

# 森林防疫

## FOREST PESTS

### VOL. 25 No. 12 (No. 297)

■編集・発行 全国森林病虫獣害防除協会／東京都千代田区内神田1-1-12 コープビル内

■1976.12.1 (月刊)



松くい虫特別研究特集号へのその2

### アカマツの樹脂道内に生息するマツノザイセンチュウ

真宮 靖 治

農林省林業試験場樹病研究室：農博

マツノザイセンチュウはマツ樹体内で樹脂道を主たる生息の場として、ここで発育、増殖を行う。病状の進行した樹体では、垂直、水平両樹脂道内に多数の卵や、各発育ステージの幼虫、そして成虫がみられ、旺盛な増殖活動がしめしている。これらの樹脂道ではエビセリウム細胞の破壊が顕著である。この写真は、線虫接種後9日目のアカマツ3年生苗木主幹の材組織をしめたもので、樹脂道内のマツノザイセンチュウはファストグリーンで染色されている。

## 目 次

マツノマダラカミキリの生活史 .....	(とりまとめ 遠田 暢男) .....	2
マツノマダラカミキリの材線虫伝播様式 .....	(とりまとめ 野淵 輝) .....	6
マツノマダラカミキリの行動 .....	(とりまとめ 山根 明臣) .....	8
「マツノマダラカミキリの密度推定法」に関連する2, 3の問題 .....	(とりまとめ 小林 一三) .....	12
マツノマダラカミキリの個体数変動要因 .....	(とりまとめ 森本 桂) .....	15
マツ生立木に対する予防散布 .....	(とりまとめ 大久保良治) .....	18
被害丸太に対する駆除散布 .....	(とりまとめ 田畑 勝洋) .....	23
マツ生立木に対する薬剤の樹幹注入及び土壌処理 .....	(とりまとめ 松浦 邦昭・小林 享夫) .....	27
防除薬剤の残留と毒性—野生鳥獣に及ぼす薬剤の影響 .....	(とりまとめ 阿部 学) .....	30
マツノザイセンチュウに対する抵抗性選抜育種 .....	(とりまとめ 大山 浪雄) .....	32

## マツノマダラカミキリの生活史

担当研究室：本場保護部昆虫第2，東北支場昆虫，関西支場昆虫，四国支場保護，九州支場昆虫，和歌山県林業センター，鹿児島県林業試験場，千葉県林業試験場

(とりまとめ 遠田 暢 男)

1973～1975年に実施した特別研究「マツ類材線虫の防除に関する研究」成果のうち，発生予察並びに合理的な防除適期の基礎資料となるマツノマダラカミキリの地域別発生消長，個生態などを中心に行った研究結果の一部を紹介する。

### 1. 地域別羽化脱出経過

調査地は熊本，高知，京都（岡山も含む），東京，盛岡（林業試験場支場構内）並びに鹿児島，和歌山，千葉県の林業試験場で行った資料をもとに，年度別の脱出経

過と有効温量の関係について検討し，その一部を図-6に示した。有効温量の算出は各地の気象台観測資料から越冬後（3月以降）の日平均気温が発育限界温度 $11^{\circ}\text{C}$ 以上の差を脱出終了まで累積した。

1973～1975年の脱出初日が最も早い地域は，鹿児島の5月9日（1973年），熊本と和歌山の5月10日（1974年）で，これらの地域は各年度とも5月19日までに最初の脱出がみられた。高知，岡山，東京，千葉は5月21日から同下旬，京都がやや遅く6月4～9日に脱出し，盛岡で

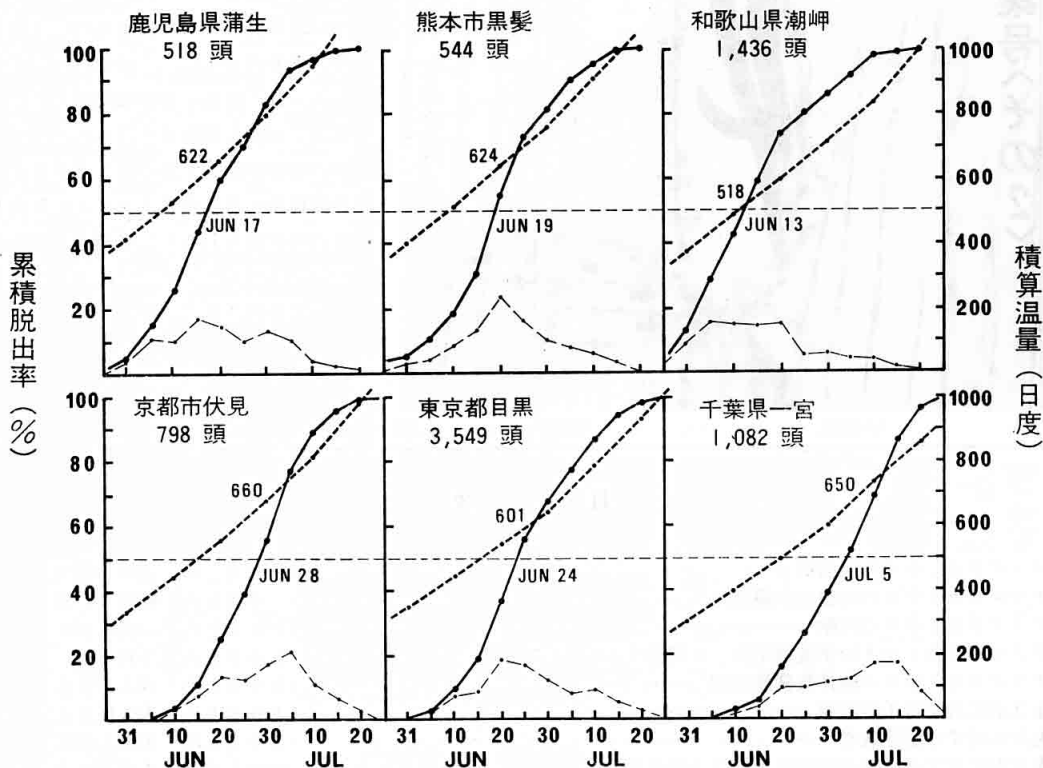


図-6 マツノマダラカミキリの地域別羽化脱出消長と有効温量との関係（1975年）  
 実線は累積脱出率と50%脱出日 点線は積算温量と50%値（発育限界温度 $11^{\circ}\text{C}$ ）

は東京より約1か月遅く6月下旬に羽化脱出している。

初日から1%脱出までは断続的で、その期間は年によって差がみられ鹿児島が3~6日、東京で5~13日後に達した。1%脱出までの鹿児島と東京では13~16日の遅速がある。連続脱出(1%)から50%までに要した日数は、京都がわずかに14日(1973年)、岡山と東京が19日(1974年)と年によって短期間に脱出している。しかし初日から50%脱出までの日数は関東以西では約1か月で地域差はみられない。初日から終息するまでの期間は鹿児島、熊本、和歌山など脱出初日が早い地域ほど長く約70日、京都、東京、千葉が約2か月、分布北限の石巻、秋田産個体群(盛岡で調査)では関東東方と同様7月下旬に終息しているが、脱出期間は短かく約1か月である。

同一環境下における50%脱出日は、毎年ほぼ一定しており、鹿児島、熊本、高知、和歌山の場合の連続脱出日は5月中旬以降で、最盛期は6月中旬、7月中~下旬に終息する。京都、東京、千葉の場合、連続脱出日は6月上旬にみられ最盛期は6月下旬から7月上旬で前者より約10日前後遅くなる。さらに盛岡の場合は個体数が少ないが6月下旬から脱出し、最盛期は7月上旬で関東東方とはほぼ同じである。

次に気温と脱出消長の関係を見ると、日平均気温が連続して発育限界温度以上に上昇するのが盛岡を除き、いずれの地域とも3月下旬以降である。1%脱出日までの有効温量は鹿児島、熊本、和歌山(5月13~21日)が240~340日度、高知、岡山、東京、千葉(5月29~6月4日)が340~420日度の範囲にある。盛岡の日平均気温が連続して11°C以上になるのは4月下旬以降で、脱出初期(6月下旬)の温量は340~370日度であって、東京の1%脱出日までの温量とはほぼ一致する。京都の場合

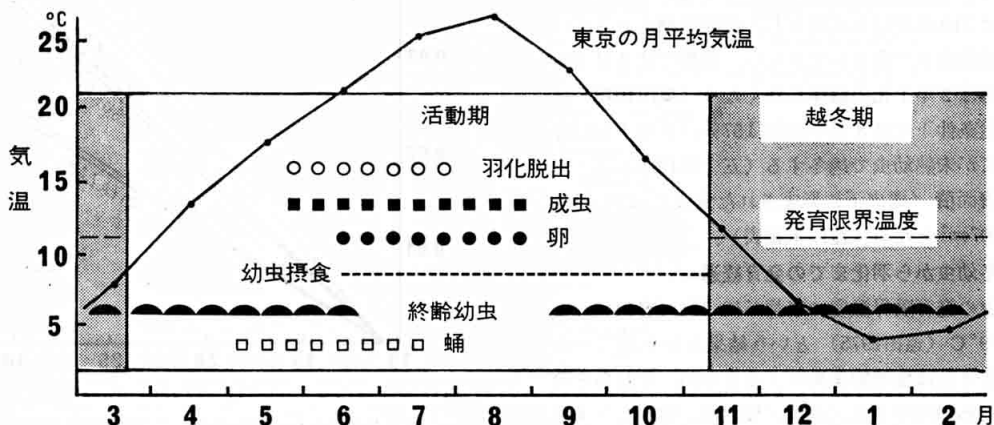
(1973~1974年)、網室内は日当たりが悪く過湿状態の環境下にあるため、脱出経過は他の地域より遅く、1%脱出日までの温量は490~610日度となり、これは他の地域の50%脱出日までの温量に相当する。しかし1975年は環境条件がかなり変わったことから(日当たりがよくなる)脱出経過と温量は千葉とほぼ同様な傾向を示した。

各地の羽化脱出消長の年次変動は少なく、ほぼ同一時期に50%に達しているが、有効積算温量との関係はかならずしも平行的でない。この要因は供試木の樹齢、枯損時期、林内及び搬出後の環境条件などが均一でなかったこと、それに温量は气象台資料によるもので設置場所の局所的気温とはことなるものと考えられる。しかし鹿児島と東京の場合、過去3年間とも50%脱出日までの有効積算温量が約600日度でよく一致した。両地域の発育初期の気温を比較すると、3~4月の積算温量(3年間の平均)が鹿児島が180日度、東京が130日度となり約50日度の差がある。これは東京の4月中旬の気温では約10日間の温量に相当し、この差がその後の発育生理に影響しているものと考えられる。

このように蛹化前期間の4~5月の気温が高い地域または年度ほど発育が促進され、マクロの羽化脱出消長の早晩は、気象条件とくに設置場所の環境条件によって支配されることが大きい。

## 2. 産卵から終齢幼虫までの発育経過

羽化脱出した成虫は生存期間中マツ健全木の若い枝の樹皮をかじり栄養摂取し、いわゆる後食をおこなう。後食は一般に雌が多く、個体飼育によるとアカマツ2年枝を2日目に雌は平均500mm<sup>2</sup>、雄は270mm<sup>2</sup>後食した。産卵前期及び線虫離脱のピークとなる脱出後20日間の後食面積は雌が4,100~8,100mm<sup>2</sup>(平均6,100mm<sup>2</sup>)、雄は少なく平均4,300mm<sup>2</sup>に達する。カミキリの体内から線虫が90



図一七 東京におけるマツノマダラカミキリの生活環

%離脱する1か月間の後食量は直径1cmのアカマツ2年枝を20~30cm食害することになる。年枝別後食量は2年枝>3年枝>当年枝の順で、当年枝の後食量が脱出初期に多くみられた個体もあるが、総後食量では2~3年枝が多い(遠田1973, 奥田1974)。しかし大型網室内では当年枝>2年枝>3年枝となり、4年枝以上の後食は少ない。また餌木の後食が大きいことが注目される(竹谷ら1974)。

産卵前期間は13~36日、平均3週間で樹皮にかみ跡をつくり1粒ずつ(2粒の場合もある)産卵する。かみ跡に対する産卵率は林分構成、被害率、異常木の発現時期などによってことなり、25年生アカマツ林(枯損率10%)の立木産卵率は平均52%、ふ化率は82%であったが、同一林内の餌木の場合は産卵率(60%)、ふ化率(88%)ともやや高くなる。個体飼育による1頭あたりの産卵数は5~215粒(平均107)で、1日の産卵数は1粒が32%、2粒が28%、3粒が18%、5粒では6%、最高産卵数は8粒が1例観察されている。1日の平均産卵数は1.7粒となる(遠田1973, 永井ら1974)。

卵期間(100%R, H)は20°Cで10~12日、25°Cで5~7日、30°Cで4~5日となり温度と发育速度の関係からえられた理論的发育限界温度は13°C付近にある。卵期間の有効温量は65~85日度となる。(奥田1973, 永井ら1974)。

ふ化した幼虫は樹皮下と辺材部を浅く食害し、4齢で終齢幼虫となり材入定着する。産卵から材入までの期間は20°Cで70~80日、25°Cでは40~60日、30°Cで30~40日、6~8月の自然条件下では25°C飼育とほぼ同じ経過がみられ、6~7月の産卵では約2か月後にすべての幼虫が蛹室を形成した。京都ではふ化から終齢幼虫までの发育限界温度は12.5°Cで、有効温量は625日度となる(奥田1973)。したがって卵から終齢幼虫までの发育有効温量は710日度以上必要とし、産卵時期によっては年内に終齢幼虫まで发育ができない。京都では8月下旬以降の産卵は2年1化の個体が多くなり(奥田1973)、盛岡の自然条件下では8月の産卵は57%、8月下旬以降ではすべてが未熟幼虫で越冬する(五十嵐1976)。この期間の食害面積(樹皮下に形成された食痕)は34~192cm<sup>2</sup>平均107cm<sup>2</sup>となる(遠田未発表)。

### 3. 越冬幼虫から羽化までの发育経過

越冬幼虫の发育限界温度は京都が12.5°C(奥田1973)、東京は11.9°C(遠田1975)という結果となり、この差は実験手法または地理的差異によるものか、それらを再検討するため1975年2月(茨城, 和歌山, 宮崎)と4月(東京, 福岡)に枯損木から蛹室内の終齢幼虫を採取

し、2月20日と4月17日に15・20・25・30°Cに加温した。実験手法、調査方法は本誌No.283と同様にした。

同一条件下における50%蛹化までの发育日数は、2月加温の15~30°C範囲内とも水海道, 新宮, 宮崎の順に北から南にいくほど蛹化前期間が長い。25°C環境下の50%蛹化までに要した日数は水海道が22日, 新宮35日, 宮崎が43日となり、水海道より宮崎が20日以上も平均蛹化期がおくれる。

しかし4月加温ではこの差が短縮され、25°Cの蛹化前期間は東京が15日, 福岡が21日となり、他の温度においても2月加温より发育が短かく蛹化も齊一となる。蛹化率は2月加温の15°Cが最も低く、水海道70%, 新宮68%, 宮崎66%と蛹化前期間が長い個体群ほど死亡率が高い。20~30°Cの範囲では産地別の差はなく80~96%蛹化した。これに対し4月加温の東京, 福岡産はいずれも2月加温より蛹化率が高く86~100%であった。

蛹期間は温度によってほぼ一定し、15°Cが平均46日、20°Cが20日、25°Cが12日、30°Cでは10日となり发育限界温度は10.6°C、この期間の有効温量は187日度となる。

羽化率は2月加温の15°Cが54~64%に対し、4月加温は両個体群とも78%を示し、20~30°Cでは80%以上の羽化率がみられた。25°C条件下での50%羽化までに要した日数は水海道が34日, 新宮47日, 宮崎が55日と暖地ほど发育速度が小さく(図-8)、羽化期間のパラッキが大きくなる。理論的发育限界温度は水海道10.9°C, 新宮10.8°C, 宮崎10.9°C, 東京11.0°C, 福岡10.8°C

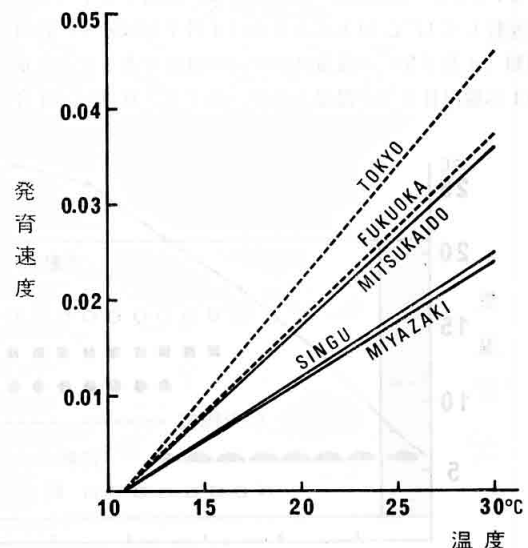


図-8 越冬幼虫から50%羽化までの地域別发育速度  
実線が2月20日加温、点線が4月17日加温



表一 産地別マツノマダラカミキリ越冬幼虫から50%蛹化、羽化  
までの発育零点と有効積算温度 (1975年)

個体群	加温日	ステージ	回帰式	発育零点	有効温度
茨城県水海道市	II/20	蛹	$y = 0.0030x - 0.0330$	11.2°C	337日度
		成虫	$y = 0.0019x - 0.0207$	10.9	528
和歌山県新宮市	"	蛹	$y = 0.0018x - 0.0199$	11.1	549
		成虫	$y = 0.0013x - 0.0143$	10.8	764
宮崎県宮崎市	"	蛹	$y = 0.0017x - 0.0185$	11.2	607
		成虫	$y = 0.0012x - 0.0135$	10.9	817
福岡県宗像郡	IV/17	蛹	$y = 0.0029x - 0.0295$	10.3	351
		成虫	$y = 0.0019x - 0.0209$	10.8	512
東京都目黒区	"	蛹	$y = 0.0043x - 0.0482$	11.1	234
		成虫	$y = 0.0024x - 0.0263$	11.0	425

となり産地及び加温時期の有意はみとめられない。したがってマツノマダラカミキリの終齢幼虫以後の発育限界温度は11°C付近にあると考えられる(表一)。

しかし発育有効温度は産地によって大きな差があり、発育速度が遅い暖地の個体群ほど多く必要とする。2月加温の50%羽化までの有効温度は宮崎が817日度、新宮が764日度、水海道では528日度となり、4月加温の福岡が512日度、東京が425日度となる。

このことは宮崎、和歌山など冬の短かい暖地ほど休眠が深く、寒地ほど休眠の離脱が早いといえる(遠田1976)。

東京で終齢幼虫を毎日採取加温すると、11月でも10%蛹化し、その後気温の低下にともなって蛹化前期間が短縮され、蛹化率も次第に高くなる。これが2月下旬以降になると顕著に発育が促進され、蛹化前期間が安定する(遠田1975)。このような現象は暖地の熊本(森本未発表)の場合は4月上旬以降にみられる。また他の実験(遠田未発表)で東京、潮岬両個体群を11月に採取し、 $5 \cdot 10 \cdot 15^{\circ}\text{C}$ 恒温に10~60日間遭遇させた後 $25^{\circ}\text{C}$ に加温すると、 $5^{\circ}\text{C}$ では10~ $15^{\circ}\text{C}$ 遭遇より蛹化前期間が長

く、蛹化率も低くなり低温障害的な傾向がみられた。さらに東京産より潮岬産がいずれも蛹化前期間が延長するという結果となった。また盛岡の場合(木村1974)、終齢幼虫を10~ $15^{\circ}\text{C}$ に2か月以上遭遇させると高率に蛹化するが、 $0^{\circ}\text{C}$ で3か月間遭遇させても蛹化できない結果となり、本種の休眠離脱の契機にはそれほど低い温度を必要としないものと考えられる。

一般に発育と温度から求められた発育零点や、有効温度は目安値であり、野外条件下で厳密に適用するには問題が多いといわれているが、年間の発生回数を推定したり分布限界を予想したりするための代表値として意味あるものとされている。マツノマダラカミキリの発育零点は卵期(約 $13^{\circ}\text{C}$ )を除いてふ化幼虫から終齢幼虫及び越冬後羽化までの成育期間は11~ $12.5^{\circ}\text{C}$ の範囲内にあって、一世代の成育に必要な有効積算温度は1,200~1,400日度である。分布北限になっている秋田、石巻の年間有効温度は1,400日度に達しているが、盛岡はやや少ない。したがって本種の分布可能範囲は、年平均気温が約 $11^{\circ}\text{C}$ 付近が限界と推定される(1976年理科年表による)。

## マツノマダラカミキリの材線虫伝播様式

担当研究室：本場保護部昆虫，関西支場昆虫・樹病，九州支場昆虫

(とりまとめ 野 洵 輝：農博)

### はじめに

マツ類の激害型集団枯損がマツノマダラカミキリによって媒介される材線虫病に基因した萎凋枯死によるものと判明してから、本特別研究でも引き続き、この項目についてカミキリと材線虫の相互関係に関して研究が実施された。この内容はカミキリの線虫保持数、カミキリの大きさと線虫保持数、カミキリへの材線虫の侵入離脱経過、カミキリの時期別の後食と枯損発生などについてであり、これらの概要をとりまとめ報告する。

### 1) カミキリの線虫保持数と保持率

昭和48～50年の研究期間中の地域別、年次別線虫保持数と保持率は表一3の通りであった。地域によって平均、最高保持数、保持率ともに著しい差が認められた。また、同一地域でも保持数に年次的な変動も認められた。

平均保持数の最高は高知県浦の内の29,516頭、最高保持数は水戸小吹町の214,000頭、保持率の最高は三木市の90.5%であった。関東のカミキリは関西、四国、九州(熊本市大矢野、1971年、保持数最高8,783、平均3,146、保持率71%)のものに比較して保持数が多くなっている。このように材線虫の保持数が場所や年次によって大きく変る原因が単に枯損木の太さや材の含水率の違いによるのか、大発生の流行過程によるものか実験を含め同一地域での線虫保持数の年次変動を調べる必要がある。

線虫保持数の少ない関西の調査結果(49年)では、10,000頭以上を保持したわずか4.3%のカミキリによって総線虫数の62.5%が運び出され、保持数1,000頭に満たないものが、総カミキリ数の80%をしめている。健全木を枯死させるほどの材線虫の伝播は、1,000頭以上の線虫保持数を有する20%程度のカミキリによって行なわれ、他の80%の成虫は当年の枯損にはあまり関係がない。このように少数のカミキリによって材線虫の持ち出しが集中的に行われているが、枯死木材内での材線虫の増殖に相当な差異があること、蛹室効果にも集中性があること、含水率が枯死木の部位によって差があり、これ

が材線虫のカミキリへの侵入数に差が生じたためなどの理由によるものと推定される。しかし、関東のように材線虫保持数の多い所では、このような傾向があまり明白に現われていない。

### 2) 脱出時期別カミキリの線虫保持数

関東では、羽化脱出の初期から後期までにカミキリの線虫保持数、保持率ともに大きな変化は見られないが、関西のカミキリでは羽化脱出が後期になるほど線虫保持数、保持率ともに減少し、特に潮岬での調査ではこの傾向が強く現われている。このような関東、関西の違いは、線虫保持数すなわち材内での材線虫とカミキリの相対的な量が関係しているためでないかと考える。九州支場の研究では、材線虫の第3期幼虫は材の含水率が20%以下になると耐久型幼虫になる比率が低下することから、カミキリの羽化時期の遅いものでは耐久型幼虫になる割合が少なくなる傾向を認めている。

関西の例のように後期ほど線虫保有数が少なくなる場合には、マツの衰弱枯死に直接影響をあたえるのは5月

表一2 脱出時期別カミキリの線虫保持数 潮岬(1973)

脱出月日	平均保有数	最高保有数	検出率
V 28～31	490.6	5,053	44.4
VI 1～5	42.1	431	20.9
VI 6～10	40.2	464	27.5
VI 11～15	89.4	1,573	24.1
VI 16～20	90.7	954	35.5
VI 21～25	126.5	1,194	42.9
VI 26～30	950.7	2,847	7.7
VII 1～5	1.0	1	9.1
VII 6～10	1.0	1	9.1
VII 11～15	2.0	2	4.8
VII 16～20	0	0	0
VII 21～25	0	0	0

表-3 カミキリムシの線虫保持数と保持率

産地	48年			49年			50年			備考
	平均保持数	最高保持数	保持率	平均保持数	最高保持数	保持率	平均保持数	最高保持数	保持率	
茨城県 水戸市小吹町	19,590	214,000	86.9	28,750	144,000	97.2				
千葉県 館山市平砂浦							8,974	156,000	80.0	
君津市俵田	4,060	82,000	82.5							
君津市戸崎	6,740	98,000	81.8							
一宮町				11,910	123,000	81.0	7,154	86,000	85.5	
木更津市下郡	5,830	236,400	79.2							
沼南町				17,340	167,000	94.0				
東京都 村山貯水池	6,680	51,000	65.7	9,130	123,000	59.1				
浅川	540	3,900	44.4							
愛知県 豊橋市	17,520	65,000	88.9							
福井県 敦賀市松島	—	15,350	75.0							
京都府 久美浜町	4,608	18,950	81.8							
桃山町1	5,580	42,100	65.8	413	4,360	57.1	2,460	56,067	75.9	カイガンショウ
" 2	5,546	39,300	87.1							
東山区				1,426	35,920	77.8				
和歌山県 見老津	1,207	19,650	70.4	1,632	89,650	82.1				
串本町	133	1,250	56.0							
美浜	—	1,116	20.0							
日置川町	1,224	1,428	50.0							
潮岬	1,282	3,270	71.4	1,208	42,600	76.6				
三木里	16,977	25,290	50.0							
九鬼	2,362	6,750	50.0							
波田須	6,542	14,140	66.7							
兵庫県 三木市				186	2,448	90.5	4,124	29,200	83	
岡山県 祇園	69	625	63.6	286	3,633	52.0				
広島県 宮島町	16,253	34,040	80.0							
島根県 大社				113	471	60.0				
山口県 山口				2	11	50.0				
香川県 屋島	786	3,610	—							
愛媛県 西条	22	65	—							
高知県 浦の内	26,516	106,200	—							

～6月中旬に羽化脱出したもので6月下旬以後に羽化脱出したものはマツの衰弱にあたる影響は少ないといえよう。

### 3) カミキリの大きさと線虫保持数

関西支場の3年間にわたる調査では、体長、体重、雌雄による個体間の保持線虫数の間に相関は認められていないが、四国支場で行った須崎市のカミキリでは生重量122～547mgの個体で線虫保持数0～106,200頭とかなりの開きがあり、大きい個体ほど多くの線虫を保持する傾向が見られた。

### 4) カミキリへの材線虫の侵入離脱経過

材線虫は11月頃蛹室の周囲に高密度となり、第3期幼虫が脱皮をはじめるのは蛹の複眼が濃褐色になった羽化の約5日前頃から始まり、羽化前後に最高潮となる。この耐久型幼虫は活発に行動し、蛹室の壁から立上るようにして上半身を動かし、また壁から内方にのびる青変菌の子のう殻の頸や材繊維の先端に集まり虫にとりついてはいる。羽化直後から気門に集中し、脱出直前の個体ではすでに体表面に線虫が附着しておらず、触角、肢まで含めた体全体の気管から検出される。体内への侵入は腹部気門のうち最も大きい第1気門を主とし、第2～7気門や、前胸と中胸との間にある気門からもおこなる。体内

では気管だけに認められ、中胸と後胸に最も多く、材線虫の検出率は全体の63%、腹部には32%、頭部と前胸は5%であった。

後食期に気門外にはい出した材線虫はおもに腹部の背面と腹面をはい尾端の刺毛をへて、後食枝上へ移行する。このようにして、カミキリ体内の線虫はカミキリの脱出後時間の経過にしたがい減少し、脱出後30日の間にその約50%が後食枝に移行する。材線虫の脱出は常時一定の数が離脱するのでなく、不連続にある程度まとまって行う傾向があり、後食面積と離脱線虫数との間に相関はない。

野外における定着後食期のカミキリの線虫保持数や階級別頻度百分率は羽化脱出直後の成虫とほとんど変わらないが、成熟卵を持った雌成虫では成熟卵を持たぬものより線虫保持数が少なくなる。しかし、線虫の伝播は産卵期に入ってからでも可能である。

羽化脱出直後のカミキリの体表面から黒色の粘質物におおわれた糸状菌の1種 *Ceratocystis* が多く検出され

る。これは翅鞘に多く、材線虫の食餌となっていたものである。糸状菌の着生した個体の線虫保持数は無着生の個体に比較して線虫保持数が多く、線虫保持率は100%であった。糸状菌が過度に着生した個体では物理的障害を受け畸型となる個体が多く、かつ死亡率も高くなる。

#### 5) カミキリの時期別の後食と枯損発生

一般にカミキリの産卵している枯損木は健全木に比べて後食数が非常に多く、後食の多い木は少ない木よりも早く枯れる傾向がある。しかし、羽化脱出直後の成虫からの材線虫の脱出は少なく、苗木を用いた試験では、羽化直後から1週間までの後食を受けたものは小枝などの部分枯損、脱落が認められるが枯死は発生せず、第2週目と第3週目の枯損は顕著に多くなる。

#### おわりに

関東と関西あるいは四国の結果に若干の違いが見られるが、被害の進行経過と線虫保数といった同一地域での年次変動、あるいは材の含水率と線虫保持率といった補足実験を行うことによって解決されるであろう。

## マツノマダラカミキリの行動

担当研究室：本場保護部昆虫第2，林産化学部木材化学，関西支場昆虫，九州支場昆虫，和歌山県林業センター，鹿児島県林業試験場

(とりまとめ 山根明臣：農博)

マツノザイセンチュウを媒介するほとんど唯一の昆虫として、マツノマダラカミキリ成虫（以下カミキリと略す）の行動は、マツ枯損防止上極めて重要である。ザイセンチュウ特別研究を契機に、それまでの松くい虫研究時代からの知見をもとに、このカミキリの生活、行動習性等を更に詳しく追究することになり、国立林業試験場の他、和歌山県、鹿児島県の林業試験場もこのテーマに参加して、主として野外での調査観察を精力的に行ってきた。行動習性に関する研究成果の一部は、前回の中間報告（森林防疫 24；211～213，1975）で紹介したが、材線虫特別研究完了に際しては「成果シリーズ」の一つとして主な成果を刊行することになっており、行動の項の取りまとめを担当したので、ここではそこでまとめた内容の紹介を中心にして、カミキリの行動について説明しよう。以下取りまとめ項目の順を追って述べる。

### 1. 野外におけるマーク虫放虫等による移動分散行動及び産卵飛来行動調査

このカミキリが羽化脱出後どのように移動分散して材線虫を伝播するのか、あるいはどのような因子がこれら一連の行動に関連しているのか等を追究するため、野外での集中的な直接観察等が行われた。ただ野外で自然状態のものを直接観察しても、測定できる事例は少なく、なんらかの補足的手段を講じなければならない。そこで主として成虫に標識をつけて放虫し、一定時間毎に附近を探索して回ったり、あるいは虫が集まる場所を予め用意しておいて、そこに集まった虫を調べるといった方法で以後の行動を追跡することが行われた。後者に用いられたのは普通餌木であるが、市販の誘引剤もかなり広く利用された。

(1) マツノマダラカミキリの羽化脱出後の移動分散

(和歌山県林試, 関西支場昆虫)。両研究室が共同して数年にわたり串本町潮岬で行ったもので、現地には松枯損木丸太を用いて小屋(通称ミサキハイツ)を作り、電気も水道もない所で夏の数週間泊り込んで一連の調査観察を遂行した。行動を調査する場合連続観察して途中の経過が判っていることが重要で、結果の異同だけでは判断しかねることが明らかになることが多い。ただ野外での観察では大へんな労苦の割には得られるデータは少なく、しかも一般的な結論を導き出すのが困難なことが多い。1974年には約750頭、1975年には約2,000頭ものマーク虫を放したが、再捕した(再び見つけ出した)のはそれぞれ6.5%(延19%)、0.3%(延1%)であった。放虫時の行動習性はケージ内で得られた結果(本場昆虫第2)と同じで、自力での飛しょうはそれほど大きくはないものと推定されたが、うまく気流に乗るとかなりの距離を飛ぶこともあった。また気象条件に大きく影響を受け、雨天等では飛しょう行動は不活発で、静止または小範囲の歩行しかみられない。放虫後の大きな移動は放虫後7日以内(したがって日齢の若いもの)に終えるものと考えられた。移動距離も比較的小さく、再捕虫の75%は100m以内で、最遠は2,400mであった。餌木に飛来した虫(日齢3週間以上のものが主)はその附近に止まる傾向が強い。

(2) マツノマダラカミキリの行動の時期変化と放虫後の行動の経過(和歌山県林試, 関西支場昆虫)。1973年~1975年の3か年放虫実験を行い、放虫後に示す行動を飛行、歩行、摂食、交尾、産卵等の行動内容に分けて記録し、日齢による行動習性パターンの違いを明らかにしようとしたものである。これらが全体として野外個体群の示す季節的な行動パターンの変化としても取りまとめた。脱出後の若日齢成虫は当年枝(本文では新梢の伸長した時期の年枝の呼び方を当年、1年、2年枝とする)で摂食することが多く、その後1、2年枝での摂食が多くなる。1、2年枝で摂食中のものは成熟したものが多く、特に樹幹で発見された虫は成熟度が高い。このように樹幹に虫が多くみられる時期には、そこは特定の木に限られていて、すべて成熟している。すなわち脱出後20日程度までは当年枝の摂食が多く、これはランダムに分布するが、それ以後になると1、2年枝での摂食が多く、特定の木に集中し、成熟虫が多くなる。この地方では6月下旬までが前者の時期で、7月には両者が、8月には後者のみが見られるようになる。

(3) 野外におけるマーク虫放虫による移動分散調査(鹿児島県林試)。市販誘引剤ホドロンを用いて産卵期に入ったカミキリの移動分散の実態を調査した。阿久根

市大丸と海峡を隔てた大島に誘引器を置き、大丸で捕った約350頭にマークをつけて放虫した。大丸では8%(大島では1頭)が再捕され、放虫点から最遠は1,000mの地点で、放虫後4日目に確認された。また800mを2日、875mを3日、900mを4日で移動している。1.2km離れた大島への移動は本調査では確認できなかったが、毎年の被害発生状況と徹底した駆除からみて、本土から主風に乗った飛び込みがあるものと考えられた。

(4) 気温とカミキリの停留率(九支場昆虫)。カミキリの摂食時の停留時間が材線虫侵入数に大きく関係するので、それらと気温の関係を調べた。マークのつけ方は他の研究室と異なり、本研究室で開発した独特の方法を用いた。アルファベットと数字を組み合わせて記入した2×3mmのトレース用紙をセメダインCで虫体に貼り付ける。脱出直後のマーク虫を野外で木に放し、その後の移動を記録した。また温度を調節した飼育室に鉢植えのマツを入れ、一定場所(窓から最奥)に放虫して、翌日までの移動を調べた。その結果野外では放虫後1日目の停留率は35~55%、2日目以降は60~85%となり、2日目以降は停留することが多い。また室内試験で、18°C以下ではほとんど動かず、それ以上は温度の高いほど停留率は低下し、28°Cを超えると再び高くなった。30°C以上では落葉の間にもぐり込む等の異常な行動を示す個体が多くなった。野外でも気温が高い程移動性が高まり、21時の気温との関係は飼育室での結果と同じ傾向を示した。1973年の結果では6月から7月と季節の進むにつれ停留率は低下する。脱出直後のものより餌木で採集したもののほうが停留率が低い。熊本地方では脱出最盛期が6月中~下旬、それからの材線虫落下最盛期は7月上~中旬と推定されるのに、実際の防除成績では6月の影響が強くなるのも、カミキリの停留率と気温の関係が侵入材線虫数の分布に関係するためと思われる。

(5) 誘引剤による行動調査及び防除(九支場昆虫)。誘引剤の利用による枯損防止法として、(i)誘殺により健全木への侵入材線虫数を少なくする。(ii)誘殺によるカミキリ雌の密度低下、(iii)列状に設置して虫の侵入を防ぎ、微害林や空散林の枯損を少なくする、等が考えられるので裏づけの調査をした。その結果(i)ホドロンに誘引された雌は成熟卵をもって、保持線虫数は羽化直後に比べて1~2桁少ないが、6月上、中旬の誘引個体では比較的多く、それ以降減少する傾向がある。(ii)誘引器のまわりには後食数が多くなり、半径5m以内の枯損率が高まった。(iii)50m間隔の列状配置では移入防止効果は弱い、(iv)同心円状の2列(内側半径50m外100m)、各々6、12個の誘引器配置で、推定個体数の5~



10%を捕虫できたが、誘引器周辺の予防散布で誘殺効果は数倍高まると推定された。以上のとおり誘引剤と予防散布の併用で密度低下の可能性が示され、また健全木への侵入材線虫数減少のためには、6～7月上旬の使用が望ましいことが判った。

(6) 予防散布地での誘引剤によるカミキリの侵入調査(鹿児島県林試)。空散地と無散布地が水田等で隔離された林分で、カミキリの侵入経過をホドロンを利用して調査した。吹上国有林の微害地にMEPを空散し、その内陸側には水田1～3km幅の次に激害放置林がある。散布国有林内及び放置林内に誘引器を設置した。6月中旬には後者の誘引器に入った虫数が圧倒的に多く、空散地林縁にもかなり入ったが若干少ない。6月下旬より無散布区予防散布林縁、予防散布林内で差がなくなった。MEPの残効と関連すると思われる。誘引器を中心とした100～200本について、林縁では1.8%、林内では0.7%の枯損が発生した。

(7) ホドロンによるマツノマダラカミキリの誘引(鹿児島県林試)。このカミキリは誘引器に6月下旬より入りはじめ、7月上旬最高になった。これは現地の脱出開始期、脱出最盛期よりいずれも1か月遅い。また誘引された虫の雌の98%が成熟卵を有していた。これらからホドロンは産卵期成虫に対して誘引を示すものと考えられた。誘引虫の性比は0.34、保線虫率は0.24、保線虫数はカミキリ1頭当たり平均782(0を含む)であった。誘引器1器当りの捕虫数は1日4.4頭以下で、これは直径7cmのマツ1本を餌木とした場合の誘引数と同等であった。観察によると誘引されてきても器に入らない虫が多いことや、マーク虫の再捕状況からみて、現地にいる虫の一部が誘引捕虫されているにすぎないものと推定される。また誘引器設置場所によってバラツキが多く、凸地形でマツのある明るい場所や林縁、山の中腹以上の場所でよく誘引され、上木が広葉樹で覆われた所は集まりが少なく、降雨時には全く集まらない。

## 2. ケージ内でのマツノマダラカミキリ成虫の行動の実験的観察

(1) 脱出直後の行動習性。前述のとおり野外での観察は試験地の制約や観察能率などの点でいろいろな困難を伴うことが多いので、問題点を整理した上でケージ内で実験的に観察を行った。方法及び成果の一部は前回の中間報告に述べたので詳細は省く。脱出直後の成虫は歩行によって上部、あるいは低くとも行き止りの突出部に到達すると、特有の触角の旋回を行い、風の向きに応じて足ぶみして体の向きをかえ、一時静止の後さや羽を開いて飛び立つ。この飛行は定位されているとは考えにく

い。この時の飛び方はフワフワと斜め上方に、あるいは旋回しながら上昇する、飛行の跡を地面に投影した水平方向と高度から実際の飛行距離を測り、ストップウォッチで時間を測って、飛び始めの速度を計算したところ、平均1.06m/sec.(最高1.6,最低0.6)の飛行速度が得られた例がある。ある程度上空に達すると風に乗って風速より少し速く風下に飛んでいく。もし上空に達する前に枝などにぶつかると、そこから再び歩行による移動を開始し、前と同様にして飛び立つ。数10mを一気に飛んで見えなくなるものもあり、途中地面や樹木に着くものもあった。降雨時には飛行はみられない。脱出後数日飼育したものでは飛しょうを含めて移動分散活動性は減少し、摂食対象があれば直ちに摂食を開始するものの率が高くなる。以上のことから脱出直後には、ある時間生得的な移動分散活動性の高い期間があり(移動分散期)、次いで比較的同一場所付近で摂食に専念する定着摂食期と呼べる期間のあることが明らかである。この後再び飛行活動を含めて活動性の高く、摂食も産卵対象木を中心にして継続する産卵摂食期と呼べる期間に続くが、これについては後で述べよう。ケージ内で主に行った実験結果と、これまでに紹介した野外での結果とはほぼ同じ結果が得られていることは注目できる。

## 3. 摂食行動及びそれらに関連する化学成分

(1) マツノマダラカミキリ成虫の摂食行動(保護部昆虫第2)。カミキリの摂食行動について、年枝選好、樹種選好、摂食に関係する感覚器などを調べた。小容器での選択テストでは咬みつき開始順序及び摂食量ともにアカマツの場合1年枝、当年枝、2年枝の順になった。野外ケージで脱出後の日齢の若いものでは当年枝がもっとも多く、1年枝がこれに次ぐ、枝の分岐点附近が多く食われる傾向にあった。アカマツと他の樹種の2種を入れて摂食させると、クロマツはほぼ同等、スギ、ヒノキ、カラマツはいずれもほとんど摂食しない。1樹種のみを入れて数日間おくと、大きく分けて供したマツ科のものは1日目から、ヒノキ科は少し遅れ、スギ科のものは更に遅れて摂食を開始した。コバハンでは4日目に咬みつき行動を示した。20日後まで生存できたのはマツ科のものがほとんどで、他は死亡した。別の実験では脱出後2日間の無給餌では影響がないが、4日間で20%、6日間で50%、8日で90%が死亡した。体重減少が指数で90になると死亡が生じ、86以下になったものはほとんど死亡した。絶食2日でも25日後の生存率は50%で、4日では10%にまで低下するので、脱出直後の絶食は実際に寿命に大きく影響すると思われる。小腮鬚切除で摂食対象選択能が失われ、下唇鬚切除で咬みつき活動が低下する。

(2) 摂食行動と温度、光条件（保護部昆虫第2）。15°C、20°C、25°C、30°Cで脱出直後から個体飼育して摂食量を測定した。体重1g当りに換算して検討した結果、高温程多く摂食した。体重増加は20°C以上ではゆるやかになった。いずれも0に外挿すると12~13°Cになり、理論上の摂食停止温度といえる。1日を明、暗各12時間に分け、25°C、30°Cで飼育して摂食量を比較したところ、いずれの温度でも有意の差はなかった（暗がやや多いが）。

(3) 摂食行動に関連する化学成分（林産化学部木材化学、保護部昆虫第2）。摂食刺激物質の検索を主として沱紙法（円形沱紙に試料を含浸し、無処理沱紙とともに容器に入れて虫を放し咬み跡を数える方法）で行った。アカマツ枝の樹皮の熱水抽出物のメタノール転溶物では1年枝抽出物にもっとも多く反応し、当年、2年枝はこれより少なかった。いろいろな物質のうち、蔗糖、果糖、 $\beta$ -sitosterol、及び未知の糖アルコール等に摂食刺激の活性があった。

#### 4. 産卵行動及びそれらに関連する化学成分

(1) ケージ内及び室内オルファクトメーターによる産卵期成虫の嗅覚反応テスト（保護部昆虫第2 林産化学部木材化学）。脱出直後の移動分散行動はタキシスによるとは考えられないが、成熟した成虫の示す産卵対象木への飛来は明らかにタキシスによる。これが嗅覚反応であることを、ケージ内に生丸太の匂のみを送風して確かめた。雌は古い枯木の樹皮にでも匂が存在すると産卵嚙痕を作る行動を示すが、産卵管挿入の行動は示さない。嚙痕作成中は味覚刺激を受けて、産卵行動が完結する可能性がある。人工飼料にも産卵させることが可能であったが、実験の範囲では蔗糖添加量には関連が少なく、イースト粉末含量の多い程産卵数が多い結果が得られた。産卵対象への飛来が匂反応であることが確かめられたの

で、室内で生物検定するために、扇形及び円形のオルファクトメーターを試作したところ、ほぼ実用化の見通しがついた。

(2) 産卵行動に関連する化学成分（林産化学部木材化学、保護部昆虫第2）。マツ生丸太の匂成分を検索するため、通気、捕集装置を考案した。ドライアイス—アセトンのコールドトラップで捕集した物質を薄層クロマト及びガスクロマトで分析した結果、アルコール、アルデヒド等低分子揮発性成分が検出された。これらは嫌気醗酵生産物と理解され、正常木が異常木や生丸太となって生物的、化学的に変質していく過程で生成されるものと考えられる。以上の他炭酸ガスも確認されている。アルコールやアルデヒド等の検出された成分をもとに誘引剤を調製し、室内オルファクトメーターで生物検定したところ、市販誘引剤、コントロールに対し有意に活性を示した。雌は反応性が悪く、有意な差はみられなかった。野外での予備的な実験ではこの調製誘引剤には反応がみられなかったが、濃度、成分、トラップを含めて今後の検討が残されている。

以上を要約すると、(1) このカミキリの脱出後の行動習性はその特性によって3期（(i)脱出直後の移動分散期、(ii)定着摂食期、(iii)産卵摂食期）に分けて整理することができる。被害まん延には(i)が重要であり、風向の影響を受けやすく、附近の生立木に移動する確率が高いが、時には数10kmの移動も可能である。実際の被害拡大の状況等と併せて考えると2~3km以内に移動分散して新しい被害を発生させる危険性が高い。摂食行動については関連する化学成分の一部が明らかにされ、産卵対象への飛来に関連する匂成分の解析がかなり進められた。

## 「マツノマダラカミキリの密度推定法」に関連する2,3の問題

担当研究室：本場保護部昆虫第2，関西支場昆虫，九州支場昆虫，和歌山県林業センター

(とりまとめ 小林 一三)

### はじめに

個体数変動要因の解析はもとより，害虫の防除効果の判定や発生予察などを行うには，どんな昆虫でも，まず個体数を知ることが調査の出発点となる。個体数の調査法は対象とする昆虫の特性に適し，また，その目的にあった方法が工夫されなければならない。

マツノマダラカミキリの生活場所は卵，幼虫，蛹，及び羽化直後成虫までの間はマツ枯損木の樹皮下や材内という閉鎖空間であり，枯損木から脱出した後の成虫では開放空間となる。樹皮下や材内の場合には樹皮の一定面積当りの産卵痕数，卵数，幼虫数，材内穿孔数，蛹室数，成虫脱出孔数などで各ステージにおける密度が表示され，分布型，個体数変動要因，薬剤殺虫効果の判定などが行われている。開放空間に出た後の成虫密度については基本的にはマツ林の一定面積当りの成虫数で表示されるが，移動分散期，定着後食期（産卵前期），及びその後の産卵期（雌雄ともに衰弱・枯死木に集まる性質を持つようになる）の3期間では個体数の調査法もちがってくる。

枯損木の樹皮下における密度や分布については小林（富）（1975）によるすぐれた研究がすでに発表されているので，農林水産技術会議から発行される本特別研究の成果報告内の「密度推定法」の章では成虫期に重点をおき，枯損木からの脱出成虫数，定着後食期成虫数，産卵期成虫数，及び後食痕量の推定法とその成果の概要を

とりまとめておいた。その内容を再びここで要約することは避けて，成果報告のとりまとめ中に感じたマツノマダラカミキリの密度に関連する2，3の事柄について述べることにする。

### 「餌あたりの密度」と「密度」の年次変動，防除効果

伊藤嘉昭（1963）はカナダの昆虫学者たちの考えをもとに，動物の密度（density）という言葉を一地面積当りの個体数のことに限定し，一定量の餌あたりの個体数のことを特に餌あたりの密度（intensity）と呼んで区別している。この区別にしたがえば，マツノマダラカミキリが樹皮下で生活する期間について現在行われている個体数の表現法（枯損木の樹皮一定面積当り）は餌あたりの密度である。一定地表面積に存在する餌の量が測定しやすいものであれば餌あたりの密度は簡単に密度に換算される。また，樹冠の閉鎖した針葉樹林のように葉量がいつもほぼ一定に保たれている場合であれば，一定量の針葉あたりの虫の数を毎年調べておけば，それはそのまま個体数の年次変動として使える。

マツノマダラカミキリを含むマツ類穿孔虫の餌となるものは生理異常をおこした衰弱，枯死木の樹皮下だけであって，健全なマツはいくらあっても幼虫の餌でも生活場所でもない。マツ林一定面積内に毎年発生する枯損木の数は一般に大きな変動を示す。表—4に掲げた紀伊半島の海岸沿いの幼齢林での材線虫による枯損のような場合はそれが特に激しい（小林一ら1976）。しかも，1本

表—4 見老津試験地の枯損発生経過（1971年に12年生のクロマツ，面積6アール）

	1970	1971	1972	1973	1974	1975
生立木数	157本	141本	78本※	25本	10本	7本
枯損木数	16本(10%)	60本(43%)	53 (68%)	15 (60%)	3 (30%)	2 (29%)
夏型枯損木数	?	44 (73%)	38 (72%)	13 (87%)	3 (100%)	2 (100%)
材線虫検出率	?	有り	98%	100%	100%	100%

※：誤伐された3本の生立木を除く。

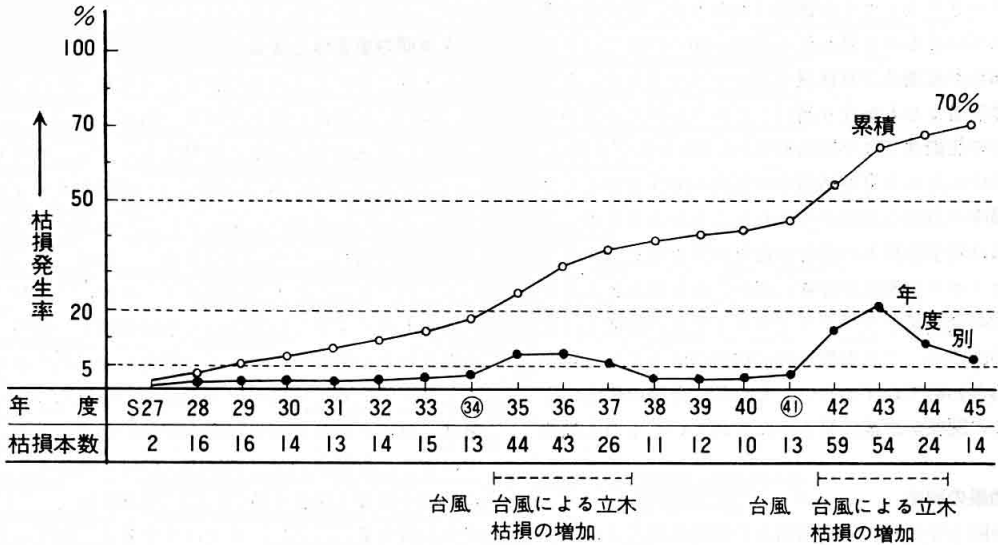


図-9 枯損発生経過 (志田山) (遠田ら:1972)

注 1. 34年に2回(8月, 10月)41年1回(9月)の台風害を受ける。

2. 風害木(根返り, 傾斜, 挫折など)が34年53本(被害率10%), 41年41本(12%)

ごとの樹皮面積は木の大きさや樹形によってまちまちであり、また、枝までも含めた面積測定は多くの労力を必要とする。マツ類穿孔虫の餌あたりの密度は単木内の樹皮の厚さや高さ、単木間、林分による変異がきわめて大きく、また、種間競争などもからんだ複雑な混合個体群を形成している。このようなわけで、数多いマツ類穿孔虫のそれぞれの種についてのマツ林一定面積あたりの個体数はとても測定できるものではない。材線虫の発見以前に、マツ林に毎年発生する枯損木の量と単木ごとの「枯損型」が調査され、これをもとに、マツ枯損現象の林分としての類別である「被害発生型」という概念が作り出された(小田ら1966)。マツ類穿孔虫全体としての密度は枯損発生量に比例するものであるから、マツ林一定面積当りの枯損発生量の年次変動はまた、マツ類穿孔虫全体の密度の年次変動でもあった。遠田ら(1972)による恒常発生型林分で材線虫の関与がなかったと考えられるアカマツ老齢過熟林(志田山: 神奈川県津久井郡)における枯損発生率の年次変化を図-9に、また、内陸の壮齢林で、材線虫による枯損が発生した激害発生林分(戸崎: 千葉県君津郡)の枯損経過の調査結果を図-10に示す。

マツノマダラカミキリの産卵期は夏であって、秋のはじめにはほとんど終了する。枯損型では夏型に主として寄生し、夏秋型にもある程度は寄生する。毎年発生する夏型枯損木の量がマツノマダラカミキリの餌と生活場所

の量を規定するので、マツノマダラカミキリの大きな密度の年次変動は夏型枯損木発生量の年次変動と並行的に動くと考えられる。

図-9に示した志田山の場合は平時においては、夏型と夏秋型を加えても全枯損木数に対する割合は28%、台風後の枯損では14%と報告されており、このような老齢過熟林分が材線虫によらずに自然に枯死していく状態で

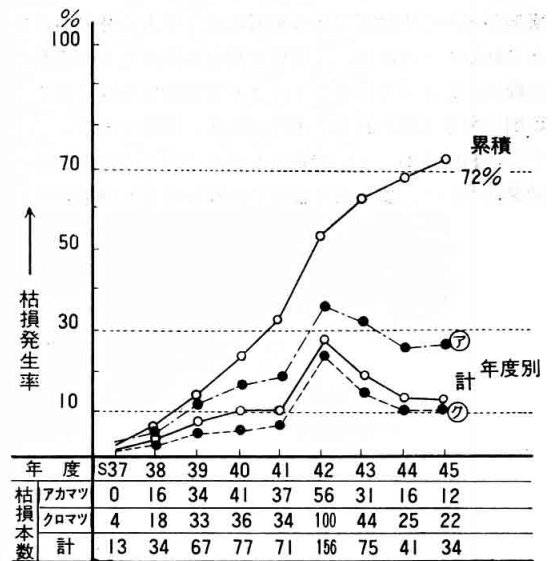


図-10 枯損発生経過 (戸崎) (遠田ら:1972)

はマツノマダラカミキリの密度はかなり少く、安定状態が保たれているものと思われる。図-10の戸崎では全枯損木の55%が夏型及び夏秋型で、マツノマダラカミキリの密度は前者よりもかなり高いことがうかがえる。兵庫県三木市の壮齡林では年間枯損率が4.5%と低い状態でも、その中に占める夏型枯損木の割合が50%を越えた翌年に枯損率の急激な増加がみられたことがある。表-3の場合には夏型枯損木の割合は毎年70%を越え、マツノマダラカミキリの密度が非常に高かったと思われる。夏型枯損木の発生量とマツノマダラカミキリの密度とは深い関係があるが、これを数量的に結びつけることは現在のところきわめてむずかしい。しかし、今後の研究によって、この関係が次第に明らかにされていくものと期待される。

#### 防除効果の判定

伐倒駆除と呼ばれている枯損木の薬剤処理、又は、林内からの枯損木搬出除去はマツノマダラカミキリ成虫の密度低下をねらいとしている。成虫の行動範囲は広いので、その効果は大面積にわたって伐倒駆除が実施された場合にはじめて実質的なものとなる。ところで、現在の薬剤による伐倒駆除の効果判定は処理木と無処理木との餌あたりの密度の比較によって行われている。防除効果の判定は殺した虫の割合で比較されるよりも、その森林がうけた実質的な被害量から判定されるべきであると山口(1976)が述べているように、伐倒駆除の効果判定の現状は不十分といわざるをえない。この防除法がマツの大量枯損を未然に防止するための基本的な手段であるとの認識はかなりゆきわたっているにもかかわらず、その実施がとかく不徹底である原因には、多大の労力が必要とされることのほかに、効果の判定が餌あたりの密度の比較にとどまっていることによる実質的な効果に対する疑問があると思われる。実行が非常に困難であることは十分にわかるが、よい試験地を選んで、この伐倒駆除の効果について、餌あたり密度の比較を越えた効果判定の

試験がいくつか実行されるべきだと思う。

#### 成虫期の重要性と後食痕

大多数の害虫では森林の被害は幼虫期の摂食による損傷によって収穫量の減少や品質の低下としてもたらされる。また、成虫期は一般に移動性が大きいいため研究手法がむずかしいこともあって、その生態学的研究は他のステージにくらべておろそかにされている。マツノマダラカミキリの場合は成虫による材線虫の伝播によって被害がもたらされるのであって、幼虫の摂食による被害は副次的なものにすぎない。マツ大量枯損現象の解明には成虫期及びその後食痕についての研究がきわめて重要なものとなっている。成虫がマツ樹冠上の小枝につける後食痕は、単にその量が成虫密度の間接的な表示となるだけでなく、材線虫のマツ樹体内への侵入経路としてマツの枯損と密接な関係を持っている。個体飼育などによる成虫の後食量についての研究は成果報告の「生活史」の章で述べられているようにいくつかの研究がなされてきた。しかし、野外におけるマツ樹上の後食痕の実態に関する研究は森本ら(1972)、岩崎ら(1975)、竹谷ら(1972)による研究など、これまでのところはわずかなものにすぎない。今後、後食痕に関する多角的な研究が進むにつれて、材線虫によるマツの枯損に関する新たな知見が得られてくるものと期待される。

#### 文 献

- 1) 伊藤嘉昭：動物生態学入門，東京，古今書院，394 pp, 1963
- 2) 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 274, 85~124, 1975
- 3) 小田久五ら：穿孔虫による森林の被害，植物防疫 20, 343~348, 1966
- 4) 山口博昭：森林害虫の総合防除—害虫防除は自然破壊か—，山林 1107, 35~41, 1976



## マツノマダラカミキリの個体数変動要因

担当研究室：本場保護部昆虫第2，関西支場昆虫，四国支場保護，九州支場昆虫

(とりまとめ 森本 桂：農博)

材線虫によるマツの異常・枯死は，実際によれば接種頭数が多いほど，また高温で乾燥の条件下ほどその割合が高くなっている。接種頭数がカミキリムシの密度と一定の関係があると考え，またその影響が枯損率とある関係があるとするれば，マダラカミキリの個体数変動要因の解析は，その密度低下による枯損防止を目的とした総合的防除法の基礎として重要である。

1975年までの結果の概要は，すでに報告してある。研究は継続中のものが多いが，ここでは今回の特別研究の期間中に本・支場を通じて行われた研究のうち，個体数の変動に関連するものをまとめて報告する。

### 調査方法

#### 1. 卵から羽化脱出まで

(1) 被害木や餌木について，材の表面積，樹皮の厚さ，産卵痕数などを記録して飼育室に保存する。また一部の材については，樹皮下が幼虫でくい荒される前に産卵痕に対する産卵率，ふ化率，死亡要因などを調査する。

(2) 成虫の脱出終了後に材を割って，穿入孔数，蛹室数，脱出孔数，死亡虫の状態などを記録する。

(3) 上記調査を固定調査林について長期間継続する。

#### 2. 羽化脱出後の成虫

(1) 脱出直後の死亡率を飼育室で調べる。

(2) 各地の被害木などから羽化した成虫を恒温条件下で一定期間飼育して，死亡率と死亡要因を調査する。

(3) 大型網室や腰高シャーレなどで飼育して，死亡経過，産卵数などを調べる。

(4) 羽化経過，誘引経過，産卵経過を毎年同じ方法で調査する。

#### 3. 産卵対象木の量と分布及び産卵数

(1) 海拔高ごとに枯損率を調べ，産卵対象木の分布範囲を推定する。

(2) 多数の定点調査林分について，枯損率の推移を長期間にわたって調べる。

(3) 定点調査林分の枯損木について，産卵数を毎年調

査する〔1(1)の調査へ続く〕。

### 調査結果

#### 1. 卵から羽化脱出まで

##### (1) 卵の死亡要因

千葉県下の自然枯損木と餌木，及び本場内の網室餌木について，産卵痕数に対する産卵率と卵のふ化率を調べた結果はつぎの表の通りである。

表一五 千葉県下の自然枯損木と餌木，及び本場内網室餌木の産卵率と卵のふ化率

調査木と年	産卵率 (%)		ふ化率 (%)	
	範囲	平均	範囲	平均
枯損木, 1972	39—83	57		
枯損木, 1973	46—60	53	75—88	82
林内餌木, 1973		60		88
林内餌木, 1974	48—71	64		79
網室餌木, 1974	29—63	46		87
網室餌木, 1974	39—60	53		86

高知県須崎市での調査では，産卵率は50%前後で，捕食(特にヒメアリ)されたものが5~30%，病死と思われるものなどが認められ，捕食による死亡は木による差が大きかった。

##### (2) 幼虫，蛹，材内成虫の死亡

千葉と茨城県下の被害木では，産卵痕数に対する成虫の脱出率は1.3~29%で，穿入孔をつくりはじめてからの脱出率は10~72%であった。須崎市で1973年に調べた結果では，産卵痕数に対する成虫の脱出率は9~26%であった。この期間の死亡要因は，食物と場所に対する個体間の競争，オオコクヌスト，アリモドキカッコウ，フタモンウバタマコメツキ，アリ類などによる捕食や，病死または生理死と思われるもの，脱皮時の死亡や畸形，脱出不成功などである。

##### (3) 卵から成虫脱出までの変動要因分析

分析方法と結果は先に報告したが、1973年までの九州各地の結果では、幼虫時代に死亡の主変動要因があり、それは餌場をめぐる密度依存的な死亡であると推定され、ある密度以上では羽化成虫数が一定になる傾向があった。

九州の11林分について毎年調査していると、1974年以降は林分や年によって  $k_2$  や  $k_3$  に大きな違いがあり、また  $k_1$  も1973年では右上りの密度依存的な関係を示しているが(図-11)、1974年ではその関係は明瞭ではな

い(図-12)。樹幹の表面積  $m^2$  当りの脱出成虫数は、林分平均で20頭前後のものが多かったが、1974年ではこれより少なくなっている。

この新しく働きはじめた死亡要因は病気によるものと推定されるが、年ごとに強く働くようになってきた林分があるので、今後も同じ方法で調査を継続する予定である。

## 2. 羽化脱出後の成虫

### (1) 脱出直後の死亡率

九州11林分の1975年枯損木について、脱出後1日以内に飼育室内で死亡したカミキリムシの割合は1.3~16.5%で、4~6%の林分が多かった。

### (2) 飼育による死亡率

九州7林分の1974年枯損木から羽化したカミキリムシを大型試験管で25°C 暗黒恒温下で飼育した結果、脱出後5日間の死亡率と蛹室内での死亡率の間に  $r = 0.87$  の高い相関が認められた。このことから、これら両時期に共通の死亡要因が働いていることが推定できる(図-13)。

千葉と茨城県下の枯損木から羽化したカミキリムシでは、体表面に糸状菌の着生しているものが無着生のものより死亡率が高かった。

### (3) 羽化経過、誘引経過、産卵経過

成虫について年ごとの死亡率をマクロに比較する目的で、羽化経過に対する誘引経過と

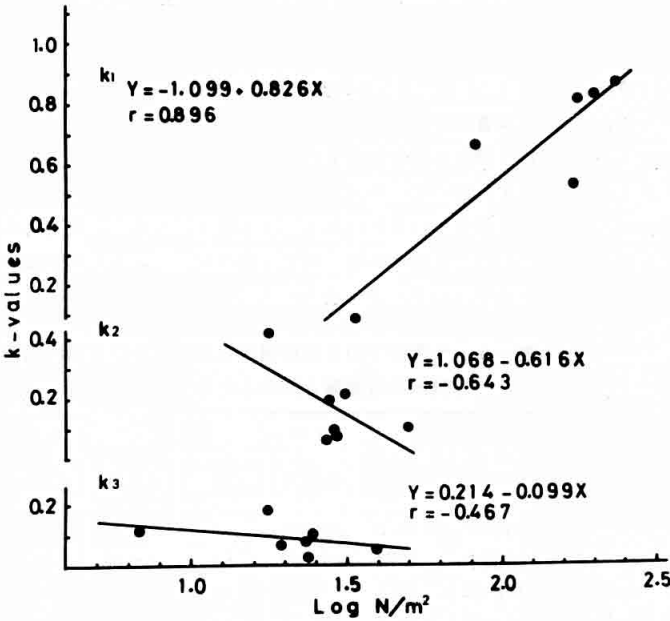


図-11 密度と死亡率(K-Value)の関係  
(九州7林分, 1973年)

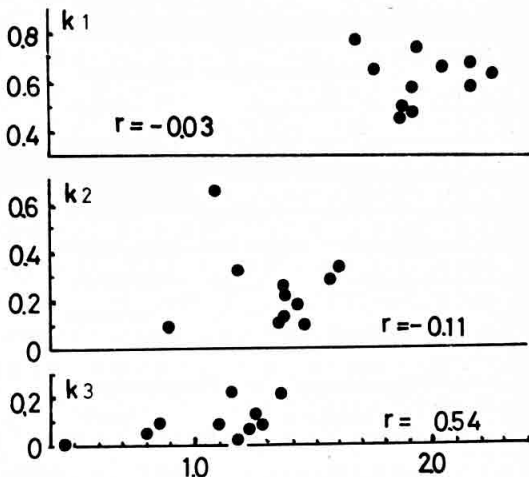


図-12 密度と死亡率(K-Value)の関係  
(九州11林分, 1974年)

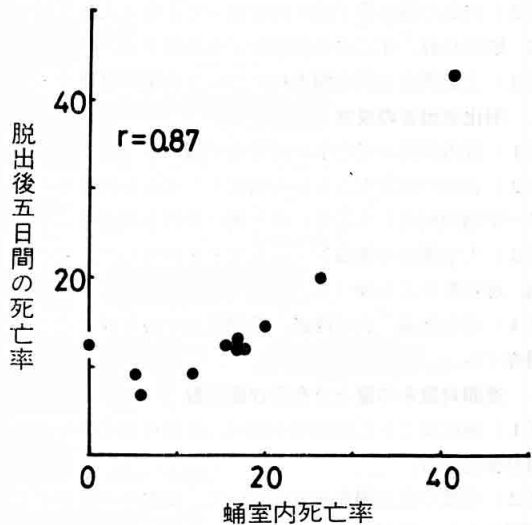


図-13 蛹室内死亡率と羽化脱出後5日間の死亡率  
(九州7林分枯損木と餌木, 1974年)

産卵経過を対比する方法をとっている。九州支場実験林で5月中旬から10月まで毎年同じ方法で調査している結果によると、1973年と75年は似た傾向を示し、誘引数は7月上旬まで多くてその後減少して8月になるとわずかになり、餌木に対する産卵経過は7月上旬に山があり、9月になると少なくなっている。1974年は誘引・産卵ともにこれより2週間ほど早く低下し、1976年はやや遅くなる傾向を示している。誘引や産卵経過には、その年の異常木の出現時期も関係していると思われるので、長期間にわたって資料を蓄積する必要がある。

#### (4) 成虫の捕食虫

成虫が後食中にササグモとオオヒメグモに捕食されるのを観察し、また餌木の上でヤミイロカニグモによる捕食を確認している。

### 3. 産卵対象木の量と分布

単位面積当りの羽化成虫数が一定になる傾向があるとすれば、カミキリムシの個体数は餌木の量、即ち産卵対象となるマツの量で決ることになる。このカミキリムシが産卵するのは、樹脂の流出が停止する程度の異常木か新しい枯死木、伐倒木などで、健全木には産卵しない。異常木の出現は、激害地では7月中旬より多くなり始めて8月に山があり、微害地では9～10月に低い山がある。餌木で調べた熊本市での産卵経過では、6月上旬から産卵がはじまり、7月中旬から8月上旬に山があって9月によると非常に少なくなっている。これらのことから、野外での産卵数は7月下旬から8月下旬にかけてが多く、その前後は少ないと思われる。

カミキリムシの分散に伴う被害の拡がる範囲は2～3kmの例が多く、点在する被害や被害にならない程度の少数個体または材線虫を落したあとの分散は、被害範囲よりもはるかに広範囲であると考えられる。熊本市から阿蘇を越えて大分県犬飼町まで約100kmの間に餌木を設置して調べた結果では、阿蘇山を中心に無被害の高海拔地が直線35kmあるにもかかわらず、7月中旬になると

この区間の餌木にも激害林同様の産卵数がみられた(図-14)。

このように広範に材線虫がばらまかれても、枯損につながるかどうかはその林分の気温が大きく関係している。熊本県芦北地方と天草での調査では、被害が進行して激害になるのは海拔300～400m附近までで、それ以上高では中～大径木に被害が点在するにすぎない。またこれら地方の100林分について毎年枯損率を調査しているが、枯損の増加率は激害になるまで高くなるがその後は低くなる傾向があって、抵抗性のあるマツが残っていくことを暗示している。

#### 考 察

材線虫によるマツの枯損と、そのマツによるマダラカ

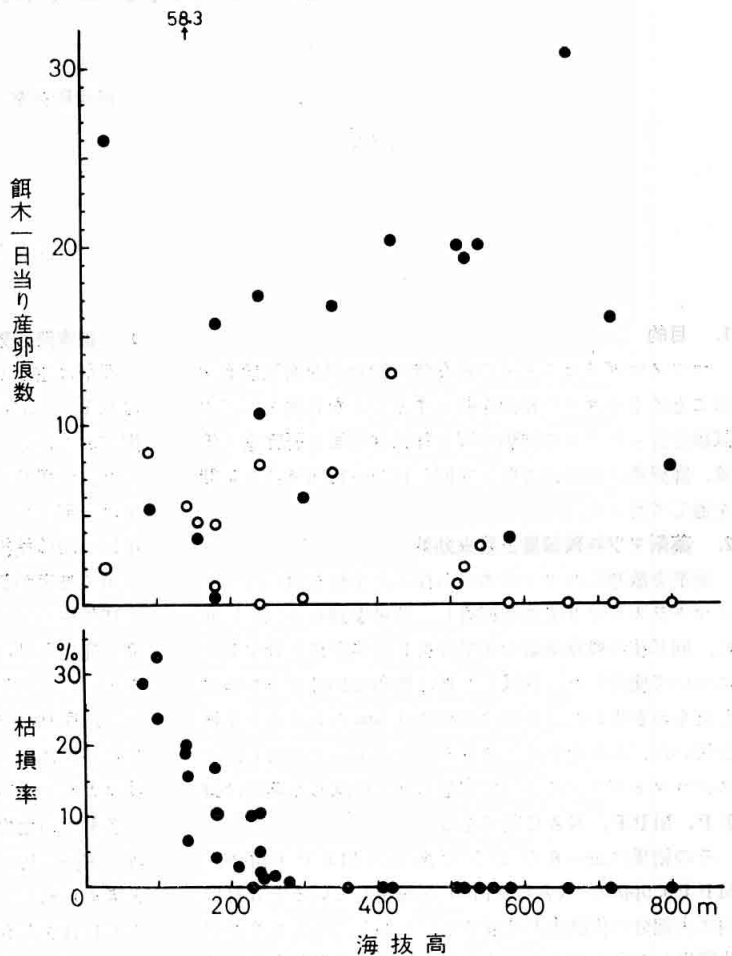


図-14 海拔高と枯損率及び餌木に対する1日当り産卵痕数  
(熊本-阿蘇-犬飼, 1973年。  
白丸: 7月3日, 黒丸: 7月16日)

ミキリの繁殖という関係から、低海拔地に分布するある大きさ以上のマツの量がカミキリムシの個体数に大きな影響を与えることが推定される。かつて激害地であった高知県の足摺岬などの例のように、マツの急激な減少によって残ったマツに被害がほとんど無い地域が各地にある。

これらのことから、激害になる可能性のある地域では、餌の量、即ちマツの量を少なくして他の樹種に変えることによって必要とするマツ林がより守りやすくなり、安全なものになっていくと思われる。

九州各地の林分で毎年調査していると、ある死亡要因

が急に強く働きはじめて単位表面積当りの羽化数が少なくなっている林分があるので、今後この死亡要因に注目して研究する必要がある。

#### 今後の問題点

同一林分の連年調査で、各種死亡要因とその働き方の年次変動を調べ、またその分布と働き方に対する環境要因の解析や、人為的に強化可能かどうか調べる必要がある。ある地域を対象とした場合、マツの量と分布や、被害量とこれら死亡要因の変動を長期にわたって調べ、これらの関係を総合したモデルをつくる方向へ研究を発展させるべきであろう。

## マツ生立木に対する予防散布

担当研究室：本場保護部林業薬剤第2，千葉県林業試験場，和歌山県林業センター，鹿児島県林業試験場

(とりまとめ 大久保 良 治)

### 1. 目的

マツノマダラカミキリの後食時に殺虫剤を樹冠散布することによりマツの枯損を防止することを目的として本試験を行った。この試験は国立林試林業第2研究室と千葉、鹿児島、和歌山3県と共同し1973～1975年の3年間を通じて行った。

### 2. 薬剤マツ枝残留量と殺虫効果

薬剤を散布したマツの木から採った小枝を用い、マツノマダラカミキリ成虫を飼育し、薬効を調べると共に、同じ枝の残存薬量を化学分析し、残存量と殺虫効果について検討した。供試した枝は散布後10日以上を経過したものをを用いた。分析は直径約0.5cmの太さの2年枝を用いた。これを小さきぎみ、アセトンで抽出し、ガスクロマトグラフによって定量した。供試した薬剤はMEP, MPP, NAC剤である。

その結果は表—6のようである。MEP 6 ppm, MPP 0.5 ppm, NAC 20 ppm が残留していると3日以内に大部分の供試虫が死滅する。しかし、カミキリが羽化脱出してからザイセンチュウを放出する期間を5～7日位と考えると、MEPで1～2 ppm, MPPで0.2～0.3 ppm, NACは10 ppm が残留すればカミキリの後食による被害を防止できるものと判断しうる。

### 3. 被害防除効果

薬剤は主としてMEPを用い、初年度は1%，次年度は0.1%，3年目は前年の結果を参考にし、その中間濃度でおこない、その間にいくつかの他薬剤について検討した。千葉県では富来田、岬の2試験地で行った。富来田は一部アカマツ混入のクロマツ林で樹高6～12m、毎年10～20%枯損がでている。岬は海岸保安林で樹高4～6mで被害が毎年1～2%のクロマツ林。和歌山県は13～15年生のクロマツ若齢林で急峻な地形で枯損は12%程度。鹿児島県は串木野、国分、霧島、東市来の4試験地をとった。初年度の国分のみアカマツで他はすべてクロマツ、樹高は平均していずれも6～7m、樹齢11～16年生の林である。串木野、東市来が15°位の傾斜地であとはほとんど平坦な地形であった。

各県での枯損防止効果は表7～9のようであった。岬、国分(1973)は微害地であり、効果判定には不適当と考えられた。効果の特にすぐれていたのはMEP 1%にEDBを混合したものであり、CYAP, CYP, ダウレルダンも効果があったと考えられる。MEPは0.3～0.25%に濃度を落としても1%ほどではないが相当すぐれた効果があると考えられる。0.1%まで濃度を下げると対照区と比較して被害がすくないが顕著な効果は認

表一6 薬剤残存量と死亡経過

薬剤	薬量	供試虫数	死亡率			
			1日	3日	5日	7日
MEP	ppm ~ 0.5	10	0%	0%	0%	0%
	~ 1.0	10	0	10	50	70
	~ 2.0	16	25	62	89	100
	~ 4.0	15	27	60	73	87
	~ 6.0	9	47	79	95	100
	~10.0	11	64	100		
	~12.0	31	65	100		
MPP	~0.05	20	0	10	10	30
	~ 0.1	16	25	50	63	69
	~ 0.2	32	18	53	72	78
	~ 0.4	11	18	73	100	
	~ 0.8	22	30	100		
	~ 1.6	13	38	100		
	~ 2.2	23	52	100		
	~ 3.2	12	91	100		
NAC	~ 1.0	5	0	0	0	0
	~ 2.0	8	0	12	38	75
	~ 4.0	5	0	60	80	80
	~ 8.0	12	0	42	83	92
	~16.0	4	25	100		
	~32.0	5	60	100		
~120.0	5	100				

表一8 枯損防止効果 II (和歌山県)

散布年	散布薬剤	散布濃度 %	枯損率 %		A/B
			散布(A)	無散布(B)	
1973	MEP	1	0	7.2	0
	EDB	0.3			
	MEP	0.5	2.7	22.0	0.12
	EDB	0.15			
	MPP	0.5	5.3	6.0	0.88
	EDB	0.15			
1974	MPP	0.25	13.3	18.0	0.73
	EDB	0.075			
1974	MEP	0.1	12.7	17.0	0.74
1975	MEP	0.5	1.3	5.9	0.22
	MEP	0.25	4.3	18.2	0.24

められない例がふえてくる。鹿児島での1974年I, IIの試験地でIIは激害地に隣接した試験地であり、同じ0.1%散布でも、Iで認められたほどの効果は認められなかった。低濃度では周囲の状況により被害が左右されるものと思われる。MPPは和歌山での例外はあるが、1%であればMEPと大差がないと考えられる。NACでは1%でも対照区と比較すると被害はすくないが、防除効果は他薬剤と比較しておちる。すくなくとも1%以上の濃度で散布する必要がある。千葉の2年目の試験のように前年度散布したMEPが1%の高濃度であれば翌年まで効果が持続しており、このような地区では2年目に

表一7 枯損防止効果 I

(千葉県)

調査年	散布年別薬剤			富来田			岬		
	1973	1974	1975	枯損率		A/B	枯損率		A/B
				散布(A)	無散布(B)		散布(A)	無散布(B)	
1973	MPP 1%			3.1	14.5	0.21	1.9	3.2	0.60
	EDB 1%								
	MEP 1%			1.4	14.5	0.10	0.9	3.2	0.28
"	EDB 1%			5.0	14.5	0.34	0	3.2	0
1974	MPP 1%			9.6	9.6	1.00	4.3	1.4	3.07
	EOB 1%								
	MEP 1%	MEP 0.1%		0	9.6	0	1.9	1.4	1.36
	EDB 1%			2.0	9.6	0.21	0.9	1.4	0.64
	MEP 1%			1.1	9.6	0.11	0	1.4	0
"	MEP 10%	MEP 0.1%				2.3	1.4	1.64	
"		MEP 0.1%							
1975			ダウレルダン 1%	0	16.7	0	0	23.0	0
"			NAC 1%	4.5	16.7	0.27	30.0	23.0	1.30



表一 9 枯損防止効果 III

(鹿児島県)

散布年	散布薬剤	散布濃度 %	I			II			III		
			枯損率 %		A/B	枯損率 %		A/B	枯損率 %		A/B
			散布 (A)	無散布 (B)		散布 (A)	無散布 (B)		散布 (A)	無散布 (B)	
1973	MEP	1	0	11	0	1	4.9	0.20	4	14.4	0.28
"	EDB	0.5	0	11	0	1	4.9	0.20	4	14.4	0.28
"	MPP	1	1	11	0.09	0	4.9	0	2	14.4	0.13
"	EDB	0.3	1	11	0.09	0	4.9	0	2	14.4	0.13
"	CYAP	1	0	11	0	1	4.9	0.20	1	14.4	0.07
"	CYP	1	0	11	0	2	4.9	0.41	2	14.4	0.13
"	MEP	0.5	1	11	0.09	0	4.9	0	1	14.4	0.07
"	EDB	0.25	1	11	0.09	0	4.9	0	1	14.4	0.07
"	MPP	0.5	2	11	0.18	2	4.9	0.41	0	14.4	0
"	EDB	0.15	2	11	0.18	2	4.9	0.41	0	14.4	0
"	CYAP	0.5	0	11	0	1	4.9	0.20	4	14.4	0.28
"	CYP	0.5	1	11	0.09	0	4.9	0	1	14.4	0.07
1974	MEP	0.25	3.7	31.5	0.12	7.6	20.0	0.38			
"	MEP	0.1	4.1	31.5	0.13	12.5	20.0	0.63			
"	MEP	0.1	6.0	31.5	0.19	6.9	20.0	0.34			
"	EDB	0.05	6.0	31.5	0.19	6.9	20.0	0.34			
1975	MEP	0.6	2.2	16.1	0.14						
"	MEP	0.3	4.3	16.1	0.27						
"	NAC	1.2	8.2	16.1	0.51						

1973, I...串木野 II...国分 III...霧島 1974, I...東市来 I II...東市来 II 1975, I...国分

0.1%でもよいと思われる。MPPは翌年まで効果を持続させることが困難である。EDBの混合剤については特にその必要性は認められなかった。

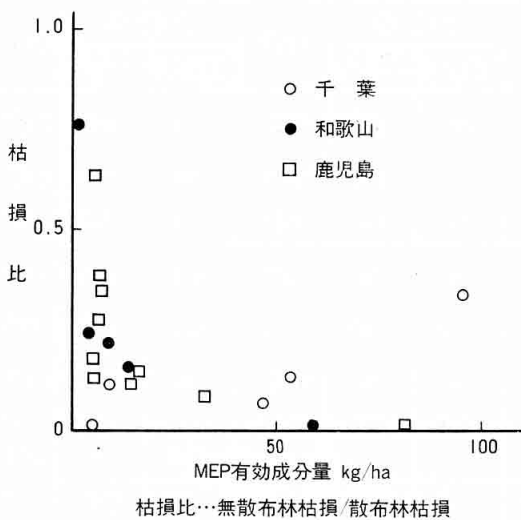
3年間、3県での枯損防止効果については散布条件が

異なるので、MEP剤の散布区すべてについて、散布量等を加味した有効成分量と枯損率との関係におきかえると図一15のようになる。これによるとha当り10kgのMEP有効成分量以下では被害が急激に増えるが、10kg以上になるとほとんど被害率が0.1以下におさえられあまり変化がない。この点から考えると10kg散布が最も合理的な散布であると推察される。この量は15年生を例にとると2,000本生立地で濃度0.25%のMEPを1本当り2ℓ散布した量になる。

4. 生物検定による薬剤の残効調査

被害防除効果試験のための薬剤散布林より各区5本の供試木を選定し、散布直後から一定期間ごとに供試木の上段の枝を採取し、マツノマダラカミキリに与え個体飼育し、死亡経過をしらべた結果は表一10のようになる。

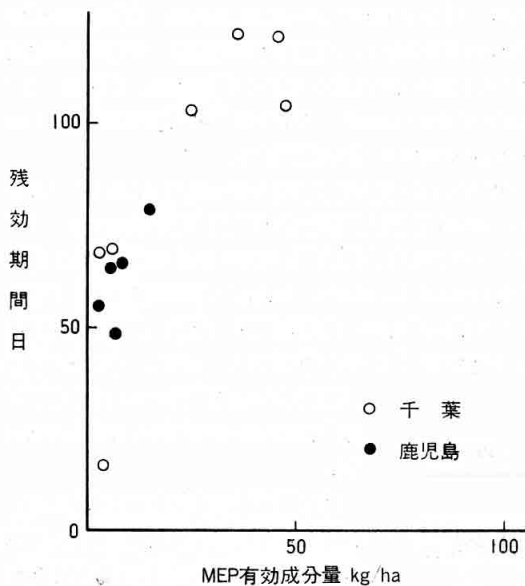
MEP 0.5%以上を散布すると、散布後2か月経過した枝でも3日以内に90%近くの死亡率を与える。ただ、鹿児島では0.1%散布濃度でも2か月後に相当な殺虫効果を残しているが、千葉では1か月ですでに効果がおとろえている。ダウレルダン1%, MPP 0.5%で2か月後の残効性はMEP 0.5%と大差がない。NACは残効期間が短かく、千葉で7日、鹿児島で1か月後にはほと



図一15 MEP有効成分量と枯損

表—10 死亡率から見た薬剤の残効

試験地	薬剤 (濃度%)	死 亡 経 過								
		7 日 後			1 月 後			2 月 後		
		1日	3日	7日	1日	3日	7日	1日	3日	7日
千 葉	MPP 1 EDB 1	90%	100%		95%	100%		30%	40%	95%
	MEP 1 EDB 1	100			95	100		100		
	MEP 1	100			95	100		70	95	95
	MEP 0.1	100			0	0	55	0	0	5
	NAC 1	0	20	40	0	0	40	0	0	20
	ダウレルダン 1	0	60	100	40	80	100	0	60	100
	鹿 児 島	MPP 0.5 EDB 0.25	20	100		—	100		—	100
MEP 0.6	92	100		68	92	100	40	88	96	
MEP 0.5 EDB 0.25	70	100		—	100		—	100		
MEP 0.3	60	88	100	52	72	88	12	32	48	
MEP 0.25	48	84	100	28	72	100	9	59	91	
MEP 0.1 EDB 0.25	60	84	100	64	84	96	15	67	90	
MEP 0.1	68	84	100	32	84	100	0	0	82	
NAC 1.2	60	96	96	12	40	63	4	8	20	



残効期間……7日飼育で8割死亡

図—16 MEP散布量と死亡率からの残効期間

んど殺虫効果が失われているのがわかる。

MEP剤について、7日間で80%死亡する時期は散布後何日経過しているかを有効成分量と比較すると図—16のようになる。10kg/ha散布で約2か月であり、羽化全期間にちょうど一致している。7日毒餌供与で80%以上

表—11 死亡経過日数と後食状況

死亡経過日数	富 来 田			岬		
	0~+	++	+++	0~+	++	+++
1~3日	218	10	0	80	0	0
4~7日	2	1	10	5	2	3
8日以降	0	0	14	1	1	7

表—12 薬剤付着量別枝数

付着薬量(ppm)	富来田	岬	霧 島	国 分
1,000以上	2	0	0	1
500~1,000	11	1	4	1
250~ 500	8	7	4	8
100~ 250	5	10	4	3
50~ 100	2	3	2	2
50以下	2	19	1	0

の死亡率を残効の目安とすると枯損防止の合理的な量と考えられる。

5. 死亡経過日数と後食状況

前項の残効をしらべた枝の後食量を死亡経過日数と比較して見た。千葉でのMEP剤での例は表—11のようである。飼育3日目までに死亡すればほとんど食害はない。4~7日では++~+++の食害がいくらかである。それ以上生き残ると食害量は非常に多い。他県でも同様な結

表一13 マツ小枝上の薬剤残留量

(ppm)

散 布 薬 剤		1973年								1974年					1975年
1973	1974	月 日 5. 22	5. 31	6. 5	6. 20	7. 20	8. 20	9. 20	月 日 5. 22	5. 22	6. 23	7. 24	10. 24	月 日 6. 2	
MPP 1.0% EDB 1.0		204.0	48.8	25.5	9.7	1.2	0.7	0.6	0.0	散布前後					
MEP 1.0 EDB 1.0	MEP 0.1	494.5	343.3	294.7	145.9	49.6	17.6	11.0	3.3	13.4	3.9	2.3	1.3	1.1	
MEP 1.0 EDB 1.0		532.4	265.5	216.6	93.2	57.0	28.7	13.5	1.4		2.1	1.4	1.0	0.8	
MEP 1.0	MEP 0.1	276.9	70.4	78.7	32.5	20.4	12.3	3.9	0.8	8.9	0.9	0.5	0.3	0.4	

果で、7日以内に死亡すれば食害をある程度おさえられる。

6. 薬剤の付着と残留

薬剤散布地より散布直後マツの小枝を採取し、それに付着した薬量を定量した。各地でのMEP 1%散布区の付着量別の枝数を見ると表一12のようである。地域ごとに付着量がことなり、富来田、国分の試験地は割合によく散布されているが、岬ではとくに付着量が少くない。各地とも均一散布に心掛けているが実際には相当の散布むらがある。付着量の少くない試験地は上部の付着も少くないようであった。

上記試験でマツの小枝上に付着した薬剤の残留量を経時的に調べた。富来田を例にとると表一13のとおりである。MPPは1か月で1/10位になるが、MEPでは2か月で約1/10になる。MEPは単剤でもEDBとの混合剤でも大差がない。MEP 1%を散布し、充分にかかれば翌年まで相当量が残存している。

7. 土壌中での残留

富来田、岬の試験地における土壌中の残留量をしらべ

た調査は地表の植生を除き深さ10cmまでの土壌についておこなった。その結果は表一14のようである。マツの小枝ほどはつきりした傾向はつかめなかったが、MPPはMEPより速やく消失し、岬では富来田より消失の速やいのがわかった。岬は砂地であり、富来田は関東ロームであることに起因する。

8. 結論

試験に使用した薬剤は枯損防止効果に多少の違いはあるがいずれも有効であると考えられる。実際には効果の面からだけでなく、各種生物の危被害、環境での汚染等をも考慮にいれて実用化する必要がある。例えば、ここにはふれなかったが、CYPは圃場試験で松の小枝上に5か月後で未だ20%が残留する。

現在もっとも広く使用されているMEPについていえば、その有効成分量がha当り10kg散布するとマツノマダラカミキリの羽化発生期間の約2か月に対し効力を持続するものと考えられる。これは0.25%の濃度で1本当り2ℓの量であるが、被害の程度、樹高、周囲の状況等により適当に調整する必要がある。しかし、あまり高濃度で使用すると薬剤がいつまでも残留する恐れがあるので注意しなければならない。

林の樹冠部に充分薬剤を散布しなければならないが、当試験に用いた噴霧器(現在普通に用いられる動力噴霧器)では6m位の高さが薬剤のまともに到達する限度のようである。したがって、特に高い林分ではそれなりの計画をたてる必要がある。

表一14 土 壌 中 残 留 量

(ppm)

薬 剤	富 来 田				岬				
	1973 5月22日	6.20	9.20	1974 5.22	1973 5月23日	6.22	9.21	11.28	1974 5.22
MEP 1%	5.26	3.33	0.77	0.22	2.49	0.11	0.01	0.01	0.01
EDB 1									
MEP 1	0.28	0.10	0.02	0.01	0.77	0.02	0.01	0.00	0.00
MPP 1									
EDB 1	13.85	1.48	0.01	0.00	1.63	0.07	0.00	0.00	0.00

## 被害丸太に対する駆除散布

担当研究室：本場保護部林業薬剤第2，和歌山県林業センター，鹿児島県林業試験場

(とりまとめ 田畑勝洋)

### 緒言

マツノマダラカミキリは枯損木内で生涯のほとんどを過ごす，マツの枯損が年々拡大しつつある現在，本種に対する薬剤防除は大きな課題となってきている。今日，樹皮下の加害時期（秋期）における薬剤防除がもっとも効果的であることは周知の通りであるが，樹皮下の加害期は短期間であり，駆除散布を事業として行うには農村の労務事情ともあいまって容易なことではない。そこで，本報ではマツノマダラカミキリの材内穿入期における駆除散布をねらいとし，駆除効果ならびに散布薬剤の枯損木への残留を，MEP，MPP及びダイアジノンなどの有機燐剤について検討した。

### 1. 和歌山県及び鹿児島県における駆除散布時のマツノマダラカミキリの発育状況

マツノマダラカミキリの生息部位や発育状態は薬剤駆除効果に大きく影響すると思われるため，薬剤散布時に枯損木を伐倒し，剝皮割材し，カミキリの発育状況について調査した。その結果は表—15に示したように，秋期処理時におけるカミキリの発育状況は両県ともすべてが幼虫態で，樹皮下で加害中，または樹皮下と材内を移動している時期であり，穿入孔の作製過程で穿入孔を完成

している個体は和歌山県では18.5%と比較的少ないが，同時期における鹿児島県の場合は約50%であった。冬期処理時では約50~65%の個体が穿入孔に木屑をつめてはいるものの，和歌山県にみられるように2~3月にいたっても樹皮下で蛹室を作製した個体もあり，また未完成穿入孔のものもかなり見受けられる。つぎに，春期処理時の発育状態については羽化脱出まじかであったにもかかわらず，冬期処理時の状態とあまり変らない。また，各処理期にみられた幼虫は頭幅から判断し，1~4齢のものが混在していたが最多齢は4齢とみなされる。また，鹿児島県の調査において，針葉の変色程度と幼虫の齢構成間に変色の早い枯損木に寄生するカミキリ幼虫の齢構成は高いとの関係のみとめ，単木でも部位によって発育程度の異なるものが混在することを示した。

### 2. 和歌山県及び鹿児島県における駆除散布

マツノマダラカミキリの穿入期に表—16に示した各薬剤を1mに玉切りしたクロマツ枯損木に小型噴霧器で材表面積1㎡当り600ml（鹿児島）または樹皮表面から薬液がしたたる程度（和歌山）に散布し，散布後自然条件下におき，各処理期別に駆除効果を検討した。このさい，両県の供試薬剤をMEP乳剤，油剤，ダイアジノン乳剤及びMPP乳剤に大別しこれらの駆除効果をみた。まず，表—17からも明らかなように，駆除効果がもっとも良く，駆除散布を事業として行う場合，両県とも秋期処理が有効である。すなわち，秋期処理時の幼虫死亡率は各薬剤とも73~100%で羽化脱出率も著るしく低く，このような時期では，処理した薬剤が直接，カミキリに対して殺虫力を示し，死亡個体のほとんどは接触毒によるものと思われる。冬期処理の駆除効果は一

表—15 散布時におけるマツノマダラカミキリの発育状況

調査項目	発 育 割 合 (%)									
	調 査 日 (和歌山)					調 査 日 (鹿児島)				
	49. 2. 14	10. 19	50. 3. 1	5. 8	49. 9. 4	9. 30	10. 21	11. 2	50. 1. 16	
未完成穿入孔*1	27.0 (8.1)	74.1 (7.4)	30.2 (4.7)	31.3 (6.3)	22	58	66	86	89	
完成穿入孔*2	64.9	18.5	65.1	62.5	22	25	50	33	47	
幼虫頭幅(mm)	( )内は樹皮下に生息している個体の割合				1.2 ~4.6	1.2 ~4.3	1.0 ~4.4	1.4 ~4.8	3.0 ~4.5	
最 多 齢					3	4	4	4	4	

\*1 穿入孔に木屑をつめていない個体

\*2 " " つめていない個体

表一16 和歌山県及び鹿児島県の駆除散布の供試薬剤とその処理期 (○)

供 試 薬 剤	剤 型	濃 度	和 歌 山			鹿 児 島		
			48	49	50	48	49	50
			春 秋 冬	春 秋 冬	春 秋 冬	春 秋 冬	春 秋 冬	春 秋 冬
MEP50+EDB15	乳	0.5	○ ○	○				
MEP40+EDB20	"	"	○	○ ○				
MEP40+EDB20	"	1.0	○					
MEP10+EDB10	"	"		○				
MEP10+EDB10	"	0.5		○		○ ○ ○	○ ○	○
MEP10+EDB10+EC P10	"	"	○					
MEP5+EDB40	"	"	○	○ ○				
MEP5+EDB40	"	0.25		○				
MPP50+EDB25	"	2.5		○				
MPP50+EDB25	"	0.5		○				
MPP50+EDB15	"	0.8		○				
MPP50+EDB15	"	0.5	○ ○	○ ○				
MPP50+EDB15	"	0.25		○			○	○
MPP5+EDB20	"	"	○	○				
ダイアジノン20+EDB10	"	2.0	○					
ダイアジノン20+EDB10	"	1.0		○		○ ○ ○	○	
MEP5+EDB25	油	0.5	○ ○		○		○	○
MEP5+EDB25	"	0.25	○	○				
MPP5+EDB20	"	"	○					
MEP2+EDB25	"	0.2				○ ○ ○	○	
ダイアジノン0.25+EDB1.25 +BPMCO.15	"	0.25		○				
PAP3+EDB25	"	0.1	○					

表一17 和歌山県及び鹿児島県の駆除効果

供 試 薬 剤	和 歌 山				鹿 児 島				
	春期処理	秋 期 処 理		冬期処理	春期処理	秋 期 処 理		冬 期 処 理	
	脱出率	脱出率	死亡率	脱出率	脱出率	脱出率	死亡率	脱出率	死亡率
MEP剤(乳)	16.8%	1.7%	91.1%	10.3%	16%	0.5%	96.4%	40.5%	67%
MEP剤(油)	15.4	0.0	88.9	0.0	16	2.0	100.0	8.0	94
MPP剤(乳)	33.7	2.6	72.8	22.5	18		100.0	38.0	
ダイアジノン剤(乳)	40.7	0.0				3.4	99.4	28.0	53
対照区	55.7	7.8	8.9	34.0	32	50.0	7.4	41.0	7

致した結果は得られなかったが、MEP油剤は両県とも秋期処理同様の効果を示した。また、春期においてもMEP乳、油剤はある程度の効果をみとめたが、いずれにせよ、冬期及び春期処理では冬期の油剤は別として、完全な駆除効果は期待し難い。ただし、羽化脱出過程で死亡する個体もかなりあり、この原因については後述する

が、散布薬剤の枯損木中の残留に関連しているものと思われる。

### 3. 処理木から羽化脱出したカミキリの発育状態

冬期及び春期処理の場合、各処理木からかなりの羽化脱出虫がみとめられるが、これらが果して薬剤の影響を受けているか否かについて検討することは、両処理期の



表一18 処理木からの脱出虫の發育状態

薬 劑	生 体 重		生存率(%) (7日以内 8日以上)	産 卵 数		孵 化 数	供 試 虫
	♂(g)	♀(g)		有卵	無卵		
M E P 劑(乳)	0.35	0.30	58.8	5	3	5	♂ 1 ♀ 2
M E P 劑(油)	0.34	0.38	38.4	0	6	0	♂ 1 ♀ 2
ダイアジノン劑(乳)	0.26	0.32	53.8	3	4	3	♂ 2 ♀ 2
対 照 区	0.29	0.29	50.0	4	16	4	♂ 1 ♀ 2

表一19 残留試験の供試薬剤

年 度	供 試 薬 劑	散布日	調査日	剤 型	処理期	樹 皮
47	MEP10+EDB10	47. 4. 18	47. 5月中旬	乳	春 期	無
	MEP.5+EDB25			油		
	ダイアジノン20+EDB10			乳		
	MPP50			"		
	BHC10			"		
48	MEP10+EDB10	48. 11. 28	49. 8月下旬	"	冬 期	有
	ダイアジノン10+EDB10			"		
	BHC10+EDB10			"		

表一20 各薬剤の穿入孔及び蛹室への残留量

供 試 薬 劑	残 留 量 (ppm)							
	樹 皮 状 態*1				樹 皮 付 着 状 態*2			
	穿 入 孔	蛹 室	材 内		穿 入 孔	蛹 室	材 内	
穿入孔 付 近			蛹室 付 近	穿入孔 付 近			蛹室 付 近	
M E P 劑(乳)	8.2	0.5	3.97	0.09	5.0	1.9	4.01	0.09
M E P 劑(油)	5.7	4.7	5.90	0.22	—	—	—	—
M P P 劑(乳)	7.4	5.3	5.70	0.59	—	—	—	—
ダイアジノン劑(乳)	3.1	0.2	2.57	0.15	3.7	0.9	1.01	0.04
B H C 劑(乳)	15.6	2.9	8.31	0.21	11.0	4.4	7.41	0.33

\*1, 処理90日後, \*2, 処理7日以降~29日

駆除効果を考慮するうえで重要であるとし、羽化脱出虫の生存日数、生体重、産卵状況及び孵化幼虫数について無処理木からの個体と比較検討した。その結果は表一18に示したが、とくに無処理のものに比較して処理木の羽

化脱出虫の發育状態はみとめられなかった。

ただ、産卵痕は対照区に比らべ処理区ではかなり少なく、産卵痕はあったが卵をみとめることが出来なかったものもあったけれども薬剤の影響かどうかはにわかには断定できない。

4. 駆除薬剤の枯損木への残留

マツノマダラカミキリの材内穿入期における駆除効果を明らかにするため、樹皮付着あるいは剥皮状態の枯損木に濃度0.5%、散布量600ml/m<sup>2</sup>で散布し、経時的に枯損木への各薬剤の残留量をガスクロマトグラフィ(FID, ECD)によって分析定量した。なお、本実験に供試した薬剤等は表一19に示した。

MEP, ダイアジノン及びBHC剤の樹皮、樹皮下、材表における残留量の経時的变化は図17~19の通りでとくに、材表における残留パターンはいずれの薬剤も同様で、処理後60日を経過すると樹皮の有無にかかわらず、ほぼ平行状態になる。材表から材内への各薬剤の浸透移行はかなり速いが、残留量は表一20に示されるようにきわめて少なく、この程度では、材内穿入期の防除効果にどの程度、関連しているか判断し難い。そのため、穿入期のカミキリに直接影響すると思われる穿入孔や蛹室壁への各薬剤の残留量について分析を試みた。その結果、表一20及び図一20に示したように、穿入孔や蛹室壁の残留量は各薬剤とも、それら以外の材内部分に比較し、数倍~数十倍も多いことが判明した。この原因については、おそら

く、処理された薬剤が樹皮や樹皮下に高濃度で残留蓄積し、材表にある穿入孔やその木屑により、物理的に穿入孔道一蛹室への浸透移行し、結果としてこれらへの残留量が多くなったと考えられ、このことに、温度の上昇に

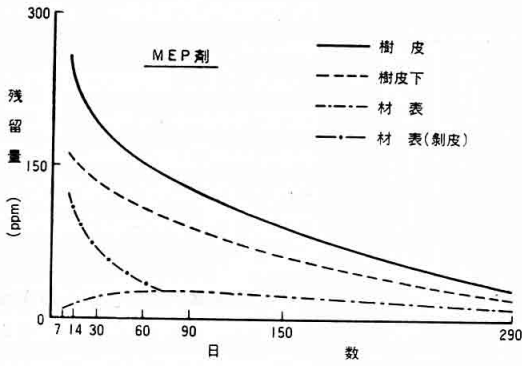


図-17 MEP剤のマツ被害木における残留量の経時的変化

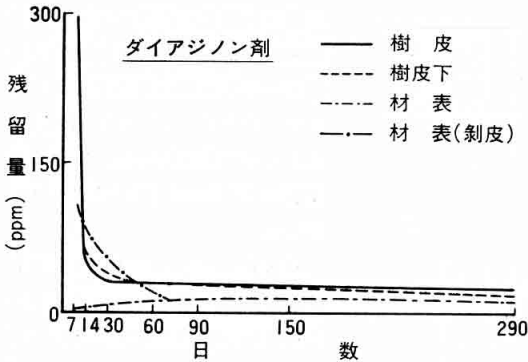


図-18 ダイアジノン剤のマツ被害木における残留量の経時的変化

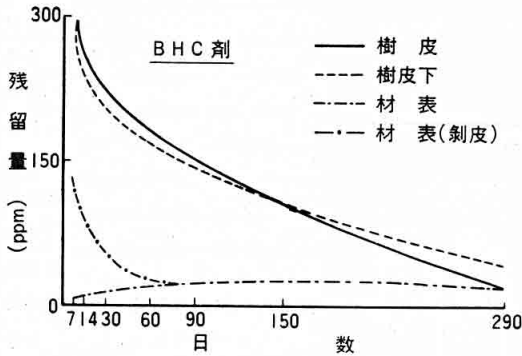


図-19 BHC剤のマツ被害木における残留量の経時的変化

つれ殺虫効果が増す有機燐剤の特性なども反映し、材内穿入期の駆除効果に結びついたものと思われる。

要約

1. MEP, ダイアジノン及びMPPを主成分とする有機燐剤のマツノマダラカミキリの材内穿入期における駆除効果(和歌山県及び鹿児島県)ならびに枯損木への残留について調査した。

2. 秋期処理: 樹皮下で加害, または穿入孔の作製過

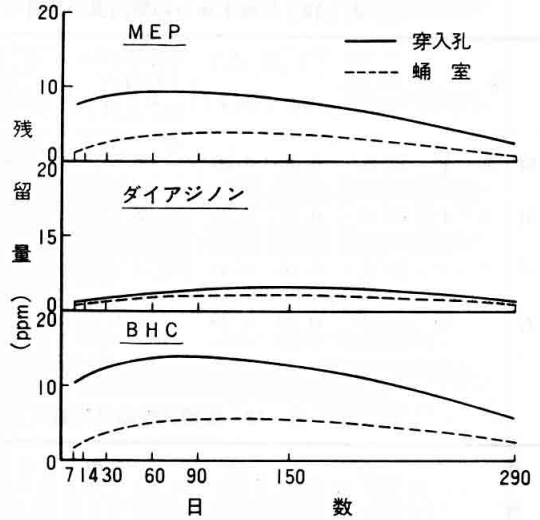


図-20 各薬剤の穿入孔及び蛹室における残留量の経時的変化

程で穿入孔を完成している個体は比較的少ない時期で、各薬剤とももっとも効果的である。

3. 冬期処理: 未完成穿入孔の個体もかなり多く、とくにMEP油剤は顕著な殺虫効果を示したが、乳剤においては完成穿入孔内の幼虫に対する効果はほとんどない。しかし羽化脱出過程で死亡する個体もあり、ある程度の防除効果があるものと推測される。

4. 春期処理: 脱出寸前の処理で、羽化脱出過程での死亡虫が多く、穿入孔完成時の駆除ではもっとも効果的な時期と思われる。

5. 各処理木から脱出した成虫は生存期間産卵数、後食行動などに何ら変りはなく薬剤の影響はないものと判断される。

6. 各薬剤の枯損木への残留期間は長く、その残留量はBHC剤ほどではない。材内残留量はきわめて少ないがカミキリの穿入孔や蛹室壁では相当量の残留が認められ、このことが材内穿入期の各薬剤の駆除効果に結びつくものと思われた。

## マツ生立木に対する薬剤の樹幹注入及び土壌処理

担当研究室：本場保護部林業薬剤第1・樹病，関西支場樹病，九州支場樹病・造林第1

(とりまとめ 松浦邦昭・小林享夫：農博)

### はじめに

マツノマダラカミキリによる健全木へのマツノザイセンチュウの伝播を防止するために、現在スミチオン、ナック等の殺虫剤の散布が行われている。しかしながら、寺社の名木をはじめ、市街地・公園等においては、環境条件から単木的な地上散布さえ制約を受ける。そこで、このような地域のマツを対象として、まわりからの制約を受ける恐れのない防除法を開発する必要がある。その方法として考えられているのが、浸透性薬剤の樹幹注入法または土壌処理法である。

浸透移行性を有し、しかもマツノザイセンチュウに対する効果を有する薬剤を樹幹注入または土壌処理により樹体内に浸透拡散させ、マツノマダラカミキリの後食時に侵入する線虫の樹体内での加害を防止するというものである。

浸透性薬剤を用いるこの防除法に関して、本支場で多くの試験が実施された。試験の方法としてはマツノザイセンチュウに関する効力を *in vitro* で直接試験する室内でのスクリーニング試験、ポット植えした苗木を用いる圃場でのスクリーニング試験、15年生程度の中径木を用いる現地試験が行われた。特に、中径木に対する樹幹注入法に関しては、各種薬剤の効力試験のほかにも効果の認められた薬剤については施用時期別効力試験、施用量別効力試験、樹体内での薬剤移行・分布量の化学的定量及び生物効果の消長についての追跡を行う試験が行われた。

### 1. マツノザイセンチュウに対する各種薬剤の室内スクリーニング試験

線虫に対する各種薬剤の室内試験が浸漬法により行われた。供試された30種類の薬剤の中で HBL (マリーゴールド抽出成分) 及び MUW-13 (殺菌・殺草作用をしめす新規化合物) に顕著な致死効果 (1ppm 程度の半数致死濃度値) が見られた。しかし、浸透移行性を有する有機燐剤を含め、大部分の薬剤では苦悶状態が数 ppm から 1,000ppm にわたることが観察され、半数致死濃度

値が求められなかった。ひき続き行ったポット植え苗木試験では HBL, MUW-13 ともに効果がみられず、浸漬法による室内試験の結果と樹体内での効果との間には相関性があまりみられなかった。その理由としては、ポット植え苗木では施用された薬剤の浸透移行性や分解性により薬の効果が大きく左右されるためと考えられる。そこでスクリーニングはポット植え苗木試験を中心に行われるようになった。

### 2. 苗木による薬剤のスクリーニング試験

#### i) 樹幹注入法

ポットに植栽した3~4年生クロマツ苗木の根元部 (地上約10cmの樹幹部) にドリルにより小孔を明け、薬剤を微量ピペットにより注入し、処理1週間前、または処理1週間後に線虫をゴムパイプ法により4,000~10,000頭枝接種した。施用薬量は苗木1本当たり有効成分量で100mgを標準とした。1973年及び1975年の試験でテラクアP, バイジット, ダイシストン, NTN-7732, ネマホス, NTN-17569, スミチオン, パレオクソン, ダイアジノン, ネマクアに効果が認められた。

#### ii) 土壌処理法

原体が固体のもので、剤型が粉剤又は粒剤のものについて、土壌処理によるスクリーニング試験を行った。

薬剤を3~4年生クロマツの鉢植え苗木に1鉢当たり有効成分量で100mgまたは500mgを均等にまいて覆土し施用1か月後に線虫を接種した。供試した薬剤の中で有効であったものは、テラクアPの3%粒剤 (有効成分量90mg) 及びダイシストンの5%粒剤 (有効成分量125mg) であった。テミックは500mgの施用で効果があつたが100mgでは効果がなかった。

また、ベンレート水和剤を2年生のクロマツ苗木に施用した試験では、標準として1,000倍液を1回50ccずつ処理し、線虫を1,000頭/本接種してその効果をみた。それによると、この薬剤は鉢植苗木では接種4週間以上前に灌注すると効果のあることが認められた。

### 3. 薬剤の樹幹注入によるマツノザイセンチュウの防除

#### i) 注入薬剤の種類と予防効果

まず樹齢15年生未満の中径木に対する樹幹注入法による防除試験が、静岡県浜北市、茨城県那珂町、千葉県君津市、京都市、熊本県水俣市の各試験地で行われた。供試された薬剤は、テラクアP、ランネート、キルゾールP、バイジット、ダイシストン、エストックス、カタジンP、ベンレート、トップジンMである。

テラクアP：静岡県浜北市、千葉県君津市、熊本県水俣市で行われた各試験でいずれもすぐれた効果をしめした。薬剤の注入穴は1本当り2～3穴とし、薬量は原体で10または15ml、供試木は静岡、千葉では15年生クロマツを用い、熊本では10年生クロマツを用いた。薬剤の施用時期について千葉で詳しい検討を行ったので後述する。

ネマホス：茨城県那珂町で行われた試験では効果があり、薬害もみられなかった。

ランネート：線虫接種の4週間前処理で効果があったが、同時に薬害が観察された熊本では線虫接種の1週間前処理で効果があった。ランネートは剤型が水和剤であるので、落差圧注入法、点滴注入法をとっているが、吸いこみが非常に問題である。

その他：カタジンP、ベンレート、トップジンMなどの浸透性のある殺菌剤は効果がみられなかった。キルゾールP、ダイシストン、エストックスは効果が持続しなかったが、バイジットはやや効果が認められた。

#### ii) 注入時期と予防効果

上記薬剤の中から効果のあると思われる4種類の薬剤を用いて、時期別に注入し、その予防効果を確かめた。中径木においてはテラクアPの線虫接種2週間以上前の注入効果がみられ、千葉の試験ではダイシストン、エストックスについては静岡の結果と異なりほとんど効果がみられず、浸透移行に問題があるようである。表-21にテラクアPの注入時期と予防効果の結果をしめす。

#### iii) テラクアPの注入方法・注入量と効果

テラクアPを用い、薬剤を溶剤により稀釈してやや多量になった薬液を樹幹内に導入する方法を検討した。方法としては原体注入器法、落差圧注入法を用いた。薬剤の注入は線虫接種の4週間前に行い、薬量は10g/本とした。薬剤のすいこみのもっともよかったものはアセトン水を溶剤とする落差圧注入法で、供試薬液330mlが供試木10本すべて1～2時間以内に吸い込まれ、器具を用いて処理する際の問題点である樹脂による吸いこみ障害は起らなかった。効果の面では方法による差はなかった。

表-21 テラクアPの注入時期と予防効果

(静岡・千葉)

注入時期	枯死本数/供試本数	
	1974 a)	1975 b)
6 週 前		1/10
4 週 前	0/5	2/10
2 週 前	0/5	
1 週 前		7/10
1 日 前		7/10
接種対照区	15/18	28/28
無接種対照区	0/10	1/27

a) テラクアP 15ml 3方向より注入、静岡

b) " 10ml 2方向より注入、千葉  
いずれもクロマツ15年生

表-22 テラクアPの注入方法、注入量と予防効果

(千葉, 1975)

注入方法	濃度と注入量	稀釈溶剤	枯死本数/供試本数
ボーリング注入法	原体 2.5ml		3/10
	" 5ml		1/10
	" 10ml		2/10
原体注入器法	30%液 33ml	キンレン	1/10
落差圧注入法	3%液 330ml	アセトン・水	0/10
	"	エタノール・水	1/10
	"	シクロヘキサノン系乳剤	1/10
	"	キンレン系乳剤	2/10
接種対照区			28/28
無接種対照区			1/27

線虫接種は 10,000頭/本, 15年生クロマツ

また、有効成分量を変えた試験によると、中径木の場合は有効成分量として5g/本以上で効果があるようである。表-22にテラクアPの注入方法、注入量と予防効果についてしめす。

### 4. 注入薬剤の樹体内での移動分布と生物効果

#### i) 注入薬剤の移動と分布

静岡県浜北市の15年生クロマツを用いて行ったテラクアPとダイシストンの注入試験において、注入後の薬剤のガスクロ分析による追跡の結果、両者ともスルフォキミドの形で移動していることがわかった。

注入部より上部へは主として木部移動により、下方へは主として篩部による移動によっているようである。またテラクアPはダイシストンよりも木部により多く、逆にダイシストンはテラクアPよりも篩部により多く存在

表—23 テラクア及びダイシストンのマツ生立木樹体内における存在形態 (静岡, 1974)

分析部位と注入点からの距離		テラクア—P <sup>a)</sup>				ダイシストン <sup>b)</sup>					
		フェンスルフォチオン全薬量	内 訳			ダイスルフトン全薬量	内 訳				
枝	木 部	5.7ppm	スルフォキンド 72%	スルフォ 28%	酸化物 0%	<1 ppm	ダイスルフトン %	スルフォキンド %	スルフォ %	酸化物 %	
	木 部	1.1	100	0	0	1.0	0	100	0	0	
幹	上 5m	木 部	11.5	91	9	0	3.9	0	100	0	0
		木 部	6.0	80	20	0	6.4	0	100	0	0
	上 3m	木 部	50.6	93	5	0	3.5	0	100	0	0
		木 部	13.1	85	15	0	1.8	0	100	0	0
	上 1m	木 部	35.6	—	—	—	3.8	0	100	0	0
		木 部	27.5	—	—	—	2.4	0	100	0	0
	0	木 部	2,612	—	—	—	7,993	87	13	0	0
		木 部	2,755	—	—	—	4,483	36	60	1	0
	下 1m	木 部	<1	—	—	—	187	16	80	1	3
		木 部	377	66	32	2	1,656	19	66	10	5

a) b) とも原体15g/本注入, 1か月後の分析値

表—24 テラクア—Pのマツ生立木樹体内分布, 残留量と線虫の線虫 (千葉, 1975)

注入後の経過時間	注入点より上方		
	1 m	3 m	5 m
1 日後	0.64(+)	0.53(±)	1.66(++)
2 週 後	10.69(0) —(±)	6.73(±) 1.47(±)	0.14(+) 0.48(+)
4 週 後	23.05(0) 38.09(0)	3.12(±) 17.66(0)	1.52(±) 11.64(0)
8 週 後	12.21(0) 22.67(0)	6.16(+) 22.30(0)	1.66(±) 10.90(0)
12 週 後	11.14(0) 8.20(0)	15.64(0) 7.33(0)	4.04(0) 7.24(0)
11か月後	11.93(0) 5.31(0)	—(0) 9.86(0)	4.54(0) 10.14(0)

テラクア—P 原体10ml/本を注入, 表中数字は薬剤濃度ppm ( )内は線虫の増殖指数

していた。また, 注入部よりも上部の枝についてみると, 両薬剤ともに枝部まで移動していることがわかった。(表—23)。

ii) 注入薬剤の樹体内分布と生物効果

千葉県久留里の15年生クロマツ生立木に, テラクア—P,

ダイシストン及びトップジンを注入し, 注入一定期間ごとに伐倒し, 樹幹各部位から試料をとって分析すると同時に, その材は生物検定として行った伐倒すえおき丸太内での線虫増殖の程度ならびに糸状菌相の調査に供した。このうち薬効をしめしたテラクア—P注入木における結果を表—24にしめす。表からわかるように, 注入2週間後には注入点より上方3mまでは線虫の増殖が抑制され, その抑制範囲は以後次第に拡大し, 12週後には全体で増殖が抑えられた。薬剤の効力は11か月後でも持続していた。

同試料の一部を分析試料とし, 定量を行った。試料中の薬量と線虫の増殖を照合すると7ppm以上ではほぼ全面的に線虫の増殖を抑えることができると思われた。薬剤を処理し, 線虫を接種した中から, 11か月後の最終調査時に, 健全木と異常木及び枯死木を選び調べてみると, 健全木では大体どこの部分でも5ppm以上の薬剤が存在し, 異常木及び枯死木ではそれ以下であった。このことから, 樹体内での薬剤の存在量と線虫に対する防除効果とは相関があると考えられた。

また, 糸状菌相について無処理健全木と薬剤処理木とを比較すると, テラクア—P注入木ではトップジン注入木や無処理木にくらべて単純化ないしは抑制効果があるが, *Trichoderma*, *Penicillium* 菌群が逆に増加するため, 全体の検出率には差が生じなかった。

## 5. 薬剤の土壌処理によるマツノザイセンチュウの防除

10年生または7年生のクロマツを用い、ランネート水和剤、ベンレート水和剤の土壌灌注及びテラクアP粒剤の散布による予防効果を試験した結果、テラクアPの線虫接種4週前処理のみに予防効果が認められた。

### おわりに

マツノザイセンチュウによるマツの枯損防止法として、生立木の予防散布、被害木の駆除散布に加えて、浸透性薬剤の樹幹注入または土壌処理による単木予防の可能性を追求しつつある。今までに、苗木による予備試験及び中径木に対する野外試験の結果、樹幹注入ではテラクアP (fensulfothion) の原体及び稀釈液注入、ネマホス (thionazin) の原体注入が有効であり、土壌処理では、テラクアP 3%粒剤とダイストン (disulfoton) 5%粒剤の散布が有効なことが明らかになっている。これらの薬剤のうち、特にテラクアPについては中径木を対象として必要有効成分量、注入時期及び樹体内における分布移行量等が検討され、注入方法 (注入器具) にく

らかの改良を残す点を除いては施用法の検討がほぼ完了したと良い。樹幹注入法は、薬剤が注入木以外に出ることがなく環境汚染の心配がないという利点があるので、地上散布や航空散布ができない地域での貴重木や大径木の予防方法として有望な防除手段となろう。

土壌処理は、樹幹を損傷する心配はないが、根系から薬剤を吸収させるために、土壌条件や樹木の水分生理状態により樹体中への吸収量に差を生じ、安定した効果を求めるには注入法に較べて薬剤施用量をかなり大量とする必要がある。土壌処理を実際野外で行うためには、樹体への薬剤の吸収移行、薬剤の分解・残留などについてさらに厳密な検討を必要としよう。

現在、この特別研究期間にえられた成果に基づいて、大径木の予防を目的とした樹幹注入及び土壌処理を、国・公立の林業試験場の緊密な連携のもとに実施されつつある。有効な薬剤の種類、施用量、施用方法、施用時期に関して、再び本誌上に紹介できる日もそう遠くないものと、楽しみにしているところである。

## 防除薬剤の残留と毒性——野生鳥獣に及ぼす薬剤の影響

担当研究室：本場保護部鳥獣第2，林業薬剤第2

(とりまとめ 阿部 学：農博)

散布防除薬剤の野生鳥獣に対する影響を調べるため、まず第1段階として供試鳥に比較的入手と飼育の容易なウズラを選んで実験を行った。供試薬剤は代表的な散布薬剤である MEP (スミチオン) を選んだ。

### 1. ウズラに対する LD<sub>50</sub> 値の決定

♀♂各4羽を1群として12群合計96羽のウズラを用い、薬剤の投与量を変えて経口投与により48時間後のLD<sub>50</sub>値を求めた。その結果♀♂の違いによる差はなく、MEPのウズラに対するLD<sub>50</sub>値は148.1mg/kgとなった。

### 2. ウズラに対する連続経口投与の影響

上記のLD<sub>50</sub>値の1/10量のMEPを3日連続投与4日休みを繰返して経口投与を続けた。約2か月延べ27回、総量にして、40mg以上のMEP投与となったが、この間♀♂各10羽の投与群中、各4羽の死亡を生じ、また投与群では実験期間中の体重変化に対照無投与群と若干異なる

不規則な変化を示した (図—21)。

### 3. MEP 投与の産卵に及ぼす影響

成熟ウズラの♀に MEP の LD<sub>50</sub> 値の 1/10 量を 4 日に 1 回投与し、産卵率及び卵重などに対する影響を調べた。その結果、投与群12羽の中に産卵を休止する個体、軟卵を生む個体を生じた。卵重も対照無投与群に比べて不規則な変化を示し、また平均して低く、産卵機構に影響のあることを示した。(図—22)

### 4. MEP の投与が内臓器官に与える解剖学的影響

上記と同様、LD<sub>50</sub> 値の 1/10 量を 4 日に 1 回投与した♀♂を 5 回投与後に解剖して内臓諸器官の変化を調べた。生殖器官には♀♂いずれも変化は認められなかった。肝臓には脂肪変性が認められた。小腸の円柱上皮細胞に変化がみられ、表面積は小さくなり不活性化の傾向が認められた。



注 この実験は短かい期間の制約下にあったため、1回だけの調査で繰り返して行っていないという自然科学の分野ではいささか異例の立案をせざるをえなかった。投与薬量も濃厚であることを承知の上で、まず第1段階としてウズラのLD<sub>50</sub>値を決めること、次にどこに影響が出るかを知る意味で予備的に実験したものである。なお今後は、現行の防除事業で使用している濃度液を用いて実験する計画である。

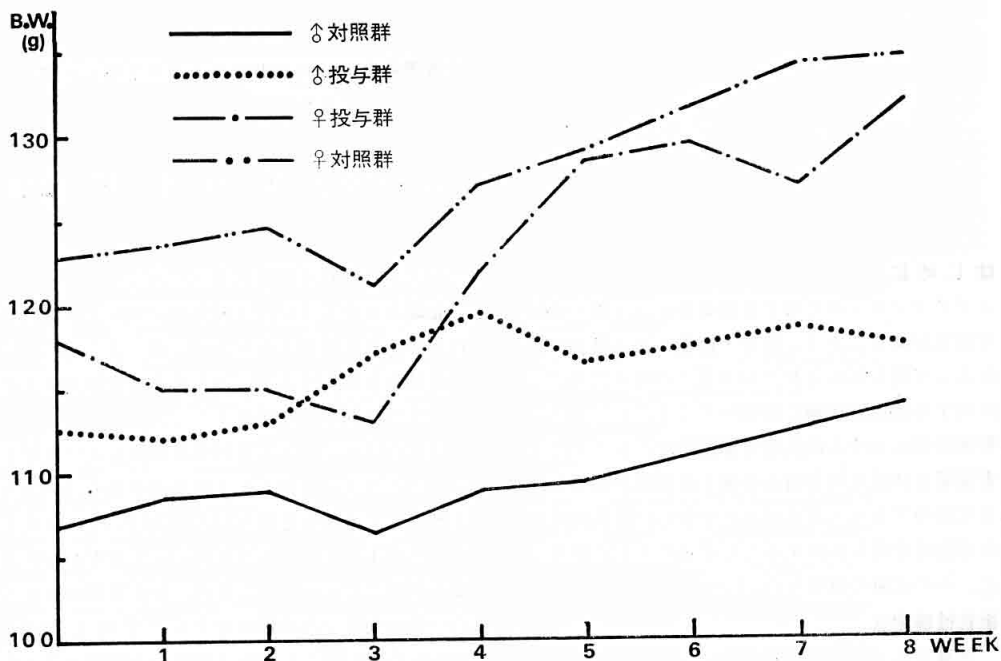


図-21 MEP 微量投与におけるウズラの体重変化

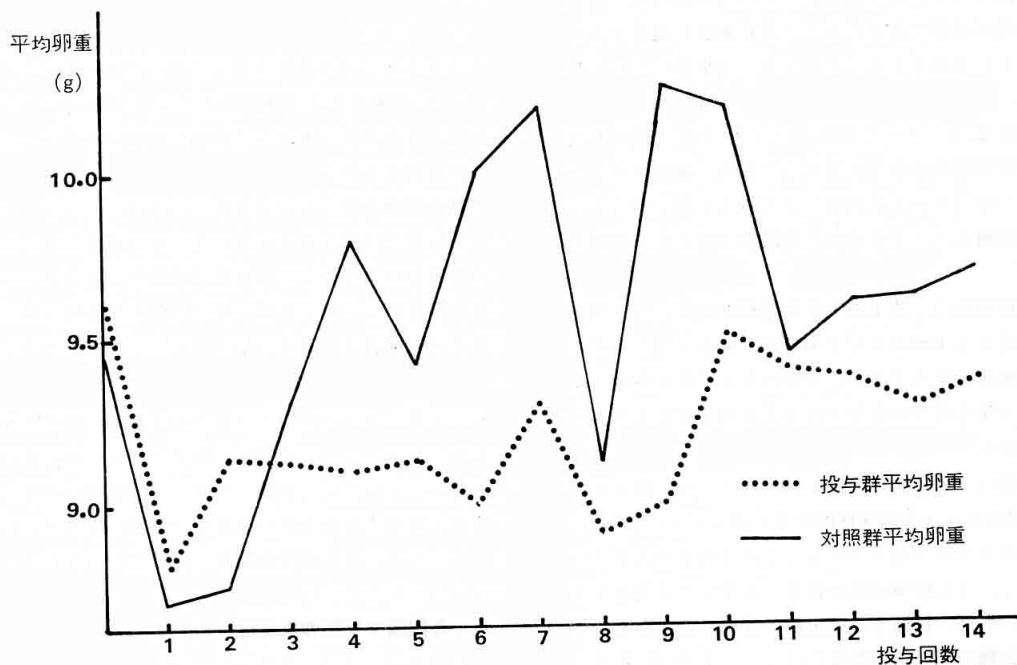


図-22 MEP 微量投与による平均卵重の変化

## マツノザイセンチュウに対する抵抗性選抜育種

担当研究室：関西支場樹病，九州支場育林第1，九州林木育種場

(とりまとめ 大山浪雄：農博)

### 1. はじめに

マツノザイセンチュウに対する感受性がマツ属の樹種によって差異があることは、清原・徳重による最初の接種試験によって明らかにされており、この時点ですでに材線虫に対する抵抗性育種に希望がでてきていた。そこで、本特別研究における抵抗性育種部門は、主として九州林木育種場と林試九州支場造林第1研究室が担当し、とくに日本産のアカマツとクロマツを中心に、抵抗性選抜育種の可能性を明らかにすることを目的として研究が行われた。その成果の概要をのべる。

### 2. 抵抗性検定法

#### 1) 接種方法

抵抗性育種事業においては大量に材線虫接種検定を行わなければならないので、このための効率的な人工接種方法の開発が必要である。そこで、在来法に改良を加えたり、新しい方法を工夫して、3年生実生苗について試験された。

その方法は、ドリル穴接種、フデ塗布、先端割り注入、線虫寒天培地塗布、リパテープ利用、線虫ワセリン軟膏ぬりつけ、アルミ爪利用などであるが、このうちではドリル接種法、フデ塗布法、先端割り注入法が有効であった。

ドリル接種法は、苗木の主幹先端部を切除し、電気ドリルで直径3～4mmの穴を2cmの深さにあけ、この穴に材線虫懸濁液を注入するが、主幹の太さが限定要因となり、1～2年生苗では無理である。平均工程は1人1日200本である。

フデ塗布は、主幹側部に幅1cm、長さ5cmの剥皮を行い、かつ鋸目を入れて剥皮材面をざらざらにし、この面に線虫懸濁液をフデで塗りつける。これは苗木の大きさの制限もなく、また接種点数を容易にふやしうる簡易な方法である。ただ、接種する線虫数の管理がむずかしいことから、接種の際に注射器またはピペットを利用すれば、一そう効率的な接種法となる。平均工程は1点接種

で1人1日500本程度と考えられる。

先端割り注入法は、主幹先端部を切除し、縦に5cmの割目をつくり、針葉1本をクサビ役にさし込み、ここに線虫懸濁液を注入する。この方法も線虫懸濁液を濃縮して接種すれば効率的な手法となる。

以上のほかに、ゴム管利用接種法もよい結果を得ている。この方法は、苗木の主幹頂部を切りつめ、先端3cmを剥皮し、木部を縦割りして、割れ目に針葉をさし込み、内径4～7mm、長さ5cmのゴム管をかぶせ、基部を細い銅線でしばり、ゴム管内に線虫懸濁液を注入し、管内の乾燥を防ぐため綿栓をする。平均工程は1人1日200本である。この方法は前述の先端割り注入法にくらべて効率は落ちるが小さな1年生苗でも確実に線虫を接種できる。

#### 2) 接種点数

苗木1本あたりの接種点数と枯損の関係について試験し、ドリル接種法及び剥皮接種法とも、1点接種よりは3点接種、3点接種よりは5点接種が枯損率が高かった。

#### 3) 検定用苗木

材線虫接種用苗木には実生苗とつぎ木苗が用いられた。実生苗では満1年4か月のものから満5年4か月のものが用いられてきたが、各種試験結果を総合してみると年齢の若いものほど枯損しやすく、また系統が同じで年齢も同じ場合は、苗木の小さいものが枯損しやすかった。

つぎ木苗に対する接種では、当初、台木の抵抗性が気にかかったが、2、3の試験の結果、台木の抵抗性の強弱は穂木にはほとんど影響を及ぼさず、枯損の程度は専ら線虫を接種する穂木部の抵抗性の強弱により決められた。したがって、抵抗性候補木の検定は、つぎ木クローンによって行ってよい。

### 3. 外国産マツ類の抵抗性

#### 1) テーダマツとスラッシュマツ

両樹種は西日本暖地では生育がよく、しかも材線虫に

表—25 高密度接種結果

樹種	材線虫接種密度	接種穴数	枯損本数	$\chi^2$ 検定
テ—ダマツ	9万頭	1	0	* }
	20万頭	1	1	
	20万頭	4	0	
スラッシュマツ	9万頭	1	1	
	20万頭	1	3	
	20万頭	4	5	

\* 供試本数は各区10本

対して抵抗性の強い樹種である。しかし、材線虫を高密度に接種した場合は、テ—ダマツはやはり抵抗性が強いが、スラッシュマツはテ—ダマツより抵抗性のあることが認められた(表—25)。

2) フランスカイガンショウ

自然条件下の枯損調査では、フランスカイガンショウはクロマツよりかなり抵抗性の劣ることが認められた。

3) フクシュウマツ

つぎ木苗に対する接種試験では、フクシュウマツはテ—ダマツに劣らない抵抗性のあることが認められた。フクシュウマツが確実に強抵抗性であるならば、このマツは2葉性マツで、日本のアカマツやクロマツと交雑が容易であるので、抵抗性の交雑育種に活用できる。

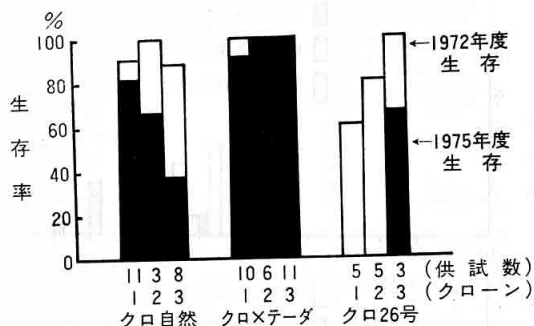
4. 日本産マツの抵抗性

1) 兵庫県林試創成クロマツ

テ—ダマツは材線虫抵抗性があるので、この性質を日本のマツに交雑育種によってとり入れることが考えられるが、アカマツやクロマツとテ—ダマツとの交雑は困難とされている。しかし、兵庫県林試では1956年にクロマツとテ—ダマツの人工交配を行って、その子供38本を育てている。そのうちの3個体のつぎ穂を譲りうけてクロマツにつぎ木し、抵抗性を検定した。材線虫の接種は、つぎ木翌年の1972年8月に1本あたり3万頭、さらに接種しても枯れなかった個体に翌々年の1975年7月に6万頭接種した。

その結果は図—23のとおりで、クロマツとテ—ダマツとの交雑 F<sub>1</sub> 3クロンは1クロンが1本しか枯損せず、あとの2クロンは全く枯損しなかった。同時に育てた同一母樹の自然交雑 F<sub>1</sub> の3クロンは3クロンとも1~5本枯損し、前者の3クロンよりは枯損しやすかった。しかし、これらの比較に供した別母樹のクロマツ26号の自然交雑 F<sub>1</sub> の3クロンは3~5本中1~5本が枯損し、しかも2クロンは各5本とも全部が枯損してしまった。

したがって兵庫県林試創成のクロマツは、自然交雑の



図—23 兵庫県林試創成クロマツ等の材線虫抵抗性

ものでもクロマツ26号のものより抵抗性の強いことが認められるが、テ—ダマツとの交雑 F<sub>1</sub> はそれ以上に抵抗性が高まっているといえる。

ただし、これら3クロンは葉芽の外観の特徴や自然交雑実生苗にはテ—ダマツとの雑種性が認められず、また核学的検討も終えていないので、真の雑種であるか否かは判断できない。ただ、この材線虫抵抗性はかなり強いものであると考えられる。

2) 産地別集団

日本各地の有名マツを含む18産地の21系統の実生苗、各210本に対し、抵抗性を検定した。線虫接種は、第1回目は2年生苗に1本あたり2,000~6,000頭、第2回目は翌年その生き残ったものに、第3回目は翌年さらに生き残ったものに、それぞれ各1万頭接種された。その最終的結果は、途中、傷害苗を棄却したが、現在約80本が生存している。

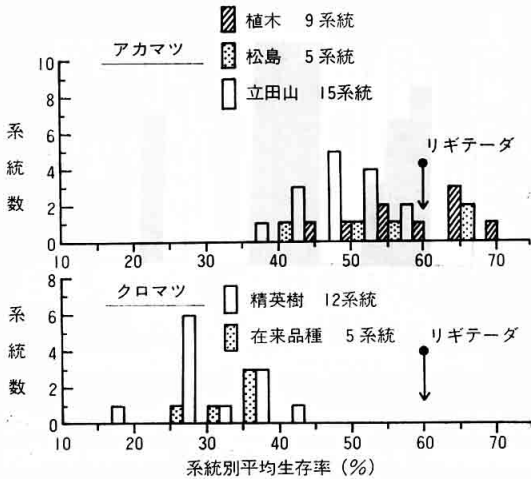
3) 産地別及び母樹別集団

アカマツ3産地(熊本県松島町、植木町、熊本市立田山)の29系統、九州産クロマツ精英樹及び在来種の17系統、比較としてリギテ—ダの F<sub>2</sub> の1系統の3年生実生苗、合計2,311本の抵抗性が検定された。線虫接種は苗木1本あたり1万頭であったが、樹種別の平均生存率は次のとおりになり、リギテ—ダ、アカマツ、クロマツの順で抵抗性の弱いことが認められた。

さらに母樹別系統の生存率の頻度分布を示すと図—24のとおりで、アカマツ、クロマツともに母樹間の生存率に大きなばらつきがあった。抵抗性の比較的強いものと

表—26 マツの種類・系統と生存率

樹種	供試系統数	供試個体数	平均生存率%
リギテ—ダ	1	60	75
アカマツ	29	1,210	62
クロマツ	17	1,091	29



図一24 マツ産地別・母樹別実生系統の材線虫抵抗性 (大庭原図)

してひとつの目安になるリギテーダより生存率の高いものがアカマツに6系統あった。クロマツにはそれがなかった。アカマツの産地別集団の平均生存率は、松島68.4%、植木67.2%、立田山56.0%であり、産地間に有意差があった。

#### 4) クロマツ抵抗性候補木

熊本営林局、九州林木育種場、林試九州支場の共同により抵抗性候補木が選抜され、このつぎ木苗の抵抗性が検定された。この候補木は鹿児島県川内市・川内営林署唐山国有林99林班の海岸保安林における樹齢90~118年生のもの35個体である。

これらはクロマツ2年生実生苗につぎ木し、1年据え置いたものに7月に材線虫を1万頭ずつ接種された。供試本数は各クローン3~6本で少ないが、全く枯損しなかったクローンはなかった。生存率40~67%のものが5クローンあり、このうちの2クローンは苗木が小さくて枯損しやすいにもかかわらず生存率が高く、比較的抵抗性が強いと考えられた。

#### 5. 抵抗性発現に及ぼす土壌の影響

マツ枯損激害地帯の中でも特定の土地や林分によっては枯損の少ない団地があり、この要因には立地的なもの

とマツの品種的なものが考えられる。この両影響を知るため、マツ枯損激害地及び微害地から土壌を取り寄せ、茂道産クロマツ、牛根産クロマツ、霧島産アカマツの3系統を栽培し、抵抗性を検定した。

激害地土壌は、熊本県大矢野町、芦北町、鹿児島県内の浦町、微害地は熊本県植木町、熊本市立田山、島原市眉山のもので、大型素焼鉢に入れ、3系統の各2年生実生苗を混植し、翌年の7月に材線虫を3万頭ずつ接種した。

その結果、最も生存数が少なかったのは激害地の大矢野土壌で育てた牛根マツ30本中の6本であり、最も生存数が多かったのは微害地の立田山土壌で育てた霧島アカマツ30本中の25本で、マツ系統と土壌の組合せによって抵抗性の発現に大きな違いが生じた。そこで、これらについて分散分析の結果は著しく有意で、次のことが認められた。

1) マツ品種間では、霧島アカマツがクロマツの茂道マツや牛根マツにくらべて抵抗性が強かった。茂道マツと牛根マツでは有意差がなかった。

2) 土壌間では、霧島アカマツにおいてのみ、微害地の立田山土壌で育てたものが抵抗性が高まっていた。

#### 6. むすび

上述したように、材線虫接種による各種抵抗性検定の結果、外国産マツではテーダマツに強い抵抗性のあることが確かめられた。テーダマツは西日本暖地では生長が良好でもあるので、マツ枯損跡地の造林樹種として評価できる。

日本産のアカマツとクロマツではアカマツにかなり抵抗性の強い系統や個体のあることがわかった。クロマツはアカマツにくらべて抵抗性が劣るが、兵庫県林試で創成されたクロマツとテーダマツとの交雑  $F_1$  候補木をつぎ木クローンには強い抵抗性が認められたし、また枯損激害跡地で選抜した老齡クロマツのつぎ木クローンにも枯損しにくいものがあった。これら成果は今後の抵抗性選抜育種の見通しが明るいことを意味し、あとは西日本各地の広い地域から抵抗性個体の選抜に期待したい。

編集後記

農林水産技術会議による行政対策特別研究「マツ類の材線虫防除に関する研究」が終了した段階で、森林防疫にこの3年間の成果を解説する特集号を組みたい、という声がこの特別研究が終わるより半年も前から編集委員会の中にあがっていた。しかし比較的自由的な形でかかれた1年前の中間報告と異なり、50人をこえる研究者の蓄積された膨大なデータをわずか5頁に、誰がどのような形に消化してゆくか、という難問になかなか答が出ず、ペンディングのまま時が過ぎてきた。

ところが、本特別研究の最終推進会議の席上、技術会議からこの研究の成果報告を編成するための、ひとつのきわめて明快な方式が提示された。それはひとつひとつの小項目ごとに取りまとめ責任者を定め、各担当研究室から報告されたデータを通覧、整理した上、考察を加えてひとつの節をつくる、というものである。実際に1節あたり40~50枚の原稿をまとめ上げるの

はかなり大変な作業であったが、それに便乗して、書き上げたあとそのエッセンスを森林防疫の方にそっくり頂戴できることとなった。

もっとも、書いて貰うことになった人からは同じことを二度も書くのはかなわんという声もあり、またどうしてもまとめる人の意見が強くなる原稿もあり、個々の担当者からすると不満の点があるかも知れない。この点は450余枚の原稿、各100余枚の図と表を、図表こみで150枚程度にわかり易く解説する作業上でやむをえなかったものと御了承を下さい。

なお、実際に集まった原稿の版を組んでみたら60頁に達する大部のものとなり、やむをえずその1、その2と2号にわたることにしました。また本特集号では文献をいっさい省略しました。あとから出る技術会議の成果報告には今までに発表した報文をすべて載せてありますので、必要な方はそちらを御利用下さい。

(編集委員一同、文責 小林享夫)

現地からの投稿はいきいきした「森林防疫」を作ります

観察記録 ■ 防除事業記録 ■ 質問 ■ そのほか

枚数自由 ■ 写真もあったらそえて ■ 採用の分には規定の謝礼をさしあげます

投稿お願い

- 必ず原稿用紙を用いて下さい。
- 題名(勤務先・氏名を含む)に英文を希望される場合は、和文の下段へ記入下さい。
- 別刷は有料で最低100部からうけたまわります。

表紙の写真

原則として1枚もの ■ キャビネ ■ モノクロ ■ 採用写真には規定の謝礼をさしあげます

送り先 ■ 東京都千代田区内神田1-1-12, コープビル8階(郵便番号101) / 全国森林病虫獣害防除協会内  
振替番号 東京: 89156

「森林防疫」編集事務局あて ■ しめきり/とくに定めてお任せ。