

松の年越し枯れ等新症状を踏まえた被害拡大防止技術の開発

小島 耕一郎
奥村 俊介

要 旨

長野県のマツ材線虫病による被害は年間を通じて発生している。このような地域で被害の拡大防止を図ることを目標に次の3つの防除方法を検討し、その効果を明らかにした。

①感染源徹底駆除による効果実証試験林を長野市(昭和57年に被害発生)と上田市(昭和59年に被害発生)に設け、感染源になり得る被害木・冠雪害木・風倒木・被圧木などを林外へ搬出し、その後3か年間にわたり被害が発生するたびに被害木などを除去したところ、被害の発生は皆無または極めて少なくなり、徹底駆除の効果が実証された。

②材内幼虫に対するカーバム剤による燻蒸処理効果は、葉量(原液)0.5ℓ/被覆容積1㎡以上で認められた。

③マツノマダラカミキリの増殖源にならないようなアカマツ除間伐の実施時期及び処理方法を明らかにするため、10月から翌春4月にかけて月ごとに試料木を伐倒し、寄生状況調査を行った。ここでは処理方法を3種類(1.5m玉切り枝葉除去、2m玉切り枝葉着生、玉切りを行わず枝葉着生)としたところ、10・11月処理で枝葉を着生したままで玉切りを行わなかったものに生息が認められなかったが、完全に安全と考えられる時期は判明できなかった。

はじめに

寒冷地方の松くい虫については、昭和58年から60年度にわたって「寒冷地方におけるマツ枯損動態(年越し枯れ)に関する研究」(国補一般課題)として10府県が担当して調査を実証してきた。この結果、寒冷地方では被害木が感染してから枯死するまでの期間が長く、翌年になってから枯れ、その症状も一様ではないこと、マツノマダラカミキリ2年1世代の比率が高いこと及びこれらが相互に重なって複雑な様相を呈することが明らかになった。

またカラフトヒゲナガカミキリが本病を媒介する能力を有することが実験的に明らかになり、被害が継続して発生する地域としてマツノマダラカミキリの分布地域よりも更に寒冷な地域を考えなければならない恐れが生じてきた。

更に本病の感染源としてマツ材線虫病による罹病木の他に除間伐木、病虫害・気象害等による被害木、被圧木、健全木の枯れ上り枝などが存在しており、微害地ではマツ材線虫病による枯損木と同様に重要な役割りを果たしている例も明らかにされた。

現在までのところ寒冷地方での松くい虫による被害は微害の段階で留まっているが、一部の地方では激害化、被害区域の拡大の傾向が見られる。この試験は東北地方を中心とする寒冷地方において、松くい虫被害の拡大阻止を図ることを目標に上記の一般課題の成果を総合した防除対策を実施し、その効果を明らかにしようとするものである。

研究の実施体制

森林総合研究所東北支所の指導のもとに、寒冷地方を主とする公立林業試験研究機関（青森、岩手、宮城、秋田、山形、福島、茨城、群馬、新潟、山梨、長野、京都、島根、山口）の共同研究として実施したものである。

I 感染源徹底駆除による効果実証試験

1 試験の目的

マツ材線虫病による被害初期林分に試験林を設定し、被害の定着と拡大を阻止するための手法として、罹病枯損木と共に周辺にある被圧枯死木、あるいは除間伐木などの感染増殖源を除去し、その効果を実証する。

2 試験の方法

(1) 試験地

試験地は2か所に設けた(表-1)。また被害発生時期と気象及び林況は表-2に示した。

表-1 試験地の概況

区分 試験地	設定場所	地 況			試験地 面積	設定年月日
		標 高	傾 斜 度	斜面方位		
長野	長野市・篠ノ井・石川	m 420	10~25	南 東	ha 1.04	61・5・13
上田	上田市・常盤城・三軒林	720	20~30	東南東	0.93	51・5・22

表-2 被害発生時期と林況及び気象

区分 試験地	マツ材線虫病による被害発生時期	林 況				MB指数		
		樹 種	林 齢	平均胸高直 径	平 均 樹 高	61年	62年	63年
	年度		年	cm	m			
長野	昭和 57	アカマツ	150~170	19	10	26.8	32.1	27.5
上田	昭和 59	"	40~60	22	13	28.1	33.1	27.9

(注) 気象資料は長野県気象月報によった。

(2) 試験方法

昭和61年5月、試験地設定時に感染可能源(被害木、冠雪害木、風倒木、被圧木など)の徹底駆除後の効果を実証するため、表-3に示した枯損木などを林外へ搬出し、その後新たに発生してくる被害木などを除去した。

なお、試験地設定時(61年5月)における立木の胸高直径の値をみると、長野試験地での338本(総本数469本のうち131本は5cm以下のものであるため除いた)の値は19.2±6.9cm(範囲6.5cm~40cm)、上田試験地での520本の値は22.0±5.6cm、(範囲9.0cm~36cm)であった。

(3) 除去立木の汚染状況

除去した立木の幹及び枝についてマツノザイセンチュウ、マツノマダラカミキリの寄生状況(樹

幹部と枝の一部)を調べた。

なお、マツノザイセンチュウ寄生の有無を調べるための試料片は樹幹高1.2mのところ、樹幹中央部、梢端付近の3か所から採取した。

3 試験の結果と考察

(1) 感染可能源の除去状況

感染可能源の徹底駆除後(表-3)、長野試験地では6回、上田試験地では5回にわたって被害木などを除去し、その都度林外へ搬出した。試験地設定当時、感染可能源の存在率は長野試験地では9.3%、上田試験地では7.3%でありほぼ同数であった。

表-3 アカマツ立木と除去木

区分 試験地	調査 年月日	総本数	健全木	枯損木などの内訳						調査時に除 去した本数
				褐変	黄褐変	部分枯れ	冠雪害木	風倒木	被圧木	
長野	61・5・13	469本	422本	⑩本	①本	3本	⑤本	⑥本	⑫本	44本
	7・30	425	420			5				
	9・30	425	416	2	4	3				
	12・9	425	416	⑥	③					9
	62・6・2	416	409	③		2			②	5
	12・9	409	399	⑥	④					10
	63・2・19	399	393	④	②					6
	7・20	393	389	④						4
11・22	389	388	①						1	
上田	61・5・22	520	481	⑫	①	1	⑬	⑥	①	38
	7・25	482	481		1					
	9・30	482	480		2					
	11・27	482	480		②					2
	62・5・29	478	473		①		②	①	①	5
	12・4	473	471	①				①		2
	63・7・6	471	468						③	3
	11・2	468	458				⑩			10

(注) ○で囲んだ数値は除去本数を示す。

表-4 試験地設定時除去木のマツノマダラカミキリ・マツノザイセンチュウ寄生状況

区分 試験地	枯損木など 除去本数	立木本数寄生率			
		マツノマダラカミキリ		マツノザイセンチュウ	
長野	44本	10本	22.7%	17本	38.6%
上田	38	2	5.3	1	2.6

(2) 被害程度と駆除効果

試験地設定時除去木のマツノマダラカミキリ及びマツノザイセンチュウ寄生状況を表-4に示した数値で比較し、被害程度を判断すると長野試験地は上田試験地よりも被害程度が大きいといえる。

そこでマツノザイセンチュウの検出状況をみると、これは長野試験地では調査最終回の63年11月まで認められたが、上田試験地では試験地設定時に認められたのみであった(表-5)。

なお、上田試験地ではニセマツノザイセンチュウが冠雪害木から若干数検出されている。またマツノマダラカミキリ寄生は長野試験地では調査最終回の63年11月まで認められたが、上田試験地では63年7月までであった(表-6)。

以上のことから感染可能源の徹底駆除後、新しく発生してきた被害木などを除去してきたところ、駆除効果は被害程度が大きいと考えられた長野試験地において約3か年経過後に現われ始めた。ところで上田試験では63年の春、冠雪害木が発生した。これはマツノマダラカミキリの増殖源になり得るものであったが、当試験地では表-6に示したようにマツノマダラカミキリの寄生が63年7月の段階で被圧木3本中1本に認められたのみで、冠雪害木にまで及ばなかった。これは生息数が極めて少ないためと考えられた。

表-5 除去木におけるマツノザイセンチュウ検出の有無

区分 試験地	調査年月日	枯損木などの内訳														
		褐変			黄褐変			冠雪害木			風倒木			被圧木		
		有	無	率	有	無	率	有	無	率	有	無	率	有	無	率
長野	61・5・13	13	7	65	1	-	100	1	4	20	1	5	16.7	1	11	8.3
	12・9	6	-	100	3	-	100									
	62・6・2	2	1	66.7										1	1	50
	12・9	4	2	66.7	4	-	100									
	63・2・19	2	2	50	2		100									
	7・20	3	1	75.0												
	11・22	1		100												
上田	61・5・22	1	11	8.3	-	1	0	-	18	0	-	6	0	-	1	0
	11・27				-	2	0									
	62・5・29				-	1	0	-	2*	0	-	1	0	-	1	0
	12・4		1	0								1	0			
	63・7・6														3	0
	11・2								10**	0						

注1. マツノザイセンチュウ検出は樹幹部の3点(地際から1.2m, 中間, 樹冠上部)から20gずつの材片を採取して行った。

2. 表中の率とは本数検出率を示す。

3. *印2本中1本からニセマツノザイセンチュウが検出された。

4. **印10本中2本から "

(3) 除去木の大きさ

試験期間中に除去した被害木(褐変・黄褐変)など増殖源になり得る枯損木の大きさを胸高直径でみると、被害木及び風倒木に大きい傾向がみられた(表-7)。特に被害木の発生状況をみると、被害は木の大小に関係なく発生するが、老木から先に被害を受けている(3)という温暖地方での被害木の発生パターンと同じ傾向がみられた。

表-6 除去木におけるマツノマダラカミキリ寄生状況

区分 試験地	調査年月日	枯損木などの内訳																								
		褐 変					黄 褐 変					冠 雪 害 木					風 倒 木					被 圧 木				
		一	十	卅	卅	率	一	十	卅	卅	率	一	十	卅	卅	率	一	十	卅	卅	率	一	十	卅	卅	率
長野	61・5・13	18			2	10	1				0				5	100	4			2	33.3	11			1	8.3
	12・9				6	100	3				0															
	62・6・2	3				0														2						0
	12・9	2	1	1	2	66.7	2			2	50															
	63・2・19	2			2	50	2				0															
	7・20	4				0																				
	11・22		1			100																				
上田	61・5・22	10			2	16.7	1				0	18			0	5				0	1					0
	11・27						2				0															
	62・5・29						1				0	1		1	50	1			0	1					0	
	12・4	1				0										1				0						
	63・7・6																			2	1					33
	11・2											10			0											

注1 マツノマダラカミキリ寄生状況は樹幹(1.5mずつに玉切った丸太)を剥皮し、寄生の認められた丸太について生息数(樹皮下幼虫、穿入孔など)を材表面積で除した値によって5頭以下を十、6~10頭を卅、11頭以上を卅で示した。なお、一印は寄生なしを示す。
 2 表中の率とは本数寄生率を示す

表-7 除去木の大きさ

各種除去木の本数は表-3を参照のこと

区分 試験地	褐 変		黄 褐 変		冠 雪 害 木		風 倒 木		被 圧 木	
	樹 高	胸高直径	樹 高	胸高直径	樹 高	胸高直径	樹 高	胸高直径	樹 高	胸高直径
	m	cm	m	cm	m	cm	m	cm	m	cm
長野	10.3±2.3	19.2±7.9	11.5±1.4	23.1±7.9	—	15.6±2.9	8.0±0.7	22.3±5.2	8.2±2.4	7.7±2.3
上田	11.5±2.2	14.5±3.1	13.2±0.9	22.1±1.6	—	16.9±4.1	13.3±1.6	20.2±5.4	9.0±0.3	11.8±0.8

II 材内幼虫に対するカーバム剤による燻蒸処理効果試験

1 試験の目的

材内に生息するマツノマダラカミキリ幼虫に対するカーバム剤の寒冷地方での殺虫効果を明らかにする

2 試験の方法

(1) 試験地

試験地は上田市に2か所, 長野市に6か所設けた(表-8)。これら試験地の標高は400~600mで, 燻蒸処理はアカマツ壮齢林内で行った。

表-8 カーバム剤によるビニール被覆燻蒸処理

区分 試験地	材 料		処 理 区 分			
	供試材材積	被覆容積	薬 量	濃度	処理年月日	被覆期間
	m ³	m ³	ℓ / m ³			日間
上 田 1	0.44	0.80	1.26	原液	61. 8. 27	26
上 田 2	2.13	2.99	0.33	"	61. 8. 27	26
長 野 1	0.84	1.62	0.62	"	61. 9. 16	17
長 野 2	0.20	0.38	2.63	"	61. 9. 16	30
長 野 3	0.90	2.88	0.52	"	61. 12. 11	74
長 野 4	0.74	2.60	0.58	"	61. 12. 11	74
長 野 5	0.61	1.92	0.78	"	61. 12. 11	74
長 野 6	0.74	1.73	0.87	"	62. 2. 10	31

(2) 処理方法

ア 丸太の積み重ねかた 1.5mに玉切った丸太と枝条部は図-1に示す方法で積み重ねた。枝条部を下部に敷くように山をつくることでビニールシートの破損を防ぐことができる。

イ 処理諸元 表-8に示す諸元で行った。

ウ 被覆状況 ビニールシート(透明, 0.15mm厚)の裾を土中に埋め, ガスもれを防ぐため, 山の周囲に掘った溝の深さは鉋物質土壌を露出させてからさらに5cm程度掘りさげた。

エ 薬剤処理 積みあげた丸太上に薬液を流したのち直ちにビニールシートで覆い裾を土中に埋めた。

(3) 線虫類の死亡状況調査

処理前の生存状況と処理後の死亡状況を調べた。また線虫検出用の材片は乾燥を防ぐため, 厚めの円板として採取した。

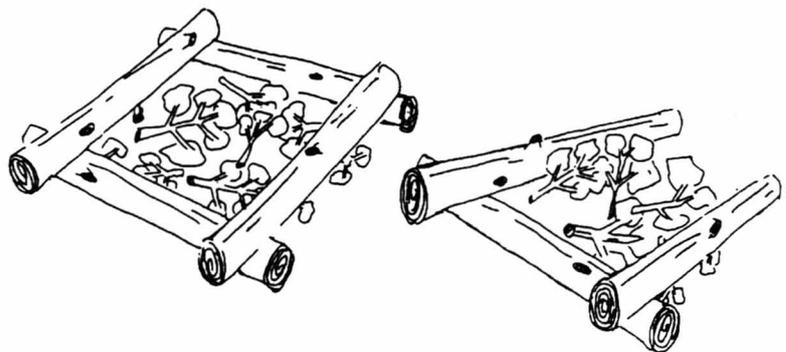


図-1 丸太の積み重ね方

3 試験の結果と考察

(1) カーバム剤による燻蒸処理効果

表-8に示す処理諸元により燻蒸処理を行ったところ, 表-9に示す防除効果が認められマツノマダラカミキリ幼虫は全て死亡した。ところが上田・2の場合, シート内容積に対する薬量が少なかった(0.33ℓ/m³)ためか材内深く穿入していたオオゾウムシ幼虫は14頭中1頭の生存が確認された。このようなことからより確実性を考え薬量は0.5ℓ/m³以上が望ましいと判断された。

(2) 線虫類の死亡状況調査

処理前に材片20g中1000頭以上の線虫類が認められた箇所を燻蒸処理後に再び調査を行ったところ, 線虫類は全く検出されなかった。

表-9 マツノマダラカミキリ幼虫の死亡状況

区分 試験地	供試材 中央径 (cm)	樹皮下幼虫		材内幼虫				合計	
		生	死	幼虫孔道		さなぎ室		生	死
上田 1	8~19.5	0	5	0	0	0	6	0	11
上田 2	9.5~16.5	0	4	0	0	0	3	0	7
長野 1	10~18	0	33	0	2	0	18	0	53
長野 2	9.5~18	0	198	0	5	0	1	0	204
長野 3	12~45	0	7	0	2	0	6	0	15
長野 4	10~35	0	6	0	0	0	0	0	6
長野 5	9~22	0	35	0	12	0	22	0	69
長野 6	5~28	0	1	0	8	0	19	0	28

(3) 林内に放置した試験終了後の丸太とマツノマダラカミキリの寄生

62年12月11日に処理した長野3・4・5は1本のアカマツ(胸高直径45cm, 樹齢150年, 樹高21m)を伐倒してつくったものである。針葉はすでに褐変していたが、樹幹下部の内樹皮は健全なものと比較しても違いが認められないくらいみずみずしかった。そしてマツノマダラカミキリを含めた穿孔虫類の寄生は樹幹高13mまで全く認められなかった。

この丸太をカーバム剤処理後林内に放置したところ63年に発生したマツノマダラカミキリの産卵対象木となり、8月30日の調査では穿入孔を形成した材内に幼虫の生存が確認された。したがって大径木を処理する場合は、早く乾燥させることを考慮して一部分を剥皮することも考えたい。

Ⅲ 感染・増殖源にならない除間伐実施時期の解明

1 試験の目的

アカマツ林の除間伐に伴い発生する林内放置木などがマツノマダラカミキリの増殖源になっている例があるので、伐倒時期をマツノマダラカミキリの産卵期間外の秋から春に設定し、放置木が増殖源にならないような除間伐時期を検討する。

2 試験の方法

(1) 試験地

上田市大字小泉字上半過地籍(標高630m, 西北西斜面, 傾斜角20~35°, 最深積雪深30cm前後)の林齢22年から35年生・アカマツ天然林内に設置(0.5ha)した。

(2) 試料木の大きさ

樹高6.0~13.7m(平均10.2±1.5m), 胸高直径6.5~19.5cm(平均11.8±3.0cm), 枝下高4.2~8.7m(平均5.6±1.4m)。

(3) 試料木の処理

林内放置後の乾き程度とマツノマダラカミキリの寄生状況を見るため、処理方法を3種類(1.5m玉切り枝葉除去, 2m玉切り枝葉着生, 玉切りを行わず枝葉着生)とし、各処理2本ずつ計6本をマツノマダラカミキリが飛翔していない61年10月から翌年4月まで毎月伐倒処理を行い林内に放置した。

なお、マツノマダラカミキリの生息状況を知るための試料木をマツノマダラカミキリの増殖源となり得る61年8月6日(1.5m玉切り枝葉除去木1本)と62年5・7月(上述した3種類の各処理木1本ずつ計3本)に設定した。

(4) マツノマダラカミキリ寄生状況調査

62年10月15日、試料木を全て回収し樹皮下幼虫数と穿入孔内幼虫数に分けて調査を行った。

3 試験の結果と考察

(1) 増殖源になり得る期間に処理した試料木の寄生状況

5・7月試料木における材表面積1㎡あたりマツノマダラカミキリの寄生頭数を表-10に示した。これらの数値を処理方法の違いでみると、いずれの試料木も枝葉を着生したまま玉切りを行わなかったものでは寄生頭数が高い値を示した。

マツノマダラカミキリの産卵行動の経時変化をみると、最初好適な条件の箇所に産卵が集中して行われることが知られている(1)。このことからマツノマダラカミキリ個体群がこの試料木に強く寄生したことは、玉切りを行ったものより行わなかったものに好適な条件(乾き程度がプラスに働いた)が存在していたことが考えられる。また8月試料木におけるマツノマダラカミキリの寄生状況を見ると、樹皮下食痕のみ3個(1.3個/㎡)、穿入孔形成77個(33.7個/㎡)であった。

なお、穿入孔形成77個から1年1世代型で羽化脱出した個体は5個(6.5%)であったが、他の個体についての生・死亡状況は調べなかった。

(2) 増殖源にならないと考えられた期間に処理した試料木の寄生状況

ア 処理方法と寄生状況 寄生が認められなかった試料木は図-2、表-10に示すように10・11月に処理した枝葉を着生したまま玉切りを行わなかったものであった。この主な原因には、後述する異種の穿孔虫類の寄生に加えて寄生しにくい条件(材の短長と枝葉着生の有無に伴い乾き程度がマイナスに働いたこと及びマツノマダラカミキリの密度一低い密度では産卵数に限りがあるため、集中分布で終り一様分布に発達しないことが小林の論文(1)から考えられる一)が生じたものと考えられる。

葉つきものは初期の乾燥を早めることが、クヌギ及びコナラ(2)、スギ及びヒノキ(4、5)などで知られている。そしてスギ・ヒノキの場合、春から夏にかけては伐採後1か月程度で含水率はかなり低下するが、秋ではより長期を要するとなっており、また澱粉含有量は葉枯らし1か月後より3か月後の方が減少量が大きいとされ、葉枯らしにより澱粉含有量が減少し、葉枯らし材の防腐防虫に効果があるものと考えられている。

表-10 アカマツ立木の伐倒処理とマツノマダラカミキリ寄生状況

調査年月日 62年10月15日以降

区分 処理時期	1.5m玉切り枝葉除去		2m玉切り枝葉着生		玉切りを行わず枝葉着生	
	樹皮下食痕のみ 個	穿入孔形成 個	樹皮下食痕のみ 個	穿入孔形成 個	樹皮下食痕のみ 個	穿入孔形成 個
61. 10. 17		1 (4.2)	3 (3.7)			
11. 17			1 (1.3)			
12. 18	2 (1.5)	4 (3.0)	1 (1.4)		2 (1.5)	
62. 2. 13		1 (1.8)	2 (0.9)		4 (2.2)	1 (0.5)
3. 17	1 (3.0)		1 (1.8)			2 (2.1)
4. 20	1 (2.8)				1 (2.2)	3 (6.7)
5. 22	6 (7.1)	4 (4.7)	2 (1.9)	1 (1.0)	2 (2.0)	33 (32.3)
7. 7	17 (7.3)	40 (17.1)	5 (3.3)	45 (29.9)	15 (6.4)	72 (30.7)

注 () 内の数値は、材表面積1㎡あたりに換算したものである。

以上のことを取りまとめると次のことが考えられる。マツノマダラカミキリ成虫が産卵を行うときに選ぶ産卵場所は内樹皮の乾き程度と深い関係があり、他の一つには密度の高低があることである。密度の高低と産卵が行われる場所との関係にもかなり高い関係がみられる。つまり密度が高いときには生息に適さない環境にまで産卵場所が拡大され、この環境が及ぼす影響は幼虫など他の虫態の死亡要因に強く働きかけてくるものと考えられる。

イ 処理時期と幼虫死亡状況 幼虫の死亡率をみると、10・11月では5頭中4頭(80%)、12月では9頭中3頭(33%)、2・3・4月では17頭中4頭(24%)であった。死亡虫が現われた主な原因として、長期間放置に伴う増殖源の活性の低下に加えて玉切りを行ったもの行わなかったものいずれも成虫で越冬し春になって産卵する習性のあるマツキボシゾウ・マツノコキイムシなど(樹皮の薄い部分に産卵する習性がある)が優占種として寄生し、餌となる樹皮下組織がほとんど摂食されていたため、その後マツノマダラカミキリが産卵したとしても、その幼虫は餌不足のため正常な発育はできなかったと考えられる。この傾向は図-2にみられるように梢端部に近い樹皮の薄い部分で強く現われた。

ところでこれら異種の穿孔虫類の生息数には限界があり、除間伐作業に伴い発生する林内放置本数が多くなると、これら穿孔虫類の寄生密度は低下することも考えられる。

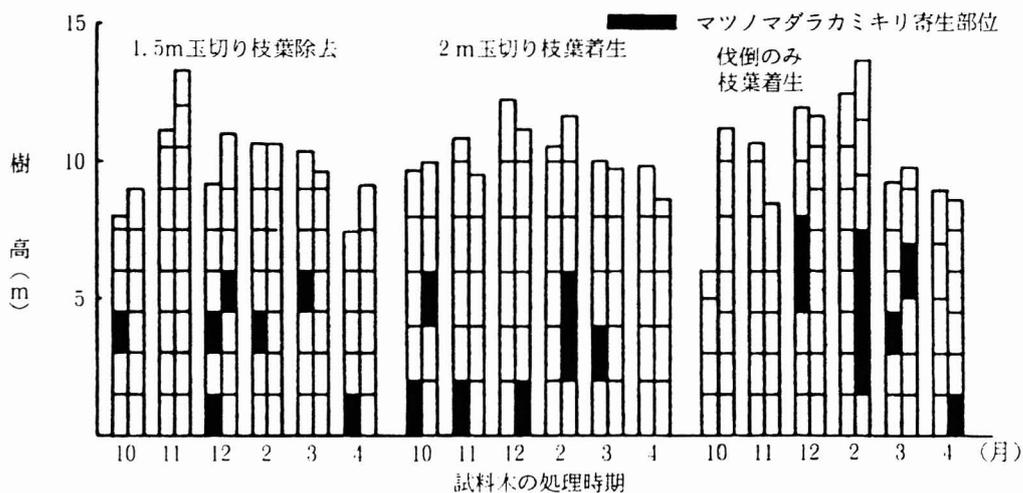


図-2 林内に放置した試料木とマツノマダラカミキリ寄生状況

(3) 除間伐の実施にあたって

10・11月に除間伐を行うとしても完全に安全な時期はなかったため、マツノマダラカミキリの増殖源として既存する枯損木、被圧木などは燻蒸処理などを行い、マツノマダラカミキリの密度を事前に低下させておくことが必要である。

引用文献

- (1) 小林富士雄：森林昆虫の密度および分布の調査法に関する研究(第1報)―マツの穿孔虫類の樹体内分布― 林試研報No.274, 1975
- (2) 小林光雄・野崎芳繁・井上 皎・宮内 誠：伐採原木含水量の経時的変化とシイタケ菌糸生長との関連性 菌蕈研報18, 169~187, 1980
- (3) 松枯れ問題研究会編：松が枯れてゆく 1981
- (4) 中野達夫：葉枯らしの方法と効果 山林14~23, 1987・11
- (5) 鷲見博史：見直される“葉枯らし”“巻枯らし”による素材の乾燥 林業技術524 11~14, 1985