

広島大学総合科学部紀要Ⅳ理系編, 第25巻, 61-73ページ, 1999年12月

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 (2) 大気環境条件の異なる若齢アカマツ自然林について

岡馬 裕人*・中根 周歩*・富井 利安*・戎 晃司**

*広島大学大学院生物圏科学研究科

**イービーエス産興株式会社

Effect of feeding by *Monochamus alternatus* on pine tree vitality (2) A case of natural young Japanese red pine stands under different air pollution levels

Hiroto OKABA*, Kaneyuki NAKANE*, Toshiyasu TOMII* and Kouji EBISU**

* *The Graduate School of Biosphere 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 : Six and nine individuals of the vector (*Monochamus alternatus*) of pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* were placed into their own respective frames, which were covered with sheets of white nylon netting in order to prevent escape, for one month (June 24 to July 23, 1998) at both natural young Japanese red pine (*Pinus densiflora*) stands located at Hachihonmatsu in Higashi-Hiroshima and Fukutomi-cho in Hiroshima Pref., where the air pollution levels were different from each other. The feeding effect of the vectors on was then traced in the field during 10 months (June 1998 to March 1999). Sixty-four of 67 trees in the four frames at the both stands, into which six or nine vectors were placed, were fed on by the vectors. However, only one of these 64 died in the frame of nine vectors at Hachihonmatsu site under heavy air pollution, even though the vectors had about 4,000 nematode on average. No nematode could be found out in the most hardly fed pine tree in each frame, including dead pine tree. This suggests that the damage killing young pine trees is not caused by the feeding of vectors even in a population density of 6 - 9 individuals/25m² employed in the study, which may be extremely higher than that in the field.

Keywords : *Bursaphelenchus xylophilus*, Feeding, *Monochamus alternatus*, Natural pine stand, *Pinus densiflora*, Tree vitality

1. はじめに

「松くい虫防除特別措置法」が1977年に5年の時限立法として成立した。さらに名称を変更して「松くい虫被害対策特別措置法」として再々度継続された末に、特別法としては1997年に失効した。

1999年10月1日受付；1999年11月1日受理

しかし、その内容、性格は、「森林病虫害等防除法」を改訂して、ほぼそのまま包含する形で残り現在に至っている。

これらの法律で松枯れの原因と断定しているマツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Buhner)Nickle; 以後、ザイセンチュウとする) 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、20年以上にわたって、毎年全国のマツ林において農薬の空中散布や地上散布が実施されてきた。しかし、松枯れは終息せず依然として広がり続けている (林野庁1998)。さらに、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は得られていないうえ、この広域散布のもたらす生態系への影響 (加藤ら 1986; 彦坂ら 1990; 中根 1998) を考え合わせると事態はけして安閑としていられる状況ではない。

とりあえず、松枯れの主因がマダラカミキリの伝搬するザイセンチュウによるものなのか、またマツ林をめぐる環境要因、例えば大気汚染などの影響 (岡田 1968; 中根 1992; 松本 1998; 岡馬 1999; Kume et al. 2000) によるものなのか、今一度立ち戻って検討する必要があると思われる。

ザイセンチュウを松枯れの原因とする根拠は、多い場合で約半数の枯れたマツからザイセンチュウが検出され、健康なマツでもザイセンチュウを接種すれば、かなりの頻度でマツが枯れるという実験結果にある。ところが、松枯れの原因とするザイセンチュウを現実により得ない程多数 (何千、何万頭) を人為的に穴をあけたマツに接種したり、また、ザイセンチュウを保持している多数のマダラカミキリ (数万頭/ha) に、野外ではまず見られないほどマツを激しく後食させ、その食害によって枯らしてきたのが従来の実験であった (例: 岸 1988; 遠田・真宮 1972)。すなわち、実際の野外のマツ林で、マダラカミキリの後食に伴うザイセンチュウのマツへの伝搬と増殖による影響についての現実的で、信頼できる実験報告がなかったということで、野外の松枯れの原因がマダラカミキリの後食に伴うザイセンチュウの侵入と増殖であるとの実証はされていなかったと言える。

ところが、より現実的な実験として行った、苗木を用いたザイセンチュウ500頭以下の接種実験やマダラカミキリの放虫実験 (800~2,400頭/ha) では枯死が発生しなかったことが報告されている (中根・戎1996, 1998a)。さらに、若齢のアカマツ自然林での同様な放虫実験 (2,400頭/ha) でもマツの枯死への影響は見られなかった (中根・戎 1998b)。

本研究は、実際に、野外でマダラカミキリの後食によって、ザイセンチュウがマツに侵入し、増殖し、マツを枯らす現象が発生するのは、マツの生育環境が悪化し、マツの活力が低下したマツ林である可能性を実験的に検証することを試みたものである。具体的には、松枯れの激害地で、大気汚染が進行し、マツの成育も悪く、活力の乏しいと思われるアカマツ林と比較的大気が清浄な松枯れの軽害地で、成育の良好なアカマツ林において、それぞれマダラカミキリの個体密度を変えて放虫し、その影響を比較検討することを試みた。

2. 実験地

実験地は、東広島市八本松町飯田の山陽自動車道に隣接した伐採地 (八本松町地区) と広島県賀茂郡福富町久芳 (福富町地区) の伐採地において、それぞれ再生したアカマツ自然林である。八本松、福富の両実験地区は賀茂台地に位置し、八本松町地区 (標高310m) の北東約10km離れたところに福富町地区 (標高340m) がある。

この地域の過去10年間の年平均気温は12.8~14.6℃、その平均値は13.5℃で、年降水量は860~1,881mm、その平均値は1,522mmである。母岩は両地区とも花崗岩で、土壌はマサと呼ばれる未成

熟褐色森林土壌である。両地区とも地形は平坦である。

両地区ともアカマツ林伐採後のアカマツ自然再生林で、樹齢は5～8年である。しかし、八本松町地区は、周辺の樹齢40～60年生マツがこの10年間の松枯れの進行でほぼ全滅している、松枯れ激

写真1 実験林分及び実験風景

A：実験林分とその周辺のマツ林の状況

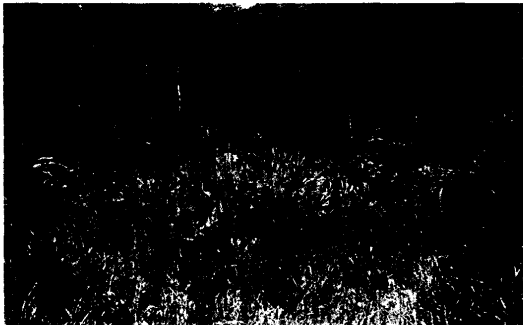


(A-1)八本松町地区 (周辺のアカマツ壮齢林は松枯れでほぼ全滅している)



(A-2)福富町地区 (周辺の林分は伐採されていて見られないが、残存マツ林に松枯れが進行し始めている)

B：ハウスを設置する直前の実験林の状況



(B-1)八本松町地区 (若齢のマツの生育、特に伸長成長が良くない)



(B-2)福富町地区 (若齢のマツの生育が正常と思われる)

C：実験ハウスの風景



(C-1)八本松町地区 (マダラカミキリ9頭放虫区)



(C-2)福富町地区 (6頭放虫区)

害地であり(写真1.A-1)、しかも再生マツの成育は良くない(写真1.B-1)。これに対して、福富町地区は最近周辺の成熟マツ林に枯れが見られるようになった松枯れ軽害地である(写真1.A-2)。しかし、再生マツの成育は八本松町区より明らかに良く、葉の光沢やヤニの分泌などから活力が比較的高いことがうかがえる(写真1.B-2)。

実験・調査期間は1998年6月～12月と1999年3月であった。

3. 実験方法

3.1 実験区の設定とマダラカミキリの放虫

東広島市の八本松町地区と賀茂郡の福富町地区のそれぞれに、アカマツ若齢林を覆うハウス2.5m(幅)×10m(奥行き)×3.0m(高さ)を、1998年6月11日に3棟ずつの3区画(A～C)を設置した。1998年6月13～18日に、森林総合研究所九州支所が宮崎県及び大分県内のマツ林で捕捉したマダラカミキリを6月23日に受取り、東広島に搬送した。そして、これらマダラカミキリを翌6月24日の早朝、両地区のA区にそれぞれ9頭ずつ、B区に6頭ずつ放虫し、C区は対照区で無放虫とした。

この放虫の1週間前に、両地区の3区画でマツの樹高(>150cm)と一割高直径を測定した後、ハウスを1mmメッシュの寒冷紗で覆った(写真1.C-1、C-2)。その際、放虫したマダラカミキリがハウスから逃げないように、寒冷紗のスカートは地表面に鋏で綿密に固定した。

放虫したマダラカミキリは、1か月後(7月23日)回収し、雌雄を確認した後、ザイセンチュウ保持頭数の確認を行った。

マダラカミキリ回収後、無放虫区のC区は寒冷紗を撤去したが、AとB区についてはさらにその後1か月間(～8月31日)、寒冷紗をそのまま設置し、野外のマダラカミキリの後食を避けた。

3.2 環境要因の測定

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)を用いて10分間隔で測定した。また、大気汚染の指標として、NO₂濃度を簡易長期暴露法(平野ら1991)で両実験地区で1か月単位で、6月24日～8月24日の2か月間測定した。

3.3 マダラカミキリのザイセンチュウ保持頭数の確認

放虫実験開始直後(6月24～25日)、放虫しなかったマダラカミキリ30頭をベールマン法でザイセンチュウの保持頭数を確認した。また、7月24～26日に放虫実験後回収したマダラカミキリ及び対照の放虫しなかった別のマダラカミキリ(30頭)も同じベールマン法でザイセンチュウ保持頭数を調べた。この放虫しなかったマダラカミキリの飼育は、透明の蓋付きのトレイに換気孔を開け、その中にアカマツの1年枝と共に1頭ずつ入れ、室温を約25℃に制御した部屋に保管した。その際、マツの枝を3日に一度交換した。

3.4 マダラカミキリによる後食部の確認、食害度の調査

1998年6月、八本松町地区と福富町地区において、実験ハウス(A～C区)に寒冷紗を設置する際、ハウス内の実験木にマダラカミキリによる後食が無いことを確認した。7月25日、AとB区ではマダラカミキリを回収し、寒冷紗はその後1か月間設置し続けたが、C区(無放虫区)においては、マダラカミキリによる後食が無いことを再確認し、寒冷紗を撤去した。9月2～5日、八本松町地区と福富町地区において、A～C区内の全マツ木について、マダラカミキリの後食の有無、後食箇所

数、後食の面積を調査した。さらに、後食による枯死の確認を1998年12月と1999年3月に行った。また、1999年3月に各区(A~B)で最も後食の被害を受けたマツ木を伐倒し、幹の頂部、中部、下部(根元)及び上部、中部、下部の枝など、十数か所から木片を採取し、ザイセンチュウの有無をバールマン法で確認した。また、枯死したマツも同様にしてザイセンチュウの有無を確認した。

4. 結 果

4.1 環境要因

表1に両実験地区のハウス内外の気温及び湿度を示す。放虫実験中の気温は八本松町地区と福富町地区ではハウス内の平均気温では全く差異はなく、ハウス外でも平均で0.3℃の差異しか認められなかった。10分単位で測定された気温の経時的変化でも、ハウスの内外、実験地区間の差異は1~2℃以内にとどまった。

相対湿度においても、ハウス内は平均値で八本松町地区が87.8%、福富町地区が87.7%で、さらにその放虫期間中の経時的変化における差異も1~3%程度であったから、相対湿度にほとんど両地区間には差異はなかったと言える。また、ハウス外では平均値で八本松町地区が88.4%、福富町地区が91.2%で3%弱の差はあったが、マダラカミキリの行動に影響を及ぼす程の差異とは認められない。したがって、ハウス内外及び実験地区間の温度、湿度環境の差異はわずかで、無視できるほどのものであったと評価できる。

また、大気汚染の指標の一つとして、表2に放虫実験期間を含む2か月間のNO₂濃度を示す。NO₂濃度の2か月間の平均値が八本松町地区で20.2ppb、福富町地区で5.6ppbであり、高速道路の山陽道に隣接する八本松町地区が、汚染源の少ない中山間地である福富町地区の約4倍の大気汚染度であることが認められた。当然、マツ葉への葉上降下物質の付着量も八本松町地区でははるかに多いことが推測される(中根1992)。

表1. 放虫実験を行った八本松町地区と福富町地区における実験ハウス内外の気象(温度・湿度)条件(1998年6月~8月)

	八本松町地区		福富町地区	
	平均	範囲	平均	範囲
ハウス内				
温度(℃)	24.8	(15.9~37.6)	24.8	(16.2~39.8)
相対湿度(%)	87.8	(36.0~99.0)	87.7	(34.0~99.0)
ハウス外				
温度(℃)	24.6	(15.7~36.3)	24.3	(16.6~38.1)
相対湿度(%)	88.4	(40.0~99.0)	91.2	(41.0~99.0)

4.2 実験区の林分状況

表3に実験区の林分状況を示す。実験ハウス(25m²)における、樹高150cm以上のアカマツ個体数密度は福富町地区(5,200~7,200本/ha)が八本松町地区(6,400~7,600本/ha)よりやや低い傾向が見られるが、一割高直径は両地区に差異はほとんど見られない。しかし、樹高については有意

に福富町地区で高く (t検定: $p < 0.05$)、福富町地区でアカマツの伸長成長が良いことが窺える。

一方、各地区内におけるA～C区間で比較すると、両地区ともA区がアカマツの個体数及び一割高直径において優っている傾向が見られるが、樹高については各区間に差異は見られない。

以上、福富町地区が全体として樹高が高い傾向が見られること以外に、個体密度、一割高直径など両地区間に林分状況に有意な差異はない。

4.3 ザイセンチュウの保持頭数

表4にマダラカミキリのザイセンチュウ保持頭数を示す。放虫直後の保持頭数は、30頭中80%の保持率で、その保持数の範囲は200～11,336頭で、平均4,054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、マダラカミキリの雌雄別のザイセンチュウの保持頭数では、雄で14頭が保持しており、88%の保持率でその平均保持頭数は4,570頭に対して、雌で10頭が保持しており、71%保持率で平均3,331頭の保持であった。ザイセンチュウ保持率、保持頭数とも雄の方がやや増さっていた。

後食実験後、7月23日に回収したマダラカミキリ19頭 (雄10雌9) では89%の保持率で、その保持頭数の範囲は150～2,200頭、平均は775頭で、マツを後食していた1か月間で約3,300頭減少したと考えられる。さらに、放虫後回収されたマダラカミキリの雌雄間のザイセンチュウ保持頭数では、

雄は9頭が保持して、90%の保持率で平均574頭に対して、雌は8頭が保持して、89%の保持率で平均1,002頭であった。すなわち、保持率には雌雄間に差はないが、保持頭数は雌が雄の約2倍多かった。

一方、放虫しなかったマダラカミキリの1か月後のザイセンチュウ保持率は、83%で、その保持頭数の範囲は50～651頭、平均は294頭であった。また、雌雄別

表2. 放虫実験を行った八本松町地区と福富町地区における大気中 (地上3m) の平均NO₂濃度 (1998年6月～8月)

	八本松町地区 (ppb)	福富町地区 (ppb)
6-7月	18.2	5.0
7-8月	22.1	6.2

表3. 八本松町地区及び福富町地区の放虫実験区 (ハウス) のアカマツ若齢 (5～8年生) 自然林の林分状況

実験区	本数 (/25m ²)	一割高直径 (mm)		樹高 (cm)	
		平均	(範囲)	平均	(範囲)
八本松町 地区	A	19	38.2 (19.9～54.4)	203	(150～249)
	B	16	29.7 (11.7～61.7)	200	(150～260)
	C	16	30.4 (16.6～66.0)	223	(168～285)
福富町 地区	A	18	40.9 (15.9～64.5)	254	(195～345)
	B	14	30.5 (15.8～60.5)	226	(155～359)
	C	15	32.3 (8.3～72.2)	225	(158～367)

A: 9頭放虫区、B: 6頭放虫区、C: 0頭放虫区。

表4. 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
放虫前	30 (6) <雄16雌14>	200~11,316	4,054
放虫後 回収	19 (2) <雄10雌9>	150~2,200	775

【内訳】			
八本松町 A	6 (1)	300~2,200	878
B	4 (0)	150~916	401
福富町 A	5 (0)	200~1,600	823
B	4 (1)	694~1,611	1,026

対照	30 (5) <雄15雌15>	50~651	294

*:()の中の数字はマダラカミキリ頭数のうちザイセンチュウ無保持頭数。

にみると、雄の13頭(87%の保持率)がザイセンチュウを保持し、その平均頭数は289頭であったのに対して、雌は12頭(80%)が保持し、保持頭数の平均は299頭で、雌雄間には有意な差異はみられなかった(t検定、 $p>0.05$)。

実際に野外の林分に1か月間放虫したマダラカミキリのザイセンチュウ保持率は放虫しなかったマダラカミキリのそれとは有意な差はないが、保持頭数は野外に放虫したマダラカミキリ(雌雄平均、775頭)の方が放虫しなかったもの(同、294頭)より約2.6倍多かった。

4.4 後食の程度、枯死の有無及びザイセンチュウの有無

表5が示すように、6と9頭マダラカミキリを放虫した実験区(AとB区)の樹高150cm以上のマツ木67本のうち、64本(95.5%)に後食痕が見られた。放虫頭数の増大に伴って被後食本数は増大するが、その程度も大きくなった。また、後食が著しい場合には、枝の先端部の脱落さえ見られた。上記の後食の状況を写真2に示す。放虫0頭区(C区)の対照区においても、若干の後食痕が見られた。これは、C区では寒冷紗を7月に撤去したので、9月の後食程度調査までの約1か月間に、野外のマダラカミキリによるものと思われる。その後食程度は放虫区(AとB区)と比較して、八本松地区では箇所数、面積の比率は、それぞれ約1/30、1/60、福富町地区で約1/35、1/110に過ぎなかった。

図1Aに9頭放虫区(A区)における後食箇所数クラス別(5か所刻み)の頻度分布を、図1Bに6頭放虫区(B区)の頻度分布を示す。さらに、図2.AにA区の後食面積クラス別(5cm²刻み)の頻度分布を、図2.BにB区の頻度分布を示す。

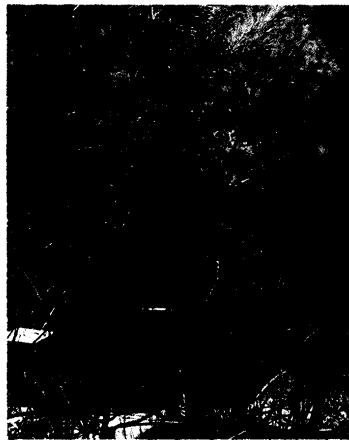
これらから、放虫した実験区においてはかなりの後食が見られるが、9頭区では、後食箇所数クラスI(0)のものはないが、クラスII(1~5)のものが最も多く、後食箇所数が多いクラスになるに当たって頻度が減少する傾向にある。これは、八本松町地区に、より典型的に見られる傾向

表5. 放虫実験を行った各区(ハウス)における若齢(5~8年生)アカマツ自然林の後食程度、及びその影響と枯死の有無

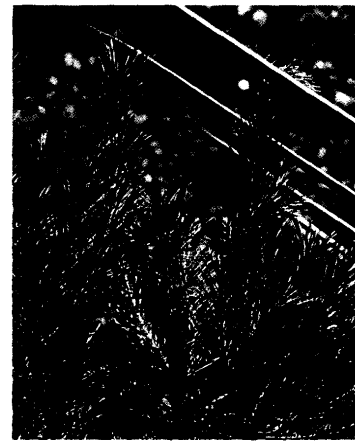
実験区	(放虫頭数)	全本数	後食	枯死	後食箇所数 平均* (範囲)	後食面積(cm ²) 平均* (範囲)
			本数/ハウス(%)			
八本松 町地区	A区(9頭)	19	19(100)	1(5)	11 (1~33)	27 (1~73)
	B区(6頭)	16	15(94)	0(0)	14 (1~55)	30 (1~72)
	C区(0頭)	16	1(6)	0(0)	7 (7)	8 (8)
福富町 地区	A区(9頭)	18	18(100)	0(0)	13 (1~65)	21 (1~90)
	B区(6頭)	14	12(92)	0(0)	14 (6~28)	20 (4~36)
	C区(0頭)	15	3(25)	0(0)	2 (1~3)	1 (1)

* : (後食箇所数, 面積) / 後食を受けたマツ本数

写真2. マツノマダラカミキリによる後食の被害



A: 放虫実験区でのアカマツ個体の頂部枯死。しかしこれらの個体は生存した。

(A-1)
八本松町地区
(9頭放虫区)

(A-2)

福富町地区(6頭放虫区)。



B: Aにおける頂部枯死したアカマツ個体のその下部における後食痕。幹の周囲が完全に後食され、樹皮と維管束が完全に破壊されている。

(B-1)
八本松町地区
(9頭放虫区)

(B-2)

福富町地区(6頭放虫区)。

であるが、福富町地区でも共通して見られる。

一方、6頭区では、両地区ともに後食箇所数クラスⅠ(0)のものも見られるが、八本松町区ではクラスⅡ(1~5)のものが最も多いのに対して、福富町区ではクラスⅡ(1~5)のものが見られない代わりにクラスⅢ(6~10)の頻度が最も多く、後食箇所数が多いクラスになるにしたがい頻度は減少し、クラスⅥ、Ⅶ(31以上)のものは見られなくなっている。八本松町区では6頭区は全体に分布が少し分散傾向はあるものの9頭区とはほぼ同じ傾向が見られる。

また、後食面積クラス別分布において、9頭区では、八本松町地区でクラスⅡ(1~5)とⅦ(41以上)の頻度が最も多く、全体的に分散傾向にある。福富町地区ではクラスⅡの頻度が最も多いが、全体的な分散傾向は共通している。

さらに、6頭区では、八本松町地区では後食面積クラスⅦ(41以上)の頻度が最も多いが、クラスⅤ(21~40)のものは見られない、また福富町区ではクラスⅥ(31~40)の頻度が最も多く、クラスⅤ(21~30)やⅦ(41以上)は見られないといった、ある面積の範囲のクラスに集中する傾向が共通して見られた。

これらのことから、9頭区では後食箇所数は少ないものが多いが、その面積は大きいものもかな

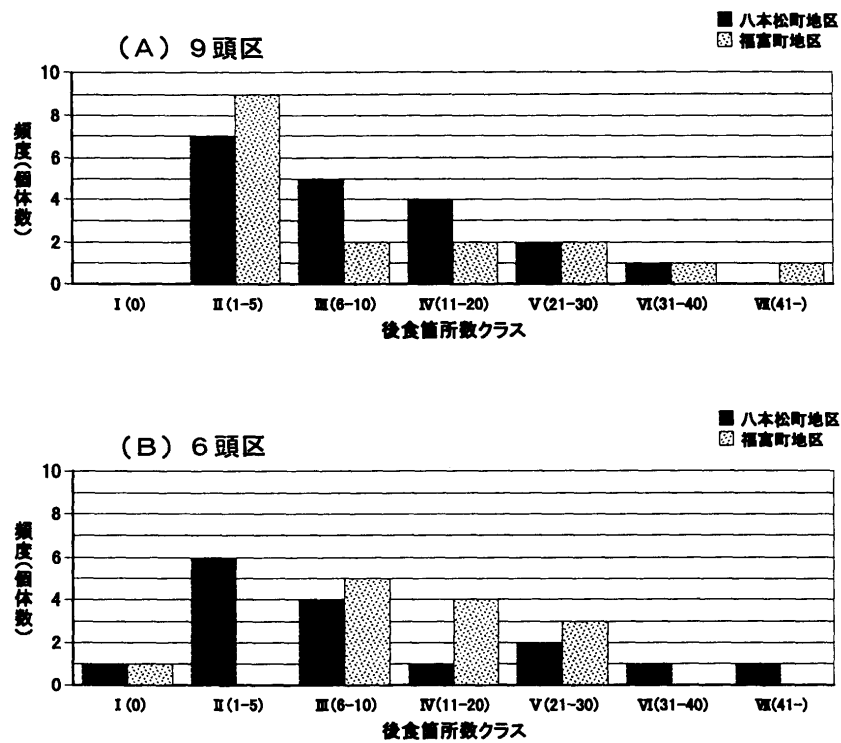


図1 八本松町地区及び福富町地区における放虫実験区での後食箇所数クラス別の頻度分布
A: 9頭放虫区、B: 6頭放虫区。*: ()内はクラス毎の後食箇所数の範囲

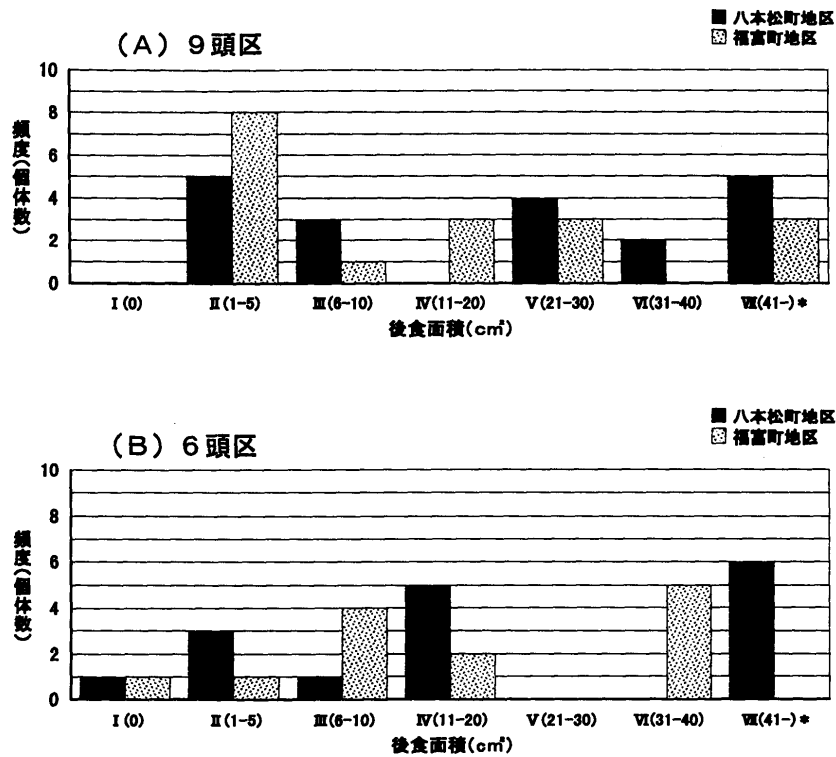


図2 八本松町地区及び福富町地区における放虫実験区での後食面積クラス別の頻度分布
A: 9頭放虫区、B: 6頭放虫区。*: () 内はクラス毎の後食面積の範囲

り見られ、その傾向は八本松町地区に、より顕著に見られる。一方、6頭区では後食箇所数も面積も中クラスの頻度が高いという傾向があり、その傾向は福富町地区に、より顕著に見られる。

以上、9頭区では後食の激しいものも多く見られが、6頭区では平均的に後食されている傾向が見られた。

枯死にまで至ったのは八本松町区の9頭放虫区の1本のみであった。その他のマツは、後食によるダメージを一時的には受けていたが、その後枯死には至らなかった。

また、両地区の樹高150cm未満のマツでは、後食も少なく枯死したものも認められなかった。

放虫区で最も後食面積の大きかったマツ個体(全て生存)から採取した木片からは、ザイセンチュウを検出することはできなかった。

また、八本松町地区のA区でのみ枯死した1本は、後食面積が2番目に大きいものであったが、これからはザイセンチュウを検出できなかった。

5. 考 察

5.1 実験区の林分状況と大気環境

今回の実験に供用した5~8年生アカマツ林は、個体密度(14~19/25m²)が東広島市周辺に分

布している、3～5年生アカマツ林(24～55本/25m²) (中根・戎 1998a) よりも低い、林齢がやや高いことや、樹高が150cm以下は除外していることなどを考慮すると、ほぼ一般的な若齢林と見なせる。

また、八本松町地区と福富町地区の林分比較において、個体密度や一割高直径はほぼ同様であるが、樹高が有意に福富町地区で高いことが相違している。すなわち、福富町地区のアカマツ林の方が伸長成長が良いことを示唆している。温度、湿度環境、及び地形、土壌タイプなどの土壌環境がほぼ類似していることから、他の要因、具体的にはNO₂濃度に見られる大気汚染程度の違いが影響を及ぼしている可能性がある。Suzuki et al. (1999)は今回の両地区の実験区に隣接する林分で、アカマツの光合成、蒸散速度を定期的に測定しているが、八本松町地区ではこれらの生理活性が著しく低下していることを指摘している。

したがって、八本松地区は成育が比較的悪く、樹木の活力が低下している林分であり、これに対して、福富町地区は比較的健全な林分と見なすことができる。

また、両地区でのA～Cの3つの実験区間の林分状況や樹木活力度には大きな差異は無かったと考えられる。

5.2 マダラカミキリの個体密度、ザイセンチュウの保持頭数

マダラカミキリーザイセンチュウの松枯れへの影響を実際の野外で、ザイセンチュウを保持しているマダラカミキリを放虫するという、自然の現象を再現して、評価しようと試みたが、今回のマダラカミキリ放虫頭数は、面積あたりに換算した場合、A区の9頭区で3,600頭/ha、B区の6頭区で2,400頭/haに相当する。すなわち、平均約4,000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放虫した実験ということになる(岸 1988; 柴田 1989)。これは、今まで報告されている松枯れ激害林分での高い個体群密度(1,000～2,000頭/ha)(柴田 1989)より、さらに高い密度である。実際、八本松地区での対照区としての0頭区の後食箇所数や後食面積の30～60倍の後食量が放虫区で観察されたことから推察できる。単純に後食程度の比率から換算すると、自然のマダラカミキリの生息頭数に対して、今回の実験に用いた頭数は30～60倍ということになる。

マダラカミキリが保持するザイセンチュウの頭数は、実験開始時で平均約4,000頭で、これが1か月間の放虫によって1,000頭弱に減少したわけである。すなわち、平均約3,000頭が1か月の放虫期間にマダラカミキリから離脱したと推測できる。これに対して、放虫しなかったマダラカミキリの1か月後の保持頭数は平均約300頭であるから、さらに約700頭多く離脱したことになる。放虫しなかった場合、後食のマツ枝は切断して枯死したもので、ザイセンチュウの移行・侵入が容易であった可能性がある(二井 1987)。しかし、この点についてはマダラカミキリの置かれた成育環境条件が両者では大きく異なるので、これらが寄生しているザイセンチュウにどのように影響しているかを合わせて考慮しなければならないであろう。

一方、後食を最も激しく受けたマツ個体からザイセンチュウが検出されなかったことは、少なくともこれらの個体ですら、ザイセンチュウの侵入・増殖の過程が進行しなかったことを示唆している。また、枯死した八本松地区のA区の1個体は2番目に後食被害が大きかった個体であった。しかし、この個体からもザイセンチュウが検出できなかったことは、この個体の枯死がザイセンチュウの侵入・増殖というよりも、樹体の頂部と共に中層部の幹までが後食で樹皮や維管束組織が破壊されていたことから、後食による食害が原因で枯死した可能性が高い。

5.3 後食の影響

今回の放虫実験では、ザイセンチュウを平均約4,000頭保持するマダラカミキリを1ha当たり2,400~3,600頭という極めて高い個体数密度で1か月間にわたって放虫した。そして、ほとんどのマツ木(96%)が後食され、しかも後食箇所数、後食面積が対照区の30~60倍、または35~110倍に及ぶ激しさにもかかわらず、枯死した個体は、高速道路横に位置する八本松町地区の生育環境の良くない、活力の比較的弱いアカマツ林で、激しく後食を受けたうちの1本に過ぎなかった。しかも、その個体もザイセンチュウによる枯死というよりも、単なる後食の激しさによる食害死の可能性が高い。福富町地区の比較的健全なアカマツ林では、後食程度はほぼ同じながら1本の枯死も見いだせなかった。

以上の放虫実験の結果は、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構を保持していることが考えられる(二井 1987)。しかも、今回は生育の良くない、活力度の低下しているアカマツ若齢林でもザイセンチュウによる枯死が発生しなかったことは、自然の通常のマツ林においてはマダラカミキリの後食と、それによるザイセンチュウの侵入・増殖が起こる可能性は極めて低いことを示唆している。

もし、マダラカミキリの後食痕からザイセンチュウが侵入し、増殖すると仮定するならば、さらに、もっと衰弱しきったマツの場合であろう。

すなわち、マツ若齢木は通常の状態では、ザイセンチュウへの防御機構が保持され、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小さく、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しても、それはマツが大気汚染などの生育環境悪化で衰弱しきった状態で(中根 1992; 苗村ら 1997; Nakane et al. 1997; Kume et al. 2000)、ザイセンチュウへの防御機構を喪失した場合と考えられる。

こうしたことから、松枯れの対策として今後求められるのは、マツの活力度低下への対策であり、その衰弱をもたらす条件、特に大気汚染などを調査し、それに対する総合的対策を行うことが必要であると思われる。

一方、今後のマダラカミキリーザイセンチュウの松枯れへの影響評価としては、人為的に(例えば、高濃度の大气汚染物質の暴露により)マツをかなり衰弱させた上で、放虫実験を行い、どれほどの衰弱がザイセンチュウの侵入・増殖を可能するのかを明らかにすること、またはマツ壮齢林、成熟林での放虫実験を実施し、松枯れの被害が最も進行しているこれらの林齢のマツ林分での評価を行うことである。

謝 辞

本実験の実施にあたり、実験地を快く提供して下さった地元の方々には心からお礼を申し上げる。さらに、マツノマダラカミキリを提供して下さった森林総合研究所九州支所にもお礼を申し上げる。また、実験におけるハウスの設置や撤去などに協力していただいた広島大学・中根研究室の院生、周承進、林明姫両氏及びイービーエス産興の方々には感謝する。

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.
- 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.
- 平野耕一郎・前田祐行・松田啓吾(1991)拡散型長期曝露サンプラー -NO、NO₂、SO₂等測定用-. 横浜市公害研究所報, **15**:3-12.
- 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.
- Kume H., Tsuboi N., Satomura T., Nakane K., Sakurai N., Horikoshi T. and Sakugawa H.(2000)Comparison of physiological characteristics of Japanese red pine, *Pinus densiflora*, between declined and non-declined areas of Mt. Gokurakuji in Hiroshima, Japan. Tree, (in press)
- 松本文雄(1998)松枯れ白書—松枯れの主犯は大気汚染—. 254pp. 株式会社メタ・ブレーション, 東京
- 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(1998)松枯れ対策としての農薬散布. 公衆衛生, **62**(1):46-49.
- 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.
- 中根周歩・戎 晃司(1998a)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. 広島大総合科学部紀要Ⅳ理系編, **24**:27-37.
- 中根周歩・戎 晃司(1998b)マツノマダラカミキリ放虫実験(2)若齢自然再生マツ林について. 日林講要, **109**:320.
- 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.
- 岡田 剛(1968)松くい虫発生原因調査. 広島県林試報, **3**:148-150.
- 岡馬裕人(1999)松枯れに関する社会科学的側面からの考察. 広島大社会文化論集, **6**:187-229.
- 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.
- Suzuki M., Kuramoto D., Kume A., Kobayashi T. and Nakane K.(1999)Comparison of photosynthesis of *Pinus densiflora* between polluted and unpolluted areas in western Japan. Proceeding of International Symposium on Oxidants/Acidic Species and Forest Decline in East Asia. Japan Sci. Tech. Corp. Tokyo.(in press)
- 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. 日林論, **83**:320-322.