

上賀茂試験地におけるマツノマダラカミキリの 羽化消長とマツ枯れ発生の季節変化

中井 勇・二井 一 禎・古野 東 洲

は じ め に

マツ枯れ被害がマツノマダラカミキリ(*Monochamus alternatus* HOPE, 以下カミキリとする)によって伝播されるマツノザイセンチュウ(*Bursaphelenchus xylophilus* STEINER & BUHRER, 以下センチュウとする)の寄生, 繁殖によってもたらされることが徳重ら¹⁾によって明らかにされたのは1969年のことである。以来, カミキリやセンチュウに関する研究が広汎に行なわれてきた。筆者らもマツ枯れの恒常的な発生がみられる上賀茂試験地において過去20数年間の被害推移^{2,3)}やカミキリの生態⁴⁾, センチュウの樹体内での動態⁵⁾, さらに駆除方法⁴⁾などについて調査し, マツ枯れのメカニズムの解明と同時にマツ枯れ被害の減少を目指してきた。しかし, これまでの研究では, その一部分が解明されたに過ぎず, 依然としてマツ枯れのメカニズムに関して多くの問題が残っている。例えば, カミキリの羽化脱出を支配する環境因子の解析や, 1年1世代虫と2年1世代虫の発生, それらの保持センチュウ数とその病原性の違い, また, カミキリの発生時期とマツ枯れ症状発現季節との関係, さらに寄主マツの抵抗性の強弱とその生理的要因などがあげられよう。

マツ枯れ被害を減少, あるいは終らせるためには被害材の搬出, 焼却などの完全駆除が最良の方法である。しかし, カミキリの行動が広範囲に及び, 被害木が林道から離れ, また急峻地で発生しているところでは, 完全な駆除は不可能に近い状態である。そこでこれに代わるものとして現場での省力的防除法を採用せざるを得ない。効果的な防除のためには, 対象地域内でのカミキリの生態やセンチュウの動態などを克明に調べ, これに基づいた効率のよい対策を考えなければならない。

本報告ではマツ枯れの減少を目指し, 当試験地におけるカミキリの羽化脱出消長の年次変化, カミキリが保持するセンチュウ数, マツ枯れの季節変化などについて調査し, それらが相互にどのような関連しているかを究明するため, 過去7年間の資料をとりまとめ検討したものである。

本論に先立ち, この調査では上賀茂試験地の全職員の協力を得たことを記し, ここに謝意を表します。

材料および方法

カミキリの羽化脱出消長を調べるための材料は, 上賀茂試験地内の天然生アカマツ林で発生し

Isamu NAKAI, Kazuyoshi FUTAI, Tooshii FURUNO

The relationship between the emergence dynamics of Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* HOPE, and the number of dead pine trees occurred in different seasons at Kamigamo Experiment Forest Station of Kyoto University

たマツ枯れ個体の中でカミキリが比較的多く繁殖している樹体を10月に伐倒、玉切りしたものである。供試したカミキリ繁殖材は長さをほぼ1.2mに切り揃え、野外にセットした周囲四面と天井をサランネットで囲った2×2×2mの立方枠の網室内へ搬入した。搬入した繁殖材は井桁にはほぼ1.2mになるまで積み上げた。各年度の供試木の本数や太さ（材積）などは調査されなかったが、試料数がもっとも少ない年度でも70本を越えており、その太さは10～30cmであった。羽化脱出の調査は1984年から1990年の7年間で、繁殖材はそれぞれの調査の前年にサンプルされたものである。なお、1985年から、1989年の5年間は2年1世代虫の発生活長を調べるため、1年1化のカミキリの羽化後も供試材を引き続き網室に保存した。カミキリの羽化脱出数の調査は毎年5月の下旬から始めた。脱出した個体は毎日午前9時に捕虫し1日の脱出数とし、雌雄を区別して脱出消長の終了時まで記録を続けた。

カミキリの保持センチウ数の調査は、1990年に脱出したほぼ全個体を対象とした。センチウの分離は、捕虫したカミキリを直ちに1個体ずつサンプルビンに入れ、実験室に持ち帰り、小型のミキサーを用いて50ccの水を加えて10秒間、虫体の形が残らない状態にまで粉碎した。その後、この粉碎液をバールマンロート上に移して、24時間後に離脱したセンチウ数を実体顕微鏡下でカウントした。

マツ枯れ症状の季節変化については、上賀茂試験地の1, 2, 21, 22, 23, 24, 25, 26および27林班内の天然生アカマツ林21haに発生した駆除対象となる被害木を、10月と2, 5月に分けて調べた。調査では肉眼で枯死症状が判別出来るものをマツ枯れ木とした。なお、調査時点で見落とされるものも若干あったと思われるが、おおむね調査は精度の高いものであった。なお、被害木は調査終了後1ヶ月後までにすべて伐採し、薬剤散布により駆除された。

結 果 と 考 察

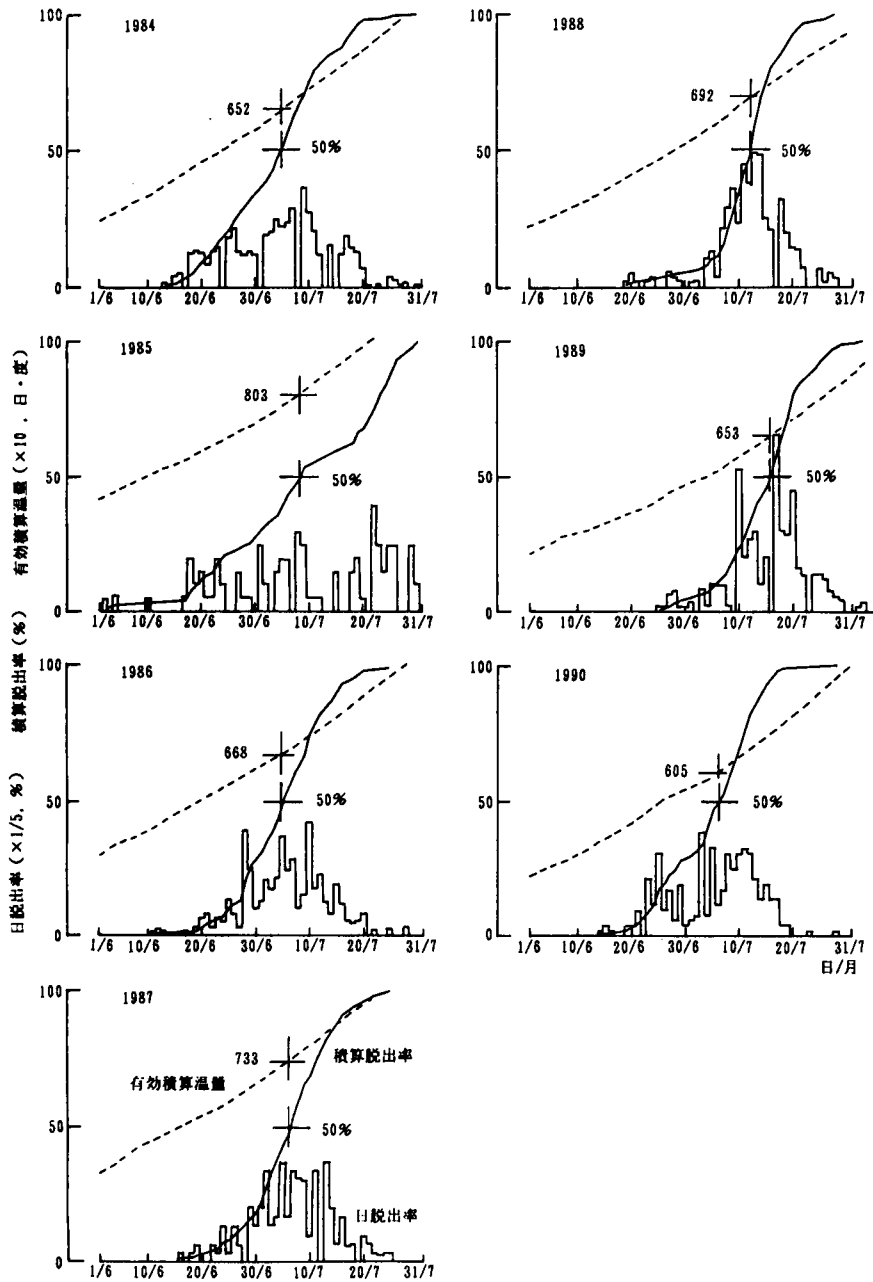
1) カミキリの羽化脱出消長

カミキリの羽化脱出消長に関しては数多くの報告がある⁶⁾。それらの結果は地域により、あるいは年度により違いが認められている⁶⁾。そこで、京都市北部郊外に位置する京都大学上賀茂試験地（北緯35°04′，東経135°45′，海拔100～225m）におけるカミキリの羽化脱出消長を他地域と比べ、あるいは年度間でどの程度の違いが認められるかについて調査した。その結果は図-1，表-1に整理されている。

図-1には羽化脱出総数に対する日脱出率を累積したものと、日脱出率（図では5倍のスケールで表示）および、気温がカミキリ幼虫の発育零点（11℃）を上回る3月からの有効積算温度⁷⁾（1/10のスケールで表示）が年度別に示されている。カミキリの累積脱出率は時間方向に対してS字曲線を描きながら最終脱出日に達する。その曲線のパターンは例年変わらないが、曲線の立上がりまでの期間の長い年（1988, 1985年）、比較的短期間で立上がる年（1984年）など年によって異なっている。また、脱出速度は年度によって明らかに異なっていた。これらの結果は、幼虫の発育や蛹期間などに影響する気象要因と深い関係があるものと思われる。このことについては後述する。

カミキリの日脱出率は正規分布するものと考えられたが、実際には1987, 1988の両年で発生活長が連続で、正規化が可能であったが、他の年度ではいくつかの山が認められ、発生活長は必ずしも正規分布を示さなかった。

ここで求めた有効積算温度は幼虫の発育に必要な基準温度（11℃）に基づくものであり、これをそのまま羽化脱出と結びつけることには問題が残るが、これまでの報告にしたがって解析を進



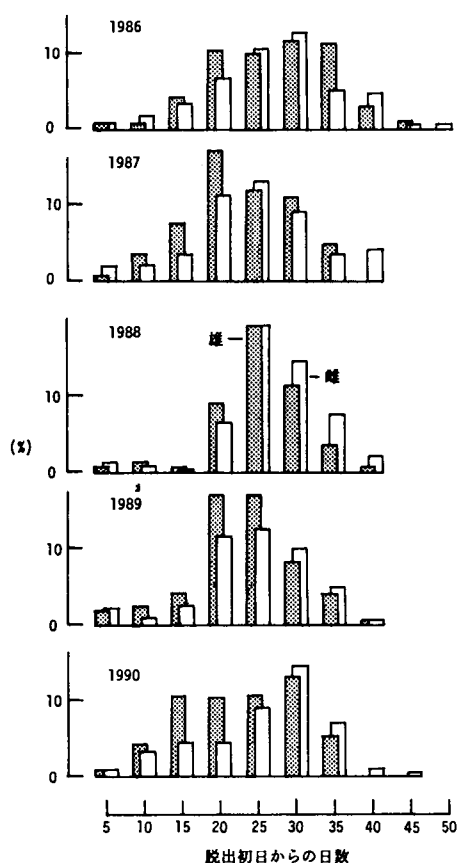
図ー1 年度ごとのみたマツノマダラカミキリの羽化脱出消長と有効積算温量

めると、平均（50％）脱出日での有効積算温量は605～803日度を示し、それらの平均は687日度であった。この値はこれまでの報告の範囲に含まれるが、バラツキが大きい。そのことから、この値は羽化脱出消長の一つの目安に過ぎないことが指摘されている⁷⁾。

表ー1には調査したカミキリの頭数と羽化脱出時期が示されている。1984年と1985年にはカミキリの性別については調べなかったが、全体を通して脱出したカミキリの性比はほぼ1と見て良い。羽化脱出初日は年度によってかなり異なっており、もっとも早い年は1985年の6月2日、逆に遅い年は1989年の6月25日であった。この年度間の差は23日もあった。平均（50％）脱出日に

表ー１ 年度別にみたカミキリの
羽化脱出数と時期

年 度	総頭数 (頭)	頭 数		羽 化 脱 出		
		雄 (%)	雌 (%)	初 日 月・日	平 均 (50%)	終 日 月・日
1984	657	—	—	6.13	7.5	7.30
1985	102	—	—	6.2	7.8	7.30
1986	285	54.7	45.3	6.11	7.5	7.28
1987	147	55.8	44.2	6.16	7.6	7.25
1988	277	47.3	52.7	6.19	7.12	7.28
1989	243	55.1	44.9	6.25	7.16	8.2
1990	263	54.4	45.6	6.14	7.6	7.28
平 均		53.5	46.5	6.14	7.8	7.29
標準偏差				7.1	4.2	2.5



図ー２ 脱出したカミキリの年度別
雌雄個体数の変動

幼虫や蛹、あるいは材内成虫、さらには脱出したものまで含まれており、温度要因を如何に解析しようとしても各発育段階のカミキリの温度感受性が明らかでないため明瞭な結果は導き出せない。そこで、ここでは、図ー３から求められた勾配に基づいて多少の検討を加えた。

図ー４はカミキリが10%から90%までの羽化脱出に要した日数と平均羽化脱出速度との関係を

関しては年度間差が狭まり、7月5日～16日の間にあって、その差は10日間程度であった。また、羽化脱出最終日は7月25日から8月2日で、羽化初日は年度差はなく、上賀茂試験地では、一般に7月の末頃である。これらの年度間の違いを気象要因と関連して解析を試みているが、現在まで未だ十分な結果を得ていない。

吉田ら⁸⁾が調べた京都府下での地域差や年度間差を含めた羽化脱出消長は、若干のバラツキを伴うものの平均して、初日は6月上旬、平均(50%)日は7月中旬、最終日は8月上旬となっており、本調査結果もこの吉田ら⁸⁾の結果に近似している。

脱出したカミキリの性比を羽化脱出時期別に調べたのが図ー２である。図ー２では羽化脱出初日から5日間隔でとった脱出頭数が全脱出頭数に対する比率のヒストグラムとして示されている。図ー２からはカミキリの雌雄のどちらが早く脱出、あるいは遅れて脱出するかは必ずしも判然としない。しかし、全般的には雄個体の脱出ピークが、雌個体のそれに比べて早く現われているように思われる。

先に述べたようにカミキリの羽化脱出は時間方向に対してS字曲線を描くが、その変曲点間の勾配、すなわち、平均羽化脱出速度を求めて比較した。このために図ー３では羽化脱出初日から5日間隔で累積羽化脱出率をプロットし、直線回帰の可能な範囲、すなわち、ここでは10%～90%間の勾配を求めた。回帰された直線の勾配は年度によって異なり、図ー３には勾配の急な年から順次示され、1988年 5.72, 1987年 4.62, 1989年 4.44, 1986年 4.11, 1990年 3.84, 1984年 3.10, 1985年 2.10となっている。この違いを単純に一つの気象要因、温度と関連させるには、羽化脱出初日、最終日の場合と同様に問題がある。すなわち、この期間内にはカミキリの

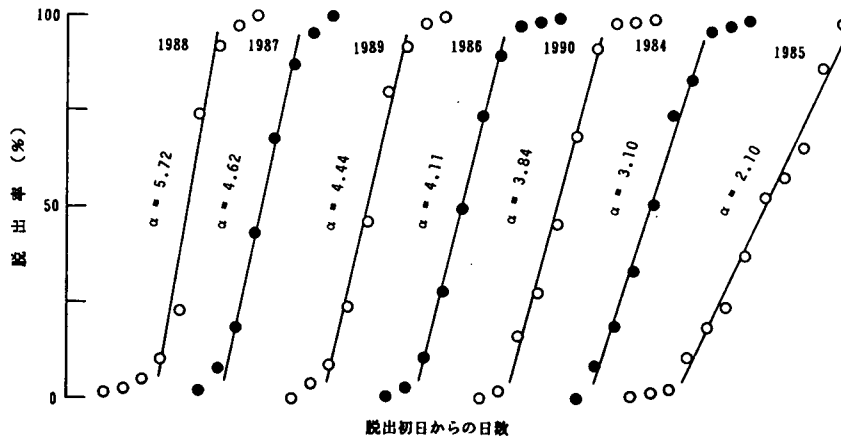


図-3 カミキリの平均脱出速度 (α = 脱出率を脱出初日から5日間隔でプロットし、直線回帰できる範囲で求めた)

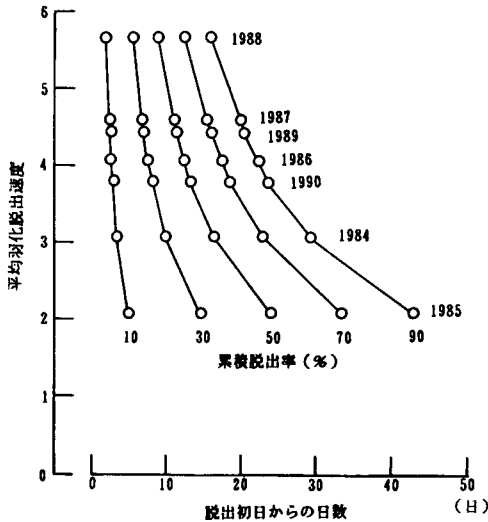


図-4 回帰式で求められた脱出初日から各累積脱出率までの日数と平均羽化脱出速度との関係

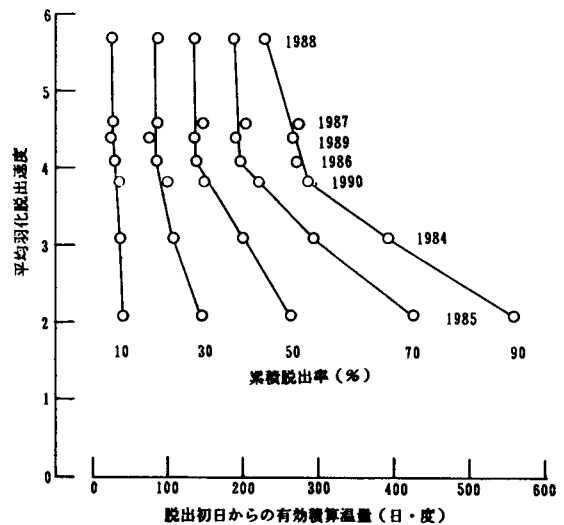


図-5 回帰式で求められた脱出初日から各累積脱出率までの有効積算温度と平均羽化脱出速度との関係

示している。当然のことではあるが、平均羽化脱出速度の緩やかな年では、羽化脱出消長の完了に、より長日数を要し、速度が急な年ほど短日数で完了する。この関係で累積脱出率10%までに要する日数と各年度ごとに求めた平均羽化脱出速度の間には比較的直線関係が保たれているが、累積脱出率が高まるほど、この関係は失われ、90%までに要する日数と平均羽化脱出速度の間では曲線関係に変わる。

図-5は有効積算温度（発育零点=11℃）を用いて図-4と同様に描かれているが、平均羽化脱出速度の緩やかな年（1984年と1985年）の場合90%脱出時までかなりの温度を必要としているのに対して、平均羽化脱出速度が速やかな年（上の2年以外の年）では、90%脱出時までに必要な温度は平均羽化脱出速度に拘らずほぼ一定の範囲内に納まっていることが注目される。

これまでに検討してきた有効積算温度は幼虫の発育零点を基準とし、それを上回る温度を一律に積算したものである。しかし、幼虫の発育には11℃以上のある範囲内の温度しか有効でなく、それ以上の高い温度は必ずしも発育を促進しないように思われる。このことが結果的に、長期間を要して羽化脱出した年にはそれまでに要した温度を過大なものになっているものと思われる。そこで、カミキリの蛹化、羽化、脱出に及ぼす温度の影響に焦点を絞り検討を加えることにした。カミキリの蛹期間は大阪で13日¹⁰⁾、和歌山で7～19日¹¹⁾、また他の地域でもかなりの幅のあることが指摘されている⁶⁾。ここでは、これらの報告に基づき蛹期間を便宜的に2週間とした。また、羽化から脱出までの期間についても、既往の報告^{10,11)}に従い1週間を採用した。これらを合わせ、図-3から推定した各累積脱出率該当日から逆算して1, 2, 3週間前までの各日最高、日平均、日最低気温についてそれぞれ2℃間隔でとった基準温度との差を積算してその期間内の温度を調べた。計算は膨大なものとなったが、結果的には日最高、日最低気温には日変動が大きく、算出した期間内温度に大きなバラツキを引き起こす原因となった。そのため、ここでは平均気温について得られた結果のみを検討することにした。平均気温についても基準温度を12℃～20℃まで計算したところ、各累積脱出率該当日以前1, 2週間までの期間内積算温度については一定の傾向が見出せなかった。そこで、ここでは明瞭な傾向が見出せた3週間前までの温度について報告する。年度による平均羽化脱出速度と各累積脱出率該当日までの温度との組み合わせの中でもっともバラツキの少ない基準温度を求めた結果、16℃がこれに当てはまる最適の基準温度として求められた。すなわち、この16℃を基準温度とすれば、年度間での平均羽化脱出速度の遅速に拘らず脱出日から逆算して3週間前までの期間内の温度がほぼ一定の値を示すようになり、

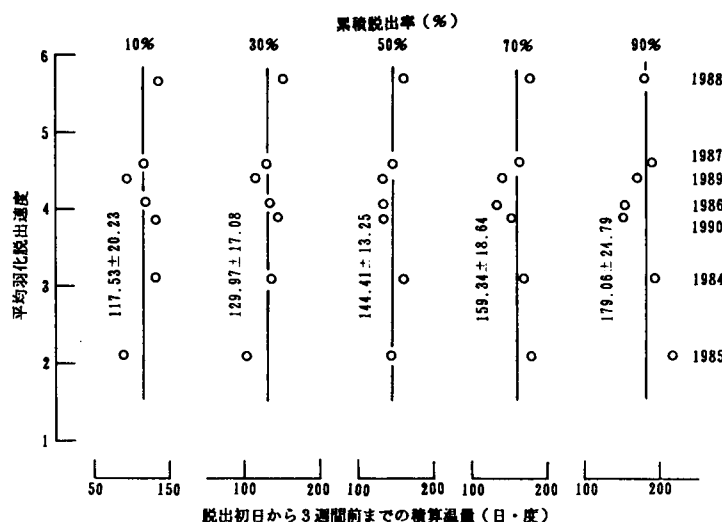


図-6 羽化脱出初日3週間前から平均気温16℃以上の積算温度と平均羽化脱出速度との関係

変動係数をもっとも小さい値をとることが明らかになった。図-6にはこのようにして求めたカミキリの羽化脱出初日から3週間前までの積算温度が年度ごとに、また平均羽化脱出速度ごとにプロットされている。

カミキリの脱出3週間前には蛹化が始まり、その2週間後には羽化が完了しているものと考え、ここで検討した各累積脱出率ごとの、すなわち、各々の発育ステージに対応させた積算温度は幼虫の発育零点(11℃)を基準とした有効積算温度よりも妥当な値として評価されよう。た

だし、累積脱出率が増加するにしたがってそこに至るまでの3週間の積算温量が増加することに関しては、脱出時期の気温が盛夏に向かうにしたがって次第に高まることだけでは説明出来ないであろう。この点を解明するためには制御された温度条件下でカミキリの生理的条件と繁殖材の腐朽状態との関係を総合的に調べる必要があろう。

以上のようにカミキリの羽化脱出に関して、主として温度要因を解析し、若干の検討を加えてきたが、依然として決定的な要因を引き出すことは出来なかった。このように解析を難しくしているのは、カミキリの発育に大きな個体差があるため、同一繁殖材内に、しかも50日間という短期間に幼虫から、脱出寸前の個体までさまざまなステージの個体が共存していることが原因として考えられる。

カミキリの羽化脱出に関して触れておかなければならないのは、1年1世代虫と2年1世代虫のことである。このことに関しては改めて報告する予定であるので、ここでは過去5年間の上賀茂試験地における記録の記述にとどめたい。2年1世代虫の脱出率は1年1世代虫を含めた総脱出数に対する比率で求められるが、その結果は1986年に産卵された材では40%、同様に1984年では20%、1985、1987、1988年では10%程度で、特に1986年に産卵された材で高い割合を示した。吉田ら⁸⁾や岸⁶⁾、横溝ら¹²⁾はシーズン遅くに産卵され、孵化時期が遅れた幼虫や気象の変化に対応出来なかった幼虫が樹皮下で越冬した結果2年1世代虫になるとし、その発生機構を気象要因と結び付けようとしている。しかし、筆者らが試みた温度解析結果は2年1世代虫発生のメカニズムにも未知の他の要因が絡まっていることを強く示唆している。

2) カミキリの保持センチウ数

カミキリが脱出する際に持ち出すセンチウ数にはカミキリの繁殖材内のセンチウの増殖状態によって大きな相違がみられる⁶⁾。マツ枯れとセンチウとの関係を明らかにするにはセンチウ保持数と共に対象地域内のカミキリの個体数の推定が必要であらう。これまでに調べられたセンチウ保持数は、激害地ほど多い¹³⁾という結論が得られている。こうした背景を踏まえ、上賀茂試験地における1990年のカミキリ1個体あたりの保持センチウ数を図-7に示した。図-7にはカミキリ1頭あたりの保持数を1,000頭単位で縦方向に、左右には雌雄別にカミキリの頭数頻度が示されている。調査したカミキリは雄個体132頭、雌個体129頭で総計261頭となる。これは1990年の羽化脱出調査の対象となった個体数の99%に当たる。全カミキリ個体のセンチウ保持率は90.8%であり、雌雄別にみると、雄(90.2%)、雌(91.5%)のセンチウ保持率の間には有意な差はない。カミキリ1頭あたりのセンチウ保持数は雌雄個体ともほぼ同じような頻度分布を示し、雌個体では保持数0~17,000頭までの範囲で、雄個体では0~12,000頭まで連続し、例外的に27,000~28,000、47,000~49,000頭の多数のセンチウを保持するものが3個体見られた。また、全くセンチウを

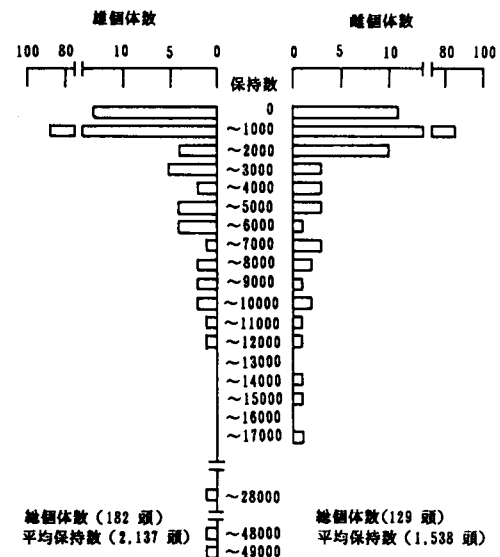


図-7 カミキリ1頭あたりのセンチウ保持数

保持しないカミキリや保持センチウ数が1～1,000頭のカミキリの個体数がもっとも多く、その割合は雌雄間で差はなく、両者を合わせると全体のほぼ66%になる。平均保持センチウ数は雄個体2,137頭、雌個体1,538頭であり、雄個体の方が平均で600頭ほど多い結果が得られた。しかし、27,000頭以上保持する個体を除けば雌雄の平均保持数には余り差はない。細田¹⁴⁾、竹谷¹⁵⁾、竹下¹⁶⁾はセンチウの保持率や保持数に雌雄の差はないと報告しており、本調査結果もこれを裏付けるものとなった。これまでの資料⁶⁾によると、保持率は雌雄個体を含めて27～97%、最高保持数は5,053～289,000頭、平均保持数171～19,500頭の結果が得られた。上賀茂試験地では保持率90.8%、最高保持数48,500頭、平均保持数1,838頭であり、保持率では細田¹⁴⁾が調べた高い値に相当するが、平均保持数ではもっとも多い場合の10%に相当している。センチウの詳細な動態などについての報告は次の機会に譲る。

今回の調査ではカミキリの個体数、すなわち、上賀茂試験地の地域内でのカミキリの発生数、あるいは飛来する個体数は明らかにできなかった。この個体数を調べる一つの方法として誘引トラップによる捕獲法が挙げられる。1990年、上賀茂試験地の人工マツ林内で4個の誘引トラップをほぼ8m間隔で地上約7mの樹上に設置した結果200頭余りが捕獲された¹⁷⁾。使用した誘引剤の誘引範囲は半径10～15mとされている。これに基づき推定すると、ha当たり約700～1,600頭となる。これは遠田¹⁸⁾が調べたアカマツの微害林での1,164頭にほぼ一致する。本実験において誘引器を設置した林分では、毎年被害材のすべてを搬出している。にもかかわらず毎年10数本の被害が発生している。誘引器を設置した地点の周囲、少なくとも30mの範囲には発生源はなかったが、誘引器1個あたり50頭のカミキリが捕獲された。この事実は、この林分に他の林分からカミキリが飛来したことを示唆しており、上賀茂試験地全体でみた場合の平均棲息密度は、ここで得られた推定値よりも高い値を示す可能性がある。このことは、上賀茂試験地で例年被害木を駆除しているにもかかわらず、30haの天然林で300m³余りのマツが枯損している事実にも表われている。

3) マツ枯れの季節変化

マツ枯れはカミキリの後食時に乗り移るセンチウの材内への侵入増殖によってもたらされるが、センチウ増殖の良否や活性、あるいは寄主側のマツ個体の抵抗性などによって、症状に時期的なズレが生ずる。もちろんこの症状の発現の遅速には気象要因が影響している。そこでカミキリの羽化脱出時期の年度による早晩や寄主マツ個体の萎凋を制御するであろう気象要因から過去5年間のマツ枯れの現われ方について検討した。

表－2 天然生アカマツ林における
マツ枯れ被害の季節変化

年度	総被害 本数 (本)	被害発生月					
		6～10		11～2		3～5	
		本数 (本)	率 (%)	本数 (本)	率 (%)	本数 (本)	率 (%)
1985	443	333	75.2	91	20.5	19	4.3
1986	553	364	65.8	158	28.6	31	5.6
1987	1,079	519	48.1	428	39.7	132	12.2
1988	1,151	406	35.3	622	54.0	123	10.7
1989	822	383	46.0	401	48.8	38	4.6
平均	810	401		340		69	
標準偏差	312.0	71.2		215.7		54.3	

表－2には上賀茂試験地のアカマツを優占種とする天然生林を対象として、マツ枯れ被害発生本数を10月（秋枯れ）、翌年の2月（冬枯れ）、5月（春枯れ）に分けて調べ、その結果が整理されている。同一の調査対象林分におけるマツ枯れ総本数は1987、1988年が1,000本以上であるが、この5年間の平均では810本であり、経年的な増減の傾向は明らかでない。平均被害本数は秋枯れで401本、冬枯れで340本、春枯れで69本であり、冬、春枯れはいわゆる持ち越し枯れに相当するものである。

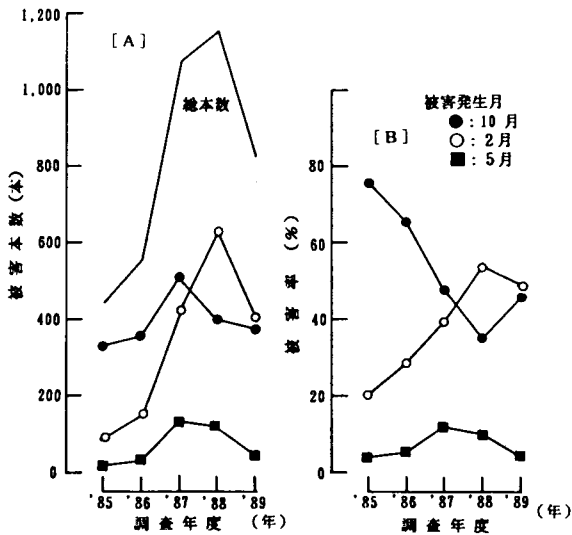


図-8 上賀茂試験地における同一天然生アカマツ林内のマツ枯れ被害の経年変化

図-8のAでは年度ごとに季節別の被害本数を、Bでは総被害本数に対する季節別の被害本数比率を示した。すなわち、秋枯れは1985年(75%)をピークとして1988年には35%まで減少し、1989年には45%に増加している。一方、冬枯れは1985年(20%)から1988年(54%)まで次第に増加し、1989年には49%まで減少した。また、春枯れは全般的に枯損本数が少なく4~12%の範囲で変動した。

次に、これらのマツ枯れ症状の現われ方がカミキリの羽化脱出時期とどのような関係にあるのかを検討した。図-9ではカミキリの羽化脱出の初日(A)、平均(50%)日(B)、最終日(C)およびカミキリの脱出後の行動を規制していると考えられている15℃以上の有効

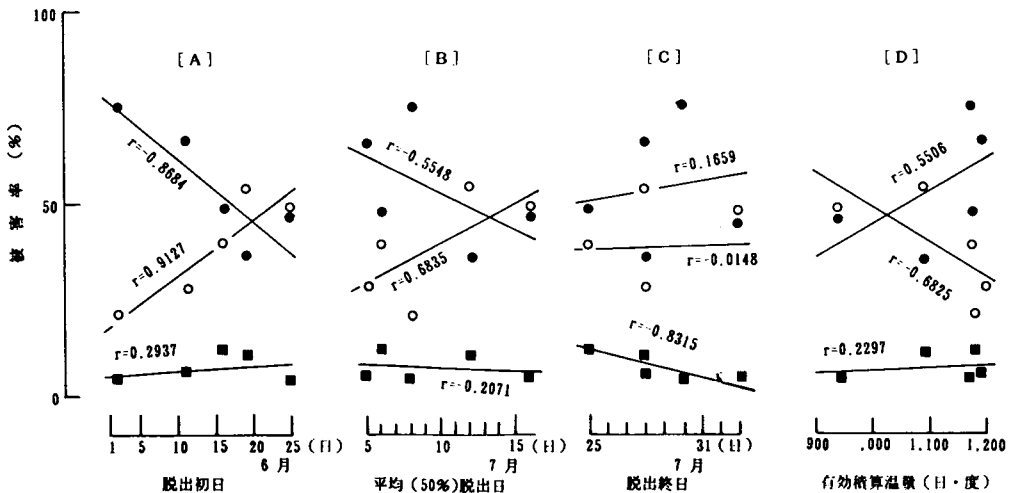


図-9 カミキリの脱出初日、平均(50%)、最終日および有効積算温量(15℃以上)とマツ枯れ被害率との関係(記号は図-8を参照)

積算温量(D)と秋、冬、春各々季節別の被害率との関係を示した。

カミキリの羽化脱出初日と被害との関係(A)では、秋枯れはカミキリの脱出初日の早い年ほど被害率が高く、遅れるほど低くなる傾向が見られ、冬枯れはこれと正反対の傾向を示し、それぞれの相関係数は高かったが、春枯れでは明瞭な傾向は見られなかった。すなわち、カミキリの羽化脱出の早い年には秋枯れが増加し、遅い年では冬枯れの増加することが明らかにされた。カミキリの平均(50%)脱出日との関係(B)では、脱出初日との関係に比べ、やや低い相関値を示したがほぼ同様の傾向がみられた。脱出最終日の早晩と秋、冬枯れとの間ではほとんど相関関係がみられなかったが、春枯れでは脱出最終日が遅れるほど被害の減少する傾向がみられた(C)。一方、カミキリの行動を支配する、15℃を基準とする有効積算温量(6~9月)と季節別被害率との関係

(D)では、秋枯れ被害率はカミキリ活動時期の温量が高くなるほど増加しているが、冬枯れ被害率は逆にこの温量が高まるほど減少している。

以上見てきたように、秋枯れや冬枯れの発生量はカミキリの羽化脱出経過の内、その脱出初日や平均（50％）脱出日の遅速が大きく関係し、またカミキリの行動を制御する期間内の積算温量が重要な意味をもつことが明らかにされた。マツ枯れ症状の発現の時期別にみた2つのパターン、すなわち、秋枯れと、それ以後の枯れを説明するには、ここで触れたカミキリの発生活長の遅速やその制御因子である温量のみならず、寄主側の抵抗性因子にも眼を向けなければならない。すなわち、寄主マツ個体の抵抗性の強弱によって、症状の発現に遅速が生じ、抵抗力のない弱い個体は速やかに発病して秋枯れとなり、強い個体はセンチウなどの侵入に対して抵抗性を発揮することにより発病を遅らせ、冬枯れあるいは春枯れとなるものと理解される。

寄主側のマツの抵抗性は個体ごとの遺伝的性質や生立している立地環境などにより決定されると考えねばならないが、ここではカミキリの活動時期にあたる6月から9月までの樹体生理を支配する因子として、その期間内の降水日数、降水量、および気温（暖かさの指数）をとりあげ、マツ枯れとの関係を検討した（図-10）。

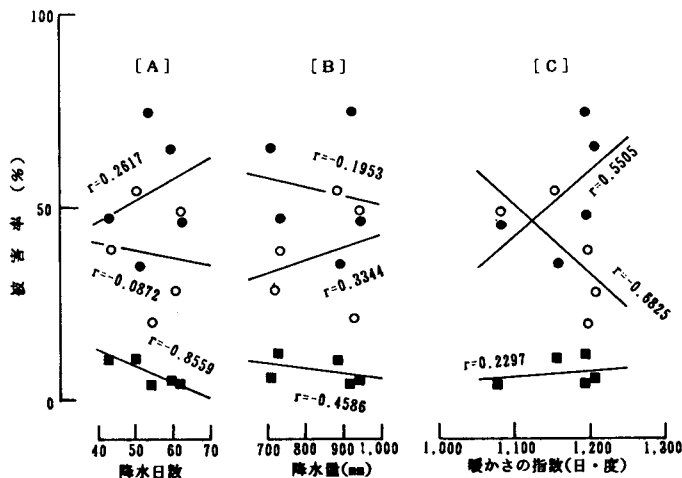


図-10 マツ枯れ発生年の6月から9月までの降水日数、降水量ならびに暖かさの指数（5℃以上）とマツ枯れ被害率との関係

図-10のAでは、この期間内の降水日数と枯れ症状の関係を表わしているが、秋、冬枯れではあまり明瞭な傾向は示していない。ただ、春枯れは高い相関関係を示し、この期間内の降水日数が多いほど被害量が減少する傾向が見られた。降水量との関係(B)では全体的にバラツキが大きく明らかな傾向は見出せなかった。また、暖かさの指数との関係(C)では、この期間内の指数値が高いほど秋枯れが増加し、冬枯れは逆に減少した。このことは先に指摘したように発病時期を決定する上で寄主マツ個体の生理的状态（抵抗力）が重要な役割を果たすことを示しているものであろう。

ま と め

マツ枯れのメカニズムを解明するため、上賀茂試験地でのカミキリの動態とこれを取り巻く要

因について検討してきた。まず、カミキリの羽化脱出は6月上, 中旬に始まり, 平均(50%)脱出日は7月の上, 中旬, 最終日は7月末であることが明らかにされた。また, 羽化脱出したカミキリの性比はほぼ1であるが, 雄個体が雌個体よりやや早く脱出する傾向がみられた。羽化脱出をコントロールする温量に関しては幼虫の発育と蛹化, 成虫の羽化, 脱出ステージを同一温度を基準として解析することに問題があることを提示した。そこで本研究では, これに代わる方法として, 蛹化, 羽化脱出時期に焦点を合わせ, 年度ごとに変動する脱出速度に影響されず, 10%から90%に至る各累積脱出率のいずれにも一定の積算温量を与える基準温度として, 平均気温16℃を得た。

カミキリ261頭から検出された保持センチウ数は0~49,000頭の範囲にあり, 平均保持数は約1,800頭であった。この値はマツ枯れ激害地で調べられた数の約10%に相当しており, 上賀茂試験地内のカミキリが保持するセンチウ数は少ないことが明らかになった。

マツ枯れの季節変化とカミキリの羽化脱出時期との関係において, 羽化脱出初日の早い年には秋枯れが, 遅い年には冬枯れが増加する傾向がみられた。また, 気象環境はカミキリの行動や寄主マツ側の抵抗性を支配することにより, マツ枯れの発生の時期を制御することが明らかにされた。

マツ枯れのメカニズムについてはこれまでも多くの研究成果が得られているが, まだ解明されねばならないことが多い。今後, さらにマツ枯れのメカニズムの究明と同時に被害の減少, あるいは被害を終らせるための努力が必要であり, 引き続き上賀茂試験地においてマツ枯れに関する調査を進める予定である。

引用文献

- 1) 徳重陽山・清原友也：マツ枯死木に生息する線虫 *Bursaphelenchus* sp., 日林誌 51:193~195, 1969
- 2) 岡本憲和・渡辺政俊・中井 勇・古野東洲：上賀茂試験地におけるマツ枯れについて—発生から1988年までの被害の経緯— 京大演集報 20:26~43, 1990
- 3) 二井一禎・岡本憲和：マツの材線虫病感染源に関する生態学的研究(Ⅲ)マツの材線虫病被害分布の拡大の様式 100回日林論:549~550, 1989
- 4) 二井一禎・中井 勇・吹春俊光・赤井龍男：マツの材線虫病感染源に関する生態学的研究(Ⅰ)枯損アカマツ樹体内における病原線虫の動態 京大演報 57:1~13, 1986
- 5) 中井 勇・二井一禎・赤井龍男：マツの材線虫病感染源に関する生態学的研究(Ⅱ)非激害型アカマツ林分におけるマツノマダラカミキリの生態とその駆除方法について 京大演報 57:14~25, 1986
- 6) 岸 洋一：マツ材線虫病—松くい虫—精説 292pp., トーマス カンパニー 東京, 1988
- 7) 遠田暢男：マツノマダラカミキリの生活史 森林防疫 297:2~5, 1976
- 8) 吉田隆夫・白猪吉郎：京都府下におけるマツノマダラカミキリの生態と防除(予報) 日林関西支講 29:134~136, 1978
- 9) 富樫一己：石川県におけるマツノマダラカミキリの越冬状態(予報) 石川県林試研報 10:39~50, 1980
- 10) 榎 幹雄・伊藤孝美：マツノマダラカミキリの生態に関する研究(Ⅰ) 府下における発生消長 大阪農技セ研報 16:55~60, 1979
- 11) 井戸規雄・武田丈夫：マツノマダラカミキリの生態・形態に関する2・3の知見 日林関西支講 23:180~182, 1972

- 12) 横溝康志・高久健一：被害予察システム確立に関する研究 栃木林業センター年報 11：20～29, 1981
- 13) 遠田暢男：マツノザイセンチュウの媒介昆虫と保持数 日林関東支講 30：15, 1972
- 14) 細田隆治：マツノマダラカミキリの大きさと材線虫保持数 日林関西支講 25：306～309, 1974
- 15) 竹谷昭彦・奥田素男・細田隆治・井戸規雄・武田丈夫：マツノマダラカミキリ羽化脱出時期別ならびに飼育経過日数による保持線虫数 日林関西支講 25：267～270, 1974
- 16) 竹下 努：鳥取県におけるマツノザイセンチュウの分布と被害 85回日林講：283～284, 1975
- 17) 中井 勇・二井一禎・古野東洲：上賀茂試験地におけるマツノマダラカミキリの誘引トラップの使用とその周辺の被害について（未発表）
- 18) 遠田暢男・池田俊弥・尾田勝夫：マツノマダラカミキリ成虫の密度推定（1.）—マツの枯損量と羽化脱出数 92回日林論：367～368, 1981