

森林防疫

FOREST PESTS

VOL. 24 No. 10 (No. 283)

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

1975. 10. 1 (月刊)



松くい虫特別研究特集号

マツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus* HOPF) の生殖器に寄生する線虫

遠田 暢 男

農林省林業試験場昆虫第2研究室

マツノザイセンチュウは成虫の腹部各気門から通ずる気管にだけ侵入し、消化器官と生殖器官および体腔内からは検出されない。生殖器には他の線虫が寄生し、卵巣小管と睪丸に昆虫寄生性の Neotylenchidae 科の線虫が普遍的に検出される。寄生部が異常に肥大し、このため卵が形成されないか、正常な個体より産卵能力が低下する。

写真左下は正常、右上が線虫のため肥大したマツノマダラカミキリの睪丸 (1969年7月)。

目 次

マツノザイセンチュウその後の研究—感染から発病までの線虫とマツの相互関係をめぐって	橋本 平一.....	2
マツ樹体内におけるマツノザイセンチュウ個体群の消長	真宮 靖治.....	5
マツノザイセンチュウの高等植物組織による繁殖—アルファルファの場合—	田村 弘忠.....	9
線虫とかびとカミキリと	小林 享夫.....	12
マツノマダラカミキリの個体数変動要因	森本 桂・岩崎 厚.....	15
マツノマダラカミキリ個体群の変動要因の調査	越智 鬼志夫.....	18
マツの枯損とマツノマダラカミキリの数	小林 一三.....	19
マツノマダラカミキリの発育と温度との関係	遠田 暢男.....	21
マツノマダラカミキリ成虫の行動習性	山根 明臣.....	24
マツノマダラカミキリの分布	野淵 輝.....	26
〈被害速報〉昭和50年8月～9月の森林病害虫等被害発生状況		27

マツノザイセンチュウその後の研究

—感染から発病までの線虫とマツの相互関係をめぐって—

橋 本 平 一

農林省林業試験場九州支場樹病研究室長

はじめに

本誌No.243 (1972) で松くい虫特別研究特集号¹⁾ が掲載されて、早や3年の歳月が過ぎた。その後、新たな特別研究「材線虫によるマツ類の枯損防止に関する研究」に沿って現在研究が進められている。樹病関係の研究内容はマツノザイセンチュウ (以下線虫という) の生態と寄生性を中心に進められている。特に線虫がマツに侵入して、どのような仕組みによってマツを萎凋させるか、いわゆる萎凋枯死機構の解明に向けて研究は展開されつつある。今回は九州支場樹病研究室で実施してきた49年度までの試験結果に基づいて、線虫の感染から発病までの期間における樹体内での線虫の動態とマツの病態反応を中心に加害性の発現条件を加味してご紹介する。

1. 線虫の増殖と食物源および加害性

線虫の持つさまざまな性質については十分に判っていないが、基本的な性質としての材線虫の増殖について述べる。この線虫は菌食性線虫のグループに属し、糸状菌で容易に培養できる。約50種の糸状菌を用いた培養実験¹⁵⁾によると線虫が盛んに増殖する菌から、全く増殖しない菌まであり、菌の種類により線虫に利用されやすいものから、利用され難いものまでであることが判る。これらの違いが菌糸の構造または成分の違いによるものかは明らかでない。

この線虫が良く増殖する *Botrytis Cinerea* 菌を用いた線虫の増殖と温度の関係¹⁷⁾を見ると、増殖適温は25~30°Cの範囲にあり、発育限界は9°Cあたりにある。適温で線虫を培養すると約2週間で1万倍に達するほどの爆発的な増殖をみる。糸状菌による培養のように食物源となる菌糸が豊富な場合には適温条件下におくと摂食活動が盛んになるために、線虫の発育→生殖活動→産卵と速やかなサイクルを繰返し膨大な数に増殖する。一方、低温 (15°C) では明らかに増殖数は少なく、線虫の生殖活動は不活発になる。

つぎに、生立木や丸太中での線虫の増殖経過を示すと、まず、抵抗性マツの生立木中では移動した線虫は約

2週間で減衰をたどり、増殖は認められないが⁵⁾²⁵⁾、感受性のマツでは樹体の機能が低下すると増殖が認められる²⁾⁴⁾⁶⁾¹⁶⁾¹⁸⁾²¹⁾²³⁾²⁵⁾²⁶⁾。これらの両者のマツを伐倒して丸太にした条件で、ただちに線虫を接種すると抵抗性、感受性マツをとわず容易に増殖がおこる⁷⁾。このような現象からみると抵抗性マツ (生立木) の組織内では線虫は摂食行動を営むとしても、養分の摂食が充分でなく飢餓状態になって消滅するのではなからうか。感受性のマツでは機能低下がおこれば養分の吸収が可能になり生殖活動が営まれる。さらに丸太 (生木を丸太にすると組織は次第に変質する) にすれば抵抗性のマツでも増殖が容易におこる。このことは、組織の機能が低下するか、または組織の死により、養分の摂食が容易になったことを意味する。つまり、生きている組織からは増殖にたりの充分な養分を摂取できないが、機能が低下した組織や丸太の状態からは養分の吸収が可能になる。では、組織中の食物源は何にもとめているか、この点については確たる証明はないが、組織中の柔細胞か糸状菌というところで論議が集中している。

2. 樹体内における線虫の動態とマツの反応

線虫の研究に着手した当初は枯損木や樹脂分泌の異常がかなり進んだマツからは線虫が容易に検出されたが、異常の初期段階 (接種後約20日以内) ではほとんど検出されず⁶⁾、この期間の線虫の存在場所をめぐってさまざまな推理がなされた。たとえば、根糸への集中、樹脂による線虫の封じ込めなどであるが、これらの推測を裏付けするデータは見い出されなかった。そこで、次のような実験を試みた。僅か数頭の雌雄の線虫をマツ丸太の1点⁷⁾にまたは、1頭ずつ別々の位置に接種した場合に、この丸太中では約30日で数万倍の増殖を見た。この丸太の実験からヒントを得て、感染初期の樹体内の線虫の行動を追った。

その方法²⁾はマツの生立木に線虫を接種して樹脂分泌に異常 (+) があらわれる以前に伐倒して全樹幹を50cmに玉切り、夏期の室温に1カ月程度保った後に各丸太より線虫を分離すると伐倒時にはほとんど検出できなかつ

た丸太から多数の線虫が検出された。この実験によって行方が判らなかつた線虫は実は樹体の全身にすでに潜入、分散していることが明らかにされた。この方法を通常分離方法（即日法）に対して据置法と呼んでいる。この両方法の組合せによって樹体内の線虫の移動・分散を確めた²⁾⁴⁾¹¹⁾¹⁸⁾²⁵⁾。

感染の場での線虫の動態：線虫がマツに接触する最初場所（感染の場）は自然条件下ではマツノマダラカミキリの後食痕であり、人工接種の場合には接種傷部¹⁹⁾であるが、この感染の場に人工的に分散型第4期幼虫（dauer larvae）を接種すると常温で3～4日目から2期幼虫が検出され³⁾、この場では少なくとも生殖活動が営まれているのであるが、その個体数の増加はあまり顕著でない。したがって感染初期の傷部からは線虫は食物を充分には得ることが出来ないものと思われる。そして、感染した線虫は速やかに組織内に潜入するが、その数はおおよそ、高密度接種頭数の1割以下の値を示す例が多く、大部分はこの場に留まっている³⁾²²⁾。

マツを萎凋させるに必要な潜入線虫の最小頭数なるものが判れば便利であるが、感染の場で死滅する個体もかなり見られ死亡、増殖、移動の結果、その収支は補え難い。

樹体への移動、分散とマツの病態反応：一たび組織内に潜入した線虫は樹幹の上下垂直方向さらに枝条部へと速やかに移動・分散し、水平方向にも移動する⁴⁾²¹⁾。発病が速やかに現れるマツでは線虫は樹脂分泌異常に先行して樹体全身に分散している例が多い。線虫が全身に行き渡る期間は樹高8mのマツに例をとるとほぼ10～14日頃のようにである²⁾⁴⁾¹¹⁾。この時期の線虫密度は接種点附近を除くとほぼ均一に分布し1頭/材片生重10g以下の

低密度を示す¹⁸⁾²¹⁾。この期間は図一に示す分散期にあたる。線虫の移動の速さは樹体内の垂直方向に80～20cm/1日（平均50cm/1日）と推定される。

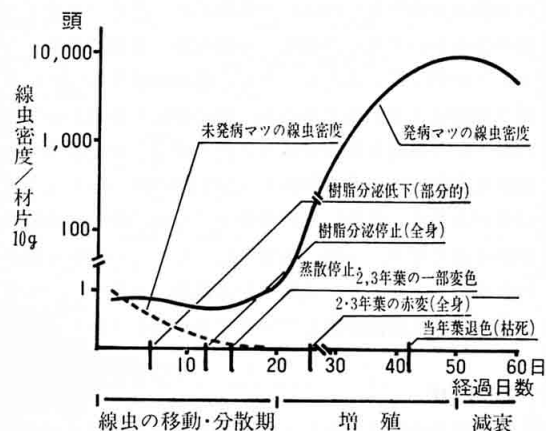
このように、線虫が一定の密度に分散した後に樹体全身に爆発的な増殖が始まる（但し、大径木に見られるように秋枯れ型や部分枯れの被害木においては変色部または一部の限られた場所で増殖している²⁰⁾）増殖が始まると樹体からの線虫の分離は容易でピーク時には1,000～10,000頭/材片生重1gにまで達する。この期間は図一の増殖期にあたり、線虫の発育ステージは各齢構成にわたるが、2期幼虫の数が圧倒的な比率を占め、その後、線虫密度は減衰する。（以後の生態は省略する）

線虫の感染で発病が速やかに現れる典型的な激害型枯損の場合については図一に示すような発病経過をたどる⁸⁾。まず、外観的には全く病徴が認められない頃、早いものでは4～5日後に樹脂分泌に異常が現れる。異常の現れ方は最初は接種点附近から始まり徐々に全身に波及する。異常の初期には雨が降ると樹脂分泌が回復したり、異常が部分的であったりするが、その内に樹脂分泌は回復しなくなる。この頃より針葉から蒸散が停止するが、おおよそ接種後20日前後にあたる。外観に病徴が現れるのはこの時期以後からである。まず2、3年葉の変色に始まるが、最初は接種枝か接種枝附近の枝の2、3年葉の一部に炎黄色の変色が現われ、全枝の2、3年葉へと拡がり鮮褐色に変色する。その後、時間をおいて、当年葉に退色が現われるが、2、3年葉の変色は材線虫病特有の病徴を示し、当年生葉の退色は水分不足による乾燥枯れの症状を呈し、この病徴の違いは発病機構上、重要な意味を持っているように思われる。参考までに土壌を乾燥させた場合の枯損経過を示すと、樹脂分泌、蒸散停止までは材線虫病と同じ経過を示すが、外観的な病徴はまず全針葉に退色が見られ、新葉のシュートから変色をはじめ、2、3年葉へと拡大される。したがって材線虫病でみられる2、3年葉の特有な変色は乾燥枯れの場合には見られない。

3. 線虫の加害力とマツの抵抗性

線虫の初期密度と加害性：前に述べたように樹体内に移動・分散する線虫数は捕え難い。そこで、苗木や成木について接種頭数(30, 300, 3,000, 30,000頭/供試木)を定め、加害性を調べた⁹⁾¹¹⁾¹⁸⁾。その結果、枯損木、異常木の発生は高密度ほど高く、明らかに接種密度と加害性の関係は認められた。しかし、樹高3mのマツでは3,000頭と30,000頭では枯損程度にあまり顕著な違いは認められず、樹体内に侵入した頭数にはあまり差がなか

図一 マツ（成木）の樹体内における線虫の動態とマツの病態反応経過



ったのではなからうか、300頭では枯損の発生が遅れ、枯損率もある程度低い。30頭では樹体内の線虫は14日以後には減衰して据置法によっても線虫は検出されず増殖する力を失っていることが判る。以上の結果から、5 m以下の幼齢木では環境条件にもよるが、300頭接種で、まず発病させることができる。発病の成立と接種密度の兼ね合いについてみると、先に述べた丸太の実験では僅か数頭の線虫でも増殖が起っており、30頭では十分に生殖できる密度ではあるが、健全な幼齢木の場合には組織を破壊して機能低下をもたらすに足りる密度ではなさそうであり、線虫は養分の摂取ができないまま飢餓状態に達し減衰をたどるのではなからうか。一方密度が高いと組織の破壊が急速に進み、機能低下をもたらす、養分の吸収が容易になり、その結果、増殖が進むものと考えられる。このように考えると、線虫の加害力が維持できる間にマツの機能低下をもたらさなければ発病は成立しえないといえよう。

マツ側の抵抗力：清原ら²⁷⁾ (1971) の接種実験でマツ属の中には材線虫に強い種類と弱い種類があることが明らかにされている。この違いは種 (Species) 自体がもつ遺伝的に備わった性質とみなされるが、感受性の在来マツの中にも抵抗力の遺伝子を備えた個体が存在していないか、目下、育種研究者により選抜が試みられている。

ここでは、線虫の感染で発病する個体と発病をみない個体では樹体内に潜入した線虫の動態にどのような違いが生ずるか、また、その結果から発病成立についての問題点にふれる。まず抵抗力、感受性のマツ共に感染初期の線虫の移動と分散にはあまり大きな違いは認められないが²⁵⁾、抵抗力 (テーパーマツ) では約2週間前後を境として潜入した線虫の減衰がおこり、据置法によっても線虫は検出されず、すでに線虫は回復力を失っている。また感受性のマツの中にも発病がおこらない個体では抵抗力マツと同じ傾向をしめす²³⁾²⁴⁾²⁶⁾。これに対して、発病が速やかなマツでは機能低下がおこって線虫は増殖へと進む。このように、発病が成立するか否かの接点では、マツを機能低下に導くまで線虫は活動力を維持しながら、何時でも増殖できる体勢を備えている場合にはじめて発病が成立するのではなからうか、反対に発病をみない場合には、マツ側に線虫の加害力に耐えられる何らかの要因が働いて、線虫はその個体数を維持できずに密度は減衰の一途をたどるものとみなされる。そこで、マツに機能低下を起させるまでに線虫が活動力を維持するには、組織からの養分の吸収でかろうじて生命を保っているか、僅かながら世代を繰返して生命を維持してい

るかのいずれかと推察されるが、この点、確たる証拠は得られていない。

4. 加害性発現の条件

加害性を左右する環境因子については充分には判っていないが¹⁴⁾、ここでは温度と土壌水分について述べる。

温度と加害性：苗木による温度実験では25、30°Cで枯損が発生し、15、20°Cでは発病しない¹²⁾。また、標高別に材線虫病による枯損を調べた結果¹⁰⁾¹⁹⁾、温度と発病の関係を裏付ける成果が得られた。25~30°Cは線虫の増殖適温と一致しており、線虫の活動が盛んなために加害性が現われるものと考えられる。

別の実験²⁴⁾では18°C条件にマツ苗を根付のまま掘り取って流水に根をつけた状態においた場合と鉢付きの健全苗とで線虫の加害性を見ると前者では線虫の増殖がおこり病状も進展するが、後者では線虫の増殖はおこらず枯損しなかった。つまり、マツの健康状態が悪化すると18°Cでも線虫の増殖が起るが、健全なマツは18°Cの条件では抵抗力を示すようである。また35°Cの条件では、健全な鉢付きの苗木も速やかに枯損し、線虫は増殖していた。これらの実験結果から、温度は25°C以上の高温では加害性を示すが、マツの健康状態によっては低温(20°Cくらい)で加害性を示すことも考えられる。また、培養実験では35°Cは線虫の増殖には適さない温度であるが、苗木に接種すると速やかに増殖がおこり、マツは枯損することから考えると、樹体内の温度は外気温35°Cより低い値を示すのではなからうか、また、マツ側の抵抗も高温条件下でかなり低下しているものと予想される。

土壌水分と加害性：材線虫病が萎凋病に属する病気であるならば、土壌水分の影響はマツの抵抗力に密接な関係をもつものと予想される。土壌水分と加害性についての実験は大山²⁸⁾ら(1975)の報告があり、その他若干の例があるがいずれも、強度の土壌乾燥は加害性が高くなることが判っている。もっとも、乾燥処理自体マツに及ぼす影響は大きいのであるが、単に線虫の加害が加算されたという単純な被害ではなさそうで、今後土壌水分の微妙な変化と加害性の関係を水分生理の面から追究する必要がある。確かに自然条件下でも雨が降ると樹脂の滲出は良くなり、一時、異常になったマツの樹脂分泌が回復することがあり、土壌水分は線虫によるマツの被害発現に微妙な役割を果していることが暗示される。

むすび

特別研究は50年度をもって終ることになるが、材線虫

病の研究の核心である萎凋枯死機構については今後に期待するところが大きい。現在も、さらに新たな知見が出されつつあり、材線虫病の研究はこれからという感じがする。今後の研究課題としては、これまでに述べた問題点を探ぐることはもとより、マツの異常生理についての研究、発病を支配する条件、組織の病態変化等の基礎的研究へと進展するであろう。

引用文献

- 1) 伊藤一雄ほか (1972) : 森林防疫 : 20(6) 108~144
- 2) 橋本平一・清原友也 (1972) 83回日林講 : 327~380
- 3) ————ほか (1972) : 林試九州支場年報(45) 11
- 4) ———— (1973) : 日林九支研論(8) 187~188
- 5) 堂園安生・清原友也・橋本平一 (1973) : 日林九支研論(8) 183~184
- 6) 橋本平一・—————・堂園安生 (1973) : 日林九支研論(8) 189~190
- 7) ————・堂園安生 (1973) : 日林九支研論(8) 185~186
- 8) 清原友也 (1973) : 日林九支研論(8) 195~196
- 9) ————ほか (1973) : 日林九支研論(8) 191~192
- 10) ————ほか (1973) : 日林九支研論(8) 193~194
- 11) 橋本平一・清原友也 (1973) : 84回日林講 330~331
- 12) 清原友也 (1973) : 84回日林講 334~335
- 13) 堂園安生 (1974) : 日林九支研論(9) 163~164
- 14) 橋本平一 (1974) : 日林九支研論(9) 155~156
- 15) 堂園安生 (1974) : 日林九支研論(9) 161~162
- 16) ————・橋本平一 (1974) : 日林九支研論(9) 165~166
- 17) ————・吉田成章(1974) : 日林誌56(4) 146~148
- 18) 橋本平一・讃井孝義 (1974) : 85回日林講 251~252
- 19) 橋本平一ほか (1974) 85回日林講 253~255
- 20) 橋本平一・清原友也 (1975) : 日林九支研論(9) 169~170
- 21) 鈴木和夫・清原友也 (1975) : 日林九支研論(9) 171~172
- 22) 清原友也ほか (1975) : 86回日林講 299~300
- 23) ————・鈴木和夫 : 86回日林講 296~297
- 24) 堀田隆ほか (1975) : 86回日林講 303~304
- 25) 橋本平一・堂園安生 (1975) : 86回日林講 301~302
- 26) 鈴木和夫・清原友也 (1975) : 86回日林講 290~292
- 27) 清原友也・徳重陽山 (1971) : 日林誌53 : 210~218
- 28) 大山浪雄 (1975) : 日林九支研論 (1975) 107~108

マツ樹体内におけるマツノザイセンチュウ個体群の消長

真 宮 靖 治
農林省林業試験場樹病研究室・農博

マツノマダラカミキリの媒介で、健全なマツ*へ伝播されたマツノザイセンチュウは、樹体に侵入して新らしい生息場所への移動を果たす。1本のマツの木の樹体内を閉鎖された生息場所として、以後マツノザイセンチュウ1個体群の消長が、マツの発病、病状進行、枯死の経過のなかで展開されるのである。そして、最後には、媒介者マツノマダラカミキリとのかかわりあいが線虫個体群の継続発展上、必然の生態的適応としてあらわれる。

マツノマダラカミキリの後食活動と、それにひきつづくマツの感染、発病、枯死、そしてふたたび媒介者とのむすびつき、このような経過のそれぞれの局面における

マツノザイセンチュウの消長、すなわち1個体群としての「生活環」のおおすじを本稿においてしめしてみた。

マツノザイセンチュウの発育と生活史

樹体内における線虫個体群の消長をみていくにあたっての基礎として、まず個体の発育、生長の経過が明らかでなければならない。マツノザイセンチュウが属するグループの線虫の食性上の特徴は菌食性であることで、いろいろな糸状菌を対象としてその菌糸から養分を摂取する。マツノザイセンチュウについては、*Botrytis cinerea*をえさとして、実験室的に培養して、個体の生長経過、生活史などが究明されている。(真宮, 1975)。

* 本文中でいうマツとは、アカマツ、クロマツを指す。

25°Cの温度条件下において、卵は産下後約30時間でふ化する。卵内で1回脱皮したのち、ふ化した第2期幼虫は、直ちに摂食活動にはいり、3回の脱皮と、体長増大、生殖腺の発達をともないながら生長して、4日後には成虫になり産卵活動をはじめ。えさがない場合には、幼虫は生長できない。雌雄交尾して産卵が行われる。本線虫では、交尾が産卵活動のために必須である。雌成虫は30日前後の産卵期間をもち、およそ100個の卵を産む。

生長は30°Cでもっともはやく、1世代は3日間で完了する。25°Cでは4日、20°Cで6日、15°Cで12日である。温度があがるとともに生長ははやまり、1世代完了に要する時間は短くなる。しかし、ある温度をこえると、生育上の障害が起こって増殖が抑制される。28°Cで生育障害がみられ、33°Cでは一層顕著で、この温度以上ではもはや個体数の増加はない。温度と发育速度との関係から理論的数値としてえられた发育限界温度は9.5°Cである(図-1)。実験的にも、この線虫は10°C以下では发育できないことが明らかにされている。

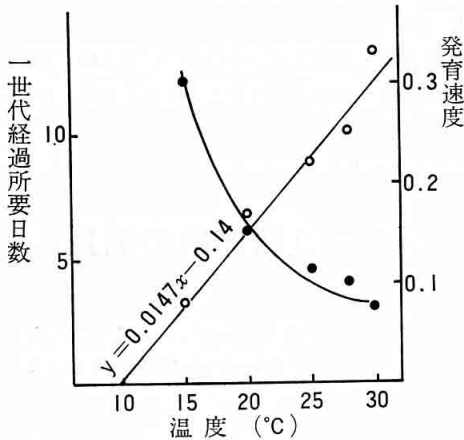


図-1 发育と温度の関係(真宮, 1975)
1世代経過所要日数の逆数を发育速度とすると、その直線がゼロとなる温度が发育限界温度である(=9.5°C)

マツノザイセンチュウはマツ樹体内で、いままでみてきたような生長経過をたどり、数多くの世代をくり返しながら旺盛に繁殖する。やがて生息場所の材組織が、樹体枯死後の時間的経過とともに変質の度をすすめていくなかで、こうした環境変化に対応するように、分散型第3期幼虫、分散型第4期幼虫(耐久型幼虫)が線虫の生活環において特殊化したステージとしてあらわれてくる。分散型第3期幼虫は、生息に適さなくなった環境においてより耐性を備えたステージとして、また、つぎの分

散型第4期幼虫へ確実にすすむための前駆的なステージとして位置づけされる。分散型第4期幼虫は、媒介者の体に保持されて、新しい生息場所へ直接的な分散を行うステージとして適応している。世代のはやりくり返しで個体数を増加させる増殖期に対して、新しい生息場所を求めて行う分散移動に備えたステージという生態的な意味において「分散型」としたのである(石橋・近藤, 1974)。同様なステージ、とくに耐久型幼虫(dauerlarvae)は、昆虫の伝播にたよる線虫の多くの種類で、生活環における必然の適応として存在する。マツノザイセンチュウでその存在が明らかにされた分散型第3期幼虫については、それに該当するステージが他の線虫ではいられていない。このステージの存在は、分散型第4期幼虫(他の線虫でいう耐久型幼虫=第3期幼虫)との連続的關係において、新しい生息場所への分散という線虫の生態上の機能に関して1つのパターンを新たに提示したものと考えられる。

線虫個体群のマツ樹体内での消長

健全なマツに伝播されたマツノザイセンチュウが、樹体に侵入したあとの動態、とくに感染初期におけるそれ

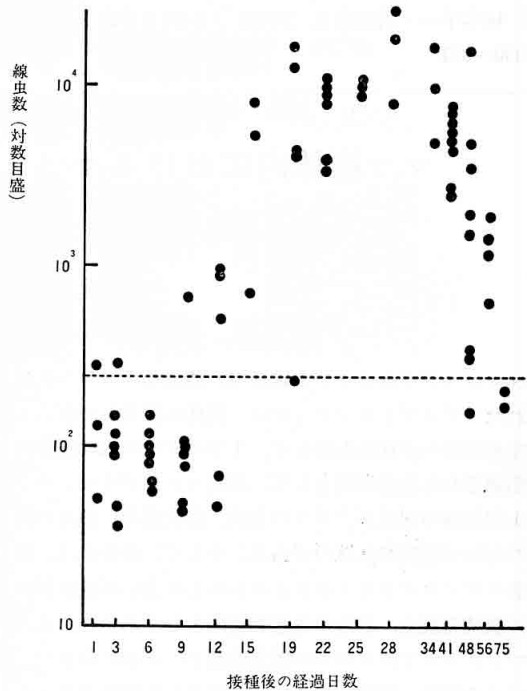


図-2 苗木樹体内の線虫個体数
苗木1本当りの全線虫数から、苗木絶乾重1g当りに換算。点線は苗木1本当りの接種頭数(5,000頭)を苗木絶乾重1g当りにしたもの(=240頭)

については、マツ樹体に生理的異常を起こす線虫の役割を明らかにしていくうえでの重要な手がかりとして究明がすすめられている。このことはまた、以後における樹体内での線虫個体群の消長を左右する出発点としても重要な意味をもっている。

線虫は樹体への侵入後、比較的短時間のうちに樹体内を広く移動することが明らかにされている(橋本・清原, 1973, 橋本・讚井, 1974)。一方、線虫の個体数の増加は、樹体の生理的異常=樹脂滲出の異常が起こってからにみられる。いま、苗木を使った接種実験の結果から、この経過を追ってみる(真宮, 1974, 1975)(図-2)3年生のアカマツ、クロマツ苗に対して枝接種を行った。接種後24時間で線虫は接種枝以外の部分に移動しているのが認められた。数のうえでみると、接種枝以外の部分から検出される線虫はごくわずかで、この傾向は9日目までつづいている。9日目あるいは12日目で接種頭数をこえる線虫が検出され、接種枝以外の部分での個体数増加が明らかであった。15日目以後の個体数の増加はきわめて顕著で、樹体各部分での盛んな増殖活動が認められた。樹脂滲出の状況は、6日目ですでに異常をあらわしていた。組織解剖学的な観察によって、このような感染初期における線虫の動態を、樹体の組織にみられる反応との関連でしらべた。接種24時間後、接種枝では皮層の樹脂道に多くの線虫がみられ、木部にはまだいな

い。3日目になると、木部の樹脂道にも線虫が観察されるようになり、樹脂細胞の破壊もすすんでいた。また、接種枝全域にわたって放射柔細胞の変色、核の変形、崩壊など細胞の質的变化が目立つようになった。6日目では、接種枝における樹脂細胞の破壊は一層すすんでいた。一方、主幹には線虫を確認できなかったが、樹脂道を囲む柔細胞の変色、変質が随所に起こっていた。9日目、線虫個体数が接種頭数をこえた苗木では、主幹において横断面でみてその4半分から半分の部分の樹脂細胞が集中的に破壊されていて、そこには線虫の生息が認められた。このような樹脂道には卵も多くみられ、盛んな増殖活動の進行をしめしていた。また、放射柔細胞の変質が、線虫のいない残りの部分も含めて断面全域にわたって広く起こっていた。その後は線虫個体数が急激に増加するのであるが、そのような樹体では樹脂細胞の全面的な破壊へといたる。主幹に樹脂滲出異常が発現したその時期には、線虫の生息はまだ接種枝に限定されている。すなわち、樹脂滲出異常は、線虫生息と樹脂細胞の破壊に先行する現象としてあらわれているということである。樹脂道や放射組織の柔細胞に、線虫の直接的な破壊にかかわらないような変質がみられたことは、線虫の働きかけに対する樹体の生理的反應の1つの具体的徴候

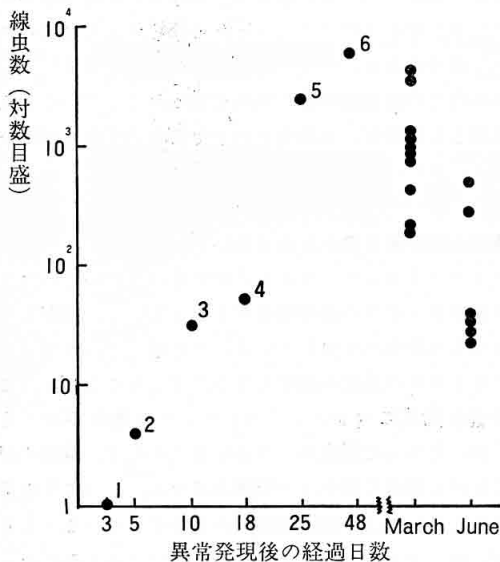


図-3 樹体内の線虫個体数(材絶乾重1g当り)クロマツ7年生, 1971年7月5日接種, 各節間ごとに調べた線虫数の平均, 1:外観健全, 2:外観健全, 3:外観健全, 蒸散停止, 4:外観健全, 蒸散停止, 5:萎凋, 6:萎凋, 針葉変色

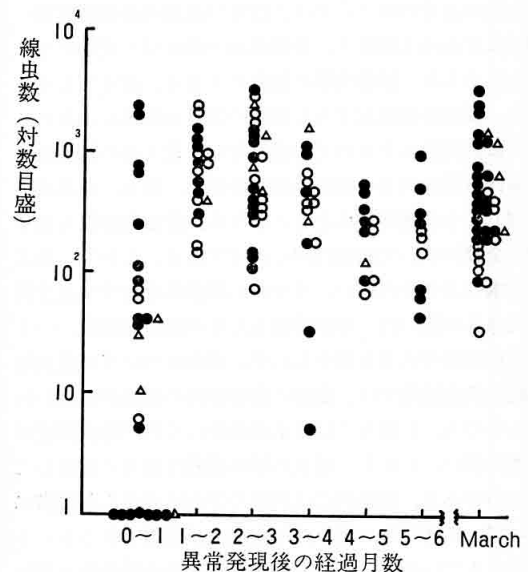
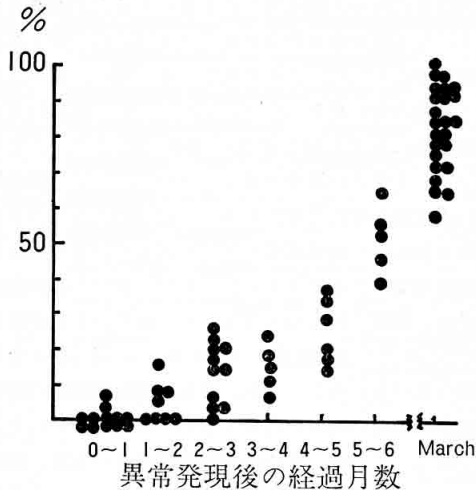


図-4 樹体内の線虫個体数(材絶乾重1g当り)各調査木につき2mおきに調べた線虫数の平均 ●千葉県俣田試験地, アカマツ22~25年生, 自然感染被害木, 1972, 1973年。 △神奈川県茅ヶ崎試験地, クロマツ20年生, 自然感染被害木, 1974年。 ○千葉県市原試験地, アカマツ26年生, 3万頭接種, 1971年



図一五 分散型第3期幼虫の比率

各調査木につき2mおきに調べた線虫数のうち、分散型第3期幼虫の比率の平均、千葉県俵田試験地、1972、1973年

として、発病機構解明のてがかりを与える。なお、線虫の樹体内移動については、発育初期の小さな幼虫に限るとはいえ、その径路としての仮道管利用の可能性がしめされている。

上述の苗木の例でいえば、12日目以後の線虫個体数の増加はきわめて顕著で、接種後25~28日目で変動のピークをしめた。接種実験の結果によると、苗木でも成木でも、樹脂滲出状況でみた最初の異常が樹体にあらわれるのに時間的にそれほどの差はない。侵入後の初期段階における樹体内での線虫の増殖経過は、苗木、成木両者で同じように推移すると考えるなら、線虫個体数も樹体内の全数において両者は同じはずである。しかし、苗木と成木の大きさの違い、すなわち閉鎖系をなす生息空間の大きさの違いは、単位容積あたりの線虫個体数、つまり線虫密度で大きな差をしめす。成木についての線虫個体数の調査結果では、樹体に樹脂滲出の異常があらわれてからのち、しばらくは苗木の場合にくらべ線虫密度が非常に低い。しかし、線虫の増殖活動は着実に進行しているものであり、結果的には病状のさらにすすんだ段階になって、樹体のどの部分からも線虫が検出されるという状況にまでいたり、いわゆる爆発的な線虫個体数の増加が観察される。肉眼的に針葉の変色が認められるころから、枯死にいたるまでがその時期にあたる。

樹体内での線虫の生息場所は樹脂道であり、ここで摂食や生長、そして増殖が行われている。では、このような旺盛な増殖を支える食餌はなにか。菌食性であるこの線虫にとって、糸状菌の存在がまず問題となる。たしか

に、マツ材組織中における糸状菌の生息は健全な木でも認められているし、また、樹体が発病してからは外部からの菌の侵入もある。しかし、組織解剖学的観察の所見では、発病初期の、線虫が増殖活動を盛んにすすめている時期において、糸状菌菌糸の量的な広がりを認めていない。糸状菌の食餌としての重要性に疑問がもたれた。最近、この線虫を高等植物の細胞(カルス細胞)で養えることが実験的に証明されたので(本誌次の田村の文を参照)、マツ樹体の柔細胞(樹脂細胞、放射柔細胞など)が食餌源となっている可能性は一層たかまった。

樹体内という閉鎖した生息場所において、線虫の密度上昇に限界のあることは当然で、線虫は個体数変動のピークをしめすと、以後漸減する。時期的にはマツ樹体が完全に枯死したあとの、材の変質が顕著になるころである。また、線虫の年齢構成にも変化があらわれる。分散型第3期幼虫の出現である。糸状菌や細菌、また昆虫や微小動物などの生物的要因、あるいは材の乾燥、といった物理的要因によって急激に生息環境の変質がすすむ。線虫にとってはすみにくい悪環境への移行である。こうした時期において、環境耐性をもったステージとしての分散型第3期幼虫存在の意義がある。また、このステージは前述したように、媒介者によって分散移動を果たすつぎの分散型第4期幼虫へ確実にすすむためのステージとしての位置づけもなされる。時期がすすむとともに、個体群のなかで占める分散型第3期幼虫の比率はたかまっていき、やがて材の中にみられるのはほとんどこのステージだけとなる。

樹体内での線虫個体群の消長を明らかにしていくうえで基礎とした調査、実験のデータを図示しておく(図一3, 4, 5)。

線虫と媒介者とのかわりあい

マツノザイセンチュウによる被害木は、たいていマツノマダラカミキリの産卵対象木となっていて、枯死木ではふ化した幼虫が生長している。年を越して、マツノマダラカミキリの幼虫が蛹室を作りだすころになると、この蛹室の周辺にマツノザイセンチュウの集合がはじまる。春にむかって蛹室ができあがるころには、蛹室の周囲における線虫の集中は一層顕著になる。このような集中現象に対しては「蛹室効果」の名を与えている。5月にはいり、マツノマダラカミキリが蛹化するころになって、分散型第3期幼虫は分散型第4期幼虫へと脱皮する。羽化のころになると、分散型第4期幼虫は蛹室壁面にできて、多くの場合そこに密生するように林立しているある種の青変菌の子実体の突出した部分に登ったりして

いる。マツノマダラカミキリの羽化後、線虫は羽化成虫へと移行をはじめ。マツノマダラカミキリの虫体には多数の線虫が保持されるが、平均的にみるとそれは1万頭を数える。25万頭という例もあった。蛹室を囲む1~2mmの範囲の壁にこれだけの線虫が集中しているというので、それらは春材部仮道管につまるようにしてはいつている。実際には、集中した線虫全部がはこびだされるということではなく、かなりの線虫が残される。また、多数の線虫の集中がありながら、羽化脱出したマツノマダラカミキリが1頭の線虫も保持していないこともあり、虫体への移行を左右する条件の存在が考えられる。たとえば、材の極端な乾燥が、移行を阻害することが明らかにされている(森本, 岩崎, 1973)。材中にとり残された線虫は、個体群としては dead end に終る運命であり、材の一層の変質, 腐朽と、それにともなう生物相の変化などで、やがて消滅してしまう。

引用文献

石橋信義・近藤栄造: 線虫類の発育ステージと不良環境

耐性 日線虫研誌 4: 1~10, 1974
 橋本平一・清原友也: マツノザイセンチュウの樹体内移動 (Ⅲ) 84回日林講, 330~332, 1973
 橋本平一・讚井孝義: マツ樹体内におけるマツノザイセンチュウの行動とマツの異常経過 85回日林講, 251~253, 1974
 真宮靖治: マツノザイセンチュウのアカマツ・クロマツ苗樹体内における増殖の経過 85回日林講, 249~251, 1974
 真宮靖治: 感染初期におけるマツ類樹体内でのマツノザイセンチュウの動態 86回日林講, 285~286, 1975
 真宮靖治: マツノザイセンチュウの発育と生活史 日線虫研誌 5: 16~25, 1975 (印刷中)
 森本桂・岩崎厚: マツノマダラカミキリに関する研究 (Ⅳ) —蛹室をめぐるカミキリと材線虫の生態 日林九支論 26: 199~200, 1973

マツノザイセンチュウの高等植物組織による繁殖

—アルファルファの場合—

田村弘忠

農林省林業試験場樹病研究室・農博

植物組織や根辺土壌から分離される線虫の中には実際に植物組織を摂食していることがしばしば判然としなかったものが過去に数種類あった。これらの線虫は培養上糸状菌で繁殖することから植物組織に侵入し増殖した糸状菌を摂食することも十分に考えられた。その代表的な例としてニセネグサレセンチュウ (*Aphelenchus avenae*) があげられよう。この線虫は糸状菌で容易に繁殖し、過去2, 3の研究では高等植物の健全組織を加害できないものとみなされていたが、その後曲折を経て結局植物組織で繁殖できることが確認されるに至った (Baker & Darling, 1965)。その際の方法として数種類のカルス組織が用いられた。

線虫の植物寄生性を証明し、さらにその加害様式の一部を解明する方法の一つとして培養法があり、この方法ではまず無菌的に生育させた植物体に無菌化した線虫を接種する必要がある。

マツノザイセンチュウのマツ類の樹体内における食餌源は関心のある問題である。筆者らは数種類の植物カル

ス組織を用いてこの線虫の摂食、繁殖能力を調査中であり、本文ではアルファルファのカルス組織と実生根によるマツノザイセンチュウの繁殖の実験結果を報告し、合わせてニセマツノザイセンチュウについての結果を報告する。

1. カルス組織によるマツノザイセンチュウの繁殖

材料と方法

培地: 次の3種類を用いた。

改変 Krusberg 培地: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 500mg; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 125mg; KNO_3 , 125mg; KH_2PO_4 , 125mg; H_3BO_3 , 1mg; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.44mg; $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 3.6mg; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.16mg; $\text{Na}_2\text{Mo}_2\text{O}_4$, 0.25mg; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 3.3mg; グリシン, 0.3mg; ニコチン酸, 0.05mg; ピリドキシン・HCl, 0.01mg; チアミン・HCl, 0.01mg; 2,4-D, 2mg; 蔗糖, 20g; 寒天, 10g; 蒸留水を加えて 1,000ml。

改変 Hildebrandt ら培地: Na_2SO_4 , 800mg; Ca

(NO₃)₂ · 4H₂O, 400mg; MgSO₄ · 7H₂O, 180mg; KNO₃, 80mg; KCl, 65mg; NaH₂PO₄ · H₂O, 33mg; MnSO₄ · 4H₂O, 4.5mg; ZnSO₄ · 7H₂O, 6mg; H₃BO₃, 0.375mg; KI, 3mg; 醋酸第一鉄, 40mg; グリシン, 3mg; チアミン · HCl, 0.1mg; パントテン酸カルシウム, 2.5mg; 2,4-D, 2mg; 蔗糖, 20g; 寒天, 10g; 蒸留水を加えて 1,000ml.

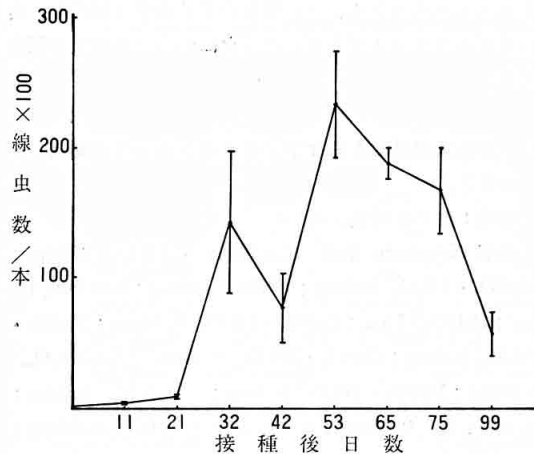
Riedel ら培地

蔗糖, 20g; 酵母エキス, 5g; 2,4-D, 2mg; 寒天, 10g; 蒸留水を加えて 1,000ml.

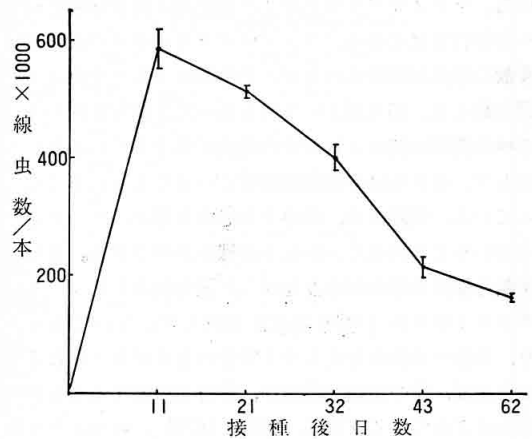
これらの培地を試験管に分注し高圧殺菌した後斜面にした。

組織：アルファルファの種子（デュピィ）をビーカー中の濃硫酸に30分間浸漬して表面殺菌した後殺菌蒸留水で9回水洗し, 10回目に2, 3滴の30%過酸化水素を加えて水洗した。あらかじめシャーレに敷いて殺菌した汚紙を殺菌水で湿めらせ, その上に種子を拡げて20°Cに保った。この場合汚紙の代りに寒天板を用いてもよいし, 種子の汚染をチェックするためPDAを用いてもよい。このようにして発芽させた実生を斜面培地に5本ずつ移植し25°C暗所に保ってカルスを形成させた。

線虫：PDAで生育させた *Botrytis cinerea* に無菌化した線虫を接種, 培養し（田村・真宮, 1973）, これを改変ペールマン装置（Sutherland, 1967）で無菌的に分離した後マイクロピペットでカルス組織に接種した。接種頭数は改変 Krusberg 培地について50, 他の培地について110。なおカルス組織による線虫数の増加パターンと比較するためにPDA斜面培地で7日間生育させた *B. cinerea* に線虫100頭を接種した。培養は25°C, 暗



図一 Riedel ら培地上のアルファルファカルス組織によるマツノザイセンチュウの繁殖, 棒線: 標準誤差, 接種頭数: 110



図二 PDA 上の *Botrytis cinerea* によるマツノザイセンチュウの繁殖, 棒線: 標準誤差, 線虫頭数: 100

所で行ない各調査日毎に各培地につき5本ずつランダムに試験管を選び, 1本毎にペールマン装置で線虫を分離した。

結果

カルス形成は改変 Krusberg 培地に比べ Riedel ら培地と改変 Hildebrandt ら培地が良好であった。線虫は Riedel ら培地上のカルス組織で繁殖したが, 他の培地では繁殖しなかった。

Riedel ら培地上の線虫数は接種後21日目から急速に増加し, 53日目に平均23,300の最高値に達した。接種後32日目で降試験管の間にみられる個体数のバラツキが大きかった（図一）。*B. cinerea* における線虫数の増加率はカルス組織に比べ著しく高く, 接種後11~12日目に最高値に達した（図二）。

2. カルス組織の培地間移植と酵母エキス添加の効果

材料と方法

改変 Krusberg 培地と改変 Hildebrandt ら培地上のカルス組織で線虫が繁殖しなかった結果により培地中の酵母エキスの繁殖におよぼす効果を検討するため次の実験を行った。

1. と同じ要領で改変 Hildebrandt ら培地で30日間生育させたカルス組織を Riedel ら培地に移植し, さらに26日後線虫100頭をこれに接種した。一方では改変 Hildebrandt ら培地のビタミン類とグリシンの代りに酵母エキスを Riedel ら培地中と同じ割合で加えた培地でカルス組織を形成させ, これに線虫100頭接種した。以下1. と同じように行った。

結果

培地間移植したカルス組織における線虫数は接種後34

日目に2,300~149,000に増加した。一方酵母エキスをビタミンなどの代りに加えた培地のカルス組織では接種後44日目に線虫数は8,000~55,000に達した(表-1)。

表-1 Riedel ら培地に移植したアルファルファカルス組織によるマツノザイセンチュウの繁殖と酵母エキスを添加した改変 Hildebrandt ら培地上のカルス組織による繁殖、
接種頭数：100, 平均線虫数±標準誤差

接種後日数	処 理	
	移植カルス組織	酵母エキス添加
34	86,660±22,754	6,240±2,051
44	68,140±22,690	36,200±7,623
64	—*	4,386±2,094

* 調査なし

線虫数が増加するにつれてカルス組織は湿潤になりこはく色になった。また線虫はカルス組織から周囲の寒天上や管遊に移動した。カルス細胞の中にはいり込んだ線虫は極くまれにしか観察されなかった。これらのことは1.においても同じであった。

3. 実生根による線虫の繁殖

材料と方法

正常に伸長、分化した根組織による線虫の繁殖を調べるために、実生を2, 4-Dの入らない Riedel ら培地の斜面に5本ずつ移植し、25°C, 1日6~7時間蛍光照明下で生育させた。移植後17日目に試験管1本につき線虫100頭接種した。以下1.と同じ。

結果

カルス組織の結果に比べ増加した線虫数はかなり少なかったが試験管20本中18本で繁殖が認められた(表-2)。

表-2 アルファルファの実生根によるマツノザイセンチュウの繁殖、接種頭数：100

接種後日数	平均線虫数	範 囲	
35	832	384—1,400	5/5*
45	1,125	80—4,400	3/5
54	1,340	120—2,900	5/5
64	334	1—880	3/5

* 線虫が繁殖した本数/全調査本数

酸性フクシンラクトフェノールでこれらの根部を染色し検鏡したが、根組織中に穿入した線虫は認められなかった。さらに線虫の根組織に対する摂食行動あるいは穿入を直接観察するために、スライドガラスの上に置いた寒天板にカバーガラスのをせ、その間に実生根を伸長さ

て線虫を接種し検鏡した。24時間以内に線虫は根の先端部に集積し始め、唇部を根毛におしつけて口針を動かす個体がまれにみられたが、摂食は認められなかった。同じような方法で *B. cinerea* に線虫を接種した場合線虫は容易に口針を菌糸に穿入し摂食した。

4. カルス組織によるニセマツノザイセンチュウの繁殖材料と方法

培地は1.と同じ三種類を用い、線虫はマツノザイセンチュウと同じ方法で無菌化し、*B. cinerea* で培養したものを供試した。各培地の斜面に実生を5本ずつ移植し、31日後に線虫を試験管1本につき390頭接種した。以下1.と同じ。

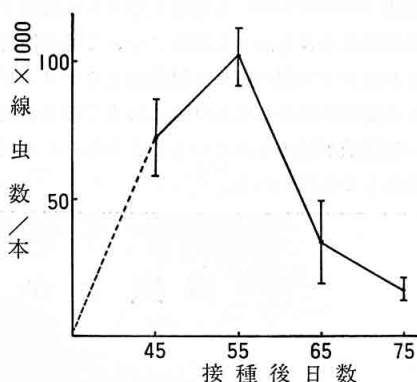


図-3 Riedel ら培地上のアルファルファカルス組織によるニセマツノザイセンチュウの繁殖、棒線：標準誤差、接種頭数：390

結果

ニセマツノザイセンチュウもマツノザイセンチュウと同じように Riedel ら培地でのみ繁殖した。線虫数は接種後45日目から調査したためその間の増加の推移は不明であるが、45~55日目に最高値に達し、マツノザイセンチュウの結果と類似した増加パターンを示した(図-3)。

5. 論議

マツノザイセンチュウはアルファルファのカルス組織と一部実生根で繁殖した。カルス組織の細胞膜は薄く、また表皮細胞で保護されていないために線虫が撮食できたと考えられる。実生根に対する線虫の摂食行動や穿入は直接観察されなかったが、低いながらも認められた線虫数の増加は線虫が実生根の若い細胞を一時的に外寄生的に摂食することを示しているようである。摂食様式が外寄生性(組織の中に虫体が入らないで、外側から細胞に口針を穿入させて摂食する)であることはカルス細胞の中に線虫が入らないことから推量される。この結果

は真宮・清原(1972)が示唆したようにこの線虫がアカマツやクロマツの樹脂細胞、さらには柔細胞(真宮, 1975)を摂食する可能性のあることを示している。一方ニセマツノザイセンチュウが同じようにカルス組織で繁殖したことは両者の近縁性の観点から興味深い。これらの結果がどの程度実際にマツノザイセンチュウのマツ類に対する加害機構と結びつくのか今後さらに究明されなければならない。

培地については Riedel ら培地上のカルス組織をはじめこの培地に移植したカルス組織や酵母エキスを加えた改変 Hildebrandt ら培地上のカルス組織でこれらの線虫が繁殖したことから、酵母エキスがこれらの線虫の繁殖に必要なものであると考えられる。改変 Krusberg 培地と改変 Hildebrandt ら培地上のカルス組織でこれらの線虫が繁殖できなかった原因について現在検討中である。なお目下マツ類のカルス組織によるマツノザイセンチュウの繁殖を調査しており、これまでの予備実験ですでに一部繁殖が認められていることから、その可能性は十分あるものと思われる。

引用文献

- Barker, K. R. & H. M. Darling : Reproduction of *Aphelenchus avenae* on plant tissues in culture, *Nematologica*, **11**, 162—166, 1965
- 真宮靖治 : 感染初期におけるマツ類樹体内でのマツノザイセンチュウの動態, 86回日林講 285—286, 1975
- Mamiya, Y. & T. Kiyohara : Description of *Bursaphelenchus lignicolus* n. sp. (Nematoda : Aphelenchoididae) on pine wood and histopathology of nematode-infected trees, *Nematologica*, **13**, 120—124, 1972
- Sutherland, J. R. : Failure of the nematode *Aphelenchus avenae* to parasitize conifer seedling roots, *Plant Dis. Repr*, **51**, 367—369, 1967
- 田村弘忠・真宮靖治 : マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus lignicolus*) の無菌化, 日線虫誌 **3**, 30—32, 1973

線虫とかびとカミキリと

小林 享 夫
農林省林業試験場樹病研究室長・農博

三題断めいた表題となったが、マツノザイセンチュウに関する共同研究に樹病部門の糸状菌研究者が参加した当初は、かび(糸状菌)が線虫の生活環にこれほど密着した形で関連しているとは予想もしていなかった。線虫の寄生性が確認されて間もなくの時期において、この線虫が幾つかの種類の糸状菌菌そう上で培養増殖できることが知られていた¹⁰⁾ので、枯死木の材中には線虫の食餌源となる糸状菌があるであろうことは予測された。そのご病原線虫とその媒介昆虫マツノマダラカミキリの研究が進むにつれて、これら両者の生活史が互いに密着依存する形で成立していることがおおいと判ってきた⁵⁾⁶⁾。そこで糸状菌についても線虫の生活史を追いながら何らかの役割を果しているか否かを検討することとなった。そして1975年2月までの各種の分離検出及び培養増殖実験結果から、幾つかの糸状菌——思ったより少なく限られていた——が、線虫が健全なマツの樹冠に運ばれてか

らこれを侵して枯らし、翌年再び別のマツの樹冠部に運ばれるまでの生活環の間に、あるものは線虫の食餌源として増殖にプラスに働いて、またあるものは線虫の増殖、伝播に拮抗的すなわちマイナスに働いていることが明らかとなった³⁾⁴⁾。とくにその中のひとつ、青変菌の一種 *Ceratocystis** 菌は、マツノザイセンチュウとマツノマダラカミキリの相互依存の生活史にもう一つ加わって、線虫を中心にした三者相互依存の生活環を形成することが明らかとなり、自然のたくみな仕組みに改めて感嘆させられた。以下マツの枯損の広がりの中で線虫と糸状菌とカミキリの係り合いについて明らかとなった主な事項を解説してみよう。

1. 健全木の枝や幹の中にも線虫の好きな糸状菌が潜在している : 樹脂の浸出が旺盛で健全木と判定される樹⁹⁾の枝や幹の材からかなり特定の糸状菌が検出される(表—1, 2)。これらの菌類の中には分離検出のための試料片作製中に抜雑したものも含まれるが、大半のものは健全木の材部に潜在しているものと考えられる。こ

* 形態と培養の検討により *Ceratocystis minor* にほぼ間違いないと考えられる(小林, 佐々木未発表)。

表一 健全枝からの糸状菌の検出 (小林ら, 1975)

菌の種類	分離源					合計(%)
	0	1	2	3	5	
<i>Pestalotia</i>	7	4	6	7	1	25 (8)
<i>Rhizosphaera</i>	46	22	8	2	—	78 (25)
<i>Cladosporium</i>	22	4	—	1	—	27 (9)
<i>Papularia</i>	—	1	1	1	—	3 (1)
<i>Tritirachium</i>	4	4	—	—	—	8 (3)
<i>Alternaria</i>	2	1	—	—	—	3 (1)
<i>Penicillium</i>	3	4	1	—	1	9 (3)
その他	9	9	—	—	1	19 (6)
未同定	7	7	1	1	3	19 (6)
細菌	48	44	16	6	1	115 (38)
検出数	148	100	33	18	7	306
分離片総数	415	302	160	123	45	1,045
検出率(%)	36	33	21	15	16	29

表二 健全木からの糸状菌検出 (小林ら, 1975および小林・佐々木, 未発表データ)

菌の種類	分離源		部位		合計(%)
	高さ 0~2m	4m	心材	辺材	
<i>Pestalotia</i>	116	98	119	95	214 (15)
<i>Rhizosphaera</i>	16	3	8	11	19 (1)
<i>Papularia</i>	60	61	36	85	121 (8)
<i>Cladosporium</i>	123	13	50	86	136 (10)
<i>Tritirachium</i>	6	11	9	8	17 (1)
<i>Alternaria</i>	10	13	14	9	23 (2)
<i>Phomopsis</i>	27	17	10	34	44 (3)
<i>Plenodomus</i>	76	2	53	25	78 (5)
<i>Phoma</i>	34	56	48	42	90 (6)
<i>Coniothyrium</i>	16	8	16	8	24 (2)
<i>Penicillium & Trichoderma</i>	107	37	67	77	144 (10)
その他	46	34	47	33	80 (6)
未同定	107	71	89	89	178 (12)
細菌	156	101	130	127	257 (18)
検出数	900	525	696	729	1,425
分離片総数	2,284	1,729	2,040	1,973	4,013
検出率(%)	39	30	34	37	36

これらの菌類を用いた培養実験³⁾⁴⁾によると、線虫の増殖に好適な糸状菌は *Pestalotia* と *Rhizosphaera* であり、逆に *Cladosporium*, *Penicillium* あるいは *Trichoderma* では線虫はほとんど増殖することができない。線虫の食餌として好適な両菌のうち、*Phizosphaera* は主として

枝に潜在し、*Pestalotia* は枝幹を問わず樹体内全体にはほぼ均一に分布潜在しているようである。

マツノザイセンチュウは樹冠部の枝に侵入後すみやかに樹体内に分散移動する²⁾。田村ら⁹⁾は線虫が健全なマツの樹脂道柔細胞を直接食餌源として利用しうる可能性を示したが、線虫がマツのまだ生きている段階において分散移動のみでなく増殖も行うのであれば、健全木の枝幹に潜在する *Phizosphaera* や *Pestalotia* 等の糸状菌もまた線虫の食餌として役立つ可能性も持っている。

2. マツノマダラカミキリ成虫はマツノザイセンチュウと一緒に青変菌 *Ceratocystis* も運ぶ：前年の被害枯

表三 マツノマダラカミキリ成虫からの糸状菌検出 (小林ら, 1974)

菌の種類	分離源			合計(%)
	脚	翅	触角	
<i>Pestalotia</i>	3	—	1	4 (6)
<i>Cladosporium</i>	—	—	1	1 (2)
<i>Penicillium</i>	2	—	—	2 (3)
<i>Ceratocystis</i>	16	12	12	40 (62)
<i>Diplodia & Macrophoma</i>	1	1	—	2 (3)
その他	4	1	—	5 (8)
未同定	—	2	1	3 (5)
細菌	5	3	—	8 (12)
検出数	31	19	15	65
分離片総数	62	46	55	163
検出率(%)	50	41	27	40

表四 マツノマダラカミキリ後食あとからの糸状菌検出 (小林ら, 1974)

菌の種類	検出数(%)
<i>Pestalotia</i>	27 (9)
<i>Rhizosphaera</i>	105 (34)
<i>Cladosporium</i>	11 (4)
<i>Alternaria</i>	88 (28)
<i>Phomopsis</i>	7 (2)
<i>Plenodomus</i>	4 (1)
<i>Penicillium</i>	12 (4)
<i>Ceratocystis</i>	10 (3)
<i>Diplodia & Macrophoma</i>	16 (5)
その他	16 (5)
細菌	6 (2)
検出総数	312
分離片総数	425
検出率(%)	73

損材から羽化脱出したマツノマダラカミキリはその体内に多量のマツノザイセンチュウを抱いて健全木の樹冠部に運び、後食により離脱する線虫の侵入口を作る¹⁾⁶⁾。このカミキリ成虫の体表には青変菌の一種 *Ceratocystis* の子のう胞子が多量に附着している(表-3)。カミキリは樹冠後食部において線虫を伝播しながら同時に *Ceratocystis* 菌をもこすりつけて落してゆく。表-4はカミキリ後食部からの糸状菌検出結果で、健全木の枝の糸状菌相にカミキリ体表の糸状菌相が加わっていることがよく判る。

3. 線虫の加害によりマツが枯れると材中の糸状菌相は急激に変化する：関東地方ではマツノザイセンチュウの加害によるマツの異常枯死は7月から発生する。7月に樹脂浸出が異常になったばかりの樹ではまだ健全木の糸状菌相と大差ない。しかし8月から9月とマツが異常を起こしてから約1カ月を経過した枯死木では材中の糸状菌相は大きく変化し、健全木材中の *Pestalotia*, *Rhizosphaera*, *Papularia*, *Cladosporium* などによって、

表-5 線虫による枯死木からの糸状菌の検出
(小林ら, 1975および小林・佐々木, 未発表データ)

菌の種類	分離月			合計 (%)
	7月	8月	9月	
<i>Pestalotia</i>	28	2	1	58 (2)
<i>Papularia</i>	24	—	7	41 (1)
<i>Cladosporium</i>	7	8	4	21 (1)
<i>Phomopsis</i>	—	—	—	82 (3)
<i>Phoma</i>	50	—	—	50 (2)
<i>Penicillium & Trichoderma</i>	13	10	6	55 (2)
<i>Ceratocystis</i>	—	123	178	588 (20)
<i>Verticicladiella</i>	—	6	32	202 (7)
<i>Diplodia</i>	—	—	18	194 (7)
<i>Macrophoma</i>	—	—	—	—
その他	4	4	1	80 (3)
未同定	8	5	18	90 (3)
細菌	20	220	216	1,464 (50)
検出総数	154	378	481	2,925
分離片総数	589	648	565	3,794
検出率 (%)	26	58	85	77

Ceratocystis, *Verticicladiella* および *Diplodia*, *Macrophoma* 菌群* が優占してくる(表-5)。このうち、*Ceratocystis* は樹が異常となり枯れてゆくにつれてカミ

キリ後食あとから枝の根元を通過して幹の上部に進展し、さらに幹上部から下の方に下方へと広がる。これに反して青変菌の一種 *Verticicladiella* は主に幹の下方2m以下の部分を占める。この菌は *Ceratocystis* より約1カ月遅れて拡散するが恐らくマツが枯れてからの樹幹下部に飛来する穿孔虫類によって運ばれるものと思われる。*Diplodia*・*Macrophoma* 菌群はもともと樹冠の枯れた下枝に優占していて⁴⁾、マツの枯死後に枯枝から幹の上部に広がる。線虫はこのうち *Ceratocystis* と *Diplodia*・*Macrophoma* 菌群を食餌としてよく増殖するが、*Verticicladiella* 菌は線虫の増殖には余り適さない。また枯死木から常に一定の割合で検出される *Trichoderma* では線虫は全く増殖できない。マツが全く枯れてしまうと、線虫はマツ材中の組織を食餌源として利用できなくなり、代わって *Ceratocystis* や *Diplodia*・*Macrophoma* 菌群など材中の菌糸を食餌源として利用、増殖する。このうち、樹が異常をおこしてから樹体内に拡散・充満する時期、速度、優占度からみて、*Ceratocystis* が最も大きな位置を占めるものと考えられる。

4. マツノマダラカミキリの蛹室壁には青変菌 *Ceratocystis* 子のう果のじゅうたんができる：被害木が年を越して春になるとカミキリの幼虫が材中に蛹室を作るが、カミキリが蛹化の時期になると蛹室の壁面に黒色の粒状物(実体顕微鏡下では長い頸をもったフラスコ状物



写真-1 マツノマダラカミキリ蛹室
壁に形成された青変菌 *Ceratocystis* の子のう果とその長い首。頂部の滴状物は子のう胞子粘塊
(真宮靖治氏原図)

* *Diplodia* と *Macrophoma* とは培地上の特徴が相似し、子実体の形成も少なく判別が難しいので両菌を一括して取扱っている。

に見える)が、びっしり形成され、じゅうたん状となる(表-6)。これは青変菌 *Ceratocystis* の子のう果であ

表-6 マツノマダラカミキリ蛹室壁の変色と *Ceratocystis* 子のう果の形成

(小林ら, 1974)

	蛹室壁の変色		<i>Ceratocystis</i> 子のう果の形成	
	+	-	+	-
調査数	370	68	313	125
比率(%)	84	16	71	29

って、カミキリが羽化するころには子のう果の長い首の頂部の餡色の子のう胞子粘塊を押し出す。このころ線虫もまた壁面に這い出して *Ceratocystis* の子のう果の首の頂部に集まりカミキリの羽化をまっている。羽化したカミキリ成虫の体表にはこの粘塊状の子のう胞子が付着するのは当然であって、カミキリはその体内にもぐりこんだ線虫と一緒に *Ceratocystis* 菌の子のう胞子を体表につけて健全木の樹冠の後食部へと運ぶ。

5. 線虫に不適当な糸状菌が優占すると線虫をもたないカミキリが出る：マツノザイセンチュウによる枯損木から羽化脱出するカミキリには、全く線虫を持たなかったり、わずかししか保持していないものが10数%もある。その原因のひとつには蛹室壁の含水率の低下があげられている⁷⁾。いっぽう蛹室には青変菌の子実体の形成ささないものが30%近くあり(表-6)、また蛹室からの *Trichoderma* など線虫に不適当な糸状菌の分離率が10数%ある⁸⁾。これらのことから *Trichoderma* を主とする線虫に不適当な糸状菌が優占する部分に蛹室が作られた場合にも、線虫を持たないかわずかししか持たないカミ

キリ成虫が脱出する可能性のあることが示唆される。

主な参考文献

1. 遠田暢男・真宮靖治：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回日林講 320~322 1972
2. 橋本平一・清原友也：マツノザイセンチュウの樹体内生息と移動について, 83回日林講 329~331, 1972
3. 小林享夫・佐々木克彦・真宮靖治：マツノザイセンチュウの生活環に関連する糸状菌(I), 日林誌56(4): 136~145, 1974
4. _____・_____・_____：同(II), 同57(6): 184~193, 1975
5. 真宮靖治：Pine wood nematode, *Bursaphelenchus lignicolus* MAMIYA et KIYOHARA, as a causal agent of pine wilting disease. *Rev Plant Prot. Res.* 5: 46~60, 1972
6. 森本 桂：マツノザイセンチュウとまつくい虫をめぐる諸問題, 植物防疫 27(5): 175~179, 1973
7. _____・岩崎 厚：マツノマダラカミキリに関する研究(IV), 蛹室をめぐるカミキリと材線虫の生態, 日林九支研論集 26: 199~200, 1973
8. 小田久五：松くい虫の加害対象木とその判定法について, 森林防疫 16: 263~266, 1967
9. 田村弘忠・真宮靖治：マツノザイセンチュウとニセマツノザイセンチュウのアルファルファカルスによる繁殖, 86回日林講, 305~306, 1975
10. 徳重陽山：松くい虫と材線虫, 植物防疫 25(12): 480~484, 1971

マツノマダラカミキリの個体数変動要因

森本 桂・岩崎 厚
 農林省林業試験場九州支場 同場
 昆虫研究室長・農博

「マツノマダラカミキリの防除に利用できる天敵はありますか」という質問をよく受ける。カミキリの防除に関連して天敵を利用するとすれば、つぎの方法が考えられる。

- 1：天敵を保護するか、大量に増殖して放飼する。
- 2：天敵が活動できる環境条件を調べ、林を整備する。

3：その地に生息していない天敵を導入する。
 この目的のためには、その基礎としてまず下記の研究が必要である。

- 1：天敵の種類の検索。
- 2：カミキリの個体数変動に関与する諸要因の評価。
- 3：重要な役割をもつ天敵の働きの強化が可能かどうか。

このような問題に対応するため、私達はマツノマダラカミキリの個体数変動要因を生命表の解析や餌の量などから接近する方法をとっている。研究はまだ途中の段階であるが、現在までの結果を記して参考に供したい。

調査方法

A. 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、産卵痕数を記録し、網室に保存する。
2. 成虫の脱出終了後、穿入孔数、蛹室数、脱出孔数、死亡虫の状況などを記録する。
3. データは Varley-Gradwell のグラフ法及び Morris の回帰分析法などで解析する。

B. 羽化脱出後の成虫

1. 脱出直後の死亡率。
2. 恒温条件下での飼育による死亡率と死亡要因の調査。
3. 羽化経過と、誘引および産卵経過の定点による連年調査。
4. マーキング法による密度、残存率、加入数などの推定。

5. マツノマダラカミキリ（以下カミキリという）の行動とマツノザイセンチュウ離脱経過及びそれに影響する要因の調査。

C. 餌としてのマツ現存量と被害木分布の連年調査。

調査結果と考察

1. 卵から成虫が脱出するまでのデータをつぎの通り分析した。

$$\begin{aligned} \text{卵からの成虫羽化率} &= \frac{\text{脱出孔数 (N}_A\text{)}}{\text{産卵痕数 (N}_E\text{)}} \\ &= \frac{\text{穿入孔数 (N}_{L4}\text{)}}{\text{産卵痕数 (N}_E\text{)}} \times \frac{\text{蛹室数 (N}_P\text{)}}{\text{穿入孔数 (N}_{L4}\text{)}} \times \frac{\text{脱出孔数 (N}_A\text{)}}{\text{蛹室数 (N}_P\text{)}} \end{aligned}$$

これの逆数を対数にとると

$$\log N_E - \log N_A = (\log N_E - \log N_{L4}) + (\log N_{L4} - \log N_P) + (\log N_P - \log N_A)$$

これを $K = k_1 + k_2 + k_3$ とし、場所に対してプロットしたのが図-1 (右) である。この図から、卵から羽化脱出までの総死亡 K の変動と同じパターンで変動する k_{1+2} 即ち卵から蛹室形成までの主に 幼虫時代の死亡に主変動要因があることがわかる。

ステージ別の密度(対数)を場所に対して図-1(左)のように図示すると、バリエーションは産卵孔数に対して穿入孔では小さく、この期間に密度依存的な死亡があることが推定される (k_1)。それ以降の死亡 (k_2 と k_3) は

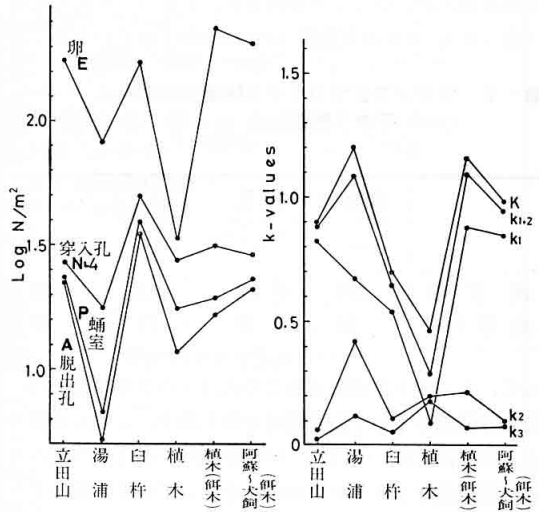


図-1 産卵から羽化脱出までの密度と死亡率の調査地間比較
左：密度の変化
右：k-Value で表した死亡率の変化

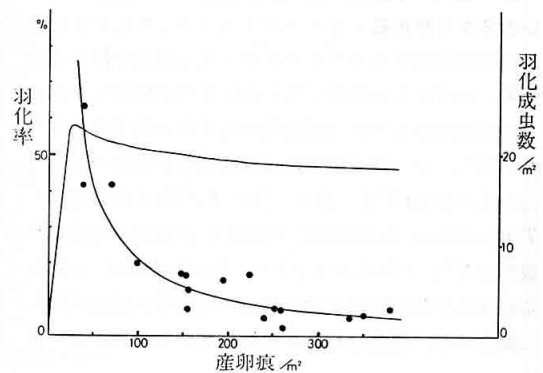


図-2 産卵痕密度と羽化率及び羽化数の関係 (48年熊本・犬飼間設置餌木)

k_1 よりも場所間のふれは小さいが、湯浦では k_2 が他よりも大きくなっている。

産卵痕密度に対する羽化率と羽化数の関係から、一例を図-2に示した。図から明らかなように、ある密度以上では羽化数は一定になる関係がみられたが、この値は死亡要因や材の条件などによっても大きく変動する。

各地の死亡率を毎年調査していると、場所や年により k_2 や k_3 に違いがあり、例えば湯浦では47年に比べ48年の k_2 は2.2倍となり、また産卵痕密度の低い枯損木で高い死亡が観察されている。これらの死亡要因は現在のところまだ十分に解明されていないが、天敵類を除去した飼育箱内の餌木では、 k_1 と k_2 は樹皮下の餌場をめぐ

る幼虫の競争であることが推定されている。被害木についてはフタモンウバタマコメツキムシなどによる老熟幼虫の捕食で密度に弱く逆依存する死亡が観察され、また病気による死亡率も場所によって違っている。

湯浦の k_2 のように急に増加した死亡要因はまだ明らかになっていないが、将来天敵の利用が可能かどうか死亡原因とその役割について調査を続けている。

2. 成虫について、年ごとの死亡率をマクロに比較するには、羽化経過に対する誘引と産卵経過を対比する方法をとっている。九州支場実験林での連年調査では、48年と50年は似た傾向を示したが49年は誘引・産卵ともに7月中旬になると急に少なくなっている。

表 マツノマダラカミキリ(雄)の個体数推定値

年 月 日	密 度	残存率	加 入 数
48. VI. 20		0.39	
	22	101	254
	24	407	667
	26	1,063	-198
	28	460	
48. VII. 19		0.59	
	21	207	-78
	23	196	
49. VII. 18		0.49	
	21	316	277
	24	465	95
	27	536	
50. VII. 1 (誘殺開始)	4	273	399
	7	491	376
	10	355	-14
	13	231	39
	16	119	13
	19	70	

48年は2日、他は3日ごとに調査。

同一条件下で成虫を飼育した結果では、羽化脱出後2~4週までは比較的死亡率が高く、その後は低くなって餌木や誘引剤で採集したカミキリと似た死亡率になってくる。初期の死亡率は林分ごとに多少の差があり、50年のデータでは佐賀県鎮西町や熊本県湯浦の材から羽化したものの死亡率が高かった。成虫とそれ以前の死亡率の対比を目下行なっている。

マーキング法による密度推定を植木試験地で48年から続けている。同一林分での3年間の結果を表に示した。マーク虫の回収には餌木を用いているが、条件を同じに

するために誘引剤の利用も試みた。49・50両年の結果では、半径50m円周上に6個、100m円周上に12個(各間隔は50m)設置した市販の誘引剤と誘引剤の組合せだけでは、推定密度の5~11%程度をとるにすぎないが、誘引剤周辺半径5m以内を予防散布すると誘殺率は3~4倍多くなり、加入数が低下した7月中旬以降カミキリの密度は急に少なくなった。林分単位でみた場合、カミキリの密度変動は加入数によって大きな影響を受ける。

3. 図-2に示した様に、単位面積当りの羽化数がある密度以上で一定になる傾向があるとすれば、カミキリの個体数は餌の量、即ち産卵対象となるマツの量で決まることになる。このカミキリが産卵するのは樹脂の流出が停止する程度の異常木からで、健全木には産卵しないし、強制的に産卵させても卵は発育しない。産卵対象となる異常木は、九州の激害地では7月中旬より多くなり はじめて8月に山があるが、微害地では9~10月に山がある。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~下旬が最盛で9月中旬で終わっている。産卵対象木の出現経過と産卵経過から、熊本市附近では7月下旬~8月下旬に最も多くの卵が生まれ、その前後は少ないと思われる。

カミキリの分散に伴う被害の拡がり方は、今までの報告によれば毎年2.5~3kmを示している。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、これよりはるかに広範囲であると考えられる。カミキリ羽化後の行動と材線虫の離脱経過は、被害木分布の拡大という点でマツの分布と関連して次世代カミキリの個体数に影響を与えると思われる。

熊本県芦北地方と天草で海拔高と枯損木の分布の関係を調べた結果では、激害型として被害が進行するのは山の南~西面で400m、北~東面で300m附近までで、それ以上では中~大径木に被害が点在しているにすぎない。餌木を置く調査では、被害のない1,000m附近でも7月中旬以降成虫は多数採集できるが、産卵対象木が殆んどないので産卵数は無視できる程度であろう。

これらのことと、末期的な激害林以外では幼齢木に被害が少ないことから、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の個体数に大きな影響を与えることが推定される。

今後の問題点

マツノマダラカミキリからみたマツ枯損の防除法を別の角度から発展させるためには、死亡要因とその数量的評価や餌としてのマツの量の影響など、カミキリの個体群動態に関する研究を大いに発展させる必要がある。

マツノマダラカミキリ 個体群の変動要因の調査

越 智 鬼 志 夫

豊林省林業試験場四国支場保護研究室

四国支場では、マツ類の枯損要因としてマツノザイセンチュウ（以下材線虫という）が問題になる前から、マツノマダラカミキリの生態について調査を行ってきた。その中で、特に個体群の変動要因については、1963年頃から片桐が中心になって浦の内湾付近（高知市の南西約20km）で主として枯損木内での死亡とその要因の調査を行ってきた。これらの概要については、1部発表されている。その後も、特別研究の中などで、これらのことについて調査を継続してきている。この調査は、マツ類の枯損、特に集団枯損の要因と防除の方法を材線虫の伝播者である虫の面から明らかにするための一つの重要な調査である。

マツノマダラカミキリは、枯損木から羽化脱出し、マツ類を後食して、異常になった木に産卵を行うが、卵から羽化脱出までの間には、生物的、無生物的な環境要因の影響を受けている。これらの要因と虫の密度の関係を

解析するため、主として高知県下の枯損林分から枯損木を採取して、虫態別の虫の変動とその要因などを調査してきている。

調査資料の一例として、浦の内の1972年の枯損木8本について虫の密度の動きを生存曲線に描いてみると図の通りになる。

この図をみると、枯損木内での虫の密度は、成虫が産卵跡を作って産卵してから、幼虫が材に穿入をする間に大きく変動している。この要因としては、木の条件、虫の密度、天敵（卵を捕食するアリ類、病気など）をあげることができる。次に、蛹室を作るまでの間の死亡要因としては虫の密度と天敵（病気と捕食）などがあげられる。蛹室を作って蛹となり、羽化するまでの密度は比較的安定をしているようである。しかし、羽化後脱出するまでの間に死亡する個体が木によっては案外多い。この要因としては天敵（病気）などがあげられる。この死亡は脱出後まで続いているようである。

以上述べたように、枯損木内での死亡要因として、いくつかの要因を調べているが、その中で、病気によると思われる死亡が案外多い。このことは、片桐が概に概要の中で述べている。

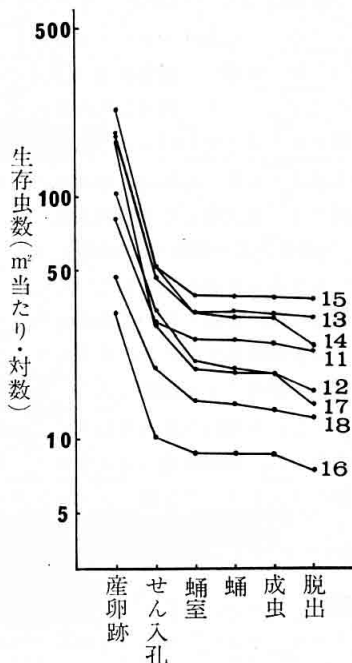
今後の課題としては、変動の主要因を明らかにすることである。これは単に枯損木内におけるものだけでなく、個体群密度の変動に関与する脱出成虫についても同様に調査する必要がある。しかし、脱出成虫の死亡要因を明らかにすることは容易なことではないが、目下、若干手がけている。

最後に、これらの調査と防除との関連であるが、変動要因のあるものは直接防除に応用できるものもでてくるものと思われ、また、直接応用できなくとも、防除の効率化のために役立つものと思っている。

文 献

片桐一正：マツクイムシ被害防除に対する一考察，林業技術，265，3～4，1964

———：松類の穿孔性害虫に関する調査I，マツノマダラカミキリ個体群の生活環と死亡率，林試四国支年報，74～75，1965



枯損木内でのマツノマダラカミキリの生存曲線（浦の内，1972年枯）
数字は枯損木の番号

マツの枯損とマツノマダラカミキリの数

小林 一三

農林省林業試験場関西支場昆虫研究室長

関西支場管内のマツの枯損量は昭和48年度の46万㎡から49年度はさらにふえて50万㎡をこえた。50年度もまた、かなりの被害発生が予想され、各地で薬剤の空中散布が実施された。この空散に対する反対運動もかなり盛んで、反対派と実行者側でいろいろと論議がなされ、そのひとつに空散の効果判定があった。効果の判定は散布を行わなかった場合に発生すると予想される枯損率と散布を実施した場合の枯損率との比較で行われているのが現状である。ところが、多少とも昆虫に興味をもつ反対派の人にとっては、マツノマダラカミキリに対して薬剤をまくのに、その密度を調べずに散布を実施することが大変にずさんなことに見えるらしく、この点を詰問されて困ったと実行者側の2、3の人から聞かされた。「いったい何頭くらいの成虫がいるものでしょうか。」と問われて、「夏型枯損木では材の表面積1㎡当りおよそ20頭程度の成虫が羽化脱出するのが普通だから、ha当りの夏型枯損木の数と大きさがわかれば羽化脱出してくる成虫数だけなら見当がつけられます。たとえば1本の材表面積が1㎡程度の木が5,000本/haの植栽で、10%の枯損が前年に発生し、夏型が80%を占めているとしたら5,000×0.1×0.8×20=8,000頭/ha程度のものでしょうか。」と答えておいたものの、松くい虫の研究面におけるひとつの弱点をつかれた思いがした。

ある林分内のマツノマダラカミキリ成虫の密度は羽化脱出数、定着後食期(産卵前期)の数、産卵期の数、の3段階にわけて考えなくてはならない。これらは時期的に入りみだれ、また、移出・移入・死亡があって平行的ではなく、その実数をつかむことはきわめてむずかしい。ただし、これらをひっくるめて、かなり大きな地域における大ざっぱな密度というものはその地域内に前年発生した夏型枯損木の数とほぼ比例関係にあると考えられるので、事業的な空散の効果判定はマツノマダラカミキリの個体数を云々するよりも枯損率と夏型枯損木の出現率を正確に把握することによって行われる方がより実用的である。

マツノザイセンチュウ(以下材線虫という)によるマツの枯損現象を動的にとらえるためには、林分を対象と

して、マツノマダラカミキリ成虫がある年にどれくらい材線虫を持って何頭くらい羽化脱出し、健全木の枝でどの程度の後食を行い、その結果として何本のマツが枯れ、その枯れた木から翌年また何頭の成虫が脱出してくるかという循環を年を追って量的に調査する必要がある。このような目的で、関西支場昆虫研究室では特別研究の一環として、和歌山県林業センターの協力を得て、和歌山県串本町潮岬において1973年から調査を行っている。調査に不十分な点が多く、データの未整理分もあるが、とりあえず中間的に要約を試みることにする。

試験地の様子

潮岬は東西に約4km、南北に約2kmで島状の孤立した地形である。マツの大径木はすでにほとんど姿を消し、点在するクロマツ幼齡林にもだいぶ前から枯損が発生している。潮岬での和歌山県林業センターの松くい虫調査の拠点である「岬ハイツ」から西へ約2.5kmの海岸近くに約9アールのクロマツ平地林がある。ここが試験地で、現在15年生、胸高直径が7cm程度、樹高4~5m程度という、この種の調査には好適な条件をそなえている。試験地内で発生した枯損木は除去せずにそのまま放置する方針であったが、潮岬においても、いかに試験のためとはいえ次年の被害発生源となる枯損木を放置することは社会的にむずかしく、1974年に発生した分は除去せざるを得なかった。この試験地の周辺を含めて、搬出が困難でない夏型枯損木は1973年、1974年分は潮岬一帯でかなりの程度に除去された。ただし、2mの丸太として持ち出されたので、幹の先端部、枝、根元部分は林内に残された。1972年以前にも枯損木の除去は行われたが、1973年以後ほどに大規模ではなかった。

方法と結果のあらまし

この試験地では1972年以後の枯損木と生立木の数がわかっている。ただし、1975年度分は8月はじめまでにヤニ流出調査での異常木の数であって、今後まだ増える予想される。

この試験地内の枯損木から脱出した成虫数は1973年に

発生した84本については枝まで含めて1974年に脱出した数が全て調べられている。1972年枯損の52本からの脱出数は調査されていない。しかし、1974年に残存枯損の一部について脱出孔を調べたところ、次年のものとは大差なかったため、本数比で約600頭と推定した。また、1974年に発生した32本の枯損木は長さ2mの丸太として搬出された部分から脱出した数は72頭とわかっているが、枝条などの他の部分からの脱出数は不明なので、材表面積を考慮して約100頭とした。

後食量の調査は2年枝1本とそれに群生する1年枝を1サンプルとして、これにつけられた後食痕の長さや幅を測定した。1973年と74年には5月下旬から9月にかけて、50本の調査木を任意にとり、高枝鋏によって1本から4サンプルを採取する方法で12回にわたり調査した。この2年間の調査で7月下旬以降は1・2年枝上の後食量の増加傾向はほとんど止まることがわかったので、1975年は7月31日に1回だけ、全部の木から総計約2,000のサンプルをとって後食量を測定した。1973年と74年は7月下旬以降に行われた5回の調査結果の1サンプル当りの後食量をさらに平均した。

表一 潮岬試験地内の枯損と脱出成虫および後食量

年次	枯損本数	枯損率	脱出成虫数	後食量/サンプル
1972	52	13.2%	—cm ²	—cm ²
73	84	24.3	約600	0.42
74	32	12.0	958	0.26
75	14+α	6.1+α	約100	0.10

以上の結果が表一に示されている。このほかに試験地内の全部の木についてのヤニ流出調査が1974年には11回、75年にはこれまでに3回行われている。また、1974年の枯損木上の産卵痕調査なども行っている。

枯損経過とマツノマダラカミキリ成虫の数

紀伊半島南部の海岸に近いマツ幼齢林では、すでに日置川や見老津の試験地の例でも知られているように、枯損がある年に10%をこえると次の2・3年で立木の80%以上が枯れて林分としては壊滅状態になるのが普通である。この潮岬試験地でも1972年に13%の枯損が発生し、73年には23%にふえた。このまま進めば74年には50%近い枯損率になると予想されるが、実際には12%に止まり、75年にも多分10%をこえることはないほどにおさまっている。このように、はじめは典型的な幼齢林の激害型枯損経過を示しながら途中で被害が減少した原因の大きなものは試験地の周辺一帯の枯損木除去にあったと思

われるが、この経過を表一1の数値をもとにマツノマダラカミキリの数と関係づけてたどってみよう。

1973年の夏にこの試験地内にマツの枝1サンプル上につけられた後食痕は平均0.42cm²であった。マツ1本当りのサンプル数調査の結果をもとにこの林分全体の1・2年枝上の後食量を大きさばに推定すると約3.4m²になる。これだけの後食痕が何頭のマツノマダラカミキリ成虫によってつけられたかを考えることはきわめてむづかしい。むしろ1サンプル当りの平均後食量そのもので年次変動をみていく方がよい。しかし、ここでは、産卵期に入るまでの1頭当りの後食量はおおよそ50cm²程度らしいこと(奥田, 1974)、自然状態では定着後食期の成虫はほとんど健全木の1・2年枝上で観察されること、産卵期になっている成虫でも3年枝以上の枝だけでなく、1・2年枝も後食するが、定着後食期の成虫も1・2年枝だけでなく、3年枝以上の枝も後食するのでおおよそ相殺されるであろうことを根拠に、大胆に3.4m²を50cm²で割ると670頭という数字になる。これは1973年にこの試験地内から羽化脱出したと思われる約600頭(表)と大差ない。脱出後の成虫の死亡を考えれば、試験地とその周辺のマツ林との間の移入・移出の関係では移入の方がいくらか多かったのではないと思われる。とにかく、これだけの後食痕がつけられた結果、1973年には84本の枯損木が生じた。

1974年にはその84本から前年の1.6倍にあたる958頭の成虫が脱出した。しかし、この試験地内では1サンプル当りの後食量は0.26cm²と前年の62%に減少した。これをまた、同様に林分全体の定着後食期の成虫数に換算すると約310頭分になる。脱出後の成虫の死亡についてはほとんどわかっていないが、この年だけ高い率の死亡が起きたとは考え難い。やはり試験地の外の夏型枯損木の除去によって周辺一帯のマツ林における羽化脱出成虫数が減って、この試験地内への移入が大幅に少なくなり、相対的に移出が多くなったことによってこのような後食量と枯損率の減少がもたらされたものと思われる。

1975年には試験地内の枯損木は羽化脱出が始まる前に周辺部と同様に2mに玉切って除去された。したがって試験地内では残りの枝条などの材からの脱出と1973年枯死木から出る可能性が考えられる少数の2年1化成虫が脱出ただけで、周辺部ではそのほかに除去をまぬがれた枯損木からの脱出があったことになる。この年の後食量は1サンプル当り0.10cm²で、前年の38%、前々年の24%しかなかった。これは定着後食期の成虫数に換算すると約110頭分になる。この結果、8月はじめまでに14本の異常木が発生したが、前年のヤニ流出調査結果から類推す

ると最終的に枯損率は多分10%には達しないだろう。前述のようにこの試験地内で羽化脱出した成虫数は林内に残された枝条などから約30頭程度と考えられ、この年には周辺からの移入の方が多かったものと思われる。

この調査は今後も続ける予定なので早まった結論を出すわけにはいかないが、この3年間の結果をみると、林分内の後食量と枯損本数はおおよそ比例関係にあるという極めて常識的なことはいえそうである。今後調査が進むにつれて、それがどのような比例関係にあるか、マツノマダラカミキリ成虫の数と移動分散行動とどのように結びついているかなどが次第にわかってくるものと思われる。最後に、潮岬におけるマツノマダラカミキリ成虫の材線虫保持数について記してみる。

1974年の調べでは脱出直後のもの、野外で1・2年枝を後食中のもの共に、1頭当りの平均では約2,000の材線虫を持っていた。しかし、全成虫の約半分は0か又は10に満たないわずかな保持数であって、少数の「持てる

者」と多数の「持たざる者」に分けられる。連続的な変化なのではっきりと区切ることはできないが、仮に「持てる者」を材線虫保持数1,000以上の個体とすると、これは全成虫の20%を占めるだけなのに持ち出された全材線虫数の95%を保持していた。「持てる者」の1頭当り保持数が約10,000であるのに対し、全体の80%を占める「持たざる者」は1頭当り125の保持数しかない。マツノマダラカミキリ成虫は1日か2日の間、ずっと同一場所に止まって大きな後食痕をつけることがよくある。多分、「持てる者」がこのような後食をした時に多くの材線虫を健全木に侵入させ、木が衰弱を起す原因となるものと想像される。試験地全体で1973年には定着後食期の成虫約670頭分の後食で84本の枯れ（1本につき8頭分）、74年には約310頭分で32本の枯れ（1本につき10頭分）が生じたことと、この「持てる者」の全体の中の割合はかなり関係がありそうに思える。

マツノマダラカミキリの発育と温度との関係

遠 田 暢 男

農林省林業試験場昆虫第2研究室

まえがき

本種は卵から成虫脱出まで、ほぼ1年間の長期にわたってマツの樹皮下と材内で生活しているため各ステージ別の発育状態を正確に観察することは困難である。しかし、樹皮下で栄養摂取して発育する1齢幼虫から秋季材内に穿入定着する終齢幼虫までの期間を除いた卵、越冬幼虫、蛹はほとんど摂食しないことから樹皮下の卵または材内幼虫を採取して発育状態を外見から観察することは可能である。

筆者は蛹室内の越冬幼虫を時期別に採取加温し、発育限界温度と有効積算温度、野外の発生長と気温との関係について調査し発表した(1975)。さらに休眠覚醒時期、発育限界温度の地理的変異、樹皮下と材内の温度差、日照など微気象的な問題について現在調査中である。ここでは1974年に行った加温実験から、越冬幼虫から羽化までの発育零点、野外の発生長と積算温度との関係などについて紹介する。

越冬幼虫の飼育方法

1973年7月に茨城県新治郡千代田村にアカマツ餌木を設置し、同11月に搬出して林試構内のアミ室に保存した。供試虫は1974年2月と4月の加温前日に材を割って蛹室内の終齢幼虫を採取した。採取時の損傷、発育不良幼虫は除外し、外見的に健全とみられる幼虫を供試した。頭幅と体重測定後、直径18mm、長さ70mmの管瓶(フタはねじ込み式でゴムパッキンは除く)に1頭ずつ入れ、2月20日と4月17日に10・15・20・25・30°Cに調節した恒温槽に各々50個体供試し加温した。湿度は管瓶の半周到口紙を敷き、常時90%以上に保たれるように適時注水した。各温度とも供試虫は自然状態と同様暗黒条件下で飼育し、蛹化日と羽化日を毎日1回定時に観察記録した。

調査結果と考察

1) 越冬幼虫から羽化までの発育零点

2月加温の10°Cでは発育が完了できず、300日後の生存幼虫は1頭のみで他はすべて病理死と萎縮状態で死亡した。しかし、15~30°Cの温度範囲においては羽化ま

でに達した。各温度の蛹化率は15°C (66%), 30°C (81%), 20°C (94%), 25°C (96%)の順で、15°Cを除いては2月と4月加温とも80%以上の高い蛹化及び羽化率を示した。各温度の蛹化前期間は、温度の上昇に伴って短縮する(発育速度が大きい)。またその期間は高温ではばらつきが小さいが、低温ではばらつきが大きく、15°Cでは初日(90日目)から終息(220日)するまで130日間の長期にわたって蛹化がみられた。

図-1は2月と4月加温の各温度における50%蛹化と羽化(蛹化及び羽化個体数の平均値)までの発育速度(発育日数の逆数)を示したものである。

その結果、発育速度の直線回帰式から計算された越冬幼虫から50%羽化までの理論的発育零点は、2月と4月加温とも11.9°Cと同じ値を示し、越冬幼虫から羽化するまでの発育有効積算温量は2月では525日度、4月が470日度となる。4月17日の加温時までの有効温量を気温から求め加算すると2月の525日度とほぼ一致した。このことは加温日までに野外ではすでに発育がはじまっていることを意味しており、図-1でもみられるように蛹化前期間及び羽化までの発育日数が2月加温に比較して短かいことからもうかがわれる。

2月加温の蛹化率と有効積算温量との関係を見ると、137日度で蛹化がはじまり、10%蛹化が162日度、50%蛹

化が338日度となり、この温量に達すると羽化(318日度)がはじまる。

以上の実験結果から、東京におけるマツノマダラカミキリの越冬幼虫から50%羽化までの発育零点は約12°C、これに必要な有効積算温量は約500日度となる。本種の発育と温度に関して奥田(1973)の報告があり、それによると京都では1世代(卵から成虫脱出まで)の発育を完了するのに約1,200日度の温量が必要であり、このうち越冬後羽化脱出までの発育零点が12.5°Cで、東京に比べてやや高い値となっている。

2) 野外での発生長と有効積算温量

1971~1974年に茨城、千葉、東京などことなる地域のマツ枯損木を冬期間伐倒搬出し、林試内の野外アミ室に地域別に保存した。羽化脱出した成虫を初日から終息するまで毎日雌雄別に採取記録し、年次別の発生長と日平均気温(東京管区気象台資料)から発育有効温量を算出し、発生長と温量との関係を図-2に示した。

過去4年間の気温をみると、東京では発育限界温度(11.9°C)以上になる日は3月中旬から下旬であるが、3月の有効温量はわずかに3~24日度にすぎず、日平均気温が連続して12°C以上に上昇するのは4月10日以降である。成虫の脱出初日は5月下旬で、1971~1974年の

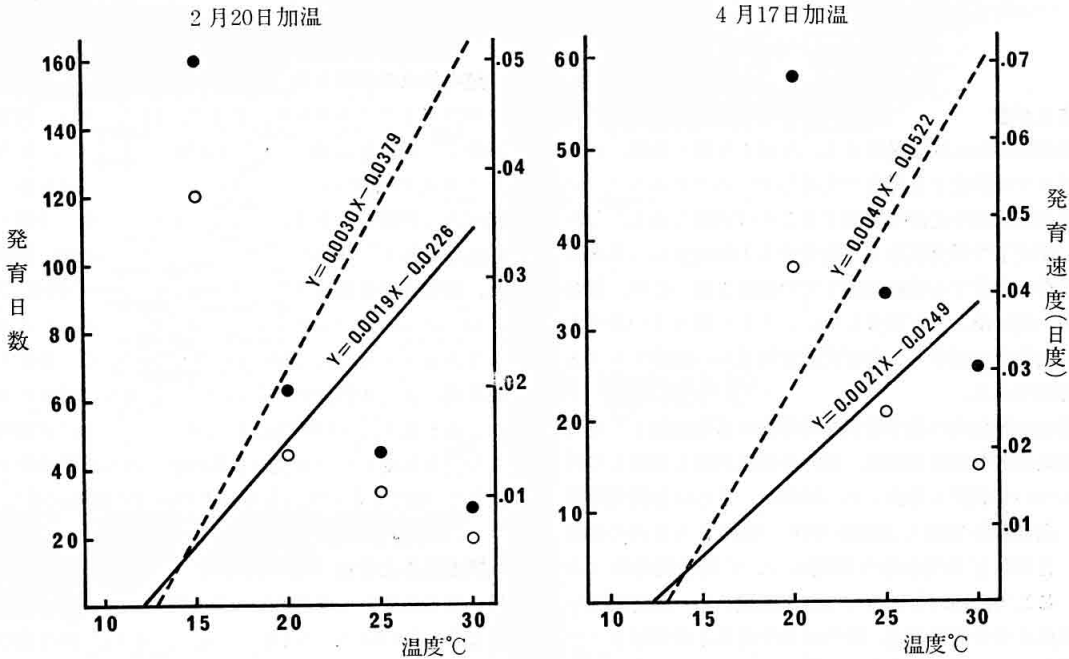
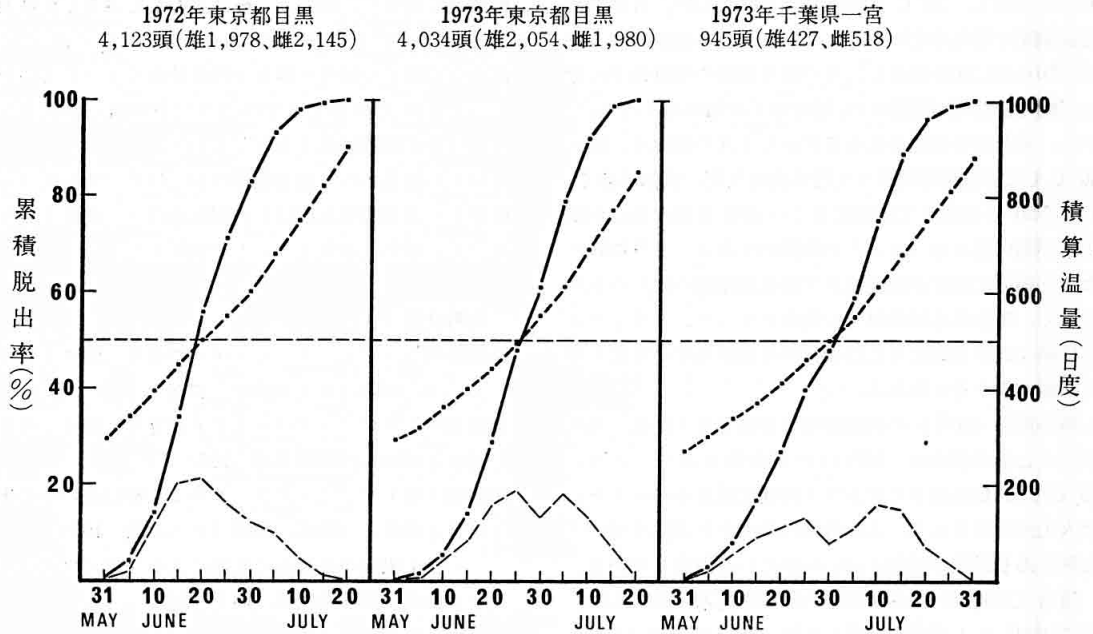


図-1 マツノマダラカミキリ越冬幼虫の温度と発育との関係 (1974年)
○50%蛹化期間, ●50%羽化期間, 点線50%蛹化までの発育速度, 実線50%羽化までの発育速度



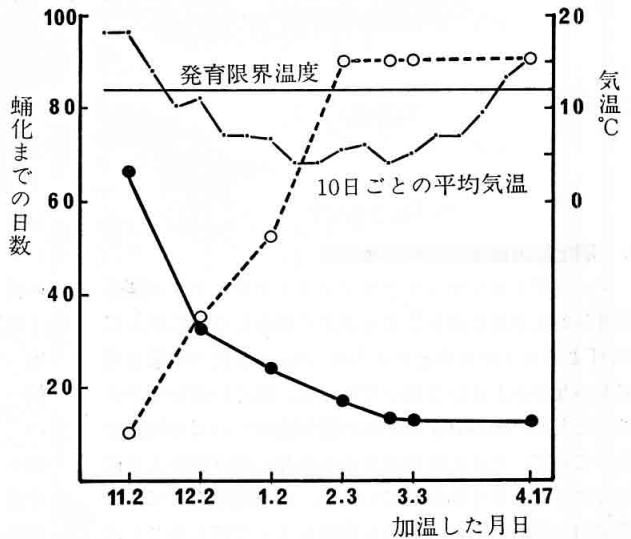
図一 2 マツノマダラカミキリの羽化脱出消長と有効積算温度との関係
 実線は累積脱出率，点線は積算温度

有効積算温度は244~290日度の範囲内で発生しており，最も早く脱出した1972年（5月24日）の温度は258日度である。

次に50%脱出日と有効積算温度についてみると，1972年（6月18日）が480日度，1974年（6月19日）が524日度，1971年と1973年は同日（6月26日）で480日度と508日度となり，東京における羽化脱出の最盛期は6月中旬から下旬で年次の変動は少なく，累積脱出率50%と気温から求めた積算温度が約500日度とほぼ一致した。

さらに，1973年に千葉県林試で行った千葉県長生郡一宮町（九十九里海岸）での野外アミ室内の発生活消長と同一場所で観測した日平均気温をもとに，東京と同じ方法で累積脱出率と積算温度を求め比較した（図一2）。一宮町での羽化脱出は5月31日（273日度）にはじまり，東京より1週間遅い7月2日に50%に達した。しかし有効積算温度は520日度となり，東京における1971~1974年の結果とよく似た傾向を示し，やはり発育限界温度が12°C付近にあることがうかがわれる。

3) 時期別加温による発育日数，蛹化率



図一 3 30°C 恒温における終齢幼虫の時期別蛹化消長 (1974~1975年)

● 蛹化までの平均発育日数
 ○ 蛹化率

供試虫は林試構内のアミ室で同一時期に産卵（1974年7月産卵）させた 餌木（平均直径12cm，長さ200cm）から，蛹室内の幼虫を1974年11月以降4月まで毎月加温の

前日に採取し、30°C 温度条件下で餌育した。月別の蛹化前期間と蛹化率を図-3に示した。越冬前期の11月加温で70日後に10%蛹化し、その後冬期間の気温低下に伴って蛹化前期間が短縮され、蛹化率が次第に高くなる。しかし、越冬前半期にあたる11月から1月の幼虫は、25~30°Cでは加温後短期間で生理障害的な死亡個体が多く、むしろ20°C恒温下では蛹化までの発育日数は長いが蛹化率が高い値となったことが特徴的である。2月以降になると顕著に発育が促進されて蛹化前期間のばらつきが少なく、蛹化率も90%以上の高率となった。こうした2月以降における蛹化または羽化の促進的効果は休眠生理に関係すると考えられる。

越冬前期(10月)の終齢幼虫を加温すると蛹化、羽化することは山根ほか(1974)の調査例もあり、さらに25°Cと30°C恒温下でアカマツ内樹皮粉末をベースとした人工飼料を与えて、ふ化直後の幼虫から羽化までいった例もあり低温が必須とはいいがたいと指摘している。

遠田(未発表)はふ化直後の幼虫を餌木(直径6cm, 長さ16cm)に1頭ずつ接種した後、20, 25, 30°Cの各

恒温室で飼育し、約16ヵ月後に割材して調査した結果、25~30°Cでは1頭の羽化もみられなかったが25°Cで供試虫(33頭)の48%が健全な終齢幼虫で生存していた。しかし、20°C恒温では22%(供試虫23頭)が成虫となり、17%が終齢幼虫で生存していた。

以上の結果から、越冬前期の10~11月の加温及びふ化直後から発育限界温度以上の恒温条件下で飼育すると低率ながら蛹化、羽化することが判明した。

引用文献

- 遠田暢男：マツノマダラカミキリの発育に関する研究 (1), (2), 86回日林大会講演, 1975
 奥田素男：マツノマダラカミキリの発育に関する温度別試験, 24回日林関西支講, 1973
 山根明臣他：マツノマダラカミキリ4齢幼虫のその後の発育と温度との関係, 85回日林大会講, 1974
 ————：組成の異なる人工餌によるマツノマダラカミキリ幼虫の発育の比較, 同上, 1974

マツノマダラカミキリ成虫の行動習性

山 根 明 臣

農林省林業試験場昆虫第2研究室・農博

1. 羽化脱出直後の移動分散行動

マツノザイセンチュウとマツノマダラカミキリの関係が明らかにされたあと、まさきに誰れもの頭に浮んだのは「このカミキリはどのようにして、どれ位の距離を飛ぶものなのか」という問いであった。松くい虫を手がけてきた人は、多かれ少なかれ行動習性についての知識を持っていて、たとえば日暮れから活発に動き回るようになることなどよく知られていたが、いざ聞き直って何km飛ぶかと問われると、誰れも自信をもって答えることはできなくなる。

そこで直ちに本格的な行動習性に関する調査研究が開始された。といってもこの分野の研究手法は限られていて、標識虫の放虫・再捕、直接観察が主である。ただ問題は供試虫である、極端な話、寿命のつきかたの虫を用いてテストしても歩行行動さえみられないかも知れない。実際に餌木に飛来した虫を使って、脱出直後の移動

分散行動について調査する等、初期には供試虫の質についての配慮が必ずしも十分でなく、結果の考察に若干の混乱もあったように思われる。

現実に予防散布や防除帯、まん延防止帯を設定するに当っては、マツノザイセンチュウを多量に持った脱出直後のマツノマダラカミキリ(以下カミキリという)がどのくらい飛ぶかを知りたい。またある人は行動は活発で数十~数百kmも飛ぶ可能性を強調したし、さらにある人は数十~数百mの範囲が普通で、特殊な条件下で数kmの移動が可能であるにすぎないなど、それぞれ事実に基づいても、虫の状態や他の条件が異なるので、一般性のある命題とするには問題が残った。

関東地方には野外での放虫実験にいろいろの制約があって実施困難であったので、主としてケージ内での直接観察を行なった。背番号のついた個体を放し、一定時間毎にどこで何をしていたかを観察する、こうすれば行動の変化や移動の経路、状態を追跡できる。はじめ脱出後

数日の摂食中のカミキリについて実験したが、飛しょう等の移動活動があまりみられず、この虫の生活史から考えて説明が困難であった（脱出後なにがしか移動しないと生立木枝部に到達できない。そのためには脱出した場所から移動分散を結果するなんらかの機構が備っているにちがいない¹⁾。そこでケージを大きくし、供試虫として脱出後1～2時間の虫を用いて実験したところ、予想通りさかんに歩行、飛しょうすることが判った。それまでにもなんとかして飛しょう行動を起こさせようとして、他の昆虫で用いている投上げや落下を試みたがすべて不成功であった。ふとしたことから気付いたことだが、飛ぶ前には、常にははっきりとした準備動作がみられる。

普通容器から虫を掴んでとりだして放しても、おどろき、おその状態や危険からの逃避とみられる行動をすることが多く、少時待つ必要があるが、掴み方、放し方によってはすぐに落ちて着いて正常な歩行を始めさせることも可能である。こうして枯死木、生立木のいずれにせよ直立したものに放すと、必ず上部に歩行を始める。地面に放してもだいたいなにかものにぶつかり、それを登り始める。枝を登って斜め上方に向う場合を含め、先端部に達するまで歩行を続ける、葉のついた枝でも葉の間をくぐり抜けて、末端部への移動を続ける、こうして先端に達すると立ち止り、特有のアンテナの旋回をし、足ぶみのあと、はねを開いて飛び立つ²⁾。

観察例は少ないが、実際の脱出の様子も同じであった。最後の数mmの辺材（及び樹皮）をかみ切り、前肢の先が脱出孔の外側にみえた瞬間、体全体が外部に現れ、直ちに上方へすばい動きで歩行していき、先端からすぐに飛び立った。この一連の行動は気温の影響を受けるのは当然であるが、温度が高くても雨の日には動きが止り、脱出孔付近で静止しているものをみることも多い、この一連の行動の途中では、摂食可能な枝があっても、そこに止まって摂食を始めることはみられなかった。一定時間か一定の運動量の後といったように、段階的に次の行動が触発されていく性質があるのかも知れない。

ここでみられる飛しょうは定位されているとは考えにくい。盲飛行のように林内では枝等につかかってそこに止る。広い場所ではフワフワと上方に舞い上り、風下に風速より少し早く飛んでいく。近くの松や松林に定位しているとはみられない。裸地での放虫で、次に着陸したのは、地上、草の葉、広葉樹、マツ類と一定しなかった。松林の中での被害木から脱出、飛しょうしたカミキリは、次にぶつかるのが附近の松であることがもっとも多く、これで被害初期の団状枯損をうまく説明すること

ができる。単木的な被害木から脱出、飛しょうした虫は餌にありつくまで再びランダム飛しょうを繰り返すことであろう。この無摂食の期間が限度を超えると、生存は不可能で、その限度は3～5日であった³⁾。

以上のことから、この期間には特色のある一連の行動のあることが明らかであり、これを移動分散期と呼ぶことができよう。

2. 摂食行動

第1期の移動分散によって餌のある所に到達した後、噛みつき及び摂食行動が味覚刺激物質によって解発される。この物質の詳細は目下検討中であるが、ステロール類等数種類が関係するらしい⁴⁾⁵⁾。蔗糖も摂食行動を起こさせることが、人工餌による実験その他から明らかにされている⁶⁾。

主として摂食行動を行っているこの期間は移動性が少ない。同じ場所で摂食を続ける傾向がある。いわば定着摂食期といえる。この期間の後半の異性間の接触時には、交尾行動が行われ始めるものと思われる。

3. 産卵期

3～4週間の摂食後成熟して産卵対象木に飛来しはじめる。この飛来は明らかに匂で定位されている⁷⁾。産卵対象になる新鮮な丸太(餌木)の匂成分をコールドトラップで捕集し、ガスクロその他で分析した結果、嫌気性発酵生産物であるアルコールやアルデヒド類が同定されている⁸⁾。更に低沸点のガスについて現在分析中であるが、炭酸ガスをはじめガス状の発酵生産物の存在が示されており、これらと餌木誘引力との比較を円形オルファクトメーターによって検討中である⁹⁾。

産卵対象木への飛来のあと産卵嚙痕を作る行動も餌木の匂で触発される。内樹皮に達して味覚刺激を受けたのち、反転・産卵管挿入・産卵という一連の産卵行動に移る⁷⁾。

マツ類内樹皮の熱風通風乾燥粉末をベースにした人工餌にもほぼ同じ数の産卵をさせることができるようになったが、一カ所に5卵も産むとか、ふ化率の低さとかの異常がみられる。

雌は交尾しなくても産卵するが、交尾後の方がはるかに数が多い⁹⁾。普通交尾は産卵対象木の上でよくみられる。この期間にも摂食は続けられる。

以上のとおり成虫期を移動分散期、定着摂食期、産卵期の3期間に分けることが、それぞれの行動の性質及びそれらに關与する要因の解析上好都合であることがお判

りと思う。第1期に関する移動分散は普通数百m止り
で、時に風の状態によっては数十kmもの移動も可能であ
ると推定できる。市販の誘引剤は第3期の成虫に効果が
あり、使用する場合にはその効果を虫の条件との関係で
評価するようにすることが必要である。

ケージ内の実験を主とした手法で得られた知見が、野
外での放虫実験によって立証されていることをみると
¹⁰⁾¹¹⁾、この手法も限界さえわきまえていけば、有効であ
ることが保障されたといえよう。

以上のような行動習性を利用すれば、前年の被害木を
不完全に処理するよりは、むしろ翌春まで放置してお
き、脱出初期にその周辺のみを重点的に予防散布する方
法で、現在の駆除と予防を兼ねた散布方法ができるかも
知れない。現にこの線に沿った予備的試験が行われてか
なり有効であったときいている。誘引剤利用の防除法
も、行動習性について十分な知見をもとにしてはじめて
有効なものになることであろう。

参考文献

1. 山根・相川：第84回日林講 324～327, 1973
2. 山根・伏見：第85回日林講 242～245, 1974
3. 山根：第26回日林関東支部大会講演要旨集, 18, 1974
4. 宮崎・尾田・山口・山根・遠田：日林誌, 56(7),
239～246, 1974
5. 宮崎ら (未発表)
6. 山根・鹿野 (未発表)
7. 山根・浅田：第86回日林講 329～340, 1975
8. 尾田：林試研報第266号 1～11, 1974
9. 山根・浅田 (未発表)
10. 小林(富)・奥田・細田・竹谷・井戸：第84回日林
講 327～328, 1973
11. 井戸・武田・小林(一)・竹谷・奥田・細田：第86
回日林講 335～336, 1975

マツノマダラカミキリの分布

野 洵 輝

農林省林業試験場昆虫第2研究室長・農博

はじめに

マツノザイセンチュウの媒介者マツノマダラカミキリ
は Hope (1842) によって中国の標本に基づき *Monoch-*
amus alfernatus の名前で記載され、香港から書かれ
た *M. tessera* White をシノニムとしている。本州
での分布は材線虫の分布より北上しているが、微害地
での調査は枯損木が少なく、加うるにマツノマダラカミ
キリ (以下カミキリという) の好繁殖場となる夏型枯損
がなく、分布の確認は容易でないが、現在までの知見を
まとめて報告する。

分 布

中国大陸では北京からチベットまで非常に広範囲に
分布し、ラオス、朝鮮、台湾からも記録がある。一般に
昆虫は中国大陸が分布圏内にある場合、ここを原産地と
されることから、このカミキリも中国大陸を原産地とし、
南方系統の種類であろうと推定する。大陸での被害は
わからないが、楚南仁博氏 (1929) は台湾では台湾赤松に

大害を及ぼし、特に6～10年生のものに被害をあたえ
ると報告している。

日本では、九州、四国、本州の激害林分に多いことは
言うまでもないが、沖縄県で従来1頭しか採集されて
いなかったが本島に1973年頃被害が発生した。これは九州
より移入された被害材によるものといわれている。カミ
キリは垂直的にも水平的にもマツノザイセンチュウ (以
下材線虫という) の分布地域以外にも分布し、被害とカ
ミキリの分布の間に同じ傾向はない。

垂直的には雲仙山系では材線虫は720mまで、カミキ
リは1,050mまで、阿蘇九重山では材線虫は280mまで、
カミキリは1,000mまで分布が確認されている。

水平的には材線虫の分布の北限である関東地方を例に
取ると、材線虫は房総半島、千葉県北部の沼南町から水
海道及び水戸周辺、神奈川県南部、八王子市から埼玉
県南部に分布している。しかし、カミキリは関東全県に
分布している。

カミキリの分布の北限は、林試東北支場 故 木村重
義氏の枯損木あるいは餌木調査によると、日本海側では

秋田市まで、太平洋側では石巻市まで分布が確認されている。内陸部では秋田市、本荘市の海岸より10km附近の地点や勿来市、塩釜市、松島市などの海岸近くの丘陵地で確認されている。寒地に本種が分布できない理由として、夏の発育温度が不足し、休眠齡に達するまでに越冬を迎え、死亡したり、越冬しても翌春蛹化できず2年1化の経過をたどるためとされている。

材線虫の分布していない所でのカミキリは恒常発生型の過熟林分にも見られるが、マツの衰弱と枯損の時期が主に秋から春になるためカミキリは多くない。むしろ、枯枝や、長期間にわたって枯れの進む過密林分の被圧木で生息している場合が多い。東北地方では病害が次第に周辺に拡がるツチクラゲ病による群状枯損木から発見されている。

材線虫分布地での枯損型

急激な被害を受ける海岸沿いの激害林では加害時期が夏に集中し、被害木の衰弱が短期間に起きるため単木的にも林分的にもカミキリを主とした単純な種構成となる。同時に被害の多い年は少ない年よりも種構成が単純となる。しかし、これより被害量の少ない内陸部ではマツの衰弱と枯損の時期が秋にかたより、クロキボシゾウムシのつくことが多く、種構成が複雑となる。水戸周辺で材線虫の検出される以前の枯損型は秋から春に枯れる型であったのが、材線虫の侵入とともに夏期にかたよる型に変わった。このように材線虫が分布することによって当然カミキリの繁殖に好都合な衰弱木が発生するが、材

線虫病の発病に不適当な内陸部では材線虫が枝に入ったとしても枝枯れで終っている。

おわりに

材線虫の媒介者がいるから材線虫病の危険性があるわけではなく、媒介者がいることは一つの条件が満されることであり、少なくともMD指数で示される危険地では被害が進む可能性があろう。林試東北地方の分布は前東北支場昆虫研究室長 故 木材重義氏の集められた資料を利用していただいた。ここにつつしんで故人に厚くお礼申しあげる。

参考文献

- GRESSITT, J. L., 1951, Longicornia (Etudes et notes sur les Longicornes) II. Paris
- , J. A. RONDON, and S. von BREUNING, 1970, Pacific insects monograph 24, Cerambycid-beetles of Laos. Bernice P. Bishop Museum, Hawaii.
- 水戸野武夫, 1932, シルビア 3 (4) : 204~210
- 農林水産技術会議事務局, 1973~1975, 昭和47, 48, 49年度特別研究マツ類材線虫の防除に関する研究推進会議資料。
- 楚南仁博, 1925, 台湾農事報 226 : 45.
- 林業試験場東北支場昆虫研究室, 1975, 昭和49年度保護部担当官会議資料。
- 竹谷昭彦, 奥田素男, 細田隆治, 1975, 日林誌 57(6) : 169~175.

被害速報

8~9月の森林病虫害等被害発生状況

昭和50(1975)年8月16日から9月15日までの1カ月に受理した速報カードは196枚(民有林140枚, 国有林56枚)でした。

■松くい虫 75件15,738㎡の被害。北海道でヤツバキクイムシが上川支庁上富良野町, 網走支庁津別町, 釧路支庁阿寒町のカラマツ134㎡。宮城県気仙沼市(青森局気仙沼署)60㎡。茨城県常陸太田市, 水海道市, 岩井市, 新治郡玉里村, 八郷町, 千代田村, 出島村計244㎡。石川県羽咋郡志賀町, 江沼郡山中町計42㎡。静岡県下田市600㎡。滋賀県大津市(大阪局大津署)82㎡。和歌山県有田市, 有田郡湯浅町, 那賀郡岩出町, 那賀町, 貴志川町, 打田町計407㎡。島根県太田市30本(材積未詳)。岡山県御津郡御津町(大阪局岡山署)10㎡。広島県佐伯

郡宮島町(大阪局広島署)654㎡。高知県高知市, 土佐市, 南国市, 須崎市, 香美郡夜須町, 野市町, 香北町, 高岡郡中土佐町計1,803㎡。佐賀県杵島郡有明町(熊本局武雄署)41㎡。熊本県水俣市, 八代市, 本渡市, 芦北郡田浦町, 芦北町, 津奈木町, 球磨郡深田村, 八代郡坂本村, 東陽村, 泉村, 天草郡天草町, 苓北町, 松島町, 大矢野町, 新和町, 御所浦町, 河浦町, 有明町, 五和町, 姫戸町, 熊本市(熊本局熊本署), 山鹿市(同局菊池署)計7,978㎡。宮崎県串間市(熊本局串間署), 日向市, 児湯郡都農町, 川南町(以上同局日向署), 高鍋町(同局高鍋署)計129㎡。鹿児島県鹿屋市, 熊毛郡の種子島, 屋久島の民有林と, 枕崎市・西之表市(以上熊本局鹿児島署)計3,554㎡。

8～9月の森林病虫害等被害発生状況 (昭和50年8月16日～9月15日まで)
に受理した速報カードの集計表

	松くい虫	松毛虫	マツパノ タマバエ	スギ タマバエ	マイ ガ	イ スギ ノ ダ ニ	ノ ネ ズ ミ	ク リ タ マ バ チ	カ ラ マ ツ 先 枯 病	法定外の 病 害	法定外の 虫 害	法定外の 害 獣	法定外の 害										
北海道	4	134			2	11				(4 46)	(7 125)												
岩手											1	0											
宮城	(1 60)									(1 2)													
秋田											1	5											
山形											(2 42)												
福島											3	27											
茨城	8	244					(1 465)																
栃木							1 28																
群馬										1	0	(2 221)											
埼玉											1	0											
新潟			4	160							(1 68)	1	2										
富山						4	111																
石川	2	42				3	71																
長野								(3 64)	(1 0)	(1 25)	(4 252)												
岐阜			(1 17)						2 34	(1 7)	8 1,037	(1 1)	(3 26)										
静岡	1	600					1 18				1	104	355										
愛知							(1 4)																
滋賀	(1 82)									1	22	0											
京都											1	0											
和歌山	6	407											1 10										
鳥取						1	20				1	10											
島根	1	0					1 3				2	10											
岡山	(1 10)							1 0			1	663											
広島	(5 654)																						
山口										3	1												
高知	11	1,803					1 3						1 250										
佐賀	(1 41)																						
長崎			1	80																			
熊本	(2 103)						(1 31)																
大分	21 7,875		4	1,716		3	74	1 5		1	23	1,350											
宮崎	(6 129)												(1 12)										
鹿児島	(2 104)												1 70										
沖縄		1	1																				
国 有 林	19	1,183		1	17		6	564	1	0	7	80	17 709	5 39									
民 有 林	56	14,555	1	14	160	5	1,796	2	11	12	306	6	85	1	0	2	34	6	5	38	6,152	8	687
合 計	75	15,738	1	4	160	6	1,813	2	11	12	306	12	649	1	0	3	34	13	85	55	6,861	13	726

注：1 各欄の左はカード枚数、右は被害数量。数量の単位は、松くい虫、クリタマバチのみm³、その他はすべてhaである。
2 () 書は国有林、その他は民有林。
3 報告のない県名は省略してある。

■松毛虫 1件のみで、沖縄県糸満市でリュウキュウマツ20～30年生30本1haにマツカレハが加害。

■マツバナタマバエ 新潟県のみで4件160haの被害、発生地は北蒲原郡豊浦町、紫雲寺町、聖籠村、中条町。
■スギタマバエ 6件1,813haの被害。岐阜県吉城郡宮川村(名古屋局神岡署)17ha。長崎県大村市80ha。熊本県水俣市、芦北郡田浦町、津奈木町、芦北町計1,716ha。
■マイマイガ 2件のみで北海道上川支庁東神楽町、網走支庁滝上町いずれもカラマツ計11ha。

■スギノハダニ 12件306haの被害。富山県上新川郡大沢野町、中新川郡立山町、上市町、婦負郡八尾町計111ha。石川県加賀市、小松市計71ha。鳥取県日野郡日南町20ha。熊本県玉名郡三加和町、八代郡坂本村計74ha。鹿児島県鹿屋市30ha。

■クリタマバチ 1件のみで、6～7月に岡山県が一斉調査をしたところ県下一円のクリ園780ha(材積未詳、うち激害82ha)被害、クリは5～20年生。

■ノネズミ 12件649haの被害。茨城県北茨城市(東京局高萩署)ヒノキ465ha。栃木県今市市ヒノキ28ha。長野県佐久市(長野局臼田署)、北佐久郡軽井沢町(同局岩村田署)、南安曇郡奈川村(同局藪原署)いずれもカラマツ計64ha。静岡県磐田郡佐久間町スギ、ヒノキ18ha。愛知県北設楽郡津具村(名古屋局新城署)ヒノキ4ha。島根県鹿足郡津和野町ヒノキ、アカマツ3ha。高知県香美郡香北町ヒノキ30ha。熊本県阿蘇郡阿蘇町、上益城郡御船町(熊本局熊本署)ヒノキ計36ha。大分県大分郡庄内町ヒノキ1ha。

■カラマツ先枯病 長野県に3件で、東筑摩郡坂井村、四賀村と、北佐久郡御代田町(長野局岩村田署)計34ha。

■法定外の病害 13件85haの被害。スギの黒点枝枯病が群馬県群馬郡倉沢村0.2ha。ヒノキの病害(樹脂胴枯病=報告者)が山口県山口市、美禰郡秋芳町、吉敷郡秋穂町0.77ha。ヒノキのならたけ病が熊本県八代郡東陽村2ha。カラマツの芽枯病が長野県南安曇郡奈川村(長野局藪原署)25ha。カラマツの落葉病が岐阜県大野郡荘川村(名古屋局荘川署)7ha。ストローブマツのがんしゅ病が、北海道雨竜郡沼田町(旭川局深川署)、上川郡下川町(同局一ノ橋署)、中川郡中川町(同局名寄署)計44haと、宮城県宮城郡宮城町(青森局仙台署)2ha。タケの開花病が滋賀県高島郡安曇川町マダケ2ha。

■法定外の虫害 55件6,861haの被害。トトマツオオアブラムシが北海道後志支庁倶知安町、留萌支庁苦前町、上川支庁占冠村、宗谷支庁歌登町の民有林と、上川郡愛別町(旭川局旭川署)、富良野市(同局富良野署)、亀田郡七飯町(函館局函館署)、瀬棚郡北松山村(同局東

瀬棚署)計176ha。エゾマツオオアブラムシが北海道天塩郡天塩町(旭川局天塩署)アカエゾマツ41ha。カラマツオオアブラムシが北海道宗谷支庁歌登町250ha。カイガラムシの1種が岡山県下一円のクリ663haに発生。カラマツイトヒキハマキとカラマツヒメハマキが山形県尾花沢市(秋田局村山署)33ha共同加害。カラマツマダラメイガが秋田県雄勝郡雄勝町5haと、山形県上山市(秋田局山形署)9ha、福島県耶麻郡猪苗代町20ha。セスジノメイガが島根県松江市のモウソウ(新竹に多い)10ha。ブチヒゲヤナギドクガが滋賀県彦根市のポプラに大発生し、街路、学校などの構内から民家にも被害。セグロシヤチホコが京都府綾部市ポプラ20本。アメリカシロヒトリが滋賀県大津市プラタナス4本に、県下で初発見。オオスジコガネが北海道後志支庁黒松内町トドマツ61ha。ドウガネブイブイとヒメコガネの幼虫(根切虫)が岐阜県美濃加茂市(名古屋局岐阜署)苗畑0.7ha。スジコガネが静岡県賀茂郡松崎町スギ10ha。ナガチャコガネが島根県鹿足郡柿木村ヒノキ苗畑0.14ha。マツノクロホシハバチは依然各地に多発しており、岩手県九戸郡軽米町(被害量不詳)、福島県安達郡岩代町、東和町計7ha。群馬県吾妻郡中之条町の民有林と、利根郡月夜野町(前橋局月夜野署)、多野郡鬼石町、万場町(以上同局高崎署)計121ha。埼玉県秩父郡大滝村の民有林と国有林(東京局秩父署)アカマツ、ヒメコマツ、カラマツ計88ha。長野県南安曇郡奈川村、安曇村、東筑摩郡四賀村と、小諸市(長野局岩村田署)、小県郡青木村(同局上田署)、木曾郡木曾福島町、日義村、三岳村(以上同局福島署)計601ha。鳥取県八頭郡船岡町10ha。カラマツアカハバチが長野県更埴市、塩尻市、東筑摩郡坂井村、麻績村、更級郡大岡村いずれもカラマツ計687ha。マツノミドリハバチが北海道十勝支庁広尾町2,561ha。スギザイノタマバエが熊本県八代郡泉村、坂本村、東陽村計1,350ha。トドマツノハダニが北海道後志支庁京極町、ニセコ町計56ha。

■法定外の獣害 13件726haの被害。ノウサギが静岡県磐田郡佐久間町、水窪町スギ、ヒノキ計355ha。高知県香美郡香北町ヒノキ250ha。大分県南海部郡宇目村ヒノキ70ha。鹿児島県揖宿郡頰娃町(熊本局鹿児島署)ヒノキ1ha。シカ(推定)が埼玉県秩父市ヒノキ14年生2ha。カモンシカが岐阜県中津川市、恵那郡上矢作町(以上名古屋局中津川署)ヒノキ25ha計(区域87ha)。大分県大野郡緒方町(熊本局竹田署)ヒノキ12ha(加害種名推定)。イノシシとサル共同加害が和歌山県有田郡金屋町ヒノキ、スギ、マツの幼齢林の樹皮、枝、しいたけなどを加害10ha。