

スギクロンのスギカミキリ抵抗性に 関する人工接種検定方法

植 月 充 孝⁽¹⁾・丹 藤 修⁽²⁾

植 木 忠 二⁽³⁾・綱 田 良 夫⁽⁴⁾

Yoshitaka UETSUKI, Osamu TANDO, Chuji Ueki and Yoshio TUNADA :
Resistance Testing Techniques on Sugi for Cryptomeria
Bark Borers by Inoculations

要 旨：植栽後7～8年生頃からスギカミキリの被害を受けてきた約20年生のスギ精英樹クロン集植所で、その被害の程度が大きいもの5クロンと小さいもの4クロンを選出し、スギカミキリのふ化幼虫と成虫を接種して人工接種検定の可能性を検討した。

供試したすべてのクロンの外樹皮は接種した幼虫に食入され、幼虫の食入に対する外樹皮の抵抗性はみられなかった。しかし内樹皮の食害は被害小3クロンの内樹皮中へ食入した幼虫のすべてが死滅していたのに対し残りの1クロンと被害大5クロンは一部の幼虫によって内樹皮の全層を食害され、内樹皮の抵抗性にクロン間差異がみられた。

内樹皮中で食害が停止した食害部を削りとったあとに、新たに内樹皮組織の一部の形成を観察したことから、内樹皮中でスギカミキリの食害の停止の有無が抵抗性の判定基準にできると考察された。

一方内樹皮の全層を食害されたクロンは被害小1クロンを除いて蛹室が形成され、クロンによる蛹室形成の難易性が示唆されたことから、蛹室形成の有無も抵抗性の判定基準になると考えられた。

また、ふ化幼虫接種に比べて成虫接種の蛹室形成率が高く、接種源による加害差異が、さらに樹幹の下部に比べて中部における蛹室形成率が高く樹幹上における抵抗性の差異がそれぞれ示唆された。

I ま え が き

中国地方の里山地帯を中心としたスギ林には、古くからハチカミとよばれる被害が発生してきた。近年この成因がスギカミキリ (*Semanotus japonicus* LACORDAIRE) の幼虫の食害によることが明らかにされた^{1)~3)}。スギのハチカミとはスギ生立木の樹幹に生じた変形および腐れ症状の俗称で、樹幹上に生じるこれらの主な症状は凹状を呈して被害部のまきこみが不充分なもの、逆に被害部が異常に肥大して凸状を呈し粗皮がはげやすい状態にあるもの、およびケロイド状の傷跡などである。

これらの外観的症状の内部は程度にちがいはあるものの食害痕、異常着色、腐れなどを含んでいるので、その材価は著しく低下する。

この成因が明らかにされてから、被害の軽減を図るための防除法の研究がおこなわれてきたが、スギカミキリの生態などまだ不明な点が多く、現在では枝打ちと樹幹の粗皮はぎによって、スギカミキリの産卵を抑制することが唯一の防除法とされており³⁾、きめてとなる防除法は確立されていない。

一方この被害への育種的対応として、スギカミキリの激害林分からの抵抗性候補木の選抜法の研究が始められ⁴⁾、またその後において、スギ在来品種の現地適応試験林における被害の品種間差異⁵⁾⁶⁾、さらにス

ギ精英樹クローン集植所で被害を受けやすいクローンと受けにくいクローンのあることなどが⁷⁾⁸⁾、明らかにされ抵抗性育種の可能性が示唆された。

スガミキリ虫害抵抗性育種を進めるにあたっては、抵抗性候補個体の選抜法と検定法の確立が必要である。検定法にはさしあたって現地検定と人工接種検定の二つの手法が考えられる。ここでは人工接種した虫の行動習性並びに成育の過程についての一連の調査結果と、人工接種検定の可能性について検討したものを報告する。

II スガミキリの生活史の概要

冬期間成虫のまま材中で越冬したスガミキリは3月下旬から5月上旬に脱出し、交尾した雌親は、スギ表皮裂片下の最奥部へ産卵管を深くさし入れて産卵する。ふ化した幼虫はただちに外樹皮中へ食入し、外樹皮中を水平方向に数 cm から数十 cm 食害した後に内樹皮を食害する。その際食害部から流出する樹脂によって90%以上の幼虫が死亡するといわれている⁹⁾。生き残った幼虫は流出する樹脂をかわしながら、おおむね樹幹の垂直方向に沿って上方あるいは下方へと食害を進める。

最初は外樹皮と内樹皮をその後は内樹皮と辺材部を波状または不規則に食害して³⁾老熟幼虫となる。内樹皮が食害されてからは食害痕へ流出した樹脂が虫ふんにしみこみ、黒褐色のペースト状になっている部分がしばしば観察される。老熟幼虫は材中に穿孔するがその位置は食害痕の末端より少し戻ったところから、材中の下方へ向けてゆるやかな曲線を描いて数 cm ～十数 cm 穿孔する。このようにして材中へ穿孔した老熟幼虫は、穿孔道の先端部分で蛹化するためにこの部分が蛹室とよばれている。蛹室の断面は長径5～8 mm、短径3～5 mm でよこに長いだ円形を呈しており³⁾、蛹室の入口付近の食害痕には材を食害したために白味があった虫ふんがつめられている。蛹室中で羽化越冬した成虫は、蛹室を逆に通ってはい出し蛹室入口付近の樹皮を食い破り、外樹皮上に少し小型ではあるが蛹室の断面とほぼ同形を呈した脱出口をつくり外界へ脱出する。

III 接種検定を実施したクローン集植所における被害の実態

1. クローン集植所の概要

クローン集植所は鳥取県八頭郡智頭町穂見山の中腹に位置する関西林木育種場山陰支場構内へ（海拔：450 m，基岩：花崗岩，土壌：Bfb，方位：W），階段状に造られた水田跡地に設定されている。

植栽間隔は2 m × 2 m で1クローンあたり6本植えとして304クローンが植栽されている。この集植所の15年目の平均樹高と平均胸高直径は八頭地方スギ林分収穫表のI等地の生長を上回っており、生育

状況は良好である。

Table 1. クローン集植所の生育状況
Growth in the clone bank

	樹 高 Tree height (m)	胸高直径 D. B. H. (cm)
ク ロ ー ン 集 植 所 Clone bank	10.3	18.2
林分収穫表 I 等地 Stand yield table I	8.3	11.0
林分収穫表 II 等地 Stand yield table II	6.5	9.2

2. 調 査 方 法

集植所に現存する304クローン1,672本について地上から観察できる範囲内（約3 m）に、顕著なハチカミ症状または食害痕（長さ約20 cm以上）が1か所以上ある場合を被害大個体またハチカミ症状および食害痕が微小（約5 cm以下）のものに限る場合を被害小個体、この中間を被害中

個体，さらに無被害個体に区分して昭和56年4月6～7日に調査した。

3. 被害程度のクローン間差異

Fig. 1 は集植所のクローン配置にしたがって，調査結果にもとづき個々の被害程度を示したものである。この図から調査した全個体にスギカミキリの食害痕が認められ，材に影響しない被害を含めると，クローン集植所の全域に被害が分布していることがわかった。

全個体に占めるそれぞれの被害程度は，被害大個体 771 本 46.1%，被害中個体 4 本 0.2%，被害小個体 897 本 53.6% で，被害大および小個体がほぼ半数ずつを占めていた。

同一クローン内の個体についての被害では全個体の被害が大であったクローンは 30 クローン（10%）逆に全個体の被害が小であったクローンは 57 クローン（19%）であった。これらの中には従来からスギカミキリに強いといわれているボカスギ系統や樹幹にヤニが多く出る特殊な系統などがあり，これらを供試材料とすることによって，自然状態で強い系統は人工接種検定によっても強いことが明らかになれば早期検定の手法となることが考えられ，クローン集植所の結果をもとに実験計画をたてた。

IV 人工接種検定

1. 幼虫による人工接種

1) 材料と方法

(1) 接種木

上記のクローン集植所におけるスギカミキリの被害の実態調査の結果，被害の大きかったクローンの中から 5 クローン，被害の小さかったクローンの中から 4 クローンを選び，1 クローンあたり 2 本ずつ供試した。なお供試木クローンの概要は Table 2 に示す。

(2) 接種源

スギカミキリの幼虫は鳥取営林署中田種苗事業所（鳥取県八頭郡智頭町中田）の採穂台木の被害木から，昭和56年4月中旬に脱出した成虫を捕獲しシャーレ内で飼育し，その後4月下旬に産卵し，5月上旬ふ化したものである。

(3) 接種位置

樹幹下部（地上 1 m～1.2 m）と樹幹中部（地上 3.5 m～5.4 m）の 2 か所とした。

(4) 接種方法

小刀を用いて接種部分の表皮だけを 2 cm 幅で 3 cm 程度削り下げ，その内側に毛筆の先で幼虫を選び

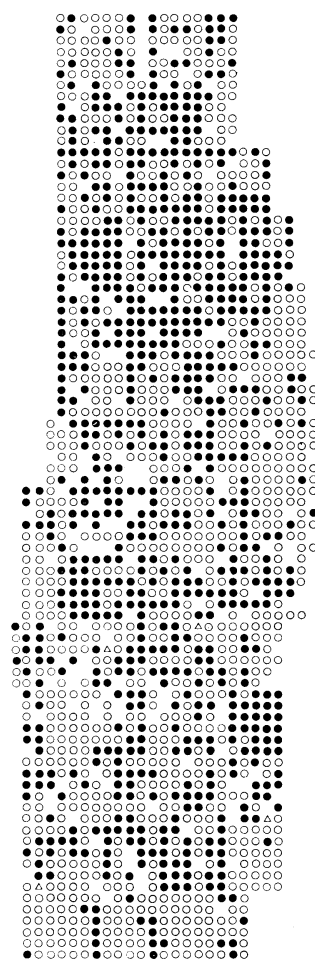


Fig. 1. クローン集植所の被害程度と分布

Degree and distribution map of damage in the clone bank.

凡 例

Introductory explanation

● 被害大
Heavy damage

△ 被害中
Medium damage

○ 被害小
Light damage

入れ、削り下げた表皮を元どおりに戻して雨水が入らないようにガムテープで覆った。

接種頭数は1か所に2頭、1接種位置へ2か所、接種木あたり2接種位置としたので計8頭となる。なおこれらの接種は昭和56年5月8日におこなった。

(5) 調 査

昭和56年10月～11月にかけて接種位置の表皮および一部の内樹皮を削り取り幼虫の食入数、食害痕長、蛹室数を調べた。

2) 調査結果

調査結果をとりまとめて Table 3 に示した。

(1) 幼虫の食入数

総接種頭数144に対して85頭が食入し、全体の食入率は59%、また接種位置別では、樹幹下部、中部

Table 2. 供試クローンの概要
Condition of clones used in the inoculations

被害程度 Degree of damage	クローン名 Name of clone	個体番号 No.	樹 齢 Tree age (years)	樹 高 Tree height (m)	胸高直径 D. B. H. (cm)	接 種 位 置 Inoculation position		樹皮型 Bark type
						下 部 Lower part of stem (m)	中 部 Center part of stem (m)	
小 Light	小 松 9 Komatsu	1	21	11.5	18.4	1～2	3.5～4.5	中 Medium
		2	21	11.0	15.9	1～2	4.3～5.3	
小 Light	石 動 1 Isurugi	1	19	12.0	16.8	1～2	4.2～5.2	中 Medium
		2	19	12.0	19.4	1～2	4.1～5.1	
小 Light	金 沢 1 Kanazawa	1	18	11.0	15.9	1～2	3.6～4.6	中 Medium
		2	18	12.5	21.0	1～2	3.6～4.6	
小 Light	鳳 至 2 Fugeshi	1	18	11.0	17.1	1～2	4.4～5.4	中 Medium
		2	18	12.0	22.2	1～2	4.2～5.2	
大 Heavy	八 頭 6 Yazu	1	18	10.6	18.1	1～2	4.3～5.3	粗 Rough
		2	18	11.5	19.4	1～2	4.3～5.3	
大 Heavy	石 川 3 Ishikawa	1	18	12.7	20.7	1～2	4.0～5.0	粗 Rough
		2	18	13.2	20.0	1～2	4.4～5.4	
大 Heavy	宮 津 2 Miyazu	1	18	11.6	18.1	1～2	4.3～5.3	中 Medium
		2	18	13.0	25.4	1～2	4.2～5.2	
大 Heavy	鳳 至 12 Fugeshi	1	18	13.0	28.3	1～2	4.0～5.0	粗 Rough
		2	18	11.6	19.7	1～2	4.0～5.0	
大 Heavy	大 田 1 Oda	1	18	13.5	28.0	1～2	4.3～5.3	中 Medium
		2	18	14.0	23.8	1～2	4.4～5.4	

摘要：樹皮型

密：樹皮がなめらかで剝離しにくいもの、粗：樹皮があらく樹幹に平行して帯状に裂け容易に剝離するもの、中：“密”と“粗”の中間

Remarks: Bark types

Smooth: bark is smooth and hard to peel off, Rough: bark is rough, splits in bands parallel to the stem and easy to peel off, Medium: intermediate type between “Smooth” and “Rough”.

Table 3. 幼虫の人工接種による加害状況
Condition of damage from larval inoculations

被害程度 Degree of damage	クローン名 Name of clone	個体番号 No.	食入数 (頭) Number of attacks		食害痕長 (cm) Length of galleries		内樹皮の食害 (か所) Number of damage points in inner bark				ヤニツボ (個) Number of resin pots		蛹室 (個) Number of pupal chambers	
			中 Center part of stem	下 Lower part of stem	中 Center part of stem	下 Lower part of stem	一 部 Partial		全 層 Perforated		中 Center part of stem	下 Lower part of stem	中 Center part of stem	下 Lower part of stem
							中 Center part of stem	下 Lower part of stem	中 Center part of stem	下 Lower part of stem				
小 Light	小 松 9 Komatsu	1	4	2	4.7	3.7	4	2	0	0	0	0	0	0
		2	3	3	10.3	3.6	3	3	0	0	1	2	0	0
小 Light	石 動 1 Isurugi	1	3	2	6.8	4.0	3	2	0	0	0	0	0	0
		2	3	1	6.6	3.5	3	1	0	0	0	1	0	0
小 Light	金 沢 1 Kanazawa	1	3	2	6.5	4.0	3	2	0	0	0	0	0	0
		2	4	3	11.0	2.6	4	3	0	0	0	0	0	0
小 Light	鳳 至 2 Fugeshi	1	2	2	10.2	13.0	1	1	1	1	0	0	0	0
		2	2	3	48.0	8.5	0	2	2	1	0	0	0	0
大 Heavy	八 頭 6 Yazu	1	3	3	20.3	14.0	0	2	3	1	0	1	0	0
		2	4	3	10.0	0	2	3	2	0	2	0	0	0
大 Heavy	石 川 3 Ishikawa	1	2	3	23.0	17.3	1	2	1	1	1	0	1	0
		2	3	1	33.8	17.0	0	0	3	1	0	2	1	0
大 Heavy	宮 津 2 Miyazu	1	0	2	—	6.0	—	2	0	0	0	0	0	0
		2	2	3	0	8.5	2	2	0	1	0	1	0	0
大 Heavy	鳳 至 12 Fugeshi	1	1	2	2.5	4.6	1	2	0	0	0	2	0	0
		2	2	3	24.3	8.0	1	0	1	1	0	0	0	0
大 Heavy	大 田 1 Oda	1	2	1	7.5	41.0	2	0	0	0	0	1	0	0
		2	2	1	21.5	14.0	0	0	2	1	0	1	0	0

スギクローンのスギカミキリ抵抗性に関する人工接種検定方法 (植月ほか)

いずれも接種頭数 72 に対し、前者が 40 頭、後者が 45 頭食入し、その食入率は 56% と 63% であった。

幼虫の食入数について、クローン間、自然状態で被害大のグループ、被害小のグループの群間および群内と接種位置間の有意差検定をおこなった。この結果クローン間および群内では有意となったが、群間では有意差が認められなかった (Table 4)。

(2) 内樹皮の食害

小松 9, 石動 1, 金沢 1 の内樹皮中へ食入した幼虫の食害は内樹皮中ですべて停止しており、これらの食害痕は先端部の最も深い部分でも内樹皮の全層が食害されていなかった。一方八頭 6, 石川 3, 宮津 2,

Table 4. 幼虫接種による食入数の分散分析表
Analysis of the variance of the number of attacks by
larval inoculations

変 動 因 Factors	自由度 Degree of freedom	平 方 和 Sum of squares	平均平方 Mean square	分 散 比 Variance ratio	
				(1)	(2)
ク ロ ー ン (C) Clones	8	11.5556	1.4445	2.74*	2.08
群 間 Inter-class	1	2.0056	2.0056	3.80	2.89
群 内 Intra-class	7	9.5500	1.3643	2.58*	1.96
接 種 部 位 (P) Inoculation position	1	0.6945	0.6945	1.12	
C × P	8	1.0694	1.0694	2.03	
誤 差 Error	18	9.5000	0.5278		(0.6944)
全 体 Total	35	30.3056			

* 危険率 5% 水準で有意 Significant at 5% level

Table 5. 幼虫接種による内樹皮の非食害の分散分析表
Analysis of the variance of damage in the inner bark by
larval inoculations

変 動 因 Factors	自由度 Degree of freedom	平 方 和 Sum of squares	平均平方 Mean square	分 散 比 Variance ratio	
				(1)	(2)
ク ロ ー ン (C) Clones	8	13.0556	1.6320	3.92**	3.57**
群 間 Inter-class	1	3.0681	3.0681	7.36*	6.71*
群 内 Intra-class	7	9.9875	1.4268	3.42*	3.12*
接 種 部 位 (P) Inoculation position	1	1.3612	1.3612	3.27	2.98
C × P	8	4.3888	0.5486	1.32	} 0.4573
誤 差 Error	18	7.5000	0.4167		
全 体 Total	35	26.3056			

* 危険率 5% 水準で有意 Significant at 5% level

** 危険率 1% 水準で有意 Significant at 1% level

Table 6. 成虫の人工接種による加害状況
Condition of damage from adult inoculations

被害程度 Degree of damage	クローン名 Name of clone	個体 番号 No.	食入数 (頭) Number of attacks		食害痕長 (cm) Length of galleries		内樹皮の害 (か所) Number of damage points in inner bark				ヤニツボ (個) Number of resin pots		蛹室 (個) Number of pupal chambers	
			中 Center part of stem	下 Lower part of stem	中 Center part of stem	下 Lower part of stem	一 部 Partial		全 層 Perforated		中 Center part of stem	下 Lower part of stem	中 Center part of stem	下 Lower part of stem
							中 Center part of stem	下 Lower part of stem	中 Center part of stem	下 Lower part of stem				
小 Light	小 松 9 Komatsu	1	7	0	8.0	—	7	—	0	0	2	—	0	—
		2	6	3	18.2	23.0	6	3	0	0	0	3	0	0
小 Light	石 動 1 Isurugi	1	6	0	8.2	—	6	—	0	0	0	—	0	—
		2	6	3	10.4	6.8	6	3	0	0	0	0	0	0
小 Light	金 沢 1 Kanazawa	1	9	4	6.9	2.8	9	4	0	0	0	0	0	0
		2	2	8	7.0	5.9	2	8	0	0	0	0	0	0
小 Light	鳳 至 2 Fugeshi	1	5	1	11.2	25.0	5	0	0	1	0	0	0	0
		2	6	8	22.6	27.5	3	5	3	3	0	2	0	0
大 Heavy	八 頭 6 Yazu	1	6	4	39.9	42.0	0	0	6	4	0	1	4	1
		2	7	1	35.1	4.0	1	1	6	0	0	0	3	0
大 Heavy	石 川 3 Ishikawa	1	5	7	26.9	33.3	2	3	3	4	1	2	3	0
		2	8	7	11.1	30.0	6	1	2	6	4	6	0	0
大 Heavy	宮 津 2 Miyazu	1	10	5	30.2	10.7	2	3	8	2	4	3	1	0
		2	3	1	50.0	6.8	1	1	2	0	0	0	1	0
大 Heavy	鳳 至 12 Fugeshi	1	7	2	7.1	7.0	7	2	0	0	7	0	0	0
		2	8	3	26.6	24.3	3	2	5	1	0	2	5	0
大 Heavy	大 田 1 Oda	1	6	5	24.0	66.0	1	0	4	5	4	5	1	0
		2	5	7	37.6	36.4	1	2	4	5	0	4	0	0

スギクローンのスギカミキリ抵抗性に関する人工接種検定方法 (植月ほか)

鳳至12, 大田1の6クローンはクローン内にばらつきがみられるものの, 最低1か所以上内樹皮の全層が被害され, 内樹皮の被害程度は自然状態での被害の小さいクローンと被害の大きなクローンとの間には明らかな差があった。内樹皮の非被害数に対するクローン間, 群間, 群内, 接種位置についての分散分析を行った結果クローン間, 群間, 群内に有意差が認められた (Table 5)。

内樹皮中で被害が停止していた被害痕の先端部は, 被害部から流出した樹脂が虫ふんにしみこみ, 黒褐色のペースト状になっている場合と, その先端部のだ円形を呈した被害痕へ赤褐色の水飴状になった樹脂が充満して, ヤニツボとなっている場合とが観察された。

(3) 蛹室の形成

供試クローンのうちで石川3の2個体に1個ずつ形成されていた。その接種位置はいずれも樹幹の中部であった。

2. 成虫による人工接種

1) 材料と方法

(1) 接 種 木

幼虫による人工接種と同一の接種木を使用した。

(2) 接 種 源

スガカミキリの成虫は, 鳥取営林署中田種苗事業所 (鳥取県八頭郡智頭町中田) の採穂台木の被害木から, 昭和56年4月中旬に脱出した成虫を捕獲したものである。

(3) 接 種 位 置

樹幹下部 (地上1m~1.2m) と樹幹中部 (地上3.5m~5.4m) の2か所とした。

(4) 接 種 方 法

市販のビニール製防虫網を接種部の周囲長より約30%長く切断してまきつけ, 防虫網と樹幹の間にはば均等なすき間ができるよう加減しながら, その上, 下端を針金でしばりつけた。この中に, 雌・雄1頭ずつシャーレに入れ交尾を確認しておいた1対をそれぞれ接種位置ごとに放ち, 防虫網の合せ目をホチキスで縫合した。

(5) 調 査

幼虫による人工接種と同じ方法で同時におこなった。

2) 調 査 結 果

調査結果は Table 6 のとおりであった。

(1) 幼虫の食入数

食入数のクローン間, 接種位置間の有意差検定をおこない Table 7 に示した。この結果接種位置間のみに有意差が認められた。また幼虫の食入が全く確認されなかった接種位置が小松9, 石動1のい

Table 7. 成虫接種による幼虫の食入数の分散分析表
Analysis of the variance of the number of attacks by adult inoculations

変 動 因 Factors	自由度 Degree of freedom	平 方 和 Sum of squares	平均平方 Mean square	分散比 Variance ratio
ク ロ ー ン (C) Clones	8	28.23	3.52	0.57
接 種 部 位 (P) Inoculation position	1	51.36	51.36	8.37*
C × P	8	50.89	6.36	1.03
誤 差 Error	18	110.50	6.13	
全 体 Total	35	240.98		

危険率5%水準で有意 Significant at 5% level

ずれも樹幹下部で1か所ずつみられた。

（2） 内樹皮の食害

小松9, 石動1, 金沢1の内樹皮中へ食入した幼虫の食害はすべて内樹皮中で停止しており, これらの食害痕は先端部の最も深い部分でも, 内樹皮の全層が食害されていなかった。

一方鳳至2, 八頭6, 石川3, 宮津2, 鳳至12, 大田1の6クロンはクロン内にばらつきがみられるものの, 最低1か所以上内樹皮の全層が食害されており, 自然状態で被害の小さいクロンと大きなクロンとの間には明らかな違いが認められた。

内樹皮の食害中に食害が停止していた食害痕の先端部は, 食害部から流出した樹脂が虫ふんにしみこみ, 黒褐色のペースト状になっている場合と, その先端部のだ円形を呈した食害痕へ赤褐色の水飴状の樹脂が充満し, ヤニツボとなっている場合が観察された。ヤニツボが形成された食害痕の中には, 一度形成されたヤニツボのヤニから逃れるように再度外樹皮と内樹皮の境界あたりを水平方向にしばらく移動した後, 再び形成されたと思われるものが観察された。

（3） 蛹室の形成

八頭6, 石川3, 宮津2, 鳳至12, 大田1の5クロンに蛹室が形成されていた。

蛹室が形成された接種位置は, 樹幹下部での1個に対して樹幹中部では18個が形成されており, 蛹室の形成数は接種位置によって異なっていた。

V 考 察

1. 幼虫の食入数

幼虫を接種源とした場合の食入数は, 接種か所で食入の有無が確認できるので調査精度が高かったと思われるが, 成虫接種源については, 食害痕を逆にたどって食入か所を探索せざるを得ないので, 食入後の早い時点で死亡した幼虫は調査もれとなり, 実数より小さい数になったと考えられる。

幼虫の食入数を調べた直接の目的は, 幼虫の食入に対する抵抗性の有無および幼虫の食入に対する抵抗性の個体内変異の有無を知るためである。

供試したクロンはいずれも外樹皮中へ食入され, ふ化幼虫を接種した場合, 食入数のクロン間差が有意に検出されたものの, 供試クロンにおいては幼虫の食入に対する外樹皮の抵抗性は明らかでなかった。また, 成虫接種においても同様の結果となった。

しかし, 成虫接種では樹幹中部に接種した場合の食入数が, 樹幹下部へ接種した場合の食入数に比べて明らかに多い傾向が認められた。この原因は樹幹の中部と下部で外樹皮の物理的, 生理的条件が異なることによって生じたものと考えられるが, ここでは明らかにすることができなかった。また成虫接種において全く幼虫の食入していなかった接種位置が小松9, 石動1のいずれも樹幹下部で1か所ずつみられた。成虫接種は幼虫接種に比べて接種源の大量確保が容易でないことから, 全く食入のない接種位置の出現率に注目される。本実験では接種した40対の5%に相当する2対だけに終わっていたので, この実験結果から接種木あたり2対ずつ接種すると仮定した場合接種木へ幼虫が全く食入しない危険率は1/400で, その危険率は極めて低くなり2対ずつの接種が必要でないかと考えられた。

2. 内樹皮の食害

内樹皮の1部の食害については, 幼虫接種, 成虫接種いずれも自然状態で被害の小さいクロンと被害の

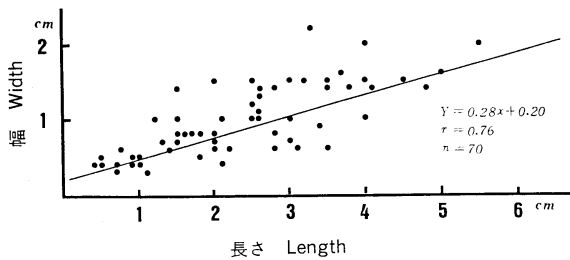


Fig. 2. ヤニツボの形状
Size of resin pot.

大のクローンとの間には明確な差は示されなかったが、全層への食害については、明らかに差が認められ、自然状態で被害の小さいクローンは被害の大きなクローンにくらべて、内樹皮にスギカミキリの幼虫の生存に不利に働く何らかの要因があるものと考えられる。

外樹皮から内樹皮中へと食入した幼虫は、内樹皮中で樹脂にまかれて死亡した

と思われるものと、内樹皮の食害に成功したものがみられた。

内樹皮の食害中に食害が停止した食害痕の先端部は、食害部から流出した樹脂によって虫ふんが黒褐色のペースト状になっている場合と、ヤニツボになっている場合とが観察された。

ヤニツボの大きさは最大 5.5 cm × 2 cm, 最小 0.4 cm × 0.4 cm の間にばらついていた。これらの形状は Fig. 2 に示すとおり樹幹に沿ってたてに長い円形を呈し、幅と長さの一次回帰式は $y = 0.28x + 0.20$, 相関係数 $r = 0.76$ でヤニツボの幅と長さには高い相関があった。

ヤニツボはいずれも内樹皮中に形成されていることから、内樹皮の食害中に形成されたと考えることができるが、蛹室が形成された食害痕の幅は幼虫の生長にともなって暫増傾向にあることからすると、ヤニツボは特殊な食害痕であり、内樹皮の食害部から流出する樹脂とのかかりによって形成された食害痕であると考えることができる。

ヤニツボを含めこれら食害痕の最深部分を切削して、内樹皮中における食害痕の深度を調べたところ、内樹皮中の最も深い食害痕でも辺材部との間にはまだ何層かの内樹皮組織が残されていた。人工接種をした場合幼虫、成虫いずれもヤニツボの形成は自然状態での被害大のクローンに多い傾向が示され、食害されやすいものにその形成が多くできるようで、これは単に機械的な食害の結果なのかその他の感受性の要因と関係があるのかについては今後更に観察を続けたい。

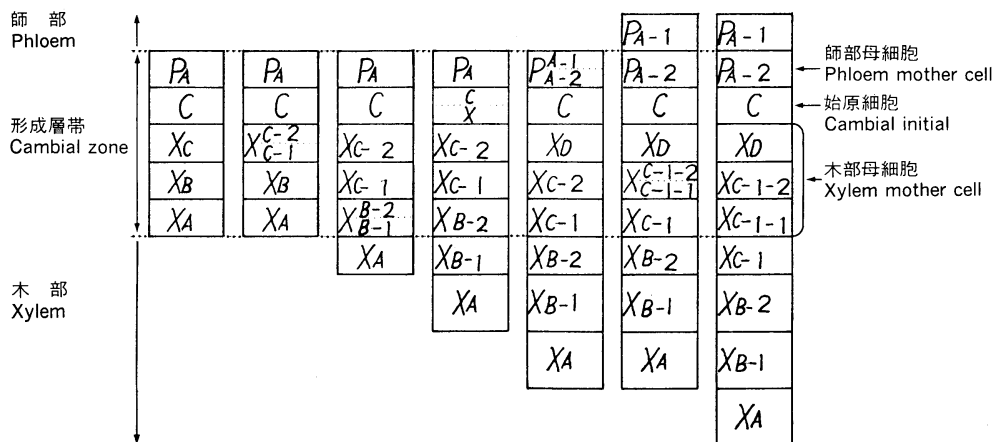


Fig. 3. 形成層帯の細胞の接線面分裂のおこり方を示す模式図 (島地原図)
Illustration of cell division in the cambial zone (Originated by Shimaji).

材の形成は Fig. 3 のとおり，形成層の始原細胞および木部母細胞の接線面分裂によってなされる¹⁰⁾。また形成層帯の一部を食害され壊死した組織も形成層帯の接線面分裂によって樹体外へ押出されるため¹⁰⁾，内樹皮の全層が食害されない場合はその食害が直接材に影響しないと考えられる。すなわち抵抗性のメカニズムについては今後の研究にまつとして，材価の低下にはほとんど影響なく内樹皮中ですべての幼虫の食害が停止していた小松 9，石動 1，金沢 1 の内樹皮はスギカミキリの食害に対する抵抗性が高いといえる。

一方内樹皮の全層を食害された 食害痕が認められた 鳳至 2，八頭 6，石川 3，宮津 2，鳳至 12，大田 1 などの内樹皮はスギカミキリの食害に対する抵抗性が低いといえることから，スギカミキリの食害に対する内樹皮の抵抗性はクロンにより明確な差があり，遺伝的な特性であると推察される。

3. 蛹 室 の 形 成

内樹皮の全層を食害された 6 クロンのうち，ふ化幼虫接種については石川 3 にまた，成虫接種については八頭 6，石川 3，宮津 2，鳳至 12，大田 1 のいずれも 被害木の各クロンに蛹室が形成されたが，クロン集植所で過去における被害の小さかったクロンとして今回供試したものの中で，内樹皮の全層を食害された唯一のクロン鳳至 2 には蛹室が形成されなかった。

外樹皮中へ食入した幼虫数とそれらのうちでさらに内樹皮と辺材部へと食害を進めて老熟幼虫となり，蛹室を形成した幼虫数の割合を蛹室形成率（（蛹室形成数/食入虫数）×100）として算出し Table 8 に示した。

蛹室形成率と接種源の関係は幼虫接種の 4.6% に対して 成虫接種は 17.7% で，幼虫接種に比べて成虫接種の蛹室形成率が高かった。

Table 8. 蛹 室 形 成 率
Pupal-chamber formation ratios

		幼 虫 接 種 Pupal inoculation			成 虫 接 種 Adults inoculation			計 Total		
		食入数 Number of attacks (頭)	蛹室数 Number of pupal chambers (個)	形成率 Formation ratio (%)	食入数 Number of attacks (頭)	蛹室数 Number of pupal chambers (個)	形成率 Formation ratio (%)	食入数 Number of attacks (頭)	蛹室数 Number of pupal chambers (個)	形成率 Formation ratio (%)
接種位置 Inoculation position	中 Center part of stem	21	2	9.5	65	18	27.6	86	20	23.2
	下 Lower part of stem	22	0	0	42	1	2.3	64	1	1.5
	計 Total	43	2	4.6	107	19	17.7	150	21	14.0
ク ロ ン 名 Name of clone	八 頭 6 Yazu	13	0	0	18	8	44.4	31	8	25.8
	石 川 3 Ishikawa	9	2	22.2	27	3	11.1	36	5	13.8
	宮 津 2 Miyazu	7	0	0	19	2	10.5	26	2	7.6
	鳳 至 12 Fugeshi	8	0	0	20	5	25.0	28	5	17.8
	大 田 1 Oda	6	0	0	23	1	4.3	29	1	3.4

成虫接種の食入数は幼虫接種の食入数に比べて多かったが、成虫接種についての食入数と蛹室形成数との相関係数は0.27で、食入虫数と蛹室形成数との相関関係は必ずしも高いとはいえず、幼虫接種源に比べて成虫接種源が多かったことが、成虫接種源の蛹室形成率の高かった主たる原因とは考えられなかった。

スギカミキリのふ化幼虫を接種源として供試する場合、供試数をみたすまでシャーレ等に入れて放置されるが、この場合1週間から10日で半減するし、生き残った個体は体色、体長、活動等から著しい活力の低下が認められる¹³⁾。また接種に際して幼虫を傷つけることも考えられる。それにひきかえ成虫を接種源とした場合は、制限された場所内とはいえより適した場所へ産卵されふ化直後から食入が可能であることなど、幼虫接種源に比べて条件ははるかに良かったといえる。このような条件的差異が食入以降の幼虫の活力の差となり、ひいては蛹室形成率の差となって現われたものと考えられた。

なお接種木上で、スギカミキリの寄生蜂とみられるシロヒゲツノコマユバチ、キタコマユバチなどが観察されたが、接種用の防虫網をそのままにしておいた成虫接種源は寄生蜂からの防護がなされたと思われるので、このことも原因の一つになったかもしれない。

一方蛹室形成率と接種位置の関係は、幼虫接種では樹幹下部が0%であったのに対し、樹幹中部では9.5%、成虫接種では樹幹下部の2.3%に対し樹幹中部が27.6%と、いずれも樹幹下部に比べて樹幹中部における蛹室形成率が高かった。

供試クローンとはほぼ同齢の被害林分でおこなわれた実態調査の結果、累積脱出孔は樹幹の下部へ集中したが、新しい脱出孔は樹幹の3~5m付近に分布していた¹¹⁾¹²⁾。このことは20年生前後におけるスギカミキリの加害位置が、樹齢にともなって樹幹の下部から中・上部へ移動していることになり、樹幹の下部を接種位置とした場合より、根元から4~5mの高さを接種位置とした場合に、蛹室形成率が高かった結果とよく合致した。

この原因は明らかでないが、20年生前後のスギ立木の胸高付近は落枝跡のまきこみもほぼ完了して、成熟材に移行したとみられることから、組織および生理状態が変化し、一様に抵抗性が高まったものと考えられた。

これまでの実験および観察の結果を判断して、幼虫接種と成虫接種の共通点をあげると、自然状態で被害の大小に対する反応は食入率ではいずれも差がなく、内樹皮の全層の被害ではいずれも明らかな関係が示された。しかし加害力では成虫接種の方が強く現われており、実際の利用にあたっては接種源の大量飼育法も含めて今後更に検討する必要がある。また、成虫接種検定を行う場合の接種木の部位により明らかな差が示されたが、幼虫が最も侵入しやすい樹齢と大きさがあることが考えられ、また樹皮の形態等についても考慮して研究してみたい。

4. 抵抗性の検定基準

スギのハチカミの原因は、生立木の内樹皮と辺材部がスギカミキリに被害されたこととその部分から腐朽菌におかされたことである。これによって生じるハチカミ症状は

- ① スギカミキリの被害の程度
- ② 被害痕から侵入する腐朽菌におかされ易いか否か
- ③ 被害痕の癒合力の有無

などによって被害の程度が異ってくる。しかし辺材部の被害痕が大きい場合は、そこから侵入した腐朽菌におかされにくかったとしても、またこの被害痕が早期にまきこまれたとしてもその材価は著しく低下す

る。したがってハチカミに着目した抵抗性の場合でもスギカミキリの被害の程度が一次的要因となり、腐朽菌に対する抵抗性およびゆ合能力は二次的要因といえるので、抵抗性の検定基準は内樹皮の被害程度によることができる。

一方感受性の検定基準は、辺材部を被害され材質を著しく劣化された証明となる蛹室形成によることができる。

1) 内樹皮の被害と抵抗性

スギカミキリの幼虫に内樹皮の全層を容易に被害されるクロンと、逆に内樹皮中へ食入したすべての幼虫を内樹皮中で死滅させるクロンのあることが明らかとなり、また自然状態での被害程度との間にも深い関連性があることから、内樹皮の被害は抵抗性の検定基準の一つになるといえる。

2) 蛹室形成と抵抗性

スギカミキリの幼虫に内樹皮と辺材部を被害され蛹室を形成されるクロンと、内樹皮の被害中にすべての幼虫を死滅させ、蛹室を形成させないクロンの存在が明らかにされたことと、辺材部の被害に成功した幼虫の蛹室形成率が高いことから⁹⁾、感受性の判定基準は辺材部の被害によることができると考えられるが、一部のクロンでは辺材部で大部分の幼虫の死滅するものがあり、蛹室を形成させないことは林分内のスギカミキリの生息密度を抑制するので、この意味から抵抗性個体ということもできる。しかし蛹室の形成は林分内のスギカミキリの生息密度をたかめ、また単木についても材内部の腐朽を促し³⁾材の利用価値を著しく低下させる。したがって蛹室の形成の有無は抵抗性有無を判定する基準の一つになるものといえる。

VI お わ り に

スギカミキリ虫害抵抗性育種を進めるための研究の一環として、人工接種による抵抗性検定法について検討した。

過去数年間にわたってスギカミキリの被害を受けたクロン集植所の中から、被害程度の両極に位置するクロンを選びスギカミキリを人工接種して、その被害程度を調べたところ過去に受けた被害との相関性が高く、人工接種検定の可能性が示唆されたので、接種源の安定的確保と効率的な接種法の検討が必要であると考えられた。

おわりに、本報告をまとめるにあたりご指導とご助言をたまわった関西林木育種場 岡田 滋育種課長に対し心からお礼申し上げる。

引 用 文 献

- 1) 大森一男：スギ林の幹材の奇病「ハチカミ」の害について，鳥取県林試研報，第3号，p. 73～84，(1958)
- 2) 日塔正俊他：千葉営林署西谷国有林に発生したヒノキのハチカミ（第1報），第72回日林講，p. 309～312，(1962)
- 3) 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，関西地区林業試験研究機関連絡協議会保護部会ハチカミ共同研究班，p. 35～36，(1971)
- 4) 福田英比古：スギハチカミ抵抗性品種の育成に関する研究（1），第77回日林講，p. 188～190，(1968)
- 5) 前田千秋：スギのハチカミ抵抗性育種の可能性，林木の育種，No. 107，p. 9～12，(1978)

- 6) 上山泰代：スギ在来品種現地適応試験（Ⅱ），第28回日林関西支講，p. 71～74，（1977）
- 7) 畠 芳孝：スギクローン集植所におけるハチカミ被害実態調査について，関西林育山陰業記，第15号，p. 49～62，（1975）
- 8) 細川 努他：スギ精英樹クローンのスギカミキリ被害，第31回日林関西支講，p. 276～279，（1980）
- 9) 奥田清貴：スギ生立木へのスギカミキリ幼虫の接種による食害と死亡状況，第93回日林講要旨，p. 122，（1982）
- 10) 島地 謙他：木材の組織，森北出版，東京，p. 30～40，（1976）
- 11) 藤下章男他：スギカミキリによる被害林分の解析について，広島県林試研報，No. 3，p. 90～101，（1968）
- 12) 香山 馨他：スギのハチカミに関する研究（Ⅶ），岡山県林試報，第9号，p. 192～193，（1963）
- 13) 植月充孝他：スギカミキリ虫害抵抗性育種に関する研究（2），第32回日林関西支講，p. 133～135，（1981）

Resistance-Testing Techniques on Sugi for Cryptomeria Bark-Borers by Inoculations

Yoshitaka UETSUKI⁽¹⁾, Osamu TANDO⁽²⁾,
Chuji UEKI⁽³⁾ and Yoshio TUNADA⁽⁴⁾

Summary

The authors experimented on the resistance testing of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON) for the cryptomeria bark borer (*Semanotus japonicus* LACORDAIRE) by the inoculation of the larvae and adults of the insect on two groups of plus-tree clones. The clones were selected at the twenty-year-old clone bank of the Sanin Branch, Kansai Forest Tree Breeding Institute. The bank had been suffering from the attacks of the insect seven to eight years since planting. Two groups, namely, five clones being damaged heavily (susceptible group) and four clones with lesser damage (resistant group) were used for the experiments.

Success was obtained with the resistance-testing techniques by inoculation. Two ramets of nearly the same size (tree height and breast height diameter) for each clone were tested for two different inoculums, namely, larvae and adults, separately. Two inoculation points, at the basal and middle parts of the bole were established with two replications for each point. The larva inoculation was made by setting four larvae on the outer bark scraped by a knife. The adult inoculation was made to obtain the laying of eggs by setting a cage with a male and a female on the bole.

The outer bark of all the inoculated ramets was penetrated by the larvae, and no resistance to the penetration through the outer bark was seen. However, on examining for damage to the inner bark, in three clones of the resistant group, all larvae were found dead within the inner bark. Meanwhile, in one clone of the resistant group and all clones of the susceptible group, some larvae attacked the wood after penetrating through the inner bark. Therefore, clonal differences of the larval deaths within the inner bark was seen. After anatomical observation of the galleries of the larval feeding, it was found that new regeneration of the inner bark developed at the ends of the galleries where the larval deaths had occurred. It is thought that the death of the larvae within the inner bark might be a criteria for the resistance of sugi to larval attack. On the other hand, in all clones except one of the resistant group which had suffered from larval penetration through the inner bark, pupal-chambers were observed, and clonal differences of the pupal-chamber formation was suggested. Therefore, pupal-chamber formation might be another criteria for the resistance determination.

Inoculation testing with the adults resulted in a higher frequency of pupal-chamber formation than in the larva inoculation. For both inoculums, inoculations at the middle portion of the bole resulted in a higher frequency of pupal-chamber formation than those on the basal bole. Thus, different responses were observed for different inoculums (larva and adult) and for different inoculating points (basal and middle bole).

Received September 27, 1982

(1) (2) (3) (4) Kansai Forest Tree Breeding Institute San'in Branch