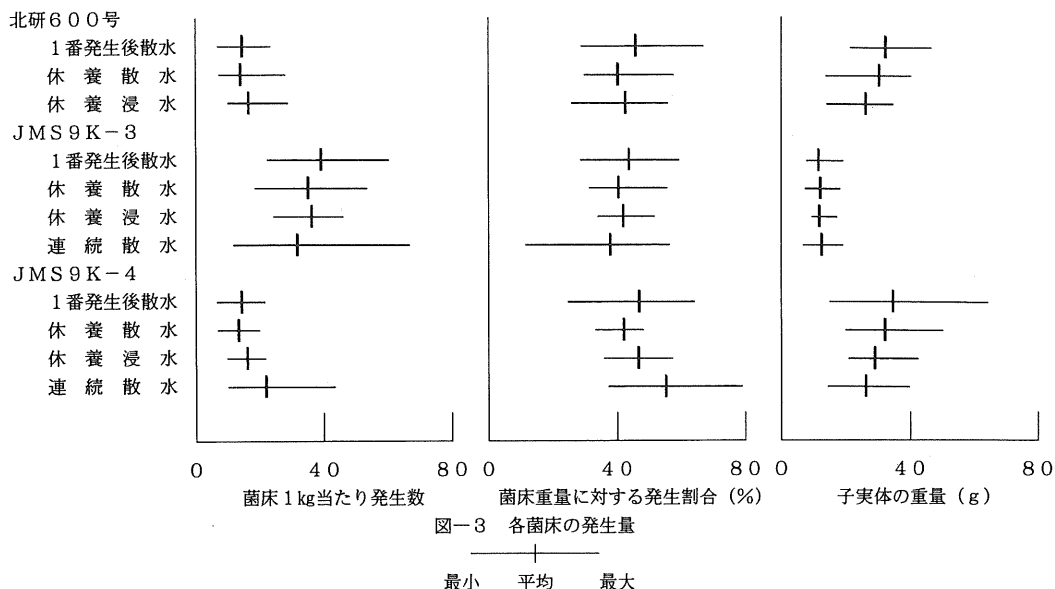


表-2 棚別の発生量

種 菌	床面からの 棚の高さ(cm)	菌床重量に対す る発生割合(%)	菌床1kg当 たり発生数	子実体重量 (g)
JMS9K-3	30	39.1	29.1	13.5
	60	41.1	32.3	12.7
	90	37.0	35.1	10.5
JMS9K-4	30	55.8	23.8	23.4
	60	54.6	18.4	29.6
	90	58.2	25.2	23.1

連続散水の場合

## 2. 子実体の発生パターン

各種菌、各散水方法での発生パターンを、試験区の総発生重量に対する各週の発生重量の割合で表した。図-4に示すように、1番発生後散水、休養散水および休養浸水では、芽切りが始まった時点で散水を止めたが、その後は約1か月間発生が継続した。これらの散水方法ではいずれも、初めの1か月間の発生量が連続散水と比べて少なかった。1番発生後散水では、栽培の途中で散水を開始した後の各週の発生量が連続散水と比べて多かった。休養散水では、休養期間があるため4つのピークを認めた。休養さ

せた後に散水を行ってからは各週の発生量が多く、全体の発生パターンは1番発生後散水と類似した。休養浸水では、全体の発生パターンが1番発生後散水、休養散水と類似した。北研600号では浸水を行った次の週に発生が多く、浸水の効果が顕著に現れた。連続散水では試験開始直後の短い期間に発生が集中して、JMS9K-3は初めの1か月間に約40%が、JMS9K-4は約50%が発生した。その後の発生は栽培終了時まで継続したが、各週の発生量はわずかであった。

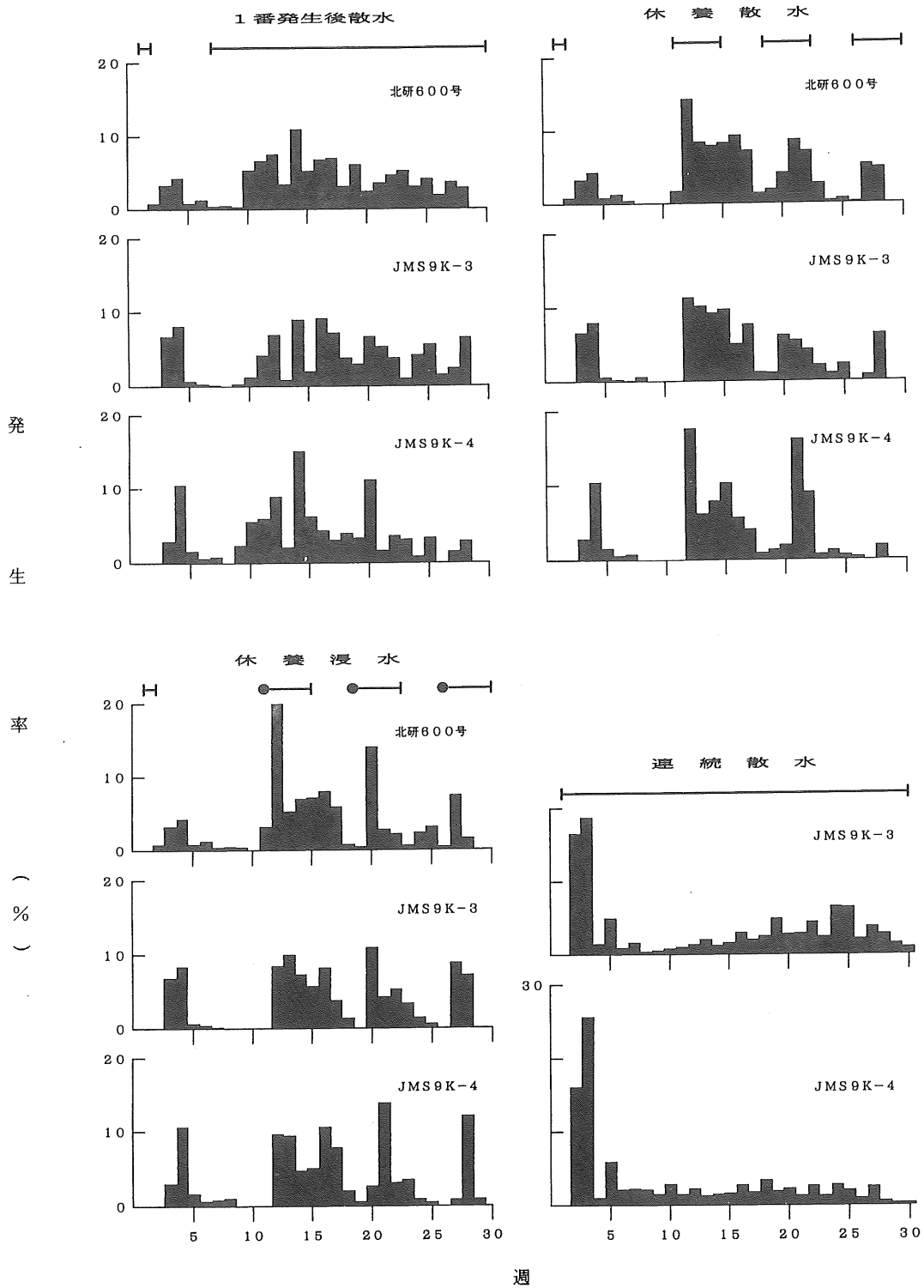


図-4 子実体の発生パターン

### 3. 子実体の品質

子実体の形態は表-3に示すように、原木栽培での子実体(8)と比較して柄が長く、太いものが発生した。北研600号とJMS9K-4はいずれの散水方法でも大きな子実体が発生して、JMS9K-3では小さかった。JMS9K-4は連続散水を行った場合、他の散水方法と比較して柄が長かった(写真-5)。

子実体の含水率は表-4に示すように、12月の含水率は連続散水では90%以上であったが、芽切りが始まった時点で散水を止めた他の散水方法では84~

89%であった。2月以降は1番発生後散水、休養散水および休養浸水では89~92%であり、散水方法による差は認めなかった。

各種菌、各散水方法において規格の選別を行って、試験区の総発生重量に対する規格別の発生重量割合を図-5に示した。北研600号とJMS9K-4ではいずれの散水方法でもLとMが大部分を占め、ついでLが発生した。JMS9K-3では大部分をMが占め、ついでLとSが発生した。規格外の発生率は連続散水をした場合、他の散水方法と比べて高かった。

表-3 子実体の形態

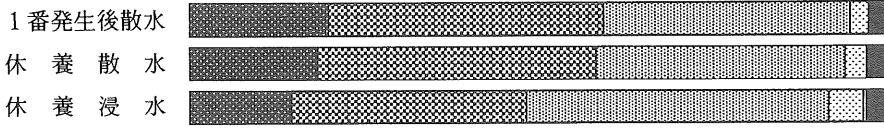
種 菌	散水方法	傘		柄	
		直径 <sup>a)</sup> (cm)	厚さ(cm)	長さ(cm)	太さ <sup>a)</sup> (cm)
北研600号	1番発生後散水	5.8	1.8	4.2	1.6
	休養散水	5.7	1.7	4.1	1.5
	休養浸水	5.4	1.6	4.0	1.5
JMS9K-3	1番発生後散水	4.3	1.2	2.9	1.1
	休養散水	4.4	1.2	3.1	1.2
	休養浸水	4.4	1.2	3.1	1.2
	連続散水	4.5	1.3	2.9	1.1
JMS9K-3	1番発生後散水	5.8	1.8	4.2	1.6
	休養散水	5.7	1.7	4.1	1.5
	休養浸水	5.4	1.6	4.0	1.5
	連続散水	5.5	1.5	4.6	1.5

a) 直径と短径の平均

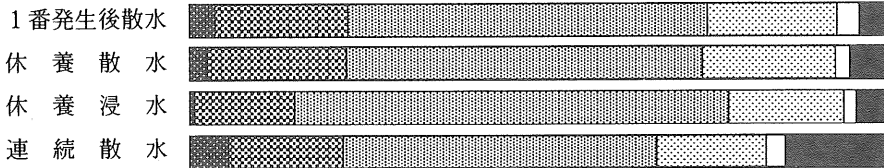
表-4 子実体の含水率

種 菌	散水方法	12月	2月	4月
北研600号	1番発生後散水	88.3	91.6	92.7
	休養散水	89.3	90.3	92.6
	休養浸水	87.7	92.3	92.0
JMS9K-3	1番発生後散水	85.4	90.6	91.5
	休養散水	84.1	91.5	91.4
	休養浸水	87.0	91.2	91.8
	連続散水	94.0	—	—
JMS9K-3	1番発生後散水	87.6	89.3	92.1
	休養散水	87.1	90.5	92.4
	休養浸水	86.1	90.5	92.2
	連続散水	91.4	—	—

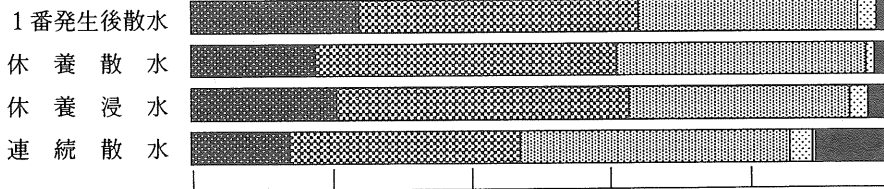
北研600号



JMS9K-3



JMS9K-4



0 20 40 60 80 100  
発生率 (%)

図-5 規格別発生割合

LL, L, M, S, SS, 規格外

#### IV 考 察

本試験では4方法の散水を検討したが、散水方法が大きく影響を及ぼしたのは子実体の発生パターンであった。連続散水を行った場合、他の散水方法と異なり試験開始直後に発生が集中して、その後は各週の発生はわずかであった。小出(3)は80日間の短期栽培の場合、培養期間中に形成される子実体原基数が、その後の子実体発生数をすでに決定していると報告した。子実体発生には多量の水分が必要であるが、菌床内の水分は発生した子実体によって持ち出されて急激に減少するため、発生数が制限されると予想される。連続散水では袋から取り出した直後の水分を十分に含む菌床に、子実体発生に必要な水分を供給し続けたため、原基の多くが栽培初期の時点で子実体へ分化したと推察する。河内(4)は、形成された子実体原基が菌床内に長く存在しないことを報告した。つまり、その後の発生は培養期間中に形成された原基からではなく、少しずつ形成される新しい原基によるため、各週の発生量がわずかであったと推察する。

1番発生後散水は栽培の途中から散水を継続したが、その時点で連続散水をした場合のような集中発生が起こらず、全体の発生パターンが休養散水や休養浸水と類似したことに注目した。集中発生が起こらなかった原因は、芽切りが始まった時点で散水を止めて、水分の供給をせずに子実体を発生させた1か月間に菌床の含水率が低下したためと推察する。また、袋から取り出した時点と比べて菌床表面が硬化して、散水しても菌床内に吸収されずに流れ落ちる水分を多く認めた。このような菌床では、再び散水を開始しても集中発生が起こりにくいと考えられる。また、集中発生しないため子実体原基数は急激に減少せず、その後の各週の発生量は連続散水と比べて多くなったと推察する。

菌床重量に対する発生割合は、他の報告(5, 9)と比べて若干高かった。これは培養済み菌床の重量を使用して計算したこと、栽培期間が長いことが原因と考えられる。連続散水をした場合の菌床重量に対する発生割合は、JMS9K-3では他の散水方法と比べて若干低く、JMS9K-4ではかなり高かった。JMS9K-3は小さな子実体が多数発生することが本試験で



明らかだが、短期間に発生が集中したため菌床の一定表面積からの発生数が制限されて、全体の発生量が低くなったと推察する。JMS9K-4は大きな子実体が少数発生したが、試験開始直後の集中発生によって、培養期間に形成された子実体原基が本来より多く子実体へ分化したと推察する。また、他の散水方法と比べて柄が長く、柄には水分を多く含んでいた。これらの理由により、連続散水をしたJMS9K-4では全体の発生量が高くなったと推察する。

規格外の発生は、隣接した子実体が接触して傘が開かないなど形の変形により生じた。連続散水を行った場合、集中発生した時に非常に密集して発生したため、規格外の発生率が高かった。

このように散水方法は子実体の発生パターンに影響を及ぼすため、子実体の採取時期や労働力に合わせて発生を調節することが可能と考える。発生数、子実体重量、子実体の形態および規格別発生割合はおもに種菌によって結果が異なり、散水方法の影響は概して受けなかった。すなわち、北研600号とJMS9K-4では大きな子実体が少数発生して、JMS9K-3では小さな子実体が多数発生した。しかし、短期間に発生が集中する場合規格外の発生率が高く、種菌によっては発生量や子実体の形態に影響を及ぼすため、散水方法との組み合わせに注意を要する。

発生量は各試験区の平均値と比較すると差を認めるが、菌床ごとに見ると平均値から大きく外れる菌床があった。連続散水をした場合では、菌床1kg当たりの発生数と菌床重量に対する発生割合が菌床間に大きな差があった。栽培条件の差として考えられるのは、発生舎の上部と下部での温湿度条件と、棚の上段と下段での散水の偏りであるが、発生量は棚の高さによって顕著な差を認めなかった。その他の発生環境が影響を与えたのか、菌床製造時(6)、培養期間(1, 2)などに菌床間に差が生じて発生量が決定されていたのか、今回の試験では判明しない。この原因究明は今後の課題である。

菌床栽培で発生したシイタケは、水分を多く含むことが品質の点で指摘されている。本試験で明らか

のように、芽切りが始まった時点で散水を止めて子実体に直接水をかけない場合、その期間に発生した子実体の含水率が約5%低かった。今後は散水時間、温湿度条件および休養期間の長さなどの検討を要するが、その際子実体に直接水をかけないことを考慮する必要があると考える。

## 引用文献

- (1) 阿部正範：シイタケ菌床栽培における栽培袋内のCO<sub>2</sub>濃度について。45回日林関西支要：69, 1994
- (2) ハリシ チャンドラ バストラ・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。奈良林試林業資料 8：23~26, 1993
- (3) 古川久彦 編：菌床シイタケの栽培と経営 林業改良普及双書 112. pp.81~82, 全国林業改良普及協会, 東京, 1992
- (4) 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
- (5) きのこ技術集談会編集委員会 編：きのこの基礎科学と最新技術。pp.212~220, 農村文化社, 東京, 1991
- (6) 目黒貞利・平出政和・今村博之・坂井克己・河内進策：高圧滅菌処理したブナ木粉中のシイタケ菌糸成長阻害物質。木材学会誌 37：375~378, 1991
- (7) 中村克也 編：キノコの事典。pp.294~296, 朝倉書店, 東京, 1982
- (8) 温水竹則・安藤正武：しいたけの育種および原木用材と生産量 わかりやすい林業研究解説シリーズ 48. pp.21~31, 日本林業技術協会, 東京, 1971
- (9) 渡辺和夫：シイタケのおが屑栽培。奈良林試林業資料 4：35~37, 1989

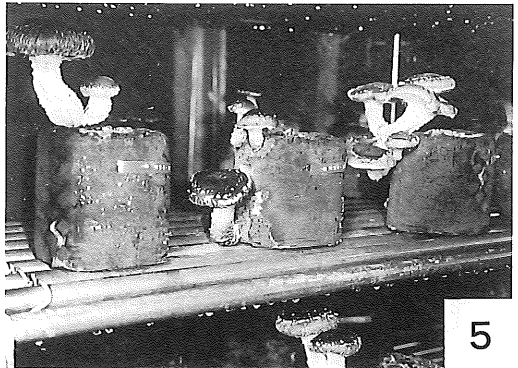
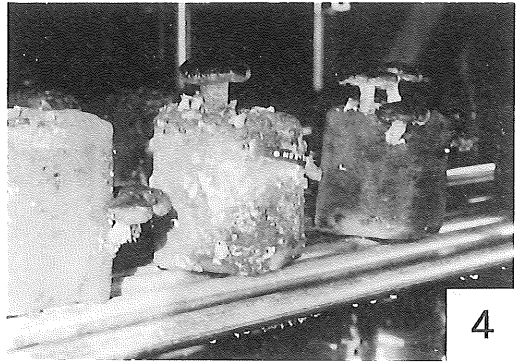
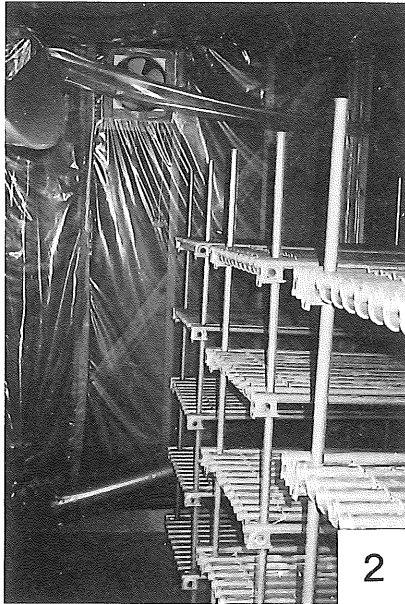
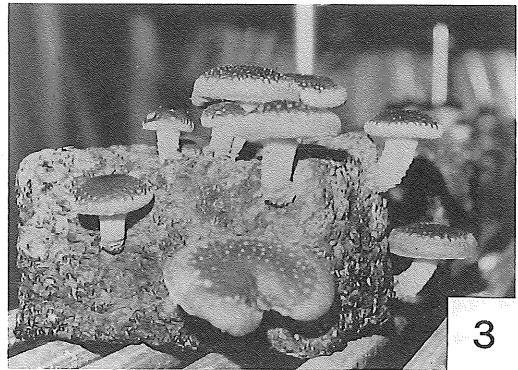
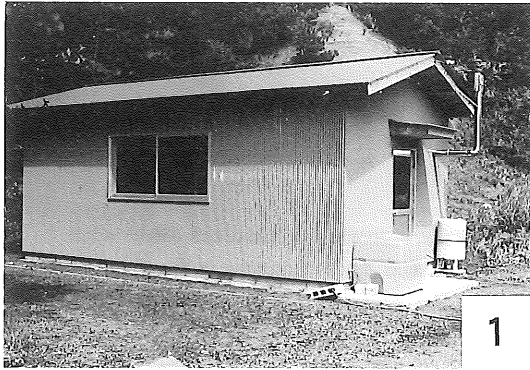
# Effects of Water-spraying Process on Production of Shiitake Mushroom on Sawdust Medium Beds

Yasuyuki TOMIKAWA and Takafumi HIRASA

## Summary

Shiitake (*Lentinus edodes (berk.) Sing.*) was cultivated on sawdust medium beds with three fungal stems under four types of water-spraying process and these effects were examined on yield, time of production, and quality of mushrooms. Different types of spraying of process influenced time of production of mushrooms. Fourty to 50% of the total fresh weight fruiting-bodies was produced in a short period of early stage of the cultivation under continuous water-spray. Production of the mushrooms lasted in all the cultivation period under continuous spray after the first production period of mushrooms, repeated spray, and repeated soaking the beds in water and spray. The yield and quality of mushrooms differed from the fungal stems. They were not influenced by water-spraying process expect that nonstandard-shaped mushrooms were more produced under continuous spraying than under the other spraying processes in the cultivation.

写 真-1~5



1, 2 : 発生舎

1 : 全景

2 : 内部

3~5 : 菌床

3 : 北研産業 (北研600号)

4 : 明治製菓 (JMS9K-3)

5 : ————— (JMS9K-4)

## 短報 ショウロ土壤培養菌糸体接種によるクロマツ苗の菌根合成

平 佐 隆 文

Mycorrhizal Formation Inoculated with Mycelia of *Rhizopogon rubescens* Cultured in Soil on *Pinus thunbergii* Seedlings

Takafumi HIRASA

### 要 旨

- 1 太田の菌根菌用液体培地によってショウロの培養菌糸体が得られた。また、これを日向土培基に移植・培養して約10ℓの菌糸体を得られた。
- 2 1年生クロマツ無菌苗について培養瓶内で日向土培養菌糸体を接種して、3か月後にショウロ菌根合成苗を得た。
- 3 野外育成の1年生クロマツまきつけ苗についてワグネルポット内で日向土培養菌糸体を接種して、1年4か月後にショウロ菌根合成苗を得た。

### I は じ め に

ショウロ (*Rhizopogon rubescens*) 子実体は海岸砂丘などの砂質土壌の幼、若齢クロマツ林に発生する有用な菌根性食用きのこである(3)。しかし、近年の林内環境の変化や松くい虫被害などの影響によって発生量が激減しており、増産技術開発に対する期待が大きい。

筆者は島根県林業技術センター構内の1回床替え2年生のクロマツ苗床において、子実体が多数発生している事例を認めた。また、この自然感染苗を移植して継続して子実体を発生させることに成功した(2)。この事実はショウロ感染苗を量産化できれば、これを移植して林地や畑地での栽培化が可能であることを示唆している。

そこで、人為的に菌根を形成させる(以下「菌根合成」という)方法として、土壤培養菌糸体を作成し、これをクロマツ苗に接種する方法を検討したので報告する。

本研究の実施にあたり、菌根合成についてご教示をいただいた関西総合環境センター生物環境研究所の小川眞博士に厚くお礼を申し上げる。

### II 材 料 と 方 法

ショウロ菌糸の液体深部培養を次の方法で行った。

太田の菌根菌用液体培地をガラス培養槽(柴田製)に入れて滅菌・放冷し、寒天培養のショウロ菌そうを切り取って移植した。培養液の溶存酸素を補給するために、エアーコンプレッサー(0.20-P5S・日立製)、エアドライアー(HDN-8B・日立製)、エアーフィルターをシリコンチューブで連結し、培養液中に気泡を連続して生じさせた。培養は20℃のクリーンルームで60日行なった。

つぎに、日向土を培養基として土壤培養を行った。市販の日向土細粒を水浸し、浮遊粒子を選別、乾燥後に上述の培養液中で30分煮沸した。これを1000ml容ガラス培養瓶に約600ml入れて、120℃で60分殺菌した。液体培養菌そう400mlとほぼ同量の滅菌水を加えホモジナイズして1瓶当たり約50mlを移植し、16瓶を前述のクリーンルーム内で3か月培養した。

菌根合成の供試無菌苗の育成では、クロマツ種子を30%過酸化水素水に20分浸漬して滅菌水で洗浄後、シャーレの素寒天培地に播種し、発芽30日の苗木を1/10濃度のMMN培養液を含浸させたパーミキュライトに移植し、12か月クリーンルーム(20℃, 明3000lx, 12h, 暗12h)で育成した。

菌根合成試験は1000ml容ガラス培養瓶に日向土培養菌糸体600mlが入った10瓶と1/10濃度MMN液を含浸させたパーミキュライト600mlを入れて滅菌した10瓶について、1瓶当たりクロマツ無菌苗5本

### III 結 果

を移植し、供試苗はそれぞれ50本とした。後者では日向土培養菌糸体50mlを苗と同時に移植した。これらの苗は無菌苗育成と同温度、同照明環境のクリーンルームで3か月育成して、菌根形成の有無について調査した。

また、野外の苗床で生長した苗木を使用して菌根合成の試験をした。発芽3か月のクロマツ苗を掘取って水洗いし、30%過酸化水素水に約30秒浸して滅菌水で洗浄した。これをワグネルポットに植え付けたが、用土はあらかじめ乾熱滅菌した日向土を使用した。表層に厚さ3cmの日向土培養菌糸体を入れ、表土には海成砂土を使用した。ポットは実験室の窓際に置いて、月1~2回滅菌水を散水した。1年4か月育成し、菌根形成の有無について調査した。

まず、実体顕微鏡により細根に絡んだ菌糸と菌糸束の有無について観察をした。つぎに、徒手法で得られた菌根の横断切片をコットンブルーで染色して生物顕微鏡により菌鞘、ハルティヒネットの有無について観察した。

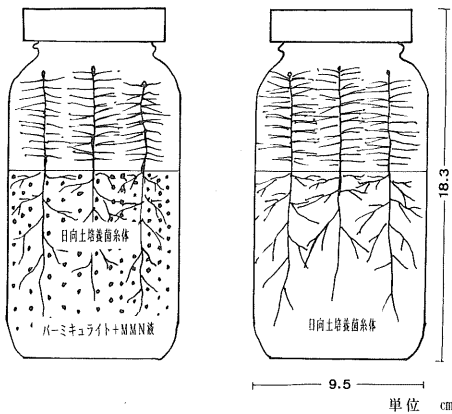


図-1 培養瓶を使用した菌根合成

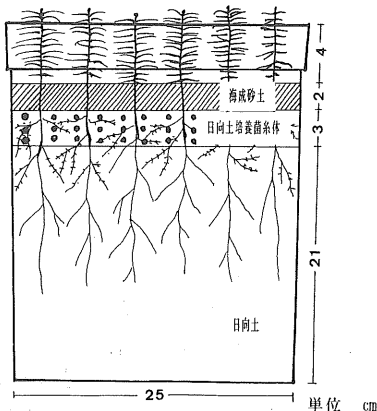


図-2 ワグネルポットを使用した菌根合成

#### 1. 土壌培養菌糸体の育成

培養槽内での液体培養では、菌そうの生長は15日後位までは緩慢であったが、その後45日後位までは良好な伸長が続いた。しかし、その後は伸長が衰えたので培養を60日で中止して、400mlのショウロ菌そうを得た(写真-A)。

日向土での培養では接種10日後頃から白色の菌そうが生じて、3か月後には培養瓶のガラス壁面を透して表面の1/4で菌そうが観察され、この時点で培養を終了して約10ℓの土壌培養菌糸体を得た。

#### 2. 培養瓶を使用した菌根合成

日向土培養菌糸体に植え付けたクロマツ苗は1か月後から針葉が黄緑色化して衰弱した。その後、枯死が進行し、苗の半数が枯死したので育成を3か月で終了した。生存苗30本の菌根について観察したが実体顕微鏡では12本の苗で細根に絡んだ菌糸と菌糸束を認めた(写真-D)。また、生物顕微鏡では菌鞘とハルティヒネットを認めた(写真-F)。

パーミキュライトに植え付けた場合には菌そうは移植3週間後から伸長を始めたが、2か月後に5~10mm程度に伸長したに過ぎなかった。植え付けたクロマツ苗は新葉が生じなく、1か月後から針葉が黄緑色化し、前述と同様に苗の半数が枯死したので育成を3か月で終了した。生存苗26本について前述と同様な観察をして16本の苗で細根に絡んだ菌糸、菌糸束、菌鞘およびハルティヒネットを認めた(写真-G)。

培養瓶を使用して得たこれらの合成菌根はいずれも菌鞘は薄く、ハルティヒネットの形成も顕著ではなかった。

#### 3. ワグネルポットを使用した菌根合成

ポットで1年4か月育成した供試苗20本には枯死が生じなく、良好に生長した。供試苗のすべてに白色の菌糸束が生じた菌根を認めた(写真-E)。これらは土壌表面から深さ5cm程度の日向土培養菌糸体層の部分に集中しており、細根と日向土粒子が菌糸によって絡り、水洗いしても剥離しなかった。

この菌根の横断切片を観察すると、皮層細胞の外周には菌鞘を、皮層細胞間隙にはハルティヒネットを認めた(写真-H)。

## IV 考 察

ショウロ菌糸の液体深部培養では2ℓ容培養槽を使用して400mlの菌そうが得られたが、これは培養液に気泡を与え、溶存酸素の補給をした効果であったと考える。

山田(5)はマツタケ、ホンシメジの土壌培基に日向土を使用して好結果を得ている。本試験ではショウロにも日向土を使用した。日向土粒子に絡んだ菌糸体を得られた。日向土は多孔質であり栄養組成の含浸性がよいことが培基として適したと考える。

培養瓶を使用した菌根合成では無菌条件で育成したが、枯死苗も多く生じた。また、菌根合成苗の得苗率も低かった。この原因として、クリーンルームの照明装置の容量不足であったこと、培養瓶に通気を与えなかったこと、培基の栄養組成が不適合であっ

たことなどを考える。

ワグネルポットを使用した菌根合成では供試苗の表面殺菌をしたほかは有菌条件下で行った。菌根量は少なかったが、すべての苗でショウロと考えられる菌根の形成を認めた。筆者はクロマツ苗床でショウロ自然感染苗を認めた(2)が、これは土壌・気象などの条件が整えば、ショウロは比較的容易に菌根が生じると考える。今後、野外で菌根合成苗が育成できる簡便な方法を検討する必要がある。

有田ら(1)はショウロ菌根の特徴について、菌糸束をとまなうこと、ハルティヒネットが認められることなどを挙げている。本試験結果においても、人工的に合成した菌根にはこれらの特徴を認めた。これらの菌根合成苗の1部は野外の苗床に移植して子実体形成を検討中である。

## 引用文献

- (1) 有田郁夫・常田昭彦・長沢栄史・前川二太郎  
山本福寿・橋詰隼人・小川 眞：菌根菌の耐旱性  
付与機構の解明に関する研究。平成5年度科学技  
術庁委託調査研究報告書 14-34, 1993
- (2) 平佐隆文：注目した野外でのショウロ子実体  
生産事例。島根林技研報 42 : 37-44, 1991

- (3) 小川 眞編：野性きのこのつくり方。80-95  
全国林業改良普及協会 1992
- (4) Ohta, A: A new medium for mycelial growth  
of mycorrhizal fungi. Myco. Soc. Japan 31  
323-334, 1990
- (5) 山田詳生：菌根菌性食用きのこ栽培技術の開  
発。山口林指業務年報 55-66, 1989

Mycorrhizal Formation Inoculated with Mycelia of *Rhizopogon rubescens* Cultured in Soil  
on *Pinus thunbergii* Seedlings

Takafumi HIRASA

## Summary

1. Mycelia of *Rhizopogon rubescens* incubated in Ohta's liquid medium were transplanted into Hyuga-soil and ten litters of the soil with the mycelia of the mycorrhizal fungus was produced three months after the transplanting.
2. One-year-old seedlings of *Pinus thunbergii* were inoculated with the soil with the mycelia of *R. rubescens* in bottles and the mycorrhizas were formed three months after inoculation.
3. One-year-old seedlings of *P. thunbergii* grown in Wagner's pots were inoculated with the soil with the mycelial of *R. rubescens* in the field and the mycorrhizas were formed 16 months after the inoculation.

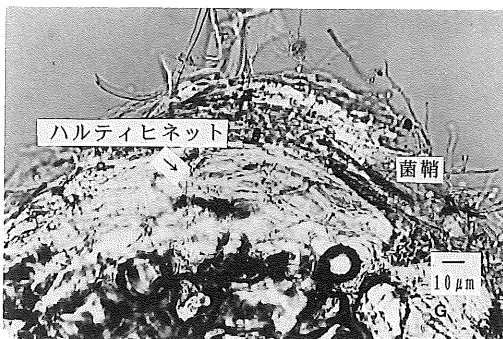
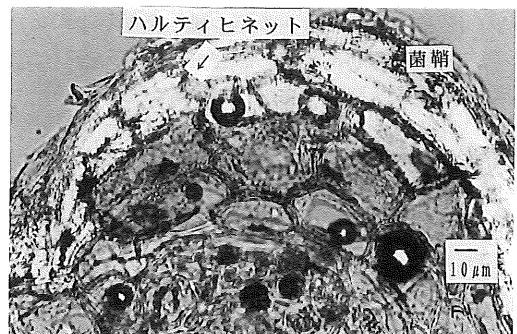
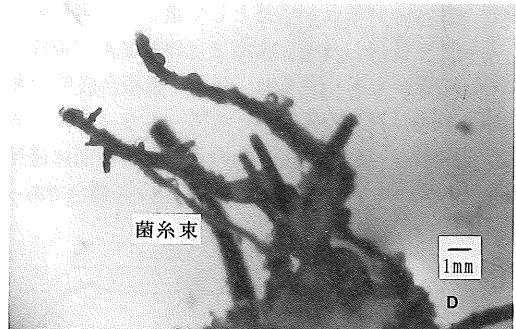
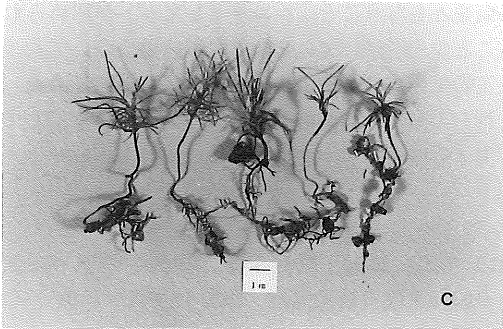
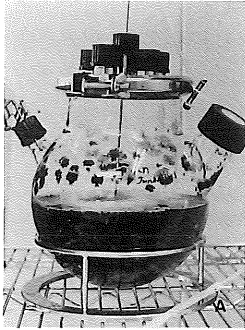


写真 A : ショウロ菌糸の液体深部培養 B : 同日向土培養 C : 培養瓶パーミキュライト培基で得た菌根合成苗 D : 同菌根の実体顕微鏡写真 E : ワグネルポット日向土培基で得た合成菌根の実体顕微鏡写真 F : 培養瓶日向土培基で得た合成菌根の横断切片生物顕微鏡写真 G : 培養瓶パーミキュライトで得た合成菌根の同写真 H : ワグネルポット日向土培基で得た合成菌根の写真

島根県林業技術センター研究報告第46号

平成7年3月印刷

平成7年3月発行

島根県林業技術センター

島根県八束郡宍道町大字宍道1586 (〒699-04)

電話 0852-66-0301

印刷所 千鳥印刷有限公司