

1. 樹幹注入法による松くい虫防除試験

土 屋 大 二

I. はじめに

東京都の松くい虫被害の発生は、集団的な枯損が生じる激害型より、被害が散発的で長期に持続する微害型が多い。しかし散発的被害を受けるマツは環境保全上あるいは経済的な価値を持つ大径木が多く、枯損木の跡処理は困難な問題を残す。

マツの防除のため、現在殺線虫剤を樹幹注入しておき、マツノゼイセンチュウのマツ樹体内での加害を防ぎ、マツ枯れを防止する技術^{5),9)}が確立されている。しかし、これまでの殺線虫剤のマツへの樹幹注入によるマツノゼイセンチュウの防除試験では、中径木を対象としたものが多く、大径木を防除の対象とした試験報告⁷⁾は少ない。また、マツ大径木の樹冠枝部に達する葉量の調査やマツノマダラカミキリ成虫に対する殺虫効果並びに注入孔痕の傷害について報告した例も少ない。

本試験では、1982年に農薬登録されたメスルフェンホス油剤と酒石酸モランテル液剤について、マツ大径木を対象とした樹幹注入の防除効果について調査することとした。

本報を取りまとめるにあたり、試験地を長期間使用させていただいた西多摩郡瑞穂町村野兼吉氏、並びに御校閲をいただいた森林総合研究所生物管理科化学制御研究室松浦邦昭室長に謝意を表する。

II. 樹幹注入によるマツ枯損防止効果

殺線虫剤の樹幹注入によるマツ枯損防止効果をみるため、大径木を主としたマツ林とそれに隣接する中径木からなるマツ林で試験を実施した。また、対照となる薬剤無注入木の枯損動態についても調査した。

1. 方 法

西多摩郡瑞穂町のアカマツ林をA区(約50年生、胸高直径平均42cm)とB区(約30年生、胸高直径平均24cm)に分けて試験地とした。A区とB区は隣接し、A区が南側にB区は北側に位置し、その境はヒノキの幼齢木が植栽されている。A区はマツ生立木本数が比較的少ない林分であるが、B区の周囲はコナラ林などに囲まれ、マツ林内も

うっ閉した林分である。

表-1 メスルフェンホス油剤注入木

No.	DBH	樹高	幹材積	注入量	樹脂調査
1	42 cm	17 m	1.00 m ³	400 m ³ ℓ	++
2	45	17	1.10	450	-
3	39	16	0.86	400	+++
4	41	17	0.95	400	+++
5	46	17	1.19	450	+
6	42	17	1.00	450	+
7	47	17	1.25	500	+
8	31	16	0.56	300	+
9	44	17	1.09	450	+++
10	42	17	1.00	450	+++
11	41	17	0.95	400	+++
12	57	18	1.93	800	+++
13	33	16	0.63	300	+++

調査年月日：1985,1,29

表-2 酒石酸モランテル液剤注入木

No.	DBH	樹高	幹材積	注入量	樹脂調査
14	35 cm	16 m	0.70 m ³	560 m ³ ℓ	++
15	44	17	1.09	560	+++
16	43	17	1.05	560	-
17	47	17	1.25	700	+++
18	47	17	1.25	700	++
19	42	17	1.00	560	+++
20	43	17	1.05	560	-
21	47	17	1.25	700	-
22	35	16	0.70	420	+++
23	41	17	0.95	560	+++
24	40	17	0.95	560	+++
25	45	17	1.10	700	+++
26	32	16	0.59	420	+++

調査年月日：1985,1,29

試験地内の林床植生は、上層木にアカマツ、中層木にコナラ、エゴノキ、アカシデ、ヤマザクラなど、下層木草では前述の稚樹とヒサカキ、ニワトコ、ヒノキ、グサイチゴ、シノダケ、ミズキなどが、繁茂している。林地は平坦で黒ぼくの肥沃の土質である。周辺の林分は、アカマツと広葉樹の混合林やコナラの二次林などである。

マツの枯損動態を見るため、毎年2月に試験地内の枯損木本数を記録した。ただし、調査開始年は所有者による枯損木の伐倒があったため、切り株を記録した。

樹幹注入はA区では1984年度から1989年度までの6年間、B区では1988年度から

表-3 メスルフェンホス油剤注入木

No.	DBH cm	樹高 m	幹材積 m ³	注入量 m ³ ℓ
1	29.1	18	0.58	250
2	18.2	16	0.20	150
3	22.7	18	0.33	150
4	25.0	17	0.36	150
5	24.1	16	0.36	150
6	17.6	16	0.20	150
7	25.3	18	0.44	250
8	20.3	17	0.31	150
9	19.3	16	0.34	150
10	25.2	19	0.47	150
11	21.3	18	0.33	150
12	17.4	16	0.20	150
13	25.2	18	0.44	150
14	31.4	19	0.68	250
15	33.0	19	0.76	250
16	17.2	16	0.20	150
17	20.7	17	0.36	150
18	23.3	18	0.38	150
19	22.3	18	0.33	150
20	20.6	18	0.27	150
21	30.4	18	0.58	250
22	24.2	17	0.36	150

注入年月日：1989,2,20

表-4 酒石酸モランテル液剤注入木

No.	DBH cm	樹高 m	幹材積 m ³	注入量 m ³ ℓ
23	19.9	16	0.24	220
24	19.2	16	0.24	220
25	29.8	18	0.58	440
26	26.4	17	0.42	440
27	21.6	17	0.31	440
28	23.4	18	0.38	440
29	26.8	18	0.44	440
30	17.9	16	0.20	440
31	30.0	18	0.58	440
32	19.6	17	0.21	440
33	24.8	18	0.38	440
34	25.2	17	0.42	440
35	25.8	17	0.42	440
36	29.9	18	0.58	440
37	20.1	17	0.26	440
38	34.1	18	0.73	660
39	20.7	17	0.26	440
40	20.0	17	0.26	440
41	28.1	18	0.51	440
42	23.1	18	0.38	440
43	17.2	17	0.21	440
44	21.7	18	0.33	440
45	21.1	18	0.33	440
46	25.2	17	0.42	440

注入年月日：1989,2,20

1989年度までの2年間実施した。A区では1984年度に26本の大径木に、B区では1988年度に46本行った。両薬剤の注入は1月から2月にかけて行った。メスルフェンホス油剤は毎年、酒石酸モランテル液剤は隔年注入した（表-1~4）。効果判定は翌年の2月に行った。注入終了後の穿孔穴にはチオファネートメチル・ペースト剤などを使用して注入孔をふさいだ。

A区では注入前に小田式樹脂流出量の判定を行い、健康度を調査した。

2. 結果と考察

薬剤無処理対照区の枯損率の推移：薬剤無処理対照区マツ林の枯損率の年変化は（図-1）、A区では1984年度と1985年度はそれぞれ47%と45%と急激な枯損率を示した。これは1983年の夏が高温少雨の年であったためと考えられる。

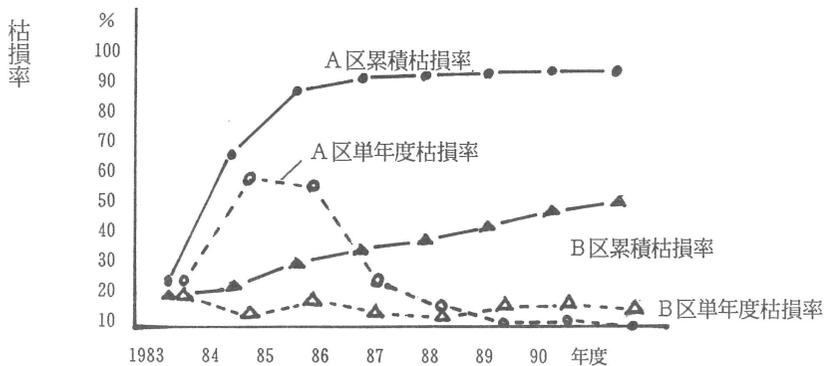


図-1. 薬剤無注入区の枯損率の年次推移

しかし、B区ではそのような傾向はなく、1984年度の枯損率は前年度より低く、その後も枯損率は余り増加しないまま推移した。このように隣接した林分でも枯損率の年次推移は異なるものとなった。枯損率の年次推移について石川県4)ではうっ閉した林とうっ閉しない林ではうっ閉した林の方がマツノマダラカミキリ成虫の停留率が高く、そのため被害も高くなるとしているが、本調査林分ではそのような傾向はみられなかった。

次に、林内での枯損の拡大のパターンを図-2,3に示す。A区では南側の約18本が1983年度に枯れ、次第に全体にしかもランダムに広がる傾向をみせた。B区では前年の枯損木の、隣接木や周辺木に次年度の枯損木が現れたり周辺の木が枯れた後中心の木が枯れるなどのパターンがみられ、次年間での枯損木の発生推移に位置的一定の傾向はみられなかった。これはマツノザイセンチュウの伝播者マツノマダラカミキリの

寄生割合、羽化脱出位置、脱出後の行動の違いや個々のマツへの線虫の伝播量、侵入時期等が異なってくるためと考えられる。

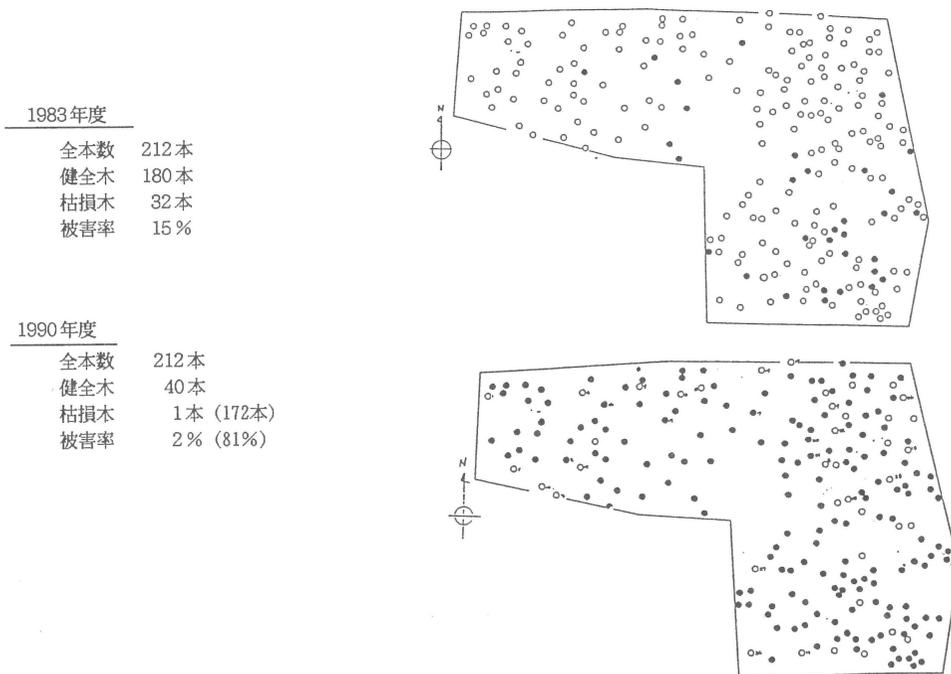


図-2 A区でのマツ枯損の推移

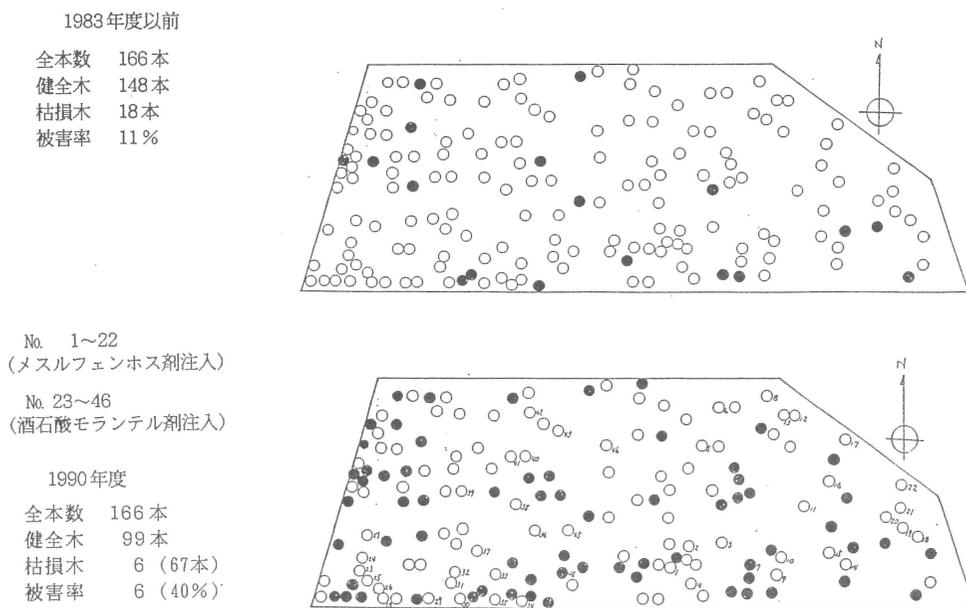


図-3 B区でのマツ枯損の推移

樹幹注入対象木：殺線虫剤を注入したA区では、樹脂流出量調査を薬剤を注入する前に行った（表-1、2）。調査木のほとんどが樹脂流出がみられ健全木であったが、No.2、No.16、No.20、及びNo.21は樹脂流出が停止していた。樹脂流出に異常が認められたマツ（異常木）にも薬剤を注入し、その効果を求めたが異常木では吸入速度が遅く、薬剤が樹幹表面に流出するケースも生じた。

樹幹注入処理の効果：樹幹注入処理の効果と各年度毎の枯損率などを表-5、6に示した。

表-5 A区での枯損率の年次推移

年度	無 注 入 木				注 入 木				全本数	全枯損率	
	本数	健全木	枯損木	枯損率	健全木	異常木	枯損木	枯損率		単年	累 積
1983まで推定	212 ^本	180 ^本	32 ^本	18 ^本	0 ^本	- ^本	- ^本	0%	212 ^本	15%	15%
84	154	70	84	54	$\frac{13}{13}$ ^本	$\frac{1}{3}$ [*]	-	-	154	47	55
85	70	31	39	56	$\frac{11}{11}$ [*]	-	$\frac{2}{2}$ [*]	$\frac{15}{15}$ [*]	70	47	75
86	31	25	6	19	$\frac{10}{10}$ [*]	-	$\frac{1}{1}$ [*]	$\frac{9}{9}$ [*]	31	15	79
87	25	22	3	12	$\frac{10}{10}$ [*]	-	$\frac{0}{0}$ [*]	$\frac{0}{0}$ [*]	25	7	80
88	22	21	1	5	$\frac{10}{10}$ [*]	-	$\frac{0}{0}$ [*]	$\frac{0}{0}$ [*]	22	2	81
89	21	20	1	5	$\frac{10}{10}$ [*]	-	$\frac{0}{0}$ [*]	$\frac{0}{0}$ [*]	21	2	81
90	20	20	0	0	$\frac{10}{10}$ [*]	-	$\frac{0}{0}$ [*]	$\frac{0}{0}$ [*]	40	0	81

* 上段 メスルフェンホス油剤
下段 酒石酸モランテル液剤

表-6 B区での枯損率の年次推移

年度	無 注 入 木				注 入 木			全本数	全枯損率		
	本数	健全木	枯損木	枯損率	健全木	異常木	枯損		枯損率	単年	累 積
1983まで推定	166 ^本	166 ^本	18 ^本	11%	0 ^本	0 ^本	-	0%	166 ^本	11%	11%
84	148	144	4	3	0	0	-	-	148	5	13
85	144	131	13	9	0	0	-	-	144	9	21
86	131	125	6	5	0	0	-	-	131	5	25
87	125	120	5	4	0	0	-	-	125	4	28
88	120	113	7	6	$\frac{22}{24}$ [*]	0	-	-	120	6	32
89	67	60	7	10	$\frac{21}{24}$ [*]	$\frac{1}{0}$ [*]	$\frac{5}{0}$ [*]	-	113	7	37
90	60	55	5	8	$\frac{21}{23}$ [*]	$\frac{0}{1}$ [*]	$\frac{0}{4}$ [*]	-	105	6	40

* 上段 メスルフェンホス油剤
下段 酒石酸モランテル液剤

最初の注入を行った翌年度（1985年）にA区の異常木に注入した4本のうち3本が枯れたが、健全木に注入した区では1本が枯れた。1986年ではメスルフェンホス油剤、酒石酸モランテル液剤注入木に各1本ずつの枯損が生じた。薬剤処理した健全木に枯損が生じた原因は、注入薬剤が樹冠部に到達しなかったことや樹脂流出に異常は認められないがすでにマツノザイセンチュウが侵入していたことも考えられる。その後1986年度から1990年度までは全く枯損がなく推移し、樹幹注入の効果がみられた。

次にB区での樹幹注入結果をみると、1988年2月に注入した46本のうち、1989年度のメスルフェンホス油剤注入木のうち1本が枯損、1990年度には酒石酸モランテル液剤の1989年注入木から1本の枯損が生じた。

以上の結果から、注入前に樹脂流出調査を行い、健全木に樹幹注入を行えば、マツ大径木であっても高い予防効果が期待できるものと考えられる。

Ⅲ. メスルフェンホス剤の枝への移行によるマツノマダラカミキリ成虫に対する殺虫効果

アカマツ大径木を対象にメスルフェンホス油剤の樹幹注入法による防除を実施している林分より枝を採取し、マツノマダラカミキリ成虫に対する殺虫効果を検討した。

1. 方法

1) 薬剤の樹幹注入：試験地は東京都青梅市と瑞穂町の2林分で、メスルフェンホス油剤を注入した。注入月日、注入木、注入量は表-7に示した。注入年度は青梅市で1985年度瑞穂町では1984、1985年度継続して注入した。注入量は胸高直径による注入基準から算出した薬量を使用した。

表-7 樹幹注入の概況および検出結果

No.	注入月日	地 区	樹 高	棟高直径	材 積	注入量	メスルフェンホス
			m	cm	m ³	ml	検出値 PPM
1	1985.11.12	青 梅	15	39	0.86	350	66.7
2		青 梅	16	43	1.05	450	56.1
3		青 梅	15	45	1.10	450	29.8
4	1986. 1.20	瑞穂1	17	39	0.86	400	22.7
5		瑞穂1	17	39	0.86	400	20.0
6		瑞穂2	17	41	0.95	400	19.7
7		瑞穂3	17	46	1.19	450	18.4
8		瑞穂2	17	41	0.95	400	10.6
9	1985.11.12	青 梅	13	45	1.10	550	9.9
10	1986. 1.20	瑞穂3	17	46	1.19	450	8.2
11		瑞穂4	17	44	1.09	450	7.6
12		瑞穂5	18	57	1.93	800	7.4
13		瑞穂4	17	44	1.09	450	6.7
14		瑞穂5	18	57	1.93	800	4.1
15	1984.11.15	青 梅	13	44	1.09	400	1.0

2) 残留薬剤の分析：試供した枝は、注入木の樹冠部より直径約4~5cmの枝を落とし、二年枝のみを採取した。この小枝を細片とし、丁寧に混和した後、そのうち2gをアセトン液に浸漬し、1時間浸漬後アセトン液をろ過・濃縮・乾固した。乾固後の酸化は残留農薬分析法のフェンチオンに準じ、全量をP=SSO2として定量した。最終液量はアセトンにより5mlを定溶した後、ガスクロマトグラフィで定量した。

3) 殺虫試験：当場の屋外網室で、1986年6月16日から7月24日の間に羽化脱出したマツノマダラカミキリを200ccのポリカップで個体飼育し、殺虫試験に供した。枝部に分布した薬剤のガス効果による殺虫性をみるため、二重式ポリカップを用いた。摂食による殺虫性をみるため、小枝区と細片区に分けて殺虫試験を行った。摂食による殺虫性の調査は7月30日から10日間摂食させることにより、致死日数の調査、測定を行った。

2. 結果と考察

マツ大径木の枝部へのメスルフェンホスの移行分布量をみると、枝に残留する濃度にはかなり個体差がみられた(表-7)。小枝に残留する濃度は、最高66.7ppmとなり、松浦が行った分析結果7) とほぼ一致した。枝に移行分布する薬剤のガス効果による殺虫性の有無を検討する試験では、3日経過後も死亡する個体がなかったことから、薬剤が含有されている枝から揮発する物資では殺虫効果がないと考えられた。

表-8 メスルフェンホス注入木の
小枝を摂食させた殺虫効果

No.	小枝		供試頭数	マツノマダラカミキリ 生存日数					
	面積 合計	平均		1日	2日	3日	4日	5日	6日以上(日) 6日平均
1	0.8 ^{cm}	0.16 ^{cm}	5	4	1				1.2
2	1.2	0.24	5	5					1.0
3	0.7	0.14	5	2	1	2			2.0
4	2.6	0.52	5	3		2			1.8
5	0.8	0.20	5	2		2		1	2.8
6	0.7	0.18	5	2	1		1	1	3.2
7	2.1	0.42	5	1	2			2	3.4
8	2.8	0.56	5	1	2	2			2.2
9	4.6	1.15	5	2	1	1		1	3.8
10	2.5	0.50	5		1	3	1		3.0
11	3.7	0.93	5		2	1	1	1	3.0
12	1.8	0.36	5		3	1	1		2.0
13	6.9	1.38	5	3			2		2.2
14	6.4	1.60	5				2	2	1 5.2
15	5.8	2.90	5				1	1	3 7.4
Cont	-	-	10						10 10.0*

* 12日目に1個体死亡(♂)
樹幹注入年月日：1984,11.15 1986,1.20
試料採取年月日：1986,6.6,

表-9 メスルフェンホス注入木の
細片を摂食させた殺虫効果

No.	細片		供試頭数	マツノマダラカミキリ 生存日数					
	重さ 合計	平均		1日	2日	3日	4日	5日	6日以上(日) 6日平均
1	0 g	0 g	5	3	1	1			1.6
2	0.15	0.03	5	4	1				1.2
3	0.45	0.09	5	3	1		1		1.8
4	0.65	0.13	5	3	1	1			1.6
5	0.75	0.15	5	1	3		1		2.2
6	0.40	0.08	5	1	1	1	1	1	3.0
7	0.10	0.02	5	3		2			1.8
8	0.80	0.16	5	1	1	1	1	1	3.8
9	0.75	0.15	5	1	3		1		2.2
10	0.60	0.12	5	1	4				1.8
11	0.75	0.15	5			3	2		3.4
12	0.55	0.11	5		4	1			2.2
13	1.05	0.21	5	2	1		1	1	3.0
14	1.40	0.28	5		2		3		3.2
15	1.95	0.39	5				1	4	8.0
Cont	-	-	10						10 9.8*

* 死亡日迄の気乾重
* 8日目に1個体死亡(♂)
樹幹注入年月日：1984,11.15 1985,11.12 1986,1.20
試料採取年月日：1986,6.6,

マツノマダラカミキリ成虫に小枝と細片を摂食させ、生存期間を調査した(表-8,9)。分析の結果、高濃度が検出されたNo.1及びNo.2では、小枝区、細片区ともに約1日で殆どの供試虫が死亡した。また、中濃度では2~3日で死亡するケースが多く、死亡直前の虫は麻痺症状を示した。以上のことから、メスルフェンホス油剤が枝部に十分に分布すれば、マツノマダラカミキリは成熟・交尾する前に殆どが死亡するものと推察され、これをマツノマダラカミキリの駆除法として利用出来るものと考えられる。

次にマツノマダラカミキリの摂食量をみると、小枝区の高濃度では小面積の摂食で死亡したが、低濃度ではかなりの摂食をした後、死亡した。細片区では摂食量を重さでみたが含水率の誤差により傾向はつかめなかった。

小枝区と細片区のNo.15は、1989年度に注入した供試木であるが1.0ppmと低濃度のメスルフェンホスの残留が認められた。この枝の一部をマツノマダラカミキリに摂食させたところ、平均生存日数は小枝、細片区でそれぞれ7.4日、8.0日と、無処理区に較べ、寿命の短縮が認められた。大久保6)はメスルフェンホスのスルフィド体であるフenchionの0.5ppmでマツノマダラカミキリに対する若干の殺虫効果を認めており、本試験も同傾向を示したものといえる。

樹幹注入法は、マツノサイセンチュウ防除のために開発されたものであるが、本試験では、メスルフェンホス剤注入枝をマツノマダラカミキリの餌として与え殺虫性を検討し、高い殺虫効果のあることが認められた。今後は屋外での防除効果についても検討する必要がある。

IV. 樹幹注入痕部の傷害

樹幹注入剤を使用しての葉害の発生事例には、マツ針葉の黄化などの外観的な症状の発生が報告されている。本報では樹幹注入痕部での傷害についての調査結果を述べたい。

1. 方法

西多摩郡日の出町の当該試験林内のメスルフェンホス油剤注入木から、供試木を3本選び以下の調査に供した。供試木の樹齢、樹高などは表-10に示した。供試木は伐倒、運搬後、樹皮を剥離し、樹皮下の観察と傷害量を測定した。傷害量の測定のため注入孔を中心に縦割りして、注入孔の癒合程度を調査した。

2. 結果と考察

供試木は1987年、1988年及び1989年に注入を終えたマツを用いた。剥皮した幹表面は注入孔を中心として上下に傷害が生ずるものと全く生じないケースがみられた。葉害の長さは最大69cm、平均32cm、幅方向では最大1.5cm、平均1.0cm、であった。傷害は幅方向より長さ方向に顕著に見られた。傷害の特徴は、外観上では発見されないが、粗皮を剥離して始めて見出されることである。これは内樹皮の形成層の壊死により生じているもので、この壊死の部分が時間経過とともに癒合するか、陥没するかが問題である。本調査では、3年を経過すると注入孔は殆どふさがっていた。しかし、2年及び1年前の注入孔は全くふさがりがなく、メスルフェンホス油剤注入木の場合、注入孔の癒合には3年位要するものと思われた。

表一 10 樹幹注入痕の傷害調査結果

NO	供 試 木			注入年度			葉害の大きさ	
	樹高 cm	DBH cm	樹齡 年	87	88	89	幹表面 mm	注入孔
1	9.0	8.0	22	○			(1) 40 × 13	ふさがる
2	10.5	13.2	29	○	○		(1) 490 × 9 (2) 570 × 8	空洞
3	10.3	8.8	31	○	○	○	(1) 690 × 15 (2) 260 × 8 (3) 5 × 5	空洞 空洞 空洞

注入薬剤：メスルフェンホス油剤
伐倒調査年月日：1990. 8. 14

V. おわりに

東京都では公園や丘陵地並びに島しょ地区の海岸に貴重なマツ大径木が残されている。このマツを松くい虫被害から守るため、地上からの予防散布など各種の方法が用いられている。その予防法のうち樹幹注入法は、マツノザイセンチュウを対象とする防除法であるが、これまでは、マツ大径木に対する予防効果の試験例はあまり報告されてこなかった。しかし、本試験の結果によれば、大径木についても一応予防効果が認められたものと考えられる。

また、メスルフェンホス油剤を注入したマツ大径木の樹冠部に達する葉量もかなり高い濃度であり、マツノザイセンチュウに対する効果以外に、マツノマダラカミキリ

成虫についての殺虫効果も期待できると思われた。

どのような技術を用いても、取扱いが不適切である場合には、予期しないマイナス効果が現われることがある。注入にあたっては傷害等の問題が起こらないよう十分な注意を払う必要がある。

VI. 引用文献

- 1) 大久保良治：マツ生立木に対する予防散布、森林防疫、VoL.25 (12),P.18~22、1976
- 2) 小林正・松浦邦昭：マツノザイセチュウ防除剤注入孔のまきこみ経過、林業と薬剤、No.93,P.17~20
- 3) 土屋大二・金丸日支男・小川利明：樹幹注入法によるマツマダラカミキリ成虫の駆除、38回日林関東支論 P.183~184,1986.
- 4) 富樫一巳：「松くい虫問題はどこまでも解明されたか」(3) マツ林における松材線虫病の伝播機能、森林防疫、VoL.39 (6),P.12~16
- 5) 松浦邦昭：樹幹注入剤、山林No.1185 P.54~55,1983.
- 6) 松浦邦昭：樹幹注入法によるマツ材線虫病の防除、植物防疫、VoL.38 (1),P.27~31,1984.
- 7) 松浦邦昭・深見悌一：浸透移行性殺虫剤の樹幹注入による松枯損防止効果試験(VI)、GGG松くい虫防除試験研究報告書、P.35~51,1985
- 8) 松浦邦昭・藤下章男：薬剤によるマツ材線虫の防除に関する研究(VI),88回日林論、P.293~295,1977.
- 9) 真柄稔：大型プロジェクト研究「松の枯損防止新技術に関する総合研究」——薬剤による単木処中間報告、森林防疫 VoL.30 (8),P.135~140,1981.