

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

ISSN 0910-9471

BULLETIN
OF THE
SHIMANE PREFECTURE FOREST RESEARCH CENTER

No. 37

March 1986

島根県林業技術センター研究報告

第37号

昭和61年3月

(旧称：島根県林業試験場研究報告)



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

複層林の造成技術に関する研究（Ⅱ）——その後の経過と2回目のぬき伐り—— ……………二見鎌次郎・金山 信義・梶谷 孝……………	1
--	---

論文

枝打ち技術に関する研究（Ⅲ）——スギ品種別試験—— ……………金山 信義・二見鎌次郎・梶谷 孝……………	9
---	---

論文

スギカミキリ加害に対するスギ抵抗性判別法の検討 ——樹皮形態、針葉型およびアイソザイム分類型とスギカミキリ被害との関係—— ……………福島 勉・井ノ上二郎・周藤 靖雄・金森 弘樹……………	27
--	----

論文

島根県の緑化樹木苗畑における病害実態調査 ……………周 藤 靖 雄……………	35
---	----

論文

構造用製材の強度性能（Ⅱ）——ヒノキ正角材の曲げ強度—— ……………錦織 勇・勝部 理市・安井 昭……………	47
---	----

論文 複層林の造成技術に関する研究 (II)

— その後の経過と 2 回目のぬき伐り —

二見鎌次郎・金山 信義・梶谷 孝

Studies on Conducting System to Compound Storied Forest from Uniform(II)

— The Developments of Experiment and the 2nd Selective Cutting —

Kenjiro FUTAMI, Nobuyoshi KANAYAMA and Takashi KAJITANI

要 旨

1977年 45年生スギ林をぬき伐りし、スギ苗を植え込んだ試験地のその後の経過と2回目のぬき伐りに関するぬき伐り量、ぬき伐りに伴う林況の変化などを調べた。

残存上木の6年間の生長量は、幹材積でI区101 m³、II区78 m³、III区57 m³で、年平均生長率は7.8%、6.2%、4.6%であった。

残存上木の6年間の肥大生長は、1977年時中・大径階の立木は4~6cm階進級したものも多く、小径階の立木は2~4cm階の進級であった。

第2回目のぬき伐り割合は、本数・断面積合計、幹材積ともほぼ同じ値であり、I区25%、II区13%、III区26%であった。ぬき伐り後の林分は、I区・III区で相対照度が20%以上に回復した。

林内の明るさ及び林床の雑草量の経過を示すとともに両者の関係を考察した。

6年間の植栽下木の生長に関して、成立本数は植栽時77~84%であり、減損の主たる原因は、通常時では冬季の積雪による折曲り倒伏木が夏季における雑草木の被圧による枯損であった。

ぬき伐りに伴う減損木は少なく約7%及び2%であった。その原因は、伐倒時の衝撃折損または伐倒木の枝葉集積下放置による枯損であった。

植栽下木の樹高及び根元直径生長は順調であった。根元の態様、樹型は不良なものがかかり認められた。

I はじめに

前報¹⁾では、一斉林から複層林への誘導技術を確認するために設定した試験地の「ぬき伐り」に関して報告した。この試験地は、樹下植栽を行い、5年後、10年後等にぬき伐り収穫(=保育)をくり返しながら、林内更新や保育技術に関する指針を得ることを目的としている。

第1回目のぬき伐り後、下木植栽した試験地は8年を経過し、1983年には第2回目のぬき伐りが行われた。

本報告は、試験設定後の上木・下木の生長、林内状況、ぬき伐り等に関する資料をまとめて、複層林造成技術に関する問題点を分析した結果である。

この研究を進めるにあたり、試験地の維持管理、現地調査にご協力をいただいている県有林事務所及

び職員各位に厚く感謝する。

II 試験地

試験地は、島根県飯石郡赤来町下島和患県有林1林班に小班—1、ほ小班—15にある。設定時スギ45年生人工林で、それまで間伐は行われていない。面積は約1.8ha。

島根県東南奥部、中国山地背稜に近い山地で海拔高は約620m、5~10°のなだらかな南東向き押出地にある。母岩は流紋岩質安山岩、土壌は湿潤性褐色森林土(BE型)で膨軟肥沃である。

この付近の気象条件は、最寄りの観測所(赤来町赤名、試験地の西約8km、海拔高440m)の記録によれば、年平均気温11.8℃、年降水量2,333mm、平均最深積雪88cmである。

設定時の林分の概況は表—1のとおりであった。

表-1 林分の概況

(haあたり)

試験区	立木本数 (本)	平均胸高直径 (cm)	平均樹高 (m)	胸高断面積計 合 (m ²)	幹材積 (m ³)	相対照度 (%)
I	1,350 (1,050)	23.4 (26.7)	23	64.5 (61.1)	624 (605)	8
II	1,120 (960)	23.8 (25.9)	20	54.7 (52.8)	491 (480)	12
III	1,570 (1,110)	21.5 (25.9)	21	66.8 (61.8)	608 (580)	10

- 注 1. () 内は主林木
2. 相対照度は1976.11.17照度積分計を使用して測定

表-2 第1回目のぬき伐り方法

方法	試験区	ぬき伐り対象木
A法	I	柱材適合径級木(胸高直径16~24cm)※
B法	II	通柱材適合径級木(同20~24cm)及び大径材適合径級木(同34cm以上)※
C法	III	慣行寺崎式B種間伐対象木

注 ※ 併せて将来性のない不良木(二又木、曲り木、被害木、被圧木、枯死木)を除く

第1回目のぬき伐り方法は表-2の3通りとし、方法別に林分を区分し試験区とした。各区に10aの固定標準地を設けその後の諸調査に備えた。

1977年5月に第1回目ぬき伐り木の伐倒収穫し、下木の植栽はスギ2年生苗(オキノヤマ挿木苗)をヘクタール当たり1000~1200本を同年12月上旬に植付けた。

試験地設定後は、毎年夏期に、林内の明るさと林床の雑草量を、生長休止期に下木の生長を調べた。

1982年12月に上木(残存木)の調査を行い、1983年5月に第2回目のぬき伐り収穫をした。

上木の調査は、固定標準地内の立木について、胸高直径、樹高、樹型級(寺崎式)、根曲りの有無、病虫害、雪害等を測った。

林内の明るさは、夏季の快晴の日に、照度積分計(三洋製)を用いて、林内と裸地で同時測定し、植栽木の梢頭付近の相対照度を計測した。

雑草量は、1m方形枠を各区2~3個ずつ設け、刈取り法によって雑草種類別の本数・高さ・重量を測った。

植栽下木については、樹高・根元直径・枝張り・

その他を調べた。

III 調査結果及び考察

1. 上木の生長及びぬき伐り収穫

各試験区の設定前の林況(表-1再掲)、第1回ぬき伐り量、ぬき伐り後の状況、6年後の林況、第2回目のぬき伐り量、ぬき伐り後の林況等を表-3に示した。

第1回目のぬき伐りについては前報¹⁾で詳しく報告した。

1) 6年間の上木の生長

生長量を表-4に、林分構成状態の動きを図-1に示した。

平均胸高直径、平均樹高の生長量は3試験区で大差はないが、胸高断面積合計、幹材積生長量では、I区>II区>III区の順位が生じた。これは、II区におけるヘクタール換算20本、III区における同60本の本数減少による。本数減の原因は主として冠雪害であった。

林分構成、すなわち、直径階別本数分布の動きで各立木の肥大生長をみると、第1回ぬき伐り直後に

表-3 試験地上木の経過総括

(haあたり)

試験区	年度	区分	林 齢 (年)	本 数 (本)	直 径 (cm)	樹 高 (m)	断面積 (m ²)	幹材積 (m ³)	
I	1976	ぬき伐り前	45	1,350	23.4	23	64.5	624	
		ぬき伐り木		730	-	-	21.8	194	
		同 割 合		(54%)		(34%)		(31%)	
		ぬき伐り後		570	30.5	24	42.3	446	
	1982	ぬき伐り前	51	570	33.1	25	50.1	547	
		ぬき伐り木		150			11.8	128	
		同 割 合		(26%)		(24%)		(23%)	
		ぬき伐り後		420			38.3	419	
	II	1976	ぬき伐り前	45	1,120	23.8	20	54.7	491
			ぬき伐り木		590	-	-	23.7	209
同 割 合			(53%)		(43%)		(43%)		
ぬき伐り後			490		26.7	20	28.4	261	
1982		ぬき伐り前	51	470	29.8	22	34.6	339	
		ぬき伐り木		60			4.4	43	
		同 割 合		(13%)		(13%)		(13%)	
		ぬき伐り後		410			30.3	296	
III		1976	間伐前	45	1,570	21.5	21	66.8	608
			間伐木		920	-	-	23.6	197
	同 割 合		(59%)		(35%)		(32%)		
	間伐後		620		29.5	22	43.3	412	
	1982	ぬき伐り前	51	560	32.5	23	47.9	469	
		ぬき伐り木		150			12.5	116	
		同 割 合		(27%)		(26%)		(25%)	
		ぬき伐り後		400			35.4	353	

表-4 上木の6年間の生長量

(haあたり)

試験区	胸高直径 (cm)	平均樹高 (m)	断面積合計 (m ²)	幹材積 (m ³)	幹材積 年平均生長率 (%)	6年間の 減少本数 (本)
I	2.6	1	7.8	101	3.39	0
II	3.1	2	6.2	78	4.33	20
III	3.0	1	4.6	57	2.16	60

注: 生長率はフレスラー式による

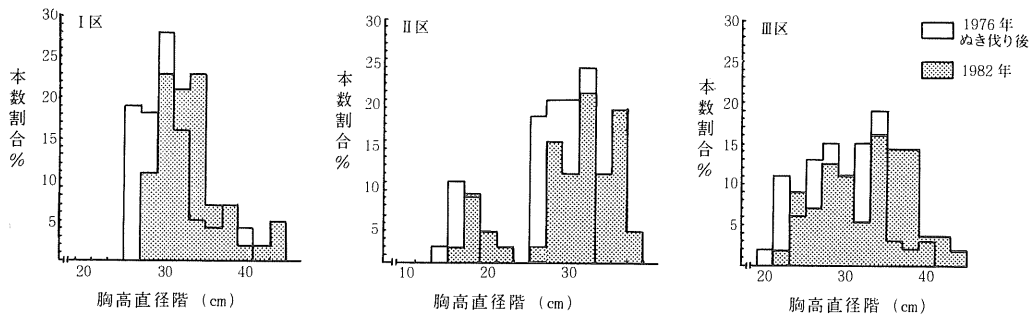


図-1 樹高直径階別本数分布

において24cmクラス以上の中・大径木は、6年間の動きが大きく、肥大生長量は4~6cmであった。肥大生長の大きさは成立本数の疎密に比例していた。

Ⅱ区での小径木(14~18cmクラス)は2~4cmの生長を示した。

2) 第2回目のぬき伐り

表-5に示すように、第2回目のぬき伐りは、森林を破壊しない程度に欠点のある立木を中心に選木することとし、本数にして60~150本、割合は、Ⅰ区26%、Ⅱ区13%、Ⅲ区27%であった。胸高断面積合計・幹材積のぬき伐り割合は、本数の割合いとほぼ同値であった。

ぬき伐りによる収穫量は、ha当り換算立木価格でⅠ区1,025千円、Ⅱ区343千円、Ⅲ区927千円と算出された。

表-5 ぬき伐り量 (haあたり)

試験区	本数 (本)	胸高断面積 合計 (m ²)	幹材積 (m ³)
Ⅰ	150 (26)	11.8 (24)	128 (23)
Ⅱ	60 (13)	4.4 (13)	43 (13)
Ⅲ	150 (27)	12.5 (26)	116 (25)

注 ()内はぬき伐り割合 %

ぬき伐り後の林分は表-3のとおり、ヘクタールあたり410~420本生立し、断面積合計で30~38m²、幹材積で300~420m³蓄積されており、森林として適当な状態を保っている。

これらを密度管理図(北近畿・中国スギ林分密度

管理図)で収量比数(Ry)の動きでみると、

第1回ぬき伐り後 → 6年後 → 第2回ぬき伐り後

Ⅰ区	0.57	→ 0.62	→ 0.49
Ⅱ区	0.43	→ 0.47	→ 0.43
Ⅲ区	0.56	→ 0.57	→ 0.46

であった。いずれも極疎~疎な混み具合いでの施業となる。

2. 林内の明るさ

設定後~1983年までの林内相対照度の動きを図-2に示した。

設定当年と2年目との相対照度の違いは、当年の照度測定時期が10月中旬であり、そのため低い値となったものと思われる。また、3年目で相対照度が

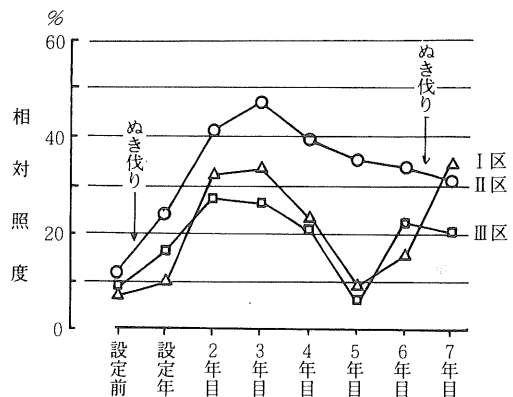


図-2 林内の相対照度

高くなった試験区や2年目と変わらない試験区が認められたが、これも2年目の照度測定時期が9月上旬であり、3年目は8月中旬測定であったことによるものであろう。

6年目にI区及びIII区が明るい結果となったのは原因不明であった。

第2回目ぬき伐り後の7年目夏期の測定結果ではI区は20%程度の明るさの上昇をみたが、II区・III区は変化なしという結果であった。II区ではぬき伐り量が少量であったため明るさに大きな変化がなかったと考えられるが、III区は断面積ぬき伐り率にして26%の立木をぬき伐り収穫しており相対照度に変化がなかったこととはうなづけない。

この試験での照度は、毎年同じ場所（固定標準地）で線状に連続点として測定したものであるが、このような測定年による変動が生ずることから、積算型の照度測定器具を用いる場合においても、測定線を固定しておくなど慎重な計測を配慮する必要がある。

安藤²⁾は、林内相対照度と収量比数との間に相関関係を認め、ある林内の相対照度を期待して間伐を行う場合の目安として収量比数を使うことを提案している。

この試験における3回の林分調査結果とその時の相対照度の関係を検討したが、相対照度の方に前述したような不明なところがあるので検討だけにとどめた。

3. 雑草量

3年目～7年目の林床の雑草量を図-3に示した。図における雑草量は、1㎡あたりの全雑草の生重量であるが、林床に生立する雑草量は林内の明るさにほぼ正比例し、明るいII区では870～1100gを記録し、最も相対照度の低いIII区では400～600gで推移した。

ぬき伐り直後の7年目も各区ほとんど変化がなかった。

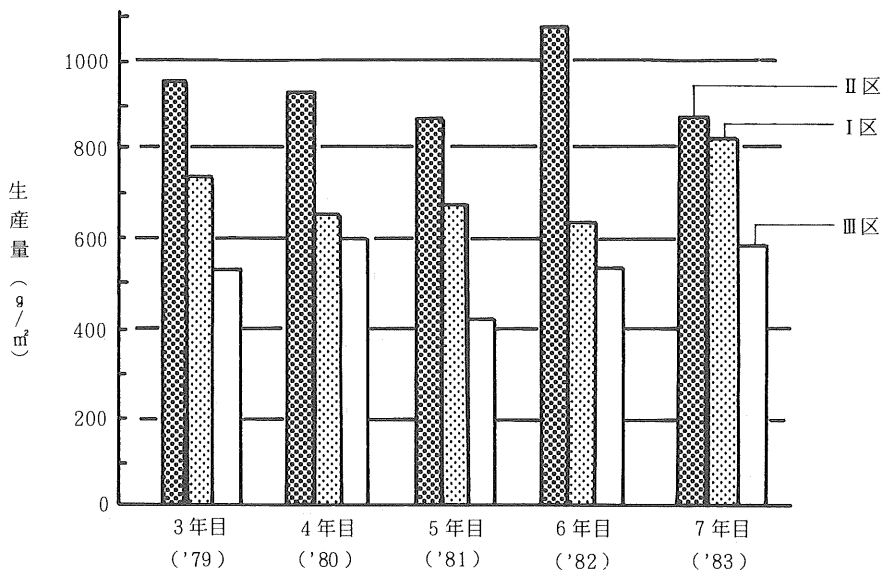
複層林造成過程では下木植栽後の下刈りが省けるかどうか重要な課題である。

雑草量が500g/㎡前後のIII区では下刈りは要らなかった。600～800g/㎡のI区では部分的に下刈りが必要であった。

林内の明るさが雑草量を規制し、雑草量と植栽木の大きさとの関係で下刈りの要否が決まってくるものとすれば、林内の相対照度が40%以上の状態をつくり出した場合は、その年に直ちに雑草が激しく繁茂することはなくても、急速な上木枝葉の回復がない限り、下刈りが必要な雑草量となる可能性が大きい。

逆に相対照度30%以下で施業を行えば雑草の繁茂は少なく、下刈りが省略できる可能性が大きい。

これらの結論は、早稲田³⁾が示した下刈り不要限界とほぼ一致する。



試験地設定後の年数

図-3 雑草量

4. 植栽下木の生長

1) 成立本数

植栽したスギ苗木の活着率は各区とも100%であった。

成立本数の推移は、図-4で明らかなように、I・III区はほぼ同じ傾向であった。

設定後5年目の10%及び6%の減少は、大部分が冬季の積雪によって折曲り、夏季に雑草に被圧されて枯損したものであった。

7年目の6%及び7%の減損は、ぬき伐り木の伐倒搬出による損害である。ぬき伐りに伴う下木の損害は、伐倒による衝撃で折損し枯れたもののほか、誤って整理集積した伐倒木枝葉の下敷きとなって放置され枯死したものが認められた。

II区は、4年目までに15%減損し、5年目・6年目は減損はなく、7年目に1%減った。

3年目・4年目は冬季の積雪によって折曲った植栽木が夏季の繁茂した雑草木に被圧され枯損したも

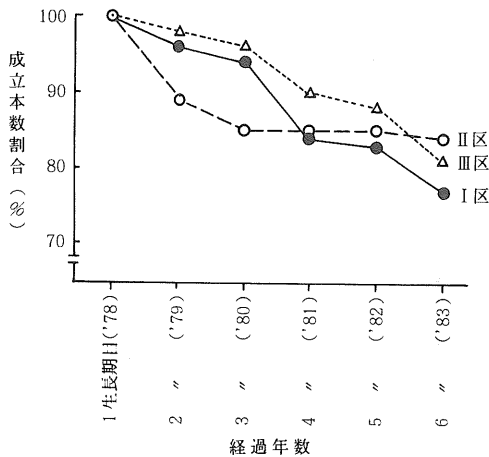


図-4 植栽下木の成立本数の推移

のであり、7年目の減少はぬき伐り木の伐倒による損害であった。

ぬき伐り収穫は、胸高直径24~44cm、樹高20~24mの立木を伐倒・造材・搬出（ハイリード引き出し）したが、植栽下木の損害は、植栽密度が小さいこともあるが、案外に少なかった。伐倒木枝葉の誤った植栽木への集積による損害を差引けば損害率はさらに低下した数値となる。

2) 上生長・肥大生長

樹高及び根元直径の生長経過を図-5に示した。

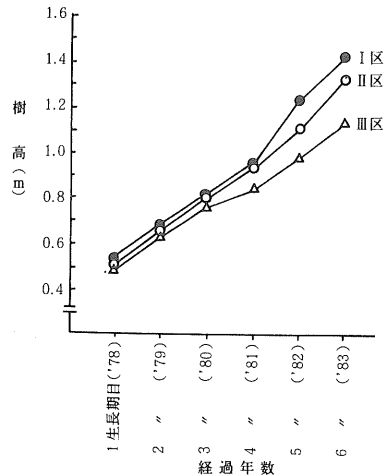


図-5・A 植栽木の生長—樹高一

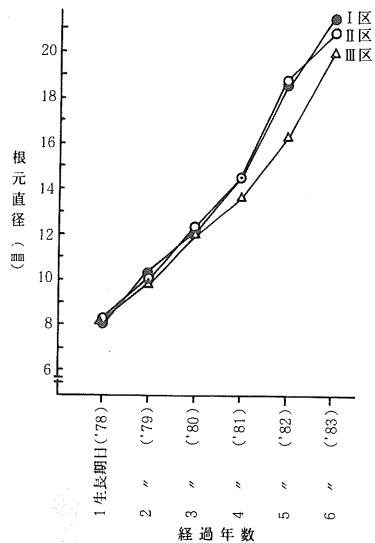


図-5・B 植栽木の生長—根元直径一

図は植栽後各生長期ごとの樹高・根元直径の平均値を示した。

樹高生長においては、5生長期目（設定後6年目）以降少しずつ生長差が現われた。しかし、この生長差は、平均樹高の順位がI区>II区>III区であることから、林内の相対照度とは相関は認められず、土壌条件の違いによるものと推定された。

根元直径生長は、6生長期目（設定後7年目）まで生長差が認められなかった。

樹高生長・直径生長とも、生長曲線は直線ないしは指数曲線であり、いまのところ生長減退の心配はなさそうである。

表-6 根元の態様別本数割合

(%)

試験区	調査数 (本)	根元の態様別本数割合			
		直	曲り	傾き	折曲
I	83	55	37	4	2
II	51	45	33	12	10
III	39	46	33	10	10

表-7 形質別本数割合

(%)

試験区	調査数 (本)	樹冠形別本数割合		
		I型	II型	III型
I	83	80	1	18
II	51	78	0	21
III	39	62	3	36

3) 形質

植栽木の形質については、根元曲りを中心とした根元の態様と樹冠形を調べた。

根元の態様は、直立・根元曲り・傾き・折曲りの4区分とし、6生長期が終了時点(設定後7年目)での区分別本数割合を表-6に示した。

根元が直立した植栽下木は45~55%に過ぎなかった。根元曲り木・傾倒木・折曲り木は、積雪及び上木樹冠に積った雪の落下によって生じたと推定した。

樹冠形は、

I型：下枝が張り三角形のもの

II型：I型とIII型の間もの

III型：下枝の発達が悪く最大枝が上部にあるもの

に分けて調べた。結果を表-7に示した。

植栽幼齢木の樹冠形として良好とされるI型の割合は62~80%であった。

III型の植栽木は、単に林内の明るさだけでなく、雑草木による被圧ないし側圧が加わって生じたものと考えられた。

IV おわりに

45年生スギ人工林をぬき伐りし、スギさしき苗を樹下植栽し二段林を造成する試験地の試験地設定後6年間の林分の経過と第2回目のぬき伐りについて調査した結果をまとめた。

第1回目にかかなり強いぬき伐りをしたが、上木は僅かな冠雪害を除いて大きな障害現象は生ぜず、この試験で適用したぬき伐り方法はいづれも適応性があるものと判定した。ただ、通柱材適合径級及び大径

材適合径級全部をぬき伐りしたB法(II区)は、ぬき伐り後の林内が明るくなり過ぎ、雑草の繁茂が著しく下木の生長のための下刈りが必要となり、更新面で不適當であった。

第2回目に、ヘクタールあたりにして、343千円~1,025千円程度の立木価に相当する立木をぬき伐り収穫したが、混み具合は疎ないし極疎と判定されるものの、幹材積で300~420 m³/haのストックが残されていることがわかった。

林内の相対照度と下刈りの要否に関して、早稲田³⁾が示した下刈りが不必要となる限界相対照度、人工状齢林25%は目安として適当と判断した。

林内の明るさを測定するには慎重な計画と実行が必要であることが指摘された。とともに、この試験での林内相対照度は、いまのところ林内の相対照度を設定する目安として使われている収量比数との相関関係は小さく、照度測定用器具なしで林内相対照度を知るための物差しを見出すことはなお重要な課題である。

引用文献

- 1) 二見謙次郎・梶谷 孝：複層林の造成技術に関する研究(I)。島根林試研報29；15~26, 1979
- 2) 安藤 貴：複層林施業の要点。わかりやすい林業研究解説シリーズ79；79pp, 林業科学技術振興所, 東京, 1985
- 3) 早稲田 収：複層林の仕立て方。林業改良普及双書77~249 pp, 全国林業改良普及協会, 東京, 1981

論文

枝打ち技術に関する研究 (Ⅲ)

—スギ品種別試験—

金山 信義・二見鎌次郎・梶谷 孝

Studies on the Artificial Pruning Techniques (III)

A Comparison of Sugi (*Cryptomeria japonica* D.DON) cultivars

Nobuyoshi KANAYAMA, Kenjiro FUTAMI and Takashi KAJITANI

要 旨

枝打ち効果を調べ、実用的技術をさぐるため、スギ品種と道具を組合わせた枝打ち試験区を設け、6生長期間経過後に節解析の方法で、枝打ちに伴う幹材の異常変色や巻込みについて検討した。試験林はイチギ・サンプ・トミス・ヤブクグリ・ボカの12年生スギ品種展示林、道具は枝打ち用ナタと剪定用ノコを用いた。

枝打ちした残枝(節)からの変色発生割合は、道具でノコよりナタが(イチギを除く品種)、品種間でボカが他の4品種より高かった。

幹材部の表面についた皮剥離と枝隆切除およびその複合形からは100%変色が発生した。これに対し残枝割れからの変色発生は品種・枝打ち道具の組合わせで0~90%であった。残枝割れからの変色発生が両道具ともボカが他の品種より高かったのは、ボカは枝や幹の材がやわらかくもろいために、枝打ち時の衝撃による傷が幹材部に及びやすかったためと解釈した。

幹材部表面につく傷は、枝の形状では、枝が太い、枝隆が大きい場合、打ち方では突出部(残枝の枝隆を伴わない部分)の全て~枝隆の一部を打ち落とした場合に発生が増大した。このことは枝隆を含む幹材部から1~3mm離れた位置で切断する枝打ち方法と、枝径および枝隆部を小さくする育林施業面の検討が重要であることを示した。

枝打ち跡の残枝の巻込みの長さは、残枝の長さに比例して大きく、残枝でも突出部より枝隆部の長さの影響を受けたが、枝打ち後の半径生長量とは関連がなかった。また巻込みの長さは枝径とのつながりを品種・枝打ち道具の組合わせの中に認めたが、これは残枝および枝隆の長さの影響と考えた。

I は じ め に

前報の「枝打ち技術に関する研究(I)——スギ若齢林の場合¹²⁾」, 「同(II)——ヒノキ若齢林の場合¹³⁾」にひきつづき、スギの品種ごとに同様の試験を行った。前報で枝の形態と枝打ちに伴う変色については、もっときめの細かい解析が必要であるとしたので、節解析時にその点を留意した観察・調査を実施した。

II 試験および調査の方法

1. 試験林

試験林は、飯石郡吉田村にある南東に向けたスギ品種展示造林地、12年生、林分密度2,500本/ha、胸高直径9.2~12.2cm、樹高5.6~7.2mである。

2. 方法

設定はイチギ・サンプ・トミス・ヤブクグリ・ボカの5品種を選び、各3本ずつ、昭和52年11月25日地上高3.0mを目標に、斜面の上側から幹を左右に二分し、片側はノコ、反対側はナタを用いてすべての枝を打上げた。

枝打ちは筆者らの二見・梶谷が設計に従って実施した。枝打ち道具のナタは秋本式枝打ち鉋、ノコは剪定用鋸(ARS製、1cm当たり歯数2.4枚)を用いた。

対照木を1本ずつ設けた。供試木については、樹高・枝下高・地上高1.2mおよび打上げ上端の幹直径・枝の付け根部分の太さ・枝の長さなどを測定した。

3. 供試木の概要および枝打ち

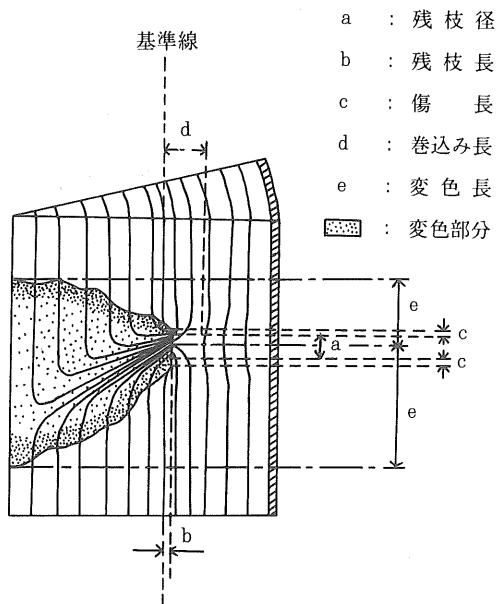
試験開始時の供試木の大きさ・枝下高・枝打ちの強さなどを表-1に、枝打ちした枝の状態を表-2に示した。

4. 節解析

供試木は、枝打ちを行って6生長期間経過した昭和59年5月22日に各品種2本ずつ伐倒した。節が中央付近にくるように30cm前後の長さに玉切りし、それぞれできるだけ多く節の中央を通しミカン割りした。

枝打ちを行った節の解析は、図-1のように節の縦断面(幹の柱目面)の諸項目を測定することによった。基準線は枝打ちを生長休止期に実施したので、枝打ちした年の年輪が枝の上下ではほぼ平行となる部分を結んだ線で表わした。全ての供試木には、ほとんどの節で枝隆を認めたので、残枝長を枝中心線と年輪走向が平行な部分を枝部、そうでない部分を枝隆部として、枝隆を伴った部分とそれより先端の突出部分とに分けて、それぞれを枝隆長および突出長として測定した。

枝打ちに伴う変色の原因である傷は、幹材部につくものとして皮剥離と枝隆切除を、枝の切口部につくものとして残枝割れを形態分類した。



- a : 残枝径
- b : 残枝長
- c : 傷長
- d : 巻込み長
- e : 変色長
- ◻ : 変色部分

図-1 節解析の測定方法

表-1 試験開始時の供試木の大きさ・枝下高・枝打ちの強さ

品種	供試木数	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	枝下高* (m)	打上げ高さ (m)	打上げ上端の幹直径 (cm)	枝打の強さ (枝打率)	
							樹高比	樹冠長比**
イチギ	4	10.6 / 9.0~11.5	7.2/6.0~8.4	1.3/1.0~1.6	3.0	7.6/5.7~8.6	40 / 36~42	26 / 21~31
サンブ	4	11.7 / 11.1~13.5	7.2/7.0~7.4	1.5/1.3~1.8	3.0	8.2/7.5~9.3	42 / 41~43	27 / 21~30
トミス	4	9.2 / 7.2~10.8	5.6/4.4~6.7	0.9/0.7~1.2	2.5/2.0~3.0	6.5/5.1~7.5	44 / 42~45	33 / 30~35
ヤブクグリ	4	11.1 / 9.0~14.6	6.0/5.4~6.8	0.5	2.7/2.5~3.0	6.8/5.8~7.5	45 / 44~46	40 / 39~41
ボカ	4	12.2 / 10.2~14.1	6.3/5.7~7.1	0.5	3.0	7.5/6.3~8.6	47 / 42~53	43 / 39~48

注* 最下生枝までの地上高

** 生枝打長/樹冠長 (%)

表-2 枝打ちした枝の状態

品 種	1本当たりの枝打ち枝数 (本)	幹長1m当たり枝径別本数 (本) および割合 (() 内%)					枝の太さ		枝の長さ	
		20mm以上	19~15mm	14~10mm	9mm以下	計	平均直 (mm)	変動係数	平均直 (cm)	変動係数
イチギ	26~33	1.8 (10)	7.5 (40)	7.7 (42)	1.5 (8)	18.5	14.5	0.263	103.0	0.225
サンブ	41~55	2.4 (8)	9.8 (31)	14.4 (46)	4.9 (15)	31.6	13.2	0.338	92.0	0.237
トミス	32~39	2.4 (10)	7.6 (33)	9.3 (41)	3.7 (16)	23.0	13.7	0.324	93.8	0.284
ヤブクグリ	63~74	5.4 (16)	10.5 (31)	12.0 (36)	5.8 (17)	33.7	14.4	0.334	106.4	0.222
ボカ	55~75	4.3 (17)	8.3 (34)	8.4 (34)	3.7 (15)	24.7	14.5	0.337	96.7	0.264

Ⅲ 結果と考察

供試木は各品種2本ずつ伐倒したが、トミスとボカには1本ずつ枝打ち以外の原因で変色が木全体に及んでいたため、それらを供試木から除外した。そのためトミスとボカについては供試木数1本で解析を実施した。

1. 枝打ちによる幹材の異常変色

1) 変色の発生および大きさ

a. 変色の発生

品種・枝打ち道具の組合せ別に変色が発生している節の割合（以下変色発生割合と称する）を表-3に示した。

変色発生割合は0～83%であり、品種および枝打ち道具間の変色発生程度に大きな違いがあった。イチギを除く品種ではいずれも枝打ちにナタを使用した方がノコより変色発生割合が高く、既存の報告³⁾ 8) 9) 11) 12) 13)と一致した。特にサンブ・トミス・ヤブクグリの各品種は、ノコに比較してナタの変色発生割合が10倍以上であった。

品種間の違いを検討すると、ボカはどちらの道具を用いても他品種より変色発生割合は高かった。イチギのナタ使用は、他品種のナタ使用より変色発生割合が19～59%低く、ノコより9%低かった。

b. 変色の大きさ

幹の縦方向の変色の長さを変色の大きさとして比較検討した。発生した変色の長さの平均値は表-4に示すように品種と枝打ち道具の組合せで22～100

mmであった。変色発生が多かった品種・枝打ち道具で変色長も大きいということはなく、変色発生割合と変色の大きさとの相関は認められなかった。

いずれの品種とも変色の大きさの平均値は、ノコよりナタ使用で12～78mm大きかった。道具別に品種間の差異をみると、ノコ使用ではボカが他の品種の変色の長さより大きく、ナタ使用では品種間に差はみられなかった。

2) 節周辺の傷、それと変色との関係

a. 幹材部の傷発生およびその大きさ

表-5に示すように、品種・枝打ち道具の組合わ

表-4 変色の長さ（平均値/範囲）

品 種	道 具	変色の長さ	
		平均値	範囲
イチギ	ノコ	54	12～110
	ナタ	68	24～174
サンブ	ノコ	41	16～65
	ナタ	53	9～165
トミス	ノコ	-	-
	ナタ	40	10～83
ヤブクグリ	ノコ	22	19～25
	ナタ	100	13～239
ボカ	ノコ	70	16～125
	ナタ	84	16～180

表-3 変色の発生している節の割合

品 種	道 具	調査数 (個)	変色発生数 割合	
			(個)	(%)
イチギ	ノコ	18	6	33
	ナタ	21	5	24
サンブ	ノコ	33	2	6
	ナタ	30	18	60
トミス	ノコ	14	0	0
	ナタ	14	6	43
ヤブクグリ	ノコ	36	2	6
	ナタ	39	25	64
ボカ	ノコ	8	6	75
	ナタ	18	15	83

表-5 傷の発生している節の割合

品 種	道 具	調査数 (個)	傷発生数 割合	
			(個)	(%)
イチギ	ノコ	18	5	28
	ナタ	21	4	19
サンブ	ノコ	33	2	6
	ナタ	30	16	53
トミス	ノコ	14	0	0
	ナタ	14	4	29
ヤブクグリ	ノコ	36	2	6
	ナタ	39	23	59
ボカ	ノコ	8	0	0
	ナタ	18	3	17

せ別の、枝隆を含む幹材部の表面についた傷の発生割合は0～59%であった。イチギを除く品種では、いずれも枝打ちにナタを使用した方がノコより傷の発生割合が高かった。

傷の大きさの平均値は表-6に示すように、品種・枝打ち道具の組合わせで6～23mmであった。いずれの品種とも傷の大きさの平均値はノコよりナタで0～17mm大きかった。

b. 傷と変色発生との関係

幹材部の表面についた傷の発生と変色発生との関係を図-2に示した。

表-6 傷の長さ (平均値 / 範囲) mm

品 種	道 具	傷の長さ
イチギ	ノコ	13 / 2～23
	ナタ	13 / 3～36
サンブ	ノコ	9 / 2～15
	ナタ	12 / 3～36
トミス	ノコ	- / -
	ナタ	12 / 3～34
ヤブクグリ	ノコ	6 / 3～9
	ナタ	23 / 3～76
ボカ	ノコ	- / -
	ナタ	12 / 10～14

ボカを除けば、両者の発生割合の間には高い相関があり、傷の発生が多くなると変色発生割合も高くなる正の直線回帰を認めた。ボカは図上でこの回帰線より上方に示され、他の品種より傷の発生割合に対する変色の発生割合がはるかに高かった。

測定した各節について、幹材部についた傷の有無と変色発生とを組合わせた「傷あり変色発生」、「傷あり変色発生なし」、「傷なし変色発生」、「傷なし変色発生なし」の4通りに仕分けして、品種・枝打ち道具別にそれぞれの出現割合を図-3に示した。

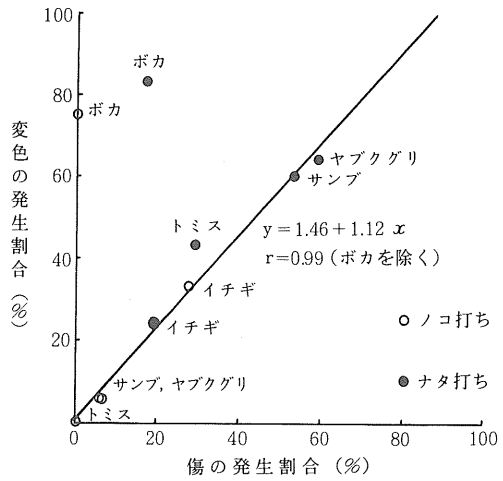


図-2 傷の発生と変色の発生との関係

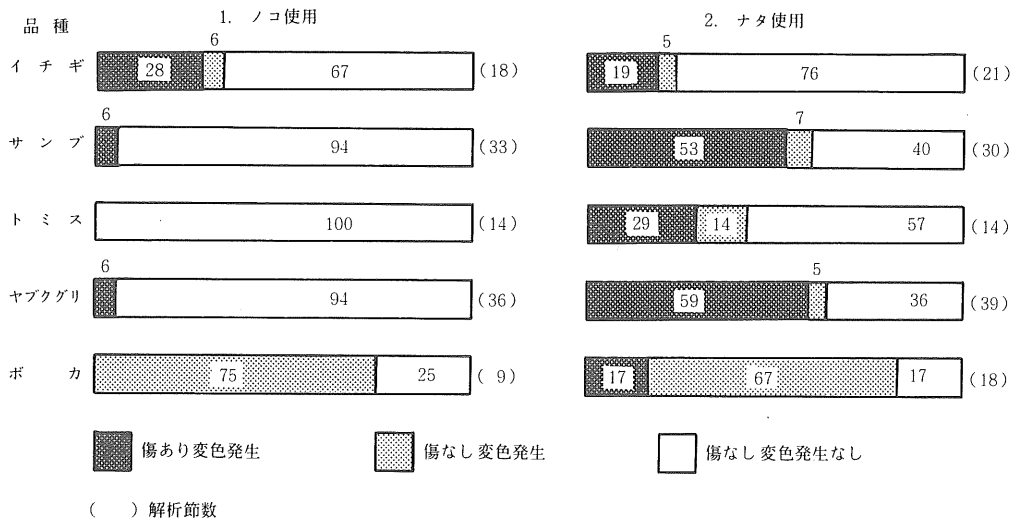


図-3 傷および変色の発生割合

「傷あり変色発生なし」の節はなく、傷がついていれば全て変色は発生した。しかし「傷なし変色発生」の節がノコ打ちで109節中7例、ナタで122節中19例存在した。この「傷なし変色発生」がボカに集中したため、ボカの変色発生割合は他品種より高くても、幹材部についた傷の割合はむしろ他品種より少なかった。

枝部の切口に認めた「割れ」を「傷あり」とすると、「傷なし変色発生」26個中17例が「傷あり変色発生」に移行する。

そこで枝部の割れを認め、次項では傷を形態分類して検討を行った。

c. 傷の形態と変色との関係

この試験で枝打ちによって節周辺の枝隆を含む幹材部の表面についた傷の形態は皮剥離と枝隆切除およびその複合形であった。また残枝にはその切口部に割れ、いわゆる残枝割れを認めた。幹材表面の傷と残枝の傷との複合した節があったが、それは幹材部についた傷のみ示した(表-7)。

全体として、皮剥離が前報^{12) 13)}に比べて少なかったのは、枝打ちした時期が11月下旬であり、皮が剥げやすい樹液流動期をはずれていたためと考える。

いずれの品種とも、各形態の傷はノコよりナタで多くついた。品種間で傷形態別の発生割合に特別な傾向は認められなかった。

傷の形態別の変色発生は表-8のとおりで、幹材表面についた傷からは100%変色が発生した。これに対し残枝割れからの変色発生は品種・枝打ち道具の組合わせで0~90%であり、いずれも100%の変色発生ではなかった。

藤森ら¹¹⁾は、幹材部に傷の及んでいない残枝割れは、変色発生の要因とならない可能性が高く、従来の報告で残枝割れにみられる変色発生は、幹に傷の及んでいるものではないかと推察されるとしている。

本試験において残枝割れを認めた節は、枝打ちの際に衝撃が加わった可能性が高く、この衝撃により幹材部のどこかに傷を生じ、これが原因で変色が生じたと推定する。したがって残枝割れが生じていても、幹材部に衝撃による傷が及んでいない場合には、変色が発生しなかったと考える。いずれにしても、節解析の際に、幹材部における衝撃による傷は観察することができなかったため、つまり藤森のいう年輪割れの傷があるか否かははっきりしなかったため、本試験における残枝割れの変色発生原因については明確な説明はできない。

残枝割れからの変色発生割合は、両道合ともボカが高く、ノコ・ナタ込みでボカ以外が26%であるのに対しボカは85%であった。ボカは生長が早い材料質がやわらかく・もろいといわれている^{1) 4)}。ボカはこのため枝打ち時に加わった衝撃による傷を

表-7 傷の形態別発生割合

品 種	道 具	調査数 (個)	形態別発生数(個)〔割合(%)〕				
			皮剥離	枝隆切除	皮剥離+枝隆切除	残枝割れ	傷なし
イチギ	ノコ	18	—	1(6)	4(22)	—	13(72)
	ナタ	21	1(5)	—	3(14)	10(48)	7(33)
サンプル	ノコ	33	1(3)	—	1(3)	1(3)	30(91)
	ナタ	30	3(10)	3(10)	10(33)	5(17)	9(30)
トミス	ノコ	14	—	—	—	—	14(100)
	ナタ	14	1(7)	—	3(21)	3(21)	7(50)
ヤブクグリ	ノコ	36	—	—	2(6)	—	34(94)
	ナタ	39	1(3)	6(15)	16(41)	4(10)	12(31)
ボカ	ノコ	8	—	—	—	3(38)	5(63)
	ナタ	18	1(6)	—	2(11)	10(56)	5(28)

表-8 傷形態別の変色発生割合 [調査数・変色発生節割合(%)]

品 種	道 具	傷 の 形 態				
		皮剥離	枝隆切除	皮剥離+枝隆切除	残枝割れ	傷なし
イチギ	ノコ	—	1(*)	4(*)	—	1(*)
	ナタ	1(*)	—	3(*)	10(10)	—
サンブ	ノコ	1(*)	—	1(*)	1(0)	—
	ナタ	3(*)	3(*)	10(*)	5(20)	1(*)
トミス	ノコ	—	—	—	—	—
	ナタ	1(*)	—	3(*)	3(67)	—
ヤブクグリ	ノコ	—	—	2(*)	—	—
	ナタ	1(*)	6(*)	16(*)	4(50)	—
ボカ	ノコ	—	—	—	3(67)	4(*)
	ナタ	1(*)	—	2(*)	10(90)	3(*)

注* 全ての節が変色発生していることを示す

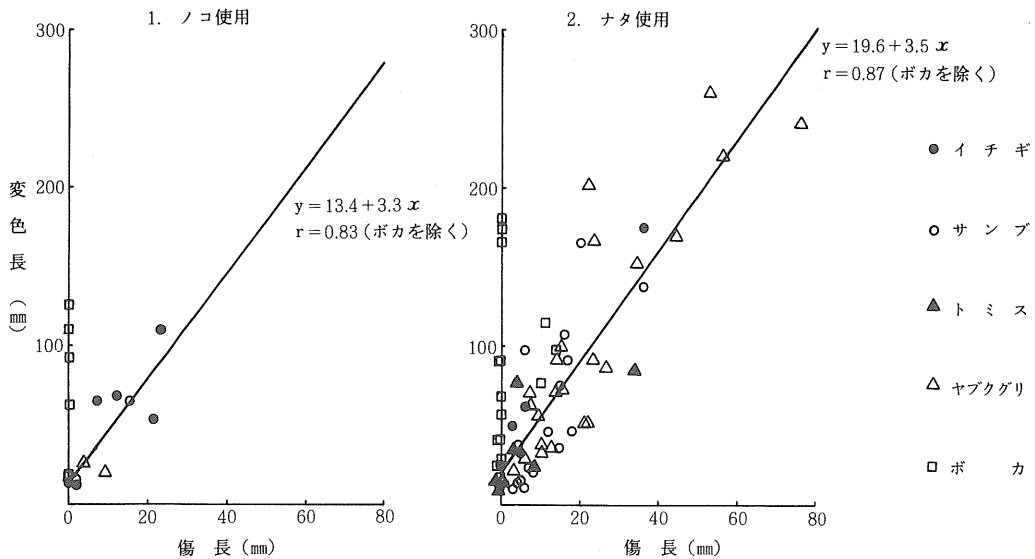


図-4 傷長と変色長との関係

幹材部につくり、変色を発生させたと推察することは妥当といえる。

このことからボカの枝打ちに対しては、この種の傷からの変色の発生を回避するために、枝径を小さくするような育林施業を行い、枝打ちにはノコを使用するのが肝要と考える。

表-8から幹材部および枝部に傷がみあつたにもかかわらず変色が発生した節がノコ使用で5個、ナタで4個、合わせて9個あった。そのうち78%に当たる7個はボカの節であった。この原因が前記と同様の衝

撃によるものなのか、それ以外の原因によるものなのかは明らかでなかった。

d. 傷の大きさと変色の大きさとの関係

幹材部の傷の大きさと変色の大きさとの関係を図-4に示した。

前述したように、ボカは幹材部に認めた傷以外の要因が原因で変色が発生している節が多かったので、ここでの検討ではボカを除外した。ボカを除いた4品種では、傷と変色両者の大きさの間には高い相関で正の直線回帰を認めた(相関係数:ノコ使用0.83,

ナタ使用0.87)。この回帰式にあてはめると、ノコ・ナタどちらとも傷長が2.5 cmを越すと変色長は10 cm以上になるものと推定された。

次に図-4をボカを除いた品種について傷形態分類を行うと(図-5), 単独形態より複合形態の方が傷の長さが大きく, したがって変色の大きさも大きかった。前記大きな傷(傷長2.5 cm以上・変色長10 cm以上)の節は全て皮剥離と枝隆切除とが複合した傷であった。

前報^{12) 13)}では, 傷形態の違いによって傷および変色の大きさに差は生じなかった。これは前報では傷および変色の大きいものの中に, 残枝割れとの複合形を含む皮剥離の傷が多くあったためである。また藤森ら¹¹⁾は, 皮剥離の平均傷長および変色長は枝隆切除および年輪割れより目立って大きかったと報告している。本報の皮剥離型の傷の大きさが比較的小さかったのは, その発生数同様, 皮の剥げやすい樹液流動期の枝打ちが含まれていなかったためと考える。

3) 残枝の形態と傷および変色との関係

a. 残枝の形態

表-9に示すように, この試験における残枝長は品種・枝打ち道具の組合せ別の平均値で5~8 mm, 残枝径は同じく11~15 mmであった。

品種による残枝長や残枝径の大きさの違いは認めなかった。残枝の長さはノコを用いた場合がナタより1 mm程度長かった。

表-9 残枝長および残枝径の大きさ
(平均値/範囲)

品 種	道 具	mm	
		残枝長	残枝径
イチギ	ノコ	7/5~10	14/8~17
	ナタ	7/4~10	12/6~17
サンブ	ノコ	8/5~14	12/5~21
	ナタ	7/1~15	14/5~25
トミス	ノコ	6/4~9	12/9~19
	ナタ	5/3~9	15/8~27
ヤブクグリ	ノコ	8/2~14	11/4~18
	ナタ	7/2~20	14/7~23
ボカ	ノコ	6/3~8	12/7~16
	ナタ	5/2~11	13/7~21

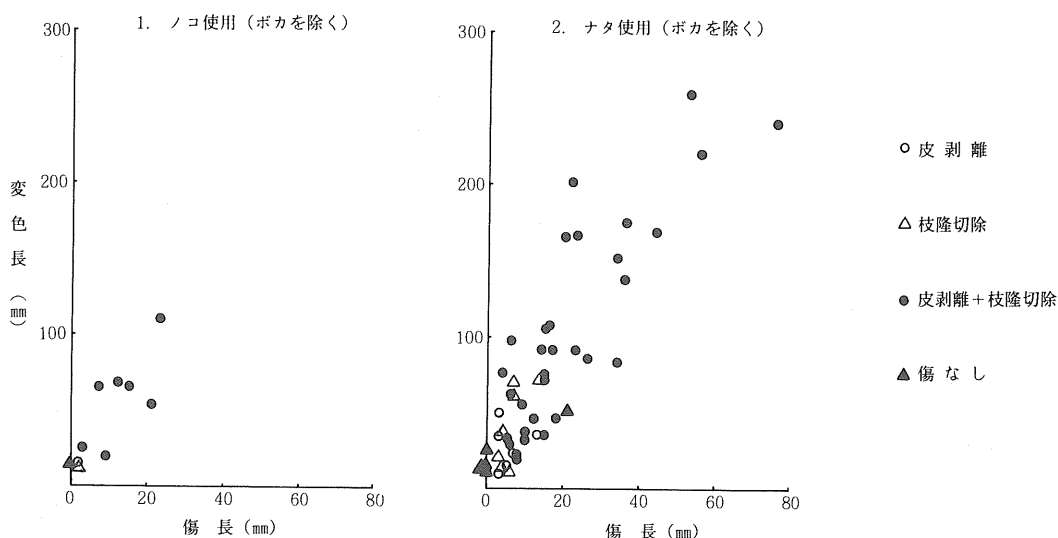


図-5 形態別傷長と変色長との関係

残枝長と残枝径の相関図(図-6)によれば、サンブとヤブクグリはいずれの道具を用いても残枝径が大きくなるにつれて残枝の長さが長くなる関係が認められた。イチギ・トミス・ボカではいずれの道具を用いても上記の関連は認められなかった。

竹内ら⁵⁾は枝径が2cm程度までのスギとヒノキで、ナタとノコギリでていねいに枝打ちした場合は、残枝径と残枝長との間には、バラツキはあるがそれぞれ原点を通る一次式で、またその傾きはスギをノコで枝打ちした場合0.37、ナタでは0.30で近似できるとしている。

本試験のサンブとヤブクグリの回帰直線の傾きはノコの場合0.38、0.39、ナタでは0.32、0.35と近似値であるが、いずれも原点よりやや上方に移動した一次式であった。

次に残枝の長さを枝隆を伴った部分(枝隆長)とそれより先端の突出部分(突出長)とに分けて検討してみる。

まず残枝径と枝隆長の関係を求めた(図-7)。双方の因子は枝打ちと直接かかわりがないので道具分けを行っていない。イチギ・サンブ・ヤブクグリは残枝径の大きさに比例して枝隆長が大きくなり、残枝径が10mm以上で枝隆長が5mmを越す節が多く、また残枝径が10mm以下であると枝隆長がゼロ以下のものがでる可能性が高かった。これに対しトミスとボカは残枝径が大きくても枝隆長が5mmを越す節はわずかで、枝径の大小による枝隆部の大きさの変化は小さかった。

この残枝径と枝隆長の相関図の回帰式を求め(枝隆切除を認める節はもとの枝隆の長さが不明であるので回帰式を求めるデータからは除外した)、これを図-6にあてはめると、図上2本の回帰直線の交点は残枝長=枝隆長で、突出長がゼロであることを表わす。また交点より左側では残枝径が小さいほど突出長は増大し、交点より右側では残枝径が大きいほど突出長がマイナスで表示される部分が増大することにより、枝隆の切断が大きくなることを表わす。もし2本の直線の交角が大きければ、残枝径の大きさの違いで突出長が大きく変化し、その枝打ちはひじょうに不均一な枝打ちといえるし、交角が小さくなればなるほど残枝径の大きさの違いによる突出長の変化は少なく、均一な、ていねいな枝打ちといえる。本試験において、サンブとヤブクグリは残枝径と残枝長との間に相関関係を認めた2本の直線の交角から判断すると、サンブとヤブクグリはイチギよりていねいな枝打ちであるといえる。トミスとボカ

が残枝長と残枝径との間に相関関係を認めなかったのは、枝径の違いによる枝隆部の大きさの変化が小さいために残枝の長さの変化も少なかったことによると考える。つまりトミスとボカの場合は枝打ち側でなく木そのものの原因によるものと推定する。

2本の直線の隔りを品種ごとで道具別に比較すると、ナタよりノコの使用が大きい場合が多い。このことは枝打ちにおいてノコよりナタを用いると突出長を短く打てることを表わしている。

次に枝隆長と突出長の相関関係を検討すると(図-8、ただし枝隆切除を認める節は前述同様回帰式を求めるデータからは除外した)、ヤブクグリのナタ使用以外は両者は負の直線回帰を認めた。これは、枝隆が大きい場合、枝打ち面の狙いがつげやすく突出部をなくする枝打ちをすることができ、枝隆が小さくなると幹材部に傷がつくのを恐れて幹から少し離して枝打ちするため、突出部を残した枝打ちになり、また枝隆長がマイナスのいわゆる枝のつけ根にくぼみのある場合の枝打ちは突出長をゼロにすることは実際の作業では不可能である、を示している。

ヤブクグリのナタ使用で相関が認められなかったのは、他の品種・枝打ち道具の組み合わせと異なり、枝隆があればその大小にかかわらず突出部の全部～枝隆の一部まで切り落とす枝打ちが行われたためである。

b. 残枝の大きさと傷・変色との関係

図-6～8の各相関図はそれぞれ前記幹材部の傷と変色の仕分けを組込んである。図-6によれば、傷との結びつきは残枝径の方が大きく、残枝径が大きいと枝隆部を含む幹材部に傷のついている節(=変色発生節)の割合が高かった。これは枝が太いほど枝打ちするのにより以上の力が必要になり、この作業の難かしさが切断面の狂いを生じて幹に傷をつけやすくするためである。

図-7によれば、5品種とも枝隆長が大きいと傷のついた節が多かった。この理由は次の突出長との関連で明らかにされる。図-8からいずれの場合も傷の発生は突出長と深いつながりがあり、突出部の全て～枝隆の一部まで切り落とす枝打ちをすると、道具込みで87%の節で節周辺の幹に傷を認めた。突出長が1～2mmであると8%の傷発生でとどまり、3mm以上では全ての節で傷が認められなかった。

枝隆長と突出長との関連をみると、ヤブクグリのナタ使用を除いて、枝隆長が大きくなると突出長は小さくなる傾向があり、イチギのノコ・ナタ、サンブ・トミス・ボカのナタでは枝隆長が5mmを越すと、

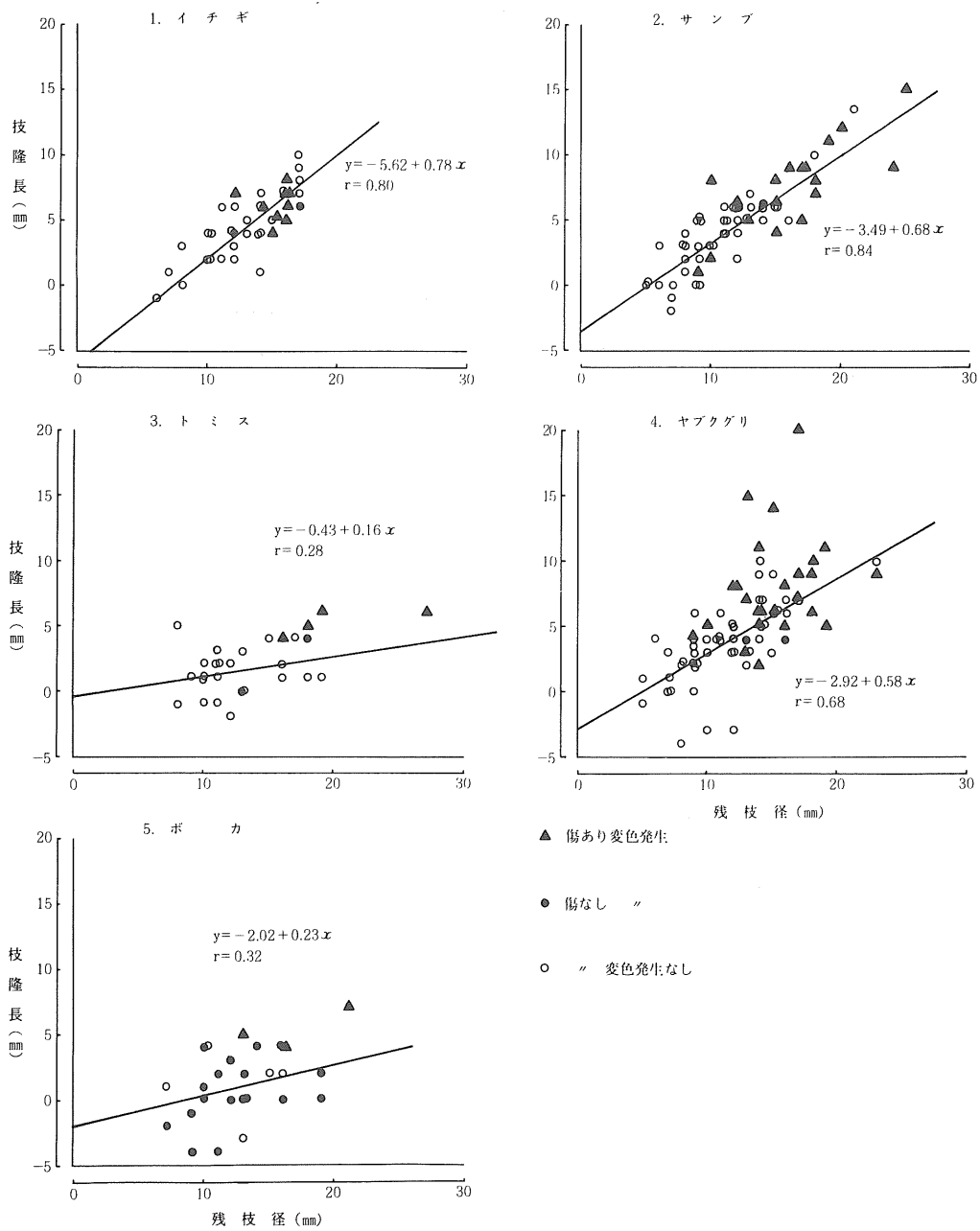


図-7 残枝径・枝隆長と傷および変色の発生

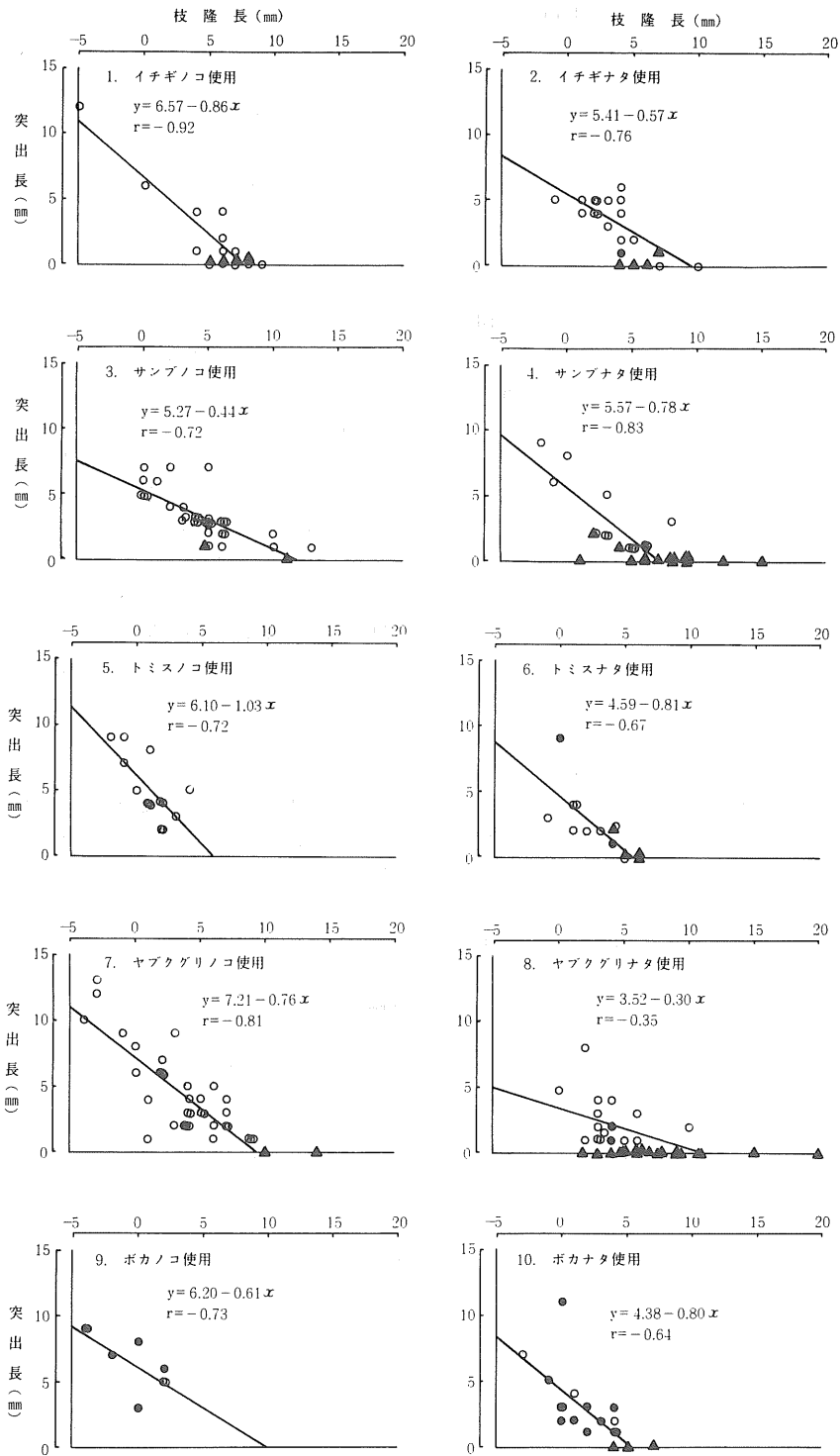


図-8 枝隆長・突出長と傷および変色の発生

▲ 傷あり変色発生 ● 傷なし変色発生 ○ 傷なし変色発生なし

サンプ・ヤブクグリのノコではそれが10mmなど枝隆長が或る大きさ以上になると突出長がゼロであった。

イチギ・サンプ・ヤブクグリでは枝径が大きいと、枝が切り落としにくくなり幹に傷をつけやすくなるだけでなく、枝隆部が大きくなって幹に傷をつけやすくなると考える。

以上から枝打ち時に枝隆部を含む幹材部に傷をつけないために次のことが重要であると考える。

- ・突出部を全て打ち落とす枝打ちは避け、枝隆を含む幹材部から1～3mm離れた位置で枝を切断する。
- ・枝径および枝隆部を小さくする育林作業面の検討を行う。

なお残枝割れによる変色を認めた節について残枝の大きさとのつながりを検討したが、明らかな関係は導かれなかった。

残枝長および残枝径と傷の大きさとの関係を相関図を用いて調べたが、両方とも傷の大きさとの間に一定の関係を認めることはできなかった。

4) 枝打ち面より外側に発生した変色

枝打ちに伴う変色は、大迫ら²⁾、兵藤⁹⁾、竹内⁶⁾、藤森ら¹¹⁾、前報¹²⁾¹³⁾が報告しているように、枝打ちによってついた傷面より材の求心方向にひろがり、枝打ち後生長した外側の材には拡大しないことは、本試験でも認めた。ところが本報ではこれとは異質の変色を、枝打ち面より外側で枝打ち後生長した材部に認めた節が調査数231個中74個あった。この変色が問題なのは、枝打ち面より外側で製材時に無節

面にも出る可能性があることである。

この枝打ち面より外側に発生した変色は、どの品種にも、またノコ、ナタ使用ともあり、一般の傷とのつながりも明確でなく(表-10)、残枝の形態と何ら関係づけられなかった。

この枝打ち面より外側の変色が普遍的なものかどうかかわからないが、普遍的なものであれば今後の検討課題であろう。

2. 巻込み

枝打ち跡の巻込み年数別の節数割合を表-11に示した。全節数が1～6年の間に巻込みを完了したが、多くは2～4年間に巻込んだ。巻込みの早さの違いは品種や枝打ち道具より供試木ごとにあられた。

巻込み長は残枝長と残枝径の両方と相関関係を認めた(図-9, 10)。しかし相関は明らかに残枝長の方が強く、求めた回帰式からすると巻込み長は、ノコ、ナタどちらを用いても残枝長がゼロで約0.5cm、残枝長が1.0cmで約1.5cmであった。品種・枝打ち道具の組み合わせ別に検討すると、残枝長は10例全て、残枝径は6例が巻込み長と相関関係を認めた。残枝径と相関を認めた6例中4例は、残枝長と残枝径の相関図から推定して残枝長の影響を受けた可能性がある。

従来の報告では枝打ち跡の巻込み長は、残枝径と明らかな相関は認めず、枝打ちによる残枝の長さに影響を受けたとしている^{7) 10) 12) 13)}。またこれに関して早稲田ら¹⁴⁾はヒノキについて、残枝径の小さなものほど早く巻込みを完了するが、残枝長のほうが

表-10 枝打ち面より外側に発生した変色

品 種	道 具	調査数 (個)	変色発生数* (個)	変色発生割合** (%)	傷発生割合*** (%)	
イチギ	ノコ	18	6	50	33	
	ナタ	21	3	0	0	
サンプ	ノコ	33	6	33	33	注* 枝打ち面より外側に変色が発生した節数
	ナタ	30	10	70	60	
トミス	ノコ	14	4	0	0	** 枝打ち面より外側に変色が発生した節のうち内側にも枝打ちに伴う一般の変色が発生している節の割合
	ナタ	14	8	75	50	
ヤブクグリ	ノコ	36	8	0	0	*** 枝打ち面より外側に変色が発生した節のうち枝打ちに伴う傷がついている節の割合
	ナタ	39	19	84	84	
ボカ	ノコ	8	2	100	0	
	ナタ	18	8	100	25	

表-11 枝打ち跡の巻込み年数別の節数割合

品 種	供試木番号	道具	調査数 (個)	巻込み年数別の節数割合・%						平均巻込み 年数・年
				1年	2年	3年	4年	5年	6年	
イチギ	1	ノコ	11	9	73	18	—	—	—	2.1
		ナタ	10	10	50	30	10	—	—	2.4
	2	ノコ	7	—	14	29	43	14	—	3.6
		ナタ	11	—	9	9	36	36	9	4.3
サンブ	1	ノコ	18	—	6	39	50	6	—	3.6
		ナタ	17	—	24	53	24	—	—	3.0
	2	ノコ	15	—	—	—	60	20	20	4.6
		ナタ	13	—	8	23	54	8	8	3.8
トミス	ノコ	14	—	43	50	7	—	—	2.6	
	ナタ	14	7	71	14	7	—	—	2.2	
ヤブクグリ	1	ノコ	18	11	78	11	—	—	—	2.0
		ナタ	19	32	47	5	11	5	—	2.1
	2	ノコ	18	—	78	22	—	—	—	2.2
		ナタ	19	—	68	21	11	—	—	2.4
ボカ	ノコ	8	—	—	25	63	13	—	3.9	
	ナタ	18	—	33	50	17	—	—	2.8	

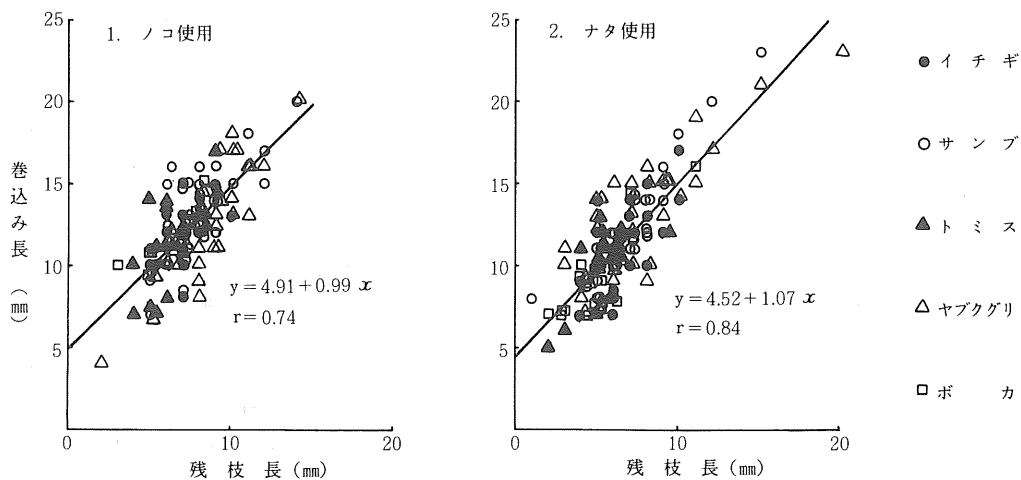


図-9 残枝長と巻込み長との関係

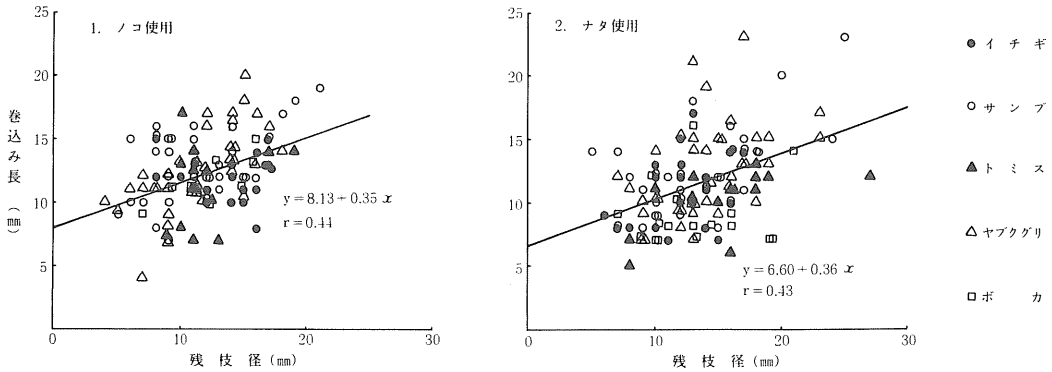


図-10 残枝径と巻込み長との関係

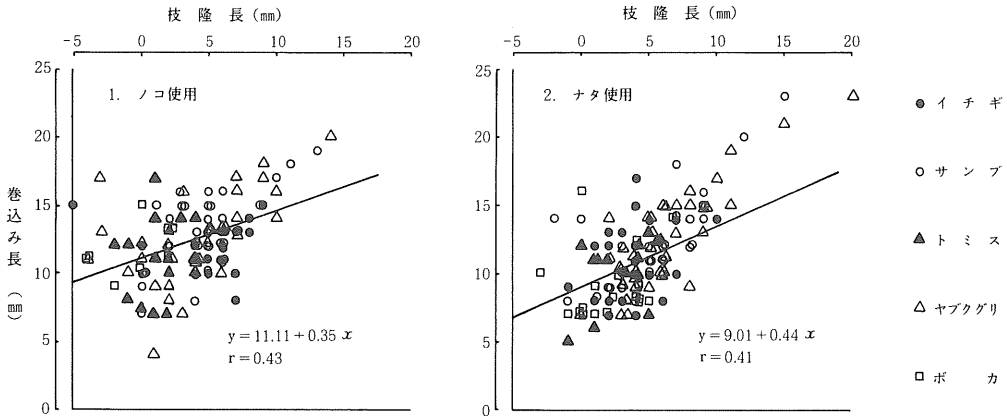


図-11 枝隆長と巻込み長との関係

より強く影響していると報告している。

本試験では前項(1-3)-aで、残枝の長さを枝隆部と突出部に分け、各々と傷および変色との関係を検討した。巻込み長は、残枝長とのつながりが強いとしたが、残枝長の中味である枝隆長と突出長とではどのようにつながっているのか。巻込み長と枝隆長および突出長の相関図をつくり、そのつながりを検討した(図-11, 12)。枝隆長と巻込み長との間には相関は低いものの正の直線回帰を認めた。突出長と巻込み長との間に相関は見い出せなかった。

図-12において例えば、突出長が3mmでも枝隆の有無に関係なく巻込み長が同じならば、巻込み長は枝隆の影響を受けていないことになる。そこで図-12を枝隆長階層別に仕分けをすると(図-13)、突出長が同じならば枝隆長が大きい節が巻込み長は長いことから、巻込み長に対する枝隆の影響が確認で

きた。また枝隆長が同じであれば巻込み長は突出長と正の相関が見い出された。

巻込みの長さに影響を及ぼす残枝の長さは、そのなかでも突出部の長さより枝隆の長さの影響が強かった。枝隆がない場合、残枝長は突出長に等しく巻込みの長さは、従来どおり残枝長(突出長)の影響を受けることになる。枝隆がある場合には巻込み長は、突出長より枝隆長に影響を受けることになるが、このことをうまく理由づける根拠は見当たらなかったし、また本試験だけでは断言できるものではないので、今後の研究に望むところである。ただし枝打ち跡の巻込みを幹の柱目面の長さでなく板目面で考えると、突出部の断面より枝隆部の断面の方が大きいので、枝隆部の方が巻込みに与える影響が大きいのではないかと推定できる。

残枝径と枝隆長の相関図から推定すれば、前述し

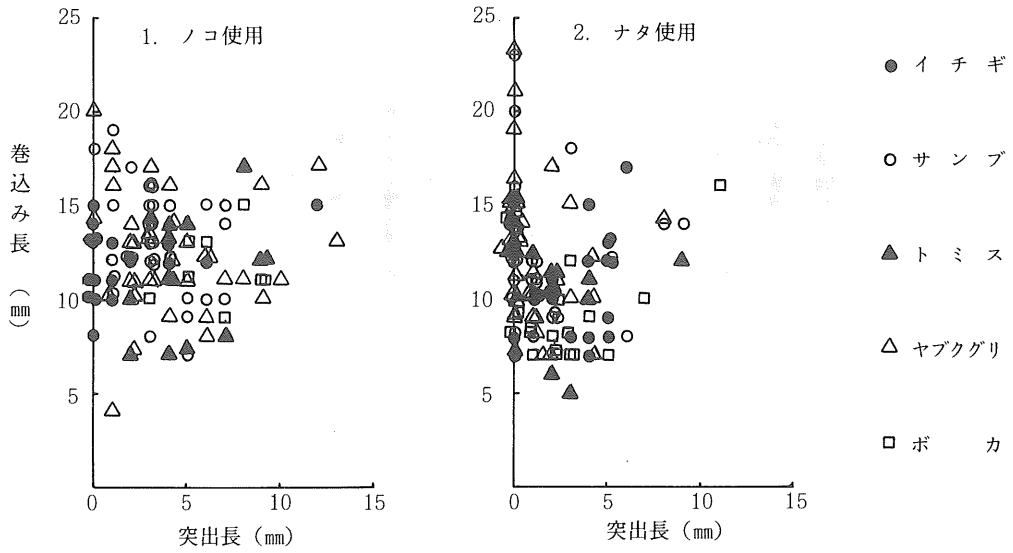


図-12 突出長と巻込み長との関係

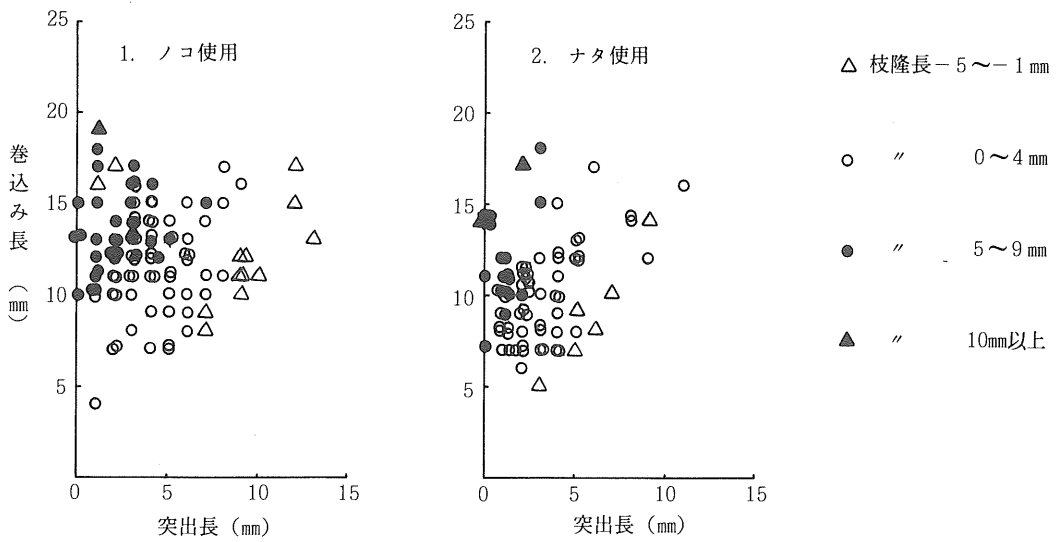


図-13 枝隆長階層別の突出長と巻込み長との関係

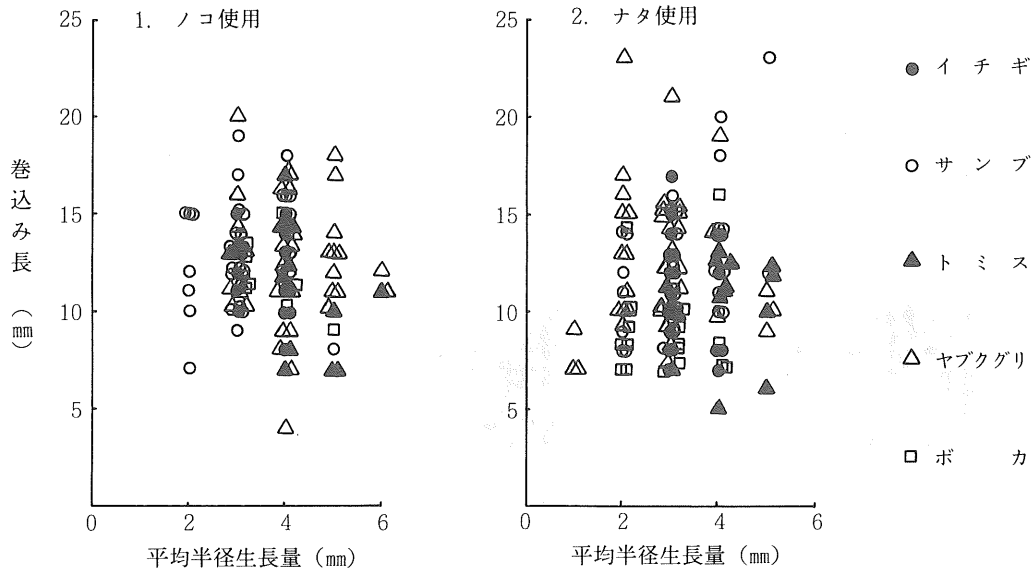


図-14 平均半径生長量と巻込み長との関係

た巻込み長が残枝径と相関を認めた6例は全て枝隆長の影響も含んでいる可能性がある。残枝径と巻込み長との間に相関を認めた品種・枝打ち道具の組合せは残枝長および枝隆長の影響が考えられる。

竹内ら⁵⁾は巻込み長に影響を与える要因を知るため、残枝長、残枝径、それに平均半径生長量を加えた3要因を用いて重回帰分析を行った。その結果、巻込み長には、残枝長と平均半径生長量が影響を及ぼし、残枝径が2 cm程度までなら残枝径の大小は影響しないという結果を得ている。

そこで幹の肥大生長と巻込み長との関係を、枝打ち後の平均半径生長量と巻込みの長さとの相関図(図-14)を用いて検討を行った。半径生長量が1~6 mmの範囲であれば、巻込み長と枝打ち後の幹の肥大生長とのつながりはバラツキが大きく見い出せなかった。

IV おわりに

本試験はいわゆる在来スギ品種5種における枝打ちに伴う幹材の異常変色と巻込みについて検討した。結果はスギ若齢林、ヒノキ若齢林の試験結果とおおむね同じ結論であった。

幹材部に枝打ち時についた傷が見つからないのに変色が発生している節がボカが他品種より多かったのは、残枝部の傷が材部に及んでいたためで、それ

はボカの材質がやわらかくもろいという材の品種特性であるとした。このことからボカの枝打ちに対しては、この種の傷からの変色の発生を回避するために、枝径を小さくするような育林施業を行い、枝打ちにはノコを使用するのが肝要と考える。

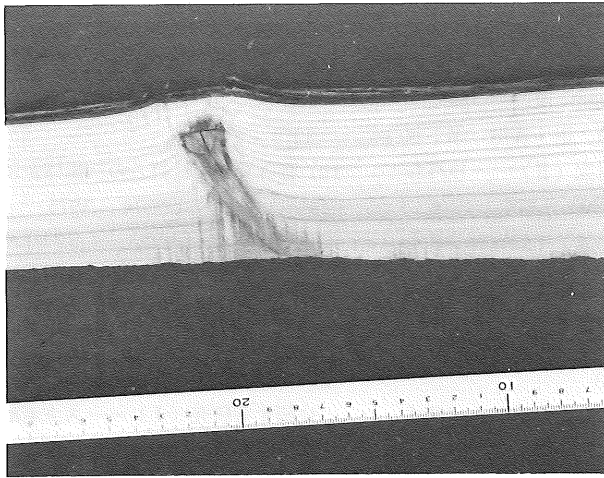
また節解析で残枝を枝隆部とそれを伴わない突出部に区分することにより、幹材部表面につく傷は、枝の形状では枝隆が大きい、打ち方では突出部の全て~枝隆の一部を打ち落とした場合に発生が増大することや、枝打ち跡の巻込みに関して、巻込み長は残枝長の影響が強かったが、これは残枝の枝隆部分とのつながりが大きかったことが導かれた。そして枝打ち時に枝隆部を含む幹材部に傷をつけないために、突出部を全て打ち落とす枝打ちは避け、枝隆を含む幹材部から1~3 mm離れた位置で切断する枝打ち方法や、枝径および枝隆部を小さくする育林施業面の検討を必要視した。

本試験ではいずれの品種にも、またノコ、ナタ使用どちらにも枝打ち面より外側で枝打ち後生長した材部に変色を認めた。この原因について本報では何も明らかにできなかった。この変色が問題なのは、枝打ち面より外側で製材時に無節面にも出る可能性があることである。もしこの変色が普遍的なものであれば、今後枝打ちにおける検討課題であろう。

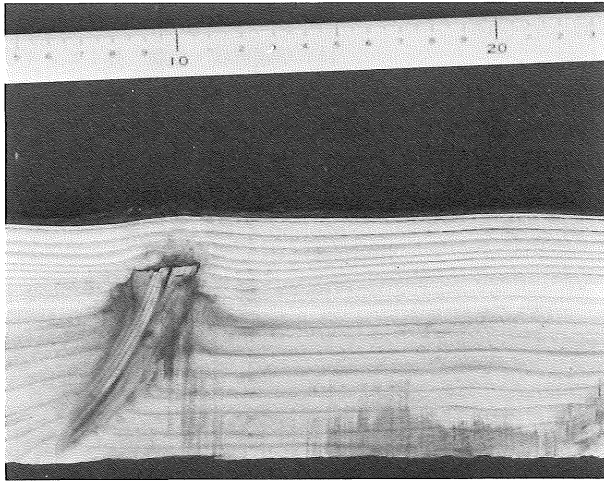
引用文献

- 1) 石崎厚美：林業改良普及叢書 32 —— スギの品種。全国林業改良普及協会 p. 632 東京, 1966
- 2) 大迫靖雄・堤 利夫・野淵 正・森田 学：木材の質的生産技術に関する研究（Ⅱ）—— 枝打ちとボタン材。京大演報 46 103～114, 1974
- 3) 枝打ち共同研究班：スギ, ヒノキの枝打ちに伴う材の異常変色に関する研究。関西地区林業試験研究機関連絡協議会育林部会 p. 40 広島, 1984
- 4) 坂口勝美：新版スギのすべて。全国林業改良普及協会 p. 629 東京, 1983
- 5) 竹内郁雄・蜂屋欣二：枝打ち跡の巻込みに関する研究。林試研報 292 161～180, 1977
- 6) 竹内郁雄：スギの枝打ちによる材の変色。林試研報 324 81～99, 1983
- 7) 白間純雄：スギの枝打ちと巻込みの関係。日林関西支講 26 135～138, 1975
- 8) ———・早稲田収：枝打ちの季節と枝打ちに伴う材の変色について。日林関西支講 28 169～171, 1977
- 9) 兵藤 博：枝打ち試験——枝打ちに伴う材の異常変色について。広島林試研報 14 43～60, 1979
- 10) 藤森隆郎：枝打ちの技術体系に関する研究。林試研報 273 1～74, 1975
- 11) ———・伊沢浩一・金沢洋一・清野嘉之：枝打ちに関する基礎的研究Ⅳ——枝打ちに伴う材の変色の発生要因。林試研報 328 119～143, 1984
- 12) 二見鎌次郎・金山信義・梶谷 孝：枝打ち技術に関する研究（Ⅰ）——スギ若齢林の場合。島根林試研報 33 21～46, 1982
- 13) ———・———・———；———
———（Ⅱ）——ヒノキ若齢林の場合。———34 1～19, 1983
- 14) 早稲田収・後藤 亮：ヒノキ枝打木の節解析。日林関西支講 22 45～47, 1972

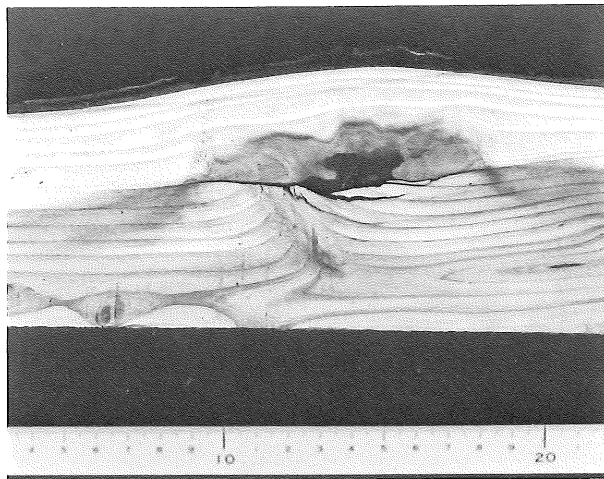
写真



A



B



C

- A. 枝打ち面より外側に変色発生した節（枝打ちに伴う傷がなく、枝打ち面より内側に変色発生がない）
- B. 同上（枝打ち時に残枝部に傷がつき、枝打ち面より内側にも変色発生がある）
- C. 同上（枝打ち時に幹材部および残枝部に傷がつき、枝打ち面より内側にも変色発生がある）

論文 スギカミキリ加害に対するスギ抵抗性判別法の検討

—樹皮形態, 針葉樹およびアイソザイム分類型とスギカミキリ被害との関係—

福島 勉・井ノ上二郎・周藤 靖雄・金森 弘樹

Studies on Methods of Distinguishing Resistance to
Cryptomeria bark borer (*Semanotus japonicus*)
in *Cryptomeria japonica*

Tsutomu FUKUSHIMA, Jiro INOUE, Yasuo SUTO & Hiroki KANAMORI

要 旨

スギカミキリの加害に対するスギの抵抗性を、樹皮形態、針葉型またはアイソザイムの分類型によって判別する方法を検討した。樹皮形態の粗なものは密なものに比べて、被害率が高い傾向を認めたが、その差は顕著でなかった。針葉型とスギカミキリ被害との間には明確な関係が認められなかった。一方、アイチスギとオキノヤマスギはパーオキシダーゼのアイソザイムパターンによって、それぞれ数クローンに分類できたが、アイチスギについては、スギカミキリの被害程度の差がクローン間に認められ、アイソザイムによるクローン分類は抵抗性の判別にも有効と考える。

I はじめに

スギカミキリ (*Semanotus japonicus*) の加害に対して、スギの個体間、品種間およびクローン間に明確な差が認められることがある。この抵抗性・感受性の要因としては、まずスギカミキリ成虫の産卵の難易が考えられ、樹皮の粗いものは産卵されやすく、ひいては被害を生じやすい⁴⁾。また、ふ化幼虫の木質部到達の難易が考えられ、内樹皮での多量の樹脂分泌によって幼虫が死亡する^{5, 6, 13, 14)}。本研究では、スギカミキリ抵抗性育種を進める基礎資料として、スギカミキリの加害に対する抵抗性の個体やクローンを容易かつ確実に判別する方法を検討した。検討した方法は、樹皮形態と針葉型による抵抗性個体の判別法とアイソザイムパターンによる抵抗性クローンの判別方法である。

なお、本研究は1981～1982年度国庫助成普及情報システム化事業「スギ、ヒノキ穿孔性害

虫の被害防除技術に関する基礎調査」と1983～1984年度国庫助成大型プロジェクト「スギ、ヒノキ穿孔性害虫の被害防除技術に関する総合研究」の一部として実施した。また、成果の一部はその都度公表した^{1, 2)}。

II 調査方法

調査は1982年3月～1984年10月、図-1と表-

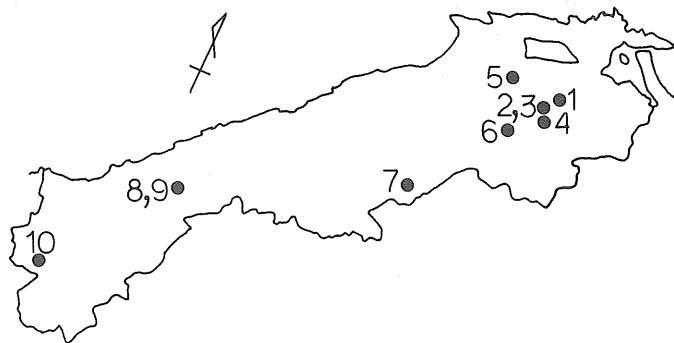


図-1 調査林の位置

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| 1. 大原郡大東町小河内 (標高 200 m) | 6. 大原郡木次町平田 (標高 170 m) |
| 2. 大原郡大東町湯石 (標高 150 m) | 7. 飯石郡赤来町下赤名 (標高 450 m) |
| 3. " (標高 100 m) | 8. 那賀郡弥栄村木都賀 (標高 320 m) |
| 4. 大原郡大東町篠淵 (標高 300 m) | 9. " (標高 280 m) |
| 5. 大原郡加茂町三代 (標高 50 m) | 10. 鹿足郡津和野町門林 (標高 250 m) |

表-1 調査林の概況

No.	調査林	品 種	林 齢 (年生)	調査本数 (本)	平均樹高 (m)	平均胸高直径 (cm)
1	<大東Ⅰ>	アイチ	15	149	7.9	13.4
2	<大東Ⅱ>	アイチ	12	100	7.3	10.4
3	<大東Ⅲ>	アイチ	13	180	—	11.8
4	<大東Ⅳ>	実 生	21・25	238	10.0	15.4
5	<加 茂>	アイチ	16	68	9.7	16.7
6	<木 次>	オキノヤマ	21	199	9.6	11.7
7	<赤 来>	オキノヤマ	15・16	276	9.4	14.7
8	<弥栄Ⅰ>	実 生	17	202	9.5	15.8
9	<弥栄Ⅱ>	実 生	17	198	9.2	15.3
10	<津和野>	実 生	17	321	10.3	14.1

調査林の位置と標高は図-1を参照。

1に示した計10林分で行った。樹皮形態と被害との関係は実生スギ4林分(No.4, 8, 9, 10)で、針葉型と被害との関係は実生スギ2林分(No.4, 10)で、またアイソザイム分類型と被害との関係はアイチスギ4林分(No.1, 2, 3, 5)とオキノヤマスギ2林分(No.6, 7)で調査した。

各調査木については、スギカミキリの加害によって樹幹に生じた患部を1mの高さ別に調べ、その形態と数とを記録した。また、樹高と胸高直径とを測定した。

樹皮形態の調査は、樹幹に対して樹皮の縦方向と横方向の剥離をそれぞれ「縦剥離」、「横剥離」と呼び、その有無を、また樹皮亀裂部の溝を「裂け目」と呼び、その深淺を記録した。

針葉型の調査は、樹冠下部から充実した前年葉を採取して、測定に供した。4~6本の針葉をつけた小枝を写真用引伸ばし機で約2倍に拡大して印画紙に焼き付けた。塚原¹⁷⁾の方法に従って、針葉長(OP)矢高(MN)、岐出角(∠A)および頂角(∠B)を測定して、わん曲度(100・MN/OP)とわん曲角度(∠B/∠A)を計算し、両者の積によってわん曲係数を算出した(図-2)。なお、わん曲係数は0に近いほど針葉が直線状に近く、また大きいほどわん曲していることを示す(図-3)。

アイソザイム分類型の調査は、各調査木の樹冠下部から前年葉を採取して、パーオキシダーゼのアイソザイムを分析した。アイソザイムの分析は不連続系緩衝液¹¹⁾を使用したデンツンゲル電気泳動法⁷⁾

によって行った。そして、試料挿入部から陽極側へ向かって2~7cmの距離に11~12本認められたアイソザイムバンドのパターンによってクローンを分類した。また、アイチスギ調査林では、地上50cm以上の樹幹に発生するいば状突起の有無とその最大発生高を記録した。

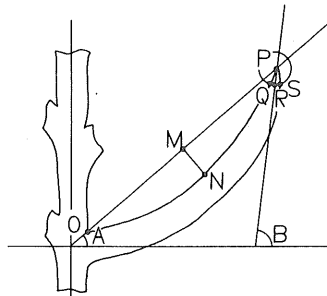


図-2 針葉わん曲係数の算出方法

$$\text{わん曲係数} = \frac{100 \text{ MN}}{\text{OP}} \times \frac{\angle B}{\angle A}$$

OM = 1/20 P, PQ = PR = PS = 1/100 P
QR = 1/2 QS

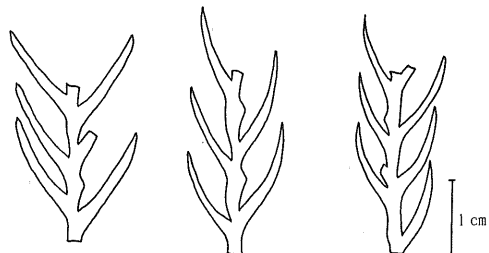


図-3 実生スギの針葉型

わん曲係数は左から4.5, 7.7, 11.0

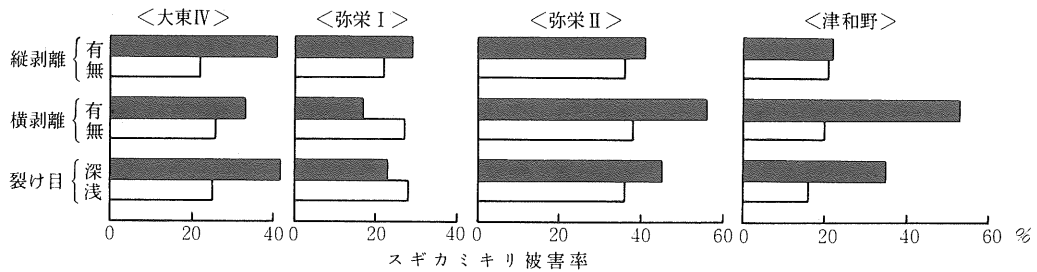


図-4 樹皮形態別のスギカミキリ被害

表-2 実生スギ調査林のスギカミキリ被害

調査林	被害率 (%)	被害木の平均患部数
<大東IV>	32	3.0*
<弥栄I>	26	2.2*
<弥栄II>	39	3.1*
<津和野>	21	3.0*

* 患部数が多く、計数不能のものあり。

III 調査結果

1. 樹皮形態とスギカミキリ被害

各調査林のスギカミキリ被害は表-2に示すように、被害本数率（以下「被害率」と記す）約20~40

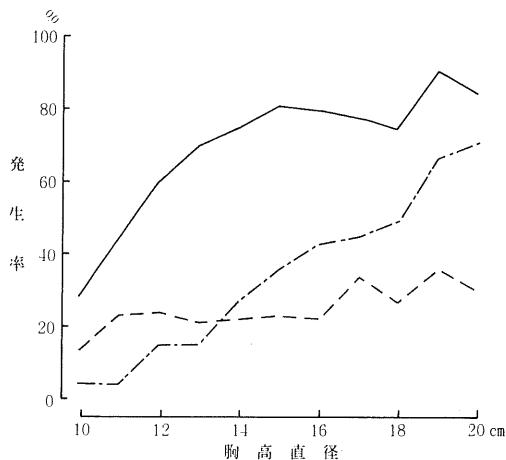


図-5 胸高直径と樹皮形態との関係

—— 縦剥離発生率 - - - 横剥離発生率
 - · - 裂け目深発生率

発生率は4調査林をこみにしたもの

％、被害木の平均患部数約2~3個であった。

樹皮形態別のスギカミキリ被害は図-4に示すように、<津和野>を除く3調査林では、縦剥離のあるものがないものに比べて被害率が約5~20%高かった。そして、<弥栄I>を除く3調査林では、横剥離のあるものがないものに比べて約10~35%、また裂け目の深いものが浅いものに比べて約10~20%被害率が高かった。

胸高直径と樹皮形態との関係は図-5に示すように、直径の大きいものは小さいものに比べて縦剥離のあるものと裂け目の深いものの本数率が高かった。しかし、横剥離の発生と直径の間には関係が認められなかった。

2. 針葉形態とスギカミキリ被害

針葉わん曲係数別の被害率は図-6に示すように、<大東IV>はわん曲係数6~10の被害率が、また<津和野>はわん曲係数12以上の被害率が高く、両調査林の被害程度が一致しなかった。

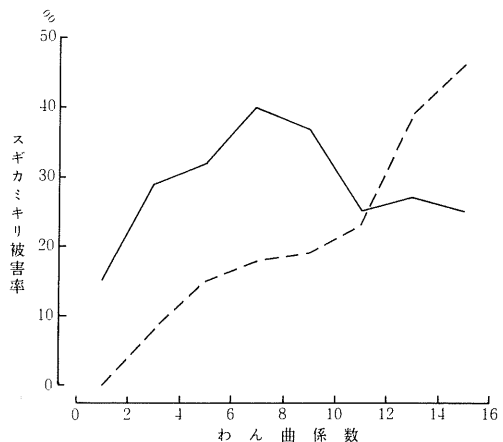


図-6 針葉わん曲係数別のスギカミキリ被害

—— <大東IV> - - - <津和野>

3. アイソザイムの分類型とスギカミキリ被害

1) アイチスギ

アイソザイムバンドのパターンによって、調査木のほとんどは4種のクローンに分類され、それらをAi-A, -B, -C, -Dと呼んだ(図-7)。なお、山田¹⁸⁾はアイチスギをアイソザイムや針葉形態などから5つの系統(I, II, III, IV, V)に分類したが、本調査のAi-A, -B, -Cはそれぞれ山田のII, I, IIIに相当すると考える。

Ai-AとAi-Bは全調査林で認められ、〈大東

I〉、〈大東II〉および〈加茂〉では両者が計70%以上を占めた。Ai-Cは各調査林で少数認められるか、あるいはまったく認められず、またAi-Dは〈大東III〉では約90%を占めたが、他の調査林では少数認められるか、あるいはまったく認められなかった。

スギカミキリの被害は表-3に示すように、Ai-Aは全調査林で、またAi-Dは調査本数の多い〈大東I〉と〈大東III〉で被害率が高く、かつ被害木の患部数も多かった。Ai-Cは調査本数の多い〈大東I〉で被害率が高かったが、被害木の患部数は少

表-3 アイチスギとオキノヤマスギのスギカミキリ被害

品 種	調査林	クローン	本数	被害率 (%)	被害木の平均患部数	
アイチ	〈大東I〉	Ai-A	28	61	4.6	
		Ai-B	76	16	2.3	
		Ai-C	17	59	2.0	
		Ai-D	17	47	4.8	
		その他	11	45	1.6	
	〈大東II〉	Ai-A	46	37	4.4*	
		Ai-B	26	12	1.0	
		Ai-C	1	0	-	
		Ai-X	14	7	1.0	
		その他	13	15	2.0	
	〈大東III〉	Ai-A	7	43	8.3*	
		Ai-B	15	0	-	
		Ai-D	156	34	4.4*	
		その他	2	0	-	
	〈加茂〉	Ai-A	53	62	7.5*	
Ai-B		12	0	-		
Ai-C		1	100	2.0		
Ai-D		1	100	8.0		
その他		1	100	3.0		
オキノヤマ	〈木次〉	Oki-A	121	11	2.8*	
		Oki-B	14	21	3.0	
		Oki-C	11	45	1.6	
		Oki-D	8	50	3.5	
		Oki-X	1	0	-	
		その他	44	27	2.8*	
		〈赤来〉	Oki-A	234	12	1.3
			Oki-X	2	0	-
その他	40		5	2.1		

* 患部数が多く、計数不能のものあり。

なかつた。一方、Ai-Bは被害をまったく認めないか、認めてもその程度は軽微であった。

樹幹のいぼ状突起は表-4に示すように、Ai-Aのほぼ全木に認め、また樹幹の高さ2m以上にまで発生していた。

なお、Ai-XのアイソザイムパターンはオキノヤマスギのOki-Aに一致した。

2) オキノヤマスギ

アイソザイムバンドのパターンによって4種のクローンに分類され、それぞれOki-A, -B, -C, -Dと呼んだが(図-7)、調査木の約60~80%がOki-Aに属し、他のクローンは〈木次〉で少数ずつ認められたに過ぎなかった。また、両調査林とも約40本の調査木はアイソザイムパターンが個々に異なっていた。なお、Oki-Aのアイソザイムパターンは「山本オキノヤマ」と通称される品種の原種採穂園での最多頻度パターン*に一致した。

スギカミキリ被害は表-3に示すように、Oki-Aに調査木が集中していることもあって、クローン間に被害程度の明確な差は認められなかった。

なお、Oki-XのアイソザイムパターンはアイチスギのAi-Aに一致し、また樹幹にいぼ状突起が多発していた。

IV 考 察

本研究では、スギカミキリの加害に対するスギの抵抗性判別を3方法によって試みた。すなわち、直接的方法として樹

* 福田英比古 私信(1983年8月)

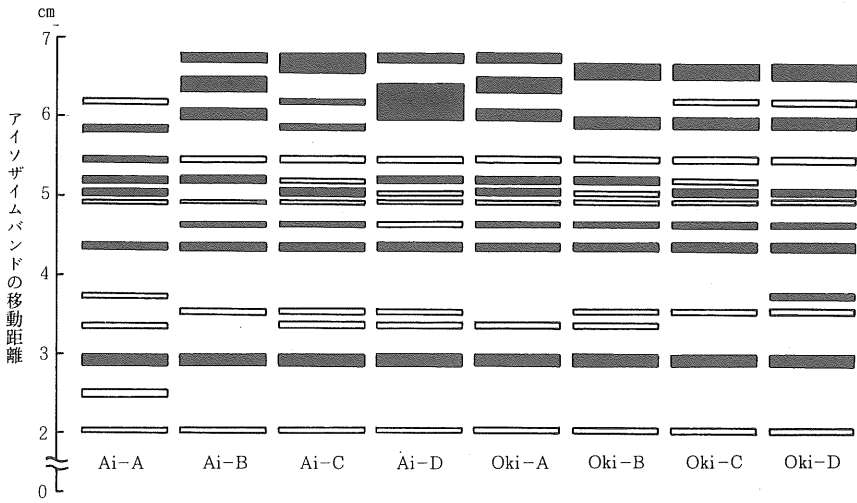


図-7 アイチスギとオキノヤマスギのパーオキシダーゼのアイソザイムパターン

濃度の高いアイソザイムバンド
 “ 低い ”

表-4 アイチスギのいば状突起の発生

調査林	クローン	発生率 (%)	平均最大発生高 (m)
<大東Ⅰ>	Ai-A	93	2.8
	Ai-B	33	1.5
	Ai-C	6	2.0
	Ai-D	0	-
	その他	8	2.0
<大東Ⅱ>	Ai-A	96	2.6
	Ai-B	4	2.0
	Ai-C	0	-
	Ai-X	0	-
	その他	8	2.0
<大東Ⅲ>	Ai-A	100	2.0
	Ai-B	46	1.0
	Ai-D	4	1.4
	その他	50	1.0
	<加茂>	Ai-A	98
Ai-B		33	1.1
Ai-C		0	-
Ai-D		0	-
その他		0	-

皮形態による判別を検討し、また間接的方法として、形態的形質である針葉型による判別と、クローン同

定に有効なことが知られるアイソザイムパターン^{9, 10)}による判別を検討した。

従来、樹皮の粗なものは密なものに比べて、スギカミキリ被害を生じやすいと報告されている⁴⁾が、この点を調査する際に、樹皮形態を客観的に判定する必要がある。筆者らはその試みとして、樹皮の縦剥離、横剥離および裂け目に注目し、その有無・深淺とスギカミキリ被害との関係を検討した。その結果、縦・横剥離のあるものはないものに比べて、また裂け目の深いものは浅いものに比べて被害率が高い傾向が認められた。しかし、その差は顕著でなかった。これはスギの抵抗性・感受性に樹皮形態だけでなく、その他の要因も関与しているためと考える。また、肥大生長の良好なものは樹皮が粗い傾向が認められ、樹皮形態には生長の良否も関与していると考えられる。

スギの針葉型による抵抗性の判別について、古川⁹⁾は寒害で、野原ら¹²⁾は雪害で、また遠田ら¹⁵⁾は枝枯性病害で、それぞれ有効な手段になり得ると報告した。本研究では、2調査林で針葉型とスギカミキリ被害との関係を検討したが、両者の間に明確な関係を認めることはできなかった。

前田ら⁸⁾と徳本¹⁶⁾はアイチスギを針葉型、樹皮形態や樹幹のいば状突起などからいくつかの系統に分類し、いば状突起の多発する系統はスギカミキリ被害を受けやすいと報告した。一方、山田¹⁸⁾はアイソザイムや針葉形態などによって5系統に分類し、いば状突起の多い系統はスギカミキリ被害を受けやす

いが、いぼ状突起が少なくても被害を受けやすい系統のあることを指摘した。筆者らはアイソザイムパターンによって4種のクローンに分類したが、スギカミキリ被害の程度といぼ状突起の発生の特徴は山田の報告と一致した。すなわち、Ai-A(山のⅡ)は被害、いぼ状突起ともに多発していたが、Ai-B(山田のⅠ)は被害、いぼ状突起ともに少なかった。一方、Ai-C(山田のⅢ)とAi-Dはいぼ状突起の発生は少なかったが、スギカミキリ被害を受けやすかった。このように、アイチスギはスギカミキリ被害の程度と樹幹のいぼ状突起の発生の特徴がクローンによって著しく異なることが注目される。

オキノヤマスギをアイソザイムパターンによって分類した報告は見当たらないが、本調査の結果、いくつかのクローンに分類することができた。しかし、調査木の大半は Oki-A に属し、他のクローンは少数であり、クローン間にスギカミキリ被害の明確な差は認められなかった。

以上、スギカミキリの加害に対するスギの抵抗性を判別するために3方法を検討したが、樹皮形態や針葉型は有効な判別法とはなり得なかった。しかし、アイチスギについては、アイソザイムパターンによるクローン分類は抵抗性の判別にもなった。

引用文献

- 1) 福島 勉・井上二郎・周藤靖雄：スギの樹皮形態とスギカミキリ被害との関係。日林関西支講33：266～268，1982
- 2) ————：アイチスギとオキノヤマスギのアイソザイムによる分類型別のスギカミキリ被害。95回日林論：327～328，1984
- 3) 古川 忠：木本作物の育種——早期検定法の開発と利用——。139～147，林業試験場，1973
- 4) 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。35～36，開西地区林試協保護部会，1971
- 5) 井上二郎：各種処理をしたスギへのスギカミキリ幼虫植え付け試験。94回日林論：497～498，1983
- 6) 小林一三：スギのヤニ分泌とスギカミキリの寄生。日林関西支講32：272～275，1982
- 7) 九州林木育種場：パーオキシダゼザイモグラム実験方法書。九州林育年報5：282～291，1976
- 8) 前田千秋・片山竜夫：愛知スギについて(第1報)愛知スギの系統と2・3の特性について。日林関西支講15：24～26，1965
- 9) 宮崎安貞・酒井寛一：パーオキシダゼ・アイソザイムによるスギ・クローン品種のかん定(英文)。日林誌51：235～239，1969
- 10) ————：スギさし木地帯の再選抜対象集団の特性に関する研究。127～140，九大，1979
- 11) 西村慶二・金光隆義・白石 進：パーオキシダゼアイソザイムの検出方法の検討(1)デンブングル電気泳動法による検出。日林九支研論32：183～184，1979
- 12) 野原勇太・大河原博衛・児玉武男・青山安蔵：スギの耐雪性品種(第1報)スギの葉型ならびに樹型と冠雪量について。林試研報161：73～104，1963
- 13) 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。93回日林論：381～382，1982
- 14) ————：スギカミキリ幼虫の加害とスギの状態。森林防疫32：8～11，1983
- 15) 遠田 武・井沼正之：豪雪地帯におけるスギ針葉形態と枝枯性病害との関係について。日林東北支誌35：82～84，1983
- 16) 徳本 康：スギのハチカミについて。日林関西支講19：166～168，1968
- 17) 塚原初男：スギの栄養系ニンジンバに関する造林学的研究。九大演報37：1～84，1964
- 18) 山田栄一：スギカミキリの生態・被害実態と防除の問題点。林業と薬剤69：6～14，1979

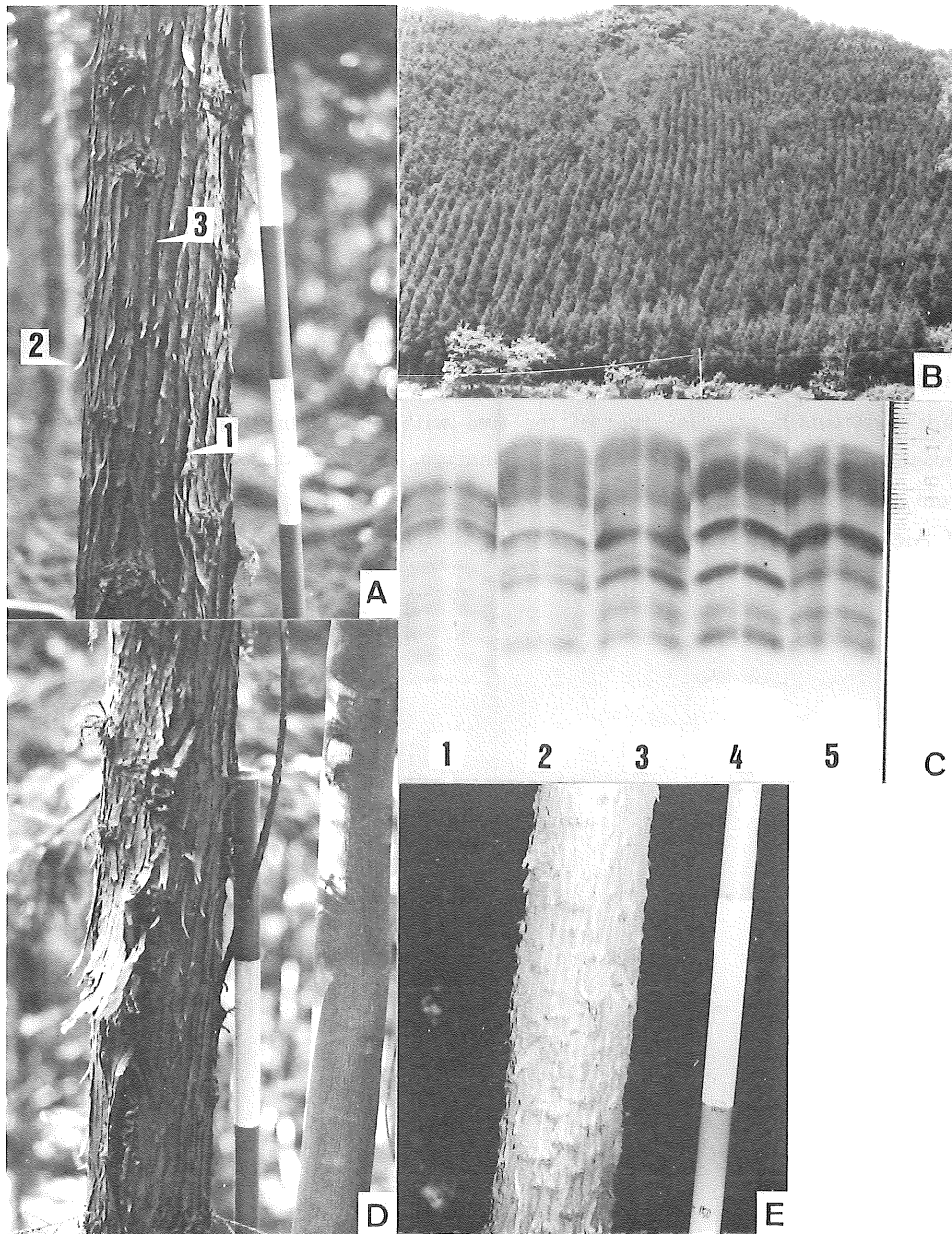
Studies on Methods of Distinguishing Resistance to
Cryptomeria bark borer (*Semanotus japonicus*)
in *Cryptomeria japonica*

Tsutomu FUKUSHIMA, Jiro INOUE,
Ysuo SUTO & Hiroki KANAMORI

Summary

Bark traits, needle types and isozyme patterns were tested for distinguishing resistance to *Cryptomeria* bark borer at the damage stands. The damage of the tree with rough bark trait was larger than that of the tree with smooth bark trait. No relation was recognized between needle types and the damage. While Aichi-sugi and Okinoyama-sugi were grouped into some clones by peroxidase isozyme patterns, and four isozyme patterns of Aichi-sugi distinguished the difference of the resistance.

写 真



A. 実生スギの樹皮形態

1：縦剥離，2：横剥離，3：裂け目

B. アイチスギ調査林（大原郡大東町小河内）

C. アイチスギとオキノヤマスギのパーオキシダーゼのアイソザイムパターン。

1：Ai-A，2：Ai-B，3：Ai-C

4：Ai-D，5：Oki-A

D. スギカミキリの加害によって生じた患部

E. アイチスギ Ai-Aの樹幹に生じたいぼ状突起

論文 島根県の緑化樹木苗畑における病害実態調査

周 藤 靖 雄

Researches on Ornamental seedling diseases in Shimane Prefecture
Yasuo SUTO

要 旨

1974 ~ 1979 年、島根県の主として東部の 37 緑化樹木苗畑で病害実態調査を行った。59 樹種に 70 病害の発生を認め、葉枯性病害、胴枯・枝枯性病害およびうどん粉病が多発した。各病害について病名、病原菌、発生ひん度および被害程度を明らかにした。

I はじめに

筆者は 1972 ~ 1973 年、島根県下の主として公園内の緑化樹木の病害について、その実態を調査した(7, 8, 9)。ひき続き 1974 ~ 1979 年の 6 年間、県下の苗畑の緑化樹木苗木の病害について、その実態を調査した。結果は調査の都度苗畑経営者に防除の参考資料として報告したが、本稿ではその結果をまとめて報告する。

本調査を行うに当たり御指導いただいた農林水産省林業試験場樹病研究室長小林享夫博士、トネリコバノカエデうどん粉病菌を同定していただいた新潟大学名誉教授天野幸治博士、胴枯・枝枯を起こす *Fusarium* 属菌を同定していただいた信州大学繊維学部教授松尾卓見博士に深謝する。

II 調査結果

調査は島根県の主として東部の 11 市町村、37 苗畑で行った(表-1, 図-1)。これらの多くは市町村森林組合直営または委託経営の苗畑である。7 月下旬 ~ 11 月上旬、1 苗畑について原則として時期または年を異にして 2 回以上調査した。各調査苗畑で、発生した病害とその病害程度を記録した。標本を採集して持ち帰り、病徴と標徴を観察し、また徒手切片法によって病原菌を検鏡して、病名と病原菌名を判定した。

III 調査結果

本調査で病害発生を確認した樹種数は針葉樹 3 種、常緑広葉樹 20 種、落葉広葉樹 36 種、計 59 種であった。本調査で判定した病害を便宜上その加害部位または

表-1 調査苗畑

市 町 村	調査苗畑数	調査回数
1 松江市	1	3
2 宍道町	4	1 ~ 2
3 八束町	3	1 ~ 2
4 仁多町	7	1 ~ 4
5 横田町	3	1
6 大東町	6	2
7 三刀屋町	2	1
8 吉田村	4	1 ~ 2
9 掛合町	1	1
10 佐田町	1	1
11 美都町	5	2
計	37	—

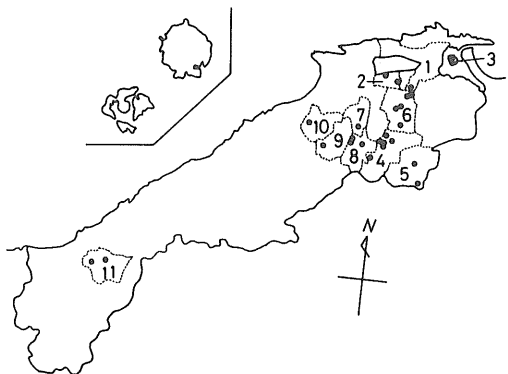


図-1 調査苗畑

※被害苗畑 (1 点が複数の苗畑を含む場合あり)
数字は市町村No. (表-1 を参照)

表-2 調査した病害数

病害の種類	樹種数	病害数
土壌病害	2	2
葉枯性病害	35	31
たんそ病	6	2
黒紋病	3	2
うどん粉病	12	11
すす病	2	2
さび病	4	4
胴枯・枝枯性病害	13	10
てんぐ巢病	1	1
てうやく病	2	1
ウイルス病と考えられる病害	4	4
計		70

同一病名でも病原菌の異なるものは別病害とした。

病原体の種類によって11に分け、その種類別に樹種・病害数をみると、葉枯性病害、うどん粉病および胴枯・枝枯性病害が多数であった(表-2)。以下、病害の種類別に各病害の発生ひん度、被害程度などをまとめる。

1. 土壌病害

イチョウクもの巢病 (*Thanatephorus cucumeris*) が2苗畑で発生して、針葉が腐敗落葉した(写真-1)。1苗畑ではほとんどの苗木が侵されたが、水田跡地であるための土壌の過湿が発病を促進したと考える。他の1苗畑(普通畑)での発生は軽微であった。なお、本発生記録によって、本病がイチョウの新病害になった¹³⁾。ソメイヨシノ根頭がんしゅ病 (*Agrobacterium tumefaciens*) が1苗畑で発生した。苗木地際部の土壌を掘ると、根株に大形のがんしゅの形成が認められた(写真-2)。

2. 葉枯性病害(表-3)

発生が認められた31病害のうち、11病害が *Cercospora* 属菌による斑点性葉枯病であった。

ポプラ(イタリアポプラ)マルゾニナ落葉病は6苗畑で激甚な早期落葉の被害を与えた。環紋葉枯病はフウ、エノキ、トウカエデ(写真-9)、トネリコバノカエデおよびサルスベリの5樹種で発生し、エノキ2苗畑とサルスベリ1苗畑では激甚な早期落葉の被害を与えた。なお、本病被害の詳細については既報した^{10, 12)}。ペスタロチア病はイチョウ、ヤブツバキ、シャクナゲおよびトウカエデ(写真-10)

の4樹種で発生したが、被害程度は軽微~中庸であった。少数件ではあるが被害程度が激甚であった病害はつぎのものである。クロマツ葉ふるい病、ビャクシンこずえ葉枯病(写真-3)、タチバナモドキ褐斑病、ヒラドツツジ褐斑病、ネズミモチ斑紋病(写真-4)、キョウチクトウ雲紋病(写真-5)、ポプラの *Ascochyta* 属菌による葉枯(写真-7)、ケヤキ白星病、ボケ斑点病、ボケ褐斑病、レンギョウ褐斑病(写真-11)およびライラック褐斑病。いずれの病害も葉に汚病斑を生じ、ケヤキ白星病を除いて病葉が早期に落下した。

ビャクシンこずえ葉枯病は沢田⁶⁾が病原菌を新種として記載して以来発生¹¹⁾の報告がない。ヤブツバキ輪紋葉枯病¹¹⁾、環紋葉枯病^{10, 12)}、トチノキ褐斑病²⁾、レンギョウ褐斑病⁴⁾およびライラック褐斑病³⁾は1975年以降新病害として報告されたものである。既法がないものが3病害発生した。

3. 炭そ病(表-4)

アジサイ類炭そ病は4苗畑で発生したが、他はいずれも1苗畑で発生したに過ぎなかった。また、被害程度はいずれも軽微~中庸であった。

キンモクセイ炭そ病は小林(1976)⁵⁾の報告したものに病・標徴が一致した。

4. 黒紋病

モチノキ・ソヨゴ黒紋病 (*Rhytisma ilicis-latifoliae*)、ヤマモミジ黒紋病 (*R. acerinum*) とも、山引き苗で発生した。いずれも1~2苗畑で発生したに過ぎず、また被害程度は軽微~中庸であった。

5. うどん粉病(表-6)

シラカシ(紫かび病)、サルスベリ、ヤマボウシ・アメリカヤマボラシ(写真-13)ではそれぞれ数苗畑で発生したが、シラカシではいずれの苗畑とも軽微、サルスベリでは多様、ヤマボウシ・アメリカヤマボウシでは中庸~激甚であった。少数件ではあるが被害程度が激甚であった病害はつぎの樹種のものである。ウバメガシ、シンジュ(写真-12)、ヤマモミジ(写真-15)、トネリコバノカエデ。

Phyllactinia corylea によるシンジュうどん粉病は小河・小林(1977)¹⁾によってわが国の新病害として報告されたものである。なお、小河・小林と同様に筆者も子のう果中に完全な子のうを観察することができなかった。トネリコバノカエデうどん粉病菌については、天野幸治博士に *Sawadaea negundinis*

表-3 葉枯性病害

樹種	病名(病原菌)	被害苗畑数 (調査回数)	被害程度
〔針葉樹〕			
イチョウ	ペスタロチア病 (<i>Pestalotia</i> sp.) **	1(2)	+
クロマツ	葉ふるい病 (<i>Lophodermium pinastri</i>)	3(3)	+~++++
ビャクシン	こずえ葉枯病 (<i>Halbania juniperi</i>) (写真-3)	1(1)	+++
〔常緑広葉樹〕			
ナンテン	紅紋病 (<i>Cercospora nandinae</i>)	2(2)	+
カナメモチ	褐斑病 (<i>Cercospora photiniae</i>)	2(2)	+
ジャリンバイ	ごま色斑点病 (<i>Entomosporium mespili</i>)	1(1)	++
タチバナモドキ	褐斑病 (<i>Cercospora pyracanthae</i>)	1(1)	+++
ヤブツバキ	輪紋葉枯病 (所属未詳)	1(1)	+
	ペスタロチア病 (<i>Pestalotia guepini</i>)	1(1)	+
ヒラドツツジ	褐斑病 (<i>Septoria azaleae</i>)	1(3)	+~++++
サツキ	黄斑病 (<i>Cercospora handelii</i>)	1(1)	+
シャクナゲ	ペスタロチア病 (<i>Pestalotia</i> sp.) **	1(1)	++
ネズミモチ・トウネズミモチ	斑紋病 (<i>Cercospora ligustri</i>) (写真-4)	5(6)	+~++++
キョウチクトウ	雲紋病 (<i>Cercospora kurimaensis</i>) (写真-5)	1(1)	+++
〔落葉広葉樹〕			
フウ	環紋葉枯病 (<i>Cristulariella moricola</i>)	1(1)	+
ボブ	マルヅニナ落葉病 (<i>Marssonina brunnea</i>)	6(6)	+++
	(<i>Ascochyta</i> sp.) * (写真-7)	2(3)	++~++++
シラカンバ	(<i>Cercospora</i> sp.) *	1(3)	++
ケヤキ	白星病 (<i>Septoria abeliceae</i>)	2(2)	+++
エノキ	環紋葉枯病 (<i>Cristulariella moricola</i>)	2(2)	+++
ユリノキ	斑点細菌病 (所属未詳)	3(4)	+
ソメイヨシノ・サトザクラ	せん孔褐斑病 (<i>Mycosphaerella ceraselle</i>)	4(7)	+~+++
ボケ	斑点病 (<i>Cercospora cydoniae</i>)	1(1)	+++
	褐斑病 (<i>Diplocarpon mali</i>)	1(1)	+++
エンジュ	(<i>Cercospora</i> sp.) * (写真-6)	1(3)	+
シンジュ	輪紋病 (<i>Ascochyta</i> sp.) (写真-8)	3(4)	+~+++
トウカエデ・トネリコバノカエデ	環紋葉枯病 (<i>Cristulariella moricola</i>) (写真-9)	4(4)	+~+++
トウカエデ	ペスタロチア病 (<i>Pestalotia</i> sp.) ** (写真-10)	2(2)	+
トチノキ	褐斑病 (<i>Cercospora aesculi</i>) (写真-12)	1(1)	+
ムクゲ	白星病 (<i>Septoria abei</i>)	1(1)	+
サルスベリ	環紋葉枯病 (<i>Cristulariella moricola</i>)	2(2)	+~++++
サンシュ・アメリカヤマボウシ	斑点病 (<i>Cercospora cornicola</i>)	2(2)	+~+++
レンギョウ	褐斑病 (<i>Cercospora forsythiae</i>) (写真-11)	1(2)	+++
ライラック	褐斑病 (<i>Cercospora lilacis</i>)	1(1)	+++

表-3~7の注

病名と病原菌名は「日本有用植物病名目録」による。

※ 新病害と考えるもの。

※※病原菌未調査。

被害程度 +: 軽微, ++: 中庸, +++: 激甚。

と同定していただいた。

6. すず病

サルスブリ（病原菌未詳）5 苗畑，エノキ（病原菌：*Caprodium salicinum*）（写真-16）3 苗畑で発生した。被害程度はいずれも多様であったが，激甚の場合があった。なお，サルスベリ発病木にはサルスベリフクロカイガラムシの，またエノキ発病木にはヒモワタカイガラムシの寄生を認めた。

7. さび病（表-6）

発生苗畑数はいずれの樹種とも少数であったが，シダレヤナギとキハダでは被害程度が激甚な場合があった。エンジュさび病（写真-16・17）の被害は軽微に留まり，葉裏に冬孢子堆がわずかに生じ枝に

小形のがんしゅが少数形成されたに過ぎなかった。しかし，陳野・林¹⁴⁾は茨城県の苗畑での本病発生について，最初はあまり目立つ被害ではなかったが年を経るにつれて急速にまん延したと報告している。

8. 胴枯・枝枯性病害（表-7）

カエデ類胴枯病（写真-23・24）は6 苗畑で発生し，激甚な場合もあった。被害には2 型あり，樹幹地際部・根株が侵され苗木全体が枯死する場合と，細枝が侵される場合とがあった。少数件ではあるが被害程度が激甚であった病害はつぎのものである。カシ類の *Phomopsis* 属菌による枝枯，ポプラ・ギグナルディア胴枯病（写真-21），スズカケノキの *Diplodia* 属菌による胴枯（写真-22），ネムノキの *Fusarium* 属菌による胴枯（写真-25・26）および

表-4 たんそ病

樹種	病名(病原菌)	被害苗畑数(調査回数)	被害程度
〔常緑広葉樹〕			
ヒイラギナンテン	<i>Glomerella cingulata</i>	1(2)	+~++
キンモクセイ	<i>Colletotrichum</i> sp.	1(1)	+
〔落葉広葉樹〕			
ハンテンボク	<i>Glomerella cingulata</i>	1(1)	++
セイヨウアジサイ・ガクアジサイ	"	4(6)	+~++
アオキ	"	1(1)	+

表-5 うどん粉病

樹種	病名(病原菌)	被害苗畑数(調査回数)	被害程度
〔常緑広葉樹〕			
ウバメガシ	**	1(1)	+++
シラカシ	(紫かび病) <i>Cystotheca wrightii</i>	5(7)	+
〔落葉広葉樹〕			
ケヤキ	<i>Uncinula zelkowae</i>	2(2)	+~++
エノキ	<i>Uncinula clintonii</i>	2(5)	+~++
モクレン	<i>Microsphaera</i> sp.	1(1)	++
シンジュ	<i>Phyllactinia corylea</i> (写真-14)	2(2)	+++
サルスベリ	<i>Uncinula austriana</i>	6(12)	+~+++
ヤマボウシ・アメリカヤマボウシ	<i>Microsphaera almi</i> (写真-13)	4(4)	++~+++
トネリコ	**	1(1)	++
ヤマモミジ	** (写真-15)	1(1)	+++
トネリコバノカエデ	<i>Sawadaea negundinis</i>	3(4)	+~+++

トウカエデの *Fusarium* 属菌による枝枯 (写真-27・28・29)。

ポプラ・ギグナルディア胴枯病は樹幹にき裂が生じ、ネムノキの *Fusarium* 属菌による胴枯では患部が溝状にかん没して樹幹が奇形を呈した。その他の病害では樹幹や枝の一部が枯死したが、スズカケノキの *Diplodia* 属菌による胴枯やカエデ胴枯病では苗木全体が枯死する場合もあった。

既報がないものが7病害発生した。*Fusarium* 属菌については松尾卓見博士に同定を依頼したが、ネムノキについては *F. roseum* 'Avenaceum' カエデ類については *F. lateritium* らしいとの回答があった。なお、ネムノキの *Fusarium* 属菌による病害としてはすでに苗木枯病 (*F. lateritium*) と枝枯病 (*F. splendens*) が知られているが、筆者が観察したものとは病原菌を異にする。

9. てんぐ巢病

ソメイヨシノてんぐ巢病 (*Taphrina wiesneri*)

(写真-30・31) が2苗木で発生した。うち1苗木では約50%の苗木が発病して激甚の様相を呈した。

10. こうやく病

灰色こうやく病 (*Septobasidium bogoriense*) がソメイヨシノ3苗木、ポプラ1苗木で発生したが、被害程度はいずれも軽微であった。

11. ウイルス病と考えられる病害

葉が黄化・著しくしわ状を呈して縮小し、また苗木の生長が不良になるウイルス病と考えられる症状を呈する病害が、コブシ (写真-32)、アメリカヤマボウシ、トネリコ (写真-33) およびアメリカオトネリコの4樹種に発生した。各樹種の場合とも1~2苗木で発生し、被害程度は軽微~中庸であった。

IV 考 察

本調査によって、島根県下の緑化樹木苗木で多樹種に多種の病害が発生していることがわかった。と

表-6 さび病

樹 種	病 名 (病原菌)	被害苗木数 (調査回数)	被害程度
〔落葉広葉樹〕			
ポ プ ラ	葉さび病 (<i>Melampsora larici-populina</i>)	3 (3)	+
シダレヤナギ	" **	2 (3)	+~+++
エ ン ジ ュ	さび病 (<i>Uromyces truncicola</i>) (写真-17・18)	2 (2)	+
キ ハ ダ	" (<i>Coleosporium phelodendri</i>)	1 (3)	++~+++

表-7 胴枯・枝枯性病害

樹 種	病 名 (病原菌)	被害苗木数 (調査回数)	被害程度
〔常緑広葉樹〕			
アラカシ・シラカシ	(<i>Phomopsis</i> sp.) *	2 (2)	++~+++
シ ラ カ シ	(<i>Coryneum</i> sp.) * (写真-19・20)	1 (1)	+
クロガネモチ	(<i>Macrophoma</i> sp.) *	1 (1)	++
サザンカ	(<i>Guignardia</i> sp.) *	1 (1)	+
〔落葉広葉樹〕			
ポ プ ラ	ギグナルディア胴枯病 (<i>Guignardia</i> sp.) (写真-21)	2 (3)	+++
スズカケノキ	(<i>Diplodia</i> sp.) * (写真-22)	1 (1)	+++
ソメイヨシノ・サトザクラ	さめ肌胴枯病 (<i>Botryosphaeria dothidea</i>)	2 (2)	+
ネ ム ノ キ	(<i>Fusarium</i> sp.) * (写真-25・26)	1 (2)	+++
ヤマモミジ・オオモミジ	胴枯病 (<i>Diaporthe</i> sp.) ** (写真-23・24)	6 (10)	+~+++
トウカエデ・トネリコバノカエデ	(<i>Fusarium</i> sp.) * (写真-27・28・29)	2 (2)	+~+++

くに葉枯性病害，うどん粉病および胴枯・枝枯性病害が多発しており，これらは育苗上とくに注視すべき種類の病害であると考え。

病害発生が緑化樹木苗木生産に及ぼす経済的損害を考察すると，まず苗木の一部・全体の枯死や美観を損じるために商品価値を失う場合があり，黒紋病，すす病，胴枯・枝枯性病害，こややく病，ウイルス病などがそれを代表する。一方，病害発生のために苗木の生長が劣り出荷までの期間が延長する場合があります。葉枯性病害，たんそ病，さび病などがそれを代表する。また，常緑樹の葉の病害，胴枯・枝枯性病害などでは，苗木での発病程度が軽微でも造園木として植栽された後激化することも考慮すべきである。

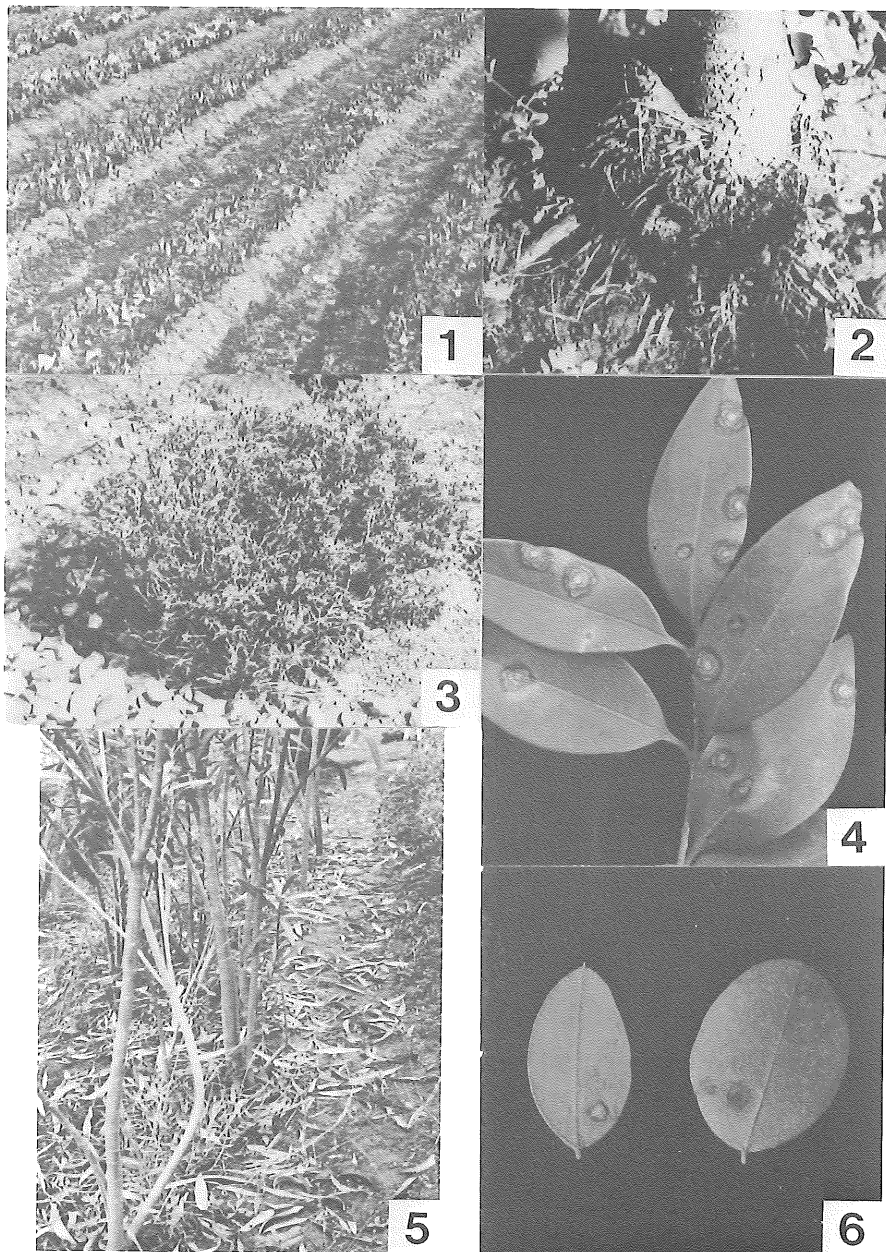
以下，いくつかの病害について，その発生の特徴をとくに既報^{7, 8, 9)}の造園木としての成木の場合と対比しながら考察したい。葉枯性病害は成木の場合と同様に苗木でも多種発生していた。*Cercospora* 属菌による斑点性葉枯病が多発したのも成木の場合と同様であり，本病原菌の重要性を再認識した。一方，環紋葉枯病の発生は苗畑でのみ発生し，激甚な場合があった。被害苗畑の内外には本病に侵されたノブドウ，クズなどが認められたことがあり¹⁰⁾，これらから緑化樹苗木に伝染した可能性が大きい。アジサイ炭そ病，シラカシ・エノキ・ヤマモミジ・サルスベリうどん粉病は成木の場合と同様に多発したときに激害を与えたので，苗畑・庭園時代ともに重要な病害と考える。胴枯・枝枯性病害とてんぐ巢病は幼齢木で激害が発生することを前報⁹⁾で指摘したが，本調査でこれらは苗木から重要な病害であることがわかった。

本調査で既報がない病害が葉枯性病害で3種，胴枯・枝枯性病害で7種認められた。これらについてはさらに新鮮な試料を採集して再調査し，病原菌の種名を明確にした上で，病名を付けて新病害として公表したい。

引用文献

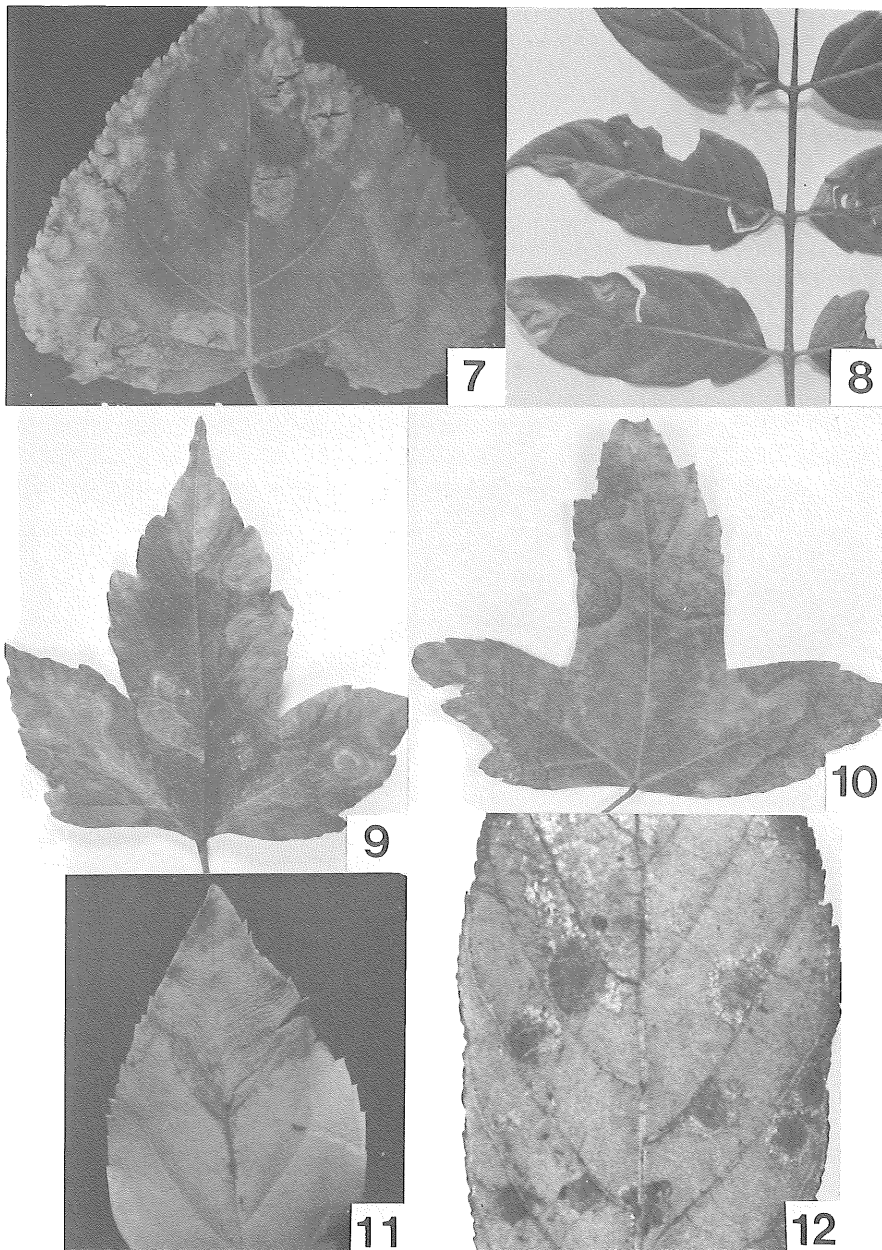
- 1) 小河誠司・小林享夫：福岡県における緑化樹の病害(続)。森林防疫 26：89～94，1977
- 2) Harada, Y. & Katsuki, S.: A new species of *Cercospora* on *Aesculus turbinata* Blume. Trans. mycol. Soc. Japan 17: 286～288, 1976
- 3) Katsuki, S. & Kobayashi, T.: Cercosporae of Japan and allied genera (Supplement 3). *Ibid.* 16: 1～15, 1975
- 4) —— & ——: Cercosporae of Japan and allied genera (Supplement 4). *Ibid.* 17: 272～280, 1976
- 5) 小林享夫・小林富士雄：緑化樹の病虫害(XVII)。林業と薬剤 55：12～17，1976
- 6) 沢田兼吉：東北地方に於ける針葉樹の菌類，II。スギ以外の針葉樹の菌類。林試研報 46：111～150
- 7) 周藤靖雄：島根県における緑化樹の病害(上)。森林防疫 23：44～48，1974
- 8) ——：同上(下)。同上 23：67～70，1974
- 9) ——：島根県における緑化樹木の病害実態調査。島根林試研報 25：39～72，1975
- 10) ——：広葉樹及びつる性植物の環紋葉枯病。植物防疫 30：497～500，1976
- 11) ——：ツバキ輪紋葉枯病。森林防疫 26：49～51，1977
- 12) ——：環紋葉枯病の新寄主，トウカエデおよびゼンマイ。島根病虫害研報 7：14～15，1979
- 13) 全国林業普及協会：林業技術シリーズ(スライド解説) 63：7，1976
- 14) 陳野好之・林 弘子：茨城県に発生したエンジュ苗のがんしゅ病(さび病)。森林防疫 26：171～174，1977

写真一 1～6



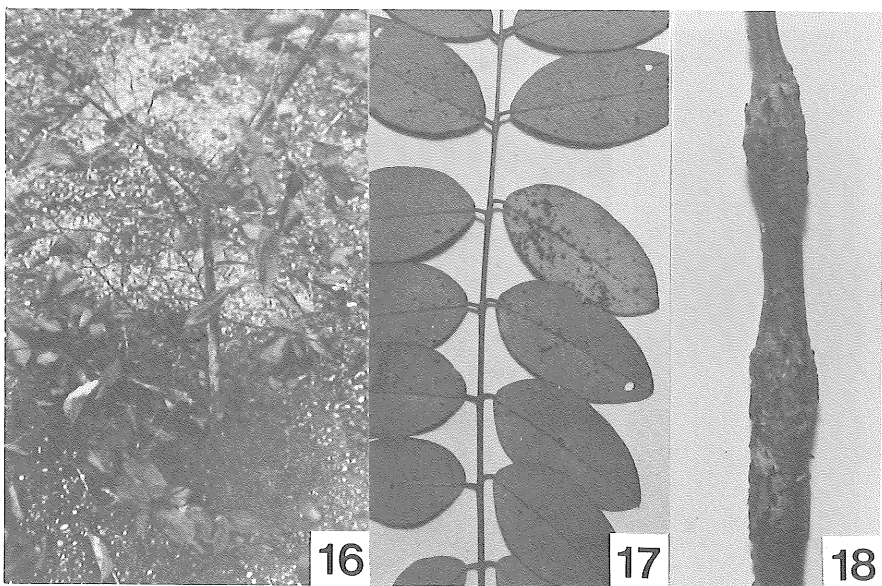
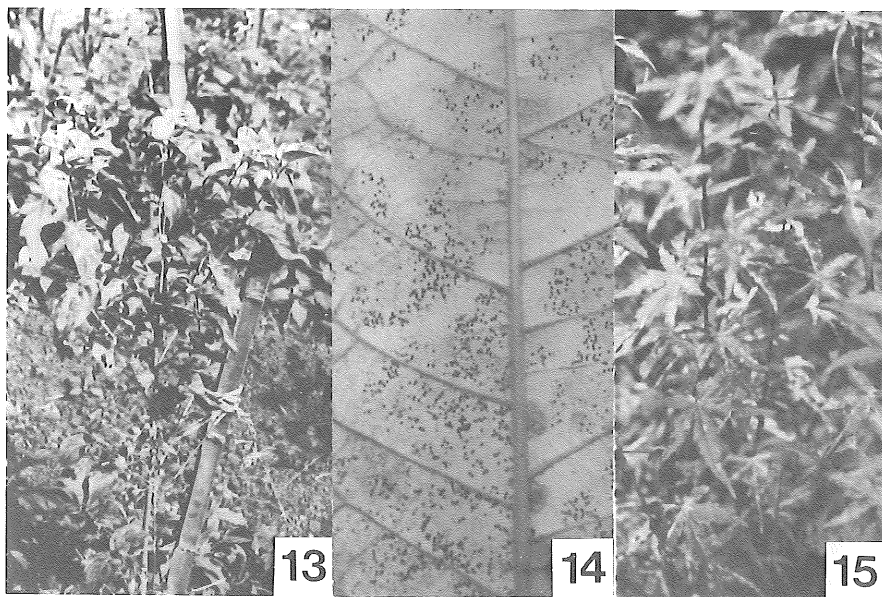
- 1 : イチョウくもの巢病－激害苗畑
- 2 : ソメイヨシノ根頭がんしゅ病－地際部患部
- 3 : ビャクシン (タマイブキ) こずえ葉枯病－激害苗木
- 4 : ネズミモチ斑紋病－病斑
- 5 : キョウチクトウ雲紋病－病葉の落葉
- 6 : エンジュ *Cercospora* sp. による葉枯－病斑

写真一 7～12



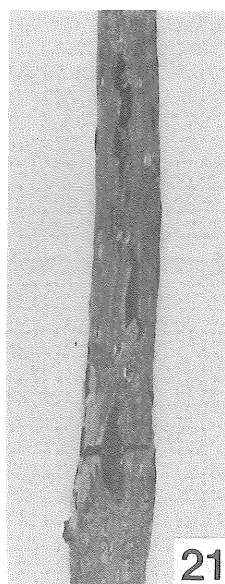
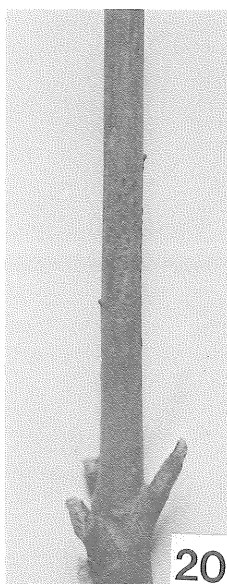
- 7 : ポプラ *Ascochyta* sp. による葉枯-病斑
- 8 : シンジュ輪紋病-病斑
- 9 : トウカエデ環紋葉枯病-病斑
- 10 : トウカエデ・ペスタロチア病-病斑
- 11 : レンギョウ褐斑病-病斑
- 12 : トチノキ褐斑病-病斑 (白色粉状物=分生孢子)

写真一 13 ~ 18



- 13：ヤマボウシうどん粉病-病苗木
- 14：シンジュうどん粉病-白色菌体上の子のう殻
- 15：ヤマモミジうどん粉病-病苗木
- 16：エノキすす病-病苗木
- 17：エンジュさび病-葉裏上冬孢子堆
- 18：同上-がんしゅが生じた枝

写真一 19～23



19：シラカシ *Coryneum* sp. による胴枯-病苗木（矢印は患部）

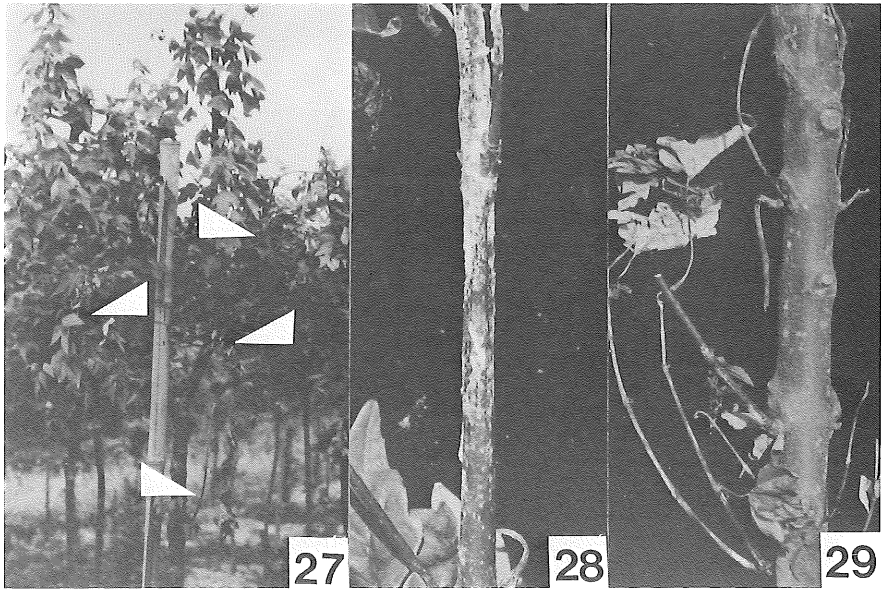
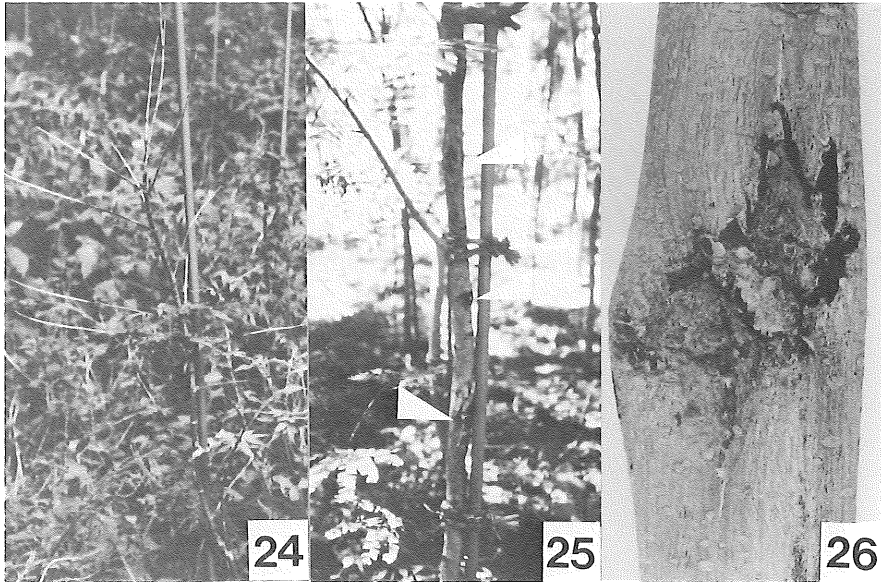
20：同上-患部

21：ポプラ・ギグナルディア胴枯病-患部

22：スズカケノキ *Diplodia* sp. による胴枯-患部

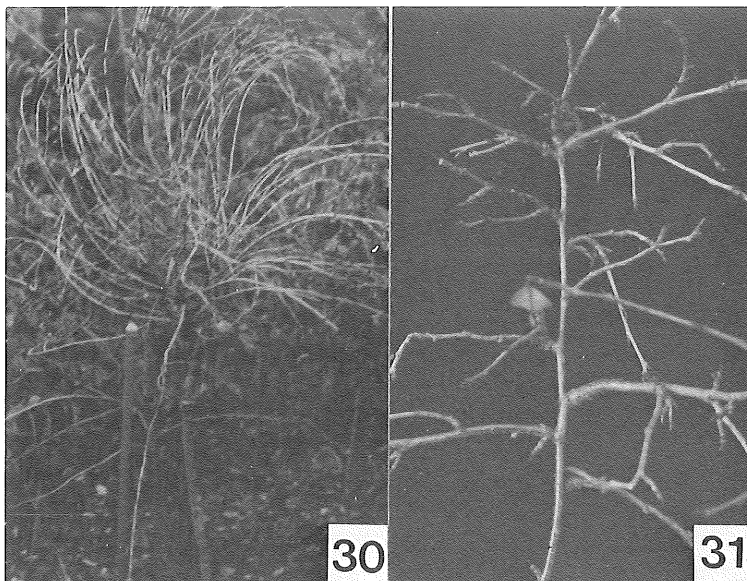
23：ヤマモミジ胴枯病-被害苗木（地際部発病→枯死）

写真— 24 ~ 29



- 24：ヤマモミジ胴枯病－病苗木（枝先端枯死）
25：ネムノキ *Fusarium* sp. による胴枯－病苗木（矢印は患部）
26：同上－患部（黒色物＝子のう殻）
27：トウカエデ *Fusarium* sp. による枝枯－病苗木（矢印は患部）
28：同上－患部（白色物＝分生子堆）
29：同上－患部（細枝の枯死）

写真一 30 ~ 33



- 30：ソメイヨシノてんぐ巣病-病苗木
- 31：同上一病枝
- 32：コブシ・ウイルス病（?）-患部
- 33：トネリコ・ウイルス病（?）-患部

論文

構造用製材の強度性能 (II)

— ヒノキ正角材の曲げ強度 —

錦織 勇・勝部 理市・安井 昭

On the Strength Properties of Structural Lumber (II)
— The Bending Strength of Sawn Hinoki Squares —

Isamu NISHIKŌRI, Riichi KATSUBE and Akira YASUI

要 旨

1. ヒノキ正角材を供試材として、非破壊による生材時の曲げヤング係数の測定と気乾後の曲げ破壊試験を行ない、強度性能を検討した。
2. 生材時の全スパンに対する曲げヤング係数 (EL_g) は、 99.4×10^3 kg/cm²で、モーメント一定区間の曲げヤング係数 (EL_g) は、 105.9×10^3 kg/cm²であった。
3. 気乾材時の全スパンに対する曲げヤング係数 (EL_d) は、 103.2×10^3 kg/cm²、モーメント一定区間の曲げヤング係数 (EL_d) は、 103.5×10^3 kg/cm²であった。
4. 曲げ破壊係数の平均値は、486 kg/cm²で建築基準法施行令の材料強度基準値を十分満足するものであった。
5. 生材時の曲げヤング係数と気乾材時の曲げ破壊係数との相関係数は、0.567 でやや低いながらも正の相関が認められた。

I はじめに

前報¹⁾の「構造用製材の強度性能 (I) — スギ正角材の曲げ強度 —」にひきつづき、ヒノキ正角材について同様の試験を行った。

なお、この試験は、昭和56年～58年度の林野庁助成研究であるメニュー課題「構造用製材の強度等級区分に関する研究」として行ったものである。

II 試験方法

1. 供試用製材品

県東部 (出雲市) の木材市場から一般的な県産ヒノキ材 (径級が 14.0 ~ 18.0 cm の 3 m 材) 111 本を入手し、当所で 10.5 cm の心持正角材にひき材して JAS 規格に準じて節、丸身による品等区分をし、以下の試験供試材とした。

なお、ひき材した素材の外観的性状は表-1 に示した。

2. 生材時における実大材の曲げヤング係数の分布調査

曲げヤング係数の測定は、前報¹⁾と同様にスパンは 270 cm、荷重は 3 等分点 2 点荷重方式により、分銅を載荷 (10 kg × 4 回) する方法で行った。

そして、全スパンに対する曲げヤング係数 (EL) と中央 1/3 区間の曲げヤング係数 (EL) をヨーク方式 (ヨークスパン 50 cm) でそれぞれ求めた。

3. 生材時から気乾材時に移る過程での寸法、曲げヤング係数の測定

生材時の曲げヤング係数を測定した供試木 111 本から各等級が含まれるように考慮して 50 本を抽出し、生材時の曲げヤング係数の測定と同一方法で 7 回生材から気乾状態に達するまでの曲げヤング係数を経時的に調査を行った。

4. 外観的性状調査

抽出した供試材について、次の項目を調査した。

1) 平均年輪幅

樹心から最遠の材面間に含まれる完全年輪 (W₁) と樹心から辺の長さの 1/4 を除いた部分に含まれる完全年輪 (W₂) とを両木口面で測定を行い、その平均値をとった。

2) 節径比

中央 $\frac{1}{2}$ 区間と全区間に分け、それぞれ最大節径比と集中節径比を JAS 規格に準じて測定を行った。

3) 繊維傾斜

中央 $\frac{1}{2}$ 区間での繊維傾斜を引掻器具を用い測定を行った。

5. 実大材の曲げ破壊試験

供試材が気乾状態に達した時点で、3等分点2点荷重方式による実大材の曲げ破壊試験を行った。

そして、全スパンに対する曲げヤング係数 (EL) と中央 $\frac{1}{2}$ 区間における曲げヤング係数 (E1)、比例限度力度及び破壊係数を測定した。

なお、全スパンは 270 cm、ヨークのスパンは 50cm、試験機は、万能木材強度試験機 (円井製作所 10 t 電子自動平衡型) を使用した。

6. 無欠点小試験体の曲げ解析試験

実大材の曲げ破壊試験を行った試験体の非破壊部分から、無欠点試験体 (2.5×2.5×40 cm) を採取し、JAS 規格に準拠した曲げ破壊試験 (スパン 35 cm) を行った。

III 結果と考察

1. 生材における曲げヤング係数

供試材の生材時における曲げヤング係数の節、丸身及び総合等級別の結果を表-2 に示した。

供試材を節によって等級区分すると、特等が 51.4%、1等が 45.9%、2等が 2.7% の出現で大部分が特等材と 1等材の格付けとなった。

曲げヤング係数を等級間で比較すると、等級間の調査数に差があるが、曲げヤング係数 EL (全スバ

表-1 供試木の外観的特性

	径 級 (cm)	細り率 (%)	真円率 (%)	曲 り (%)	心材率 (%)	平均年輪幅 (mm)	偏心率 (%)
\bar{x}	16.0	82.3	94.6	11.6	46.55	3.34	3.97
S・D	1.22	6.57	3.98	9.38	9.44	0.84	2.49
max	13.2	59.3	82.4	0	22.2	1.7	0
min	19.0	94.8	100.0	34.4	72.6	5.2	12.6
C・V	7.7	8.0	4.2	81.2	20.3	25.1	62.8

表-2 等級別の曲げヤング係数

		節			丸 身			総 合 等 級			全 数 の平均
		特等	1 等	2 等	特等	1 等	2 等	特等	1 等	2 等	
出 現 数	本 数	57	51	3	59	41	11	27	67	17	111
	出現率	51.4	45.9	2.7	53.2	36.9	9.9	24.3	60.4	15.3	100
EL	\bar{x}	103.0	96.3	95.7	99.6	99.3	102.1	103.3	97.9	101.3	99.7
	S・D	11.23	12.73	6.98	12.92	12.22	9.01	11.75	12.80	9.72	12.26
E1	\bar{x}	109.6	102.0	97.5	106.4	103.3	111.9	112.9	102.1	108.7	105.8
	S・D	16.10	16.82	4.80	19.39	12.31	14.01	20.19	14.96	13.07	16.65

\bar{x} : 平均値 S・D: 標準偏差 EL: 全スパン (270cm) の曲げヤング係数

E1: 中央 $\frac{1}{2}$ 区間 (ヨークのスパン50cm) の曲げヤング係数

ンの曲げヤング係数)は、特等が $103.0 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ 、1等が $96.3 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ 、2等が $95.7 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ で等級に対応した EL であった。

また、曲げヤング係数 EI (中央1/2区間の曲げヤング係数)も同様の傾向で品等区分に対応した EI であった。

丸身における等級では、特等が 53.2%、1等が 36.9%、2等が 9.9% の出現率であった。

また、総合等級は、1等が一番出現率が高く 60.4% で、ついで特等が 24.3%、2等が 15.3% の順であった。

一方、EL、EI は丸身における等級で特等と1等が同程度の値で、2等材が一番大きい値であった。また、総合等級では、特等と2等が同程度の値で、1等が一番小さい値となり、丸身、総合等級とともに

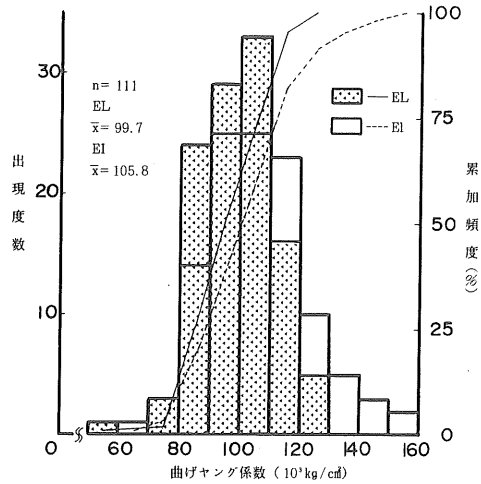


図-1 曲げヤング係数の出現度数と出現頻度

表-3 生材時・気乾時の曲げ剛性試験結果

	生 材 時		気 乾 時		Eld / Elg	ELd / ELg	ELd·Id / ELg·Ig
	Elg (10^3 kg/cm^2)	ELg (10^3 kg/cm^2)	Eld (10^3 kg/cm^2)	ELd (10^3 kg/cm^2)			
特 等	110.9	102.2	107.7	105.7	0.97	1.03	1.00
S · D	19.34	11.69	17.04	10.48	0.074	0.044	0.03
一 等	100.0	97.1	98.8	100.9	0.98	1.04	1.01
S · D	12.48	9.86	12.26	9.19	0.102	0.035	0.03
二 等	114.8	101.2	110.2	105.6	0.97	1.04	1.02
S · D	14.86	10.07	11.83	11.43	0.109	0.027	0.04
全 数	105.9	99.4	103.5	103.2	0.98	1.04	1.01
S · D	16.28	10.58	14.50	10.05	0.094	0.037	0.03

に等級区分に対応した結果とはならなかった。

なお、曲げヤング係数の出現度数、累加頻度は、図-1に示した。

2. 生材から気乾材に移る過程での曲げ剛性の変化

曲げ破壊試験用に抽出した50本の試験材の生材時と気乾材(含水率平均値 19.3%)時の曲げヤング係数(生材時 ELg 、 Elg 、気乾材時 ELd 、 Eld とする)とその比 ELd/ELg 、 Eld/Elg をまた、生材時と気乾材時の試験材の断面積 (I) をそれぞれ Ig 、 Id としたときの ELg 、 ELd との積の比 $ELd \cdot Id / ELg \cdot Ig$ を表-3に示した。

ELd/ELg の平均値は、生材時の含水率が低かっ

たので 1.04 で生材時の値よりわずかに 4% の増加しか認められなかった。また、 Eld/Elg の平均値は、0.98 で生材時の値とかわらなかった。

$ELd \cdot Id / ELg \cdot Ig$ の平均値は、1.01 で少ない含水率変化では、乾燥に伴う影響は認められなかった。

一方、等級別による生材時、気乾材時の曲げヤング係数は、調査本数に差があるが、特等と2等材が同程度の値で1等材が一番小さく、等級区分に対応した数値とはならなかった。

なお、抽出した50本の試験材の節、丸身による等級と本数は表-4に、生材時から乾燥する過程での曲げ剛性の変化を図-2に示した。

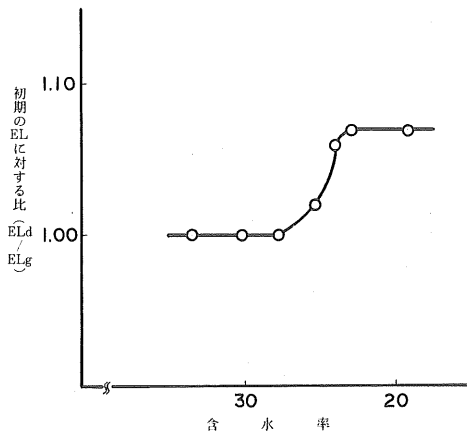


図-2 乾燥による曲げ剛性

3. 実大材の曲げ破壊試験

曲げ破壊試験材の外観的性状の結果を表-5に示した。

外観的性状の平均値は、比重が0.53、平均年輪幅 (W_1) が3.1 mm、全区間の最大節径比が25.9%で全区間の集中節径比は38.8%であった。

また、等級別の比較では、比重、平均年輪幅ともに等級間の差は少なかったが、集中節径比に差があった。

外観的性状の出現度数、累加頻度は図-3に示した。

曲げ破壊試験の結果は、表-6に示した。

曲げ性能の平均値は、曲げヤング係数 EL が $103.1 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ 、比例限度応力 σ_p が 338 kg/cm^2 、曲げ

表-4 供試材の等級区分と出現数

等級	節			丸身			総合等級		
	特等	1等	2等	特等	1等	2等	特等	1等	2等
出現数	24	24	2	32	12	6	16	26	8
出現率	48.0	48.0	4.00	64.0	24.0	12.0	32.0	52.0	16.0

表-5 等級別の外観的性状

		含水率		年輪幅(mm)		最大節径比(%)		集中節径比(%)		繊維傾斜 (mm)
		比重	(%)	W_1	W_2	中央 1/2区間	全区間	中央 1/2区間	全区間	
特等	\bar{x}	0.52	19.3	3.0	3.2	20.2	23.8	27.8	33.7	15.1
	S·D	0.027	1.25	0.48	0.71	4.06	3.07	6.63	5.13	7.85
一等	\bar{x}	0.54	19.3	3.1	3.1	23.1	26.6	38.0	39.2	14.8
	S·D	0.037	1.06	0.56	0.69	7.16	6.19	11.49	12.59	9.49
二等	\bar{x}	0.53	19.2	3.2	3.2	22.6	28.1	46.8	47.3	18.8
	S·D	0.041	0.80	0.92	1.31	6.63	7.95	20.21	17.82	8.24
全	\bar{x}	0.53	19.3	3.1	3.1	22.1	25.9	36.1	38.8	15.6
	S·D	0.035	1.24	0.59	0.80	6.26	5.82	13.28	12.42	8.74
数	max	0.61	23.0	5.2	6.2	36.2	38.1	80.0	80.0	41
	min	0.46	17.3	2.0	1.8	5.7	14.3	14.3	10.5	3
	C·V	6.60	6.43	19.26	25.84	28.33	22.47	36.79	32.01	56.03

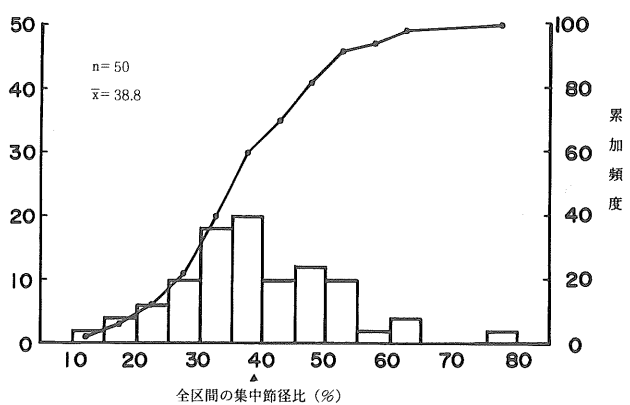
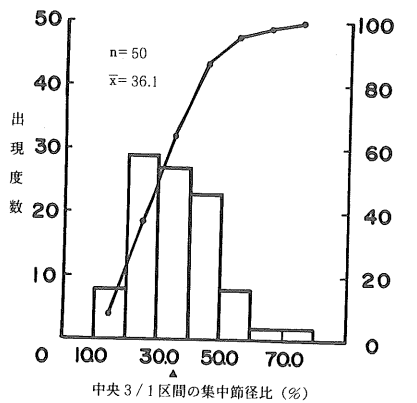
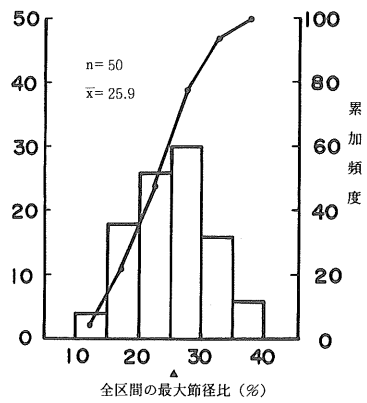
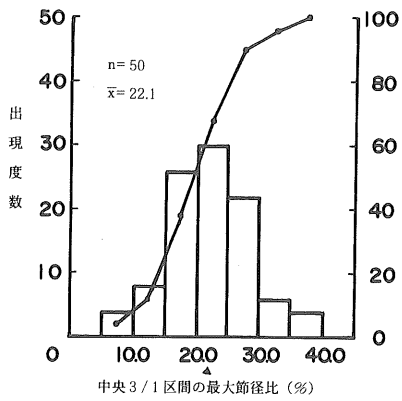
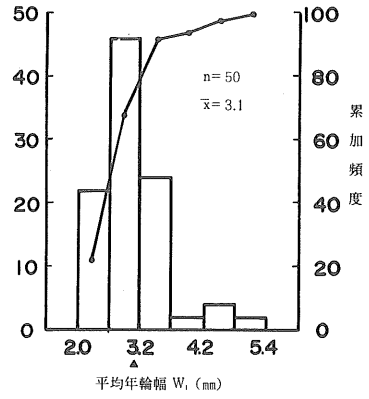
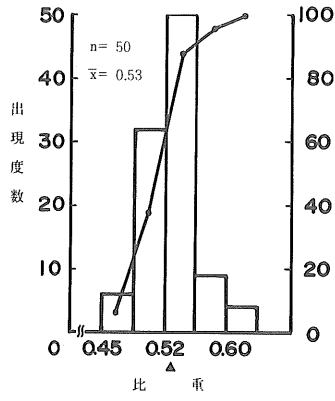


図-3 外觀的性状と出現度数, 累加頻度

破壊係数 σ_B が 486 kg / cm² であった。

曲げヤング係数は、EL が 81.8 ~ 126.9 × 10³ kg / cm²、ELg が 86.1 ~ 147.3 × 10³ kg / cm² の範囲にあり、これは日本建築学会の木構造設計規準の上級構造材におけるヒノキの曲げヤング係数 100 × 10³ kg / cm² に対して、平均値では上回る結果であったが、中には普通構造材の 90 × 10³ kg / cm² よりもわずかに下回る試験

体もあった。

一方、曲げ破壊係数は、332 ~ 654 kg / cm² の範囲であり、これは建築基準法施行令第95⁵⁾にヒノキの材料強度基準が 270 kg / cm² と規定されているが、これをすべて上回る結果であった。

また、等級別による曲げヤング係数は、生材時、気乾材時の曲げヤング係数の結果と同様で特等、2等

表-6 等級別の実大曲げ試験結果

		ヤング係数		比例限度力度	曲げ破壊係数	σ_P	σ_B	強度比
		EL	ELg	σ_P kg/cm	σ_B kg/cm	σ_P	EL	
特等	\bar{x}	112.7	105.9	346	498	0.705	4.715	0.659
	S·D	15.49	10.08	40.5	79.8	0.103	0.709	0.113
一等	\bar{x}	105.0	100.3	331	481	0.696	4.797	0.618
	S·D	12.22	11.19	44.3	79.0	0.076	0.569	0.094
二等	\bar{x}	112.0	106.2	344	476	0.736	4.471	0.602
	S·D	12.47	9.77	38.6	78.4	0.111	0.531	0.069
全	\bar{x}	108.6	103.1	338	486	0.705	4.718	0.628
	S·D	13.65	10.82	42.0	78.0	0.090	0.610	0.098
数	max	147.3	126.9	457	654	0.982	5.939	0.878
	min	86.1	81.8	275	332	0.564	3.521	0.417
	C·V	12.57	10.50	12.4	16.1	12.77	12.93	15.61

表-7 外観的性状と強度性能との相関

	ELg	ELd	曲 げ 破壊係数	比 重	年輪幅		中央1/3区間		繊維傾斜
					W ₁	W ₂	最 大 節径比	集 中 節径比	
ELg	—	0.933***	0.567***	0.151	-0.271	-0.192	-0.307**	-0.424***	0.074
ELd	—	—	0.618***	0.103	-0.288**	-0.209	-0.319**	-0.413***	0.067
曲 げ 破壊係数	—	—	—	0.057	-0.218	-0.171	-0.218	-0.380***	0.160
強 度 比	—	—	—	—	—	—	-0.351**	-0.401***	0.124

ELg : 生材時の曲げヤング係数

ELd : 気乾材時の曲げヤング係数

* : 5%の危険率で有意

** : 1%の危険率で有意

が同程度で1等がわずかに低い数値となった。しかし、曲げ破壊係数は、等級に対応した数値であった。

曲げヤング係数、曲げ破壊係数の出現度数、累加頻度は、図-4、図-5に試験体の外観的性状と曲げ強度性能との相関は、表-7に示した。

生材時の曲げヤング係数、気乾材時の曲げヤング係数、曲げ破壊係数と中央1/3区間の集中節径比との単相関係数は、それぞれ、 -0.424 、 -0.413 、 -0.380 で低い負の相関がみとめられた。

しかしながら、比重、年輪幅、繊維傾斜との相関はみられなかった。

一方、気乾材時の曲げヤング係数と曲げ破壊係数との相関係数は、 0.618 と正の相関が、また、生材時

の曲げヤング係数と気乾材時の曲げヤング係数との相関係数は、 0.933 と高い相関がみられたが生材時のヤング係数と曲げ破壊係数との相関係数は、 0.567 と低い正の相関がみられた。

上述のことから、やゝ弱い相関であるが生材時の曲げヤング係数から曲げ破壊係数の推定の可能性がある結果であった。

これらの関係を図-6~図-8に示した。

4. 無欠点小試験体の曲げ解析試験

無欠点小試験体の曲げ破壊試験の結果を表-8に、実大材の曲げ破壊試験の値と無欠点試験体の値との比を表-9に、また、試験体の外観的性状と曲げ強度性能との単相関係数を表-10に示した。

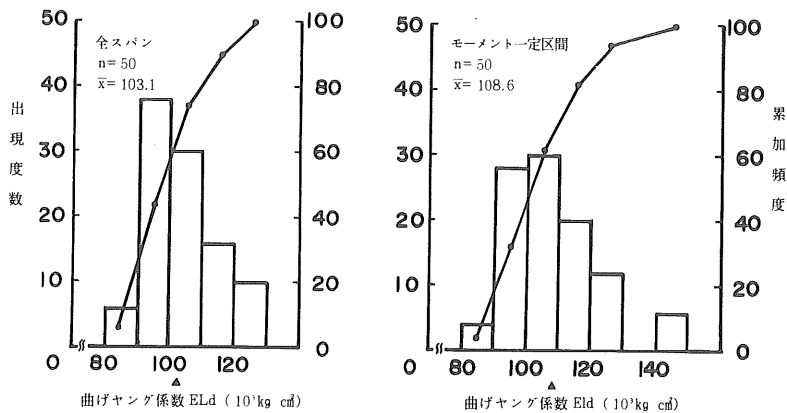


図-4 気乾材時の曲げヤング係数の出現度数と累加頻度

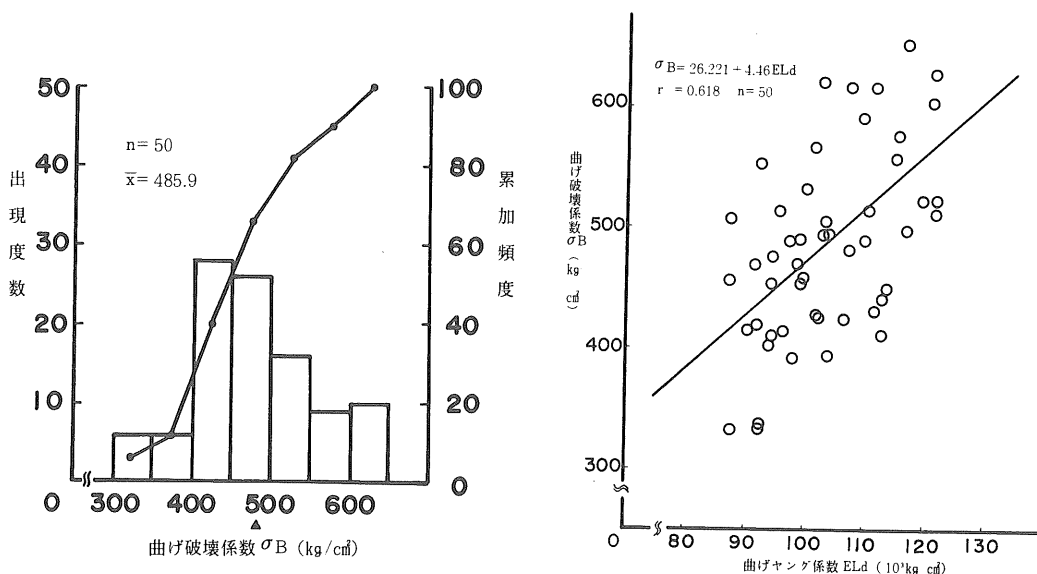


図-5 曲げ破壊係数の出現度数と累加頻度

図-6 曲げヤング係数と曲げ破壊係数の関係

実大材と無欠点材との比から、実大材の値がヤング係数で2%，比例限度応力で39%，曲げ破壊係数で37%といずれも低く、前報¹⁾のスギ材と同様に実

大材の含む欠点因子が特に、曲げ破壊係数、比例限度応力に強く影響していると考えられる。

一方、外観的性状と強度性能との相関は、比重と

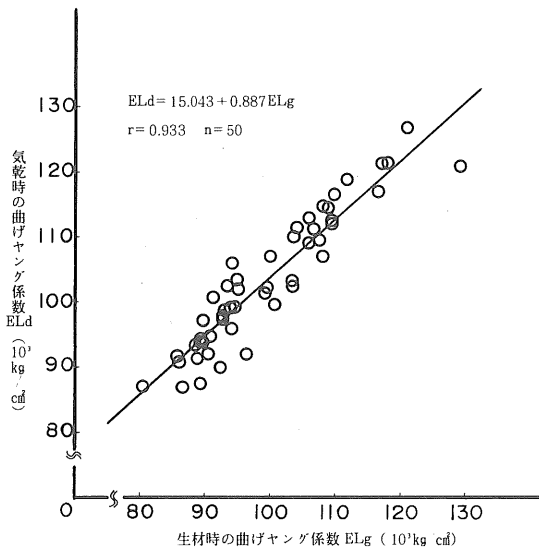


図-7 生材時と気乾材時の曲げヤング係数との関係

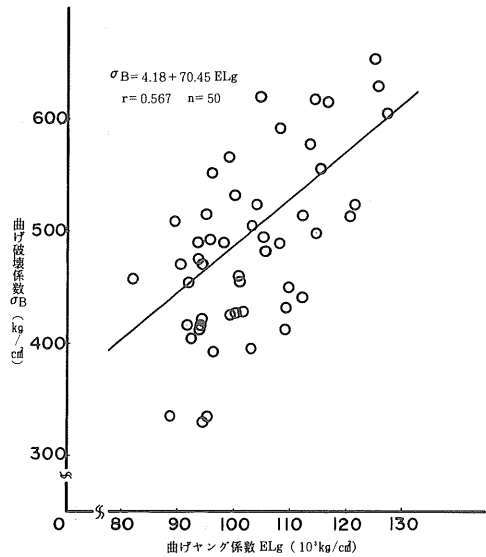


図-8 生材時の曲げヤング係数と曲げ破壊係数との関係

表-8 無欠点試験体の曲げ破壊結果

	比重	平均年輪幅 (mm)	ヤング係数 $\times 10^9 \text{ kg/cm}^2$	比例限度応力 kg/cm^2	破壊係数 kg/cm^2
\bar{x}	0.48	3.3	106.5	558	776
S・D	0.040	0.97	12.34	55.7	74.5
max	0.58	6.3	133.1	674	958
min	0.40	1.2	59.8	410	609
C・V	8.33	29.39	11.59	9.98	9.60

表-9 実大材の値 / 無欠点試験体の値

	比重	平均年輪幅	ヤング係数	比例限度応力	破壊係数
\bar{x}	1.11	1.00	0.98	0.61	0.63
S・D	0.063	0.262	0.134	0.074	0.098
max	1.23	2.10	1.58	0.80	0.88
min	0.95	0.60	0.77	0.44	0.42
C・V	5.68	26.20	13.67	12.13	15.56

表-10 外観的性状と強度性能との相関

	曲げヤング係数	曲げ破壊係数
気乾比重	0.309**	0.699***
平均年輪幅	-0.212	0.010
曲げヤング係数	—	0.652***

※：5%の危険率で有意 ※※：1%の危険率で有意

曲げ破壊係数、曲げヤング係数と曲げ破壊係数で正の相関が認められ、曲げヤング係数と曲げ破壊係数とは、実大材より高い相関係数であった。

IV おわりに

以上の結果から、一般的な県産ヒノキ材からひき材される製材品は、建築基準法施行令に規定されている材料強度を十分に満足しているデータで、強度面での利用には支障がないと考えられる。

しかしながら、曲げヤング係数で前報¹⁾のスギ材と同様に低い材があり、これらを非破壊による方法で選別することができるシステム化を考える必要がある。

また、非破壊による曲げヤング係数から曲げ破壊係数を推定することの可能性が高いことから、ヒノキ材もスギ材と同様に曲げヤング係数による強度等級区分の方法を検討するために、さらに類似した強度試験での資料蓄積をする必要がある。

文 献

- 1) 錦織 勇・中村正樹・勝部理市・安井 昭：構造用製材の強度性能（I）—スギ正角材の曲げ強度—，島根林技セ研報，36：9～17，1985
- 2) 中井 孝：国産造林木の材質—スギ正角材の実大曲げ強度—，木材工業 39：42～46，1984
- 3) 東野 正・中野正志：スギ正角の品等区分と曲げ剛性，日林会東北支会誌 34：254～255，1982
- 4) ———・—————（第2報）————— 36：276～277，1984
- 5) 日本建築学会：木構造設計規準・同解説，461 PP，丸善，東京，1973
- 6) 山本雅彦：構造用製材の強度等級区分に関する研究（第1報），徳島県林試研報，20：108～119，1982
- 7) ———・—————（第2報）————— 21：77～91，1983
- 8) 大澤考吉・金澤啓吾：構造用製材の強度等級区分に関する研究，静岡県林試業務成績，63～64，1981

島根県林業技術センター研究報告第37号

昭和61年3月印刷

昭和61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(宍道局) 0852-66-0301

印刷所 株式会社 報光社