

には、捕食性昆虫による死亡を含めて空中散布実施前の個体群より大きな死亡が生じた。つまり、空中散布は6月中旬と6月下旬に行われたことから、産卵時期の異なる個体群に対して異なった作用をしたと考えられた。空中散布の開始後2年間、NAC剤は各世代の生存率に見かけ上影響を与えなかったが、このようなことが長期間の空中散布の行われた地域でも見られるかどうかは今後明らかにする必要がある。

第5章 マツノマダラカミキリ成虫の生態

産卵能力はその個体群の内的増殖力の指標として重要な意味を持つが、マツノマダラカミキリの産卵に関する研究は少ない。例えば、小さな容器で成虫を室内飼育して、受精と産卵の関係(野淵、1976)、平均産卵前期間とその変異(井戸・武田、1975)、産卵総数(越智、1969;永井・遠田、1974;井戸・武田、1975)、発育に1年を要した成虫と2年を要した成虫の産卵生態(鎌田、1986)などが調べられた。しかし、平均的な産卵曲線は1981年まで調査されなかった(TOGASHI and MAGIRA、1981)。一方、野外では産卵かみ跡の垂直分布(e.g. 竹常、1983)やマツの樹脂滲出停止時期と産卵開始時期の関係(小林ら、1971)が調査された。また、MAMIYA(1972)はマツの衰弱時期と産卵量の関係を述べた。しかし、個々の枯死木の衰弱時期とその木に対する雌成虫個体群の産卵期間の関係は不明であった。このため、雌成虫個体群が林内で次々に発生する枯死木を時間的にどのように利用しているかも不明であった。

ここでは、5年間の成虫の脱出消長をまず記載した。次に、野外条件下における産卵能力を明らかにするため、野外網室で成虫を飼育して生存曲線と産卵曲線を調査した。この時、脱出時期の異なる雌成虫の産卵能力の違いを明らかにし、その原因を考察した。そして、同じ調査を3年間継続して行い、産卵能力の年次変化とその原因および純繁殖率を示した。また、野外における雌成虫個体群の枯死木利用様式を明らかにするため、個々の枯死木への時間的産卵経過、樹幹上の産卵かみ跡の垂直分布などを調査した。最後に、枯死木あたりの産卵かみ跡数、孵化幼虫数、脱出成虫数と枯死木の衰弱時期との関係を示した。

1. 成虫の脱出消長

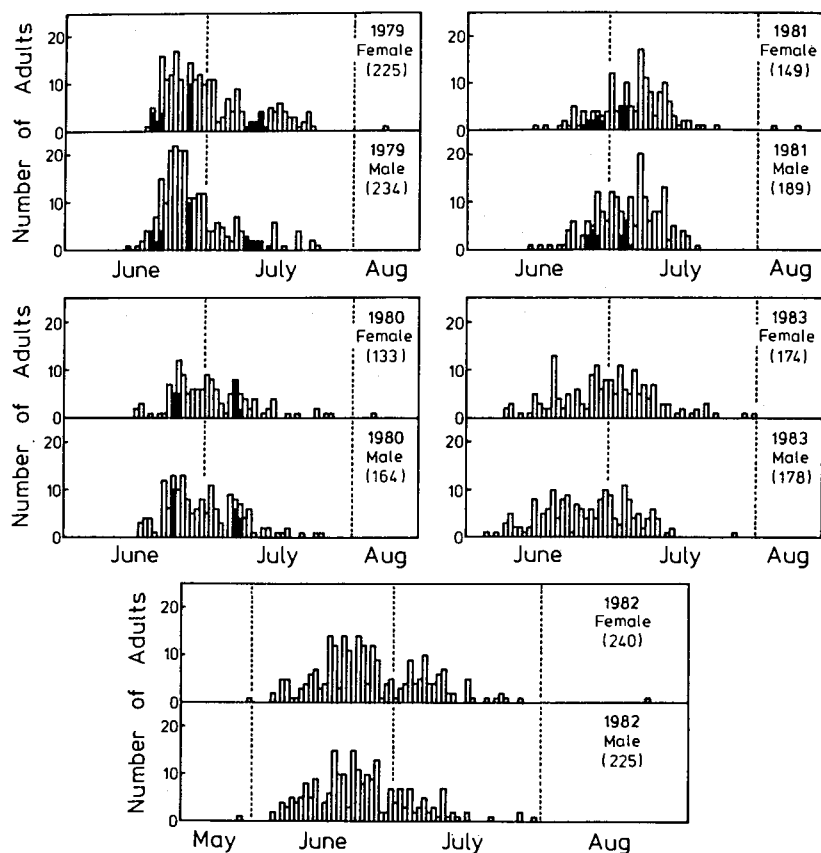
石川県羽咋郡押水町で発生したクロマツ枯死木や成虫に産卵されたアカマツ丸太を5月上旬までに野外網室に入れ、その後8月下旬まで毎日観察して脱出成虫を採集した。5年間の成虫の脱出消長を第11図に示した。それによると、6月上、中旬から成虫の脱出が始まり、6月下旬から7月上旬にピークに達した。その後7月下旬まで脱出が続いた。そして、8月上、中旬にもごく少数の脱出が見られた。脱出消長に関する雌雄差は、雄の脱出が早いことと、雌だけが8月に脱出したことであった。

2. 網室における成虫の生存と産卵

成虫の齢別生存率と齢別産卵数を調査して雌成虫の産卵能力の変異とその原因を明らかにし、純繁殖率を示した。

(1) 材料と方法

1979年に脱出消長の初期、中期、後期の成虫を、1980年に初期と後期の成虫を、1981年に初期と中期の成虫をいずれも10対ずつランダムに選び(第11図)、野外網室で飼育した。供試した成虫の



第11図 石川県におけるマツノマダラカミキリ成虫の脱出消長。図中の黒い部分はマツノマダラカミキリ成虫の齢別生存率と齢別産卵数の調査に用いた個体を表す。図中のかっこ内の数字は脱出成虫数である。

大きさは第20表に示した。1979年には各網室の雌成虫の平均脱出日の5日目から丸太を与えた。これは、最も短い産卵前期間が成虫の脱出後6日間だからであった(井戸・武田、1975)。1980、1981年には雌の平均脱出日から丸太を与えた。成虫の餌であるマツの枝や丸太を毎週取り替え、その時に各成虫の生存を調査した。雌1頭あたりの丸太数は飼育期間を通じて0.6~5.0であった。

1週間の産卵後、丸太別に産卵かみ跡数を数えた。そして、産卵かみ跡数の比較的多い丸太を各網室から1~4本選び、産卵かみ跡あたりの平均卵数(産卵割合)を調査した。また、マツの枝(成虫の餌)に産み込まれた卵数も調査した。各網室の雌成虫個体群の1週間の産卵数(E)を、全丸太上の産卵かみ跡数(S)、産卵かみ跡に対する産卵割合(α)、マツの枝に産み込まれた卵数(e)から $E = \alpha S + e$ として推定した。そして、1週間の産卵数(E)を平均生存雌数で除して雌あたり週あたりの産卵数(m_x)を推定した。

1981年の中期脱出の実験個体群では、餌交換時に1頭の雌成虫が逃げたため、寿命や生存率の計算は残った9頭の雌について行った。

(2) 結果と考察

(a) 成虫の生存曲線および死亡率曲線

各年の成虫の平均寿命を第20表に、生存曲線と死亡率(q_x)曲線を第12図に示した。雌の平均

第20表. 増殖能力を調査したマツノマダラカミキリ成虫の翅鞘の長さや寿命

性	年	脱出時期	翅鞘の長さ (mm)				寿命 (日)			
			個体数	平均値	標準偏差	範囲	個体数	平均値	標準偏差	
雌	1979	初期	10	15.7	1.4	13.6-17.8	10	65.9	28.2	
		中期	10	15.5	1.6	12.3-17.6	10	45.6	25.4	
		後期	10	15.5	1.8	12.0-17.7	10	31.2	36.6	
		全体	30	15.6	1.5	12.0-17.8	30	47.6	32.7	
	1980	初期	10	15.3	1.3	13.7-17.8	10	43.0	20.8	
		後期	10	15.4	1.6	11.9-17.5	10	45.7	25.3	
		全体	20	15.3	1.4	11.9-17.8	20	44.3	22.6	
	1981	初期	10	16.1	1.9	13.2-18.4	10	62.7	21.0	
		中期	10	14.9	1.0	13.1-16.5	9	16.3	20.1	
		全体	20	15.5	1.6	13.1-18.4	19	40.7	31.1	
	雄	1979	初期	9	14.0	1.3	12.7-16.3	10	70.1	33.0
			中期	10	14.7	1.4	12.2-17.2	10	30.9	10.8
後期			10	15.1	0.8	13.6-16.1	10	55.0	19.8	
全体			29	14.6	1.2	12.2-17.2	30	52.0	27.7	
1980	初期	10	14.1	0.2	11.0-17.1	10	37.1	24.6		
	後期	10	13.9	1.6	11.0-16.1	10	47.2	19.8		
	全体	20	14.0	1.9	11.0-17.1	20	42.1	22.4		
1981	初期	10	14.1	2.4	10.9-17.9	10	37.1	22.9		
	中期	10	12.8	2.0	10.2-16.6	10	20.5	18.6		
	全体	20	13.4	2.2	10.2-17.9	20	28.8	22.0		

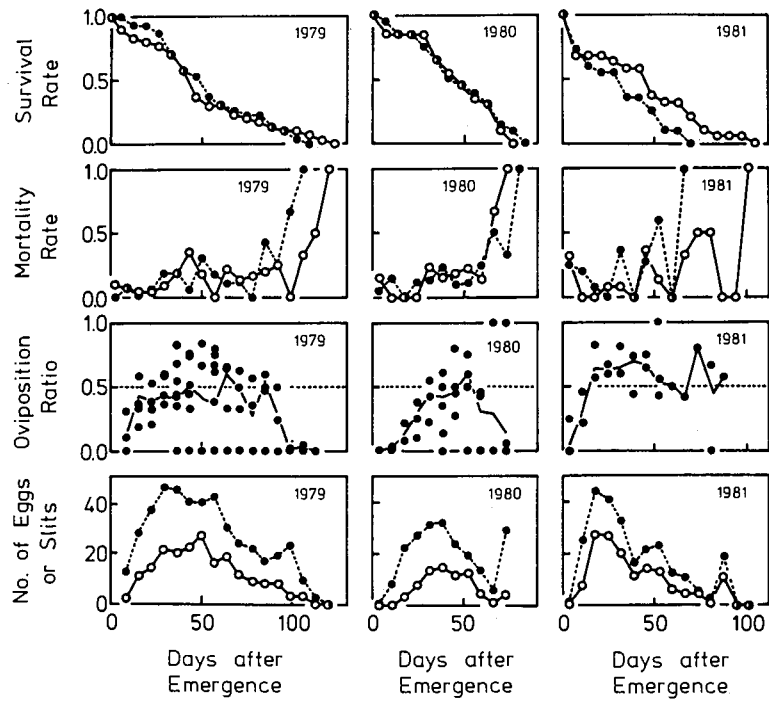
寿命は1979年に最も長く、1981年に最も短かった。雌の生存曲線はどの年も直線的であった。つまり1週間あたりの死亡数が一定で、死亡率は脱出後時間の経過とともに高くなった。雄の平均寿命の年次的違いや生存曲線の特徴は雌の場合と同様であった。

成虫の脱出時期と寿命の関係を第20表に示した。1979、1981年の雌は、脱出時期が遅いほど平均寿命が短かった。これは、脱出直後の死亡率が高いために起こった(第13図)。しかし、1980年の雌は脱出時期によって平均寿命や生存曲線の形に相違はなかった。一方、雄の脱出時期と平均寿命の間に明白な関係は見られなかった。

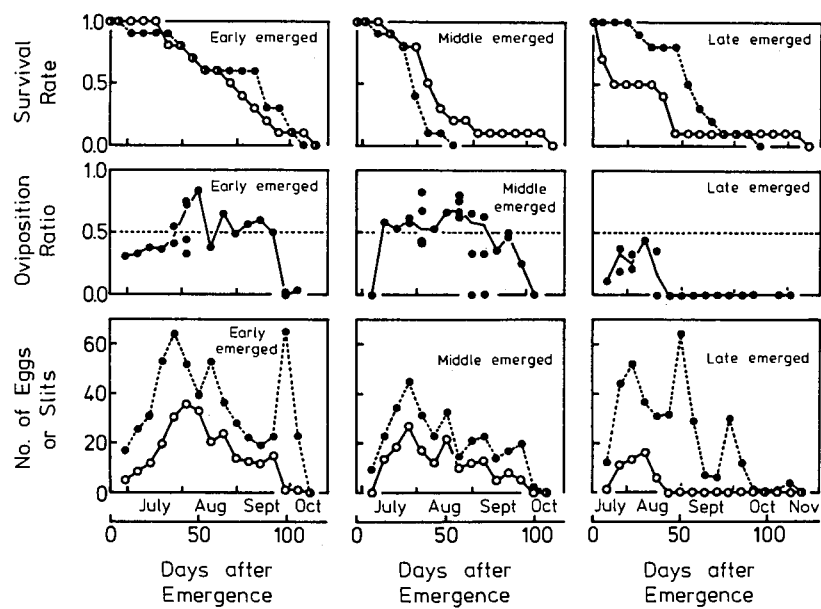
(b) 産卵割合

雌成虫は大腮で樹皮を傷つけ、そこから産卵管を挿入して樹皮下に産卵する。しかし、産卵かみ跡の中に必ずしも産卵する訳ではない。この研究で調査した3,039個の産卵かみ跡のうち、57.8%の産卵かみ跡に卵は無く、42.1%の産卵かみ跡の中に各1卵があった(第21表)。

産卵かみ跡あたりの平均卵数を産卵割合と呼ぶことにし、一生の間の産卵割合を第21表に示した。それによると、産卵割合は年によって異なった。また、産卵割合は成虫の脱出時期によっても異なり、中期脱出の雌で最も高く、後期脱出の雌で最低であった。1979、1981年の初期、中期脱出の雌



第12図 1979～1981年のマツノマダラカミキリ成虫の生存曲線（上図）、死亡率曲線（上中図）、産卵割合（下中図）、産卵かみ跡と産卵曲線（下図）。生存曲線と死亡率曲線の白丸は雌、黒丸は雄を表す。産卵割合の黒丸は長さ1mのアカマツ丸太での産卵割合を示す。産卵かみ跡と産卵曲線の白丸は雌あたり週あたりの産卵数、黒丸は雌あたり週あたりの産卵かみ跡数を表す。



第13図 初期、中期、後期に脱出したマツノマダラカミキリ成虫の生存曲線（上図）、産卵割合（中図）、産卵かみ跡と産卵曲線（下図）（1979）。生存曲線の白丸は雌、黒丸は雄を表す。産卵割合の黒丸は長さ1mのアカマツ丸太での産卵割合を示す。産卵かみ跡と産卵曲線の白丸は雌あたり週あたりの産卵数、黒丸は雌あたり週あたりの産卵かみ跡数を表す。

第21表. 脱出時期の異なるマツノマダラカミキリ雌成虫個体群の産卵かみ跡内の卵数の頻度分布、産卵割合、産卵能力、平均産卵数および純繁殖率 (R_0)

年	脱出時期	産卵かみ跡の調査数	産卵かみ跡内の卵数				産卵割合	産卵能力 (Σm_x)	平均産卵数 ($\Sigma l_x m_x$)	純繁殖 ^a 率 (R_0)
			0	1	2	3 ≤				
1979	初期	856	454	401	1	0	0.471	243.7	157.3	—
	中期	504	240	264	0	0	0.524	162.2	78.0	—
	後期	482	413	69	0	0	0.143	47.2	23.5	—
	全体	1,842	1,107	734	1	0	0.400	190.2	86.2	10.3
1980	初期	256	171	85	0	0	0.332	62.9	34.8	—
	後期	275	198	77	0	0	0.280	82.6	47.3	—
	全体	531	369	162	0	0	0.305	72.8	41.0	4.9
1981	初期	493	219	274	0	0	0.556	148.0	117.8	—
	中期	173	63	110	0	0	0.636	108.8	28.8	—
	全体	666	282	384	0	0	0.577	147.5	75.9	9.1
全体		3,039	1,758	1,280	1	0	0.422	—	—	—

* : 性比は 0.482、成虫脱出までの生存率は0.2487として計算した (第4章)。

成虫の産卵割合は、野外個体群のその値、例えば0.52 (永井・遠田, 1974) や0.622~0.696 (越智・片桐, 1979) に、また、1980年の初期脱出の雌成虫の産卵割合は、クロマツ林の野外個体群での値0.34~0.41 (本章3の結果と考察(c)) に近似していた。

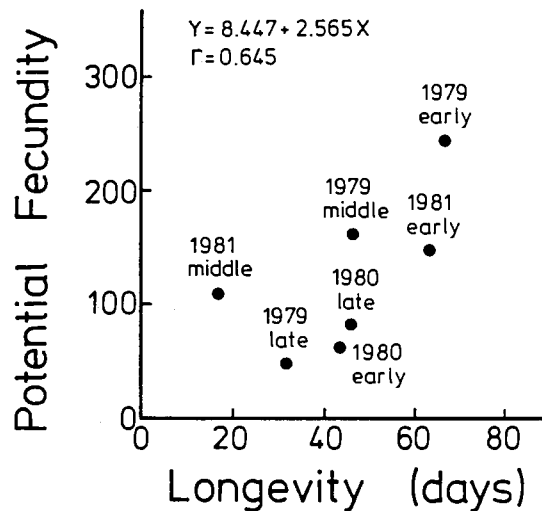
齢別産卵割合の曲線には共通のパターンがあり、脱出直後の産卵割合は0.0だが、それから1、2週間に増加し、その後0.5~0.7のあたりで安定した (第12、13図)。そして、最後の雌成虫が死ぬ2週間前から産卵割合の値は急速に減少した。この減少は成虫の老化のために起こったと考えられる。

(c) 産卵曲線と平均産卵数

各年の雌成虫の産卵曲線と齢別産卵かみ跡数を第12図に、1979年の各調査個体群のそれらを第13図に示した。どの場合も、脱出の1~2週後に雌は産卵し始めた。1979、1981年の産卵曲線は1山型であり、明瞭なピークが認められた (第12図)。そして、ピークの時期は中期、後期脱出の雌個体群より初期脱出の雌個体群で遅くなっていた (第13図)。一方、1980年の雌成虫の産卵曲線は台形型で、成虫の脱出時期にかかわらず、脱出後31.5~52.5日の期間に産卵が多かった。

1雌の産卵能力は Σm_x によって表される。なぜなら、この値は、成虫が死亡しない場合の1雌成虫の総産卵数だからである。各調査個体群の Σm_x を第21表に示した。最大の産卵能力は1979年の初期脱出個体群の243.7で、個体飼育された雌成虫の最高産卵数、例えば、184 (越智, 1969)、202 (井戸・武田, 1975)、215 (永井・遠田, 1974) に近い値であった。

1980年の雌の産卵能力は1979年と1981年の雌より小さかった。これは、1979、1981年に比較して、1980年の週あたりの産卵数が脱出後ゆっくりと増加し、しかもその最大値が低かったために起こった (第12図)。雌の大きさ (第20表)、丸太の大きさ、1雌あたりの丸太数は、3年間で違いがなかった。



第14図 雌成虫の平均寿命と産卵能力の関係。

た。しかし、7月の降雨量1mm以上の降雨日数は大きく異なった。1980年の降雨日数(21日)は、1979年(11日)、1981年(8日)の1.9~2.6倍であり、それに関連して平均気温も平年より低く、その低温は8月下旬まで続いた。

気温と産卵前期間の間に双曲線的な関係がある(岩崎・竹谷、1980)ので、低温多雨の気象条件が雌成虫の摂食活動を通して、あるいは直接的に卵の発育を遅らせたり、産卵活動を抑えたために、1980年の雌の産卵能力が低くなったと考えられた。

産卵数の変異について、越智(1969)は、雌成虫の体サイズと産卵数は相関すると述べた。一方、永井・遠田(1974)は、雌体重と産卵数の間に相関はなく、寿命と産卵数が相関すると述べた。この実験に用いた7個体群間の雌の大きさ(翅鞘の長さ)には差がなかった(一元配置の分散分析、 $F_0 = 0.61$ 、 $P > 0.05$)ので、越智(1969)の結果とは一致しなかった。これに対して、雌成虫の平均寿命と産卵能力の間には正の相関関係が認められた($0.1 < P < 0.2$) (第14図)。

1979年と1981年の7月は低温多雨でなかった。このような年には、脱出時期の遅い雌ほど、産卵能力や平均産卵数が少なかった(第21表)。この原因について、1979年の実験個体群が示唆を与えた。1979年の後期脱出個体群の最後の生残雌は不妊であったが、生存中、常に産卵かみ跡を形成した。従って、多くの不妊雌が個体群の中に含まれると、その分だけ産卵割合の値は低くなる。産卵割合は、はじめ未成熟のために小さく、後には老化の結果として再び小さくなる。そこで、成熟後から老化前までの期間を見ると(第22表)、初期と中期に脱出した雌の産卵割合はほぼ同じ値で、その個体群で最後に死んだ雌も一生産卵した。それ故、その値(平均値は0.539)は妊性のある雌の産卵割合とみなすことができる。不妊雌は産卵しないので、産卵割合の値は0.0である。今、不妊雌の割合を f_s で表すと、後期の雌成虫の産卵割合は次のように表すことができる。

$$0.539(1 - f_s) = 0.309$$

$$f_s = 0.427$$

つまり、約40%の雌が不妊であると推定された。産卵能力は妊性のある雌と不妊の雌を共に含む平均的な雌の生態学的なパラメータであるので、後期に脱出した妊性のある雌の産卵能力(Σm_x)は次の式を満たさねばならない。

第22表. 雌成虫の未成熟な期間と老化後の期間を除いた場合の平均産卵割合 (1979年)

脱出時期	調査期間	平均雌数	産卵かみ跡数	産卵数	産卵割合
初期	7月2日 - 9月24日	6.2	755	397	0.526
中期	7月9日 - 9月24日	4.3	463	259	0.559
後期	7月23日 - 8月13日	5.0	162	50	0.309

後期脱出の雌成虫の場合、1頭の不妊雌だけが生存した期間を除いた。

$$\Sigma (1 - f_s) m_x = 47.2$$

不妊雌の割合が一定だと仮定すると、妊性雌の産卵能力は82.4と推定された。後期に脱出した妊性雌が産卵を終えたのは脱出の40日後であった。初期と中期脱出の雌の脱出後40日までの産卵能力はそれぞれ75.7と75.6で、後期脱出の妊性雌のそれとほぼ同じ値であった。従って、後期脱出の雌の産卵能力の低下は、不妊雌の存在と妊性雌の比較的早い死亡によって起こったと考えられた。1980年と1981年に不妊の雌がいたかどうかは不明であった。

遠田・野淵 (1970) は、本種の卵巣小管に昆虫寄生性のセンチウが寄生した場合、卵形成が著しく阻害されると報告した。しかし、この実験ではセンチウの寄生を調査しなかった。寄生性センチウが後期脱出の雌個体群の不妊性に関係するかどうかは、今後に残された問題である。

1雌によって実現される産卵数 (平均産卵数) は齢別生存率 (l_x) と齢別産卵数 (m_x) の積の総和 ($\Sigma l_x m_x$) であり、その値を第21表に示した。1980年の雌の平均産卵数は、1979、1981年の雌の約 $\frac{1}{2}$ であった。脱出時期の異なる雌の平均産卵数を比較すると、遅く脱出した雌ほど平均産卵数は少なかった。これは、脱出時期の遅い雌の産卵能力の低下に加えて、脱出直後の死亡率が早期脱出の雌より高く、平均寿命も短いことによって引き起こされた。

(d) 純繁殖率 (R_0)

純繁殖率 (R_0) は、1頭の雌成虫が次世代に残す雌成虫数であり、 $R_0 = (\text{卵から成虫脱出時までの生存率}) \times (\text{性比}) \times (1 \text{ 雌成虫あたりの平均産卵数})$ によって計算される。

脱出時期が異なると、雌成虫の生存曲線と産卵曲線は異なる (本章2の結果と考察(c))。また、卵から成虫脱出時までの生存率は、産卵される時期によって異なる (第4章)。しかし、雌成虫の脱出時期や日齢によって、その仔の生存率が変化するかどうかは不明である。それ故、各年の全実験個体群の平均産卵数 ($\Sigma l_x m_x$) を使って、純繁殖率を計算するのが適当だと考えられた。そこで、平年的な気象条件下の平均産卵数76~86と低温多雨な気象条件下の平均産卵数41 (第21表)、枯死木における卵から成虫脱出時までの生存率0.249 (第17表)、5年間の脱出成虫の性比 (雌の割合) の平均値0.482 (921頭/1,911頭) (第11図) を用いて純繁殖率を計算すると、平年的な夏の場合9.1~10.3、低温多雨の夏の場合4.9と推定された。

3. 野外における成虫の産卵

雌成虫個体群の枯死木利用様式を明らかにするため、個々の枯死木への時間的産卵経過や産卵かみ跡の垂直分布などを調査した。また、枯死木あたりの産卵かみ跡数、孵化幼虫数、脱出成虫数と枯死木の衰弱時期との関係を示した。

(1) 材料と方法

3種の個体群動態を調査したクロマツ林で、全立木の樹脂滲出をピストル型ホッチキスによって毎月調査した。この時、樹脂滲出量の少ないマツの幹に、10cm×10cmの枠を上から下に10個描いた。枠は、地上1～2mの範囲に、黒いマジックインクで描いた。枠内の産卵かみ跡数を毎週調査し、その増加数を記録した。9月末から、大部分の葉が変色したマツを伐り倒した。すべての枝を幹から切り取り、産卵かみ跡を数えた。幹を地際から切って1mずつの丸太にした。伐倒日に丸太を石川県林業試験場へ運び、その正確な長さで中央径を測り、産卵かみ跡を数えた。一部の丸太で産卵割合と孵化率を調査し、残りの丸太を伐倒後1週間以内に押水町の調査林分に運び、林内に置いた。産卵割合や孵化率の調査は第4章3の材料と方法に述べた。

第23表. 衰弱時期別の枯死木における産卵かみ跡数、産卵割合、脱出成虫数

マツの衰弱 し始めた 月 年	枯死 木数	産卵かみ 跡のある 枯死木の 割合	産卵か み跡数 ／枯死 木	産卵 割合	卵から成 虫脱出時 までの生 存率	脱出成 虫の推 定数／ 枯死木
6月 1980	7	1.00	349.5	0.419	—	
1981	3	1.00	403.7	0.253	—	
1982	4	1.00	125.5	0.446	—	
1983	3	1.00	141.3	0.571	—	
計、平均	17	1.00	269.6	0.409	0.147	16.2
7月 1980	1	1.00	323.0	0.267	—	
1981	10	1.00	369.7	0.383	—	
1982	10	1.00	218.6	0.485	—	
1983	1	1.00	29.0	0.571	—	
計、平均	22	1.00	283.4	0.410	0.348	40.4
8月 1980	6	0.83	113.8	0.312	—	
1981	13	1.00	159.1	0.465	—	
1982	15	0.73	42.1	0.291	—	
1983	7	1.00	270.7	0.186	—	
計、平均	41	0.88	128.7	0.341	0.231	10.1
9月 1980	15	0.73	36.7	0.298	—	
1981	18	0.78	57.1	0.422	—	
1982	2	0.50	52.5	0.188	—	
1983	1	1.00	66.0	—	—	
計、平均	36	0.75	48.6	0.349	0.211	3.6
10月 1980	5	0.00	0.0	—	—	
1981	9	0.11	0.1	1.000	—	
1982	10	0.40	1.0	0.333	—	
1983	1	1.00	1.0	0.000	—	
計、平均	25	0.24	0.5	0.375	—	—

＊：産卵かみ跡のない枯死木も含める。 ｵ：第4章3より

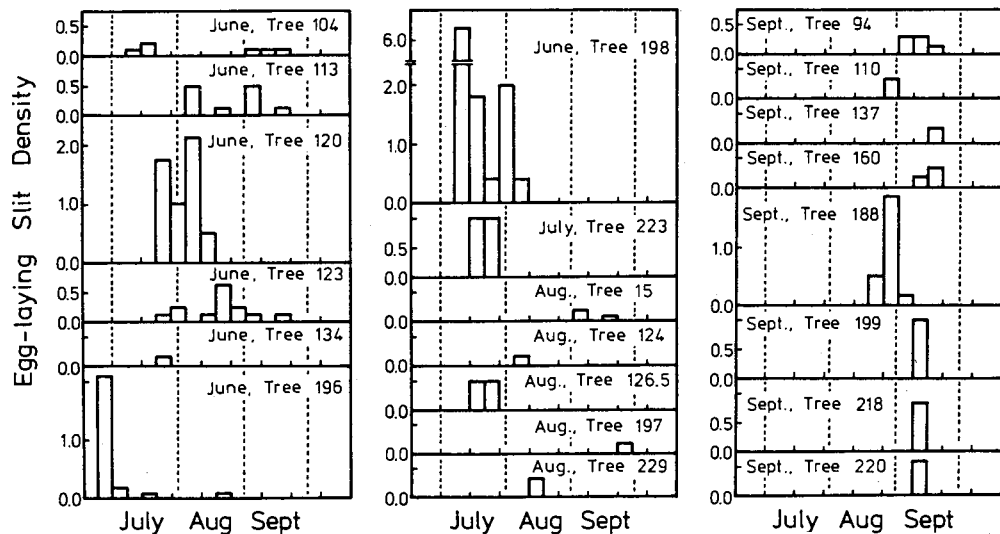
(2) 結果と考察

(a) 枯死木の衰弱時期と産卵の関係

枯死木の一部がマツノマダラカミキリに産卵された。産卵かみ跡のある枯死木の割合は、6、7月衰弱の枯死木で高く、10月衰弱の枯死木で最も低かった（第23表）。

産卵は衰弱し始めたマツの上方から行われる（e.g. 岩崎・竹谷、1980）。この調査林分のNo. 223のマツ（樹高 3.8m）は雪によって大部分の枝を失い、幹の観察が容易だったので、毎週産卵かみ跡の調査を行った。6月30日に産卵かみ跡が幹の先端から30cmの位置まで観察され、その後7日ごとに先端から60cm、240cm、340cmの位置まで広がり、7月28日に地際まで産卵かみ跡が観察された。7月7日に胸高部の樹脂滲出は正常であったので、樹脂の滲出しなくなった部分から雌が産卵したのかもしれない。高さ1～2mの樹幹上の産卵かみ跡数の経時的変化は、木全体でのそれと一致しないが、それを反映すると考えられた。ここでは、林内での本種の枯死木利用様式を明らかにするため、樹幹の幹内の産卵過程を分析した。

樹皮100cm²あたりの新しい産卵かみ跡数の季節的変化を1980年と1981年の枯死木ごとに第15、16図に示した。マツは産卵され始めてから2、3週の間にもっと多く産卵され、その後の産卵は少ない傾向があった。このことは、1982、1983年の枯死木でも認められた。しかし、マツの産卵される期間は、1980年と1981年で違いがあった。1980年の6、7月衰弱の枯死木は7月だけ産卵される場合もあったが、7、8月、さらに9月まで産卵される場合もあり、全体として6月下旬から9月まで産卵に利用された。8月衰弱の枯死木は、個々に見ると、産卵される期間が1～3週間で短かったが、全体として7月下旬から9月下旬まで産卵された。9月衰弱の枯死木は8月下旬から9月まで産卵された。つまり、1980年の枯死木は、衰弱し始めた月から9月まで産卵された。これに対し

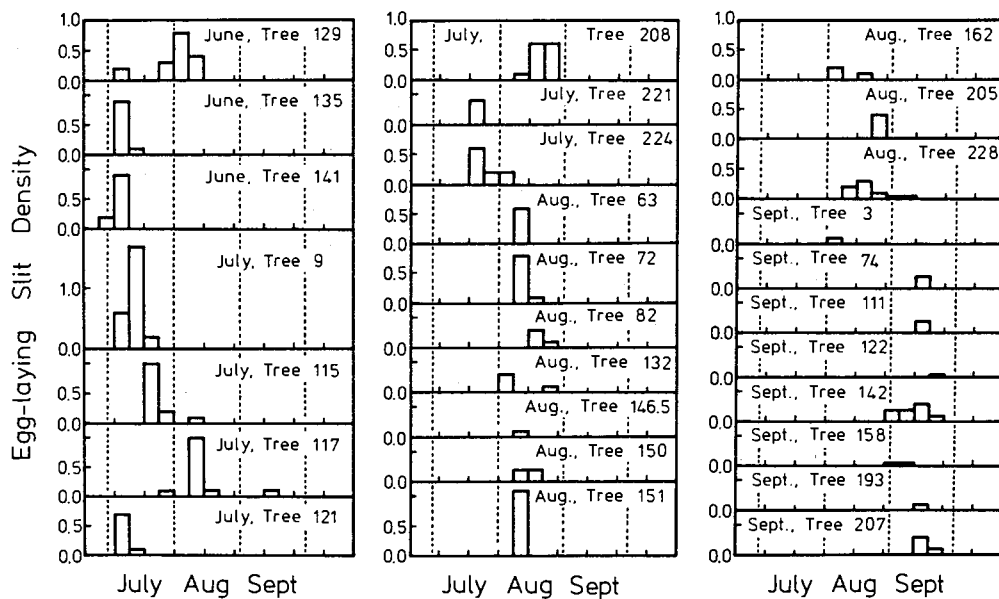


第15図 クロマツ枯死木に対するマツノマダラカミキリの産卵過程（1980）。図中の月はクロマツの衰弱時期を、数字はクロマツの個体番号を示す。産卵かみ跡密度は樹幹の樹皮表面100cm²あたりの産卵かみ跡数によって示した。

て、1981年の6、7月衰弱の枯死木は7、8月に、8月衰弱の枯死木は8月に、9月衰弱の枯死木は主に9月に産卵された。つまり、どの枯死木も、衰弱し始めてから1～2箇月間しか産卵されなかった。1982年と1983年の産卵様式は1981年の場合に類似していた。

マツノマダラカミキリ個体群は、同じ時期に衰弱し始めたマツに経時的に同じように産卵するのだろうか。これを明らかにするためには、新しい産卵かみ跡密度の経時変化が2本の枯死木間で一致するかどうか、別の言葉で言えば重なりあうかどうかを示せばよい。ここでは、IWAO (1977)の相対的な分布重なり指数 ω を用いた。 ω 指数は1から-1の値をとり、分布が完全に一致する時1、独立に分布する時0、全く重なりあわない時-1となる。

枯死木への産卵経過の類似性を、 ω 値の平均値と範囲によって年別に第24表に示した。1980年の6月衰弱の枯死木同士では ω の値が-1から0.54まで変化した。8月衰弱の枯死木同士ではすべての ω 値が-1であったが、9月衰弱の枯死木同士では-1から0.96まで変化した。1981年以後の各年も同様に、6月衰弱の枯死木を除いて各月の枯死木同士の ω 値が-1から約1まで変化した。そして、同じ月に衰弱し始めた枯死木間の ω 値の平均値をみると、1981年と1982年の6月衰弱の枯死木だけが正の値であった。これらの事実は、同じ時期に衰弱し始めた枯死木でも同じように産卵される($\omega=1$)訳ではなく、産卵される時期がずれやすいことを示唆していた。一方、衰弱時期が異なる場合、例えば6月衰弱の枯死木と7月衰弱の枯死木は常に産卵のされ方が異なる($\omega=-1$)訳でなく、かなり似ている場合($\omega>0.5$)があった。そして、産卵のされ方の平均的な類似度(ω の平均値)は枯死木間の衰弱時期が離れるほど低くなった(第24表)。これは、枯死木の産卵に適する時期がおおまかには衰弱時期に規定されるが、細かくみると木ごとに独立に決まり、そのような枯死木に各成虫が反応して飛来し、産卵する結果起きたのだろう。そして、産卵や孵化幼虫の摂食によって枯死木は産卵に不適になると考えられた。



第16図 クロマツ枯死木に対するマツノマダラカミキリの産卵過程 (1981)。説明は第15図参照。

第24表. 枯死木間のマツノマダラカミキリの産卵経過の類似性^aと
枯死木の衰弱時期の関係

マツの衰弱時期		マツの衰弱時期			
年	月	6月	7月	8月	9月
1980	6月	-0.44 (-1.00~0.54)	-0.13 (-1.00~0.68)	-0.49 (-1.00~0.71)	-0.65 (-1.00~0.88)
	7月		——	-0.60 (-1.00~1.00)	-1.00 (-1.00)
	8月			-1.00 (-1.00)	-0.87 (-1.00~0.70)
	9月				-0.42 (-1.00~0.96)
1981	6月	0.32 (0.08~0.97)	-0.44 (-1.00~0.37)	-0.63 (-1.00~0.75)	-0.92 (-1.00~0.81)
	7月		-0.41 (-1.00~0.97)	-0.54 (-1.00~0.99)	-0.85 (-1.00~0.66)
	8月			-0.04 (-1.00~0.99)	-0.81 (-1.00~0.98)
	9月				-0.30 (-1.00~1.00)
1982	6月	0.58 (0.45~0.76)	-0.89 (-1.00~0.10)	-1.00 (-1.00)	——
	7月		-0.16 (-1.00~0.68)	-0.26 (-1.00~0.92)	——
	8月			-0.67 (-1.00~1.00)	——
	9月				——
1983	6月	-1.00 (-1.00)	-0.07 (-1.00~0.87)	-0.25 (-1.00~0.85)	——
	7月		——	-1.00 (-1.00)	——
	8月			-0.05 (-1.00~0.94)	——
	9月				——

^a : ω 値 (IWAO、1977) の算術平均によって表した。かっこ内の数字は範囲を示す。

(b) 産卵かみ跡の垂直分布

雌成虫は枯死木の幹と枝に産卵し、そこに産卵かみ跡を残す。樹幹上の産卵かみ跡の割合を枯死木の衰弱時期別に第25表に示した。それによると、平均して40~80%の産卵かみ跡が樹幹上にあるが、木によっては全くない場合もあった。枝に産卵かみ跡の多いマツは、胸高直径が大きく、枝が太かった。

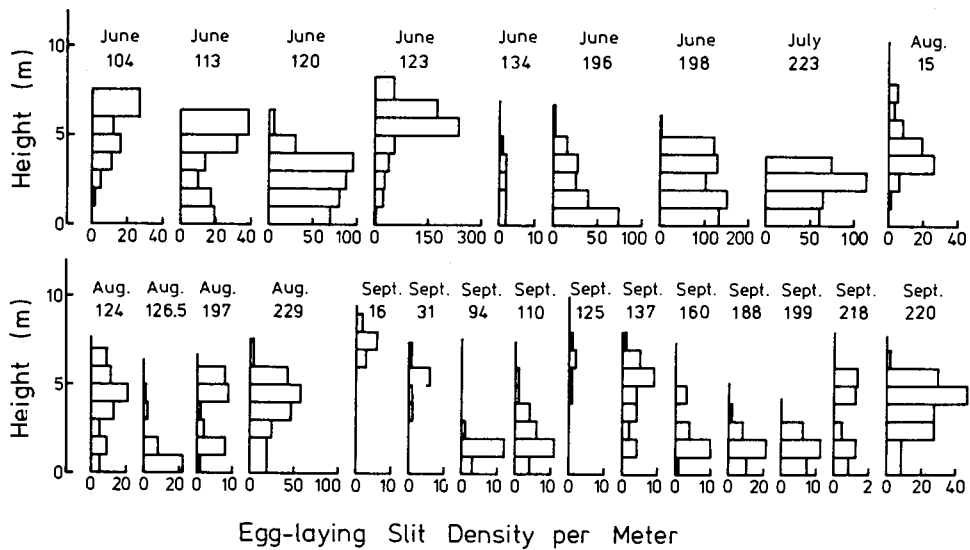
1980年と1981年の枯死木について、樹幹上の産卵かみ跡の垂直分布を第17、18図に示した。それによると、産卵かみ跡の垂直分布は枯死木ごとに異なり、樹幹上方に多い場合や下方に多い場合、中央部に多い場合や一様にある場合など様々であった。一般に産卵かみ跡の分布は樹幹上部に多い(岩崎・竹谷、1980)と言われているが、この調査林分では下部に多い場合もあった。そこで樹高の $\frac{1}{2}$ の高さで幹を上下に分け、産卵かみ跡が上部に多い枯死木と下部に多い枯死木の数をマツの衰

第25表. 枯死木の衰弱時期と樹幹にある産卵かみ跡数の割合との関係

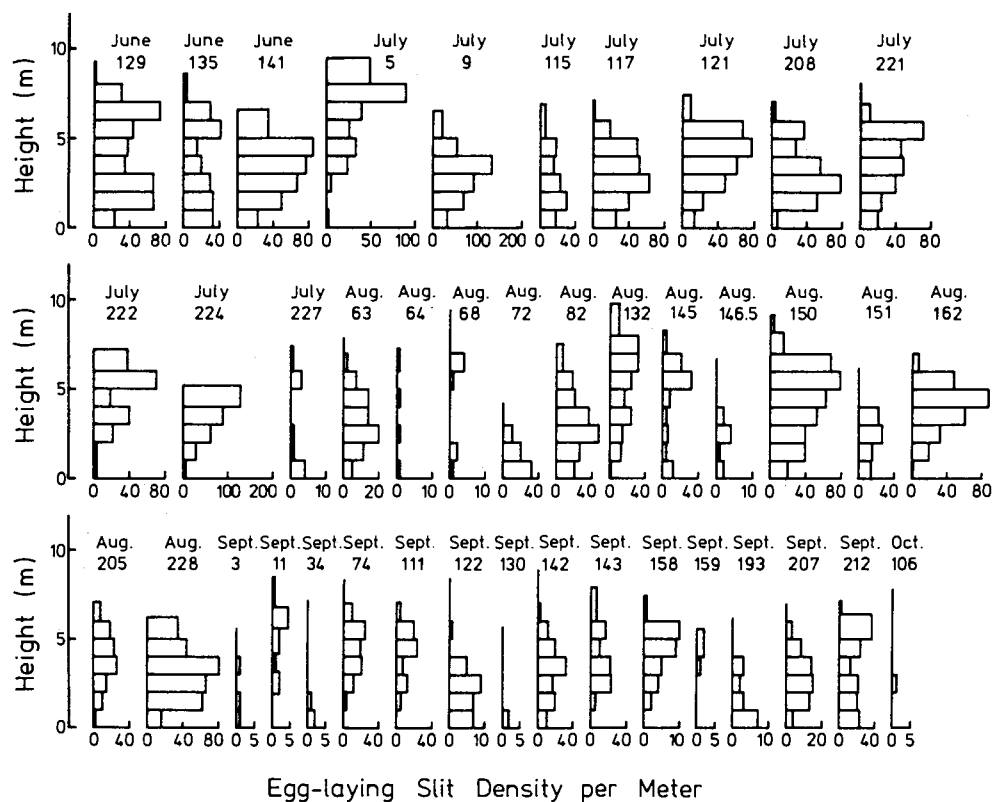
マツの衰弱時期		樹幹にある産卵かみ跡数の割合 (%)		
月	年	枯死木数 ^a	平均値 ^b	範囲
6月	1980	7	84.6	31.3~100.0
	1981	3	77.5	59.7~97.5
	1982	4	94.0	97.5~100.0
	1983	3	60.4	0.0~100.0
7月	1980	1	96.6	96.6
	1981	10	66.1	15.4~99.2
	1982	10	62.4	35.0~100.0
	1983	1	100.0	100.0
8月	1980	5	61.6	53.6~91.7
	1981	13	83.0	44.7~100.0
	1982	11	63.9	0.0~100.0
	1983	7	41.4	16.2~100.0
9月	1980	11	68.1	50.0~100.0
	1981	14	64.1	36.8~100.0
	1982	1	32.4	32.4
	1983	1	43.9	43.9
10月	1980	0	—	—
	1981	1	100.0	100.0
	1982	4	80.0	0.0~100.0
	1983	1	100.0	100.0

^a : 産卵かみ跡のあった枯死木数。

^b : 平均値は木ごとの産卵かみ跡数で重みづけして計算した。



第17図 樹幹上のマツノマダラカミキリの産卵かみ跡の垂直分布 (1980)。図中の月はクロマツの衰弱時期、数字はクロマツの個体番号を表す。産卵かみ跡密度を樹幹の長さ1mあたりの産卵かみ跡数で示した。



第18図 樹幹上のマツノマダラカミキリの産卵かみ跡の垂直分布（1981）。説明は第17図参照。

弱時期別に第26表に示した。表から明らかなように、産卵かみ跡は樹幹上部に多いとは言えず、また衰弱時期によっても大きい違いはなかった。

(c) 枯死木の衰弱時期と産卵かみ跡数、産卵割合、脱出成虫数との関係

枯死木上の産卵かみ跡数（枝上の産卵かみ跡も含む）、産卵割合を枯死木の衰弱時期別に第23表に示した。

枯死木あたりの平均産卵かみ跡数は6、7月衰弱の枯死木で最も多く、衰弱時期が遅くなるほど少なくなった。

産卵割合は、6月衰弱の枯死木と7月衰弱の枯死木でほぼ等しく平均0.41であり、8月から10月までに衰弱し始めた枯死木では平均0.34～0.38であった。一般に産卵割合は0.5前後と言われているが（本章2）、この調査での産卵割合は全般的に低い値を示した。これは、樹幹下部や産卵かみ跡数の少ない丸太で調査したために起ったのかもしれない。

枯死木あたりの平均産卵かみ跡数に産卵割合と卵から成虫脱出時までの生存率を掛けると、枯死木あたりの平均脱出成虫数が推定される。平均脱出成虫数は7月衰弱の枯死木で最も多く、次いで6月、8月、9月衰弱の枯死木の順に少なくなった（第23表）。このように、産卵かみ跡数でも、脱出成虫数でも、マツノマダラカミキリは6、7月衰弱の枯死木を最もよく利用し、9、10月衰弱の枯死木をあまり利用しないことが明らかになった。

千葉県のアカマツ林では、マツノマダラカミキリの産卵期間が7月下旬から8月中旬であり、1

第26表. 衰弱時期別の枯死木樹幹上の産卵かみ跡の分布

年	産卵かみ跡の多い部位	枯死木数					合計
		枯死木の衰弱時期					
		6月	7月	8月	9月	10月	
1980	樹幹上部	3	0	2	6	0	11
	樹幹下部	4	0	2	5	0	11
1981	樹幹上部	2	4	7	6	0	19
	樹幹下部	1	5	6	8	1	21
1982	樹幹上部	1	6	5	0	2	14
	樹幹下部	3	4	5	1	1	14
1983	樹幹上部	0	0	5	1	1	7
	樹幹下部	1	0	2	0	0	3

雪による幹折木を除く。具体的には、1980年の7月と8月衰弱の枯死木各1本、1981年の7月衰弱の枯死木1本、1983年の6月と7月衰弱の枯死木各1本を除いた。

シーズンの枯死木のうち83%が7月中旬から8月中旬に衰弱し始めた(MAMIYA、1976)。このことから、マツノザイセンチュウによるマツの発病時期とマツノマダラカミキリの生活史がうまく一致していると考えられた(MAMIYA、1976)。これに対して、石川県では9、10月衰弱の枯死木の量が多く、全体の43%を占めた(第23表、第9章1)。しかし、マツノマダラカミキリ成虫は9、10月衰弱の枯死木からほとんど脱出しない(第23表)。それ故、その年に衰弱したすべてのマツを8月までに利用した場合より、増殖率はかなり低下すると考えられた。つまり、石川県では衰弱木の発生時期とマツノマダラカミキリ個体群の産卵時期が大きく重ならないため、太平洋岸や瀬戸内海沿岸地方のような材線虫病の爆発的増加が起りにくいと考えられた。

第6章 マツノマダラカミキリ成虫の個体群動態と空間分布

マツノザイセンチュウは、マツノマダラカミキリ成虫によって伝播される。そのため、材線虫病罹病木の発生時期と発生量は成虫個体群の時間的空間的分布に大きく関係すると考えられる。そして、成虫個体群の空間分布は成虫の行動によって決定される。このため、成虫個体群の時間的空間的分布と成虫の行動の研究は材線虫病の伝播の研究において最も重要な位置を占める。

野外における成虫の個体群密度の季節的変動は、森本ら(1974、1975)とSHIBATA(1981)によって調査されたが、前者のサンプリング法は適切でなく(森本、1979; SHIBATA、1981)、後者の調査期間は成虫の発生期間の前半(6月~7月中旬)だけであった。成虫の空間分布について、健全木1本あたりの捕獲成虫数の頻度分布は解析された(SHIBATA、1981)が、成虫の空間分布の季節的変化や成虫と衰弱木の空間分布の関係は調査されていない。脱出直後の成虫の分散に関しては、最大移動距離が測定されただけで(井戸ら、1975a)、個体群生態学的研究は行われていない。成虫の行動について、OKAMOTO(1984)は、成虫が日没後に衰弱木に飛来すると述べた。また、