

マツ生立木に対するマツノマダラカミキリ成虫の後食の影響 (1)クロマツ苗木について

中根 周歩*・戎 晃司**

*広島大学総合科学部自然環境研究講座

**イービーエス産興株式会社

Effect of feeding by *Monochamus alternatus* on pine tree vitality (1) A case of Japanese black pine seedlings in the pots

Kaneyuki NAKANE* and Kouji EBISU**

*Department of Environmental Studies, Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, 1-7-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima 739-8521, Japan

**EBS Sankou Co. Ltd., 4-2-53-7 Itsukaichichuo, Saeki-ku, Hiroshima 731-5128, Japan

Abstract : Two, four and six individuals of the vector (*Monochamus alternatus*) of pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* were placed into their own respective frames for four weeks (July 11 to August 6, 1996), and covered with sheets of white nylon netting in order to prevent escape at the experimental farm of Hiroshima University in Higashi-Hiroshima, west Japan. The feeding effect of the vectors on 40 Japanese black pine (*Pinus thunbergii*) seedlings in pots placed in each frame was then traced during four months (August to November, 1996). The area and numbers of feeding scars on the seedlings increased with the increase of the individual numbers of vectors in the frame. Sixty-Seven of 120 seedlings in the three frames were fed on by the vectors. However, none of these 67 died even though the vectors had about 3,000 nematoda on average. This suggests that the damage killing pine seedlings is not caused by the feeding of vectors even in a population density of 2~6 individuals/21.6m² employed in the study, which may be higher than that in the field.

Keywords : *Bursaphelenchus xylophilus*, Feeding, *Monochamus alternatus*, *Pinus thunbergii*, Seedling, Tree vitality

1. はじめに

1977年に「松くい虫被害対策特別措置法」が施行され、その後3回にわたり更新された。さらに1997年にはこの「措置法」の4度目の更新はされなかったが、ほぼ同様の内容が「森林病虫害等防除法」を改訂し、これに取り込まれ、恒久化された。この20数年にわたる間、法律で松枯れの原因と断定したマツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Buhrer) Nickle ; 以後、ザイ

センチウとする)を媒介するマツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus* Hope; 以後、マダラカミキリとする)を駆除するために、毎年全国のマツ林において大量の農薬の空中散布や地上散布が実施されてきた。それにも拘わらず、松枯れは終息を見せるどころか、この約20年間の松枯れ被害材積(林野庁1998)の推移が示すように、依然として広がり続けている。マツ林面積の減少を考慮すると、逆に被害率は拡大しているとも言える。さらに、この農薬散布の松枯れ防止への効果を科学的に裏付けるデータが20年を経た今日、依然として得られておらず、その上この林野への農薬の広域散布がもたらす野生の動植物、生態系や人体への弊害がたびたび指摘されてきた(例えば、加藤ら1986;彦坂ら1990;中根1998)ことを考え合わせると事態は極めて深刻であり、松枯れの原因をザイセンチウにのみ求めるのことの再考が必要と思われる。

それ故に、今改めて松枯れの原因と対策を明らかにする必要があると思われるが、まずは従来のマダラカミキリーザイセンチウを原因とする説を裏付ける実験の再検討が必要であると思われる。例えば、従来のザイセンチウを松枯れの原因であると立証する実験データに、数多く報告されているザイセンチウの接種実験がある(例えば、清原・徳重1971;岸1988など)。しかし、この接種実験は通常、あらかじめマツの幹などに穴を開け、大量(数千頭以上)のザイセンチウを接種(注入)するわけであるが、この実験はマダラカミキリからザイセンチウの移行プロセス、すなわちマダラカミキリがマツの摂食(以後、後食とする)時にザイセンチウが後食部から侵入する過程、及びマツに移行したザイセンチウの増殖プロセスを省略し、この両プロセスが支障無く進行したことを前提にしている。しかし、野外のマツ林で、この両プロセスの進行を含めてザイセンチウによる松枯れの発病を検討するためには、マダラカミキリを野外のマツ林に放し、その影響を検討する放虫実験が当然ながら求められてしかるべきである。

ところが、実際の野外のマツ自然林においてマダラカミキリを放虫し、その後食の影響を調査した例は皆無に等しい。ただ、植栽木や苗木一本一本、またはその枝をネットで囲い、そこにマダラカミキリを入れ、後食させ、その影響を評価した実験があり、それによって枯死などの影響が見られたとの報告(遠田・真宮1972;滝沢1975)があるが、実際に枯死が発生する際のマダラカミキリの個体数は野外の林分における個体数に換算すると、後述するように膨大な個体数による場合であると考えられる。一方既に述べたように、ザイセンチウの接種実験では数千、数万頭の接種が一般的に行われているが、実際野外で、ザイセンチウがマダラカミキリの後食痕1カ所からマツ樹体に侵入する頭数は数頭から数十頭と指摘されている(峰尾1983;Togashi 1985;松浦1988)が、数頭~数百頭のザイセンチウの接種では、無接種と比較して有意にマツの枯死が発生しないとの実験結果も報告されている(中根・戎1996)。

そこで、実際の野外でのマダラカミキリーザイセンチウと松枯れとの関係を明らかにするためには、なるべく野外のマツ自然林でのマダラカミキリの後食を再現する放虫実験が求められる。本報告では、とりあえずその第一歩として、扱い易い圃場のマツ苗木を実験対象とし、マツ枯れの激しい林分におけるマダラカミキリ個体群密度に近い個体数を想定して、その個体数を、ビニールハウス用のワクを寒冷紗で覆った多数のマツ苗木に放虫し、実際にそのネット内で自由に後食させ、その影響を追跡し、その検討・評価を試みた。

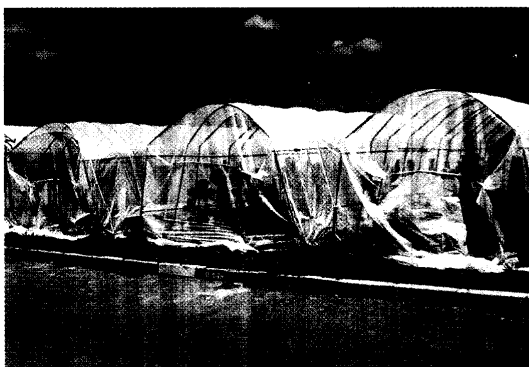
2. 実験方法

2.1. 実験区の設定

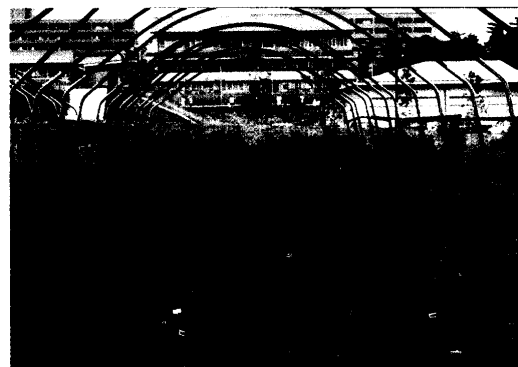
東広島市の広島大学西条キャンパス内の圃場において、クロマツ (*Pinus thunbergii* Parl) 苗木(3年生)160鉢を40鉢ずつ四区画(A、B、C、及びD)に分け、A~C区ではそれぞれに1mmメッ

シュの寒冷紗で覆ったハウス、2.4m (幅) × 9m (奥行き) × 2.2m (高さ)、を1996年7月8日に設置した。実験に使用したマダラカミキリは、千葉県のアカマツ (*Pinus densiflora* Sieb.et Zucc.) 林の枯死マツから7月6日に脱出したものを千葉県林業試験場の研究員が捕捉し、マツノマダラカミキリであることを確認し、これを7月10日に千葉県から広島大学の実験地に搬送したものである。このマダラカミキリを、7月11日に、A区に2頭、B区に4頭、C区に6頭放った (写真1-A)。その際、マダラカミキリの雌雄は各区で同数とした。D区は対照区で、無放虫である。2週間後、放虫個体数と同数の生存個体を各区で確認した。マダラカミキリを投入してから約4週間後 (8月5日)、寒冷紗を撤収し、その際ハウスの内にいたマダラカミキリを回収した (写真1-B)。しかし、回収できたマダラカミキリは、A区2頭、B区3頭、C区4頭であった。

写真1. 実験地の概況



(A)寒冷紗で覆った実験ハウス (2.4[幅]×9[奥行き]×2.5m[高さ]). 左からマツノマダラカミキリ2, 4, 6頭放虫区の実験ハウス (1996年7月11日)



(B)マツノマダラカミキリ放虫後、マダラカミキリを回収し、寒冷紗を取除いたところ (1996年8月6日)

苗木への灌水は、7～8月は1日、1鉢(9号)当たり約1,000～1,200ml、6月、9月は1日、1鉢当たり約500mlの水量を散水栓で根元に散水した。3～5月及び10月以降は3日に1回約500mlの散水を行った。

ハウスを寒冷紗で覆っていた放虫期間のハウス内外の気温及び湿度を自記温湿度計 (T & D Corp. TR-72) で測定した結果、その差異は、平均気温で0.3℃、平均相対湿度で4%で、ハウス内で高かった。また、ハウス内外の最大較差が、日中及び夜間で気温及び相対湿度でそれぞれ1.5℃、10%を越えることはほとんどなかった。

2.2 マダラカミキリのザイセンチュウ保持頭数の確認

実験に先立って、実験に用いた個体とは異なる12匹のマダラカミキリ (雌雄6頭づつ) のザイセンチュウ保持頭数を、1996年7月11～15日にベールマン法で確認した。すなわち、マダラカミキリを生きのまま磨潰し、これをピーカーのミネラルウオータに浸けた濾紙の上に置き、室温 (約25℃) で24時間放置し、ピーカーの底に落ちてきたザイセンチュウを顕微鏡で検視し、その個体数を確認した。実験に用いたマダラカミキリも回収した後 (8月6～8日)、同じくベールマン法でザイセンチュウ保持頭数を調べた。

2.3 マダラカミキリによる後食部の確認、食害度の評価

1996年8月20日、120鉢の苗木一本一本を検討し、その後食の有無、食害度（軽、中、重度）を評価した。ここで、食害度の軽度とは、苗木1鉢の後食合計面積が5 cm²以下、または後食箇所が3カ所以下、中度は、後食合計面積が5～15cm²、または後食箇所が4～9カ所、重度は後食総面積が16cm²以上、または後食箇所が10カ所以上とした。

2.4. 実験苗木の葉の変色と生死の確認

1996年9月10、20日及び10月18日、11月4日、実験に用いた苗木の当年葉の変色や生死を確認した。枯死したものは、その都度ザイセンチュウの有無を、枯死個体の頂枝、側枝、幹など十数カ所から木片を採取し、これを剪定ハサミで薄い切片にして、ベールマン法でザイセンチュウの有無を確認した。また、枯死の原因について推察した。さらに、10月18日、重度の後食を受けた苗木の後食部を採取し、同様な方法でザイセンチュウの有無を確認した。

2.5. 実験条件の検討

今回の実験において、用いた鉢への灌水（散水量）と放虫したマダラカミキリの個体群密度について、それぞれ1997年8月と10月に予備的検討を行った。それは、土壤水分条件がザイセンチュウによるマツの病害に影響を及ぼすとの報告（Suzuki & Kiyohara 1978）があることや、既に指摘したようにマダラカミキリ放虫数もマツへの病害に影響を及ぼすこと（遠田・真宮 1972; 滝沢 1975）から、今回の放虫頭数を野外林分に当てはめた際の個体群密度を知る必要があるためである。

まず、今回の放虫実験に用いた苗木と、樹齢および植栽に用いた土壌が同じ鉢苗木と、地植えした無散水の苗木の生理活性（特に気孔コンダクタンス）について、比較検討することによって、今回の灌水の妥当性を検討した。1997年8月に広島大学圃場で、同年3月に植えた3年生クロマツ苗木の6鉢のうち、3鉢に連日、午後6時に1回1,000mlを散水し、他の3鉢は実験開始前日の午後6時に1回1,000ml散水した後、5日間散水はしなかった。この実験以前（3～7月）の鉢の灌水は、今回の放虫実験に用いた鉢と同様とした。実験期間中、2日に1回午前9時と午後2～3時頃にそれぞれの気孔コンダクタンス(mm²H₂O/m²・s)を光合成蒸散速度計（盟和商事 LI6400）で、日中の晴天時有効放射量に近い光量（1500 μmolQuanta/m²・s）を与えて測定した。さらに、隣接地に同時期に地植えした同様の3年生苗木については無散水状態で気孔コンダクタンスを測定した。実験期間の前3日間を含めた8日間はほぼ晴天で、降水はなかった。

今回用いた3年生マツ苗木、40鉢/(ハウス:21.6m²)と野外のほぼ同齢のマツ林の林木密度とを比較するため、林齢3～5年の若齢自然再生マツ林の林木密度を東広島市内の山陽道沿いの3地点（東広島市八本松町、同市西条町、同市高屋町）で、1997年10月に調査した。各地点で2.5×10mのプロットを2～4個、計9個設置して調べた。その際、マダラカミキリによる後食痕の有無も一本一本検討し、枯死木については苗木枯死木と同様な方法でザイセンチュウの有無も確認した。調査地のマツはアカマツが多数であったが、少なからずのクロマツも観察されたが、今回は両者をマツとして一括して調査した。以上の調査で得た、野外の若齢マツ林木密度から、今回の放虫したマダラカミキリの頭数が野外でどれ程の個体群密度に対応するかおよその見当をつけた。

3. 結 果

3.1. マダラカミキリのザイセンチュウ保持頭数

表1にマダラカミキリのザイセンチュウ保持頭数を示す。実験前の保持頭数は520~5,600頭の範囲で、平均3,153頭であった。これは、従来報告されているザイセンチュウの平均保持頭数(3,000~8,000)(森本・岩崎 1972)の範囲にあると言える。また、雌雄間にはザイセンチュウの保持頭数に有意な差異は見られなかった(t検定、有意水準:0.05)。

表1. 実験に用いたマツノマダラカミキリのマツノザイセンチュウ保持頭数

	カミキリ 頭数	センチュウ 頭数の範囲	センチュウ 平均頭数(S.D.)
実験前	12	520~5,600	3,153(1,240)
実験後 (内訳)	9	150~2,200	1,148(638)
A区	2	370~2,200	1,285(—)
B区	3	560~1,800	1,186(506)
C区	4	150~1,500	1,052(535)

後食実験後、回収したマダラカミキリ9頭(雌5頭、雄4頭)のザイセンチュウ保持率は100%で、その保持頭数の範囲は150~2,200頭、平均は1,148頭で、マツを後食していた約4週間で約2,000頭減少したと考えられる。また、放虫後回収されたマダラカミキリの雌雄間にはザイセンチュウ保持頭数に有意な差異は見られなかった(有意水準:0.05)。

3.2. 後食の影響と葉の変色、枯死

表2. 実験苗木の食害度と葉の変色、枯死本数およびマツノザイセンチュウの有無(1996年11月4日現在)

区画 (カミキリ頭数)	食害度	本数(%)	当年葉の 変色本数	枯死 本数	枯死 率(%)	線虫の 有無
A (2頭)	無	22(55)	0	0	0	
	軽	15(38)	0	0	0	
	中	3(7)	0	0	0	
	重	0(0)	0	0	0	
	食害小計	18(45)	0	0	0	
	計	40	0	0	0	
B (4頭)	無	18(45)	0	1	5.6	無
	軽	10(25)	0	0	0	
	中	4(10)	0	0	0	
	重	8(20)	0	1	12.5	無
	食害小計	22(55)	0	1	4.5	無
	計	40	0	2	5.0	
C (6頭)	無	13(32)	0	1	7.7	無
	軽	11(27)	0	0	0	
	中	7(18)	0	0	0	
	重	9(23)	0	0	0	無
	食害小計	27(68)	0	0	0	
	計	40	0	1	2.5	
D (0頭)	無	40(100)	2	1	2.5	無
	食害小計	0(0)	0	0	0	

当年葉の変色: 枯死個体、摂食を受けた枝は除く。

線虫の有無: 重度の食害を受けた苗木と枯死した苗木についてその確認を行った。

表2が示すように、マツ苗木120本のうち、67本(55.8%)に後食痕が見られ、その被害程度は、36本が軽度、14本(11.7%)が中度、17本(14.2%)が重度であった(写真2)。当然ながら、放虫頭数の増加に伴って後食個体数は増大し、その程度も大きくなった。例えば、2頭区のA区で軽度15本、中度3本、重度0本、計18本、4頭区のB区では軽度10本、中度4本、重度8本、計22本、6頭区のC区では軽度11本、中度7本、重度9本、計27本となった。これら120本の中で後食された67本の後食面積の総合計は約750cm²となった。

写真2. マツノマダラカミキリによる後食(摂食)痕(1996年8月)



(A)軽度の後食痕



(B)重度の後食痕

しかし、後食を受けたもので枯死したのは、重度の後食を受けた、1本だけであった。さらに、この枯死した苗木を含む、重度の被害を受けた17本の苗木の後食を受けた幹・枝からもザイセンチュウは検出できなかった。また、A、B、C区では、当年葉の変色については、枯死した苗木以外には見られなかった。

また、マダラカミキリ放虫区(A~C区)で無後食の苗木が2本とマダラカミキリ無放虫のD(対照)区で1本が枯死した。しかし、これらの苗木からもザイセンチュウは検出されなかった。これらの枯死の原因は、2本については、散水栓の穴が詰まっていたため、散水が不十分で、過度の乾燥に陥ったことによるものと思われた。また、残り1本については、逆に鉢の排水不良で、鉢が冠水していた。放虫実験後、この苗木の枯死を確認した後、根を掘出したところ、根が腐食しており、冠水による枯死と判断した。

写真3. 激しく後食された枝の先端から新芽が伸長し始めた様子(1996年11月)



(A)側枝の例



(B)頂枝の例

一方、D (対照) 区で、枯死した1本以外に、2本で当年葉の変色が見られた。この原因については特定できなかった。

1996年11月の時点で、後食を受けた67鉢の苗木のうち枯死した1本を除いたすべての鉢苗木に新芽の伸長が確認され、特に重度の被害を受けた17本のうち12本の苗木では、激しく後食された側枝や頂枝から新芽の伸長が見られた (写真3)。

3.3. 実験条件の検討結果—鉢苗木への灌水と若齢マツ自然林の林木密度について—

鉢への散水の頻度を変えた苗木と地植えの苗木の気孔コンダクタンスについては、連日散水した鉢のマツの苗木は、実験期間中、午前の測定時にはほぼ気孔コンダクタンスは上限 ($120\text{mmolH}_2\text{O}/\text{m}^2\cdot\text{s}$) に近いが、午後には明らかに気孔コンダクタンスの低下が見られた。この現象は地植えした苗木も同様に見られた。ただ、午前中の気孔コンダクタンスは地植えした苗木は連日散水した鉢よりやや低い傾向 (散水苗木の約95%) を示したが、逆に午後は地植え苗木の方が気孔コンダクタンスが高い傾向を示した。これに対して、実験開始前日のみ散水した鉢苗木は、初日は連日散水した鉢苗木と差異は見られなかったが、その後急激に気孔コンダクタンスが減少し、5日目では午前中でも初日のわずかに15%程のコンダクタンスに低下した。以上、鉢植え苗木の場合、真夏の炎天下では連日散水しないと、十分な日射量の下でも気孔が開かない程の強い水ストレスが生じることが予測され、これは地植え苗木や連日散水した鉢苗木には見られない現象と思われる。

若齢マツ自然林のマツ林木密度は、表3が示すように、9個のプロットの平均で49本/25 m^2 で、その範囲は24~72本/25 m^2 であった。今回調査した林分は山腹の切土または盛土上に、周辺の壮齢または成熟したマツ林からの飛来種子によって再生したものと思われるが、その周辺のマツ林では、調査当時激しい松枯れが進行中であった。実験ハウスの苗木密度は46本/25 m^2 であるから、ほぼ同齢の自然再生林の密度に近いと言える。

また、マダラカミキリの後食痕が見られたのは、9プロットでわずか1本で、全調査本数の0.2%に過ぎなかった。さらに、後食痕のあったマツ1本は、12月の時期に新芽が通常に伸長しており健全であると判断できた。さらに、9プロット全体で枯死していた2本については、後食痕も見られず、またザイセンチュウも検出されなかった。その枯死の原因については特定できなかった。

表3 東広島市内の山陽道沿いの若齢 (3~5年生) マツ自然再生林におけるマツ個体密度 (林木密度)、被後食本数、枯死本数及びマツノザイセンチュウの有無

調査地点	林木密度	被後食本数 (本/25 m^2)	枯死本数	(有無)*
八本松	A	41	0	
	B	50	0	(無)
	C	24	1	0
	D	45	0	0
西条	A	52	0	0
	B	56	0	1 (無)
高屋	A	72	0	0
	B	43	0	0
	C	55	0	0
平均	49	0.1	0.2	
合計 (本/225 m^2)	438	1	2	

* : ザイセンチュウの有無

4. 考 察

4.1. 実験条件及びマダラカミキリの個体群密度

実験ハウス内外の気温及び相対湿度の差異がそれぞれ平均で0.3℃、4%と極めて小さいことから、ハウスを寒冷紗で覆ったハウス内のマダラカミキリ、またはマツ苗木の活力に大きな影響を与えたとは考えにくい。

一方、十分な光条件下でも水ストレスがかかると気孔コンダクタンスが抑制されることが良く知られている (Kramer 1949)が、今回のように盛夏に連日散水したことが、鉢苗木の水ストレスを大きく緩和したとは考えにくい。それは、連日散水した鉢苗木が無散水の地植えの苗木とほぼ同程度の気孔コンダクタンスであり、しかも午後には鉢苗木の気孔コンダクタンスが地植え苗木以上に低下すること、また5日間無散水の鉢苗木が3日目の午前中から顕著に気孔コンダクタンスが落ちることから明らかである。逆に、この種の実験で盛夏に散水を連日行う方がより野外条件 (地植え) に近いと思われる。しかし、灌水の方法と鉢苗木の生理活性については、今回の気孔コンダクタンスの調査期間が短いことから、今回の結果をもって断定することは避け、今後さらに検討すべき課題とすべきであろう。

実験に用いたクロマツ苗木密度が、この地域の自然再生の若齢マツ林がアカマツ優占の林分といえども、その林木密度に近いことから、今回の実験ハウス内の放虫したマダラカミキリの個体群密度は、面積当たりに換算すると、1ヘクタール当たりA区は約900、B区は1,800、C区は2,700頭にそれぞれ相当すると考えられる。特に、C区は、平均約3,000頭のザイセンチュウを保持するマダラカミキリをかなりの高密度で実験に用いたことになる(岸 1988; 柴田 1989)。

しかし、松枯れ激害地域 (残存マツが1~2割程度) であるにもかかわらず、東広島市周辺の若齢マツ林におけるマダラカミキリによる後食は極めて希であったことは、高木のマツにマダラカミキリが集中すると仮定しても、残存高木マツが極めて限定されている状況から判断して、この地域のマダラカミキリの個体群密度が今回の実験で用いた密度に遠く及ばない程低い可能性を示唆しよう。

4.2. 後食の影響

初期ザイセンチュウ保持頭数が約3,000のマダラカミキリを、1ヘクタール当たり、900~2,700頭といった密度で放虫していながら、また過半数(56%)の苗木が後食を受けていながら、ザイセンチュウによる枯死が生じなかったことは、マダラカミキリが保持するザイセンチュウのマツ後食痕への移行、また仮に侵入したとしても、マツ樹体中での増殖が抑制された可能性がある。

ザイセンチュウの侵入や増殖が抑制された原因の一つとしては、本来健全なマツはこれらザイセンチュウを抑制する防御機能を保持していることが考えられる (二井 1987)。また、水ストレスが生じない場合は、接種したザイセンチュウの病原性の発現が押さえられるとの報告(橋本 1976; Suzuki & Kiyohara 1978)もあるが、今回の実験苗木が特に水条件に恵まれていたわけではない。例えば、無放虫区である対照区でも、乾燥によって1本が枯死していることは、放虫区の後食苗木が同様に乾燥で1本枯れていることをも考え合わせると、真夏の炎天下では、灌水の不十分さが、苗木の衰弱、枯死を引き起こすほどの水ストレスを生じさせることを示唆している。参考に、ハウスの横に地植えした苗木が無散水にも拘わらず1本も枯死しなかったことと対照的である。

また、後食程度が重度で枯死した苗木1本は、当年枝がほとんど後食されており、そのため1年葉の変色、落葉に伴い、衰弱死したものと思われる。遠田・真宮(1972)が、苗木1本にマダラカミ

キリ1頭では枯死しなかったが、4頭以上では枯死したという実験結果を報告しているが、これはザイセンチュウというよりもマダラカミキリによる食害の影響か、食害による衰弱からマツ自身のザイセンチュウへの防御機能が喪失したためとも考えられる。それは、苗木1本に4頭というマダラカミキリの放虫密度が、今回調査した野外の若齢林分(平均、2,178本/ha)に換算すると、およそ85,000頭/haに相当するわけで、今まで報告されている松枯れ激害林分で比較的高い個体群密度(1,000~2,000/ha)(柴田 1989)の数十~百倍近い高密度での実験結果といえるからである。

ところで、後食された苗木、67本の後食総面積が約750cm²であるから、マダラカミキリ1頭当たりからザイセンチュウ2,000頭がマツ苗木に移行したとすれば、その頭数は単純計算で、1cm²当たり平均25頭となる。しかし、マダラカミキリの保持頭数の減少がそのままマツへ移行したと考えることはできないから、実際の移行したザイセンチュウはもっと少数であろう。

仮に、25頭/cm²に近い頭数のザイセンチュウがマツ樹体に移行したとしても、ザイセンチュウが生存、または増殖できなかったことになる。

以上のことは、従来のザイセンチュウ接種実験において、一カ所に数千から数万頭というあり得ない多数のザイセンチュウを接種すること、また実験に用いた鉢苗木への散水頻度が低い(多くの報告では灌水条件に触れていない:例えば、清原ら 1973; Futai & Harashima 1990など)など多くの問題点が指摘されよう。

以上、今回の実験結果では、マツ苗木が通常の状態では、ザイセンチュウへの防御機能が保持され、マダラカミキリの後食によるマツの枯死の確率は極めて少ないことが示唆された。仮に、マダラカミキリの後食によってザイセンチュウのマツへの移行と増殖が行われるとするならば、それはマツ自身が大気汚染などの生育環境悪化で衰弱し(中根 1992; 苗村ら 1997; Nakane et al. 1997)、ザイセンチュウへの防御機能を喪失した場合と考えられる。その意味では、マツの活力を衰退させている原因の究明やそれへの対策がザイセンチュウへの対応よりも火急を要することになる。

しかし、鉢苗木での実験では、苗木として活着が良いが、ザイセンチュウへの感受性の強いクロマツ苗木を用いたが、実際の野外のマツ若齢林はアカマツが優占していることや、定期的な灌水下での実験であることなど、実験条件などでいろいろな制約があるので、今回得られた結果がそのまま野外のマツ自然林に適用できるとは限らない。そこで、今後実際の条件下での放虫実験、すなわち野外での放虫実験を行う必要があり、その際、マダラカミキリ放虫個体数を増減させたり、活力度の異なる(環境条件の異なる)マツ林での後食の影響について比較研究を行う必要があろう。

さらに、今回の苗木実験結果を考慮して、人為的に衰弱させたマツ苗木(例えば、散水を制限した苗木)を用いた同様な実験を再度行い、マダラカミキリの後食の影響を評価することも必要と思われる。

謝 辞

本実験の実施にあたり、マツノマダラカミキリを提供して下さった千葉県林業試験場に御礼を申し上げます。また、実験に用いた苗木の鉢植えに協力していただいた、広島大学大学院生物圏科学研究科の苗村晶彦(現在、関西総合環境センター)、高山 勉(同、兵庫県林務部)の両氏をはじめとする多くの院生諸氏に感謝する。

本研究は、科学技術振興事業団・戦略的基礎研究プロジェクト「森林衰退に係わる大気汚染物質の計測、動態、制御に関する研究」(平成8~12年度)の一環として行った。

引用文献

- 二井一禎(1987)マツノザイセンチュウと寄主との関係について.森林防疫, 36(9):155-159.
- Futai K. and Harashima S.(1990) Effect of simulated acid mist on pine wilt disease. J.Jpn. For. Soc., 72(6):520-523.
- 橋本平一(1976)かん水条件の異なるクロマツ苗におけるマツノザイセンチュウの動態とマツ苗の病態反応. 7回 日林論:233~235.
- 彦坂直道・菊池誠太郎・古内文子・町田光子(1990) 農薬空中散布の環境および健康への影響調査. 公衆衛生, 54(5):353-357.
- 加藤龍夫・花井義道・植田 博(1986)スミチオンの空中散布による大気汚染. 横浜国大環境科学センター紀要, 13(1):25-36.
- 岸 洋一(1988)マツ材線虫病—松くい虫—精説. 298pp, トーマス・カンパニー, 東京.
- 清原友也・徳重陽山 (1971) マツ生立木に対する線虫 *Bursaphelenchus* spの接種試験. 日林誌, 53:210-218.
- 清原友也・堂園安生・橋本平一・小野 馨(1973)マツノザイセンチュウの接種密度と加害力. 日林九支研論, 26:191-192.
- Kramer P.J.(1949)Plant and water relationships. 265pp. McGraw-Hill Black Co., New York.
- 松浦邦昭(1988)マツノマダラカミキリの後食防止に関するフェニトロチオンの作用. 応動昆誌, 32(4):245-251.
- 峰尾一彦(1983)マツノマダラカミキリからマツノザイセンチュウの離脱と樹体侵入 (第2報) .日林関西支部講, 34:259-261.
- 森本 桂・岩崎 厚(1972)マツノザイセンチュウ伝播者としてのマツノマダラカミキリの役割. 日林誌, 54(6):177-183.
- 苗村晶彦・中根周歩・佐久川弘・福岡義隆(1997)広島県極楽寺山におけるガス状汚染物質の動態とマツ・広葉樹の樹木活力度との相関関係. 環境科学会誌, 10(1):1-10.
- 中根周歩(1992)酸性雨等による樹木衰退現象の実態/広島のマツ. 資源環境対策, 28(14):1340-1343.
- 中根周歩・戎 晃司(1996)樹木活力剤の効果実験(2)クロマツ苗木へのマツノザイセンチュウ接種の影響. 日林講要, 106:94.
- Nakane K., Kume A., Sakurai N. and Horikoshi T.(1997) Eco-Physiological aspect of forest decline, its present situation in Seto Inland Sea area, Japan. Proceeding of International Symposium "Forest Decline Caused by Air Pollution", p.20-25. Jpn. Sci. & Tech. Corp., Tokyo.
- 中根周歩(1998)松枯れ対策としての農薬散布. 公衆衛生, 62(1):46-49.
- 林野庁(1998)図説林業白書.228pp. 日本林業協会, 東京.
- 柴田叡式(1989)マツノマダラカミキリとスギカミキリの生態に関する比較研究. 奈良林試研報, 19:1-98.
- 滝沢幸雄(1975)マツノマダラカミキリの接種数とマツ枯損. 28回日林九州支論:155-156.
- Togashi, K.(1985)Transmission curves of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematode:Aphelenchoidsidae) from its vector, *Monochamus alternatus* (Coleoptera; Cerambycidae), to pine trees with reference to population performance. Appl. Entomo. Zool., 20:246-251.
- 遠田鴨男・真宮靖治(1972)マツノマダラカミキリの後食がマツの枯死におよぼす影響. 83回 日林論:320-322.

Suzuki K. and Kiyohara T.(1978)Influence of water stress on development of pine wilting disease caused by *Bursaphelenchus lignicolus*. Eur.J. For. Path. 8:97-107.