

## 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 —— スギノアカネトラカミキリによるスギ立木被害の実態とその対策 ——

### 要 旨

スギノアカネトラカミキリの加害によって生じるトビクサレ被害の実態をスギについて調査を行ったところ、①被害地域は県下の北部地方に多い傾向がみられた。②被害は林齢が20年生になる頃から発生し始め、林齢の高まりに対応して被害程度は大きくなる。③立木の外観的な症状(樹皮型、チョークタケの着生、不定枝及び枯枝の多少など)と被害発生との関係は明らかにできなかった。④材内に生じた被害箇所は初め暗赤褐色を呈した変色の状態であるが、この変色部はやがて腐朽する。変色部の腐朽は20年代から30年代のものでは極めて少ないが、40年代に入ると試料木によってバラツキが認められるものの腐朽しているものの割合が増えてくる。⑤被害と環境との関係をみると、地形的には凸状地に被害の発生率が高い傾向がみられたが、斜面方位と被害との関係は明らかにできなかった。また標高でみると被害が1,000m以上にも及んでいることは本種の生息域がかなり広いことを示している。⑥スギノアカネトラカミキリ成虫を誘引捕捉できる薬剤(試薬を含む)にはホドロン・コガネコール・アネトール・ベンジルアセテートなどがあり、特にベンジルアセテートは優れた誘引効果を期待できる。⑦林齢20年に達した林分に枝打ち実証林を設け、枯枝打ちを行ったところこの方法は被害を回避させる効果が認められた。したがって枝が枯れ始める頃から枝打ちを行い、枝の切口を早い時期に巻き込ませてしまえば、より大きな予防効果を期待できる。⑧被害材市場調査、長野県森林組合連合会長野市場にてスギ被害材の混入割合と落札価格との関係を調査したが両者には明かな関係はみられなかった。⑨実大材強度試験 製材の外観の変色率が5%を越えると、曲げ強度に劣化の傾向が現れた。しかし試験材のすべてが建築基準法施行令に規定するスギの材料強度値225 kg/cm<sup>2</sup>をみたしていた。⑩小試験片による強度試験 被害が変色にとどまる段階では、機械的な強度が健全材に比べて劣っているとはいえなかった。

### 試験の目的

スギ・ヒノキを加害する穿孔性害虫の一種にスギノアカネトラカミキリがある。この幼虫が枯枝の付け根付近の組織を通じて樹幹の辺材部に孔道を穿つ。そこで幼虫が穿った傷口が起因となって材内に変色箇所が生じる。材内に生じる変色の原因は材組織の生理的反応あるいは化学的反応らしいと考えられているが、いずれにしてもこの変色箇所は時間の経過に伴って穿たれた幼虫孔道から二次的に菌類が侵入することで変色から腐朽へと進み、材質及び材価が著しく低下する等の状況が生じてくる。

このため本研究では、この害虫による被害の実態を解明するとともに被害を効果的に減少させ得る薬剤利用による予防策に加えて林業的予防策を確立し、さらには被害材の利用面への影響等を明らかにしようとするものである。

## 第1章 スギノアカネトラカミキリの分布

小島 耕一郎

本県におけるスギノアカネトラカミキリの生息はすでに古くから知られ、山ノ内町上林十二沢、上田市秋和、小谷村北小谷、木曽福島町などで蒐集家によって採取され、分布は確認されていた<sup>2)</sup>。

昭和58年から62年にかけて行われた大型プロジェクト研究のなかで、スギを対象にスギノアカネトラカミキリの加害によって生じたトビクサレ症状の実態を調べたところ、被害は図-1に示すように11市町村(須坂市、中野市、飯山市、南信濃村、山口村、白馬村、小谷村、山ノ内町、木島平村、野沢温泉村、栄村)に発生していることが確認された。

なお、今後の調査によって被害地域はさらに広がることも予想されるため、一地域における被害の有無を把握するための大まかな調査——樹齢の高いスギ林分がある神社・仏閣などの境内2~3か所についての調査——を行った。調査地域は11市町村(飯田市、駒ヶ根市、臼田町、松川町、清内路村、阿智村、根羽村、売木村、天竜村、喬木村、朝日村)に及んだが、これらの地域では被害の発生は認められなかった。



図-1 スギノアカネトラカミキリの分布(1989年3月現在)

## 第2章 被害木の外観的症状と被害の実態

小島 耕一郎  
三原 康義

### 1 調査方法

スギノアカネトラカミキリの加害によって生じるトビグサレは材の内部に被害が生じるため、素材となって初めてその被害を知ることが多い。そこで被害木の幹・枝に現われる外観的な特徴に基づいて被害量を推定(単木の被害材積)する方法を明らかにするため、スギ林分で次の調査を行った。

#### (1) 外部からみた被害症状の分類

ア 調査対象林分の林齢は20年生ぐらいから60年生前後とし、調査本数は1区画につき30本程度としたが、なかには20本から50本前後に及んだものもある。

イ 被害木の外観的な特徴を見出すため、調査木の枯枝の付け根付近に現われたこぶ状のふくらみ、ヤニの漏出、不定枝のつき具合に加えて、枯枝本数の多少と被害枝の発生、チョークタケの着生と被害、樹皮肌と被害などに一定の基準を設けて調査を行った。

ウ 枯枝を付け根より鋸で切断し、その切断面に現われた穿入孔及び脱出孔の有無によって無被害枝と被害枝に分け、外観の特徴と被害との関連性を検討した。

#### (2) 外観上の被害と材内被害との関係

ア 試料木は前項の各調査対象林分1区画から1~2本ずつ採取した。

なお、激害林分の可能性が高いと考えられた60年代の調査対象林分の一つからは5本の試料木を採取した。

イ ウの調査項目を調査するため、試料木は次の2つの方法により処理した。

(ア) 剥皮した試料木を全て1m長の丸太に玉切りし、これらの丸太は2cm厚の板材とした。

(イ) 剥皮した試料木を全て10cm厚の円板に切断した。

#### ウ 調査項目

無被害枝及び被害枝(巻込み枝を含む)の元口径及び年輪数、被害枝の樹幹上での着生位置、幼虫孔道の広がり(上下の長さ)、材面から幼虫孔道までの深さ(放射方向)、材面から幼虫孔道までの年輪数、変色及び腐朽の広がり〔長さ×幅(接線方向)×深さ(放射方向)〕

なお、10cm厚の円板の場合、変色部などの大きさは円板の上面に現われた幅(接線方向)と深さ(放射方向)を各々測定した。

エ 加害始期を推定するため、次の調査を行った。幼虫が生息している新しい孔道の位置を材表面からの年輪数でみると2年輪が多かった。このことから最も古い幼虫孔道がつくられた時期(加害始期)の推定は材表面から孔道までの年輪から2を減じた数値として算出した。

### 2 調査の結果及び考察

#### (1) 外部からみた被害症状の分類

被害木の外観的な特徴を見出すため、調査は枝打ちが行われていない21林分(調査本数約750本)を選び、これら各調査区ごとの立木を被害木と無被害木に分け、次の項目について調査を行った。

表-1 試料木と被害

区分 試料木No.	試料木						被害状況		
	樹齡	樹高	胸高直径 (剥皮)	枝下高	樹皮型	枝の本数		被害枝 本数	被害枝 本数率
						生枝	枯枝		
10年代 1	19 <sup>年</sup>	10.9 <sup>m</sup>	11.5 <sup>cm</sup>			144 <sup>本</sup>	13 <sup>本</sup>	0 <sup>本</sup>	—%
20年代 2	20	13.5	13.9	8	アミ	160	86	1	1.2
3	21	12.6	14.6	6	"	120	68	3	4.4
4	22	13.5	14.0	3.5	"	158	25	1	4.0
5	23	16.1	14.3	8.3	アミ	139	205	7	3.4
6	24	8.9(先折)	14.8	6	"	22	146	38	26.0
7	25	16.5	20.0	9	"	140	95	8	8.4
8	25	18.8	18.0	8.9	"	122	89	2	2.2
9	25	14.8	17.5	7.5	"	115	126	21	16.7
10	26	18.2	18.0	9	ハナレ	155	52	2	3.8
11	27	11.5	12.6	4.0	アミ	126	69	0	—
12	27	16.9	25.4	8.0	"	167	66	6	9.1
13	27	14.1	16.9	5.5	"	69	88	8	9.1
14	28	17.5	16.7	8.8	"	133	116	8	6.9
15	28	14.3	16.0	9	"	96	121	11	9.1
16	29	17.8	18.0	10	ハナレ	123	183	19	10.4
17	29	14.2	17.7	6	アミ	71	139	10	7.2
平均							104.9	9.1	8.7
30年代 18	30	15.1	18.9	8	アミ	134	82	7	8.5
19	30	13.8	16.1	6	"	87	122	10	8.2
20	31	15.5	16.4	9	"	135	109	33	30.3
21	32	16.0	19.1	8.2	"	88	124	8	6.5
22	33	15.6	19.6			133	131	11	8.4
23	33	15.1	19.0	7	アミ	88	92	2	2.2
24	33	19.5	21.8	9.2	"	154	160	13	8.1
25	34	17.2	23.2	5.6	"	199	54	6	11.1
26	36	15.4	18.9			174	105	18	17.1
27	36	14.1	20.0	7	ハナレ	134	127	10	7.9
28	36	18.3	22.0	10	アミ	116	128	34	26.6
29	37	8.6(先折)	15.0			58	98	23	23.5
30	38	11.9	14.4			74	130	28	21.5
31	39	15.5	18.0	9	ハナレ	48	129	22	17.1
32	39	11.6	17.2			65	54	6	11.1
平均							109.4	15.1	13.8
40年代 33	45	17.0	20.3	7.4	アミ	135	97	4	4.1
34	47	16.3	22.4			233	52	5	9.6
35	48	17.4	21.0			215	51	6	11.8
36	49	21.0	24.1			275	127	3	2.4
平均							81.6	4.5	5.5
50年代 37	50	18.5	27.3			180	165	61	37.0
38	51	20.7	23.5			113	76	12	15.8
39	55	12.8	20.8			117	111	24	21.6
40	59	14.9	20.0			97	106	17	16.0
平均							114.5	28.5	24.9
60年代 41	60	21.9	26.3	12.0	アミ	247	197	101	51.3
42	61	25.4	34.1	4.0	"	130	220	76	34.5
43	62	23.7	48.0	11.0	"	194	198	69	34.8
44	65	25.8	26.8	9.5	"	151	112	43	38.4
45	65	27.0	28.2	16.0	"	162	138	39	28.3
46	67	20.7	30.2			227	148	60	40.5
47	67	23.0(先折)	35.2			258	163	32	19.6
平均							168	60	35.7

この結果、被害木の外観的な特徴と被害発生との関連性は林齢と被害との関係を除いて明らかでなかった。

ア 林齢と被害

調査林分21箇所から試料木を1～3本ずつ採取して調査を行った(表-1)。これによると林齢の高まりに対応して被害枝本数率は高い値(40年代でやや低い値を示したものもあるが)を示している。

イ 樹皮型と被害

任意に選んだ4林分で樹皮型別に枯枝と折れ枝の着生状況と被害との関係を調べた(表-2)。また立木被害本数率の高低と被害との関係は表-3に示した。これらのことから樹皮型と被害の関係には明らかな違いは見出せなかった。

ウ 枯枝の太さと被害

枯枝の太さと被害の関係をみると、これは次に述べるように既存の資料<sup>1)</sup>と一致した。

(ア) 枯枝の元口径の大きさと被害

被害枝の大部分は1cmから2cmの太さに集中してみられる。これを無被害枝でみると同じ傾向を示し、被害は細い枝と太い枝で少ない傾向を示したものの枝の太さで被害の有無を分けることはできなかった(表-4)。

(イ) 枯枝の年輪数と被害

試料木19本に着生していた枯枝の年輪数を調べたところ、被害枝は2年から6年を経過した枝で多かったが、これは無被害枝にもあてはめることができた。また10年以上経過したものの本数は少ないが、被害枝になる割合は高まっていた(表-5)。

表-2 樹皮型と被害

		林齢25～39年									
樹皮型	区分	試料木本数	地際～枝下高における枝の着生状況					枝の種類別着生率		被害本数率	
			枯枝			折れ枝		枯枝	折枝		
			無被害	被害	被害率	無被害	被害				被害率
ハナレ		14本	254本	21本	7.6本	98本	14本	12.5%	71.1%	28.9%	71.4%
アミ		57	844	71	7.8	553	80	12.6	59.1	40.9	61.4

(注) 枯枝とは枯れた針葉が脱落したものである。

表-3 樹皮型と立木被害本数率の高低

被害本数率	区分	調査木本数	樹皮型と被害			
			ハナレ		アミ	
95.2%		21本	3本中3本	100%	18本中17本	94.4%
65.0		20	3本中3本	100	17本中10本	58.8
42.3		26	7本中4本	57.1	19本中7本	36.8
25.0		4	1本中なし	0	3本中1本	33.3

エ 枯枝の種類と被害

スギノアカネトラカミキリの産卵対象となる枝は枯れてから2年以上を経過したものであるという<sup>1)</sup>。枯枝が発生する林齢は林分の疎密度の違いで異なっているため、表-6に示した被害木及び無被害木は常に同一林分から選んだものである。このような考え方のなかで樹齢22年から34年生の試料木22本(被害木11本、無被害木11本)に着生していた枯枝(樹幹高6m未満に着生していたもの)を調べた(表-6)。つまり枯枝の種類と被害との関係を見ると、最も多いものは枯葉を着生していない枯枝で、最も少ないものは灰白色葉を着生していた枯枝であった。

なお、黄褐色葉及び赤褐色葉を着生していた枝では、被害はまったく認められなかった。

表-4 枯枝の元口径の大きさと被害

区分 枯枝の種類		枯枝の元口径(cm)										計
		~0.5	0.6~1.0	1.1~1.5	1.6~2.0	2.1~2.5	2.6~3.0	3.1~3.5	3.6~4.0	4.1~4.5	4.6~5.0	
無被害木	本数	138	644	865	418	139	48	9	8	8	2	2279 <sup>本</sup>
	比率	6.1	28.3	38.0	18.3	6.1	2.1	0.4	0.3	0.3	0.09	100 <sup>%</sup>
被害木	本数	2	15	66	75	21	11	4	2	2		198 <sup>本</sup>
	比率	1.0	7.6	33.3	37.9	10.6	5.6	2.0	1.0	1.0		100 <sup>%</sup>

表-5 枯枝の年輪数(元口)と被害

区分 枯枝の種類		調査本数	年輪数									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
無被害枝	本数	2375	528	506	345	316	204	155	96	82	47	35
	比率	100	22.2	21.3	14.5	13.3	8.6	6.5	4.0	3.5	2.0	1.5
被害枝	本数	628	23	63	93	105	82	73	49	42	25	26
	比率	100	3.7	10.0	14.8	16.7	13.1	11.6	7.8	6.7	4.0	4.1

年輪数										
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
17	9	3	2	8	8	6	2	3	3	
0.7	0.4	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	
9	6	3	2	8	7	5	1	3	3	
1.4	1.0	0.5	0.3	1.3	1.1	0.8	0.1	0.5	0.5	

各項目の下段の数値は百分率を示す

表-6 枯枝の種類と被害

区分 試料木 (各11本)	枝本数	灰白色葉を着生した枯枝			枯葉を着生しない枯枝			折れ枝		
		被害		計	被害		計	被害		計
		有	無		有	無		有	無	
被害木	本 1012	本 3 (0.3)	本 62 (6.1)	本 65 (6.4)	本 113 (11.2)	本 466 (46.0)	本 579 (57.2)	本 82 (8.1)	本 286 (28.3)	本 368 (36.4)
無被害木	1465			343 (23.4)			657 (44.9)			465 (31.7)

各項目の下段( )内の数値は百分率を示す。

#### オ チョークタケの着生と被害

樹幹の粗皮上にチョークタケが着生している立木は被害が発生しやすいとされている<sup>1)</sup>。確かに樹皮に赤味をもつアカハダや被圧木の樹幹上にはチョークタケの着生がみられた。しかしチョークタケの着生の多少で被害の有無を診断する方法は難しいように考えられた。

なお、チョークタケの着生は樹幹面よりもむしろ枯枝上に多く、その着生位置は枯枝の上面に集中しているため下側からの観察ではみにくかった。そしてチョークタケの枯枝上部樹皮表面の着生は20年生以上の林分であれば普遍的に認められるものであった。

#### カ 不定枝の多少と被害

明るい林内の立木や林縁木に不定枝の発生が多いことはよく知られている。山形県と青森県の診断方法<sup>1)</sup>をみると幹に不定枝の多い木は被害にかかりやすいとある。この観点で調査を行ったところ、不定枝の多少と被害との関係は認められなかった。

#### キ その他の要因と被害

ヤニの漏出やコブ状のふくらみと被害の関係は認められなかった。しかしゴブ状のふくらみと被害の関係をみているなかで珍しい事例があった。つまり、生枝の付け根付近が著しくふくらんでいた立木を1本みつけた。このふくらみは何らかの原因で不定枝が多数発生したために生じたものと考えられた。枯れた不定枝数本にスギノアカネトラカミキリ幼虫が穿入していたが、幼虫孔道の発達はいずれも不全であり死亡虫も認められた。幼虫が死亡した原因は餌不足(穿入した箇所が細かった)にあるものとも考えられる。

#### (2) 外観上の被害と材内被害との関連性

スギノアカネトラカミキリによる被害は枯枝の発生期から伐期まで続き、この間に材内に形成された被害跡(変色部はやがて腐朽へ進展)は年々累積されていくことになる。このため激害地では次に述べるように被害の程度は著しく大きくなる。

#### ア 樹齢の高低と被害

被害が発生し始める樹齢を把握するため、24本の試料木を調べたところ、最も早い被害は12年生木で、最も遅い被害は28年生木で、これらを平均した値は19.1年±3.7年であった。このように加害始期を推定すると20年生前後になる。

図-2に示した被害発生の概況は表-1のなかから代表的なものを選んで示したものである。これによると被害は20年生ごろから発生し始め、30年生ぐらいになると被害枝に接続した変色部にえて材内に巻き込まれた変色箇所が加わり、材内に形成された被害箇所数は樹齢の高まりに伴って増加していくことになる。

#### イ 落枝性の強弱と被害

図-3に示すように試料木No.45は試料木No.41と比べて枝は細く落枝性が強く、枝下高から下部での枯枝の着生は認められず、外観上無被害木と思われるほどであった。しかし枯枝(折れ枝を含む)の着生数及び材内に形成された変色箇所数はNo.41に比べて少ないものかなり重度の被害木であった。

このように外部からみただけで被害木であるか否かを究めることは「外部からみた被害症状の分類」で述べたように困難であり、枯枝を付け根付近で切断し、切断面に現われた穿入孔及び脱出孔(または終齢幼虫が通過した孔道)の有無をみる以外により良い方法は見出せなかった。

#### ウ 被害木材内の変色状況

(ア) 幹材積に占める変色部の大きさ      変色部が分布している範囲の幹材積に対する変色部

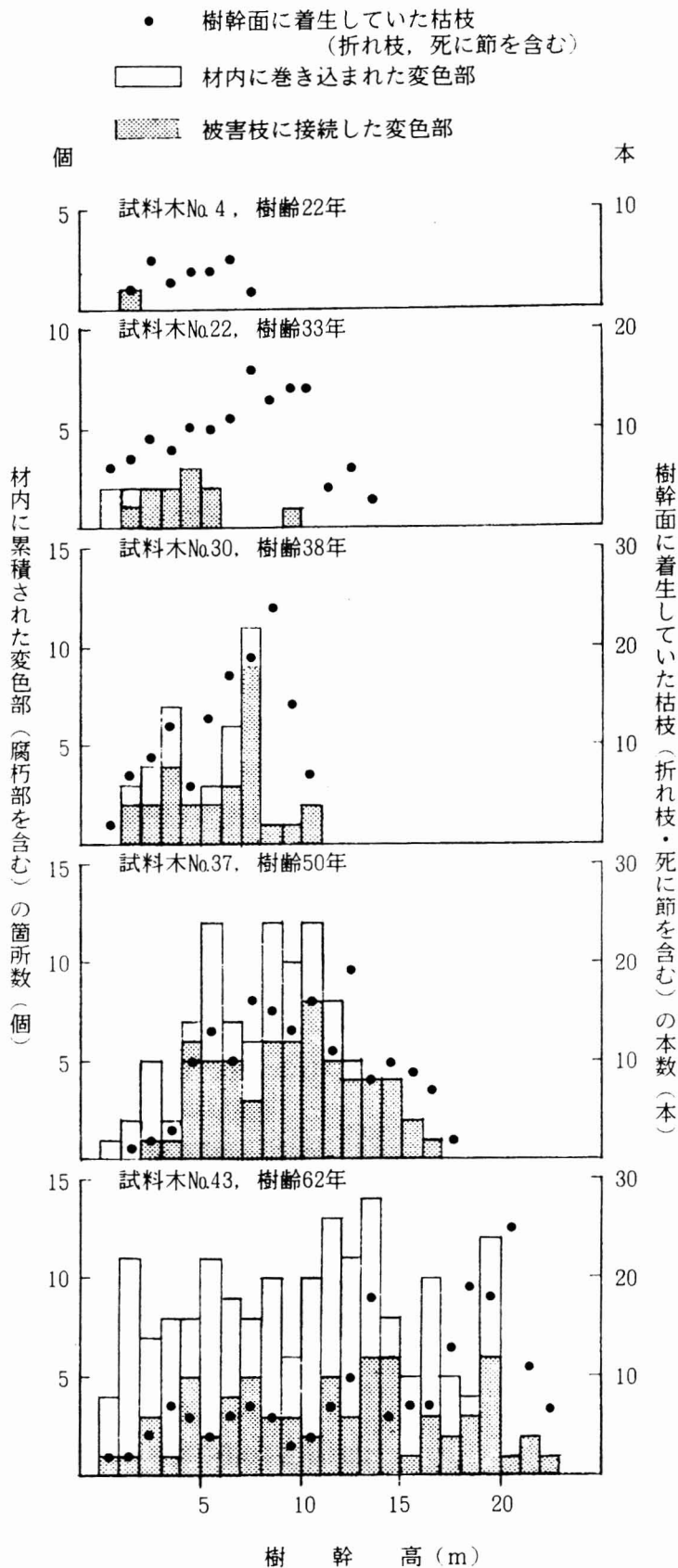


図-2 樹齢の高低と被害

材積の大きさの比率を樹齢25年から39年の試料木8本について調べたところ0.5%から4.7%の結果が得られた。

図-4は枯枝及び被害枝の多少と幹材積に占める変色部材積の比率との関係を樹幹高1mごとに算出図化したものである。これによると幹材積に占める変色部材積の比率の高低は被害枝本数の多少(No.28で34本, No.31で22本)よりもむしろ変色部が発達しやすい何かがあるものと考えられた。

(イ) 変色部材積の大きさ

樹齢20年から33年の試料木14本について変色部材積の大きさを調べた(表-7)。これによると小さいものでは3cm<sup>3</sup>, 大きいものでは1685cm<sup>3</sup>にもなっていたが, 多くのものは100cm<sup>3</sup>から350cm<sup>3</sup>であった。

エ 変色部の大きさと加害経過年数

変色部の発達状況をみると, その長さは加害された初期の段階で急速に発達し, その後は殆んど発達していないようである。この関係を事例で示すと次のとおりである。

(ア) 事例・1 樹齢32年から45年の試料木3本(No.21, 25, 33)

の変色箇所数18箇所について調べたところ, 変色部の長さは16cmから68cm(平均46.8cm±17.6cm), 加害経過年数は新しいもので0年, 古いものでは8年(平均3.6年±3.0年)で, 変色部の長さとの相関係数は0.399であった(図-5)。

(イ) 事例・2 樹齢21年から31年の試料木6本

の変色箇所数104箇所について調べたところ表-8, 図-6に示す結果が得られた。



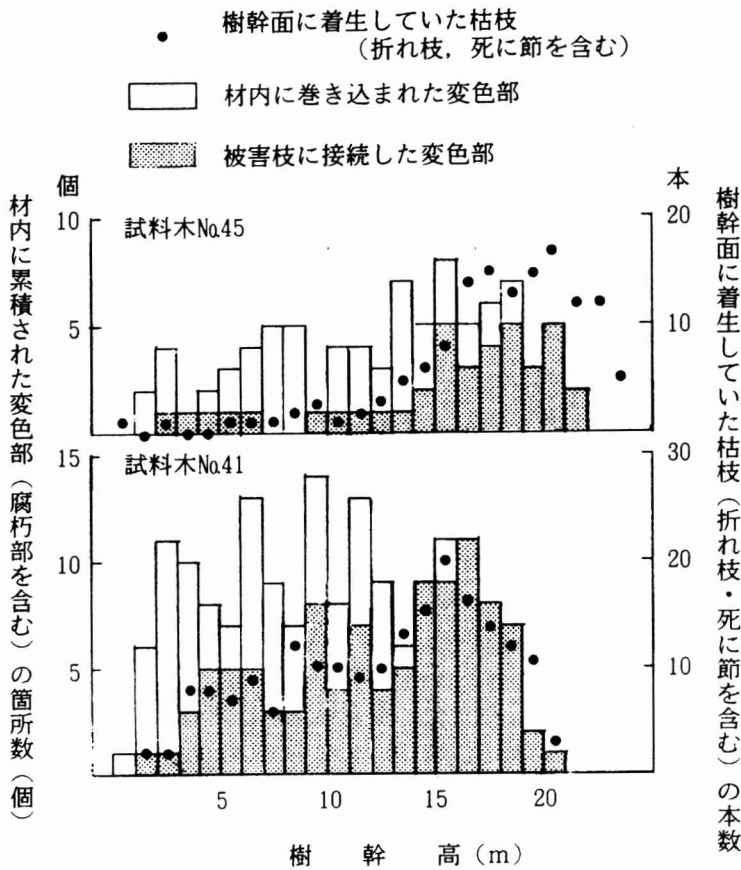


図-3 落枝性の強弱と被害

表-7 変色部材積の大きさ

区分 試料木No	変色部材積の大きさ				幹材積に占める 変色部材積の比率
	箇所数 個	最小 cm <sup>3</sup>	最大 cm <sup>3</sup>	平均 cm <sup>3</sup>	
2	1	—	—	187	0.1
3	3	3	277	149±113	0.3
5	7	55	481	261±163	1.4
6	41	5	706	327±164	13.8
8	2	147	568	357±210	0.3
9	21	10	673	306±205	3.0
12	6	40	1029	310±341	0.4
13	8	20	255	90±74	0.5
14	9	5	274	172±95	0.8
17	10	41	1685	540±506	2.8
18	7	38	333	199±127	0.6
19	10	55	524	313±120	2.3
20	33	64	986	284±227	5.8
21	13	60	748	375±190	1.4

(ウ) 事例・3 樹齢33年から67年の試料木19本について調べたところ表-9, 表-10に示す結果が得られた。つまり変色部の長さを被害枝に接続したもの(材表面に近いところにあるもの)と材内に巻き込まれたものの2つに分けて対比したところ, 長さの関係には大きな違いが認められなかった。

オ 変色部が腐朽し始める時期 材内に生じた被害箇所は初め暗赤褐色を呈しているが, この変色部がいつごろから腐朽し始めるか, この課題は材を利用する面からみて重要である。表-1に示した試料木47本について変色部が腐朽し始める時期を検討したところ, 一つの目安を得ることができた。つまり20年代から30年代にかけてのものでは極めて少ないが, 40年代に入ると, 試料木によりバラツキが認められるものの腐朽しているものの割合が増えてくる傾向があり, 50年代に入るとこれは多くなり, 60年代のものでは殆んど全てのもので腐朽していた。

カ 樹幹内の孔道と被害

(ア) 幼虫孔道の長さ 枯枝から樹幹内に穿入した幼虫は穿入してきた枯枝を中心にして樹幹の上下方向へ孔道を穿つ。この関係を樹齢25年から39年の試料木8本について調べた(表-11)。

これによると上下方向へ穿れた幼虫孔道の長さは上部方向でやや長く, この傾向は既存の試料の数値と一致した<sup>1)</sup>。しかし幼虫孔道の長さは既材の資料<sup>1)</sup>と比べて長かった。

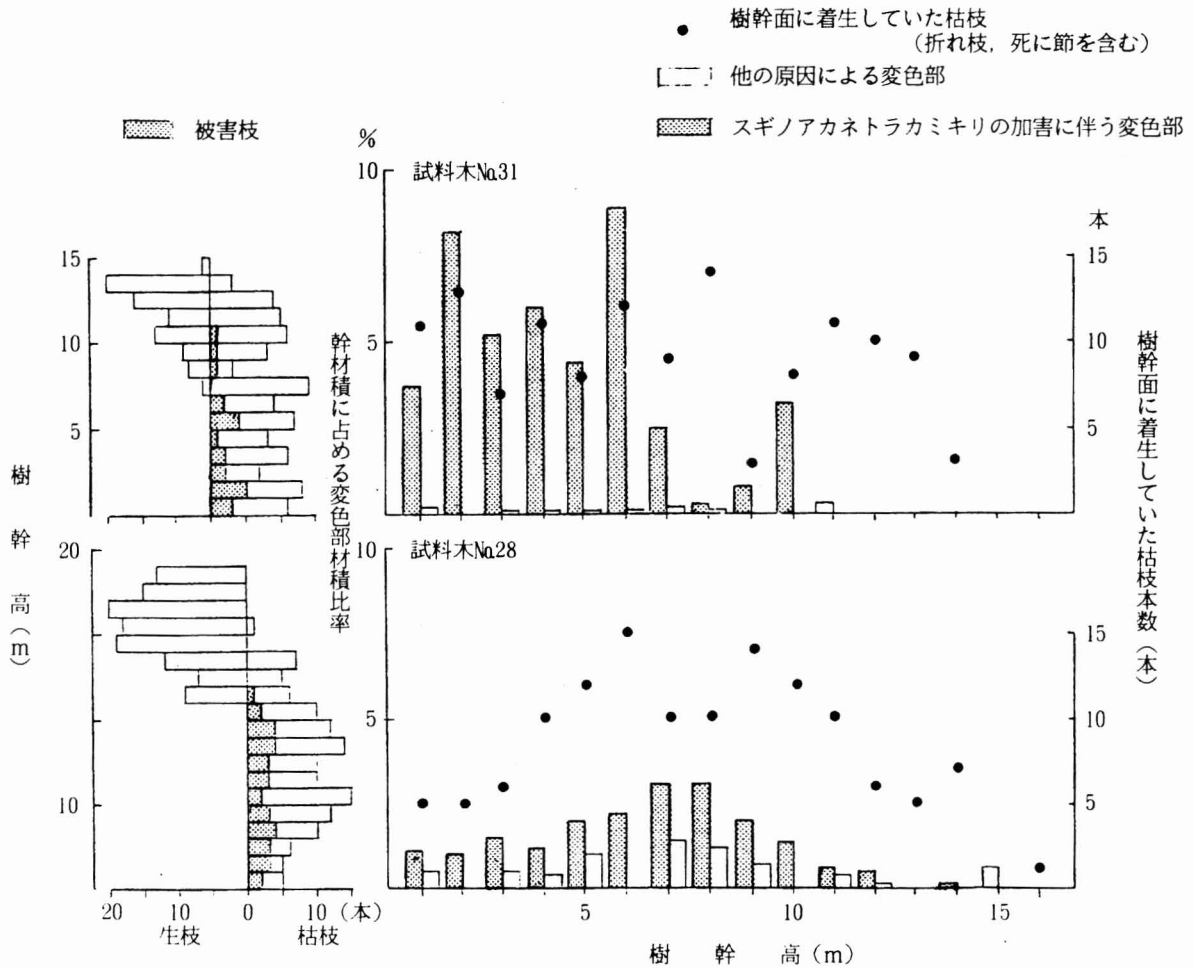


図-4 枯枝の着生状況とスギノアカネトラカミキリ等によるスギ材内の変色状況

表-8 変色部の長さとか害経過年数

区分 試料木No.	加害経過年数 (A)			箇所数 個	変色部の長さ (B)			(A)と(B) の相関係数
	最小 年	最大 年	平均 年		最小 cm	最大 cm	平均 cm	
3	0	4	2.7±1.9	3	17	36	26.3±7.8	0.850
6	0	10	1.0±2.0	41	5	90	40.9±20.0	-0.102
17	0	8	2.0±2.7	10	15	123	51.7±28.7	0.171
18	0	6	2.0±2.1	7	9	38	21.0±9.5	0.594
19	1	10	5.0±3.3	10	26	51	37.1±8.5	0.387
20	0	11	3.3±3.1	33	5	73	34.4±13.5	0.390
計				104				

(注) 加害0年とは孔道内に幼虫の生息が認められたものを示す。

(イ) 産卵の対象になる枯枝の着生年数

幼虫及び成虫が生息していた樹幹内の孔道の位置を表-12に示した。これによると産卵の対象となった枯枝は枯れてから2~3年以上を経過しているものであるといえ、これは既存の資料<sup>1)</sup>と一致した。

表-9 被害枝に接続した変色部の大きさ

区分 試料木No.	箇所数	長 さ			幅 (接線方向)			深さ (半径方向)		
		最 小	最 大	平 均	最 小	最 大	平 均	最 小	最 大	平 均
	個	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
22	11	15	40	27.0±6.4	3	6	4.0±1.0	3	4	3.3±0.4
26	18	10	60	24.4±14.4	2	6	3.7±1.2	2	8	3.8±1.3
29	23	3	30	15.1±8.4	1	8	3.0±1.7	1	3	2.2±0.7
30	28	5	30	16.3±7.9	2	7	3.3±1.3	1	3	2.2±0.7
32	6	15	60	30.8±19.0	3	7	4.5±1.3	2	4	3.2±0.7
34	5	35	55	47.0±8.3	4	10	5.8±2.3	4	5	4.2±0.4
35	6	8	20	15.2±4.5	2	9	4.3±2.5	2	5	3.0±1.0
36	3	10	20	15.0±5.0	3	4	3.3±0.5	2	3	2.3±0.5
37	61	5	40	24.0±7.9	1	8	3.9±1.3	1	6	3.0±0.9
38	12	10	35	23.8±6.7	2	8	4.6±1.8	2	3	2.6±0.5
39	24	12	70	32.8±15.3	3	9	4.7±1.5	2	10	3.4±1.6
40	17	5	60	24.5±12.8	2	6	4.1±1.6	1.5	4	2.8±0.6
41	101	6	50	27.4±10.4	1	6	4.0±1.1	1	6	3.1±0.9
42	76	10	65	23.2±9.8	3	12	4.6±1.7	2	6	3.5±0.7
43	69	6	55	32.2±12.8	1	12	4.9±2.2	1	10	4.9±2.0
44	43	6	45	26.9±8.4	2	6	3.8±0.8	1	5	3.0±0.8
45	39	5	50	26.3±12.2	2	8	3.9±1.3	1	4	3.1±0.8
46	60	4	95	38.9±21.5	1	10	4.2±1.9	1	9	4.0±1.5
47	32	4	50	28.0±12.5	1	10	3.9±1.6	1	7	3.8±1.3

表-10 材内に巻き込まれた変色部の大きさ

区分 試料木No.	箇所数	長 さ			幅 (接線方向)			深さ (半径方向)		
		最 小	最 大	平 均	最 小	最 大	平 均	最 小	最 大	平 均
	個	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
22	3	20	50	33.3±15.2	5	6	5.3±0.5	3	4	3.7±0.5
26	10	15	35	26.0±6.5	2	5	3.4±1.1	2	6	3.7±1.3
29	2	15	25	20.0±7.0	4	5	4.5±0.7	-	-	2.0±0
30	12	6	35	18.4±7.9	2	5	2.9±0.9	1	3	2.0±0.7
32	6	8	30	17.2±8.0	1	4	3.2±1.1	1	3.5	2.6±0.9
34	23	7	70	41.4±15.5	3	8	4.8±1.4	2	8	4.5±1.5
35	5	8	30	18.6±8.7	3	5	3.8±0.8	2	3	2.6±0.5
36	6	8	45	23.5±14.3	2	5	3.5±1.2	1.5	4	2.8±1.0
37	38	15	45	26.9±7.3	2	6	3.6±1.1	2	6	3.4±0.8
38	28	8	40	22.4±7.0	2	7	3.5±1.6	2	6	2.8±1.1
39	22	8	75	32.8±17.5	3	8	4.5±1.3	2	5	3.5±0.7
40	19	8	50	24.5±11.4	2	5	3.8±0.9	1.5	4	2.8±0.9
41	70	10	45	26.0±8.2	2	7	4.0±1.1	1	5	3.1±0.8
42	33	10	35	22.5±7.5	2	9	4.3±1.5	2	5	3.4±0.6
43	109	8	80	31.5±14.7	1	14	4.4±2.0	2	16	5.2±2.9
44	73	5	35	21.2±7.2	2	8	3.4±0.9	1	6	2.8±0.7
45	47	5	80	35.2±16.8	2	7	4.3±1.1	2	5	3.7±1.0
46	46	10	85	46.5±18.2	2	7	4.2±1.1	3	6	4.0±0.8
47	26	10	60	29.7±11.1	2	9	3.8±0.9	2	8	4.0±1.1

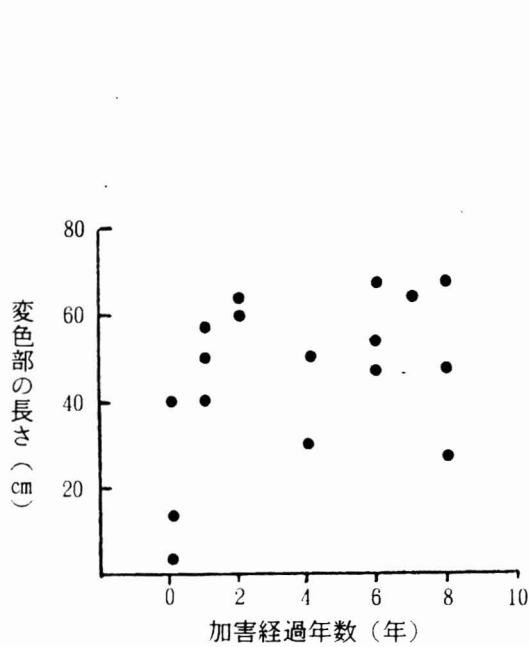


図-5 変色部の長さとか害年

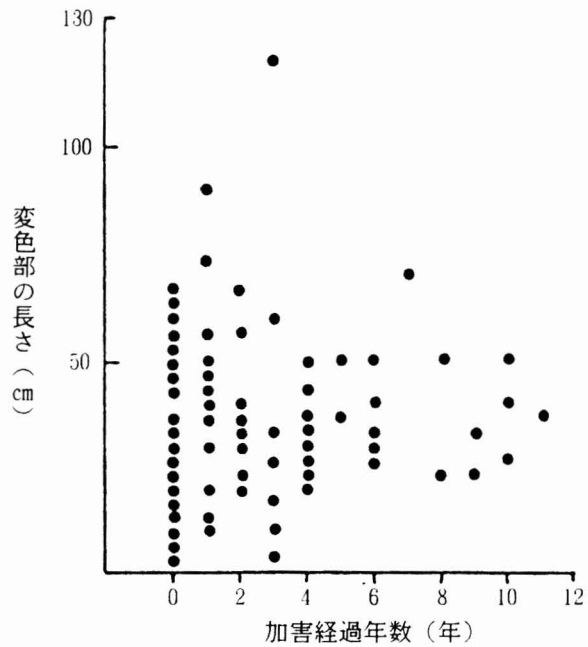


図-6 変色部の長さとか害年

表-11 幼虫孔道の長さ

区分 侵入 口の方向	標本数	平均値	実測値	
			最小	最大
上部	107	6.73cm ± 4.37cm	0 <sup>cm</sup>	21 <sup>cm</sup>
下部		6.20cm ± 4.77cm	0	27

注) 上部、下部の基点は被害枝の節部である。

表-12 幼虫および成虫が生息していた穿入孔道の位置と枯枝の着生年数

虫態別 標本数	区分	枯枝の 着生年数	孔道の位置				生息の位置 (樹幹高) m
			浅いところ		深いところ		
			深さ	年輪数	深さ	年輪数	
幼虫 15	年 平均値	6.86 ± 2.19	0.47 ± 0.27	1.80 ± 0.67	2.07 ± 0.55	8.20 ± 2.21	2.0~10.6
	最小	3	0.2	1	1.5	6	
	最大	12	1.5	3	3.0	14	
成虫 7	年 平均値	7.85 ± 1.86	0.77 ± 0.45	3.14 ± 1.46	2.95 ± 0.73	10.28 ± 1.70	3.6~7.7
	最小	4	0.2	2	2.0	8	
	最大	9	1.5	6	4.0	13	

(ウ) 変色部の進行状況 樹幹内に形成された孔道に生息している幼虫と成虫との間には期間の隔りがある。この期間の隔りの差から変色の進行状況を調べた。スギノアカネトラカミキリの生活環を2年1世代とすると、幼虫態と成虫態でみられるものの期間の差は試料木を取りあつた時期が12月から3月であるため、1年未満(終齢幼虫→蛹→成虫で考えると2か月未満である)と考えられる。

そこで幼虫が認められた変色部の大きさ270cm<sup>3</sup>と成虫が認められた変色部の大きさ340cm<sup>3</sup>の差70cm<sup>3</sup>が1年未満の期間に進行した値と推定される。

なお、変色部の長さでは12cm、孔道では5cm進行していたことが認められた。

(3) 被害量の推定法

外部からみた被害症状を分類したところ、樹齢の高まりに応じて被害量が増えていくことがわかった。しかし被害程度は枯枝の多少とは関係なく、地域および場所によって大きく異なっている。したがって被害量を推定しようとしても確実な方法は見出せなかった。次に示す方法は被害が発生し始める林分あるいは発生している林分であれば、被害が進行してゆく状況にある程度示唆してくれるものと考えられる。

ア 加害始期を充分理解し、予防対策(枝打ち)を早めに行うことによって、被害は軽減できる。

(ア) 加害始期を推定すると、先に述べたように20年生前後になった。

(イ) 産卵の対象になる枯枝は表-6に示したように灰白色葉を着生した頃からのものである。

イ 樹齢の高まりに応じて被害箇所は表-13に示すように増加し、被害箇所は表-9、表-10に示すように樹幹内に累積されてゆく。これに加えて変色した箇所は樹齢が35年を過ぎる頃から腐朽し始める割合が増えてくる。したがって被害が発生している林分では少なくとも被害箇所が変色している段階で、腐朽し始める以前に一定の伐期齢を設けて早めに利用したいものである。

被害箇所が変色している段階での曲げ強さは第6章で述べるように、無被害材と比べて強度差は殆んどみられず、強度値も建築基準法での規定値を満たしているため、伐期齢を早めて材を早めに利用することの検討は大切である。

表-13 樹齢の高まりと被害箇所数

区分 試料木No	樹 齢 年	総被害 箇所数 個	被害枝に接続 した被害箇所 数		材内に巻き込 まれた被害箇 所数	
			個	%	個	%
4	22	1	1	100	0	-
22	33	14	11	78.6	3	21.4
26	36	28	18	64.3	10	35.7
29	37	25	23	92.0	2	8.0
30	38	40	28	70.0	12	30.0
32	39	12	6	50.0	6	50.0
34	47	28	5	17.9	23	82.1
35	48	11	6	54.5	5	45.5
36	49	9	3	33.3	6	66.7
37	50	99	61	61.6	38	38.4
38	51	40	12	30.0	28	70.0
39	55	46	24	52.2	22	47.8
40	59	36	17	47.2	19	52.8
41	60	171	101	59.1	70	40.9
42	61	109	76	69.7	33	30.3
43	62	178	69	38.8	109	61.2
44	65	116	43	37.1	73	62.9
45	65	86	39	45.3	47	54.7
46	67	106	60	56.6	46	43.4
47	67	58	32	55.2	26	44.8

表-14 枯枝と被害枝の着生状況

区分 試料木No	枯枝の着生と被害		枯枝最上部の位 置に対する被害 枝最上部の位置 関係 (地際を基準) %
	枯枝着生範囲 m	幹表面上の被 害枝着生範囲 m	
2	1.6~9.2	4.1	45
3	0.1~9.7	1.6~4.5	46
5	0.2~14.6	2.5~8.1	55
6	0.4~8.8	0.7~7.3	83
7	0.7~10.1	2.5~7.0	69
8	5.5~12.0	6.6~7.9	66
9	0.4~10.2	1.8~9.4	92
10	2.7~11.4	2.7~4.1	36
12	0.5~13.2	0.2~7.7	58
13	1.0~11.3	1.1~5.4	48
14	5.3~15.8	5.5~9.9	63
15	0.1~11.8	1.7~7.8	66
16	1.3~14.9	1.3~10.6	71
17	0.1~11.7	0.6~9.7	83
18	0.5~11.2	2.5~6.4	57
19	0.4~12.9	2.0~7.2	56
20	1.3~12.9	1.3~9.0	70
23	1.3~12.7	2.9~4.8	38
24	0.7~13.9	1.2~7.4	53
27	1.1~9.6	1.9~6.0	63
28	0.7~15.8	0.8~11.8	75
31	0.2~13.5	0.2~10.3	76

ウ 枯枝の着生状況と被害 枯枝本数の多少と被害程度の高低の間には関係は認められなかったが、この項目で樹齢20年から39年の試料木22本について、枯枝の着生範囲と被害枝着生範囲の関係を調べた。この結果、表-14に示すように枯枝最上部の位置に対する被害枝最上部の位置関係をみると、被害枝の位置は最も低いところで36%、最も高いところで92%であり、これらを平均した値は62%±14%であった。

エ スギノアカネトラカミキリによる被害木(スギ)の概況を表-15に示し、ここに示した各要因間の関係を表-16に取りまとめた。これによると20年代よりも30年代でやや高い値を示したものが認められたが、各要因の組み合わせによって被害量を測定できそうな値は見出せなかった。

表-15 スギノアカネトラカミキリによる被害木(スギ)

区分 試料木No	樹 齢 (A)	樹 高 (B)	被害枝 本 数 (C)	枯枝最 上部の 位置 (D)	被害枝 最上部 の位置 (E)	樹高に対 する枯枝 最上部の 位置 (F)	樹高に対 する被害 枝最上部 の位置 (G)	樹高に対 する枝下 部の位置 (H)	梢端から 枯枝最上 部までの 距離 (I)	梢端から 被害枝最 上部まで の距離 (J)
	年	m	本	m	m	%	%	%	m	m
2	20	13.5	1	9.2	4.1	68	30	59	4.3	9.4
3	21	12.6	3	10.6	4.5	84	36	48	2.0	8.1
5	23	16.1	7	14.6	8.2	91	51	52	1.5	7.9
7	25	16.5	8	9.8	6.8	59	41	55	6.7	9.7
8	25	18.8	2	15.5	8.4	82	45	47	3.3	10.4
9	25	14.8	21	12.3	9.4	83	64	51	2.5	5.4
10	26	18.2	2	11.3	4.1	62	23	49	6.9	14.1
13	27	14.1	8	12.5	5.4	89	38	39	1.6	8.7
14	28	17.5	8	16.0	10.2	91	58	50	1.5	7.3
15	28	14.3	10	11.3	7.8	79	55	63	3.0	6.5
16	29	17.8	19	13.7	10.6	77	60	56	4.1	7.2
17	29	14.2	10	11.7	9.7	82	68	42	2.5	4.5
18	30	15.1	7	11.2	6.4	74	42	53	3.9	8.7
19	30	13.8	10	12.2	7.2	88	52	43	1.6	6.6
20	31	15.5	33	12.9	9.0	83	58	58	2.6	6.5
21	32	16.0	8	14.8	5.0	89	31	51	1.7	11.0
23	33	15.1	2	10.9	4.8	72	32	46	4.2	10.3
24	33	19.5	13	15.7	7.6	81	39	47	3.8	11.9
25	34	17.2	6	15.1	9.6	88	56	33	2.1	7.6
27	36	14.1	10	9.6	6.0	68	43	50	4.5	8.1
28	36	18.3	34	13.3	11.8	73	64	55	5.0	6.5
31	39	15.5	22	12.3	10.3	79	66	58	3.2	5.3

表-16 スギノアカネトラカミキリによる被害とその要因の組み合わせ

区分 要因	20 年 代		30 年 代		全 体	
	箇所数	相関係数	箇所数	相関係数	箇所数	相関係数
A・C	12	0.2937	10	0.5178	22	0.4815
B・C	"	-0.5167	"	0.2868	"	0.1774
B・D	"	0.6098	"	0.7716	"	0.6764
B・E	"	0.3697	"	0.4585	"	0.4095
C・E	"	0.6960	"	0.7599	"	0.6831
C・G	"	0.7545	"	0.7274	"	0.6672
D・E	"	0.6521	"	0.3102	"	0.5122
F・G	"	0.5045	"	0.0692	"	0.3581
I・J	"	0.6523	"	0.0625	"	0.4622

### 第3章 被害発生林分の環境と被害の実態

三原 康義  
小島 耕一郎

#### 1 調査の方法

県下のスギ地帯は南部と北部の両端にあって、南部は愛知、静岡両県に連なり、北部は新潟県に連なる多雪地帯である。トビクサレ被害は北部のスギ地帯のうちでも千曲川下流域に存在することが知られており、このため今回の調査はこの地域を対象とした。

##### (1) 調査対象林分

森林簿から林齢20～40年生のスギ林分を取り出し、施業図上にマークし、この中から標高、流域斜面の向き等を勘案しながら5年間に54林分を選定した。

##### (2) 調査区の大きさ及び調査本数

調査区は、スギの成立密度、地形等から100～400m<sup>2</sup>の範囲で設定し、調査本数6木の大きさ等から20～50本の範囲とした。

##### (3) 調査項目

調査の内容は環境要因として標高、地形、土壌などの地況と成立密度、枝の枯上り、枯枝の本数などの林況、それにスギノアカネトラカミキリの被害状況である。

##### (4) 被害状況調査

被害の確認は、スギ立木の地上高6～7mの範囲にある枯枝を幹に沿って切断し、切口に現われた虫孔の有無によった。

#### 2 調査の結果及び考察

##### (1) 斜面方位と被害

山ノ内町調査林分No.1～11及び飯山市の調査林分No.14～26については、地形的に主尾根が東西に走っており、谷をはさんで南向き斜面と北向き斜面が対峙していることから斜面向きの違いがトビクサレ被害にどのように影響しているか調べた。山ノ内町の調査では南向き斜面の林分立木被害率は20.0～43.0%、北向き斜面の被害率は0.0～30.0%となっており明らかに南向き斜面の方が被害率は高かった。ところが飯山市の調査では南向き斜面の立木被害率は0.0～60.0%であるのに対し、北向き斜面は9.0～100.0%の被害率となっており、特に全立木に被害が確認されるような林分が8林分のうち2林分あって飯山市では北向き斜面の被害率が高い結果となった。このように山ノ内町と飯山市で異なった結果が生じた原因としては、林齢が大きくかかわったためと思われる。即ち、山ノ内町での場合は北向き斜面の方は20～23年であるのに対し、南向き斜面では21～27年生であり、飯山市では南向き斜面が20～28年生に対し、北向き斜面は22～38年生となっており、共に林齢の高い側の斜面が被害率も高く、どうやら斜面向きの差よりも林齢の差の方が大きく被害率に影響してしまったものと思われる。

##### (2) 地形と被害

調査林分の地形を凸地形(尾根状地)、凹地形(沢筋くぼ地)、平坦地形に区分し、それぞれについて被害の状況をみると図-7のように、凸地形のところ平坦地形、凹地形に比べて高い立木被

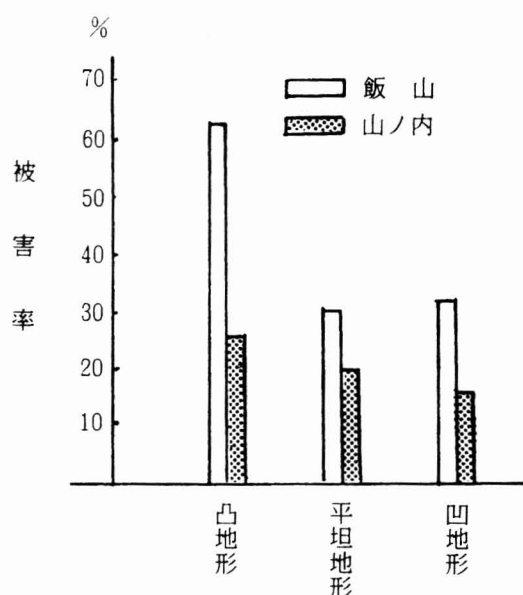


図-7 地形と被害率

害率となっている。このことについては齊藤ら<sup>4)</sup>が既に指摘していることと同じ結果であった。凸地形のところは凹、平地形に比べて乾燥傾向が強いでスギの生育はよくない。そのため林としてのウッペイがおくれ、その分枝の枯上り速度もおそいので枝年齢が高くなり枯れ枝になっても落枝せず、何時迄も残っていることになる。また、乾燥という環境も枯枝の腐朽を妨げて落枝を難しくしていると思われる。さらに凸地形のところは林分も明るく、スギノアカネトラカミキリの光に対する正のすう光性ということもある。このように凸地形のスギ林分は加害虫の目標になる枯枝が豊富であること、加害虫の行動にも適していることなどから被害率を高める要因となっていると考えられる。

### (3) 標高と被害

調査林分の標高は440～1,120mの範囲であった。調査対象地形での適地適木調査によるスギの適地は1,000mが限界になっている。現実のスギ林は大部分が1,000m以下であるが、なかには1,200mに及ぶものもみられる。このような高地のスギ林は大きな山塊の凹状地などで下からスギが連続している例が多い。被害との関係でみると500～600mに立木被害率100%という林分があったり、1,000mを越えたところでも100%の立木被害林分がある。総体的にみると標高の低いところに被害林分が多いがこれはスギ林そのものが多いことに起因していると思われる。現在、スギ林がみられる範囲の標高であればスギノアカネトラカミキリの生息に大きな障害はなく、被害の発生も十分可能であるとみられる。従って、標高差による生息の特長はみられなかった。

### (4) 土壌型と被害

スギは水分、養分の要求度の高い樹種であり、スギの適地は一般にBE～BD(d)型とみられる。今回の調査はBD型、BD(d)型、B $\ell$ D型、B $\ell$ (d)型の4種がみられた。被害との関係はBD、B $\ell$ D型の適潤性土壌では立木被害率が平均40%であるのに対し、BD(d)、B $\ell$ (d)型のや、乾燥系の土壌では立木被害率が67%と高かった。BD(d)などのや、乾燥系の土壌は斜面の上部や尾根状地に多くみられる土壌型であり、地形の項でみた凸地形と重なる部分が多いので同様な結果が得られたものと思われる。

### (5) 林齢と被害

林齢と被害の間には高い相関がみられた。林齢が高くなるほど立木被害率も高くなっている。これは前章で明らかにしたように林齢が20年生前後に加害始期があり、この項から被害が発生し始めるが、この被害のトグサレは一旦発生すると治癒することなく累積されるものであり、一方被害を受ける枯枝は年々新らしく生産され、落枝があってもそれ以上に補充されて絶えず被害の発生に必要な枯枝は存在しており、さらにスギノアカネトラカミキリの行動範囲が極めて小さく<sup>5)</sup>、同じ林分で被害を重ねる傾向が強いことなど考え併せると、林齢が高くなるほど被害率も高まることは容易に考えられる。

### (6) 枯枝数他林況要因と被害



表-17 スギノアカネトラカミキリの被害と環境

市町村	No.	立木被害率	林 齢	平均枝下高	立木当り枯枝数	収 量 比 数	林内相対照度	標 高	傾 斜	地 形	方 位	土 壤 型	
		%	年	m	本		%	m	度				
山ノ内町	1	35.0	27	8.4	21.5	0.82	13.0	710	28	凸	S	B <sub>D</sub>	
	2	25.0	27	7.9	16.7	0.72	7.8	700	6	凹	S	B <sub>D</sub>	
	3	43.0	21	6.8	34.9	0.66	55.1	750	10	凸	S	B <sub>D</sub>	
	4	25.0	22	6.8	17.3	0.80	11.3	680	20	凹	S	B <sub>D</sub>	
	5	20.0	26	8.2	35.6	0.84	6.7	720	5	平	S	B <sub>D</sub>	
	6	30.0	26	8.7	31.3	0.77	19.0	730	38	凸	S	B <sub>D</sub> (d)	
	7	20.0	22	7.7	23.2	0.86	12.6	720	40	凸	N	B <sub>D</sub>	
	8	10.0	20	7.3	18.6	0.86	7.9	740	42	凹	N	B <sub>D</sub>	
	9	0.0	20	5.6	33.8	0.87	5.3	780	30	凸	N	B <sub>D</sub>	
	10	10.0	20	4.8	35.7	0.84	18.7	760	10	凹	N	B <sub>D</sub>	
	11	10.0	23	7.9	35.5	0.80	26.6	720	27	凹	N	ℓm	
	12	100.0	25	8.6	23.9	0.88	-	1,010	35	凸	SSW	B <sub>D</sub> (d)	
	13	100.0	24	7.9	26.2	0.86	-	1,000	30	凸	NWW	B <sub>D</sub> (d)	
飯山	14	60.0	25	7.5	41.5	0.88	3.9	440	30	凸	S	B <sub>D</sub> (d)	
	15	0.0	20	7.8	40.3	0.90	5.0	465	30	凹	S	B <sub>D</sub>	
	16	17.0	28	9.0	27.2	0.84	7.5	580	7	凹	S	B <sub>D</sub>	
	17	7.0	22	7.8	28.7	0.79	9.4	590	10	凸	S	B <sub>D</sub>	
	18	0.0	28	8.0	29.1	0.77	11.2	580	10	凹	S	B <sub>D</sub>	
	19	25.0	31	8.1	27.8	0.88	10.0	670	35	凸	N	B <sub>D</sub>	
	20	9.0	28	8.4	32.1	0.89	10.9	640	5	凹	N	B <sub>D</sub>	
	21	80.0	33	10.4	34.1	0.82	23.9	643	5	凸	N	B <sub>D</sub> (d)	
	22	30.0	22	7.3	37.2	0.86	10.0	620	5	平	N	B <sub>D</sub>	
	23	100.0	32	8.9	34.2	0.88	6.0	590	30	凹	N	B <sub>D</sub>	
	24	90.0	28	8.1	34.7	0.83	12.6	610	27	凸	N	B <sub>D</sub> (d)	
	25	100.0	27	8.6	35.9	0.86	46.5	575	30	凸	N	B <sub>D</sub> (d)	
	26	70.0	38	10.5	36.7	0.92	15.3	560	30	凹	N	B <sub>D</sub>	
山	27	14.0	28	7.0	21.7	0.66	-	560	10	平	W	B <sub>D</sub>	
	28	7.0	24	8.2	16.6	0.75	-	590	15	凹	W	B <sub>D</sub>	
	29	20.0	34	5.7	15.4	0.64	-	670	25	凹	NW	B <sub>D</sub>	
	30	18.8	25	7.4	19.9	0.77	-	640	26	平-凸	N	B <sub>D</sub>	
	31	36.8	30	9.1	6.4	0.82	-	630	20	平-凸	NW	B <sub>D</sub> (d)	
	32	54.5	28	6.7	22.1	0.77	-	610	10	凹	NW	B <sub>D</sub>	
	33	10.0	28	8.8	9.5	0.88	-	600	15	平	W	B <sub>D</sub>	
	34	40.0	24	7.2	33.0	0.83	4.4	550	5	平	W	B <sub>D</sub>	
	市	35	100.0	37	5.8	8.2	0.82	8.9	580	30	凸	W	B <sub>D</sub> (d)
		36	70.0	29	6.3	15.3	0.81	9.1	520	35	平-凸	W	B <sub>D</sub>
		37	70.0	26	6.7	28.1	0.74	11.4	530	20	平	N	B <sub>D</sub>
		38	40.0	27	6.3	15.7	0.76	-	550	3	凸	E	B <sub>D</sub> (d)
		39	90.0	35	8.2	10.2	0.85	14.5	540	35	平	SE	B <sub>D</sub>
40		90.0	27	7.8	16.4	0.75	-	600	3	凸	NNE	Bℓ <sub>D</sub> (d)	
41		40.0	22	7.3	33.9	0.71	12.7	450	35	凹	SSW	B <sub>D</sub>	
42		36.7	30	9.0	25.0	0.65	-	520	10	凹	NNW	B <sub>D</sub>	
野沢温泉村		43	10.0	34	6.3	14.5	0.68	-	710	15	凹	W	B <sub>D</sub> (d)
		44	51.7	37	10.4	22.2	0.77	-	730	5	平	NE	B <sub>D</sub>
		45	18.3	34	9.8	18.4	0.74	-	710	15	凹	NE	B <sub>D</sub>
木島平村		46	41.7	27	8.7	29.0	0.76	-	620	18	凸	NW	B <sub>D</sub>
		47	50.0	26	7.4	31.0	0.72	-	530	12	凸	WS	B <sub>D</sub>
	48	31.7	30	10.8	23.3	0.84	-	640	12	凹	W	B <sub>D</sub>	
	49	51.7	32	10.6	14.6	0.94	-	1,120	24	凹	WS	B <sub>D</sub>	
栄村	50	30.0	25	11.1	29.8	0.73	-	800	10	凹	NNW	B <sub>D</sub>	
	51	13.3	30	7.7	23.2	0.78	-	780	15	凹	WWN	B <sub>D</sub>	
須坂市	52	0.0	32	9.3	41.4	0.79	-	1,020	20	凹	W	B <sub>D</sub>	
	53	0.0	33	9.3	38.8	0.81	-	900	15	凹	W	B <sub>D</sub> (d)	
	54	0.0	33	12.0	49.0	0.82	-	720	20	凹	NW	B <sub>D</sub>	

枯枝数、枯上り高(枝下高)、林内照度、収量比数(立木密度)と被害の関係をみたところ、いずれも相関のないことが示された。枯枝数は、雪や間伐などで落枝するため林分の中の個体間のバラツキが大きいことなどが原因しているものと思われる。枝の枯上り高(枝下高)については一部の地域では相関が高く、枯上り高が高いほど立木被害率も高い傾向が伺えたが全体としてみると相関は低く一定の傾向をつかむことはできなかった。林内照度は、正確な資料を得ることが容易でなくその上、現在の数値だけで判断することにも問題があり環境要因として検討することはなかなか難しい。収量比数も照度と同じように被害が過去からの累積ということになると現在の数値だけで判断することには問題がある。

#### (7) クマスギと被害

須坂市には耐雪性に勝れた品種としてクマスギがあり、挿木養苗されて多雪地帯に植林されてきた。このクマスギは枝張りも小さく、さしきのため枝も細いなどの特長があるのでトビグサレに対して地スギ(実生スギでアカスギとも呼ぶ)と異なる性質をもっているかどうか調べてみた。選定した5ヵ所のうち2ヵ所についてはそれぞれ対比する林分が近くにないため組合せは作れなかった。調査の結果は表-18のとおりである。地スギは立木被害率で12.5%~50%であったが、被害とした枯枝切断面にみられる虫孔がスギノアカネトラカミキリのものに較べ幼虫孔道は大きく、脱出孔道は小さいなどからトゲヒゲトラカミキリの可能性が高いものであった。一方、クマスギ林の方には被害がまったくみられなかった。しかし、地スギ、クマスギは接続した林分ではあっても林齢が地スギでは50~70年生と高いのに対し、クマスギは26~33年生とかなり若く、この林齢差は被害率に相当影響しているものと思われる。いずれにしても加害虫に疑問があること、林齢に差があることから今回の調査からはクマスギの被害に対する性質は明らかにできなかった。

表-18 クマスギと地スギの被害調査結果

No.	場 所	品 種 別	林 齢	平 均 枯枝数	収 量 比 数	標 高	地 形	方 位	傾 斜	立 木 被 害 率
			年	本		m			°	%
1	須坂市栗毛	地スギ	65	27.1	0.70	780	山腹凹	NNE	25	50.0
2	須坂市仁礼	地スギ	70	27.0	0.73	880	山腹中	NE	20	12.5
		クマスギ	30	60.3	0.84	880	"	"	20	0
3	須坂市仁礼	地スギ	53	26.3	0.83	850	沢筋	NE	20	42.8
		クマスギ	33	64.6	0.83	850	"	E	15	0
4	須坂市塩野	地スギ	50	48.0	0.85	620	山腹下	NNE	15	40.0
		クマスギ	26	63.8	0.86	620	"	"	15	0
5	須坂市塩野	クマスギ	45	44.1	0.82	1.070	山腹上	WWE	15	0

## 第4章 各種誘引剤の効果試験結果とその利用

三原 康義  
小島 耕一郎

### 1 各種誘引剤の効果試験

スギノアカネトラカミキリによる被害の予防及び軽減に活用できる誘引剤の効果を検索するため、次に示す8種類の誘引剤の誘引効果を調べた。

#### (1) ホドロン誘引効果

被害が発生しているスギ壮齢林分(山ノ内町・横湯川流域)に誘引器を8基設置した。設置場所は大きな谷を挟んで南斜面と北斜面に分け、誘引器は地上から4m～5mの高さのスギ樹幹に取りつけた。誘引器の設置期間は、昭和59年6月1日から8月10日までとし、この間に誘引剤の交換と成虫の捕捉調査を15日間隔で3回行った。

この結果、成虫の捕捉頭数が多かった時期は表-19に示すように6月中旬頃までで、その跡の捕捉頭数は極めて少なかった。特に7月中旬以降は捕捉できなかった。

斜面の向きによる捕捉頭数をみると、北向き斜面の方に多い。これが立木被害本数率の値が高いところで多く捕捉されたかどうか、この課題は今後とも検討してゆきたい。

表-19 ホドロンによるスギノアカネトラカミキリの捕捉状況

試験期間、59年6月1日～8月10日

場所		調査月日		6月15日	7月2日	7月17日	計
No.	斜面向	標高	標高				
1	S	800 m		1	-	-	1
2	S	810		4	-	-	4
3	S	790		4	1	2	7
4	S	770		2	-	-	2
5	N	730		2	-	-	2
6	N	740		2	-	-	2
7	N	770		5	2	-	7
8	N	770		8	-	-	8
計				26	3	2	33

(注) 捕捉頭数33頭中、♀26(79%)、♂7(21%)であった。

表-20 スギノアカネトラカミキリの捕捉状況

区分	標高	斜傾向	スギ 林 齢	薬 剤 名	誘引器 設置数	捕 捉 頭 数		
						5/15～ 6/3	6/3～ 6/21	計
1	770 m	WN	35 年	ホドロン	1 個	0	0	0
				コガネコール	1	0	1	1
2	700	N	40	プロピオネート	1	0	5	5
				コガネコール	1	2	16	18
				アネトール	1	5	21	26
3	780	S	35	プロピオネート	1	0	4	4
				コガネコール	1	10	7	17
				アネトール	1	0	1	1
4	800	S	35	プロピオネート	1	0	3	3
				コガネコール	1	1	2	3
				アネトール	1	2	2	4
計					17	20	63	83

## (2) 誘引剤4種類の誘引効果

誘引剤4種類(ホドロン, コガネコール, プロピオネート, アネトール)の誘引効果を明らかにするため, 被害が発生しているスギ壮齢林分(山ノ内町・横湯川流域)に誘引器を4箇所(11基)設置し, 各種誘引剤間の効果を比較検討した。誘引器の設置高は地上4m~5mのスギ樹幹のところで, 誘引器の設置間隔は10m以上とした。設置期間は昭和60年5月15日から6月21日までとし, この間に誘引剤の交換(1回)と成虫捕捉調査(2回)を行った。

この結果, 比較的安定した誘引効果のあったものはコガネコールであり, アネトールは設置場所によって効果に大きなバラツキが認められた(表-20)。

なお, 誘引器の設置場所は標高700m~800mの範囲であったが, 捕捉された成虫の頭数は標高の低いところで多い傾向がみられた。これは場所の違いによるものと考えられる。

## (3) 誘引剤3種類の誘引効果

誘引剤3種類(ベンジルアセテート, シトロネラード, ネリルアセテート)の誘引効果を明らかにするため, 被害が発生しているスギ壮齢林分(山ノ内町・横湯川流域)に誘引器を3箇所(9基)設置した。誘引器の設置高は地上4m~5mのスギ樹幹で, 誘引器の設置間隔は10m以上とした。薬量は1基5ccと10ccの2種類とし, 設置期間は昭和61年5月15日から6月24日までで, この間に誘引剤の交換(1回)と捕捉調査(2回)を行った。

この結果, 最も効果の高かったものはベンジルアセテートで他の2種類の誘引剤では誘引効果が殆んど認められなかった。また誘引された昆虫のなかで最も多く捕捉されたものはトゲヒゲトラカミキリ(863頭)であった。これもベンジルアセテートだけで他の2種の誘引剤には誘引効果がみられなかった。次に多く捕捉されたグループはマルハナバチ亜科であった。

設置した薬量が設置期間中に消失(揮発)する程度を把握するため, 薬量を5ccと10ccで比較した。方法は薬剤が脱脂綿に染み込ませてあるため薬剤が発する香気の強弱によった。つまり20日間ぐらいの設置期間では香気は10ccの方で強かったが, 5ccの方でもかなりの香気を感じた。

香気の強弱を薬剤間でみるとシトロネラード>ベンジルアセテート>ネリルアセテートの順であった。またベンジルアセテートによるスギノアカネトラカミキリの捕捉頭数をみると, 5ccと10ccの間に差異はみられなかったことから15日間隔で薬剤を交換すれば1基5ccの薬量で十分な誘引効果があるものと考えられる。

表-21 スギノアカネトラカミキリの捕捉状況

区分 No.	標高	斜面向	林齢	薬剤名	誘引器 設置数	捕捉頭数			備考
						5/15~ 6/6	6/6~ 6/24	計	
1	760	S	40	ベンジルアセテート	1	17	12	29	1回5cc
				シトロネラード	1	0	0	0	"
				ネリルアセテート	1	0	0	0	"
2	800	S	35	ベンジルアセテート	1	5	15	20	1回10cc
				シトロネラード	1	0	0	0	"
				ネリルアセテート	1	0	0	0	"
3	800	S	35	ベンジルアセテート	1	7	18	25	"
				シトロネラード	1	0	1	1	"
				ネリルアセテート	1	0	0	0	"
計					9	29	46	75	

(注) 捕捉された頭数のうち雌成虫は93%を占めていた。

以上8種類の誘引剤によってスギノアカネトラカミキリの捕捉状況調査を行ってきたが、ベンジルアセテート剤は優れた誘引力をもっているように考えられた。

## 2 誘引剤を利用した生息状況調査

### (1) 被害が発生していないといわれている地域における生息状況

ホドロンによる誘引効果が59年の試験で認められたため、被害が発生していないといわれている地域(山ノ内町・角間川流域)でスギノアカネトラカミキリの生息状況調査を行った。誘引器の設置高は地上4m~5m(スギ樹幹)で、誘引器を2箇所(6基)設置した。

この結果、表-22に示すように標高840mのところで1頭捕捉され、この地域にもスギノアカネトラカミキリの生息が確認された。

なお、60年に行った誘引効果試験のなかでコガネコールの誘引性が優れていたため、61年にコガネコールを用いて1頭捕捉された角間川流域(標高840m~1000m)に誘引器を9基設置したところ、スギノアカネトラカミキリは捕捉されなかった。これは生息密度が極度に低いためとも考えられる。

表-22 ホドロンによるスギノアカネトラカミキリ捕捉状況

調査期間60年5月15日~6月21日

区分 No	標高 (m)	斜面向	スギ林齢 (年)	誘引器 設置数 (基)	捕 捉 頭 数 (頭)		
					5 / 15~6 / 3	6 / 3~6 / 21	計
1	940	西	35	3	0	0	0
2	840	平坦	35	3	0	1	1

## 3 被害が確認されていない地域における生息状況

### (1) 誘引剤による生息状況調査

ベンジルアセテート剤による誘引効果が認められたため、被害が確認されていない地域のスギ林分でスギノアカネトラカミキリの生息状況調査を行った。誘引器設置数は1地区1基ずつ22基、誘引剤の使用量は誘引器1基について10cc、誘引剤は15日間隔を目途に新しい薬剤と交換した。誘引捕捉された昆虫の回収は薬剤を交換するときに行った。

誘引器の設置場所はスギ壮齢林の林縁に近いところを選び、誘引器の高さは地上から4mぐらゐを目安にスギ樹幹に取りつけた。

この結果、誘引捕捉された昆虫は表-23に示すようにスギノアカネトラカミキリが173頭、その他の昆虫が28,051頭で、その他の昆虫のなかでも特に多かったものはトゲヒゲトラカミキリの24,011頭で、これは全捕捉頭数の85%を占めていた。

なお、トゲヒゲトラカミキリに次いで多く捕捉された昆虫はマルハナバチ亜科、ジョウカイボン科、コメツキダマシ科、アオハムシダマシ、トゲヒラタハナムグリなどであった。

以上のようにスギノアカネトラカミキリが捕捉され、新たに生息が確認された地域は表-23に示すように須坂市など5地域に及んでいた。南信濃村では誘引器3基を設置したところ、このうちの1基に15頭が捕捉された。この原因をみると、南信濃村でのスギ林は広がり少なく、広葉樹で仕切られたなかに団地状にスギが生立しており、このためスギノアカネトラカミキリの生息範囲の拡大が阻まれ地域的に限定されていることが考えられる。

表-23 ベンジリアセテート剤によるスギノアカネトラカミキリ捕捉状況

No.	場 所	林 齢	標 高	地 形	設置期間	誘 引 虫 数		
						スギノアカネトラカミキリ	トラヒゲトラカミキリ	その他
1	須坂市 仁 礼	70	850	沢 筋	5.13~6.17	0	596	72
2	" 塩 野	50	650	"	5.13~7.9	5	1,867	53
3	" 豊 丘	45	740	中 腹	5.13~6.17	1	135	97
4	根羽村 日 向	25	700	山腹下部	5.7~6.8	0	453	185
5	" 日 向	35	660	中 腹	"	0	419	102
6	" 初 入	30	680	山腹下部	"	0	252	28
7	天竜村 福 島	35	340	"	5.7~7.3	0	2,371	670
8	" 下 山	40	380	"	"	0	1,135	795
9	" 神 原	40	550	"	"	0	277	143
10	南信濃村 木沢	40	580	"	"	0	832	642
11	" 本町	45	420	"	"	15	3,239	473
12	" 梅平	50	410	"	"	0	222	102
13	山口村 下山口	25	480	中腹凸	5.8~6.8	2	1,539	91
14	" 条 生	50	400	山腹下部	"	0	736	79
15	" 前 野	50	340	"	"	3	782	33
16	白馬村 佐野坂	40	780	"	5.12~6.26	13	1,086	108
17	" 神城中原	40	800	山 麓	"	3	380	33
18	" 神城永塚	50	800	山腹下部	"	2	1,008	71
19	小谷村 北小谷	30~50	360	"	"	8	3,375	38
20	" 耳尾沢	35	620	尾 根 筋	"	89	1,431	84
21	" 中谷東	30~40	580	山腹下部	"	11	1,062	50
22	" 黒 川	50	650	中 腹	"	21	814	92
計						173	24,011	4,041

表-24 スギノアカネトラカミキリの被害調査結果

区分 No.	場 所	林 齢	標 高	地 形	方位	傾 斜	平 均 枯枝数	収 量 比 数	立 木 被害率
1	山口村 下山口	25	480	中腹凸	NW	35	29.4	0.88	40
2	" 条 生	35	400	山腹下部	W	10	18.9	0.74	40
3	" 前 野	50	340	"	NW	35	17.1	0.63	60
4	白馬村 佐野坂	40	780	"	E	5	13.2	0.85	40
5	" 神城中原	40	800	山 麓	NW	0~5	16.3	0.85	30
6	" 神城永塚	50	800	山腹下部	SW	0~5	12.2	0.73	20
7	小谷村 北小谷	30~50	360	"	ES	30	16.6	0.70	100
8	" 耳尾沢	35	620	尾 根 筋	E	25	27.1	0.88	100
9	" 中谷東	30~40	580	山腹下部	N	30	14.5	0.86	100
10	" 黒 皮	50	650	中 腹	N	25	16.7	0.84	100

注) No.2に付いては誘引器設置場所とは異なる林分である。

また隣村の天竜村あるいは根羽村では誘引器を3基ずつ6基設置したがスギノアカネトラカミキリは捕捉されなかった。下伊那地方では第1章で述べたように本種による被害が認められていないが、生息に地域性が高いとすれば、誘引器の設置密度を高めて調査を行う必要がある。小谷村での捕捉頭数は全体的にみて多かった。捕捉された頭数と立木被害率の関係(表-24)をみると、小谷村での立木被害率はいずれも100%を示している。この関係についてはさらに資料を積み重ねたい。

スギノアカネトラカミキリが多く誘引捕捉される時期は、いずれの地域でも5月下旬から6月上

旬であった。初発日は塩尻市(標高713m)で行った調査によると60年4月22日であった。したがって、成虫は羽化脱出後、直ちに誘引されることなくある期間を置いて誘引されることが考えられる。

## (2) 生息林分の被害調査

誘引器によってスギノアカネトラカミキリが捕捉された林分の被害状況を調べた。

この結果、被害程度を立木被害率で見ると少ないところで20%、多いところでは100%に達していた(表-26)。誘引捕捉された頭数の多い小谷村では立木被害率も高かったが、山口村では誘引器に捕捉されなかった林分の近くで被害が確認されるなど誘引捕捉された頭数と立木被害率の関係は資料が少なく明らかな傾向は見出せなかった。

被害のうち穿入孔と脱出孔の割合は白馬村では半々であったが、小谷村、山口村では穿入孔の占める割合がそれぞれ77%、86%と高いものであった。

枯枝の着生高は大部分のものが4m以上に集中しており、立木1本あたり(6m高まで)の枯枝着生数は平均18.2本であったが、個体によっては5本~43本と大きな差異がみられた。枯枝の着生状況を地域的にみると雪の少ない山口村に多く、雪の多い白馬村や小谷村に少ない傾向が見られた。また枯枝数と被害枝数の関係を見ると、小谷村では枯枝の33%に被害が発生していたが、白馬村では2.4%、山口村では5.5%と低い値を示した。

なお、被害発生林分の環境については明らかな傾向がみられなかった。

## 第5章 枝打ちによる被害回避技術

三原 康義  
小島 耕一郎

### 1 調査の方法

スギノアカネトラカミキリ成虫は枯枝にしか産卵しないことから、枯枝を付けておかないような枝打ちを適正に行うことによって被害を予防しようと考え、それらを明らかにする試験林を設置し調べた。

#### (1) 枝打ち試験林

##### ア 昭和56年度設定林

枝打区と枝打ちをしない対照区とを設置し、枝打ちは樹幹高5～6mまでに着生している枯枝を対象にする。調査は被害の発生状況、枯枝の状況、枝打あとの巻込状況等について行なう。なお、被害の発生状況は枯枝を幹に沿って切断し、切断面に現われたスギノアカネトラカミキリの虫孔の有無によった。(以下被害の確認はこの方法による)

##### イ 昭和58年度設定林

5ヵ年間の試験期間に結果を得るために、既に被害が発生している林分で一定期間にどの位被害が増加するか、その増加分を枝打ち効果におきかえて評価することにした。試験区は山ノ内町、飯山市の2ヵ所とする。試験区の大きさは1,000～1,200㎡でこの区の中に枝打木を配置する。配置の方法は山ノ内町試験区は無作為に80本ほどの枝打木を作り、飯山試験区は交互列状に2列で50本の枝打木を配置する。枝打高は7m高を目安にする。調査項は被害状況、枯枝の状況等である。

#### (2) 枝打ちのための枝解折

調査対象林分は山ノ内町、飯山市の林齢20年、25年、30年生で地位指数が22位(スギ裏系収穫表の2等地)で林分密度が収量比数0.7～0.8程度の林分を12林分選び、1林分より標準的な試料木を2本選定し、枯枝(折枝も含む)及び生枝の太さ別着生状況と被害状況等を調べる。

### 2 調査結果及び考察

#### (1) 枝打ち試験林

##### ア 昭和56年度設定林

##### (ア) 被害の発生状況

枝打ち後2年の58年度に枝打区、対照区合せて40本、4年後の60年度に24本、5年後の61年度には38本について調査を行なった。その結果、58年度調査では両区とも被害はみられなかった。次の4年経過した60年度(林齢23年生)には枝打区対照区共に被害が確認され、その発生率は立木被害率で両区50%で同じであった。枝打ち後5年経た61年度の調査では枝打区の立木被害率は60.8%、対照区は80.0%であった。被害は前年に比べ増加しており、その増加率は対照区が枝打区よりかなり高いものであった。被害の程度を立木1本当たりの被害枝数でみると、最初に被害が確認された60年度は枝打区での被害枝は1.1本、対照区は1.4本であり、翌61年度の調査では枝打区1.9本、対照区2.5本で年と共に被害が増加しており、対照区の方が被害量が多い。また、枝の切断面にみられる虫孔には穿入孔と脱出孔があるがその出現状況は、60年度の調査では穿入孔だけのものが80%を



占めており、61年度でも72.5%と脱出孔に比べてかなり高い比率であり、このことは現在被害が拡大傾向にあることを物語っていると思われる。

枝の太さと被害の関係を61年度の調査からみると太さ1cm以下の枯枝では0.5%の被害率であり、1.1~2.0cmで6.4%、1.2cm以上では16.3%と太い枝ほど被害にかゝる割合が高くなっている。しかし、枝の太さ別本数割合をみると1.1~2.0cmの枝が74.2%を占めているので被害枝はこの太さに集中していることになる。

被害の発生している高さをみると、枝打区では枝打ち後に枯れた枝が被害の対象となるため5~8m高に被害が集中していたが、対照区では0~2.5m高に4%、2.6~5.0m高に52%、5.1~8.0m高に44%と被害が分散していた。

この試験地での被害発生は22~23年生頃よりはじまり、枝打ちをしてもその後枯枝がつくられると被害の対象となるが、枝打ちで枯枝を除去した分被害は少ない。

(イ) 枯枝の状況

枯れ枝が年々生成され上部に移動する枯れ上り状況を枝打区でみると、枝打ち後の2年間は1年に1.2mの割合で枯れ上っていたが、次の2年間では年に0.7mとなり、5年目の枯れ上りは0.3mとだんだん枯れ上りが少なくなっていた。これは恐らく枝打ちにより林内の光環境がよくなったためと思われる。対照区は枝打区より林内が暗いため枯枝の生成が高くまで進んでおり枝打区との差は1mほどであった。

枯枝の数は枝打区では枝打ち後2年間で立木1本当り12本みられたが、この時点では褐変した葉を着けた枝が75%を占めており枯れてからの期間が短いことを示していた。枝打ち4年後には立木1本当り29本と増加し褐変葉がなくなった棒状枝が多くみられるようになった。このときの対照区は60本の枯枝が存在し枝打区の2倍の量となっていた。また8m高(柱材2丁取りの長さ)までの枯枝数は枝打区で立木1本当り16本、対照区では37本となっており、枝打区に比べて対照区は被害を受け易い枯枝を多く持っていた。

表-25 枝打ち試験林の設定

試験地 区分	山ノ内町大字平穩		飯山市大字瑞穂
	56年度設定 (28林班14)	58年度設定 (28林班42)	58年度設定 (154林班15)
標高	810	780	490
傾斜方位	南	南	西
傾斜度	0~2°	15~20°	20~25°
面積	1,000m <sup>2</sup>	1,000m <sup>2</sup>	1,200m <sup>2</sup>
林齢	20年	21年	21年
立木密度	1,800本/ha	2,400本/ha	2,400本/ha
枝打本数	100本	80本	50本

表-26 枝打ち5年経過後の被害状況

試験区	樹高 m	胸高直径 cm	枝の枯上り高 m	8m高までの枯枝数 本	立木被害率 %	被害の形態	
						穿入孔 %	脱出孔 %
枝打区	17.0	19.6	10.1	15.0	60.8	65.4	34.6
対照区	17.4	19.7	11.0	36.9	80.0	80.0	20.0

(ウ) 枝打ち跡の巻込み状況

枝打ち用具がノコギリであったため枝打ち跡の巻込みは遅く、枝打ち2年後では切断枝の周囲が盛り上ってきた程度で完全に巻込みの終わったものはなかった。枝打ち5年経過した段階で巻込みの終わったものは62%であった。

イ 昭和58年度設定林

(ア) 被害の状況

山ノ内試験区は58年度設定時の立木被害率は28%であったが、4年経過した62年度の調査では100%になっており4年間に72%以上の増加となっていた。飯山試験区は、8%の被害率が90.6%になっており、こちらの方は82.6%の増加であった。これを被害量の面から立木1本当たりの被害枝数で見ると、山ノ内試験区は0.4本が5.7本で14倍に、飯山試験区は0.1本であったものが4.1本にこちらの方は41倍に増加しており、急激な被害の増加状況が明らかになった。このことは切断枝にみられる穿入孔と脱出孔の出現状況にも現われており、穿入孔だけのものが山ノ内試験区では60.5%、飯山試験区では80.0%であり、このように穿入孔だけのものが多いということは穿入した幼虫の死亡などもあろうが、被害の急速な増加を示していると考えられる。また、両試験区を比べると山ノ内試験区の方が穿入孔の比率が少ないことは、それだけ被害が進んでいるとみることができこれは立木被害度の高いこととも一致する。

被害枝の着生位置を山ノ内試験区で見ると図-8に示したように58年度調査では地上高2.1~4.0mの間に全被害枝の半数近くが集まっていたが、62年度調査では被害枝階が上部に移動し4.1~6.0mの間に約40%集まり、さらにその上の6.1~7.0mには58年度3%にも満たない被害枝が62年度では21%に増加している。上部に被害枝が移動していることは新しい被害が年々発生していることを物語っていると思われる。

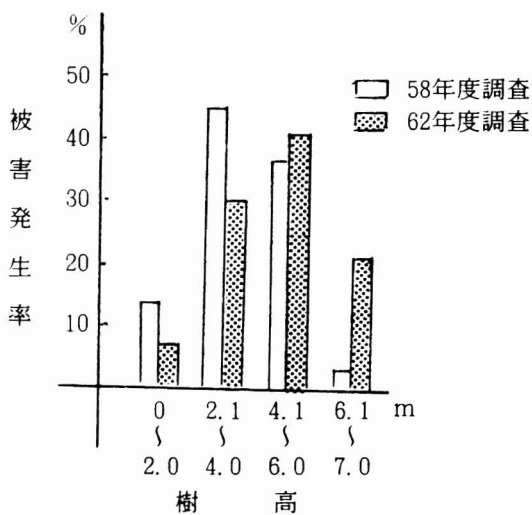


図-8 樹高階別被害発生状況 (山ノ内)

(イ) 枯枝の状況

枝の枯れ上り状況は、62年度調査で山ノ内試験区は9.3m、飯山試験区7.9mであり、4年間に枯れ上った高さは山ノ内試験区が1.9m、飯山試験区が1.2mであった。年間の枯れ上り高さは山ノ内試験区48cm、飯山試験区では30cmであり、山ノ内試験区の方が枯れ上り率の高いのは生長がよいため、それだけ立木密度が飯山試験区より高いこと

表-27 スギノアカネトラカミキリによる被害の発生状況

場所	林齢	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	枝下高 (m)	1本当たり枯枝数 (本)	1本当たり被害枝数 (本)	立木被害率 (%)
山ノ内町平穂 28林班は42	21年時	14.3	17.6	7.4	35.3	0.4	28.0
	25年時	17.9	20.7	9.3	13.8	5.7	100
飯山市瑞穂 154林班ろ15	21年時	12.3	16.3	6.7	20.6	0.1	8.0
	25年時	14.8	19.1	7.9	23.9	4.1	90.6

注) 枯枝数は7m高以下の本数

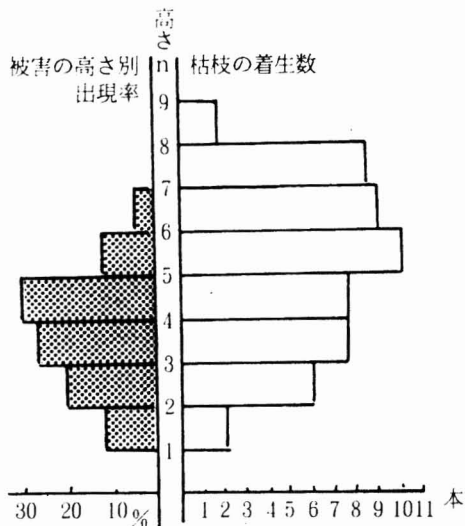


図-9 設定時の枯枝と被害の高さ別分布(山ノ内)

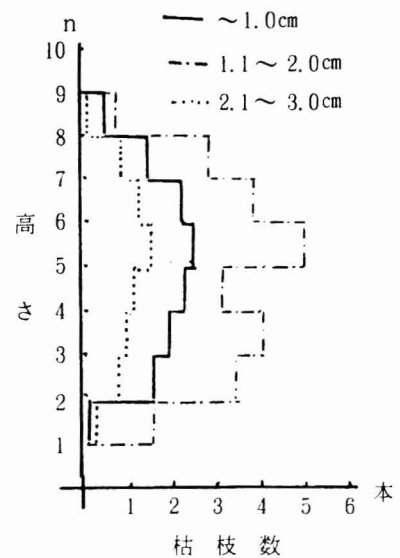


図-10 設定時の枯枝の太さ別分布(山ノ内)

によると思われる。

枯枝数を立木1本当たりでみると、58年度の調査による山ノ内試験区は35本、飯山試験区は21本であった。このような違いは降雪や間伐などによるものと思われる。また、4年経過した62年の調査では山ノ内試験区37本、飯山試験区23本でほとんど枯枝数は増加していなかった。新たな枯枝の生成と落枝がほぼ均衡していたわけである。たゞ枯枝数は立木の個体によって大きな差があり62年度調査でみると山ノ内試験区の場合15~63本、飯山試験区では11~44本という状況であった。

枯枝の着生位置をみると山ノ内試験区では2m高以下の枯枝数の割合は5%、2~4m高32%、4~6m高38%、6m高以上25%という配置でかなり均等に着生していた。飯山試験区は山ノ内試験区に比べて2m高以下、6m高以上の比率が小さく3~5m高に集中している傾向がみられた。

## (2) 枝打ちのための枝解折

### (ア) 枝の密度

枝の総本数(生枝・枯枝)は立木1本あたり、270~340本で林齢が高いほど多くなっている。このうち生枝の数は150~180本であって林齢による差は少なかった。したがって枝総数が林齢の高いほど多いのは枯枝が多くなるためである。枝の中で枯枝の占める割合は20年生では40%、25年生で42%、30年生では55%となっていた。生枝の着生密度をみると上部ほど高い傾向があり、比較的密度の高いのは上端から5~6mの間で、この間は1m長の中の枝数は20~30本となっている。幹の下部は落枝のため枝密度は小さくなっている。

### (イ) 枝枯れ状態

林木間に競争がはじまると下部の枝は照度不足により枯死する。林分密度が収量比数で0.7~0.8程度の林分では枝の枯れ上りは20年生で9m高、25年生で12m高、30年生では15m高に達していた。これを樹高との関係でみると20年生では67%、25年生で75%、30年生では81%と林齢が高くなるに伴って枯れ上り比率も高くなっている。枝の枯れ上りは細い枝、生活力の低い枝が先行して枯れるため生き枝と枯れ枝が混生する部分がみられる、この部分の幅は4~5mほどであった。

### (ウ) 枝の太さ

枝の基部における太さについて、1cm未満と1cm以上に分けてその割合を調べたところ、枯枝では1cm以上のものが50~70%を占めており、林齢の高いほどこの比率は高くなっている。生枝では

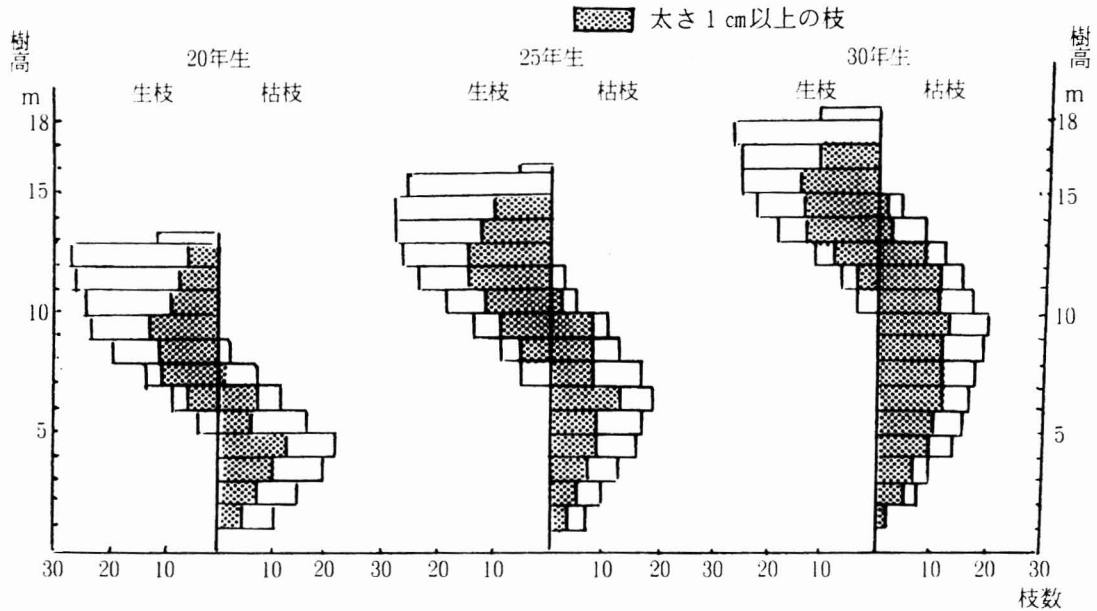


図-11 枝の構成

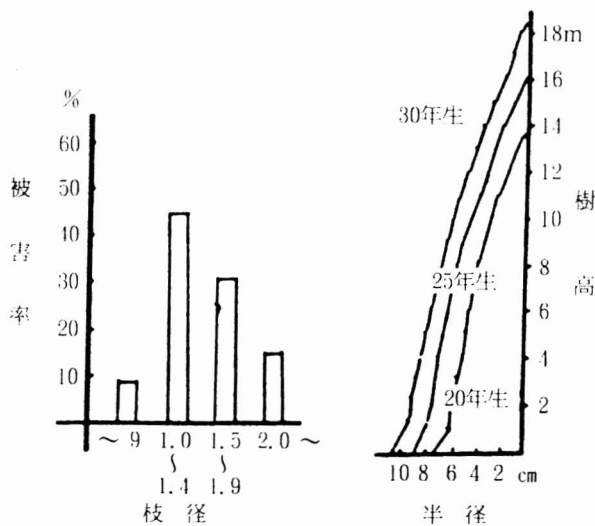


図-12 被害数の太さ

図-13 肥大生長

1 cm以上の枝は40~45%で林齢による差はほとんどみられない。これは枝密度でもふれたように生枝の着生幅は上部より9~10mの間であり、林齢による差がほとんどないことによる。壮齢林になり立木密度が変らなければ生枝部分は一定に保たれると考えられる。

(エ) 被害枝の太さ

被害枝の太さを調べた結果が図-12である。径1 cm未満の枝は9%に過ぎず大部分は径1.0~1.9 cmでその比率は76%であり、2 cm以上のものは15%であった。調査した被害枝のうちでもっとも細い枝は径0.3cm、もっとも太いものは径が3 cmであった。

(オ) 肥大生長

肥大生長の調査結果は図-12のとおりであった。林齢と形状比(樹高/胸高直径)の関係は20年生で101, 25年生では95, 30年生94となっており、多雪地帯であるこの地方では雪害の危険があると考えられる。

以上の調査結果から、今後の対策を述べると次のことが考えられる。

- ① 間伐を励行して枝の枯れ上りをなるべく少なくするため、林分密度の目安を収量比数で0.6程度の管理を行なう。この位の管理をすれば形状比は70~80になり雪害にも強い林となる。
- ② 枝打ちは15年生頃からはじめて、20年生の頃は6 m高、25年生で8 m高まで行えば被害はかなり少なくなると思われる。また、枝打ちを行なう木は最後まで残す800~1,000本/haにすれば省力になる。

## 第6章 被害材の分類と品等区分

吉野安里  
橋爪丈夫  
吉田孝久  
武井富喜雄  
奥村俊介

### 1 被害材の市場調査

#### (1) 調査の目的

スギ素材の市場での取引価格と桝積内の被害材混入率との関係から、ユーザー側での被害材の意識を把握する。

#### (2) 調査の方法

##### ア 調査日時および場所

昭和58年9月29, 30日

昭和59年12月13日

昭和60年12月13日

長野県森林組合連合会長野市場(長野市)

##### イ 桝積内調査

木口面に汚染のある材を被害素材とし、桝積内における本数割合を調査した。また桝積内の材積、径級および材長と落札価格との関係を調査した。桝積の材積と材長から桝積中の平均直径を算出した。

#### (3) 結果と考察

市場での桝積本数は平均で61本で未口径13~18cmのものが多く、一部には20~30cmの素材も含まれており各年度ともにほぼ同じ傾向であった。これらのものは価格が低い傾向が認められた。

調査年度の58, 59, 60年の各調査時での価格には差がある(表-1)。しかしながらいずれの調査においても被害丸太の混入割合が高いと落札価格が低いとは言えなかった。

受容、供給の関係や社会情勢などの他の要因に比べると、被害丸太の混入が価格に及ぼす影響は小さいものと推察される。

表-1 市場価格調査結果

スギ素材 3.65-4.0m 16-40cm	長野市場		長野県内
	価格 (円)	被害丸太 混入割合 (%)	価格 (円)
58	21,853	13.8	16,740
59	21,955	16.9	15,600
60	22,494	9.1	15,950
総 轄	22,096	13.5	

長野県内の価格は「長野県の木材価格」による。

1 m<sup>3</sup>あたりの落札価格と桝積中の平均直径との関係を見るとおおむね14cm以上22cm未満の「中径材」の価格が高い(図-1)。これは「中径材」としての出材であることを考慮するならば、径級と価格の関係はとくに本調査において、意味を持たないであろう。すなわち「中径材」の範疇を越えた径級の素材が桝積に含まれると落札価格も低くなるのも当然であると考えたからである。したがって被害丸太の混入率と落札価格との関係を明らかにするために当

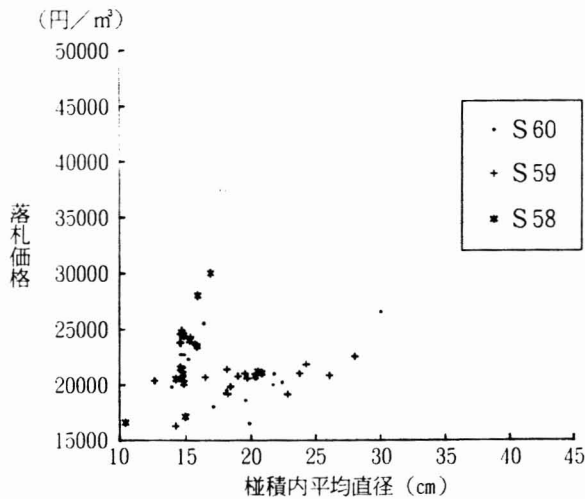


図-1 落札価格 (m³あたり) と極積内平均直径

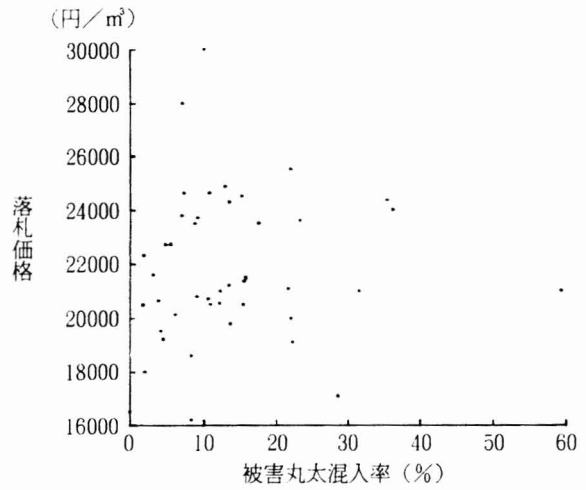


図-2 「中径材」の落札価格と被害丸太の混入率

該径級に検討の対象を絞った。

「中径材」の被害丸太の混入率と極積ごとの落札価格との関係を(図-2)に示す。これによると極積の大部分は、被害丸太の混入率が15%を下回り、また混入率に関係なく2万~2万5千円で落札されている。被害丸太が多く混入しているからといって特に価格が低いとは判断し難い。すなわち本調査の結果からは、被害が特に意識されているという結論は得られなかった。

これらの材の用途として建築構造材の「みえがくれ」として梁・桁をはじめ壁の下地や野地板あるいは仮設部分に使われているものと推察される。ただ被害材が機械的な強度を要求される部材として使われるとなると、これらの強度性能について検証を行なう必要も生じよう。

## 2 実大材強度試験

### (1) 試験の目的

スギノアカネトラカミキリによる被害材は、審美性が著しく低下しているだけでなく、機械的な強度にも劣化をきたしていると考えられる。ここでは被害材の利用方法の確立を図るため、被害材の強度性能について検討する。

### (2) 試験の方法

ア 材料 スギ市素材(材長3m、未口径13~20cm)を10.5cm正角に製材し供試材を得た。さらに供試材は2ヶ月間ていど天然乾燥した。なお素材は長野県森林組合連合会にて購入したもので産地は北信地方と思われる。

イ 製材欠点調査 供試材の気乾後に「製材の日本農林規格」に準じた方法によって材の欠点調査をおこなった。

い 最大節径比 その節の存在する材面に対する節の長さの割合を百分率であらわす。

ろ 集中径比 15cmの長さの材面に存在する節に係わる径比の合計

は 材面の変色面積割合 材面にあらわれた被害による変色部分の面積を求めた。被害による変色部分は紡錘形を主とする不定な形のものが多く、その正確な面積を測定することは困難である。そのため長さ×幅の積を被害部分の面積と見做し、これら4材面に占める変色面積の割合を材面変色率とした。供試材によっては変色の部分が腐朽にまで及んでいると思われるものもあったが、その程度は特に区別しなかった。判定者の個人差が著しいなど腐朽部分の客観的な判定が期待できないからである。

ウ 実大材曲げ強度試験

い 強度試験機 インストロンタイプのミネベア製TCM-30000を使用した。試験機では荷重100kgごとの試験片のたわみ量および最大荷重値が測定され、同時に応力-ひずみ図(stress-strain diagram)が作成される(図-3)。

ろ 設定条件 スパンは240cmとし、3等分点4点荷重方式によった。材面変色の顕著な面に引張応力がかかるように試験材を試験機に設定した。荷重速度は5mm/minとした。試験材のたわみ量は下スパン側中央部にて測定した。応力-ひずみ図より比例限域を決定した。曲げ強度、みかけの曲げヤング係数およびモーメント一定区間の曲げヤング係数は試験結果から次式により算出した。

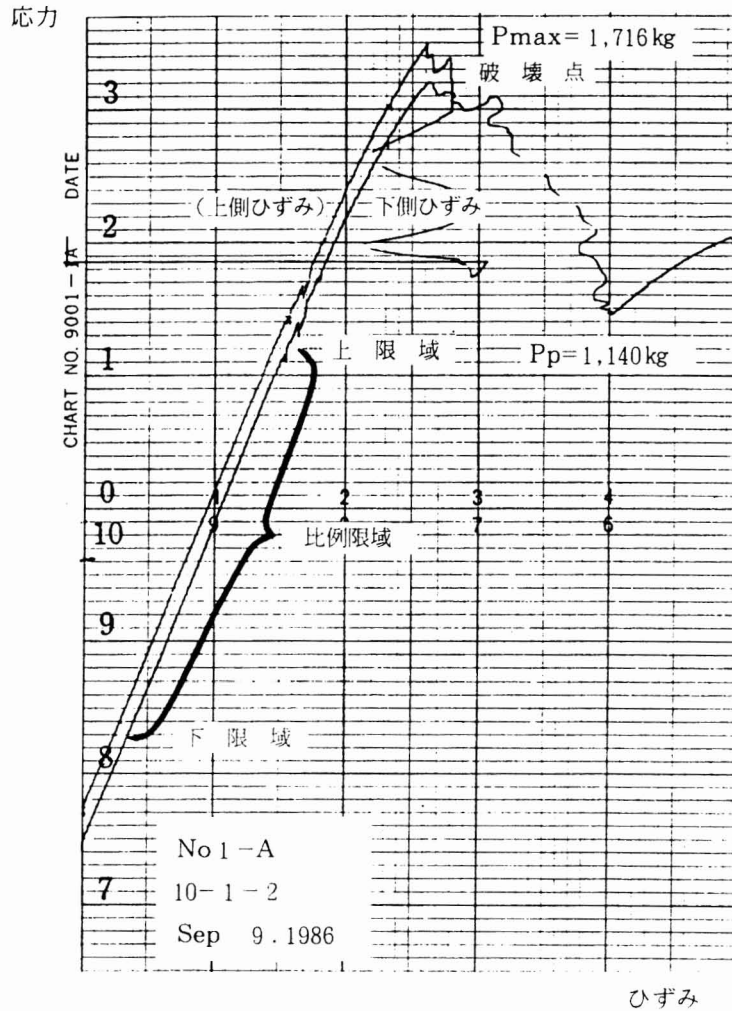


図-3 応力-ひずみ図

- (1) 曲げ強さ =  $\frac{Pl}{4Z}$  (kg/cm<sup>2</sup>)
- (2) 曲げ比例限度 =  $\frac{Ppl}{4Z}$  (kg/cm<sup>2</sup>)
- (3) 曲げヤング係数 =  $\frac{\Delta Pl^3}{48I\Delta y}$  (kg/cm<sup>2</sup>)

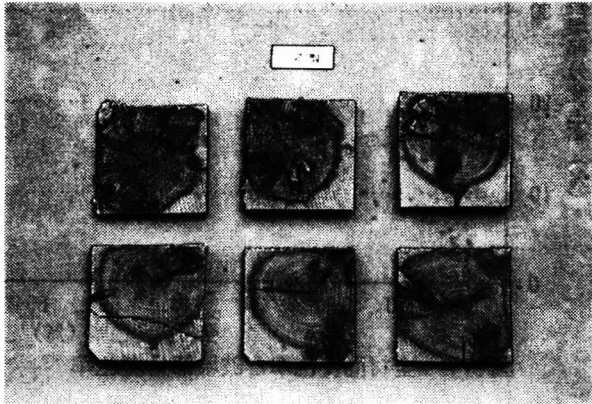
ここに P : 最大荷重 (kg)  
 ΔP : 比例域における上限荷重と下限荷重との差 (kg)  
 l : スパン (cm)  
 Δy : ΔPに対応するスパン中央のたわみ (cm)  
 Z : 断面係数 (cm<sup>3</sup>)  
 I : 断面2次モーメント (cm<sup>4</sup>)  
 Pp : 比例限度荷重 (kg)

横断面形状	面積 A	断面2次モーメント I	断面係数 Z
	bh	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{bh^2}{6}$

式-1 曲げ強さ

は 供試材の内部変色調査

曲げ強度試験後供試材を40~50cmごとに切断し、1本あたり6箇所の断面について、被害による変色面積の割合を点格子板により調査した(写真-1)。そのうちの強度試験による破壊部分の2箇所の平均値を破壊部分の断面変色率とし、あわせて含水率を測定した。



供試材の断面

表-2 分散分析表

目的変数：曲げ強度

変動要因	平方和	自由度	分散比
回帰による	93581.5	6	7.96**
回帰からの	113605.0	58	
合計	207186.5	64	

$F_0 = 7.96 \geq 3.12 = F_{58}^6(0.01)$  により

有意水準1%で回帰は有意。

$F_{58}^1(0.05) = 4.00$

説明変数	回帰係数	偏相関係数	回帰係数検定のF値
平均年輪幅	-17.837	-0.336	7.39
最大節径比	-1.908	-0.361	8.70
引張面変色率	-1.287	-0.290	5.32
絶乾比重	499.596	0.363	8.83
含水率	-9.465	-0.338	7.47
全材面変色率	1.498	0.251	×3.91

(3) 試験結果と考察

試験材は総計79本である。

供試材の半数以上が材面変色率5%以下であった。また曲げ強度は材の最大筋径比・平均年輪幅・含水率などに有意な相関が認められた。被害材の強度は、実際の被害よりもこれらの因子に依存する部分が多い(表-2)。材面変色率が5%を越えると、曲げ強度に劣化の傾向が認められたが、すべてが建築基準法施工令に規定する材料強度値の規定値225kg/cm<sup>2</sup>を満たしていた(図-4, 5)。

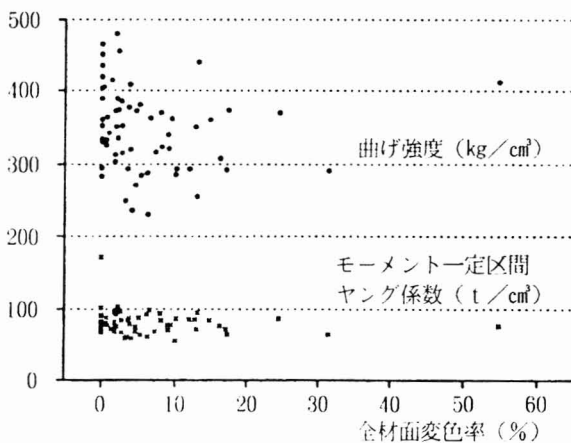


図-4 全材面変色率と曲げ強度

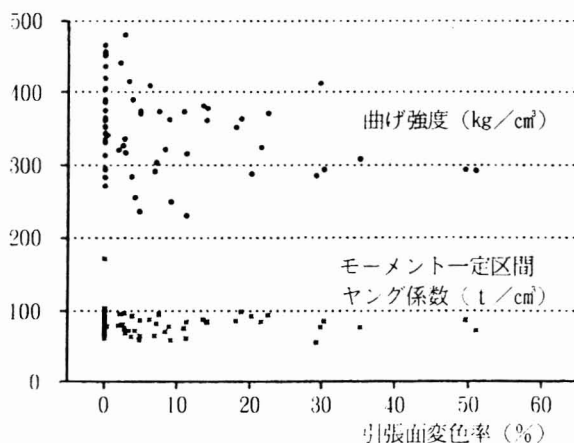


図-5 引張面変色率と曲げ強度



曲げヤング係数については、平均年輪幅に相関があるものの、他因子との関係は明らかにはならなかった(図-6)。しかし平均値は日本建築学会の本構造設計基準に定める木材ヤング値 $70 \times 10 \text{kg/cm}^2$ を満たしていた。また外観上の被害が大きいと内部の被害も進行していた(図-7)。

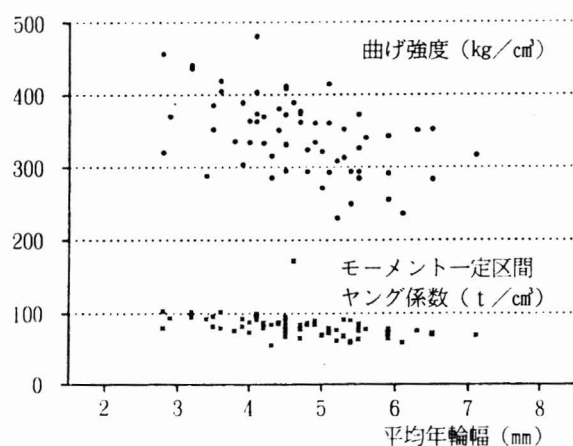


図-6 平均年輪幅と曲げ強度

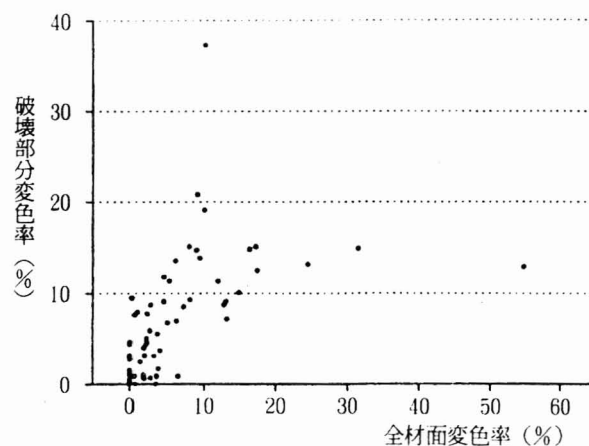


図-7 全材面変色率と破壊部分変色率

### 3 小試験片による強度試験

実大材による曲げ強度試験において材面の変色と曲げ強度との関係について結論は得られなかった。そこで材の変色とその強度性能との関係を究明するためJ I Sに定める曲げ試験とさらに縦圧縮試験を追加した。

#### (1) J I Sによる曲げ強度試験

##### ア 試験の方法

##### (ア) 試験片

実大材曲げ強度試験後の材より本試験片を得た。採材にあたっては実大材試験による破損部分および荷重の影響を受けた部分を避けた。試験片は横断面正方形の柱体とし、筋・穿孔による断面欠損・その他著しい繊維の乱れを含まない無欠点のものとした。寸法は断面の各辺25mm、長さ40cmを基準とし、採材後3週間から1ヶ月間温室に放置した。試験片はスパン長の3分の1の中央部分の全表面について①変色の認められるものと②全く変色の認められないものの2種類を設定した(図-8)。

##### (イ) 曲げ試験

い 試験機 ベルトドライブ方式によるインストロンタイプで、したがって荷重速度はやや不安定であるが $5 \text{mm/min}$ 程度と思われる。試験機では荷重10kgごとの試験片のたわみ量および最大荷重値が測定される。

ろ 設定条件 J I S Z2113「木材の曲げ試験方法」によった。すなわちスパン長は辺長の14倍である35cmとし、集中荷重はスパンの中央部、試験片の木表側より加えた。試験材のたわみ量は下スパン側中央部にて測定した。曲げ強度、曲げヤング係数は試験結果から次式により算出した。なお試験時の含水率を絶乾法により求め、さらに絶乾比重を算出した。曲げ試験後にその破損の状態を5つに分類した(図-9)。

曲げ強度試験

ア) 試験片の寸法

各辺 25mm 長さ 40cm

イ) 試験片の分類

試験片の1/3の中央部分の変色の有無

ウ)

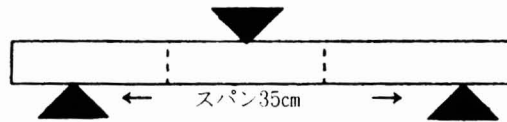


図-8 曲げ強度試験

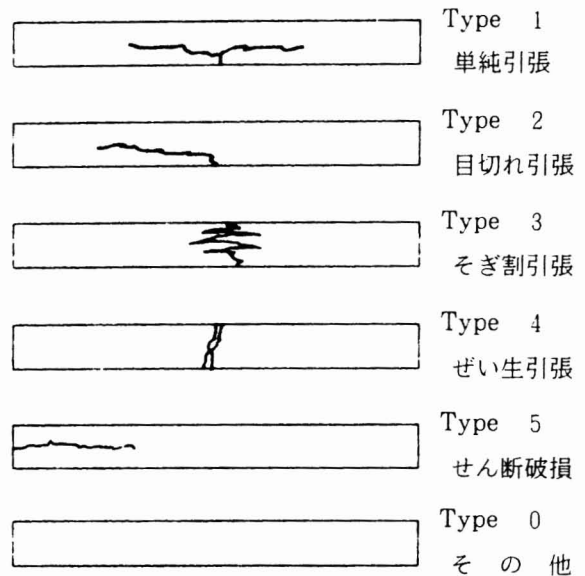


図-9 曲げ材破損のタイプ

イ 試験結果と考察

試験材は総計78本である。

曲げ強度・曲げヤング係数のそれぞれの平均値について、被害材と健全材とでは有為な差はなかった。健全材・被害材ともに強度性能にはかなりのばらつきがある(図-10)。

絶乾比重の平均値についても被害材と健全材とではほとんど差はなかった。一般に木材が腐朽すると材の比重値が低下することが知られている。本試験では腐朽した試験片は得られなかった。比重と曲げ強度とには密接な関係は認められる(図-11)。

曲げ強度試験による試験片の破壊の形態は興味のあるところである。特に引っ張り応力の作用する側の面については、その材料の強度的な性質を知る手がかりになると考えられ、いくつかの破壊形態の分類が試みられている(1)(図-9)。破壊タイプ別の強度性能を図-12に示す。

Type1: 単純引っ張り (simple tension) 26例

杉山(1)によると繊維が通直で乾燥した材の場合に起こるとされる。本試験では曲げ強度・曲げヤング係数ともに平均値は比較的高い値を示した。しかし本タイプのグループの含水率が特に低いと

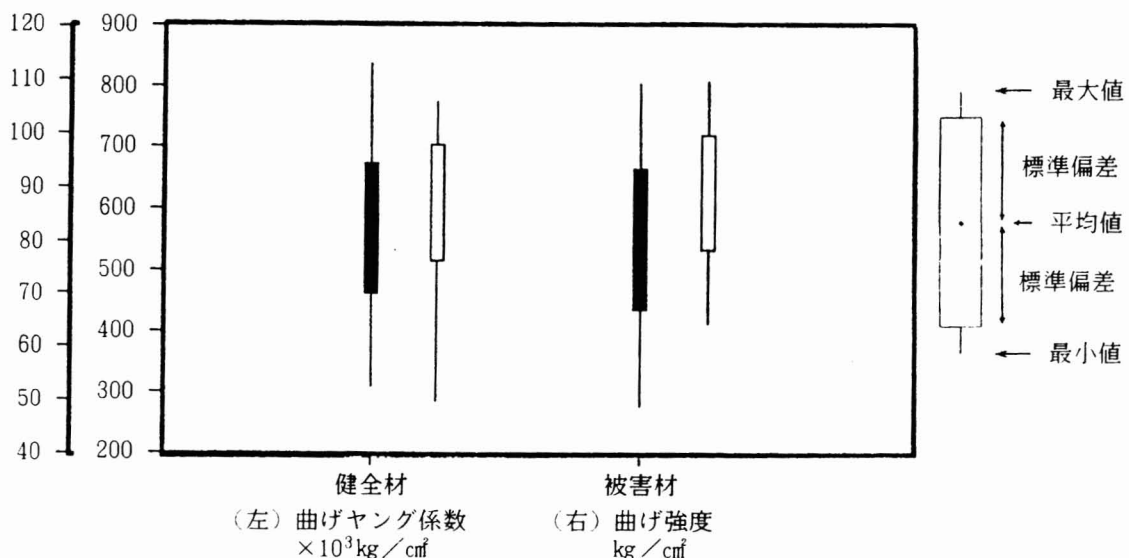


図-10 健全材と被害材の曲げ強度性能

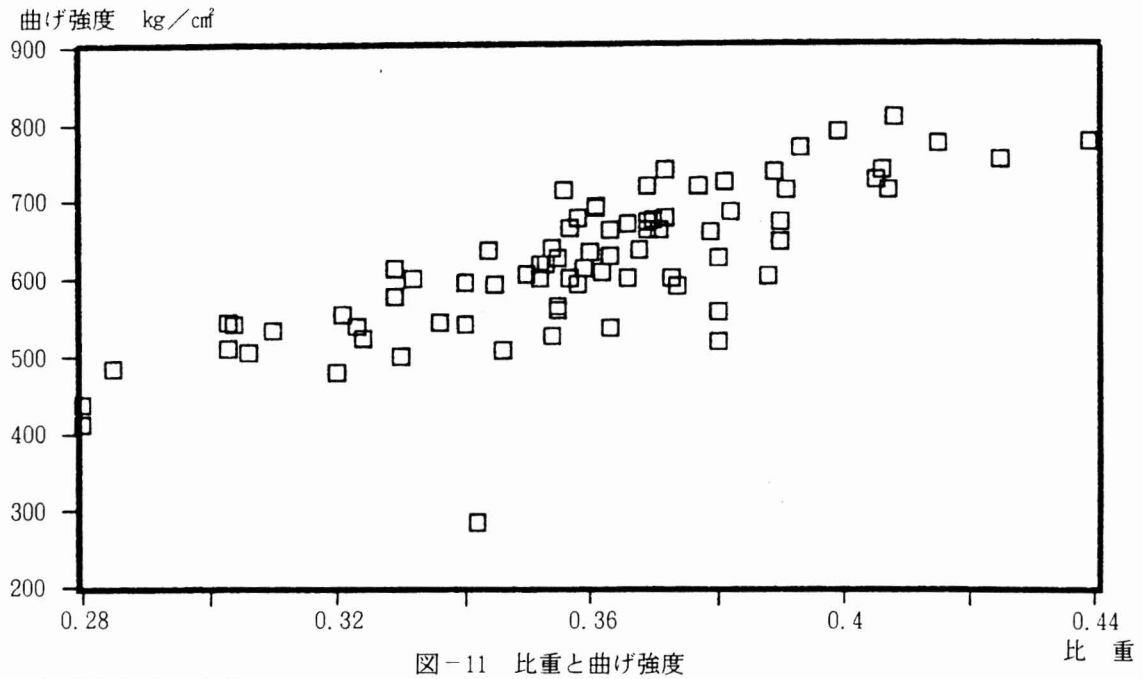


図-11 比重と曲げ強度

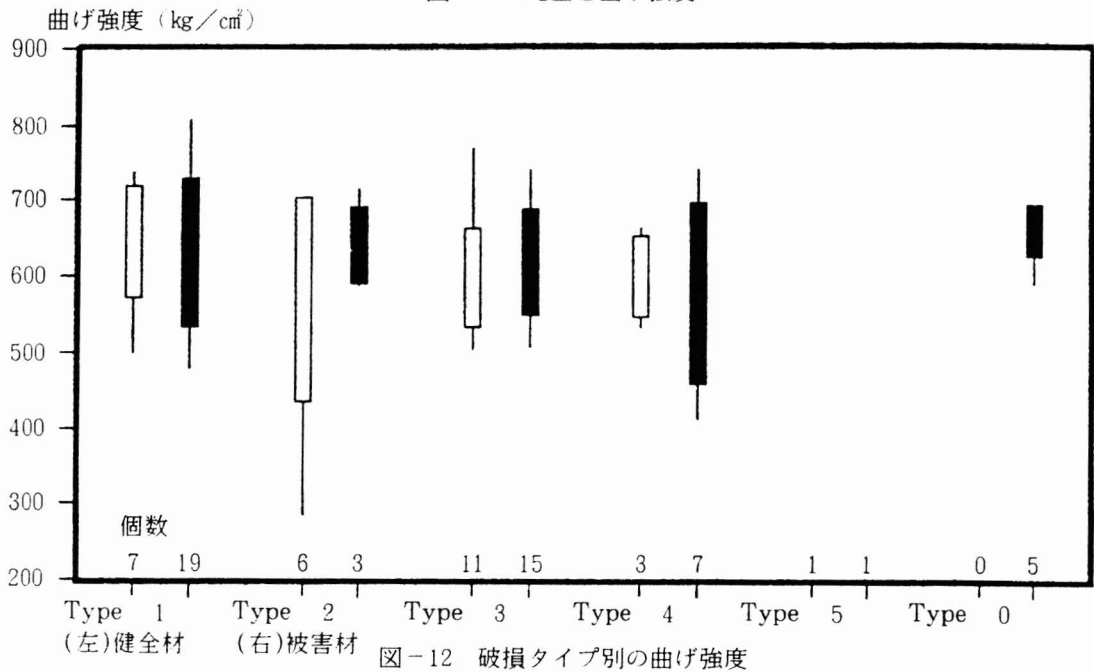


図-12 破損タイプ別の曲げ強度

いうことはなかった。

Type 2 : 目切れ引っ張り (Gross - graind tention) 9例

目切れが引っ張り面に存在するとき起こるとされるが、本試験では著しい目切れを有する部分を避けて試験材を採材したこともあり、わずかに9例が本タイプに該当した。

Type 3 : そぎわれ引っ張り (splintering tention) 26例

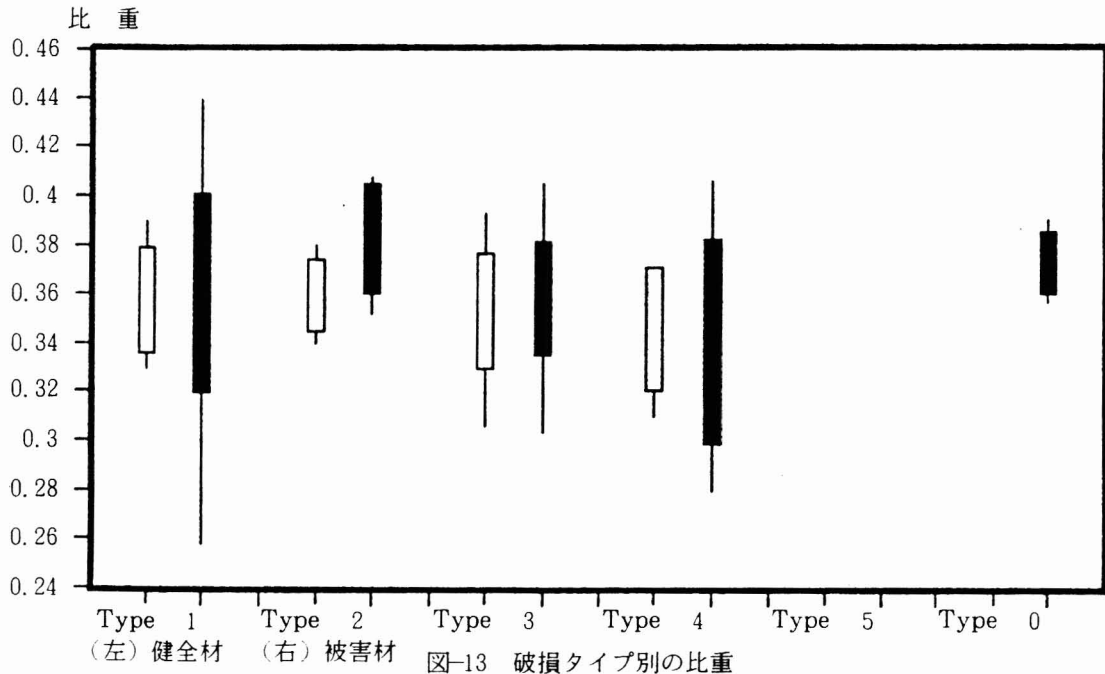
強い材に起こるとされるが、本試験では必ずしも特に強い材にみられたわけではない。強度的には単純引っ張りよりやや低い平均値を示した。

Type 4 : ぜい性引っ張り (Brittle tention) 10例

もろい木材の場合に起こるとされる。本試験ではこのタイプは比較的低い強度値を示した。

Type 5 : せん断破損 2例

梁せいがスパンに対して比較的大きいときに起こるとされるが、わずかに2例あった。



Type 0 : その他 5例

Type 1～5のいずれにも分類できなかったもので5例みられた。

また破損のタイプごとの比重の分布についても強度性能のそれに類似している(図-13)。

破壊の形態による分類を本試験では試みたが、得られた数値的な結果と破損タイプとを説明するには今回の結果からだけでは無理があり、試験片の材質究明の手がかりには直接にはつながらないように思える。

先に行われた実大材強度試験の結果をうけ、本試験では被害と強度性能の関係をより明確にすることを目的としたものの、被害材は材部の変色を除けば健全材となんら変わることはないという印象がより明確になった。

(2) J I Sによる縦圧縮試験

圧縮試験は、小さい試験片で行えることから変色部分のみの強度(圧縮強度)を検討するのに適していると判断した。

ア 試験の方法

(ア) 試験片

縦圧縮試験

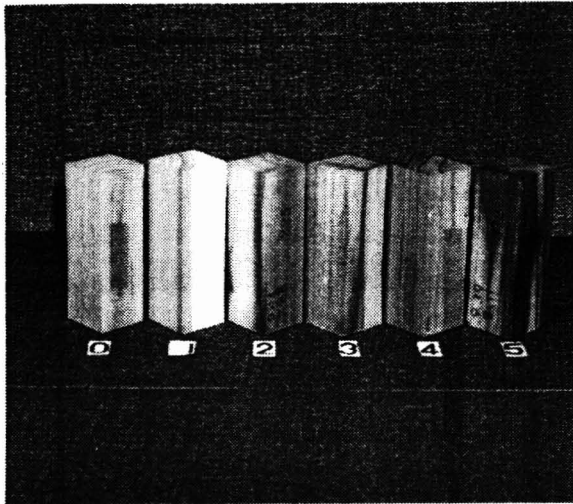
ア) 試験片の寸法

各片 20mm 長さ 60mm

イ) 試験片の類別

類別	被害の状況
0	変色は認められない。
1	かろうじて変色が認められる。
2	1/3以下の変色。
3	1/3から2/3の変色。あるいは半分くらいの変色。
4	2/3以上が変色しているが健全部分が残る。
5	ほぼ全面にわたって変色している。

表-3 縦圧縮試験片



縦圧縮試験片

実大材曲げ強度試験の後の材より無欠点の試験片を得た。試験片は横断面正方形の直六面体とし、実大材試験による破損および荷重の影響を受けない部分から芯・筋・穿孔による断面欠損・その他著しい繊維の乱れを含まないものを厳選し、材軸が繊維方向と平行になるように採材した。寸法は断面の各辺20mm、長さ6cmを基準とした。採材後に25℃・関係湿度65%の雰囲気中に1週間ほど放置した。試験片は全表面に変色の認められるものから全く変色の認められないものまでを6段階に分類した(表-3、写真-2)。各試験片の最大年輪幅と平均年輪幅を測定した。

(イ) 縦圧縮試験

い 試験機 インストロンタイプのミネベア製TCM-5000を使用した。この試験機では荷重10kgごとの試験片のたわみ量および最大荷重値が測定される。

ろ 設定条件 J I S Z2111「木材の圧縮試験方法」によった。荷重方向は繊維方向に平行とし、荷重速度は0.5mm/minとした。縦圧縮強度(以下圧縮強度という。)および圧縮ヤング係数は試験結果より次式により算出した。なお試験時の含水率を絶乾法により求め、さらに絶乾比重を算出した。

- (1) 縦圧縮強さ =  $\frac{Pb}{A}$  (kg/cm<sup>2</sup>)
- (2) 縦圧縮比例限度 =  $\frac{Pp}{A}$  (kg/cm<sup>2</sup>)
- (3) 縦圧縮ヤング係数 =  $\frac{\Delta P l}{\Delta l A}$  (kg/cm<sup>2</sup>)

ここに P b : 最大荷重 (kg)  
 A : 断面積 (cm<sup>2</sup>)  
 P p : 比例限度荷重 (kg)  
 Δ P : 比例域における上限荷重と下限荷重との差(kg)  
 l : 標点距離 (cm)  
 Δ l : Δ P に対する縮み (cm)

式-2 縦圧縮強さ

表-4 縦圧縮試験の結果

試験結果(上段:健全材 下段:被害材)			
	比 重	圧縮強度	ヤング係数
平 均	0.327	259.7	34.0
	0.337	273.1	36.5
最 大 値	0.429	392	55.7
	0.418	364	74.6
最 小 値	0.271	199	13.8
	0.277	193	10.2
分 散	0.000	881.8	77.4
	0.000	1280.0	138.6
標準偏差	0.029	29.69	8.80
	0.030	35.78	11.77

イ 試験結果と考察

試験材は総計351本である。

健全材(被害類別0)と被害材(被害類別1~5)の強さを比較した。縦圧縮強度および圧縮ヤング係数の平均値は、被害材の方が高く有為な差であった(表-4)。また被害が進行するにつれて強度値も若干大きくなる傾向を示した(図-14)。ただし最も被害の大きい被害度5については十分なサンプル数ではない。

試験片の比重と圧縮強度・ヤング係数には有為な相関が認められ、比重が大きいほど高い強度値を示している(図-15)。被害が拡大するにつれ

て、比重の平均値はわずかながら高くなる傾向にある(図-16)。変色が腐朽の前段階と考えるならば、材部は分解されはじめて比重も低下すると思われるが、これとは反する試験結果が得られた。

本試験の結果については以下の3つの可能性を考えた。

①被害によって生じた比重の変化はそのばらつきの範囲内であった。

②被害が変色の段階では比重はほとんど変化していない。

③被害の発生部位と関係がある可能性もある。すなわち材内でも高比重部分に変色が好発した。

試験材の採材は筋・繊維の乱れなどを除いてほぼ無作為におこなったにもかかわらず、被害程度の大きいものは年輪幅が小さい傾向がうかがえる(図-17, -18)。

これらの3点のいずれであるかは今回の試験では判断できない。しかし強度値に比重が大きく関わっていることは明かであるので、比重の影響を除いて強度性能と被害の程度とを再検討した(図

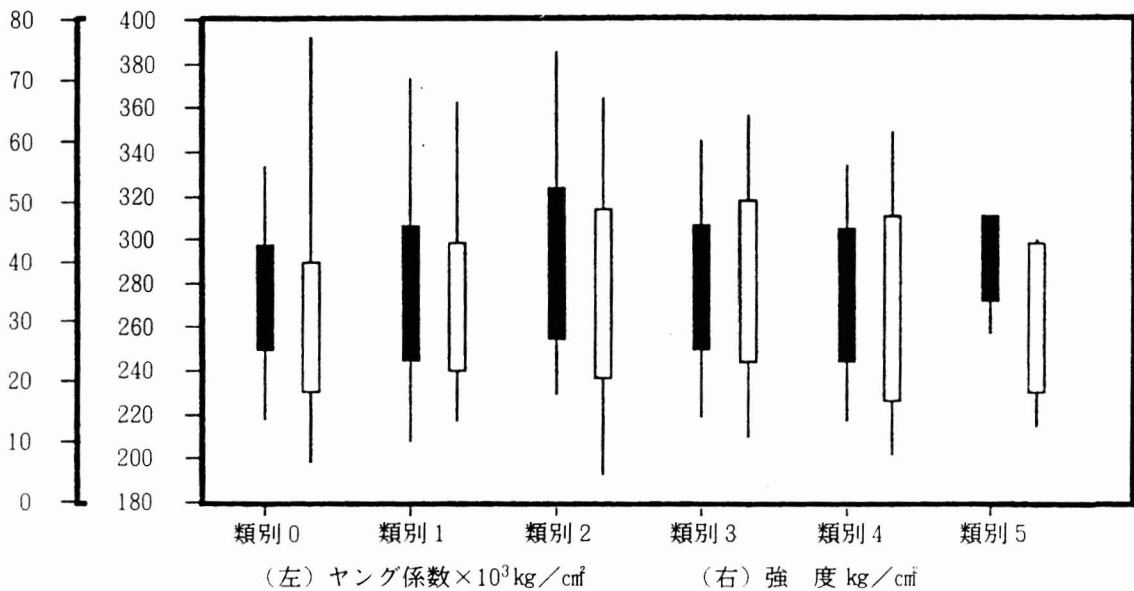


図-14 被害度と圧縮強度・圧縮ヤング係数

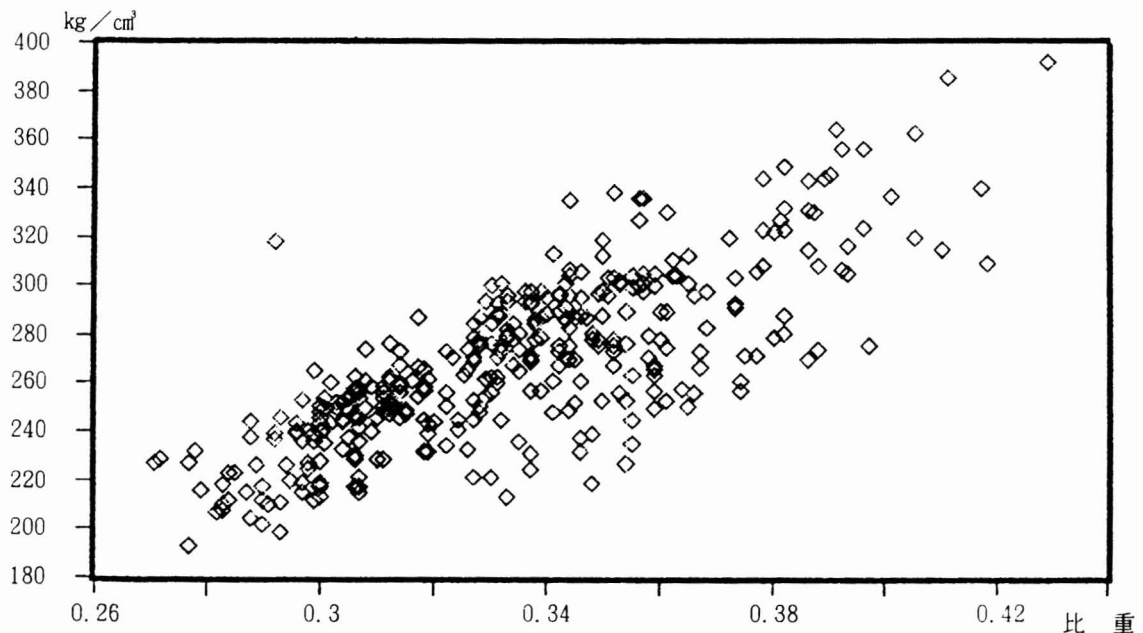


図-15 縦圧縮強度と比重

—19)。圧縮強度、圧縮ヤング係数をそれぞれの比重で除して比強度・比ヤング係数を得た。

比強度・比ヤング係数においては健全材(被害類別0)と被害材(被害類別1～5)とでは平均値には有為な差はもはや認められない。健全材と被害材の強度値の差は比重の差に起因するものと判断した。

比強度と被害度との関係から、材面に変色の発生する段階では強度の劣化はないものと推察される。それでは被害素材は強度性能の上から安心して使えるのだろうか。被害が腐朽にまで及ぶとなると強度性能も低下すると考えられるが、今回の試験では確認できなかった。市場で購入した素材からは腐朽部分をほとんど得られなかったためである。腐朽のすすんだ素材が市場に流通されることは、現実には少ないのかもしれない。

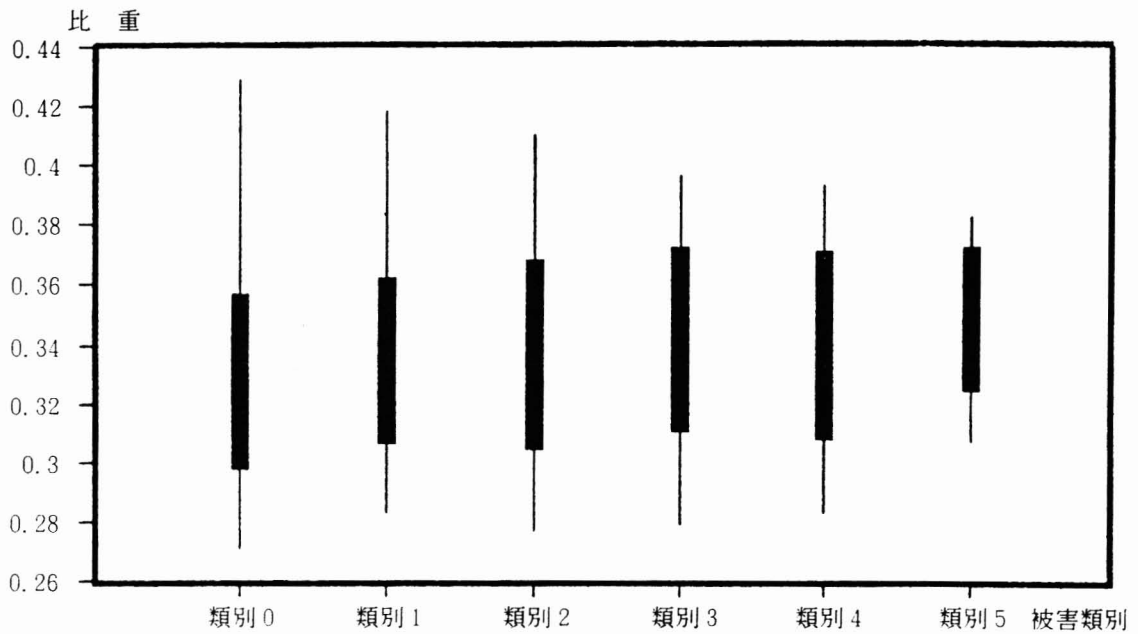


図-16 被害の類別ごとの比重

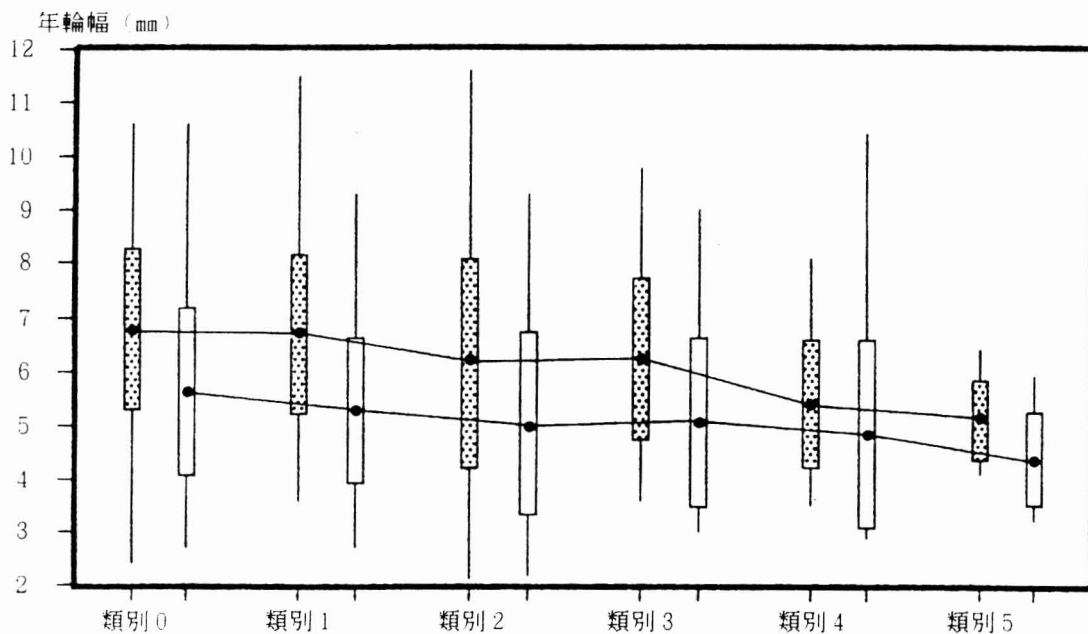


図-17 被害の類別ごとの年輪幅

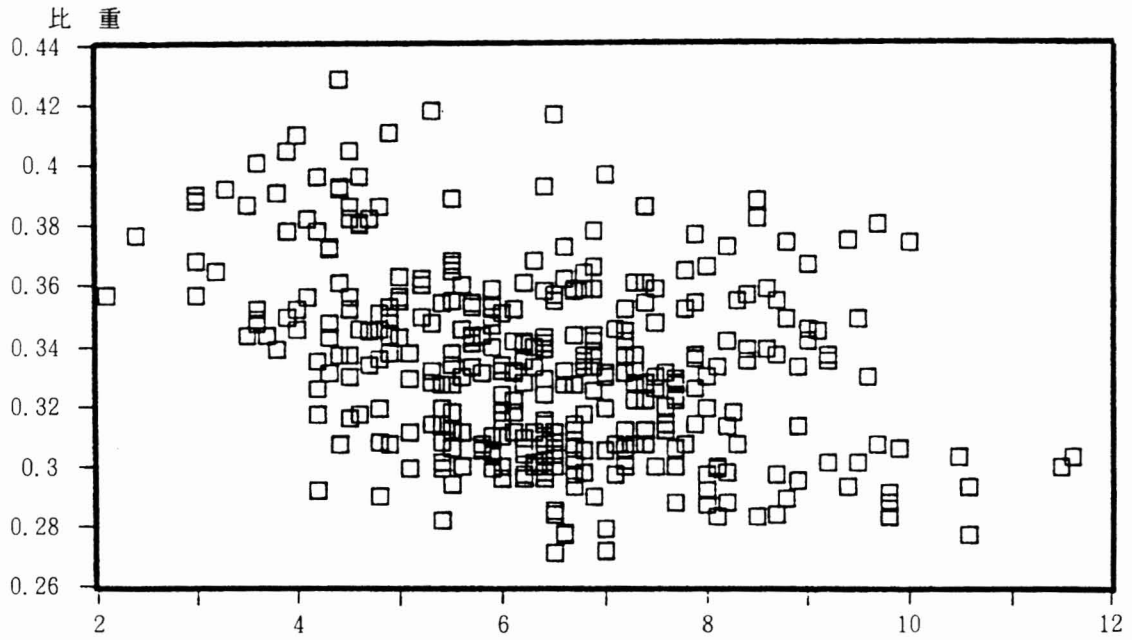


図-18 平均年輪幅と比重

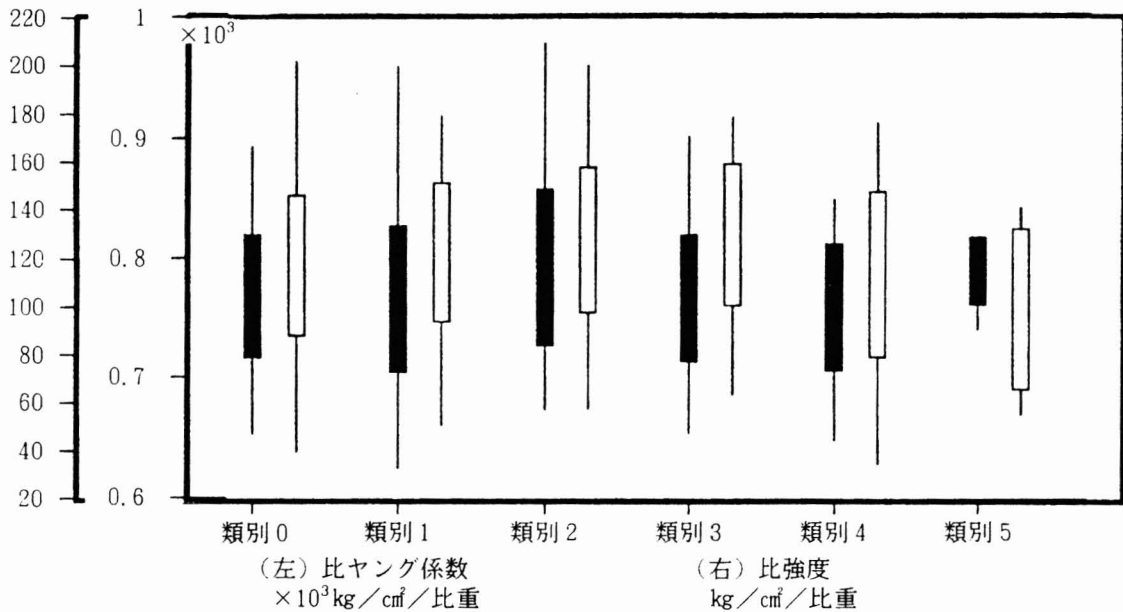


図-19 被害度と圧縮比強度・圧縮比ヤング係数

#### 4. まとめ

- (1) 現実に、市場では被害材が取り引きされている。しかし「トビクサレ」被害が落札価格によく反映されているとはいえない。
- (2) 材部に変色をきたす程度の被害材であれば特に強度性能が低下しているとはいえない。
- (3) 変色部した素材が市場に流通される例は少ないと思われる。これは産地の使用にも関わるからであろう。
- (4) 被害の大きな(材部が腐朽しているような)立木を抱える産地では、出材もままならず林業経営の意欲を喪失しかねず施策上の配慮が強く望まれる。放置されたままの被害林分がスギノアカネトラカミキリの温床になるとすればなおさらであろう。



- (5) 今後に残された課題として、どの程度(腐朽程度)の被害材までならば、強度性能上問題なく使えるかを明確にする必要がある。
- (6) 本被害の実効ある予防方法の確立が求められる。

#### 参考文献

- 1) 小林富士雄編著: スギ・ヒノキの穿孔性害虫 59~100, 1982, 創文
- 2) 日本民族資料館: 図説長野県のカミキリムシ1981, 東京法令出版
- 3) 杉山英男: 建築構造学体系22, 26~27, 1972, 彰国社
- 4) 齊藤諦: スギ良質材の生産を疎外する穿孔性害虫の防除に関する研究, 1978, 山形県林試研報
- 5) 槇原寛: スギノアカネトラカミキリの被害と防除 1988, 林業科学技術振興所