

松の枯損防止新技術に関する研究(Ⅲ)

— 微害林分におけるガンノズル散布の防除効果について —

野平 照雄 児玉 守 小川 知

目 次

はじめに	57	2.1.3 マツノマダラカミキリ発生消長調査	62
1. 試験方法	58	2.1.4 薬剤残効調査	62
1.1 試験実施場所	58	2.1.5 松枯損量調査	63
1.2 試験区の構成	58	2.1.6 林木及び下層植生の薬害調査	64
1.3 薬剤散布要領	58	2.2 2年目散布の結果	66
1.4 調査項目及び調査方法	59	2.2.1 気象観測	66
1.4.1 気象観測	59	2.2.2 薬剤の落下、飛散状況調査	66
1.4.2 薬剤の落下、飛散状況調査	59	2.2.3 マツノマダラカミキリ発生消長調査	67
1.4.3 マツノマダラカミキリ発生消長調査	59	2.2.4 マツノマダラカミキリ落下虫調査	68
1.4.4 マツノマダラカミキリ落下虫調査	60	2.2.5 マツノマダラカミキリ材内死亡虫調査	69
1.4.5 マツノマダラカミキリ材内死亡虫調査	60	2.2.6 薬剤残効調査	69
1.4.6 薬剤残効調査	60	2.2.7 松枯損量調査	70
1.4.7 松枯損量調査	60	2.2.8 2年連続散布の効果	72
1.4.8 林木及び下層植生の薬害調査	60	2.2.9 林木及び下層植生の薬害調査	74
2. 結果と考察	60	3. 今後の見通し及び問題点	74
2.1 1年目散布の結果	60	まとめ	75
2.1.1 気象観測	60	引用文献	76
2.1.2 薬剤の落下飛散状況調査	61		

はじめに

マツノザイセンチュウ被害は一旦発生するとそれ以降は急速に増えていく。しかし、高寒冷地域や日当りの悪い北向き斜面等気温の低い林分では被害が散発的で、発生後もあまり広がらない軽微被害が大部分を占めている。現在、こうした地域では立木駆除が行われているが、被害は広い林分に点状に発生し、しかも急峻な場所に多いことから、被害本数が少ない割には多くの労力と経費を要する。このため、こうした場所でのより省力的な防除技術の開発が望まれている。

このような時、松くい虫被害を防ぐ新しい方法として、ガンノズルスプレー方式による散布技術が開発された。これは、ヘリコプターの機首に装着した鉄砲状の噴出口から薬剤を集中的に散布する方法で、従来の多孔式ノズルにくらべ噴出範囲がせまいことから、被害木の単木散布に著しい効果が認められている(3, 4, 7)。そこで、この散布技術を利用して微害地域のマツクイムシ被害を防ぐた

め、昭和 60～61年に次のような試験を行った。

試験は、まず材内に寄生しているマツノマダラカミキリを駆除するため枯損木にガンノズル散布を行い、さらに生残って脱出してくるものによる被害を防ぐため枯損木周辺の松にも予防散布を行った。そして、その後の枯損状況を調査し、微害地域におけるこの防除技術の実用性について検討した。

なお、この試験を実施するにあたり、終始ご尽力を賜った農林水産航空協会 永井進課長、中島満主任、また設計やとりまとめなどにご指導をいただいた農水省林試小林一三昆虫科長、同昆虫第2研究室長野沢輝博士、同遠田暢男主任研究官、同植原寛技官ならびに、現地調査にご協力をいただいた伊奈波県事務所林務課杉島輝雄技術主査をはじめ、岐阜市役所農林課の方々に心からお礼を申しあげる。

1 試 験 方 法

1.1 試験実施場所

試験は、岐阜市秋沢宇大洞地区で行った。ここは岐阜市西部の丘陵地帯で標高150～250mのやや急峻な斜面上で、方位は沢をはさんで南～西向きである。林況は30～70年生のアカマツ天然林で立木密度はha当り800～1500本、胸高直径が15～30cmで、樹高が10～15mと比較的生育の良好な林分である。また、下層植生は、ヒサカキ、ネズミサシ、ヤマウルシ、ソヨゴ、ネジキ、コナラ、ツツジ類等が繁茂し藪状となっていた。

この地域の松くい虫被害は、昭和57年に初めて発生した比較的新しい被害地である。その後、被害は増加しているものの、この地域にあっては標高が高いいせいかその蔓延速度は鈍く、試験開始時の被害率は5%以下で、とくに試験地を設定した林分は1%未満と著しく低かった。

1.2 試験区の構成

試験区の構成は表-1に示すとおりである。

試験区はガンノズル散布区と対照区の2種類である。ガンノズル散布区は枯損木に対しマツノマダラカミキリの発生直前にスミパイン乳剤の80倍液を30ℓ散布し、さらに枯損木を中心に周囲10m範囲の松に5ℓ（61年度は周囲15m範囲に12ℓ）の予防散布を行った。そして、マツノマダラカミキリの発生最盛期にもう一度前回と同じ方法で予防散布だけを行った。また、散布効果を検討するため薬剤散布を行わない対照区を別に設けた。

なお、試験区の配置は図-1に示すとおりである。

1.3 薬剤散布要領

薬剤散布はマツノマダラカミキリ発生直前期に行う枯損木駆除並びに枯損木の周辺予防が、昭和60

表-1 試 験 区 の 構 成

試験区	散布区分	散布回数	薬剤	成分含量	希釈倍数	散布量	面積	備考
ガンノズル 散布区	枯損木駆除	発生直前期に 1回	スミパイン	80%	80倍	10ℓ/本	5 ha	
	枯損木の周 辺予防	発生直前と最 盛期にそれぞ れ1回	スミパイン	80%	8.0倍	160ℓ/ha		
対 照 区	—	—	—	—			4 ha	散布区の 近くに設定

注 枯損木駆除の散布量は樹高によって異なる。10ℓ散布は樹高10mを対象としたもの。

年が5月28日、61年が5月31日に行った。また、マツノマダラカミキリ発生最盛期に行う2回目の周辺予防散布は、それぞれ6月16日、6月18日に行った。散布時間はいずれの散布時とも午前8時30分までには終了しなければならない時間的制約があったため、原則として午前7時に開始するようにした。

試験に使用したヘリコプターの機種はヒューズ500型、ベル47型ソロイで、これにガンノズル型液剤散布装置をとり付けて散布した。

また、薬剤散布は飛行速度30～40 km/hで、樹冠上5～10 mからそれぞれ所定量散布した。なお、積み込みから薬剤散布までの飛行間隔は8～10分であった。

1.4 調査項目及び調査方法

調査項目及びその調査方法は次のとおりである。

1.4.1 気象観測

各年度の散布時ともその前後日の天候、気温、湿度、風向、降雨量等について調査し、これらの気象要因が薬剤散布に影響を及ぼさなかったかどうかを検討した。

1.4.2 薬剤の落下、飛散状況調査

昭和60年度は、マツノマダラカミキリ発生直前及び最盛期散布とも、薬剤散布する松枯損木についてそれぞれ5、10、20、30 m離れた箇所（等直線沿いに2方向）に薬剤落下調査紙を置き、散布薬剤の分散状況を調査した。また、61年度は松枯損木2本についてそれぞれ0 m（散布区域内）及び予防散布外、5、10、20、30 m離れた箇所（等高線沿いに2方向）に薬剤落下量調査紙を置いた。そして、薬剤散布後この調査紙を回収して前年と同じ調査を行った。

1.4.3 マツノマダラカミキリ発生消長調査

両年度とも試験地近くの高富町で松枯損木を伐採して林業センターへ持ち帰って構内の網室に入れた。そして、ここで羽化脱出するマツノマダラカミキリを調べ、発生時期と薬剤散布時期との関係を

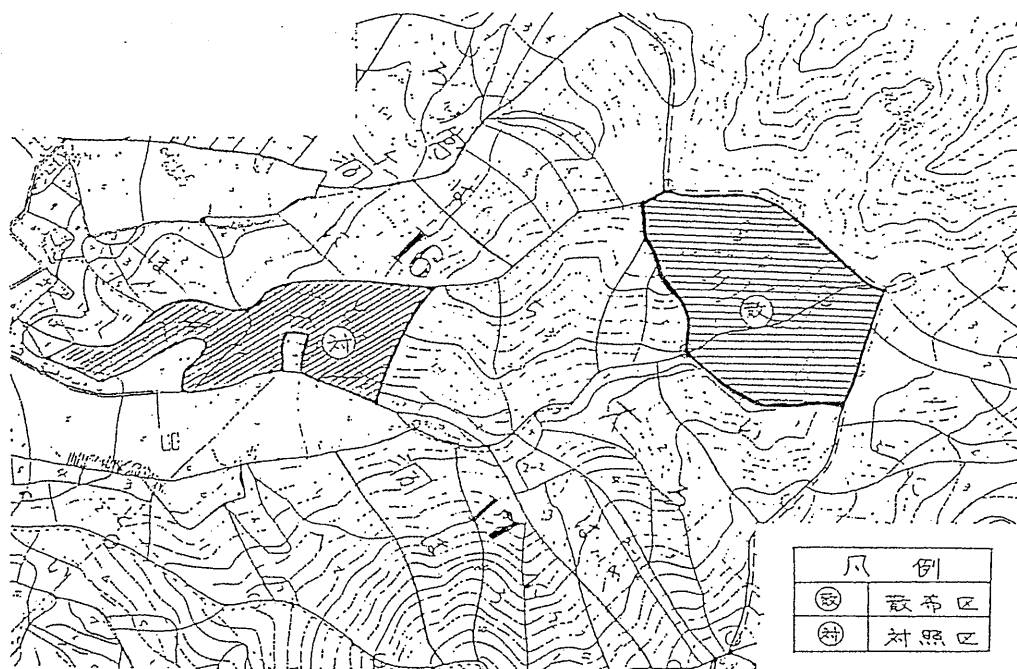


図-1 試験地の概要

調べた。なお、供試木の伐採及び搬出は60年度が5月に61年度が3月に行った。

1.4.4 マツノマダラカミキリ落下虫調査

薬剤散布区の枯損木のうち5本を選んで調査木とし、この調査木を中心にそれぞれ25㎡範囲(5m×5m)に寒冷紗を敷いた。そして、薬剤散布後、この寒冷紗上に落下して死亡するマツノマダラカミキリを8月下旬まで調べた。また、落下虫調査が終了してから3ヵ月後(昭和61年11月6日)にこれらの調査木を伐倒して脱出孔数を調べ、羽化脱出数と死亡数との関係について調査した。なお、この調査は61年度だけ行った。

1.4.5 マツノマダラカミキリ材内死亡虫調査

落下虫調査を行った調査木すべてを伐倒して、割材し、材内の幼虫、蛹及び成虫の死亡状況について調査した(11月6日)。なお、この調査も前項と同じように61年度だけ実施した。

1.4.6 薬剤残効調査

昭和60年度は第2回目予防散布の終了30日経過後に枯損木付近の松6本から生枝を採取し、飼育中のマツノマダラカミキリ成虫30匹に後食させ(対照区にも薬剤無散布の松枝を与える)、その後の死亡状況について調査した。また、61年度は第2回目予防散布の終了後、25日、37日、68日経過後にそれぞれ枯損木付近の松2本から生枝を採取し、飼育中のマツノマダラカミキリ成虫20匹(オス、メス各10匹)に後食させ、その後の死亡状況について調査した。なお、両年度とも飼育は共食いを防ぐためポリカップ(直径12cm×深さ6cm)にマツノマダラカミキリを1匹ずつ入れて行った。また、餌の松枝はポリ袋に入れて冷蔵庫に保管し死亡するまで適宜与えた。

1.4.7 松枯損量調査

各年度とも前年度に発生した枯損量及び散布後に新らしく発生(散布後)した枯損量を調査し、薬剤散布と松枯損被害との関連性について検討した。

なお、枯損量調査は昭和60年が5月8日(散布前)と10月25日(散布後)に、61年が5月15日と11月6日に行った。

1.4.8 林木及び下層植生の薬害調査

両年度とも散布区の調査木1本について、その周辺部に調査区(2m×2m)を設け、この区域内の下層植生に発生する薬害(葉斑、落葉現象、葉及び新梢部の変色等)の有無について調査した。

2 結果と考察

2.1 1年目散布の結果

1年目(昭和60年)散布の結果は次のとおりである。

2.1.1 気象観測

薬剤散布時における前後日の気象状況を示したのが表-2である。

表-2 薬剤散布日前後の気象

(昭和60年)

散 布 項 目	第 1 回 散 布			第 2 回 散 布		
	5月27日	5月28日	5月29日	6月15日	6月16日	6月17日
気 温(℃)	20.9	18.3	18.8	20.4	20.9	21.2
湿 度(%)	60	69	75	71	70	62
降 雨 量(mm)	—	3.5	1.5	—	—	—
天 気 概 況	晴	くもり	くもり—晴	晴	晴	晴

注 岐阜地方気象台調べ

第1回散布時は散布1時間後とその翌日の早朝に若干降雨がみられたものの、パラパラ程度であった。第2回目は散布当日及びその前後日とも快晴で全く降雨がみられなかった。このことから、第1、2回目散布時とも薬剤が雨水等で流失されることはなかったものと考えられる。また、各散布時とも無風に近い状態であったことから、薬剤が風で飛散されるなど散布上とくに問題となることはなかった。

2.1.2 薬剤の落下、飛散状況調査

各薬剤散布時とも散布後所定の場所に設置した薬剤落下調査紙を回収して落下状況を調査したところ、大きく区分すると図-2に示すようになった。すなわち、薬剤が全く落下していないもの(Ⅰ)、わずかに落下が認められるもの(Ⅱ)、やや落下量が多いもの(Ⅲ)と

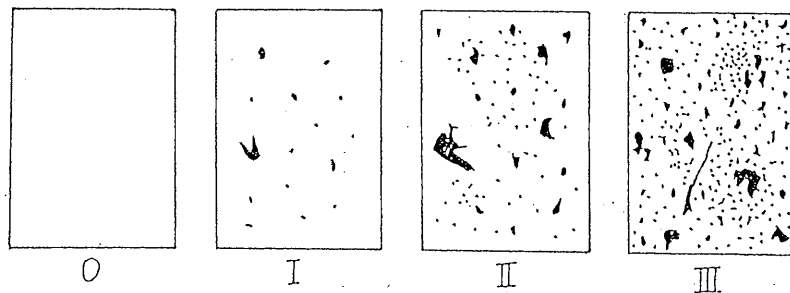


図-2 薬剤の落下状況

大量に落下したもの(Ⅳ)である。そして、この落下状況を散布時毎に示したのが表-3である。

いずれの散布時とも、散布区域内(5m、10m地点)は、Ⅰ、ⅡにくらべⅢとⅣが多いことから若干バラツキはみられたものの、全般的にみればかなり均一に散布されているものと思われる。しかし、予防散布だけの2回目散布時はⅢ以下が大部分を占めていることから、均一には散布されているものの薬量が少し不足しているのではないかと考えられた。

次に設置場所別の落下状況をみると、第1回散布時は5m地点ではⅢが、10m地点ではⅡ、20m地点になるとⅠの占める割合が多くなり、散布枯損木から離れるにしたがい落下量も少なくなっている。しかし、これよりさらに10m離れた30m地点になるとⅡとⅢが多くなっているが、これは、調査紙を設置した近くに別の枯損木があり、これに散布された薬剤が落下したものと考えられる。また、第2回散布時は第1回散布時とは若干異なりⅢよりⅡの占める割合が多くなる。しかし、散布枯損木から離れるにしたがいそれなりに落下量が少なくなっていることから、第1回散布時と同じように散布地点から離れるにしたがい落下量も少なくなる傾向がみられた。これは、第2回散布が林分散布だけなのに対し、第1回散布は枯損木にも単木散布を行っているため、この薬剤も落下しているからと考えられる。

表-3 各散布時の薬剤落下状況

散布時	方向	5 m				10 m				20 m				30 m			
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
第1回散布	上		1	1	3			3	2	1	1	3		4	1		
	下		1		4		1	2	2	1	4			1	2	2	
第2回散布	上			3	2	1	2	2		3	1	1		2		2	1
	下	1	1	2	1		2	2	1	2	2	1		2	1	1	1
計		1	3	6	10	1	5	9	5	7	8	5	0	8	3	5	4

いずれにせよ、この試験では薬剤落下調査紙に対象散布木以外の枯損木及びその周辺に散布した薬剤が落下していることも考えられるので、正確な飛散範囲は確認できなかった。しかし、第1回、第2回散布とも散布枯損木から20 m以上離れると落下量が著しく少なくなることから、飛散範囲は10 mくらいまでと思われた。

2.1.3 マツノマダラカミキリ発生消長調査

林業センター構内の網室に入れた松枯損木200本(長さ1 m)から発生したマツノマダラカミキリを5日間隔で集計し、その推移を示したのが図-3である。

発生は5月30日から7月27日まで、この間486匹のマツノマダラカミキリが羽化脱出した。初発生日(本県の場合は6月3～5日)は4～5日早かったものの、それ以降は平年並みで、50%羽化日が6月21日、発生最盛期は6月17日であった。

従って、マツノマダラカミキリの発生する前に行う枯損木駆除散布及び発生最盛期に行う周辺散布とも、試験設計どおりの時期に散布できたものと考えられる。

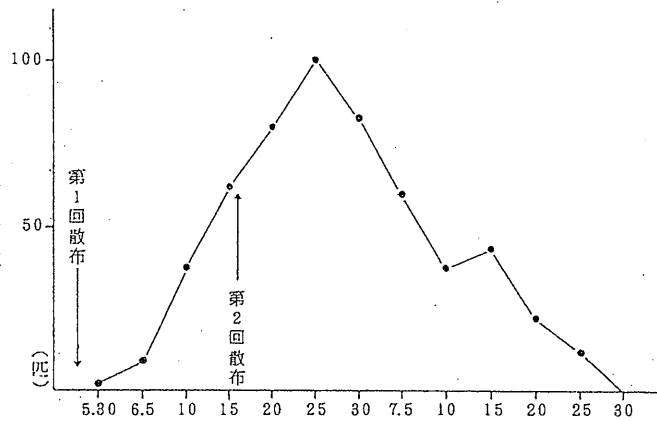


図-3 マツノマダラカミキリ発生推移

2.1.4 薬剤残効調査

散布薬剤の残効調査結果を示したのが表-4である。

対照区は給餌後5日以内に死亡したのがわずか1匹(死亡率4%)、10日後でも3匹(12%)であった。これに対し、散布区は5日以内に36%、10日以内になると80%もが死亡し、散布後40日経過後でも松の枝内に薬剤が残留していることが認められた。従って、発生最盛期に散布した薬剤はマツノマダラカミキリの発生終了期まで残っているの、遅い時期に発生したものに対しても防除で

表-4 第2回散布後の残効調査結果

試験区	供試本	虫数	死 亡 虫 数							5日以内 の死亡率	10日以内 の死亡率
			～5日	～10日	～15日	～20日	～25日	～30日	31～		
散布区	1	5	4	1						80	100
	2	5	2	3						40	100
	3	5		1		1	1	2		0	20
	4	5	1	4						20	100
	5	5	2	2	1					40	80
	計	25	9	11	1	1	1	2		36	80
対照区	1	5						2	3	0	0
	2	5		1			2	1	1	0	20
	3	5				1	1	2	1	0	0
	4	5	1			1	1	2		20	20
	5	5		1	1		3			0	20
	計	25	1	2	1	2	7	7	5	4	12

きるものと思われる。一方、この調査は薬剤の残留効果を調べるのが主目的であったため、散布枯損木近くでまず薬剤が付着しているだろうと考えられる松から枝を採取したものである。しかし、それでも5本中1本の松は死亡率が低く薬剤があまり付着していないような状況であった。従って、松枯損木近くの周辺木に対する予防散布ではいくらかの散布ムラが生じているものと考えられた。ガンノズルによる予防散布の散布ムラについてはすでに鹿児島(11)、岐阜(8)からも報告されている。しかし、香川(10)では発生していないことから、この散布はかなりパイロットの散布技術に左右されるものと思われる。

2.1.5 松枯損量調査

各試験区の松枯損量を調べたのが表-5～表-6で、この枯損率の推移を示したのが図-4である。このうち、表-5は試験区全体を対象とした枯損率で、表-6は前年度の枯損木を中心にその周辺部の松200本に対する枯損率を3カ所で調べたものである。また、試験区全体の立木本数は各試験区とも400㎡(20m×20m)範囲内の松成立本数を3カ所で調べ、この結果から推定したものである。

まず、試験区全体の松枯損状況を見ると、対照区は前年度(散布前)に発生した枯損量が立木本数2,800本に対し20本でこの枯損率が0.7%であった。これが散布後になると立木本数2,780本のうち34本が枯損し、この枯損率が1.2%となり、前年度にくらべ0.4%高くなった。

これに対し、散布区は前年度の枯損率が0.5%(立木本数4,500本、枯損本数23本)であったのが、散布後は0.2%(4,477本、11本)となり0.3%低くなった。そこでこれらの結果から薬剤効果をみると、前述したように対照区の枯損率は前年度にくらべて0.4%高くなっているもので、この割合で散布区も同じように増えたと推定(推定自然枯損率)すれば、この枯損率は0.9%となった。しかし、

表-5 各試験区の松枯損状況

試験区	面積	散布前			散布後			薬剤散布による枯損減少率
		立木本数	枯損本数	枯損率	立木本数	枯損本数	枯損率	
散布区	5 ha	4500本	23本	0.5%	4477本	11本	0.2(0.9)%	78%
対照区	4	2800	20	0.7	2780	34	1.2	[71]

注 散布前の立木本数は推定値

()は推定自然枯損率

[]は枯損増加率

枯損減少率 = $100 - \left(\frac{\text{当年枯損率}}{\text{前年枯損率}} \times 100 \right)$

表-6 各調査区の松枯損状況

試験区	調査区 ha	散布前			散布後			薬剤散布による枯損減少率
		立木本数	枯損本数	枯損率	立木本数	枯損本数	枯損率	
散布区	1	200本	1本	0.5%	199本	1本	0.5%	61
	2	200	2	1.0	198	2	1.0	
	3	200	2	1.0	198	1	0.5	
	計	600	5	0.8	595	4	0.7 (1.8)	
対照区	1	200	2	1.0	198	5	2.5	[125]
	2	200	2	1.0	198	4	2.0	
	3	200	3	1.5	197	7	3.6	
	計	600	7	1.2	593	16	2.7	

注 ()は推定自然枯損率

[]は枯損増加率

実際の枯損率は0.2%で推定自然枯損率を0.7%下回っていることから、この薬剤散布によって枯損が78%（薬剤散布による枯損減少率）防止できたものと推測された。

同じように調査区の枯損状況を見ると、対照区は散布前が3調査区をあわせた立木本数600本のうち7本が枯れていたことから、この調査区の枯損率は1.2%であった。これが散布後になると新たに16本が枯損し、この枯損率が2.7%となり散布前にくらべ1.5%増加した。これに対し、散布区は前年度の枯損率が0.8%（立木本数600本、枯損本数5本）であったのが、散布後は0.7%（595本、4本）となり前年度にくらべ0.1%減少した。

そこで試験区全体の時と同じようにこの結果から薬剤効果をみると、散布区の推定自然枯損率は1.8%であるのに対し、実枯損率は0.7%であった。従って、推定自然枯損率を1.1%下回っていることから、薬剤散布によって61%の被害が軽減できたものと考えられた。なお、枯損減少率が試験区全体では78%であったのが、調査区では61%と17%も低くなっているが、これは枯損被害のよく発生している場所を選んで調査区を設定したからと考えられる。

一方、この防除は被害木に単木散布をし、さらにその周辺の松にも予防散布を行う2段がまえの防除で徹底したマツノマダラカミキリ駆除により松の枯損を防止しようとするものである。しかし、枯損木から発生するマツノマダラカミキリが駆除できても、他の場所からの飛び込みによって被害が発生したことも考えられる。この試験でも散布区は対照区にくらべると著しく少ないものの被害が発生していたので、この被害が他の林分からの飛び込みによるものかどうかを被害木の発生場所から推定してみた。図-5はその被害木の発生場所の概略を示したものである。

薬剤散布の行われていない対照区の枯損木はほとんどが前年度の枯損木近くの松に集中していることから、松の枯損被害は他の場所からの飛び込みによるものよりもむしろこの林分内の枯損木から発生するマツノマダラカミキリによって増えていくものと推測された。しかし、散布区は枯損木とその周辺の松に薬剤散布を行ったにもかかわらず枯損木近く（予防散布区域外）で被害が発生していたことから、この被害は枯損木に対する単木散布の薬量不足あるいは散布時に散布ムラが生じたために発生したのではないかと考えられた。従って、このことを考慮して散布を行えばさらに高い効果が期待できるものと思われる。また、被害はすべて予防散布区域外（散布枯損木より20～40m）に発生していたことから、予防散布の範囲をもう少し広げれば被害がより軽減できるのではないかと考えられた。

いずれにせよ、この試験では対照区の枯損率が前年度にくらべ試験区全体では71%、調査区だけでは125%も増加しているのに対し、散布区は逆に78～61%減少していることから、この散布の著しい防除効果が確認された。

2.1.6 林木及び下層植生の薬害調査

各試験区にみられた林分及び下層植生は表-7に示すとおりである。

散布区ではコバノガマズミ、ソヨゴ等12種、対照区ではサルトリイバラ、ヤマウルシ等9種の林

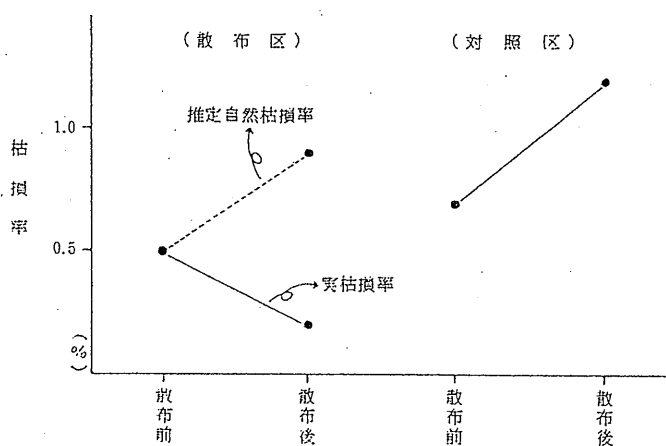
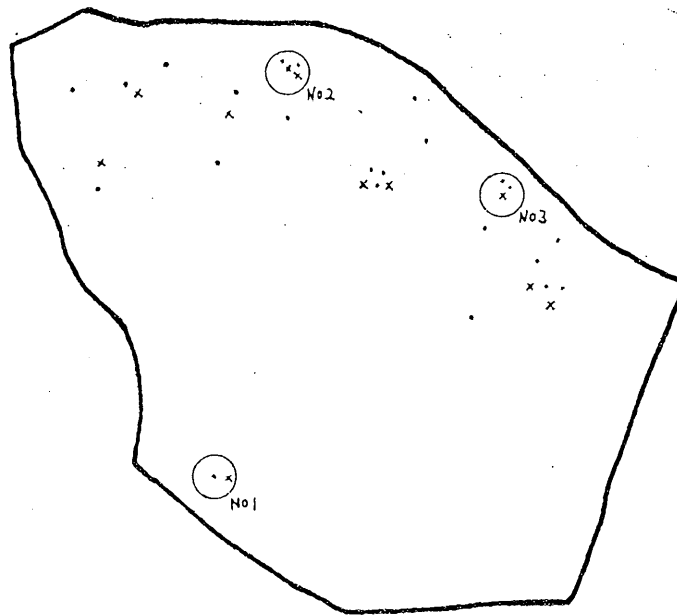


図-4 枯損率の推移



散布区

- 前年度枯損木
- × 今年度枯損木
- 調査区域

対照区

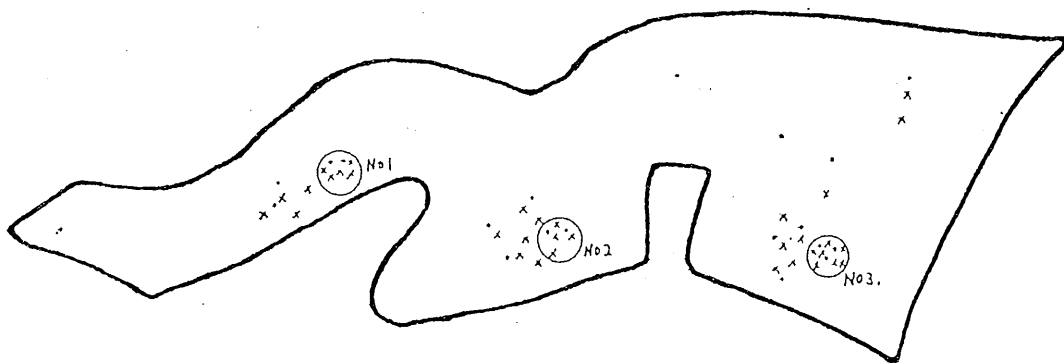


図-5 被害の場所別発生状況

表-7 各試験区の下層植生

散 布 区	対 照 区
コバノガマズミ、ソヨゴ、アカマツ、 サルトリイバラ、ヤマウルシ、ヤマツツジ、 コバノミツバツツジ、ウメモドキ、ネズミサシ、 コナラ、ヒサカキ、ヤブコウジ	サルトリイバラ、ヤマウルシ、コナラ、 ソヨゴ、アカマツ、ヤマツツジ、ネジキ、 ヒサカキ、ネズミサシ

木及び下層植生がみられた。しかし、これら植物にはいずれも薬害らしい徴候は全く認められなかった。従って、この試験で使用したスミパイン乳剤の濃度及び散布量では薬害の心配はないものと思われる。

2.2 2年目散布の結果

1年目散布の結果から、予防散布は散布面積を広げた方がより効果が期待できたので、2年目散布は枯損木を中心に15m範囲を散布した。また、散布効果を確認するため予防散布区域での死亡状況及び散布枯損木の材内におけるマツノマダラカミキリの生息状況について調査した。

2.2.1 気象観測

第1回散布時はその前日にわずかばかりの降雨がみられたものの、散布時及びその翌日は快晴であった。また、第2回目散布は前日から雨が降りはじめ、散布当日の午前4時まで降り続いたがそれ以降は急速に回復し、散布時の午前7時には強い日射しの快晴日となった。このことから、第1、第2回目散布時とも若干降雨の影響はみられたかもしれないが、薬剤が雨水等で流失し、試験に支障をきたすようなことはなかったものと考えられる。また、散布時の風の状態は第1回目散布が無風に近い状態であったものの、第2回目散布は少し風がふいた。しかし、この散布は直進式のガンノズル散布であることから、この程度の風力では試験結果に影響を及ぼすような薬剤の飛散はなかったものと思われる(表-8)。

表-8 薬剤散布日前後の気象

(昭和61年)

項目	第 1 回 目 散 布			第 2 回 目 散 布		
	5月30日	5月31日	6月1日	6月17日	6月18日	6月19日
気 温 (°C)	18.9	21.8	24.4	21.8	24.2	24.8
湿 度 (%)	87	56	55	92	70	58
降 雨 量 (mm)	4.5	—	—	6.5	1.1	—
天 気 概 況	くもり	晴	晴	雨	くもりのち晴	晴

注 岐阜地方気象台調べ

2.2.2 薬剤の落下、飛散状況調査

各薬剤散布時とも、散布後所定の場所に設置した薬剤落下調査紙を回収して、前年と同じように落下状況を調査したところ、表-9に示すようになった。

まず、予防散布区域内(0m)の落下状況をみると、いずれの散布時とも落下量の少ないⅠ以下はみられず、すべてⅡとⅢで占められていたことから、今回は60年くらべかなり均一に散布されているように考えられた。これは、散布ノズルが予防散布用に開発された新しいノズルを使用したことや、パイロットの散布技術が向上したことによるものと思われる。

次に予防散布区域外に設置した落下状況をみると、第1回目散布は、5、10、20、30m地点と

表-9 散布時の薬剤落下状況

散布時	方向	0 m				5 m				10 m				20 m				30 m			
		0	I	II	III	0	I	II	III	0	I	II	III	0	I	II	III	0	I	II	III
第1回散布	右			1	1	2				1		1		2				2			
	左				2	1		1		1			1	2				1	1		
第2回散布	右			1	1		1	1			1	1		1		1			1	1	
	左			2			2				1	1			2			1	1		
計		0	0	4	4	3	3	2	0	2	2	3	1	5	2	1	0	4	3	1	0

注 調査木2本の合計値

も薬剤落下量が皆無である0の占める割合（16枚中12枚、75%）が多く、I以上が低いことから、薬剤の飛散は極めて少ないものと思われる。ただ、10 m地点で落下量の多いIIIが1箇所みられたが、これは調査紙を設置した近くに別の枯損木があり、これに散布された薬剤が落下したものと考えられる。これに対し、第2回目散布はいずれの地点とも0の占める割合（16枚中2枚、13%）が低く、I以上が高いことから、第1回目散布にくらべ薬剤はかなり散布区域外へ飛散したものと思われる。しかし、いずれの調査地点とも落下量の少ないIが多くII以上が少ないことから、薬剤飛散量は少なかつたものと考えられる。また、薬剤散布区域から30 m離れた地点の調査紙にも落下（4枚中3枚）していることから、飛散距離は30 m以上に達したものと思われる。これは第2回目散布を行った際散布途中からヘリ散に対してはやや強い風が吹きだしたので、これが大きく影響しているものと考えられる。

ガンノズル装置による林分散布の薬剤落下状況については、すでにスミパイン、デナボン乳剤での試験例があり、このうち林、久保園、西村、野平は全体的にみれば良好（1, 2, 5, 6）であるとしているが、とくに西村は120 ℓ /ha散布を行えば均一に落下すると報告（6）している。また、小野は全体的にかなりのバラツキがみられ、とくに散布量が少ないほどその程度は顕著であると報（9）じている。このように若干異った結果となっているが、本試験の場合はha当り160 ℓ も散布していることから、1年目散布の落下量がやや少なかつたのはパイロットの散布技術が影響しているものと考えられる。また、ガンノズル散布のドリフト状況について、西村、小野は無風状態ならばドリフト範囲は、20～25 mまでと報告（6, 9）しているが、本試験の2年目散布はこれを上回る結果となっている。これは散布途中からふきだした風の影響によるものと思われる。

いずれにせよ、ガンノズル装置による予防散布はパイロットの散布技術によって落下状況がかなり異なるので、もう少し資料の積み重ねが必要と考えられる。

2.2.3 マツノマダラカミキリ発生消長調査

前年度と同じように林業センター構内の網室内に入れた松枯損木100本（長さ1 m）から発生したマツノマダラカミキリを5日間隔で集計した（図-6）。

マツノマダラカミキリの

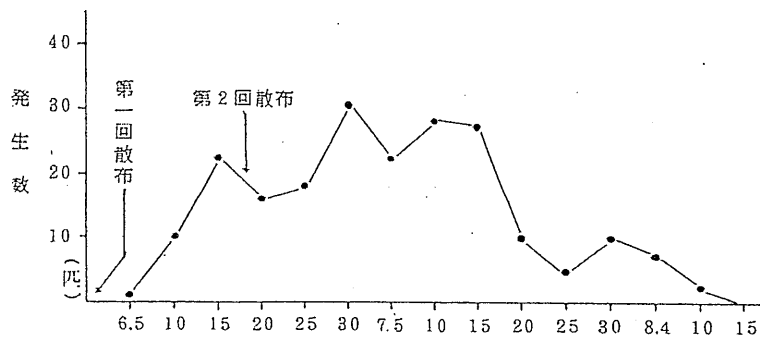


図-6 マツノマダラカミキリの発生推移

発生は、6月2日から8月6日までの約2カ月間にわたり、この間217匹が羽化脱出した。初発生日は平年並み（本県の場合は6月3日～5日）であったものの、それ以降の発生は平年とは大きく異なっていた。すなわち、今までの調査結果から、本県の場合は発生最盛期が6月20日前後日で、それ以降は急速に少なくなっていくのが普通であった。しかし、61年度は6月15日から7月15日にかけてほぼ平均的に発生し、とくに顕著なピーク時はみられなかった。また、50%羽化日は7月2日で、平年にくらべ約2週間遅れた。これは、この冬が稀にみる寒さであったことに加え、伐採した松丸太をマツノマダラカミキリの発生する直前（5月下旬）まで、日当りの悪い場所（建物の陰）に置いたため、幼虫の生育に必要な温量が不足したのではないかと考えられる。このため、野外における発生最盛期及び50%羽化日は、これより10日くらい早いのではないかと推測される。このことから、第1回目の散布時期は適切であったものの、第2回目散布は少し早かったのではないかと思われた。

2.2.4 マツノマダラカミキリ落下虫調査

調査区のマツノマダラカミキリ落下虫数を調べたのが表-10である。

まず、調査区から発生したマツノマダラカミキリは調査木5本あわせて19匹であった。これに対し、落下死亡虫数は15匹で脱出数に対する死亡率は79%であった。しかし、落下虫の中には翅とか触角だけのものがみられたことや、寒冷紗上に鳥類の羽が落ちていたことから、鳥類に捕食されたものも若干いたようにみられた。また、寒冷紗が食い破られていたことから他の場所へ移動して死亡したものもいたように思われた。このことから、寒冷紗上における落下死亡率はもっと高いものと考えられる。従って、本試験で実施した枯損木及びその周辺の薬剤散布は非常に有効な防除法と思われる。

一方、調査木5本のうち3本からは脱出孔及び落下虫とも全くみられなかった。このことから、これらの調査木にはマツノマダラカミキリが寄生していなかったものと考えられる。このように寄生率が低かったのは、この地域（試験林分）が生息密度の低い微害地であったのに加え、前年にも同様の薬剤散布を行ったことが影響しているものと考えられる。つまり、薬剤散布された松枯損木から羽化脱出したマツノマダラカミキリは大部分が脱出直後に死亡するものの、中には死亡しないものもいることから、松は多少枯損する。しかし、この林分は薬剤散布によって生息数が少なくなっていることから、枯損した松すべてに産卵できなかったことも起因して寄生率が低かったのではないかと推測される。こうしたことから、微害林分における枯損木及びその周辺のガンノズル散布は1年だけでなく、2年、3年と連続して行なえば被害の終息が図れるのではないかと考えられる。

なお、調査木№2は発生数が落下虫数（脱出孔数）を2匹上回っているが、これは調査木以外で発生したマツノマダラカミキリが、この散布区域内へ飛来したものと考えられる。このことからすると、前年度枯損木の中には翌年度の産卵対象木になる可能性のあることが示唆される。また、調査時における脱出孔の見落としによることも考えられるので、今後この点について検討してみる必要があるものと思われる。

表-10 調査区のマツノマダラカミキリ落下虫数

試 験 区	№	脱出孔	6.11	6.20	7. 2	7.11	7.25	8.25	計	死亡率
散 布 区	1	0	0	0	0	0	0	0	0	—
	2	4	2	0	0	3	1	0	6	100※
	3	15	0	0	4	5	0	0	9	60
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	—
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	—
	計	19	2	0	4	8	1	0	15	79

注 ※死亡数が脱出数を上回ったので死亡率は100%とした

2.2.5 マツノマダラカミキリ材内死亡虫調査

各調査木の材内におけるマツノマダラカミキリの死亡状況を示したのが表-11である。

まず材内の寄生状況を見ると、寄生されていたのは前述した調査木のうち脱出孔のみられた2本で、残り3本は全く被害をうけていなかった。そこで、寄生されていた調査木2本についてみると、これらの脱出孔数は19個で材内の死亡虫が9匹であることから、これらの調査木における材内死亡率は32%であった。

表-11 材内のマツノマダラカミキリ死亡状況

試験区	No	胸高直径	樹高	材入孔	脱出孔	生 虫				死 虫				死亡率
						成虫	蛹	幼虫	計	成虫	蛹	幼虫	計	
散 布 区	1	15 ^{cm}	16 ^m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
	2	12	13	8 ⁽¹⁾	4	0	0	0	0	3	0	0	3	43
	3	15	13	25 ⁽⁴⁾	15	0	0	0	0	6	0	0	6	29
	4	14	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	20	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	計	15	14	33 ⁽⁵⁾	19	0	0	0	0	9	0	0	9	32

注 () は不存孔数 死亡率は不存孔数を除いて算出した。

このように、材内での死亡率は低いものの前述したように脱出した成虫はこの直後に80%以上が死亡しているので、このことを含めて考えれば非常に実用性の高い防除技術と思われる。つまり、マツノマダラカミキリ成虫発生期前にガンノズル装置で枯損木及びその周辺の松に散布すれば、材内に生息している、幼、成虫等が駆除できるし、たとえ脱出してもその直後に死亡するものが多いので非常に効果的である。

なお、枯損木に対するガンノズル散布の効果についてはすでに2, 3報告(3, 4, 7)されている。このうち筆者等の行った試験では、成虫発生期前に散布したところ材内の幼、成虫が駆除でき、たとえ脱出してもその後死亡するものが多かったことから非常に効果的であった(4)。本試験でもほぼ同じような結果となっていることから、改めてこの散布技術の効果が確認された。

2.2.6 薬剤残効調査結果

散布薬剤の残効調査結果を示したのが表-12～表-14である。

対照区はいずれの調査時(23日、37日、68日後)とも給餌後20日経過した時点での死亡数は1匹で、この死亡率(自然死亡率)は5%と著しく低かった。

これに対し、各調査時の死亡状況は次のとおりであった。まず、散布後23日経過した時点で、散布区域内で採取した松枝を餌として与えた場合は、給餌後5日以内に、オス、メスあわせて18匹が死亡(死亡率90%)し、10日以内にはすべて死亡した。同様に37日経過後の死亡率をみると、給餌後5日以内は90%、10日以内が100%となり、散布後23日経過後と同じようにすべてが10日以内に死亡した。このことから、前年度の結果も含めて考えるとスミパイン乳剤1%液は散布後40日経過後でも実用的な防除が期待できる薬量が松の枝内に残っていることが認められた。さらに、これより1カ月経過した68日後の死亡率をみると、5日以内の死亡率は20%と低かったものの10日以内には95%の死亡率となり、薬剤効果はやや低下しているものの、この時点でも薬剤の持続効果が認められた。ガンノズル装置で散布されたスミパイン乳剤の残効性について、小野は50倍及び60倍液の240ℓ/ha散布が32日間、90倍液の180ℓ/ha及び60倍液の120ℓ/ha散布が4週間以上効果が持

表-12 第2回散布後の残効調査結果

(23日後)

試験区	供試虫		死亡虫数				5日以内 の死亡率	10日以内 の死亡率
	雌雄別	虫数	～5日	～10日	～15日	～20日		
散布区	オス	10	10				100	100
	メス	10	8	2			80	100
	計	20	18	2			90	100
対照区	オス	10	0				0	0
	メス	10	1				10	10
	計	20	1				5	5

注 調査開始日 昭和61年7月11日

表-13 第2回散布後の残効調査結果

(37日後)

試験区	供試虫		死亡虫数				5日以内 の死亡率	10日以内 の死亡率
	雌雄別	虫数	～5日	～10日	～15日	～20日		
散布区	オス	10	9	1			90	100
	メス	10	9	1			90	100
	計	20	18	2			90	100
対照区	オス	10					0	0
	メス	10	1				10	10
	計	20	1				5	5

注 調査開始日 昭和61年7月25日

表-14 第2回散布後の残効調査結果

(68日後)

試験区	供試虫		死亡虫数				5日以内 の死亡率	10日以内 の死亡率
	雌雄別	虫数	～5日	～10日	～15日	～20日		
散布区	オス	10	4	6			40	100
	メス	10		9	1		0	90
	計	20	4	15			20	95
対照区	オス	10					0	0
	メス	10		1			0	10
	計	20		1			0	5

注 調査開始日 昭和61年8月25日

続すると報告(9)しているが、本試験ではこれを大幅に上回る結果となった。

いずれにせよ、スミバイン乳剤1%液は散布後68日経過後でも効果が持続しているので、マツノマダラカミキリの羽化脱出が終了(本県の場合は7月下旬)する2カ月前に散布しておけば被害が予防できるものと考えられる。従って、本試験では第2回目散布が2週間ほど早かったものの、薬剤効果にはほとんど影響ないものと思われる。

2.2.7 松枯損量調査

各試験区の松枯損量を調べたのが表-15～表-16で、この推移を示したのが図-7である。このうち、表-15は試験区全体を対象とした枯損率で、表-16は前年度の枯損木を中心に半径15m範囲

(60年度は10m範囲)の松枯損率を調べたものである。

まず、試験区全体の松枯損状況をみると、対照区は前年度(散布前)に発生した枯損量が立木本数2,780本に対し34本で、この枯損率が1.22%であった。これが散布後(今年度)になると、立木本数2,746本のうち39本が枯損し、この枯損率が1.42%となり、前年度にくらべ0.2%高くなった。これに対し、散布区は前年度の枯損率が0.24%(立木本数4,477本、枯損本数11本)であったのが散布後は0.16%(4,466本、7本)となり0.08%低くなった。

そこで、これらの結果から60年度と同じ方法で薬剤効果をみると、前述したように対照区の枯損率は前年度にくらべて0.2%高くなっているの、この割合で散布区も同じように増えたと推定(推定自然枯損率)すれば、この枯損率は0.28%となった。しかし、実際の枯損率は0.16%で推定自然枯損率を0.12%下回っていることから、この薬剤散布によって枯損が43%(薬剤散布による枯損減少率)防止できたものと推測された。

同じように調査区の枯損状況をみると、対照区は散布前が5調査区をあわせた立木本数538本のうち9本が枯れていたことから、この調査区の枯損率は1.7%であった。これが散布後になると新たに17本が枯損し、この枯損率が3.2%となり、散布前にくらべ1.5%増加した。これに対し、散布区

表-15 各試験区の松枯損状況

試験区	面積	散布前			散布後			薬剤散布による枯損減少率
		立木本数	枯損本数	枯損率	立木本数	枯損本数	枯損率	
散布区	5 ha	4,477本	11本	0.24%	4,466本	7本	0.16% (0.28)	43%
対照区	4	2,780	34	1.22	2,746	39	1.42	[16]

注 散布前の立木本数は推定値

()は推定自然枯損率

[]は枯損増加率

枯損減少率 = $100 - \left(\frac{\text{当年枯損率}}{\text{前年枯損率}} \times 100 \right)$

※は $100 - \left(\frac{\text{当年枯損率}}{\text{推定枯損率}} \times 100 \right)$

表-16 各調査区の松枯損状況

試験区	調査区 No.	散布前			散布後			薬剤散布による枯損減少率
		立木本数	枯損本数	枯損率	立木本数	枯損本数	枯損率	
散布区	1	169本	2本	1.2%	167本	0本	0%	※※ 100
	2	123	1	0.8	122	0	0	
	3	82	1	1.2	81	0	0	
	4	146	1	0.7	145	0	0	
	5	124	1	0.8	123	0	0	
	計	644	6	0.9	638	0	0 (1.7)	
対照区	1	86	2	2.3	84	3	3.6	[48]
	2	125	2	1.6	123	5	4.1	
	3	138	1	0.7	137	2	1.5	
	4	72	3	4.2	69	4	6.0	
	5	117	1	0.9	116	3	2.6	
	計	538	9	1.7	529	17	3.2	

注 ()は推定自然枯損率

[]は枯損増加率

※※ 枯損本数が0なので100%とした。

は前年度の枯損率が0.9% (644本、6本)であったが、散布後は0%で枯損木が全く発生しなかった。

そこで、試験区全体の時と同じようにこの結果から薬剤効果をみると、散布区の推定自然枯損率は1.7%であるのに対し、実枯損率は0%で被害は全く発生しなかったことから、薬剤散布によって100%被害が抑制され、とくに顕著な効果が認められた。これは前述したように、この薬剤散布が被害木に単木散布をし、さらにその周辺の松にも予防散布を行うという2段がまえの徹底した防除法によるものだからと考えられる。つ

まり、枯損木散布によって材内のマツノマダラカミキリが駆除され、たとえ枯損木から脱出してもこの周囲にある薬剤の付着した松枝を後食して死亡するからである。また、前年度枯損木が産卵対象木となって他地域からの飛び込みがあったとしても、前述した脱出虫と同じように薬剤の付着した松枝を後食して死亡したものである。

このように、この防除では枯損木から発生するマツノマダラカミキリが駆除できても、他の場所からの飛び込みによって被害が発生することも考えられる。この試験でも散布区は対照区にくらべると少ないものの被害が発生していたので、この被害が他の林分からの飛び込みによるものかどうかを前年度と同じように被害木の発生場所から推定してみた。図-8はその被害木の発生場所の概略を示したものである。

薬剤散布の行われていない対照区は1年目散布と同じように大部分が前年度の枯損木近くの松に集中していることから、松の枯損被害は他の場所からの飛び込みによるものよりも、むしろこの林分内の枯損木から発生するマツノマダラカミキリによって広がっていくようにみられた。これに対し、散布区の枯損木はいずれも薬剤散布区域外のしかも枯損木からかなり離れた場所に発生していることから、試験区域外から侵入したマツノマダラカミキリによって枯損したのではないかと考えられた。しかし、1年目散布では枯損木近くに発生していることから、今後さらに検討する必要があるものと考えられる。とくに、この点がこの防除の大きなポイントとなるので非常に重要と思われる。

いずれにせよ、2年目散布では対照区の枯損率が前年度にくらべ試験区全体では16%、調査区だけでは188%増加しているのに対し、散布区は逆に43~100%減少していることから、1年目散布と同じようにこの散布の著しい防除効果が確認された。したがって、この散布の特性(枯損木に単木散布をしてさらにその周囲の松にも予防散布を行う)から被害木の多い激害林分では無理としても、被害が散発的に発生している微害林分あるいは被害が発生しはじめた初期症状の林分では実用性の高い防除技術と考えられる。

2.2.8 2年連続散布の効果

マツノザイセンチュウ被害のように毎年発生するものに対する薬剤散布の効果は、その年だけでなく散布開始年に対して、その後被害がどのように推移したかで判定するのが望ましい。つまり、その年の防除効果もさることながら、それ以上に開始年にくらべて被害がどの程度抑制されたかが大きなポイントとなる。

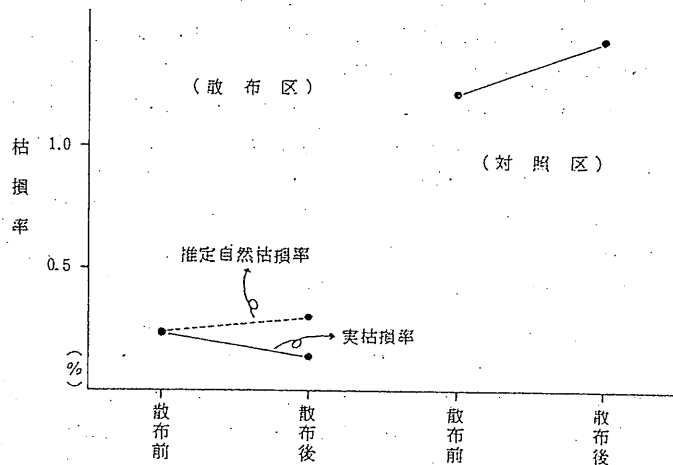
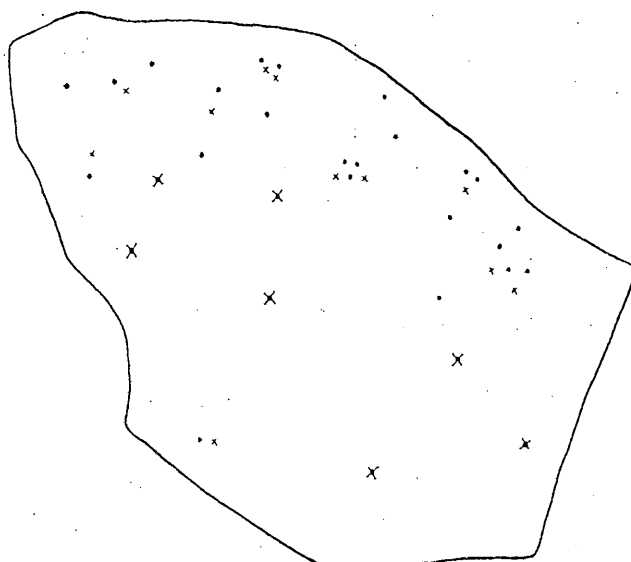


図-7 枯損率の推移



散布区

- 59年度枯損木
- × 60年度枯損木
- ★ 61年度枯損木

対照区

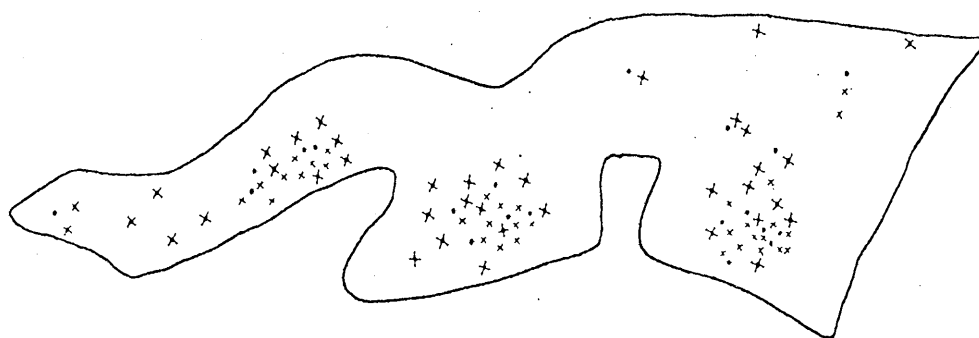


図-8 被害の場所別発生状況

そこで、この試験を開始した昭和60年5月時点の被害に対する各散布年度の被害割合を求めたところ、図-9に示すようになった。

まず、薬剤散布を行わない対照区をみると1年目散布後は170と大幅に増え、さらに2年目散布後は195と試験開始時にくらべ2倍にも達した。これに対し、散布区は1年目散布後が48と2分の1以下に減少し、さらに2年目散布後は30と3分の1以下に低下した。このことから、この薬剤散布は1年だけでなく、2年、3年と連続して行えばより効果的であることが認められた。

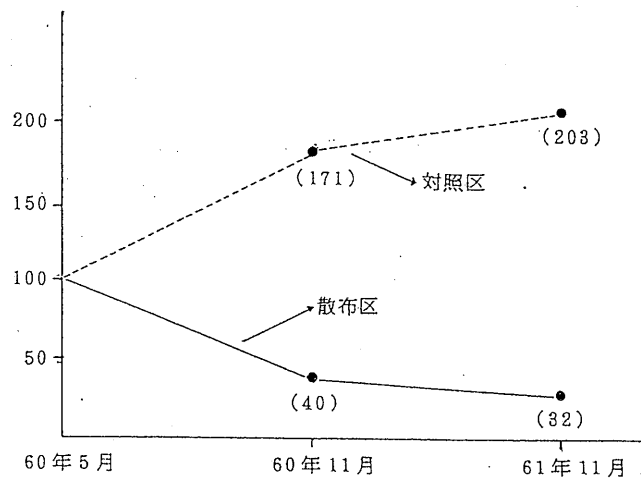


図-9 試験開始時に対する被害割合の推移

前にも述べたように、この散布は枯損木に単木散布をしてさらにその周囲にも予防散布を行って被害を防ぐという入念な防除技術である。しかし、この試験でもみられるように1回散布だけで被害を完璧に抑えることは難しい。従って、この散布技術は1回だけでなく連続して散布を行う必要があるものと考えられる。そうすれば、この散布の対象林分が被害木の散発的にみられる微害地域なので、いずれ被害の終息が図れるのではないかとと思われる。

2.2.9 林木及び下層植生の薬害調査

各試験区にみられた林木及び下層植生は表-17に示すとおりである。

散布区では、コバノガマズミ、ヤマウルシ、ソヨゴ等14種、対照区では、コナラ、ソヨゴ、ヒサカキ等10種の林木及び下層植生がみられたが、1年目散布同様これらにはいずれも薬害らしい徴候は全く認められなかった。なお、散布区域内にはヒノキの天然木(20~60年)がみられたが、枯損木は発生しなかった。

表-17 各試験区の下層植生

散 布 区	対 照 区
コバノガマズミ ソヨゴ アカマツ サルトリイバラ	サルトリイバラ ヤマウルシ
ヤマウルシ クチナシ ヤマツツジ	コナラ ソヨゴ アカマツ ネジキ
コバノミツバツツジ ウメモドキ ネズミサシ	ヒサカキ ネズミサシ クチナシ
コナラ ヒサカキ ヤブコウジ ネジキ	ヤマツツジ

3 今後の見通し及び問題点

今回行ったガンノズル散布試験では対照区の枯損率が試験開始時にくらべ1年後が71~125%、2年後が16~188%に増えているのに対し、散布区は逆に1年目散布後が61~78%、2年目散布後が43~100%といずれの年度とも減少していることから、この散布の著しい防除効果が認められた。また、この試験は同じ林分で2年連続して散布しているので、試験開始の被害率に対するその後

の被害割合をみると、対照区は1年目が171、2年目が208と大幅に増えている。これに対し、散布区は1年目が48、2年目が30と3分の1以下に減少していることから、この散布は1年だけでなく、2年、3年と連続して行えばより効果的であることが認められた。従って、この散布の特性から激害林分では無理としても被害が散発的に発生している微害林分では実用性の高い防除技術と考えられる。

一方、この防除は被害木に単木散布をして、さらにその周辺の松に対しても予防散布を行うという非常に入念な防除法である。つまり、材内に生息しているマツノマダラカミキリを駆防し、さらに駆除できなかったものを後食時に防除する2段がまえの防除法である。この試験(2年目散布)では被害の発生源となる調査区(予防散布区域内)での被害が全く発生していないことから、マツノマダラカミキリは完全に駆除できたように思われた。しかし、試験区全域をみるとわずかではあるが枯損木が発生している。この防除技術は微害地域の被害を完全に抑制することを目的としていることからすると、この枯損木の発生原因の究明が必要である。つまり、試験区域外から侵入したマツノマダラカミキリによるものか、あるいはこの林分の枯損木から発生したものによるものか、または別の原因によるものかの点がこの防除技術の大きなポイントとなるので、今後さらに検討する必要があるものと思われる。

ま と め

被害が散発的に発生している地域のマツクイムシ被害をガンノズル散布で防止するため、マツノマダラカミキリが発生する直前に枯損木に単木散布をして、さらにその周辺部の松にも予防散布を行った。そして、発生最盛期にもう一度予防散布だけを行い、その後の松枯損被害の発生状況を調べたところ次のような知見が得られた。

1. 予防散布区域内の落下状況はⅡとⅢの占める割合が高かったことから、ガンノズルによる林分散布はかなり均一に散布できることが認められた。
2. 1年目散布ではほとんど薬剤の飛散はみられなかった。しかし、2年目散布では飛散距離が30m以上に達したことから、直進式のガンノズル散布でも、その時の状況によってかなり異なることが認識された。
3. 調査区の枯損木から発生したマツノマダラカミキリは脱出後に79%以上が駆除されたことから、この薬剤散布は非常に有効な防除法である。
4. 材内死亡率が82%と低かったものの、枯損木に対する薬剤散布は材内に生息している成虫に対しても駆除効果が認められた。しかし、前述したように脱出した成虫はその後79%以上が死亡しているので、このことを含めて考えると実用性の高い防除技術である。
5. 散布された薬剤は68日経過後でも薬剤効果が認められたので、遅い時期に発生するマツノマダラカミキリも防除できるものと考えられる。また、2年目散布では散布時期がほぼ2週間遅れたが、このことからすると試験には別に影響なかったものと思われる。
6. 対照区の枯損率は前年度にくらべ1年目散布後が71~125%、2年目散布後が16~48%とともに増加しているのに対し、散布区は逆に61~78%、43~100%減少していることから、この散布の著しい枯損防止効果が認められた。
7. この散布方法で同じ林分を2年連続散布すると、散布開始時の枯損率に対する被害割合は1年目散布後が48、2年目散布後には32とさらに低くなった。このことから、この防除技術は、2年、3年と連続して行えばより効果的であることが認められた。
8. 散布区の被害は前年度枯損木からかなり離れた場所に点在して発生していたことから、試験区域外から侵入したマツノマダラカミキリによることが考えられる。この防除技術は微害地域の被害を完全に駆除することを目的としていることからすると、この点がこの防除の大きなポイントとも考えられるので、今後この事についてさらに検討する必要があるものと思われる。

9. 今回行った散布方法による防除は、この散布の特性から激害林分では無理としても、被害が散発的に発生している微害林分とかあるいは被害が発生しはじめた初期症状の林分では、実用性の高い防除技術と考えられる。

10. 散布されたスミパイン乳剤1%液の下層植生に対する薬害は認められなかった。

引用文献

- 1) 林 洋二・藤原俊広：スプレイガンノズルによるマツノマダラカミキリ防除試験。57年度農林水産航空事業受託試験成績書，296～305，1983。
- 2) 久保園正昭・中尾辰雄：スプレイガンノズルによるマツノマダラカミキリ防除試験。57年度農林水産航空事業受託試験成績書，296～305，1983。
- 3) 中根 勲・竹常明仁・中島泰公・池田作太郎・新宅梯二：ガンノズルスプレイシステムによるマツノマダラカミキリ春駆除試験。58年度農林水産航空事業受託試験成績書，313～329，1984。
- 4) 野平照雄・村田 淳：マツノマダラカミキリに対するガンノズル散布の春駆除効果について。岐阜林セ研報12，41～55，1984。
- 5) ———・小川 知：松の枯損防止新技術に関する研究(I)ガンノズル散布によるマツクイムシ被害予防効果について。岐阜林セ研報13，15～34，1985。
- 6) 西村 勲：ガンノズルスプレイシステムを利用したMEP 80 乳剤のマツノマダラカミキリ防除試験。58年度農林水産航空事業受託試験成績書，343～351，1984。
- 7) 小幡辰雄・安藤茂信・川野洋一郎・麻生賢一・織田泰之：ガンノズル散布方式によるマツノマダラカミキリ防除試験。58年度農林水産航空事業受託試験成績書，330～342，1984。
- 8) 小川 知・野平照雄：スミパイン乳剤のガンノズル散布による松くい虫被害予防試験。59年度農林水産航空事業受託試験成績書，46～66，1985。
- 9) 小野 洋：ガンノズルスプレイシステムを利用したMEP 80 乳剤のマツノマダラカミキリ防除試験。58年度農林水産航空事業受託試験成績書，352～364，1984。
- 10) ———：スミパイン乳剤のガンノズルスプレイシステムを利用したマツノマダラカミキリ防除効果試験。59年度農林水産航空事業受託試験成績書，67～80，1985。
- 11) 谷口 明・寺師健次・村本正博・国生定男・古城元夫：スミパイン乳剤による松くい虫の予防試験。59年度農林水産航空事業受託試験成績書，81～109，1985。