

福島県におけるマツの枯損動態に関する研究

(Ⅱ) — 枯損動態調査林分の設定、材線虫病の感染源および被害材内におけるマツノザイセンチュウの消長に関連した研究 —

(県単研究および国庫一般課題、研究期間昭和57年～61年度)

主任研究員 在原 登志男

まえがき

前報¹³⁾では、マツノザイセンチュウの人工接種に関連した研究の結果を報告し、材線虫病によるマツの発病、枯死経過にはいくつかのパターンがあること、また樹幹の下部で8月までに樹脂滲出の継続的な停止が観察されれば、年内枯れとなる比率が高く、9月以降では年越し枯れとなる比率が高い傾向にあることなどを明らかにした。

本報では、枯損動態調査林分の設定、本病の感染源および被害材内におけるマツノザイセンチュウの消長に関連した研究の結果を報告する。

本報告をまとめるに当たって、御指導を賜わった農林水産省林業試験場東北支場保護部長陳野好之博士に心から感謝の意を表す。また、研究を遂行するに際して、ご協力をいただいた田島林業事務所斎藤勝男氏、いわき市役所高木良雄氏、ならびに各林業事務所の関係各位に厚くお礼申し上げる。

なお、本報の項目は以下のとおりである。

1 章 枯損動態調査林分の設定に関連した研究

- 1 節 マツの枯損時期とマツノザイセンチュウ検出率
- 2 節 マツの枯損時期とマツノマダラカミキリの寄生数
- 3 節 夏の暑さとマツの枯損時期およびマツノザイセンチュウ検出率
- 4 節 夏の暑さとマツ枯損時期別のマツノマダラカミキリ寄生状況
- 5 節 枯損木へのマツノマダラカミキリ寄生の有無および寄生数の推定
- 6 節 枯損木におけるマツノマダラカミキリの寄生部位
- 7 節 自然感染によるマツの発病と枯損時期
- 8 節 年内枯れ、年越し枯れと材内におけるマツノザイセンチュウの生息状況

2 章 材線虫病の感染源に関連した研究

- 1 節 枯れ枝におけるマツノマダラカミキリの寄生とマツノザイセンチュウの生息状況
- 2 節 材線虫病感染源としての被圧木と伐倒放置木
- 3 節 マツの伐倒時期とカミキリムシ類の寄生およびマツノザイセンチュウ保持状況

3 章 被害材内におけるマツノザイセンチュウの消長に関連した研究

- 1 節 マツ枯損木内におけるマツノザイセンチュウの消長およびマツノマダラカミキリ2年1世代成虫のマツノザイセンチュウ保持数

1 章 枯損動態調査林分の設定に関連した研究

1 節 マツの枯損時期とマツノザイセンチュウ検出率^{※)}

I 研究目的

福島県における材線虫病によるマツの枯損発生は感染年の秋期にとどまらず、翌年の厳冬～春期にかけて、さらにマツノマダラカミキリ(以下マダラカミキリという)の羽化脱出期である6月中、下旬以降まで観察されている。このようなマツ枯損現象は、一般に寒冷地方における枯損動態⁴⁵⁾として重視されている。

マツの時期別枯損の発生量と材内におけるマツノザイセンチュウ(以下ザイセンチュウという)の生息との関係についてはこれまでもいくつかの報告^{19,29,44)}がみられるが、ここでは本県における枯損動態をより精査する目的で2か所の固定試験地を設け調査した結果を報告する。

II 材料と方法

固定試験地は材線虫病の微害地である相馬、いわき両市のアカマツ25～50年生林各5haとし、昭和57年夏から翌年7月までに発生した枯損木を対象として、8～12月までの枯損木を年内枯れ、翌年1～7月のそれを年越し枯れ⁴⁵⁾とし、後者では月別に枯損木を記録した。なお、被圧枯れと思われる小径木が多量に存在したため、これらの一部については調査から除外した。また、枯損の判定は当年生葉の過半数が褐変した時期とした。

年内枯れ木は昭和58年の1月に、年越し枯れのうち1、2月枯れ木は3月に、3、4月枯れ木は4月下旬に、また5～7月枯れ木は8月に根元から伐倒し、樹体全体をランダムに5～6か所選び、直径14mmのドリルで深さ約5cmの穴をあけて材片を採取し、ベルマン法によって材片から線虫を分離しザイセンチュウの有無を調べた。

III 結果と考察

1. 時期別のマツ枯損量

調査期間内に相馬、いわき両試験地で68, 65本計133本が枯損した。これらのうち胸高直径(以下直径という)25cm以上を大径木(I)、15～24cmを中径木(II)、14cm以下を小径木(III)に区分して集計したところ、Iが12本、IIが50本、IIIが71本と小径木が55%を占めた。

時期別の枯損本数(図-1)をみると、年内枯れが45本(全体の枯損本数率で34%、以下も同様)、年越し枯れが88本(66%)であった。後者を月別にみると、1月が18本(13%)、2月が19本(14%)、3月が10本(8%)、4月が8本(6%)、5月が12本(9%)、6月が15本(11%)、7月が6本(5%)となった。次に、被圧枯れの可能性が少ない中径木以上の枯損本数では、年内、年越し枯れがそれぞれ31本であり、1月7本(11%)、2、3月5本(8%)、4月4本(6%)、5月1本(2%)、6月6本(10%)、7月3本(5%)となった。これらの結果は、当地方のマツ枯損は秋から始まって翌年の夏まで続くことを示している。

※) 本節は日本林学会大会発表論文集¹¹⁾に発表したものである。

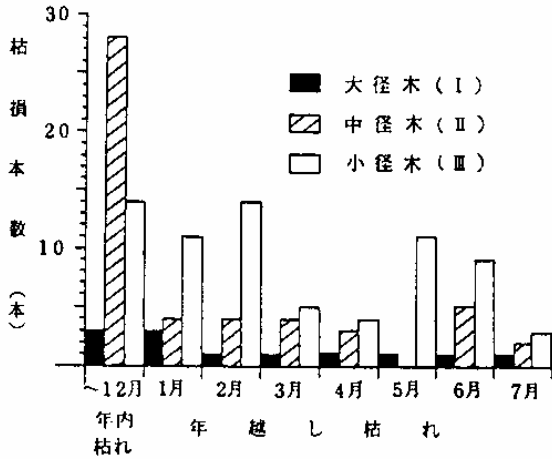


図-1. 時期別のマツ枯損本数

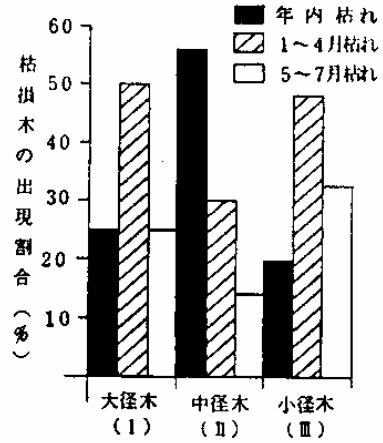


図-2. 枯損時期と枯損木の胸高直径

さらに、マツの枯損本数を年内枯れと年越し枯れに区分し、特に後者では月平均気温がザイセンチュウの安定的に増殖しうる温度といわれる 15°C ²⁷⁾以上となる5月で区分し、直径階ごとの出現割合をみた(図-2)。これによると、Iでは1~4月枯れの割合が高く、IIで年内枯れが高かった。IIIは1~4月枯れの割合が高かったが、一部に調査除外があるため若干の問題が残る。

以上の2つの結果から、昭和57年度における本県での年越し枯れ木の発生割合は50%以上となり、この値は寒冷地方における年越し枯れが30~85%に達するとの報告⁴⁵⁾の範囲内に入っている。なお、当地の昭和57年は平年に比べて冷夏で、年越し枯れが冷夏の年に増加するとの報告²¹⁾から推定すると、夏期の気温が平年値あるいはより高温で経過した場合には、この割合は低下することも考えられる。

2. 枯損時期とザイセンチュウの検出率

直径階および枯損時期ごとのザイセンチュウ検出率をみた(図-3)。この調査のうち、いわき試験地では年内枯れ木の一部で線虫検出ができなかったため、試験地以外のアカマツ林で、枯損時期の明らかなものを調査木に加えて、その総数を139本とした。図-3によると、Iでの検出率は年内枯れが60%であったが、1~4月枯れで20%に低下し、5~7月枯れで100%と上昇し、平均で約60%となった。IIとIIIでは、枯損時期による検出率に差がなく前者で約60%、後者で約25%を示した。しかし、IIIを10cm以上と被圧による枯損木が多いとみられる10cm未満に分けて検出率をみると、前者の年内枯れでは36%、1~4月が40%、5~7月が42%と約40%を示したが、後者ではそれぞれ13, 6, 7%と低率でかつばらつきが目だった。

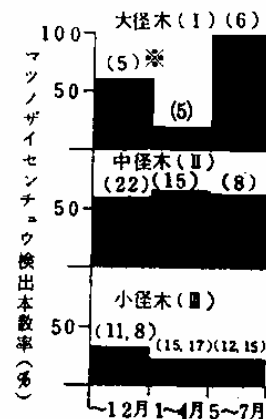


図-3. 枯損時期とマツノザイセンチュウ検出本数率

※調査本数、小径木は10cm以上、10cm未満

次に、時期ごとのマツ枯損の特徴をみると、年内枯れでは樹冠が急激に褐変するタイプが多く、年越し枯れではこのようなタイプの他に樹冠下部から上部に向かってゆっくり褐変が進行するタイプ、枝枯が飛び火状に、全体にゆっくり波及するタイプ

などがかなり認められた。特に後二者では樹冠の過半数の当年生葉が褐変したにもかかわらず、樹幹の韌皮部は生々しいものがみられた。橋本¹⁸⁾が樹体内の水分が減少しはじめるとザイセンチュウの爆発的な増殖現象が起こると述べたように、このような発病のタイプの違いとその過程によって推移する樹体水分がザイセンチュウの検出率に影響を与えたものと考えられる。

以上の結果は、一部に被圧枯れの疑いのある小径木を除いたザイセンチュウの検出率が年内枯れではほぼ60%であったものが、1~4月枯れで20~60%に減少し、5~7月枯れで60~100%と上昇することを示している。これらの値は年内枯れで30~95%検出され、1~4月枯れでは減少し、5~7月枯れで若干上昇するという寒冷地方での既報の結果¹⁹⁾と同じ傾向にあった。冬期にザイセンチュウの検出率が低下する原因は、発病しても気温が低いためにマツの樹体内水分の減少が少なくザイセンチュウの増殖に適さないこと、また低温のためザイセンチュウが増殖しない²⁷⁾ことなどがその一因と考えられるが、今後とも詳しい検討が必要である。

2節 マツの枯損時期とマツノマダラカミキリの寄生数^{※)}

I 研究目的

1節では、時期別のマツ枯損量とザイセンチュウの検出率の関係を調査し、胸高直径および枯損時期によって差違のあることを明らかにした。ここでは、これらの枯損木に対するマダラカミキリの寄生数について報告する。

II 材料と方法

材料は1節の固定試験地のすべての枯損木133本とこれに他の地域の枯損木33本を対象とした。また、調査時期も同様で、年内枯れ木は昭和58年の1月に、年越し枯れのうち1、2月枯れ木は3月に、3、4月枯れ木は4月下旬に、5~7月枯れ木は8月にそれぞれ根元から伐倒した。これを根元から梢端に向かって1mごとに区分し、幹部は片面だけの剥皮により、枝条部については片面または全面を剥皮して、マダラカミキリの材入孔および樹皮下の幼虫を計数した。片面の剥皮調査の場合は実測値を2倍して総寄生数とした。

III 結果と考察

1. 枯損時期とマダラカミキリの寄生数

枯損時期および直径階ごとのマダラカミキリの平均寄生数を図-4に示す。本図では、4月以前枯れ木と5月枯れ木についてはマダラカミキリの脱出前に調査した。しかし5~7月枯れ木は8月に調査したため、これらの枯損木は6月以降に脱出したマダラカミキリの産卵対象木となったので、これを $+\alpha$ で示した。このような年越し枯れ木にマダラカミキリが産卵する現象は宮城県¹⁹⁾でも認められている。また、これらの枯損木からは昭和57年に産卵されたマダラカミキリの脱出孔は茨城県²¹⁾の結果と同様で認められなかった。

図-4によると、年内枯れ木では平均54頭/本のマダラカミキリが寄生していたが、大径木(I)と中

※) 本節は日本林学会大会発表論文集¹²⁾に発表したものである。

径木Ⅱではほぼ70頭、小径木Ⅲでは13頭と少なかった。

1月枯れ木では平均7頭/本で、Ⅰが38頭、Ⅱが10頭、Ⅲでは0頭であって直径が大きいほど寄生数が多かった。2～4月枯れ木は平均3頭/本で、Ⅰが2頭、Ⅱが4頭Ⅲが2頭と少なく、差がなかった。しかし5月枯れ木のⅠで前年に産卵されたマダラカミキリが18頭寄生が認められたことから、2～4月枯れの大径木でもかなりの数が寄生することもありうると思われる。このことは茨城県²¹⁾で3～4月に枯れた大径木に多数のマダラカミキリが寄生していた事例に符合する。その一因として、このような大径木は発病（樹脂浸出の停止）から枯損に至るまでかなり長時間を要したこと、および昭和57年は平年に比べて冷夏だったことなどをあげられよう。8月に調査した5～7月枯れ木は前年に産卵されたマダラカミキリが平均3頭/本認められ、前述のとおり昭和58年の6月以降に脱出てきたマダラカミキリの産卵対象木となった。したがってこれらの成虫がサイセンチュウを保持していれば、産卵時にサイセンチュウが樹体内に侵入し、本病の感染源となる可能性がある。⁹⁾

次に、マツ枯損時期ごとのマダラカミキリ寄生本数率をみると、年内枯れ木でⅠで56%、以下Ⅱ55%、Ⅲ36%であり、1～4月枯れでⅠ60%、Ⅱ53%、Ⅲ9%であった。このことから、大、中径木では1～4月枯れ木であってもマダラカミキリの寄生本数率が低下しないことも予想され、年越し枯れのうち冬期の枯損木での比率がそれほど低下しなかったという報告^{21,26)}と一致する。一方、5～7月枯れ木はⅠ、Ⅱ、Ⅲがそれぞれ86、100、67%と上昇したが、このことは前述のとおり昭和58年のマダラカミキリの産卵対象木となったことを暗示する。

2. 枯損時期と幹、枝別のマダラカミキリ寄生率

まず、枯損時期と枝条部におけるマダラカミキリの寄生との関係を図-5に示す。ここでは、枯損時期ごとの枝条部における寄生率は枯損木の径級による差がさほどなかったので一括し、また5～7月枯れ木は昭和58年のマダラカミキリの産卵対象木となったので除外した。図-5によると、枯損時期が遅い個体ほど枝条部での寄生率が高い。このような事例は栃木県⁴⁴⁾でも認められている。

次に、年内枯れでの枯損木の径級および幹、枝の部位別、すなわち、枝条部を均等に上、中、下に、また樹冠内の幹部とこれ以下の幹部を同様に上、中、下に区分しマダラカミキリの寄生率を調べた結

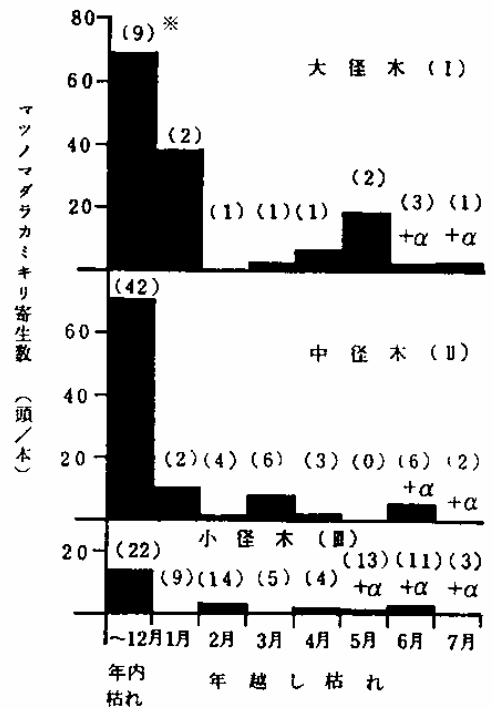


図-4. マツの枯損時期とマツノマダラカミキリ寄生数

* 供試本数

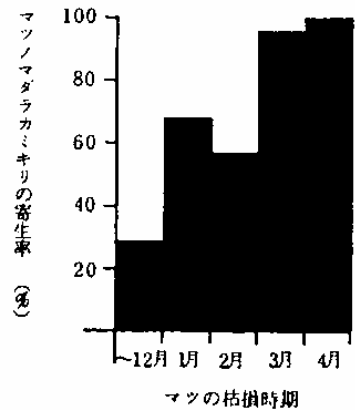


図-5. 枯損時期と枝条部におけるマツノマダラカミキリの寄生との関係

果を図-6に示す。これによると、樹冠下の幹部におけるマダラカミキリの寄生率は直径が大きいほど減少した。樹冠内の幹部のうち中、下はIIで高く、I、IIIで低い。また同上では明らかな傾向がみいだせなかったが、ほぼ直径が大きいほど増加するようであった。さらに、枝条部では直径が大きいほど増加し、その寄生率はIが64%、IIが21%、IIIが2%であった。

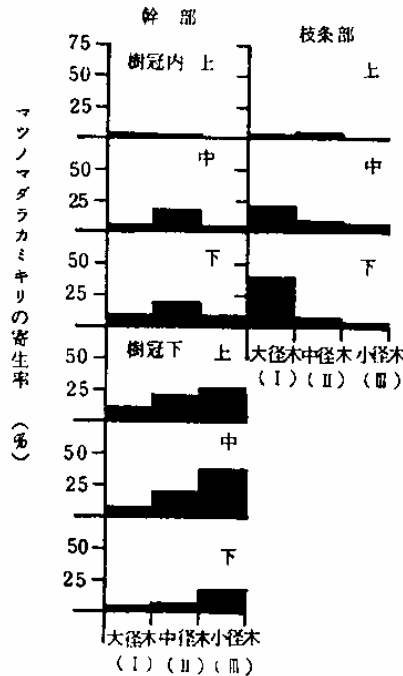


図-6. 年内枯れ木における部位別、マツノマダラカミキリの寄生率

以上のように、枯損時期、直径階および樹体の部位によりマダラカミキリの寄生率が異なる原因として、マダラカミキリの産卵に適する部位の太さとその量、粗皮厚、樹体の部位による発病の時期の違い²³⁾などがあげられる。さらに、年越し枯れ木における寄生部位がほとんど枝条部であったことは、発病がまず枝条部などで部分的に起ることを暗示するがこれらの点については今後とも詳しい検討が必要である。

3節 夏の暑さとマツの枯損時期およびマツノザイセンチュウ検出率^{※)}

I 研究目的

福島県における材線虫病によるマツの枯損発生は、感染年の夏に始まり翌年の夏以降までもみられる¹¹⁾。しかし、マツの枯損動態は夏の暑さと関係するようで、年越し枯れの発生割合は猛暑で少なく、冷夏で増加するといわれる。^{19,21)}

筆者は、昭和57年の夏から60年の夏までの3か年間、試験地を設けマツの枯損動態を調査した。調査1年目の結果は既に報告¹¹⁾したが、その後の調査により夏の暑さと枯損動態の関係を明らかにできた。本節では、夏の暑さとマツの枯損時期およびザイセンチュウ検出率について述べる。

※) 本節は日本林学会東北支部会誌⁷⁾に発表したものである。

II 材料と方法

調査2年目の固定試験地は前報¹¹⁾と同様で、相馬、いわき両市のアカマツ25～50年生林各5haとし、昭和58年8月から翌年7月までに発生した枯損木を月別に記録し、前報に準じて伐倒、調査した。3年目の調査は、相馬試験地のマツ枯損がほぼ終息したので、59年8月から翌年7月の期間、いわき試験地のみで実施した。

また、もよりの地域気象観測所のデータを用い、調査3か年間に於ける夏(7・8月)の暑さを比較した。

III 結果と考察

1. 調査期間内における夏の暑さの比較

昭和57年の夏は55年から3か年連続した冷夏の最終年であった。58年の夏は前半が冷温であったが、後半持ち直しやや冷夏、そして59年は猛暑であったといわれる。

表-1によると、夏の暑さを的確に表現する気象因子は日平均気温が25℃以上の日数であって、平年値を100とすると冷夏で20、やや冷夏で70、猛暑で170ほどとなった。夏の暑さを本指数でみると、昭和59年の夏の暑さは平年値の1.7倍を記録したといえよう。また、同年夏の降水量は平年値を100とすると40であり、かなり少なかった。

なお、夏の暑さは気温や降水量などによって決まるものであり、ある平均気温以上の日数のみで表現することが妥当かどうかは、今後とも検討を要する。

表-1. 調査期間内における気象条件

調査年度(年)	昭和57年 (冷夏)	昭和58年 (やや冷夏)	昭和59年 (猛暑)	平年値
年平均気温	12.4℃ (101)	11.9 (97)	11.1 (90)	12.3 (100)
M B 指数	21.3日度 (88)	19.7 (81)	24.4 (101)	24.2 (100)
7. 8月の平均気温	21.7℃ (96)	21.4 (94)	23.6 (104)	22.7 (100)
日平均気温が21℃以上の日数	45.5日 (76)	48.5 (81)	59.5 (100)	59.6 (100)
日平均気温が25℃以上の日数	3.0日 (21)	9.5 (67)	24.0 (170)	14.1 (100)
7. 8月の総降水量	293 mm (105)	391 (140)	107 (38)	280 (100)

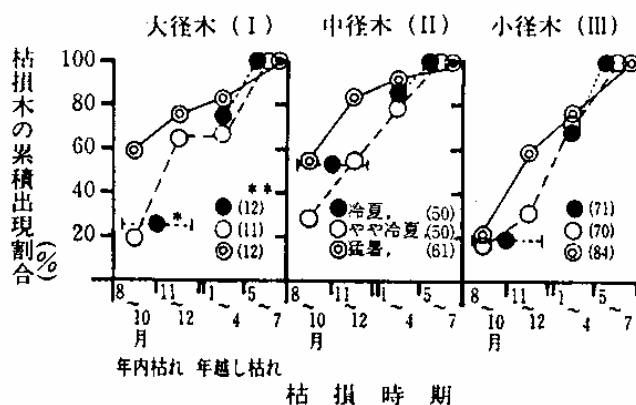
小名浜, 相馬地域気象観測所

平年値, 気象観測システムが変わった昭和52年からの平均値

() 平年値を100としたときの値

2. 夏の暑さと時期別のマツ枯損量

調査結果は図-7に示す。マツ枯損の出現割合は、調査2年目から月平均気温がザイセンチュウの安定的に増殖しうる温度といわれる $15^{\circ}\text{C}^{27)}$ 前後となる11月および5月を境とし、年内枯れをザイセンチュウの増殖可能な8~10月と、増殖の難しい11~12月、また年越し枯れを増殖の難しい1~4月と、増殖可能な5~7月の各期に区分し集計した。



* 調査第1年目の冷夏の年は年内枯れを一括して調査した。
 ** 調査本数(体)

図-7. 夏の暑さと時期別のマツ枯損割合

1) 大径木 (I, $25\text{cm} \leq D_{1.2}$)

調査3か年間の年内枯れの出現割合をみると、猛暑(昭和59年)で高く冷夏(57年)とほぼ50%の開きがあったものの、翌年4月時点ではそれぞれ70%前後となり大差がなかったことから、夏が暑い年には年内に枯れる個体が、冷夏では冬から早春に枯れを持ち越すといえる。また、やや冷夏(58年)と猛暑の年の10月時点の枯損割合をみると、猛暑で高く40%ほどの開きがあったことから、夏が暑い年ほど初秋の枯れが多いともいえよう。なお、夏の暑さに関係なく、30%前後が初夏に枯損し、年越し枯れとなった。

2) 中径木 (II, $15\text{cm} \leq D_{1.2} \leq 24\text{cm}$)

Iと同様で、おおむね夏が暑い年ほど初秋の枯れが多く、年内枯れの出現割合は高い。そして、冬から早春に枯れる割合が少ない傾向にあった。なお、夏の暑さに関係なく、20%前後が初夏に枯損した。

3) 小径木 (III, $D_{1.2} \leq 14\text{cm}$)

前二者とほぼ同様な傾向が認められたものの、枯損木には材線虫病に係りのない被圧枯れ木が多量に含まれ、また調査除外があるので、明らかなことはいえない。

以上述べたところから、材線虫病によるマツの枯損発生時期は夏が暑い年ほど早まるものといえるが、夏の暑さに係りなく数10%が年越し枯れになるようだといえよう。

3. 夏の暑さと枯損時期別のザイセンチュウ検出率

調査結果は図-8に示す。IIIは被圧による枯れをより区分けする目的で、 $10\text{cm} \leq D_{1.2}$ をIII-1、 $D_{1.2} \leq 9\text{cm}$ をIII-2として集計した。

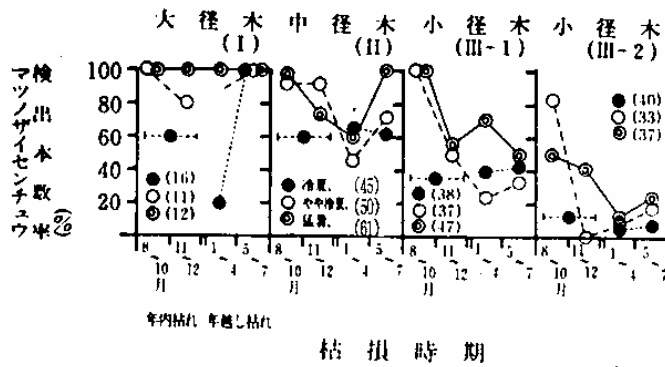


図-8. 夏の暑さと枯損時期別のマツノサイセンチュウ検出本数率

1) 大径木(I)

年間を通しての検出率(以下平均検出率という)は冷夏で65%、やや冷夏で90%、猛暑で100%となり、夏が暑い年ほど検出率が高まる傾向にあり、3か年の平均が80%となった。枯損時期別では、冷夏ほどサイセンチュウの増殖に適さない、気温の低下する時期の枯れで、検出率が低下の傾向にあった。

2) 中径木(II)

平均検出率は冷夏で60%、やや冷夏で80%、猛暑で85%となり、Iと同様で夏が暑い年ほど高まる傾向にあったものの、3か年の平均は75%となり検出率が若干低下した。枯損時期別の検出率はいずれも気温の低下する時期で低下がみられた。

3) 小径木(III-1)

平均検出率は冷夏で40%、やや冷夏で45%、猛暑で65%となり、前二者と同様な傾向にあったが、3か年の平均は50%となり検出率がさらに低下した。枯損時期別では、冬枯れ以降の検出率がいずれもかなり低下し、前二者と異なり初夏枯れでもほとんど上昇がみられなかった。

4) 小径木(III-2)

平均検出率は冷夏で10%、やや冷夏で25%、猛暑で30%となり、前三者と同様な傾向にあったが、3か年の平均は20%となり検出率の低下が目立った。枯損時期別では、各期とも特に冬枯れ以降の検出率がいずれも著しく低下した。検出率の低下の原因は、III-1も同様であるが、さらに多くの被圧枯れ木の存在などが考えられるよう。

以上述べたところから、サイセンチュウの平均検出率は、夏が暑い年ほど枯損が早まることもあって高まるものと理解される。また、枯損木の径級別では、太いものほど検出率が高まる傾向にあると言えるかも知れない。枯損時期別の検出率は、気温の低下する時期の枯れにおいてはおおむね低下の傾向にあるといえよう。この原因としては、被圧枯れ木の存在の他に、気温の低下する時期にあっては材内でサイセンチュウが増殖できず、病徴すなわち枯れのみが進展することがある¹³⁾などがその一因として考えられるが、今後とも検討を要する。

4節 夏の暑さとマツ枯損時期別のマツノマダラカミキリ寄生状況^{※)}

I 研究目的

3節では、昭和57年の夏から60年の夏までの3か年間におけるマツ枯損動態調査から、夏の暑さとマツの枯損時期およびザイセンチュウの検出率を報告し、夏が暑い年ほどマツの枯損発生が早まり、またザイセンチュウの検出率が高まる傾向にあることなどを明らかにした。

本節では、これらの枯損木に対するマダラカミキリなどの寄生状況について、結果の一部はすでに報告^{2,12)}したが、その後のデータを加えて夏の暑さとの関連で述べる。

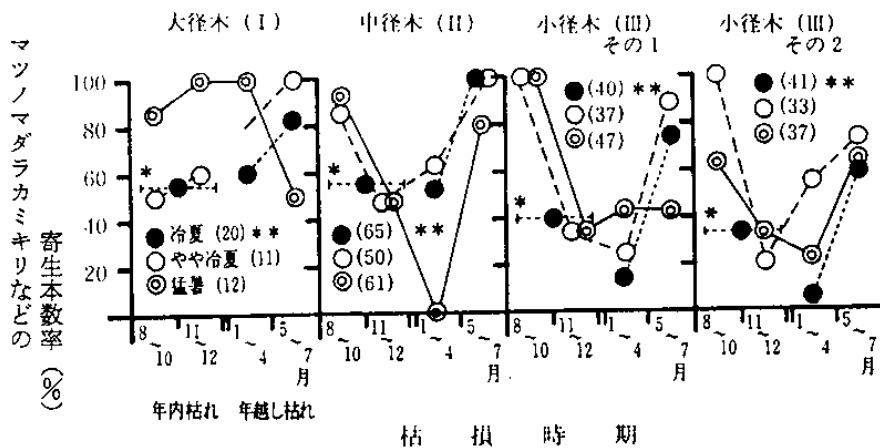
II 材料と方法

材料は3節の固定試験地における枯損木で、各月の枯損木を2節に準じて伐倒、調査した。

III 結果と考察

1. 夏の暑さと枯損時期別のマダラカミキリ寄生本数率

調査結果は図-9に示す。4月枯れ木の一部と5~7月枯れ木は、8月に伐倒、調査したため、これらの多くは5月以降に羽化脱出するカラフトヒゲナガカミキリおよびマダラカミキリなどの産卵対象木となった¹²⁾が、ここではこれらも寄生木として集計した。



* 調査第1年目の冷夏の年は年内枯れを一括して調査した。

** 調査本数 (体)

図-9. 夏の暑さと枯損時期別のマツノマダラカミキリ寄生本数率

1) 大径木 (I、 $25\text{cm} \leq D_{1.2}$)

年間を通しての寄生本数率 (以下平均寄生本数率という) は昭和57年の冷夏⁷⁾で65%、58年のやや冷夏で75%、59年の猛暑で85%となり、夏が暑い年ほど寄生本数率が高まる傾向にあり、3か年の平均が70%となった。枯損時期別の寄生本数率は、3か年の平均で8~10月枯れが65%、以下11~12月が70%、1~4月が80%、5~7月が75%となり、枯損時期が遅れても寄生本数率に低下の傾向が認

※) 本節は日本林学会東北支部会誌⁸⁾に発表したものである。

められなかったことから、晩秋以降の枯れであっても樹体の一部は既にマダラカミキリの産卵期に発病しており¹³⁾、産卵対象となったことを暗示する。

2) 中径木(Ⅱ、 $15\text{cm} \leq D_{1.2} \leq 24\text{cm}$)

平均寄生本数率は冷夏で60%、やや冷夏および猛暑で70%となり、冷夏で若干低かったものの大差がなく、3か年の平均は65%となった。枯損時期別の寄生本数率は、3か年とも晩秋から春の枯れではほぼ50%と、低下の傾向がみられた。なお、初夏枯れ木で寄生本数率の上昇がみられたが、これは前述したようにサイセンチュウが感染した翌年に寄生を受けたためである(おおむねすべての径級の枯損木に共通する)。

3) 小径木(Ⅲ)その1 ($10\text{cm} \leq D_{1.2} \leq 14\text{cm}$)

平均寄生本数率は冷夏で40%、やや冷夏および猛暑で50~55%となり、中径木(Ⅱ)と同様な傾向にあったが、被圧枯れ木が存在するためか3か年の平均は50%となり、寄生本数率が低下した。枯損時期別の寄生本数率もⅡと同様な傾向にあったが、3か年とも晩秋から春の枯れではほぼ30%の寄生本数率となって、さらに低下がみられた。

4) 小径木(Ⅲ)その2 ($D_{1.2} \leq 9\text{cm}$)

平均寄生本数率は冷夏で35%、やや冷夏で65%、猛暑で45%となったが、被圧枯れ木と思われるものが多量に存在し、これらの一部については調査から除外したため、夏の暑さとの関係については明らかかなことは言えない。枯損時期別の寄生本数率も同様で明らかかなことは言えないが、ほぼ小径木(Ⅲ)その1に準ずる傾向にあるものと思われる。

以上述べたところから、マダラカミキリなどの平均寄生本数率は、大径木(Ⅰ)では夏が暑い年ほど高まるが、中径木(Ⅱ)以下は調査除外のあった小径木(Ⅲ)その2を除くと、夏の暑さに係りなくほぼ50~70%の範囲にあると言えよう。また、枯損木の径級ごとの平均寄生本数率は、太いものほど高まる傾向にあると言えるかも知れない。枯損時期別の寄生本数率は、大径木(Ⅰ)にあつてはいずれの枯損時期でもほぼ同率で変化がみられないが、中径木(Ⅱ)以下では晩秋から春の枯れで低下の傾向にあると言えよう。

2. 夏の暑さと枯損時期別のマダラカミキリ寄生数

枯損木1本あたりのマダラカミキリ寄生数の調査結果は図-10に示す。なお、サイセンチュウが感

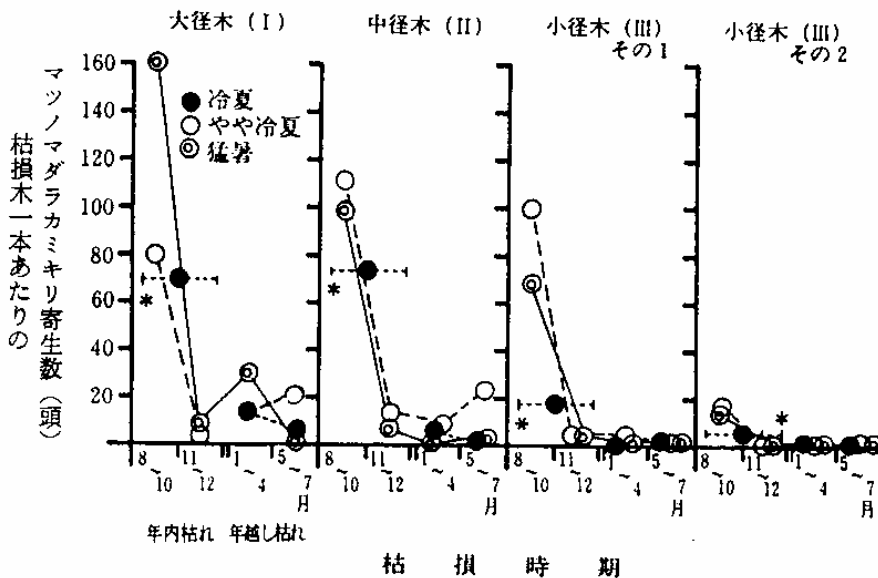


図-10. 夏の暑さと枯損時期別のマツノマダラカミキリ寄生数

染した翌年の産卵による寄生は、若齢で計数が困難なため除外した。

1) 大径木(I)

平均寄生数は冷夏およびやや冷夏で30頭前後と少なく、猛暑で100頭と多かった。枯損時期別ではいずれも夏から初秋枯れで寄生数が多く、さらに晩秋以降の枯れにあっても数十頭の寄生がみられた。

2) 中径木(II)

平均寄生数は3か年とも40~55頭の範囲にあって大差がなかった。枯損時期別ではいずれも夏から初秋枯れで、大径木(I)と同様に寄生数が多く、また晩秋以降の枯れにおいても十頭余の寄生がみられた。

3) 小径木(III) その1

平均寄生数は3か年とも10~20頭と少なく、中径木(II)と同様で大差がなかった。枯損時期別では、前二者と同様でいずれも夏から初秋枯れで寄生数が多かったものの、晩秋以降の枯れでは数頭以下の寄生で非常に少なかった。

4) 小径木(III) その2

前述したように調査除外木もあるが、平均寄生数は3か年とも数頭以下と少なかった。枯損時期別では小径木(III)その1とほぼ同様な傾向にあったが、夏から初秋枯れでも20頭ほどの寄生でかなり少なかった。

以上述べたところから、マダラカミキリなどの平均寄生数は、大径木(I)では猛暑で多いものの、中径木(II)以下は夏の暑さに係わりなくほぼ一定であると言えよう。また、枯損木の径級別では、太いものほど産卵対象表面積が大きいためか、おおむね平均寄生数が増加し、一方、枯損時期別の寄生数では、径級に係わりなく夏から初秋枯れで多いが、晩秋以降の枯れにおいては、太いものほど寄生数が多くなる傾向にあると言えよう。

5 節 枯損木へのマツノマダラカミキリ寄生の有無および寄生数の推定^{*)}

I 研究目的

材線虫病の防除法の1つに枯損木の伐倒駆除があるが、これは枯損木に寄生するマダラカミキリの殺虫をねらいとしている。伐倒駆除において、枯損木へのマダラカミキリ寄生の有無および寄生数が簡易に判れば、より高率的な駆除が行えるはずである。

そこで、これらの推定法を試みたので報告する。

II 材料と方法

固定試験地は材線虫病の微害地である相馬、いわき両市のアカマツ25~50年生林各5~6haとし、昭和57年の8月から58年の3月までに発生した枯損木242本を対象として、8~12月までの枯損木129本を年内枯れ、1~7月までの枯損木113本を年越し枯れとした。

枯損木は根元から伐倒し、伐倒部から梢端に向って1mごとに区分し、幹部については片面剥皮により、また枝条部については片面または全面を剥皮して、マダラカミキリの穿入孔および樹皮下の幼虫を計数した。なお、片面調査の場合は実測値の2倍を総寄生数とした。

*) 本節の一部は日本林学会東北支部会誌¹⁾に発表したものである。

枯損木の伐倒、マダラカミキリ寄生数の調査は、6月以降に羽化脱出する成虫の産卵が始まる前に行うことを基本とした。しかし、昭和58年の5～7月枯れ木については8月に調査したため、羽化脱出した成虫の産卵対象となった¹²⁾。そこで、この産卵によるふ化幼虫は寄生数から除外した。

III 結果と考察

1. 枯損木へのマダラカミキリ寄生の有無の推定

総枯損木 242本を胸高直径で20cm以上、未満に区分し、枝条最下部の枝が着生する幹の上、下1m部（以下幹部の調査という）でのマダラカミキリの寄生の有無をみた結果を表-2に示す。これによれば、幹部の調査で寄生の認められる枯損木は59本（全体の24%）で、その総寄生数は5,092頭（全体の91%）であった。すなわち、マダラカミキリは幹部の調査により全体のほぼ90%の寄生が確認されるものと思われる。

表-2 幹部の調査でのマツノマダラカミキリ寄生の有、無

胸高直径(cm)		20 ≤ D _{1.2}			20 > D _{1.2}			計
枯損時期		年内	年越し	小計	年内	年越し	小計	
*	有	15 (2,173)	2 (80)	17 (2,253)	32 (2,696)	10 (143)	42 (2,839)	59 (5,092)
	無	29 (246)	23 (93)	52 (339)	53 (123)	78 (64)	131 (187)	183 (526)
計		44 (2,419)	25 (173)	69 (2,592)	85 (2,749)	88 (207)	173 (3,026)	242 (5,618)

* 幹部の調査でのマツノマダラカミキリ寄生の有、無
()内はマツノマダラカミキリ寄生数、頭

また、幹部の調査で寄生が認められなかった枯損木 183本を、枝条部を均等に上、中、下に区分¹²⁾した「下」の部分（以下枝条部の調査という）で、マダラカミキリの寄生の有無をみた結果を表-3に示す。これによれば、枝条部の調査で寄生の認められる枯損木は41本、その総寄生数は494頭であった。すなわち、幹部の調査で寄生のみられなかった枯損木について枝条部の調査を行えば、マダラカミキリは幹部の調査でもれた526頭のうちの94%の寄生が確認されるものと思われる。なお、マダラカミキリの全く寄生していない枯損木は130本（全体の54%）であった。

以上述べたところから、幹部および枝条部の調査を行えば、全体の99%以上のマダラカミキリの寄生する枯損木を確認できるものと考えられる。

なお、表-4には高さ1～2mの幹部でのマダラカミキリの寄生の有無をみた結果を示したが、本調査で寄生の認められる枯損木は21本（全体の9%）で、その総寄生数は2,973頭（全体の53%）であったことから、本調査では全体のほぼ半数強の寄生しか確認されないことになる。

表-3. 幹部の調査でマツノマダラカミキリの寄生が認められなかった枯損木
における枝条部の調査での寄生の有, 無

胸高直径 (cm)		20 ≤ D _{1.2}			20 > D _{1.2}			計	
枯損時期		年内	年越し	小計	年内	年越し	小計		
*	有	8 (246)	10 (92)	18 (338)	14 (110)	9 (46)	23 (156)	41 (494)	
	無	マツノマダラカミキリが寄生する枯損木	0	1 (1)	1 (1)	4 (13)	7 (18)	11 (31)	12 (32)
		マツノマダラカミキリが全く寄生しない枯損木	21	12	33	35	62	97	130
計		29 (246)	23 (93)	52 (339)	53 (123)	78 (64)	131 (187)	183 (526)	

* 枝条部の調査でのマツノマダラカミキリの寄生の有, 無
() 内はマツノマダラカミキリ寄生数, 頭

表-4. 高さ1~2mの幹部調査でのマツノマダラカミキリ寄生の有, 無

胸高直径(cm)		20 ≤ D _{1.2}			20 > D _{1.2}			計
枯損時期		年内	年越し	小計	年内	年越し	小計	
*	有	11 (1,952)	0	11 (1,952)	8 (991)	2 (30)	10 (1,021)	21 (2,973)
	無	33 (467)	25 (173)	58 (640)	77 (1,247)	86 (758)	163 (2,005)	221 (2,645)
計		44 (2,419)	25 (173)	69 (2,592)	85 (2,238)	88 (788)	173 (3,026)	242 (5,618)

* 高さ1~2mの幹部調査でのマツノマダラカミキリ寄生の有, 無
() 内はマツノマダラカミキリ寄生数, 頭

2. 枯損木へのマダラカミキリ寄生数の推定

幹部の調査でマダラカミキリの寄生が認められた枯損木について、調査個所の材表面積 1㎡あたりの寄生数と総寄生数との関係を胸高直径20cm以上および未満に分けて、図-11, 12に示す。

図-11によれば、両者間には $r = 0.89^{***}$ で、 $Y = 3.37X + 33.9$ の関係がみられた。なお、本図中の (36.9, 418) の枯損木はこの回帰式の95%信頼域の外にあるので棄却した。また、図-12によれば、両者間には $r = 0.86^{***}$ で、 $Y = 2.54X - 1.95$ の関係がみられた。ここで、両回帰式を帰無仮説で検定すると、95%の確率で同一式ではないという結果が得られた。

小河ほか³⁴⁾によると、胸高直径20cm以下の枯損木の力枝附近の材入孔に対する全脱出孔数の関係は $r = 0.76 \sim 0.77$ で、 $Y = (0.82 \sim 0.90) X - (1.77 \sim 1.08)$ の回帰式が得られたとしている。福岡県における材入孔に対する脱出孔の比率が0.35前後(小河ほか: 大型プロジェクト研究、55年度資料)であることから、この回帰式は本報告の胸高径20cm未満の回帰式とほとんど一致する。

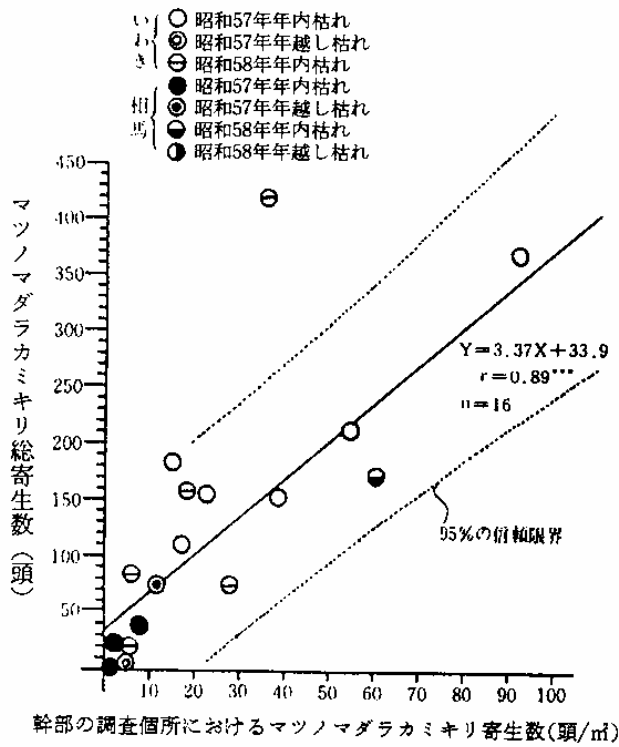


図-11. マツノマダラカミキリ寄生数の推定
(胸高直径が20cm以上の場合)

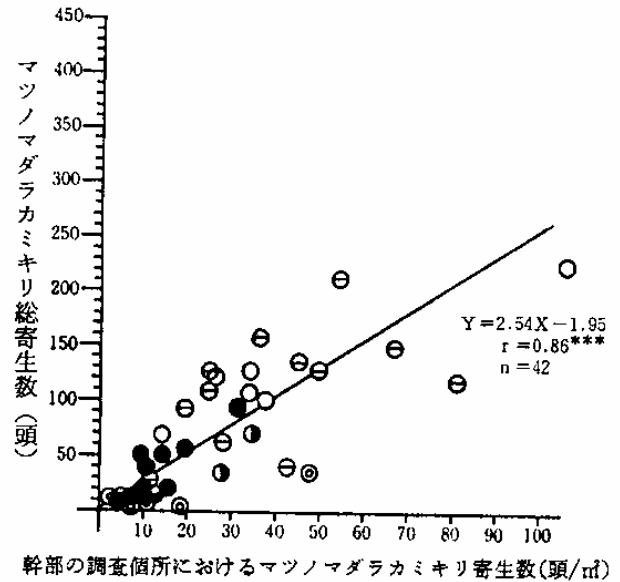


図-12. マツノマダラカミキリ寄生数の推定
(胸高直径が20cm未満の場合)

以上述べたように、幹部の調査でマダラカミキリの寄生が認められる場合は、枯損木の胸高直径ごとに総寄生数が推定できるものと考えられる。

6 節 枯損木におけるマツノマダラカミキリの寄生部位^{*)}

I 研究目的

2 節ではマツの枯損時期および径級ごとのマダラカミキリ寄生率を幹、枝条部に論じた。ここでは、部位の高さ、太さおよび粗皮厚ごとの寄生割合などを報告する。

II 材料と方法

固定試験地は2 節と同様で、昭和57年8月から59年7月までに発生した枯損木とその他の地域で枯損時期の明らかなものを加えた286本を対象とした。そのうち、8～12月までに枯損した、胸高直径が25cm以上の大径木Ⅰ)16本、15～24cmの中径木Ⅱ)68本、14cm以下の小径木Ⅲ)44本を年内枯れ、1～7月までの枯損木、Ⅰ)12本、Ⅱ)42本、Ⅲ)104本を年越し枯れとした。枯損木は伐倒し、2 節に準じてマダラカミキリの寄生数を調査した。

*) 本節は日本林学会東北支部会誌²⁾に発表したものである。

III 結果と考察

1. 枯損時期、径級および部位の高さごとのマダラカミキリ寄生割合

結果は図-13に示す。マダラカミキリの総寄生数は7,800余頭であった。なお、4~7月枯れ木は8月に伐倒、調査したため、6月以降に脱出したマダラカミキリの産卵対象木となった¹²⁾が、このふ化幼虫は寄生数から除外した。

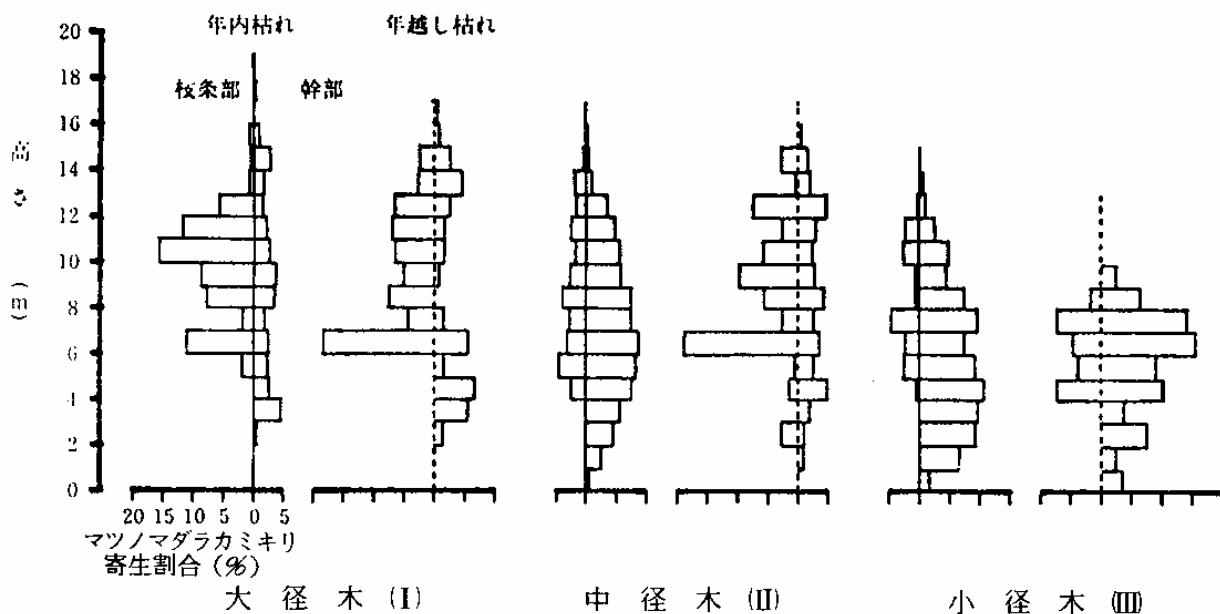


図-13. 枯損時期、径級および部位の高さごとのマツノマダラカミキリ寄生割合

それによると、枝条部における寄生割合は、Iで年内枯れ65%、年越し枯れ61%とほぼ同様であったものの、IIではそれぞれ27, 60%、IIIでは16, 24%となり、年越し枯れで明らかに高まった。また、径級が大きくなるに従って枝条部での寄生割合も明らかに高まった。これらの傾向は2節と同様である。高さごとの寄生割合は、径級が大きくなるに従って根元付近での寄生が少なく、また梢端部はいずれも寄生が少なかった。このような傾向は、温暖な地方での結果^{16,20,35)}と同様である。なお、傘松のように樹冠が梢端部に偏在するものは、梢端部でもかなりの寄生が認められた。

枯損木1本あたりの年内枯れでの寄生数を100とした時の年越し枯れの寄生をみると、Iで54、IIで18、IIIで7となり、径級が大きくなるに従って寄生数が高まった。マツの枯損時期とマダラカミキリ寄生の関係は、三重県³⁵⁾では平年並の夏の気温で9月、冷夏で10月以降、静岡県¹⁶⁾では10月、また茨城県²¹⁾では1月、特に大径木にあっては3~4月までであると報告されている。これらのことから、寒冷地方に近づくほど、枯損時期が遅れてもかなりの寄生が認められるようだという。その理由として、寒冷地方に近づくほど一般に気温が低下するので、ザイセンチュウの感染時期が遅く、かつ発病から枯損に至るまで長い期間を要すること、また大径木では9月に胸高部で樹脂渗出が正常であっても、樹体の上部は部分的に異常となっている例¹³⁾がみられることなどがあげられるが、詳しい検討が必要であろう。ちなみに、本県では8月に胸高部で樹脂渗出が継続的な停止となれば、年内枯れとなる比率が高く、それ以降の場合は年越し枯れとなる比率が高い傾向にあり¹³⁾、また野外でのマダラカミキリの産卵はほぼ9月一杯であった⁹⁾。

2. 枯損時期、径級および部位の太さごとのマダラカミキリ寄生割合
幹、枝条部を1 m玉切り材とした時の結果は図-14に示す。

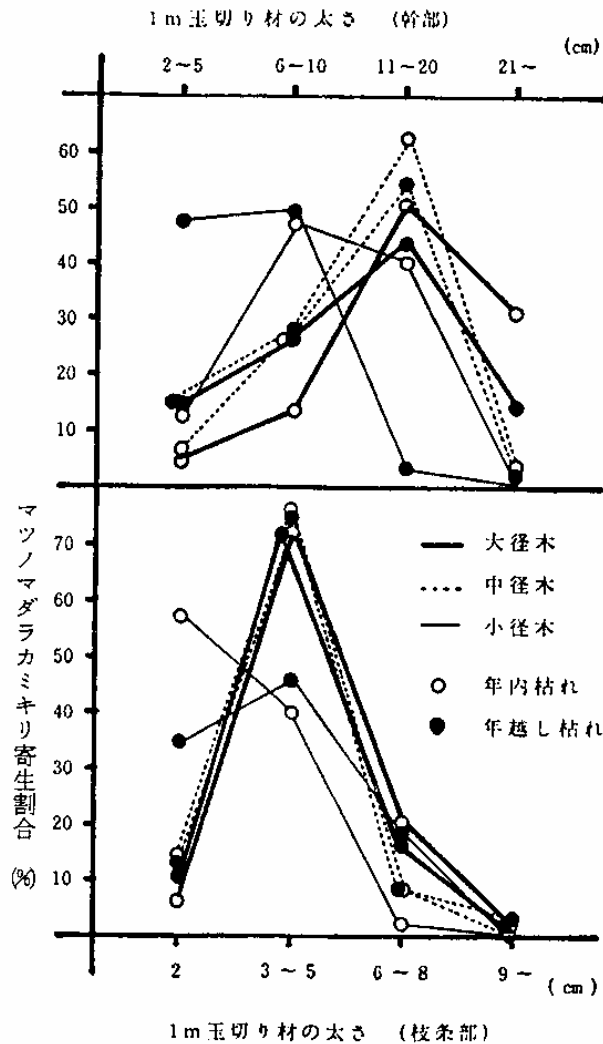


図-14. 枯損時期、径級および部位の太さごとのマツノマダラカミキリ寄生割合

それによると、幹部での寄生割合はI, IIが11~20cm, IIIが6~10cmの部位で高い傾向にあった。また、年内、年越し枯れ木を比較すると、10cm以下の部位での寄生割合は、Iがそれぞれ18, 42%, IIが34, 43%, IIIが60, 97%となり、年越し枯れで細い部位での寄生割合が高い傾向にあった。枝条部での寄生割合はI, IIが3~5 cm, IIIが2~5 cmの部位で高い傾向にあったものの、枯損時期ごとの差は明らかではなかった。本結果のうち年内枯れ木への寄生状態は、静岡県¹⁶⁾の結果とほぼ同じ傾向にあった。

ここで、幹部1 m玉切り材の粗皮厚と寄生割合をみると、枯損時期ごとの差はなく2 mm以下で97%であった。ただし、傘松のように径級が太く樹高が低い傾向にあるものは、2 mm以上の粗皮厚部位にもかなりの寄生がみられた。なお、Iの高さごとの粗皮厚は0~1 m部位で10.3 mm、1~2 mで5.3 mm、2~3 mで2.3 mm、3~4 mで1.5 mmであり、IIは0~1 m部位で6.6 mm、1~2 mで3.2 mm、2~3 mで1.8 mm、IIIは0~1 m部位で3.9 mm、1~2 mで1.8 mmほどであった。

3. 枯損時期、径級および着生部からの距離ごとの枝条部におけるマツノマダラカミキリ寄生割合

結果は図-15に示す。それによると、いずれも幹への着生部近くの0~2mの部位ではほぼ80%以上の寄生がみられ、枝条部での寄生は着生部よりあまり離れていない部位で多い傾向にあった。枯損時期ごとの差はないようであったが、Ⅲでは年越し枯れ木で0~1m部位に寄生が多かった。

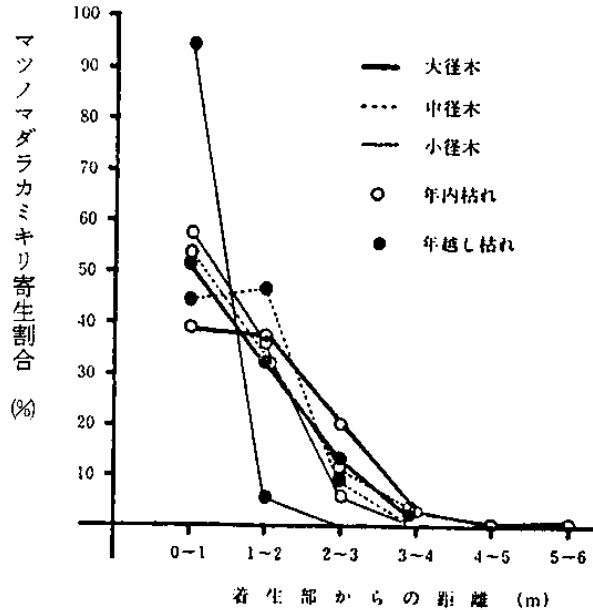


図-15. 枯損時期、径級および着生部からの距離ごとの枝条部におけるマツノマダラカミキリ寄生割合

7 節 自然感染によるマツの発病と枯損時期^{*)}

I 研究目的

材線虫病における発病の徴候である樹脂滲出の異常は、温暖な地方ではザイセンチュウ感染年の秋までに起こる^{17,29)}が、寒冷地方においては翌春暖かくなってから起こるものもあるといわれる。^{13,19,42,43)}

ここでは、福島県におけるザイセンチュウの自然感染によるマツの発病と枯損経過について調査した結果を報告する。

II 材料と方法

調査は相馬およびいわき市にある材線虫病中害のアカマツ壮齡林で、327本を対象に昭和57年12月から60年7月まで継続して行った。樹脂滲出程度を幹の胸高部で、相馬調査林では千枚通し、いわき調査林での直径15mmの目抜きを用い、1か所ずつ穴を穿ち小田の方法³³⁾に準じて調査した。また、樹冠の変色状況を毎月観察した。調査木のうち当年生葉の過半数以上が褐変した状態を枯損とみなし、枯損木は伐倒して樹体各部5~6か所から材片を採取し、ベルマン法によって材片からザイセンチュウを検出した。なお、両調査林とも被圧木と判断されるもの、および調査開始時すでに樹脂滲出異常の状態にあったものは調査対象木から除いた。

*) 本節は日本林学会大会発表論文集¹⁰⁾に発表したものである。

III 結果と考察

まず、昭和58年5月に両調査林で千枚通しと目抜き法の精度を比較するために、調査木にそれぞれ2か所の孔を穿ち樹脂滲出量を調べた。その結果、千枚通し法の樹脂の流出、点出は目抜き法の卅、廿に相当し、滲出なしは+、-、0に相当した。また、どちらかの方法だけで滲出異常を認めた割合はそれぞれ3%ほどで、両法の精度にはほとんど差がないとみられた。時期別の滲出量のうち気温の低下する12月～翌年3月では、健全木においても滲出異常を呈する割合が40～85%と高く、この時期は樹脂滲出程度から発病を推定することは困難であった。このような傾向は温暖な地域でも確認されている³¹⁾。ここでは2か月以上連続して樹脂滲出に異常がみられた個体を発病木とみなし、また12月～翌年3月の調査結果は除外した。

発病木のなかには樹脂滲出異常からそのまま枯損にいたる個体のはかに、樹脂滲出異常を呈した後正常に回復する個体がみられたので、両者を分けて述べる。

1. 発病後樹脂滲出の回復がみられなかった個体

調査期間中に53本の個体が発病し、このうち41本(発病木全体の77%)は発病後樹脂滲出の回復がみられずに枯損した。これらの枯損木の胸高直径と発病から枯損までの所要月数との関係を図-16に示す。両者の相関係数は0.47^{**}であり、径級が大きくなるにつれて発病から枯損までの所要月数が多くなる傾向を示した。夏期および秋期の発病木はそれぞれ18本(44%)現われたが、前者では発病後2, 3か月目の秋に枯損の最盛期があつて3/4ほどが年内枯れとなり、後者では発病後2か月目の晩秋と7, 8か月目の春の2回に最盛期が訪れ、年内枯れは1/2に減少した。一方、春の発病木は5本(12%)であり、発病後2, 3か月目の夏に枯損するものが多かった。

以上の結果は、本県のような寒冷地方ではおおむね径級が大きくなるほど発病から枯損に至るまでの期間が長びき、また夏の発病個体では多くが年内枯れ、秋の発病個体では年越し枯れに移行する比率が高まり、春に発病し夏までに枯損する個体もかなり存在することを示した。

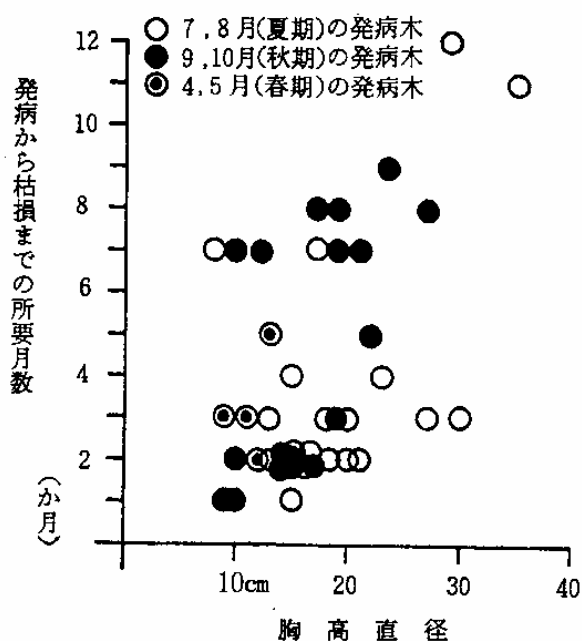


図-16. 発病から枯損までの所要期間
(発病後樹脂滲出が回復しなかった個体)

2. 発病後樹脂滲出の回復がみられた個体

夏期および秋期の発病木のうち12本(発病木全体の23%)は、その後の経過で樹脂滲出の異常が正常に回復した。これらのうち3本(25%)は感染翌年の秋~冬に枯損したが、残り9本(75%)は調査期間内には枯損しなかった。典型的な状況を示した個体の経過を図-17に示す。これによると、樹脂滲出の異常は3者ともに夏から秋にかけて現われ、2, 3か月ほど続き、秋から翌春にかけて回復した。その後、No 1および2は再び夏に異常となり、前者は9月に枯損したが、後者は翌春再び回復した。一方、No 3はその後異常が現われなかった。なお、この試験は本病の汚染地で、しかも自然感染木を対象としているために、これらの発病木については、調査開始以前の線虫感染、あるいは調査期間中における再感染の可能性もあるが、この点は不明である。また、枯損しなかった個体は被圧によると思われる枯死枝を着生していたが、特に部分枯れを起こしている様相はみられなかった。

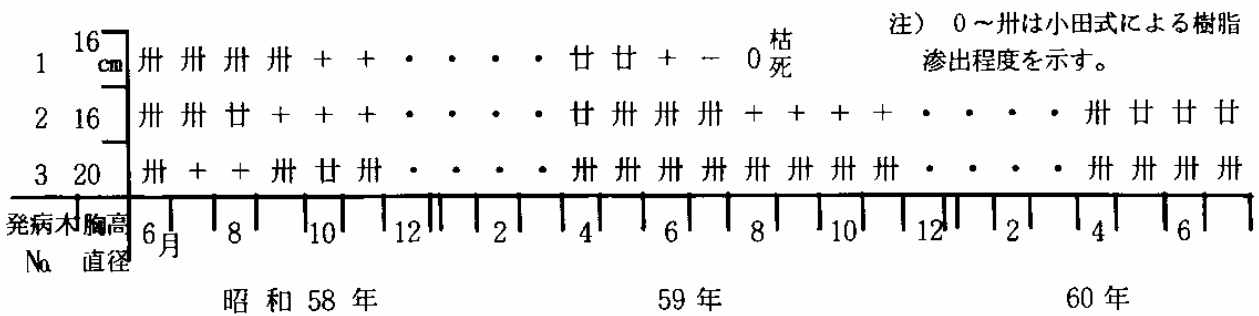


図-17. 発病から枯損までの所要期間(発病後樹脂滲出が回復した個体)

以上から、発病木の一部にはその後回復と発病を繰り返しながら枯損するものや、全く回復して枯損に至らないものも存在するものと思われる。このような発病、枯損の経過をたどるのも寒冷地方の材線虫病のもつ特徴の1つと思われる。

ところで、本調査は幹の胸高部における発病調査であったが、既報^{4,5)}によると、発病木の中には胸高部位で発病が認められなくとも、樹体上部の部分枯れなど、樹体の部位によって相違があるし、ザイセンチュウの生息、マダラカミキリの寄生にもバラツキが認められているので、今後は樹体全体を対象とした調査も必要と考えている。

表-5. 発病および枯損時期別のマツノザイセンチュウ検出本数率 (%)

発病時期	枯損時期	6~8月 (夏)	9~11月 (秋)	12~2月 (冬)	3~5月 (春)	平均
7, 8月 (夏期)		100 (3)	100 (13)		50 (2)	94.4 (18)
9, 10月 (秋期)		100 (2)	62.5 (8)	66.6 (3)	100 (5)	77.8 (18)
4, 5月 (春期)		25 (4)	100 (1)			40 (5)

()は調査本数

発病後樹脂の回復がみられず枯損した41本の個体におけるザイセンチュウ検出本数率は、平均で80%ほどとなったが、検出されない個体はおおむね秋に発病して晩秋から冬に枯損したもの、または春に発病し初夏に枯損したものであった(表-5)。この一つの要因として、低温が樹体内での線虫増殖に影響して検出されにくいもの¹³⁾と推定している。

8節 年内枯れ、年越し枯れと材内におけるマツノザイセンチュウの生息状況^{*)}

I 研究目的

寒冷地方における材線虫病によるマツの枯損は、感染した年の秋までに急激に褐変、枯死するタイプ(年内枯れ)と、冬以降に種々な病徴を示しながら緩慢に枯れるタイプ(年越し枯れ)、および部分的な枝枯れで推移するタイプに大別できる^{11,38,39)}。

筆者は当県下において自然感染によるこのようなタイプの違いと樹体各部におけるザイセンチュウの検出数との関係を調べ、また前報¹³⁾の供試木について枯死に至るまでの経過を調査したところ、いくつかの枯損発現のタイプが想定できた。本節ではこのような枯損発現のタイプと発病、材内におけるザイセンチュウの増殖、枯死などの関係について述べる。

II 材料と方法

1. 人工接種木

材料は前報¹³⁾の供試木で、接種から発病、枯死に至るまでの樹体各部における含水率とザイセンチュウの生息数などを調べた。線虫検出に用いた材片は絶乾重10~20gとした。

2. 自然感染木

昭和59年から60年にかけていわき市と富岡町において、自然感染によって種々な枯損の様相を呈していると個体を伐倒し、1に準じて調査を行った。

III 結果と考察

1. 人工接種木

特徴的なザイセンチュウの検出がみられた3本の結果を図-18に示す。Aは9月中旬の調査で、胸高幹部の樹脂滲出量から8月中旬に発病と判定され、針葉は未だ変色していないが、樹体のほとんどの部分からザイセンチュウが多数検出された。また、含水率は全体的に低下したが、特に接種幹部で顕著であった。

Bは年を越した2月の調査で、前年の9月上旬に発病しており、樹冠下部に枯れ上り枝が着生していた。ザイセンチュウは接種枝を含む枯死枝と、これらの着生する幹部で多数検出され、含水率もこれらの部位で低下した。

Cは2月の調査で、前年10月中旬に発病しており、樹冠の針葉は上部が淡緑色、下部が褐変していた。ザイセンチュウは枝条部で多数検出されたものの、その他では検出されないか、またはわずかであった。含水率は枝条部、特にザイセンチュウの検出数の多い下部のもので著しく低下した。

*) 本節は日本林学会大会発表論文集⁴⁾に発表したものである。

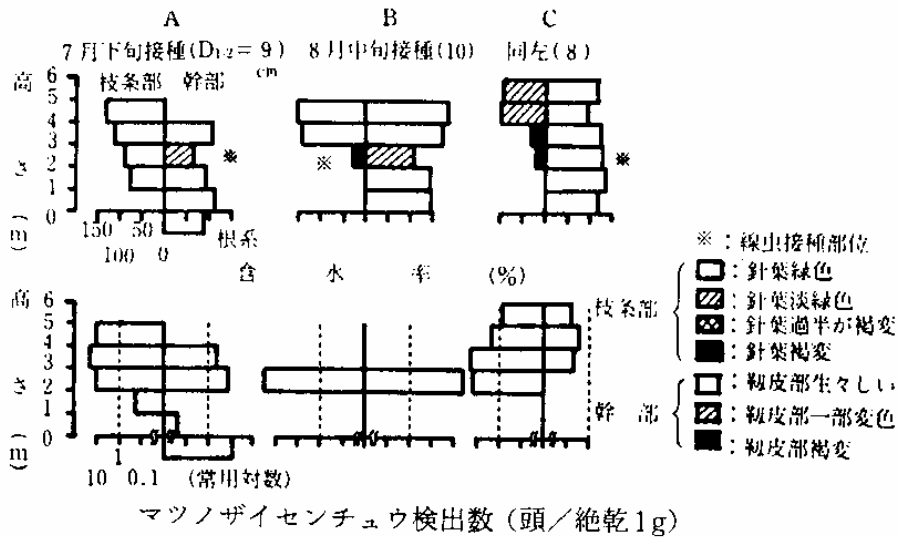


図-18. 病状が進展中の人工接種木における材内のマツノザイセンチュウと含水率

2. 自然感染木

特徴的なザイセンチュウの検出がみられた5本の結果を図-19に示す。aは秋に針葉の異常が現われてから、1ヶ月以内に急激に褐変した年内枯れであり、樹体各部で多数のザイセンチュウが検出され、かつ含水率も低下していた。

bは樹冠下部から上部に向かって緩慢に枯損が進行するタイプ(年越し枯れ)である。ザイセンチュウは樹冠の下部および枝下高の幹部だけで多数検出された。含水率はほぼザイセンチュウ検出部位で低下していた。

cは樹冠上部から下部に向かって緩慢に枯損が進行するタイプ(年越し枯れ)である。ザイセンチュウは樹体上部で多数検出されたが、下部ではわずかであり、含水率はザイセンチュウが多数検出された部位で低下していた。

dは樹冠内の各所の枝が飛び火状に枯れ、枝枯れが緩慢に波及したタイプ(年越し枯れ)である。ザイセンチュウは褐変の進んだ枝条などで多数検出されたが、その他ではわずかかまたは検出されなかった。含水率は全体的に低下したものの、特にザイセンチュウの多数検出された部位で著しかった。

eは枝枯れのまま枯損にいたずら推移するタイプである。前年4月に枯死枝が8本着生していたので、その内の5本を着生部より切断し調査したところ、ザイセンチュウが絶乾重1g当たり4.5頭検出された。翌年7月には胸高の幹部で樹脂滲出の異常がみられず、伐倒調査したところ新たに生じた枯死枝だけからザイセンチュウが多数検出され、含水率もその部位で低下していた。

以上の結果から、材線虫病によるマツの発病、すなわち樹脂滲出の異常は全身的に起こるものと、部分的に起こるものとに大別できる。真宮²⁸⁾は発病、すなわち樹脂滲出機能の低下が起きた時期では、まだ樹体内のザイセンチュウ生息数が少ないが、その後起こる病状の進展にともなって個体数は次第に増えていくとしている。今回の調査木のうち、B, Cおよびb, c, dは胸高の幹部で樹脂滲出の異常が起こっていたが、ザイセンチュウの増殖と含水率の低下は著しい部位とそうでない部位とむらがあった。このような現象は部位による発病の遅速がザイセンチュウ増殖の過程に違いをもたらしたものと推定できそうである¹³⁾。

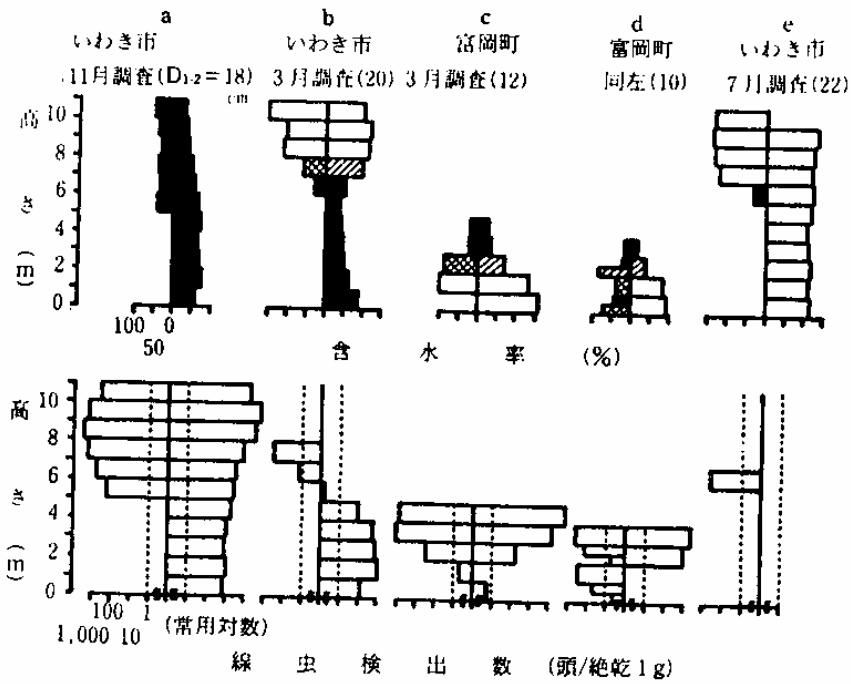


図-19. 病状の異なる自然感染木の材内におけるマツノザイセンチュウ生息数と含水率

以上のように、部位による発病の遅速があるとすると、今回の調査木の発病、枯損は次のように整理される。1はほぼ同時期に全体が発病するもの(A)、これが進行するとaのタイプのように急速な枯死(年内枯れ)につながる。2は最初幹の一部で発病するもの(B)で、この状態が気温の低下する時期にあると、発病部位の上方から徐々に含水率が低下し¹³⁾、b、cのタイプとなる。3は最初枝条部で発病するもの(C)で、この状態が気温の低下する時期にあると、dのタイプとなると考えられる。4は枝の一部で部分的に発病、数年たっても全身症状に移行することのないeのタイプである。2~4のタイプはいずれも温暖な地域より早めに訪ずれる低温条件によって、病状が緩慢かつ局所的に進行してゆく過程を示しているものと思われる。また、このことは当地方の年越し枯れ木の材内線虫が低密度、または局在することと深いかわりをもつものと考えているが、以上の結果は発病状況からの考察であり、これらの点については今後とも詳しい検討が必要であろう。

2章 材線虫病の感染源に関連した研究

1節 枯れ枝におけるマツノマダラカミキリの寄生とマツノザイセンチュウの生息状況^{*)}

I 研究目的

福島県のマツ林の多くは保育管理が行われず放置状態にあるため、被圧などによる枯れ上り枝や枯死木などが多量に存在する。また、材線虫病被害林では枯れ上り枝と明らかに状況の異なる枝枯れも、時にみられることがある。

本節では、これらの枯れ枝におけるマダラカミキリなどの寄生とザイセンチュウの生息状況、および枯れ枝をもつ個体のその後の経過などについて調べた結果を述べる。

II 材料と方法

1. 枯れ上り枝

調査枝はアカマツ生立木66本に着生している生理的な枯れ上り枝で、直径15mmの目抜きを用い調査木の胸高幹部における樹脂滲出程度³³⁾を調査後、すべての枯れ枝を着生部より切り落とし、マダラカミキリなどの寄生状況を調べ、幼虫の寄生がみられた枯れ枝はドリルでの材片を採取し、ベルマン法で線虫を分離した。さらに、穿入孔のある枯れ枝は持ち帰って、夏に羽化脱出するカミキリムシ類を同定した後、虫体を鋏で細断しベルマン法で保持線虫数を調査した。

調査は昭和58年4月に相馬およびいわき市の材線虫病被害林で行った。調査木の形状などは表-6のとおりで、その後針葉の変色状況を60年7月まで調査した。

表-6. 枯れ上り枝調査木の形状

樹 高	胸 高 直 径	枯れ上り 枝数 / 1立木	枯れ上り枝		
			着生高	元 径	長 さ
m	cm	本	m	cm	m
8 ~ 18 (13)	11 ~ 33 (21)	1 ~ 30 (6)	3 ~ 10 (6)	2 ~ 8	0.5 ~ 5

() は平均値

2. 枯れ上り枝以外の枯れ枝

調査枝はアカマツ生立木6本の、生理的な枯れ上り枝以外の樹冠中央部付近の枯れ枝で、昭和59年4月に1と同じマツ林において、同様な調査を行った。調査木の形状などは表-8のとおりであり、胸高の幹部からドリルで材片を採取しベルマン法で線虫を分離した。

*) 本節は日本林学会東北支部会誌⁵⁾ に発表したものである。

III 結 果

1. 枯れ上り枝

表-7によると、枯れ上り枝にマダラカミキリなどの脱出孔がみられた立木は26%、幼虫の寄生がみられたものは21%であった。調査木の樹脂滲出程度はすべて正常であった。幼虫の寄生がみられた枯れ上り枝から、ザイセンチュウとニセマツノザイセンチュウがそれぞれ1本で検出されたが、検出数は材絶乾重1g 当り平均0.2~0.3頭程度であった。

枯れ上り枝からザイセンチュウが検出された個体は樹高13m、胸高直径21cmの優勢木であり、2年半を経た昭和60年7月時点でも他の調査木と同様に、針葉に変色が認められなかった。

カミキリ成虫の羽化脱出がみられた枯れ上り枝からは線虫が検出されなかった。また、羽化した成虫はマダラカミキリが2頭、カラフトヒゲナガカミキリが1頭であった。

表-7. 枯れ上り枝におけるマツノマダラカミキリなどの寄生と線虫の分離結果

調査枝数	脱出孔数	脱出孔のある枯れ枝をもつ立木	カミキリ幼虫の寄生数	カミキリ幼虫の寄生する枯れ枝をもつ立木	線虫の分離結果		
					マツノザイセンチュウ	ニセマツノザイセンチュウ	無検出
401本	29個	17本 (26)	18頭	14本 (21)	1本	1本	12本

() は調査木66本に対する割合(%)

2. 枯れ上り枝以外の枯れ枝

表-8. 枯れ上り枝以外の枯れ枝におけるマツノマダラカミキリなどの寄生とマツノザイセンチュウの分離結果

調査木No	樹高	胸高直径	樹脂滲出程度 a)	枯れ枝		マツノザイセンチュウ検出数 b)		枯れ枝へのマツノマダラカミキリなどの寄生数	調査木のその後の経過	
				着生高	総本数 (調査枝数)	胸高幹部	枯れ枝		枯損時期	マツノザイセンチュウの有無 c)
1	12 ^m	18 ^{cm}	卅	5~6 ^m	6(4) 本	0 頭	0 頭	0 頭	健全 d)	-
2	12	16	-	6~9	8(6)	0	0.17	1**	昭和59年 6月	有
3	19	28	卅	12~14	12(4)	0	0.34	0	同 上 9月	有
4	18	30	卅	9~11	6(4)	0	13.9	12*	同 上 9月	有
5	12	21	卅	9~11	5(3)	0	0.23	3*	同 上 10月	無
6	17	23	-	12~14	6(3)	0	0	2*	同 上 6月	有

a) いずれの調査木も胸高幹部の韌皮部は生々しかった。 b) 材絶乾重1gあたり c) 主幹部での検出
* 穿入孔数 ** 樹皮下幼虫数 d) 昭和60年7月現在

表-8によると、調査木6本のうち樹脂滲出程度がすでに異常であったものは2本(Na 2, 6)で、

このうちNa 6は枯れ枝からザイセンチュウが検出されなかった。両者とも2か月後の6月に針葉全体が褐変して枯損し、主幹部からザイセンチュウが検出された。一方、樹脂滲出程度が正常であった残り4本(Na 1, 3, 4, 5)は、枯れ枝からザイセンチュウが検出されなかったNa 1を除き、秋に枯損したが、主幹部でのザイセンチュウ検出は3本中2本であった。

穿入孔が認められた枯れ枝で、カミキリ成虫の羽化脱出がみられたものはNa 4のみで、マダラカミキリが3頭、ザイセンチュウ保持数はそれぞれ0, 15, 184頭であった。

IV 考 察

以上述べたように、材線虫病被害林内における生立木の枯れ上り枝にはマダラカミキリなどが寄生し⁴¹⁾、これらの一部にはニセマツノザイセンチュウ⁴¹⁾だけでなく、ザイセンチュウも生息していたが、今回の調査期間内には枯損にいたらなかった。しかし、今後とも引きつづき観察が必要であろう。なお、本病罹病木でも生理的な枯れ上り枝と同じような樹冠下部での枯損枝がみられる¹³⁾ことから、これらの枯死枝が単なる生理的なものか本病の感染によるものかの判断はきわめて難しい。

一方、生理的な枯れ上り枝以外の枯れ枝でのザイセンチュウ検出頻度をみると、6本中4本とかなり高く、また5本がその後全身的な枯損に移行したことから、他の報告^{4,15,39,43)}のように、かなりの確率で枝枯れ症状が全身的症状、すなわち針葉全体の褐変へ移行するものが存在すると考えられる。しかし、これらの枝枯木が枯損にいたる過程でザイセンチュウの感染を再び受けたかどうかという問題は残る。なお、枯れ枝や枯損時の主幹部からザイセンチュウが検出されない個体も一部にみられたが、これはザイセンチュウが低密度または局在して生息していた⁴⁾可能性もあって、不明な点として残される。また、ザイセンチュウの検出がない枯れ枝をもち、枯損に至らない個体もみられたが、この場合には枝枯れ原因の詳しい検討が必要であろう。

2節 材線虫病感染源としての被圧木と伐倒放置木^{※)}

I 研究目的

前節では、枯れ枝におけるマダラカミキリなどの寄生と、ザイセンチュウの生息状況について述べた。

本節では、被圧による衰弱、枯枝木へのマダラカミキリなどの寄生と、ザイセンチュウの生息状況および生立木を夏に伐倒、放置した場合の寄生、生息状況について報告する。

II 材料と方法

1. 被圧による衰弱、枯死木

調査林はいわき市好間のアカマツ林、標高100m、面積1.2ha、林齢18年生、平均胸高直径14cm、平均樹高7m、1ha当りの立木本数が3,500本ほどで、被圧によると思われる衰弱、枯死木が多量に存在する材線虫病被害林である。

昭和61年3月、林分内に0.6haほどの調査区を設け、被圧で衰弱している劣勢木(I)、被圧で枯死し

※) 本節は日本林学会東北支部会誌⁶⁾に発表したものである。

た劣勢木(Ⅲ)、および材線虫病による枯損と判断される優勢木(Ⅳ)とを区分した。そして、これらを伐倒し、枝条最下部の枝が着生する幹の上・下1m部を剥皮して、マダラカミキリなどの寄生数を調査した。寄生の認められたⅠとⅡ、およびⅢのすべてについては、樹幹全体を任意に4～5個所選びドリルで材片を採取して、ベルマン法により線虫を分離した。

2. 伐倒放置木

調査林は長沼町のアカマツ林、標高300m、面積0.9ha、林齢42年生、平均胸高直径30cm、平均樹高21m、1ha当りの立木本数が350本ほどである材線虫病被害林である。

昭和61年3月、林分内で前年の6月に伐倒された生立木の残材(枝条つきの梢端部)3本と、伐倒され3～4mに玉切られた状態の放置木1本について、マダラカミキリなどの寄生数とザイセンチュウの生息の有無を調べた。

Ⅲ 結 果

1. 被圧による衰弱、枯死木

調査結果は表-9に示す。マダラカミキリなどの寄生推定数は、筆者の方法¹⁾によると枯死木の径級が小さいものにあっては過大となるきらいがあるので、藤下の方法³⁷⁾による推定値も併せて示した。

表-9. 被圧による衰弱、枯死木におけるマツノマダラカミキリなどの寄生とマツノザイセンチュウの検出状況

区 分	総本数	平均胸高直径 cm	平均樹高 m	マツノマダラカミキリなどの寄生本数率 %	マツノマダラカミキリなどの寄生推定数		マツノザイセンチュウ検出本数率 %	樹脂流出本数率 %
					筆者の方法による試算 頭	藤下の方法による試算 頭		
(Ⅰ)被圧衰弱木	91	5.6	5.3	0	—	—	—	45.1
(Ⅱ)被圧枯死木 a)	81	5.7	5.3	12.3	567 b)	185 c)	4.9	—
(Ⅳ)材線虫病枯損木	19	15.4	7.1	73.7	1,097	527	100	—

a) 昭和59～60年にかけての枯損と推定されるもの。

b) 穿入孔数 515個、脱出孔数 52個。

c) 穿入孔数 169個、脱出孔数 16個。

被圧衰弱木(Ⅰ)は樹冠部に少量の緑葉があって、樹幹靱皮部のほぼすべてが生々しかった。マダラカミキリなどの寄生はなかったものの、これらのほぼ半数ではニトベキバチの加害が認められ、樹脂の流出がみられた。

また、被圧枯死木(Ⅱ)へのマダラカミキリなどの寄生本数率は10%強で、そのうちのほぼ半数からザイセンチュウが検出された。検出をみた個体の平均胸高直径は6.0cm、平均樹高は5.7mであり、検出をみないものと差がなかった。

材線虫病による被害と判断した個体(Ⅳ)は、ザイセンチュウの検出率が100%で、マダラカミキリな

どの寄生率が70%強であった。

ここで、Ⅱ+Ⅲすなわち林分全体におけるマダラカミキリなどの総寄生推定数に対するⅡへの寄生割合をみると、筆者の方法による試算では34%、藤下の方法では26%となり、ほぼ30%がⅡすなわち被圧枯死木に寄生していたことになる。

2. 伐倒放置木

表-10によると、枝条つきの梢端部および全幹放置木は、昭和60年の夏にマダラカミキリなどの産卵対象木となったようで、高密度に寄生し、かつ材内にはザイセンチュウが生息していた。

表-10. 伐倒放置木におけるマツノマダラカミキリなどの寄生と
マツノザイセンチュウの検出状況

区 分	元口およ び根元径	幹 長	マツノマダラカミキリな どの寄生数 a)	マツノザイセンチュウの 検出の有無
枝条つき の梢端部	10~17 cm	5~6 m	70~83 頭/m ²	有
全幹放 置木	46	20	8.8~17.6	有

a) 梢端部は主幹部を、また全幹放置木は玉切られた主幹部の上、中、下の部位を、各1 m片面剥皮して調査。

IV 考 察

以上述べたように、材線虫病被害林の被圧枯死木の一部には、従来の報告^{24,39)}と同様にマダラカミキリなどが寄生し、かつ材内にはかなりの割合でザイセンチュウが生息していた。また、本調査林分にあっては被圧枯死木に寄生するマダラカミキリなどの割合が、林分全体における寄生数のほぼ30%と推定されたことから、岸²¹⁾の述べるように被圧枯死木も本病枯損木と同様に駆除の対象とする必要がある。

被圧衰弱木は調査時マダラカミキリなどの寄生がみられなかったものの、ほぼ半数でニトベキバチの加害が認められたことから、これにより衰弱が早まり、枯死するもの²⁵⁾と推定される。

また、材線虫病被害林で生立木を夏に伐倒、放置すると、高密度にマダラカミキリなどが寄生し^{24,39)}かつ材内にザイセンチュウが生息することから、本病の感染源となるおそれがあり、駆除の対象とする必要があると考えられる。

3 節 マツの伐倒時期とカミキリムシ類の寄生およびマツノザイセンチュウ保持状況^{※)}

I 研究目的

寒冷地方においては林内に放置されたマツの除・間伐木が伐倒時期によっては、マダラカミキリの産卵対象木となり、加えて産卵時にマダラカミキリに保持されていたザイセンチュウが材内に侵入して増殖し、材線虫病の感染源となる危険性がすでに指摘されてきた^{6,9,36,39)}。

そこで、福島県の本病被害アカマツ林において時期別に生立木を伐倒、林内に放置して、これらに

※) 本節は日本林学会大会発表論文集¹⁴⁾に発表したものである。

寄生するカミキリムシ類の種類と羽化成虫の線虫保持状況を知ること、本病の感染源を作らないための伐倒時期を検討した。

II 材料と方法

調査は相馬およびいわき市における材線虫病中害のアカマツ壮齡林で行った。昭和58年7月から翌年6月の各月の中旬にマツ生立木を伐倒し、長さ0.3, 1, 3m(径2cm~13cm)に玉切って、それぞれ10, 3, 2本ずつ林内に放置した。

昭和59年春、それまでに伐倒、放置したマツ丸太の一部を剥皮したところ、前年7月~9月の伐倒丸太でカミキリムシ類の寄生がみられたので回収し、同年夏に羽化脱出した成虫についてその種類と線虫保持数(分散型第4期幼虫を確認したが、サイセンチュウかニセマツノサイセンチュウかは不明)を調べた。残りの丸太は韌皮部が生々しく、寄生昆虫も少なかったのでそのまま放置し、春以降の放置丸太とともに翌年の春に回収し、前年に準ずる調査を行った。なお、各丸太から昭和60年および61年に羽化脱出した2年1世代虫についても線虫保持数を調べた。

III 結果と考察

1. マツの伐倒時期と寄生したカミキリムシ類の種類および穿入孔数

調査結果は図-20, 21に示す。図中のカミキリムシ3種の羽化脱出頭数はカミキリムシ類全体の99%に達した。なお、カラフトヒゲナガカミキリはマダラカミキリおよびビロウドカミキリより1か月ほど早く羽化脱出した。

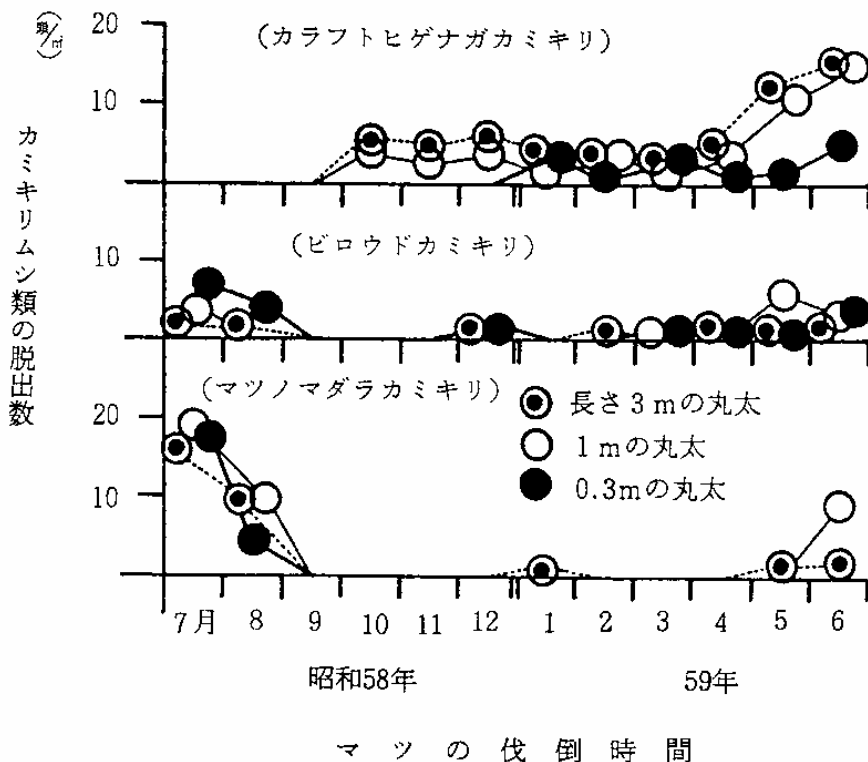


図-20. 時期別伐倒丸太に寄生したカミキリムシ類の種類

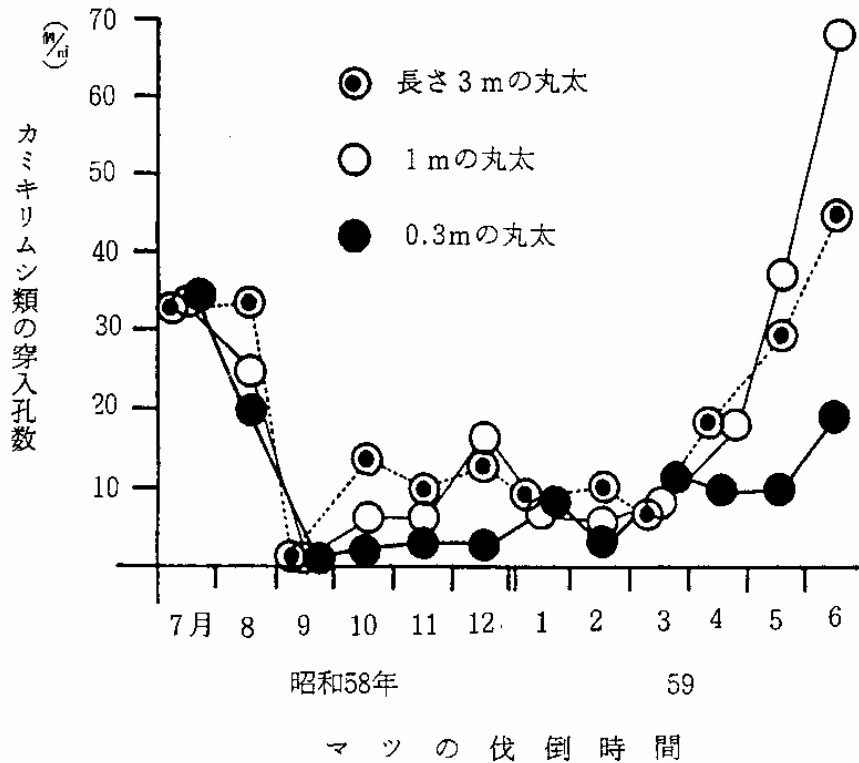


図-21. 時期別伐倒丸太に寄生したカミキリムシ類の穿入孔数

まず、マツの伐倒時期と羽化成虫の種類をみると、7、8月がビロウドカミキリとマダラカミキリ、9月はなく、10月～4月は主にカラフトヒゲナガカミキリとビロウドカミキリ、そして5、6月がカラフトヒゲナガカミキリとビロウドカミキリおよびマダラカミキリであった。次に、マツの伐倒時期と丸太表面積1㎡当りのカミキリムシ類の穿入孔数をマツ丸太の長さ別にみると、7、8月は長さによる差がなく平均で30個ほどと多かった。9月ではいずれの丸太も穿入孔がかなり少なく、10月～4月も平均で10個ほどと少なかった。そして5、6月が0.3mの丸太で平均15個ほどと少なかったが、1mおよび3mは平均45個ほどと多かった。

以上の結果は、カラフトヒゲナガカミキリは主に10月～6月、マダラカミキリは5月～8月の伐倒木に寄生すること、カミキリムシ類の穿入孔数は、10月～4月の伐倒木で5月～8月のものの1/3であること、また伐倒木の長さによる差はほとんどないことを示している。なお、昭和55年12月、多量に発生したアカマツの雪害木で平均10個/㎡ほどの穿入孔と、羽化脱出した成虫の2/3がマダラカミキリであった事例⁹⁾が示すように、冬期の伐倒であってもマツ丸太の放置された冬～春に積雪が深く、かつその継続期間も長く、さらに春の気温が低温で経過した場合には、これらの伐倒木に対するマダラカミキリの産卵寄生があり得ることから、条件によってはマダラカミキリの寄生しない伐倒時期はないといえよう。

奥田ら³⁶⁾は暖かい関西地方では9月～5月上旬におけるアカマツの伐倒木には、マダラカミキリの寄生はほとんどないと述べ、佐藤ら³⁹⁾も岩手県で10月～1月の伐倒木にマダラカミキリの寄生がないことを報告している。マダラカミキリ寄生の条件については、伐倒後の気象や伐倒木が放置されている林内の環境またはマダラカミキリの生息数など、今後さらに検討する必要がある。

2. マツの伐倒時期と羽化脱出したカミキリムシ成虫の線虫保持数

1年1世代で羽化脱出した成虫の線虫保持状況を表-11に示す。マダラカミキリ、カラフトヒゲナガカミキリおよびピロウドカミキリが線虫を保持し、前2者は最高保持数、保持率とも高い傾向にあった。カラフトヒゲナガカミキリはマツの枝を後食するなどマダラカミキリに生態が酷似する³²⁾ことから、この線虫保持状況は注目される。マツ丸太の長さごとのカミキリムシ類の線虫保持状況を表中の計でみると、0.3mの丸太では最高保持数が千頭以下、保持率も平均で数%と低かった。1mおよび3mの丸太では最高保持数が数万頭、保持率も数十%と高かった。また、マツの伐倒時期別にカミキリムシ類の線虫保持状況をみると、カラフトヒゲナガカミキリは特に5、6月で、マダラカミキリは7、8月で最高保持数が数万頭と高い傾向にあった。なお、2年1世代虫は昭和59年に回収したマツ丸太からのみ羽化脱出し、マダラカミキリが計34頭で最高保持線虫数が53頭、ピロウドカミキリが計19頭およびオオマルクビヒラタカミキリが1頭で保持数が0頭であった。

以上の結果、カミキリムシ類の寄生が少なかった9月を除くと、伐倒木を3mに玉切った場合にはすべての伐倒時期で、また1mの場合には5月～8月の伐倒時期でカミキリムシ成虫の幼虫保持数が多く、一方、0.3mの場合にはすべての伐倒時期でカミキリムシ成虫の線虫保持数が少ないことが示された。伐倒木が材線虫病の感染源とならないようにする手段の1つとして短かく玉切ることが有効のように考えられるが、これらの点については今後さらに検討を積み重ねたい。

表-11. 時期別伐倒丸太から羽化脱出したカミキリムシ成虫の線虫保持状況（1年1世代）

丸太の長さ	カミキリムシ類の種類	マツの伐倒時期															
		7, 8月				10月～4月				5, 6月				計			
		線虫保持数		線虫保持率	羽化脱出総数	線虫保持数		線虫保持率	羽化脱出総数	線虫保持数		線虫保持率	羽化脱出総数	線虫保持数		線虫保持率	羽化脱出総数
		最高	平均	%	頭	最高	平均	%	頭	最高	平均	%	頭	最高	平均	%	頭
0.3	カラフトヒゲナガカミキリ	—	—	—	—	830	83	10	10	0	0	0	5	830	55.3	6.7	15
	ピロウドカミキリ	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	4	0	0	0	8
	マツノマダラカミキリ	3	0.1	4.3	23	—	—	—	—	—	—	—	—	3	0.1	4.3	23
1	カラフトヒゲナガカミキリ	—	—	—	—	214	7.4	3.4	29	19,900	715	44.4	36	19,900	399	26.2	65
	ピロウドカミキリ	0	0	0	3	0	0	0	1	1,410	128	9.1	11	1,410	94.0	6.7	15
	マツノマダラカミキリ	1,070	80.9	28.6	28	—	—	—	—	0	0	0	11	1,070	58.1	20.5	39
3	カラフトヒゲナガカミキリ	—	—	—	—	5,550	298	28.4	74	12,000	454	34.8	92	12,000	384	31.9	166
	ピロウドカミキリ	0	0	0	1	7	1.4	20	5	100	10	10	10	100	6.7	12.5	16
	マツノマダラカミキリ	17,100	383	29.2	48	44	22	50	2	885	134	44.4	9	17,100	333	32.2	59
	ヒゲナガモブトカミキリ	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	2	0	0	0	2

3章 被害材内におけるマツノザイセンチュウの消長に関連した研究

1節 マツ枯損木内におけるマツノザイセンチュウの消長およびマツノマダラカミキリ2年1世代成虫のマツノザイセンチュウ保持数^{※)}

I 研究目的

材線虫病で枯損したマツ樹体内におけるザイセンチュウの消長について、マダラカミキリ2年1世代成虫の羽化脱出直前期まで調査した報告はない。そこで、年内枯れおよび年越し枯れ木を対象に調査したので報告する。また、2年1世代成虫のザイセンチュウ保持数も併せて報告する。

II 材料と方法

1. 枯損木内におけるザイセンチュウの消長

供試木は福島県林試構内にあるアカマツ9本、大径木3本と小径木6本で、昭和58年7～8月それぞれ1本の枝に7千～2万頭のマツノザイセンチュウを接種したものである。供試木は枯死翌年の5月に伐倒、幹部を1mごとに玉切りアカマツ林内に放置し、材内線虫検出数を60年5月まで経時的に調べた。線虫検出用の材片は丸太全体を任意に10か所選び、直径14mmのドリルで深さ4cmほどの穴をあけて採取し、ベルマン法によってザイセンチュウを分離、計数した。

2. 2年1世代成虫のマツノザイセンチュウ保持数

昭和58年の材料は相馬市で57年に春枯れしたアカマツ大径木の枝条で、1mに玉切ったもの70本、59年の材料は新地町で57年に秋枯れしたクロマツ大径木の枝条で、1mに玉切ったもの40本である。各材料は当场構内のアカマツ林に運び、羽化脱出する2年1世代成虫の体重を測定後、虫体を鋏で細く切断し、ベルマン法で保持線虫を分離、計数した。

III 結果と考察

1. 枯損木内におけるザイセンチュウの消長

結果は図-22に示す。昭和58年10～11月(年内)枯れは大径木1本と小径木3本で1m丸太16本、59年2～5月(年越し)枯れは大径木2本と小径木3本で1m丸太27本である。なお、供試木伐倒(昭和59年5月)以前のザイセンチュウ検出数は大径木では根元から梢端に向かって1mごとに区分した各幹部、また小径木では胸高以下の幹部で調査したものである。年内枯れ木における昭和58年10～12月間の平均検出数は材絶乾量1g当たり380頭、翌年2～5月間は460頭、9月は11頭、翌々年1月は12頭、5月は3.7頭であった。また、年越し枯れ木では昭和59年2～5月間が120頭、9月が21頭、翌年1月が18頭、5月が3.0頭であった。これらのことから、枯死後のマツ樹体内におけるザイセンチュウの消長の1パターンとして、年内枯れ木では翌年の5月頃まで検出数に変化がなく、羽化脱出期即ち夏期を境に急減し、秋以降は漸減するものがあると考えられる。年越し枯れ木においても同様なパターンが認められたものの、検出数のピークが前者より若干低い傾向にあった。ピーク時

※) 本節は日本林学会東北支部会誌³⁾に発表したものである。

のサンプリングを逸したためかも知れない。

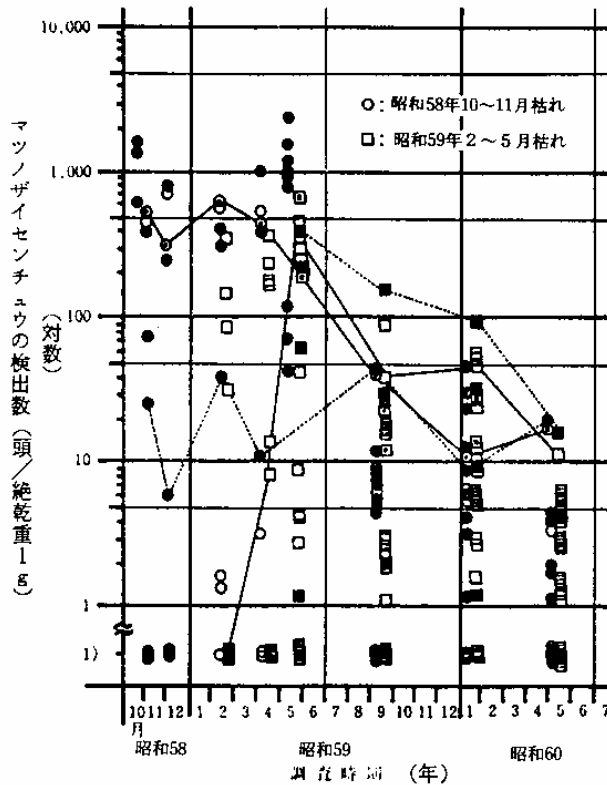


図-22. 枯損木内におけるマツノザイセンチュウの消長

(注) 黒塗り = 穿入孔存在、2重枠内黒塗り = 1年1世代成虫羽化脱出丸太。破線および実線は昭和60年5月の線虫検出数が高い丸太における推移

線虫の検出数は針葉の変色がすすんだ、全体の枯死前後にピークに達し、その後急減または漸減すると報告^{22,27)}されているが、本結果とは異なる。本県では秋に枯れたマツは間もなく気温の低下する冬期を迎えるため、ザイセンチュウが環境耐性をもったステージとなり²⁷⁾、ピークが翌年の春まで続くものと推定されるが、今後とも検討が必要である。

次に、昭和60年5月時点でザイセンチュウの検出数が高い丸太、中程度の丸太、低い丸太の各調査時点における平均検出数とその範囲を表-12に示す。平均検出数をみると、2年1世代成虫が羽化脱出する直前まで検出数の高い丸太は、明らかに前年の秋にかなりのザイセンチュウが検出された。なお、検出数の高い丸太から2頭(線虫保持数が5, 70頭)、中程度から2頭(同520, 1,670頭)、低いものから1頭(同1,210頭)のマダラカミキリ成虫が昭和59年夏に羽化脱出したことから、1年1世代成虫の存在と脱出後のザイセンチュウ検出数の高低は関係ないと思われる。

2. 2年1世代成虫の線虫保持数

結果は表-13に示す。表中には各年次に調べた1年1世代成虫の線虫保持数も示した。それによると、2年1世代成虫の平均保持数は2か年の平均で124頭となり、1年1世代の2,990頭と比べ明らかに低かった。しかし、最高保持数が3,450頭であったことから、かなりの線虫を保持することも考えられる。

表-12. 2年1世代成虫羽化脱出直前期のマツノザイセンチュウ検出程度と各調査時点の検出数
頭/絶乾重1g

線虫検出程度 ¹⁾	調査時期	昭和 60年5月	60年1月	59年9月	58年10月~ 59年5月
	高 (10頭以上)		16/11~19 ²⁾	41/8.9~96	70/40~160
中 (1~10頭未満)		3.3/1.0~7.2	18/0.9~57	15/0.4~99	250/0~2,500
低 (1頭未満)		0.3/0~0.9	5.7/0~16	6.9/0~29	250/0~1,600

1) 昭和60年5月時点 2) 平均値/範囲

表-13. 2年1世代成虫のマツノザイセンチュウ保持数

マツノマダラ カミキリ	昭和年	羽化脱 出総数 頭	平均 体重 mg	線虫保持数(頭)						平均保持	最高保持	線虫
				0	1~ 100	101~ 1,000	1,001~ 5,000	5,001~ 10,000	10,000<	線虫数	線虫数	保持率
2年 1世代	58	42	141	38	2		2			135	3,450	9.5
	59	14	227	8	4	1	1			90.4	1,010	42.9
1年 1世代	58	63	288	7	11	10	12	10	13	5,280	34,400	88.9
	59	73	206	21	15	14	19	4		1,020	7,850	71.3

温暖な地方では2年1世代成虫の線虫保持数は一般に低いものと報告^{21,30)}されているが、岩手県では高い事例を報告⁴⁰⁾している。前述したように、寒冷地方においては2年1世代成虫の羽化脱出直前まで、枯損木内で数十頭の線虫が検出されることもあることから、これに寄生するマダラカミキリはかなりの線虫を保持することが予想される。筆者⁹⁾は材内の線虫検出数と1年1世代成虫の線虫保持数を調べたが、平均検出数が28.6頭で平均保持数が2,740頭であった。なお、成虫の線虫保持数は蛹室の周辺に集合する線虫数によって決まる²⁷⁾といわれ、材内の生息数で保持数を論じることは少なからず無理があるので、今後は材内の生息数と蛹室集合数の関係を検討する必要がある。

摘 要

本報告は福島県におけるマツ枯損動態に関する研究のうち、枯損動態調査林分の設定、材線虫病の感染源および被害材内におけるマツノザイセンチュウの消長に関連した結果をとりまとめたものである。

1章 枯損動態調査林分の設定に関連した研究

1節 マツの枯損時期とマツノザイセンチュウ検出率

昭和57年度の福島県における材線虫病によるマツ枯損の発生は、感染年の秋から始まって翌年の夏まで続き、年越し枯れ木の発生割合は50%以上となった。枯損時期とマツノザイセンチュウの検出率

の関係は、大径木では1～4月枯れで低下の傾向が認められ、中・小径木では枯損時期による差がみられなかった。

2節 マツの枯損時期とマツノマダラカミキリの寄生数

昭和57年度の福島県における材線虫病によるマツ枯損木に対するマツノマダラカミキリの寄生数を調査した。その結果、年内枯れで寄生数が多い傾向にあったものの、大径木は年越し枯れでもかなりの寄生が認められた。また、枯損時期が遅れる個体ほど枝条部での寄生が高まる傾向にあった。さらに、晩春から初夏枯れ木は6月以降に脱出するマツノマダラカミキリの産卵対象木となった。

3節 夏の暑さとマツの枯損時期およびマツノザイセンチュウ検出率

年越し枯れ木の発生割合は、夏が暑い年ほど減少したが、夏の暑さに係りなく数10%が晩春から初夏に枯損し年越し枯れとなった。年間を通しての枯損木におけるマツノザイセンチュウの平均検出本数率は、夏が暑い年ほど枯損が早まることもあって高まった。しかし、気温の低下した時期の枯損木は高い時期の枯損木と比べて、おおむね検出率が低下の傾向にあった。なお、夏の暑さを単独で表現する気象因子は日平均気温が25℃以上の日数が適当であると推定された。

4節 夏の暑さとマツ枯損時期別のマツノマダラカミキリ寄生状況

年間を通しての枯損木1本あたりに対するマツノマダラカミキリの寄生数は、大径木では猛暑で多くなったが、中・小径木では夏の暑さに係わりなくほぼ一定であった。一方、枯損時期別の寄生数は、径級に係わりなく夏から初秋枯れに多いが、晩秋以降の枯れにおいては太いものほど寄生数が多くなる傾向にあった。

5節 枯損木へのマツノマダラカミキリ寄生の有無および寄生数の推定

枯損木を伐倒し、枝条最下部の枝が着生する幹の上、下1m部(幹部の調査)でのマツノマダラカミキリの寄生の有無を調査し、これで寄生が認められない場合はさらに枝条下部での寄生の有無をみれば、全体の99%以上のマツノマダラカミキリが寄生する枯損木を確認することが可能であった。また、幹部の調査で寄生が認められる場合は、枯損木の径級ごとに総寄生数が推定できた。なお、枯損木を伐倒せずに高さ1～2mの幹部で寄生の有無をみた場合は、全体のほぼ半数が寄生する枯損木を確認するにとどまった。

6節 枯損木におけるマツノマダラカミキリの寄生部位

枯損木の高さごとのマツノマダラカミキリの寄生は、径級が大きくなるに従って根元付近で少なく、また梢端部でいずれも少なかった。幹部での寄生は大・中径木では太さが11～20cmの部位で、また小径木は6～10cmの部位で多く、さらに年内、年越し枯れを比較すると、後者は細い部位で寄生割合が高い傾向にあった。枝条部への寄生はいずれの枯損木においても幹への着生部近くの部位で多かった。

7節 自然感染によるマツの発病と枯損時期

マツノザイセンチュウの自然感染によるマツの発病(樹脂滲出の異常)と枯損経過について調査した。発病からそのまま枯損にいたった個体は、発病木全体の77%をしめたが、おおむね径級が大きくなるほど発病から枯損にいたるまでの期間が長びく傾向にあった。また、夏の発病個体では多くが年内に枯れ、秋の発病個体では年越し枯れに移行する比率が高まり、春に発病し夏までに枯損する個体もかなり存在した。マツノザイセンチュウの検出本数率は平均で80%ほどで、検出されない個体はおおむね秋に発病して晩秋から冬に枯損したもの、または春に発病し初夏に枯損したものであった。残り23%の発病木には、その後回復と発病を繰り返しながら枯損する個体と、全く回復して枯損にいた

らない個体とがみられた。

8節 年内枯れ、年越し枯れと材内におけるマツノザイセンチュウの生息状況

マツ枯損発現タイプと発病、材内におけるマツノザイセンチュウの増殖、枯死などの関係について検討したが、発病、枯死は次のように整理された。1はほぼ同時期に樹体全体が発病するもの、これが進行すると急速な枯死(年内枯れ)につながる。2は最初幹の一部で発病するもので、この状態が気温の低下する時期にあたると、発病部位の上方から徐々に含小率が低下し、樹冠下部から上部に向かって、または樹冠上部から下部に向かって緩慢に枯損が進行するタイプ(年越し枯れ)となる。3は最初枝条部で発病するもので、この状態が気温の低下する時期にあたると、樹冠内の各所の枝が飛び火状に枯れ、枝枯れが緩慢に波及するタイプ(年越し枯れ)となる。4は枝の一部で部分的に発病、数年たっても全身症状に移行することのないタイプである。

2章 材線虫病の感染源に関連した研究

1節 枯れ枝におけるマツノマダラカミキリの寄生とマツノザイセンチュウの生息状況

アカマツ生立木に着生する生理的な枯れ上り枝を落としたところ、それにはマツノマダラカミキリなどの寄生がかなりみられた。マツノザイセンチュウが生息する個体もみられたが、調査期間内には枯損しなかった。また、枯れ上り枝以外の枯れ枝を落としたところ、マツノザイセンチュウの検出をみる個体が多く、大半は数か月後に枯損した。枯れ枝からはマツノマダラカミキリがマツノザイセンチュウを保持して羽化脱出した。

2節 材線虫病感染源としての被圧木と伐倒放置木

材線虫病被害林で被圧枯死木に対するマツノマダラカミキリの寄生状況などを調べたところ、林分全体の寄生数のほぼ30%が被圧枯死木に寄生し、マツノザイセンチュウも検出された。また、伐倒放置木について調査を行ったところ、マツノマダラカミキリが高密度に寄生し、かつ材内にはマツノザイセンチュウが生息していた。

3節 マツの伐倒時期とカミキリムシ類の寄生およびマツノザイセンチュウ保持状況

材線虫病の感染源を作らないためのマツの伐倒時期を検討した。その結果、10月～4月の伐倒木は5月～8月に比べてカミキリムシ類の寄生が1/3となったが、伐倒木の長さによる寄生数の差異はみられなかった。羽化脱出したカミキリムシ類の線虫保持数は、0.3mに玉切った場合で少なく、1、3mで多い傾向にあった。

3章 被害材内におけるマツノザイセンチュウの消長に関連した研究

1節 マツ枯損木内におけるマツノザイセンチュウの消長およびマツノマダラカミキリ2年1世代成虫のマツノザイセンチュウ保持数

被害材内におけるマツノザイセンチュウは、枯損翌年の5月頃まで検出数に変化がなく、1年1世代成虫の脱出期を境に急減し、秋以降は漸減した。2年1世代成虫の脱出期直前まで検出数が高い丸太は、前年の秋に検出数が高いものであった。2年1世代成虫のマツノザイセンチュウ保持状況は1年1世代と比べ平均保持数が明らかに低かったが、かなりの数を保持するものもみられた。

参考文献

- 1) 在原登志男：福島県におけるマツの枯損動態に関する研究(Ⅲ) — 枯損木へのマツノマダラカミキリ寄生の有無および寄生数の推定 — 日林東北支誌 36：217～219, 1984

- 2) 在原登志男：福島県におけるマツの枯損動態に関する研究(VII) — 枯損木におけるマツノマダラカミキリの寄生部位 — . 日林東北支誌37：253～255, 1985
- 3) 在原登志男：福島県におけるマツの枯損動態に関する研究(VIII) — マツ枯損木内におけるマツノザイセンチュウの消長およびマツノマダラカミキリ2年1世代成虫の線虫保持数 — . 日林東北支誌37：256～257, 1985
- 4) 在原登志男：福島県におけるマツの枯損動態に関する研究(X) — 年内枯れ、年越し枯れと材内線虫の生息状況 — . 97回日林論：475～476, 1986
- 5) 在原登志男：福島県におけるマツの枯損動態に関する研究(XI) — 枯れ枝におけるマツノマダラカミキリの寄生とマツノザイセンチュウの生息状況 — . 日林東北支誌38：274～275, 1986
- 6) 在原登志男：福島県におけるマツの枯損動態に関する研究(XII) — 材線虫病感染源としての被圧木と伐倒放置木 — . 日林東北支誌38：276～277, 1986
- 7) 在原登志男：福島県におけるマツの枯損動態に関する研究(XIII) — 夏の暑さとマツの枯損時期およびマツノザイセンチュウ検出率 — . 日林東北支誌38：278～280, 1986
- 8) 在原登志男：福島県におけるマツの枯損動態に関する研究(XIV) — 夏の暑さとマツ枯損時期別のマツノマダラカミキリ寄生状況 — . 日林東北支誌38：245～247, 1986
- 9) 在原登志男：福島県における松類材線虫病に関する研究(I) — マツノマダラカミキリなどの生態、材線虫病感染源としての雪害木の役割および本病の発生予測 — . 福島県林試研報19：59～98, 1986
- 10) 在原登志男：福島県におけるマツの枯損動態に関する研究(XVI) — 自然感染によるマツの発病と枯損時期 — . 98回日林論：541～542, 1987
- 11) 在原登志男・斎藤勝男：福島県におけるマツの枯損動態に関する研究(I) — マツの枯損時期とマツノザイセンチュウ検出率 — . 95回日林論：463～464, 1984
- 12) 在原登志男・斎藤勝男：福島県におけるマツの枯損動態に関する研究(II) — マツの枯損時期とマツノマダラカミキリの寄生数 — . 95回日林論：465～466, 1984
- 13) 在原登志男・斎藤勝男：福島県におけるマツの枯損動態に関する研究(I) — マツノザイセンチュウの人工接種に関連した研究 — . 福島県林試研報19：43～58, 1986
- 14) 在原登志男・高木良雄：福島県におけるマツの枯損動態に関する研究(XV) — マツの伐倒時期とカミキリムシ類の寄生および線虫保持状況 — . 98回日林論：539～540, 1987
- 15) 藤岡浩：秋田県象潟におけるマツ材線虫病によるマツの枯損動態. 日林東北支誌37：241～243, 1985
- 16) 藤下章男：松くい虫枯損木の駆除技術に関する二、三の考察(I) — マツノマダラカミキリの寄生部位と薬剤処理技術 — . 森林防疫33：197～202, 1984
- 17) 橋本平一・清原友也：マツノザイセンチュウ接種木におけるいわゆる「持ち越し」について. 日林九支研論28：169～170, 1975
- 18) 橋本平一ほか：マツ材線虫病の萎凋生理に関する研究(I) — 樹体内における線虫の増殖について — . 94回日林論：469～470, 1983
- 19) 早坂義雄ほか：宮城県石巻におけるマツ材線虫病によるマツの枯損動態(II) — 大門崎における枯損経過. 日林東北支誌34：128～130, 1982

- 20) 井戸規雄：マツの若齢木におけるマツノマダラカミキリ穿入孔の垂直分布. 日林関西支講 23 : 177 ~ 179, 1972
- 21) 岸洋一：茨城県におけるマツノザイセンチュウによるマツ枯損と防除に関する研究. 茨城県林試研報11 : 1 ~ 83, 1980
- 22) 清原友也・鈴木和夫：クロマツ樹体内におけるマツノザイセンチュウの季節的消長. 86回日林講 : 296 ~ 298, 1975
- 23) 小林富士雄：森林昆虫の密度および分布の調査法に関する研究(第1報)マツの穿孔虫類の樹体内分布. 林試研報 274 : 85 ~ 124, 1957
- 24) 小林光憲ほか：被圧木、伐倒放置木におけるヒゲナガカミキリ属の寄生と材内線虫の検出状況. 日林東北支誌 37 : 246 ~ 247, 1985
- 25) 小林享夫ほか：冬期のマツ枯損に関与するキバチ (*Sirex*) 糸状菌 (*Amylostereum*) 相互の関係. 日林誌 60 : 405 ~ 411, 1978
- 26) 近藤秀明ほか：茨城県における松くい虫(マツノザイセンチュウ)の被害実態と空中防除. 森林防疫 24 : 139 ~ 143, 1975
- 27) 真宮靖治：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. 森林防疫 24 : 192 ~ 196, 1975
- 28) 真宮靖治：マツ樹体内におけるマツノザイセンチュウ個体群の動態と発病経過. XVII IUFRO 論 : 252 ~ 254, 1981
- 29) 真宮靖治ほか：マツノザイセンチュウによるアカマツの自然感染、発病の経過. 84回日林講 : 332 ~ 334, 1973
- 30) 中根勲：2回越冬幼虫の状況とマツノザイセンチュウ保持状況. 日林関西支講26 : 228 ~ 231, 1975
- 31) 日塔正俊ほか：マツ類の穿孔虫に関する研究, 加害対象木の判定と季節的推移, 枯損との関係I. 79回日林講 : 204 ~ 205, 1968
- 32) 越智鬼志夫：マツ類を加害するカミキリムシの生態(III) *Monochamus* 属2種成虫の羽化と産卵習性などについて. 日林誌 51 : 188 ~ 192, 1967
- 33) 小田久五：松くい虫の加害対象木とその判定について. 森林防疫ニュース 16 : 263 ~ 266, 1967
- 34) 小河誠司ほか：マツの枯損防止新技術に関する総合研究. 昭和57年度福岡県林試業報 : 45 ~ 50, 1983
- 35) 奥田清貴：津市付近におけるマツの枯損動態と枯損木の異常発現時期別マツノマダラカミキリ寄生状況. 三重県林技セ研報 1 : 1 ~ 7, 1983
- 36) 奥田素男ほか：3種類のマツの伐倒時期とマツノマダラカミキリの寄生程度. 86回日林講 : 331 ~ 332, 1975
- 37) 林野庁：人工衛星による松くい虫被害調査(誘引剤による防除効果)報告, 1 ~ 24, 日林協, 1985
- 38) 作山健・佐藤平典：マツの材線虫病によって翌年に枯れた事例. 日林東北支誌 32 : 206 ~ 207, 1980

- 39) 佐藤平典・作山健：岩手県におけるマツ材線虫病（松くい虫の被害）の現状と防除．岩手県林試成報 15：29～64，1982
- 40) 佐藤平典・作山健：岩手県におけるマツノマダラカミキリの2年1世代の出現及び線虫保持数．95回日林論：461～462，1984
- 41) 佐藤平典・作山健：健全なマツの枯れ上り枝に生息するマツノマダラカミキリとニセマツノザイセンチュウ．96回日林論：457～458，1985
- 42) 庄司次男ほか：クロマツに対するマツノザイセンチュウの時期別接種試験．94回日林論：475～476，1983
- 43) 梅田久男・小松利昭：アカマツに対するマツノザイセンチュウの時期別接種試験．日林東北支誌 37：248～250，1985
- 44) 横溝康志・高久健一：寒冷地におけるマツ枯損（年越し枯れ）の発生経過に関する調査．栃木県林セ年報 13：12～17，1981
- 45) 陳野好之：東北地方におけるマツ材線虫病の特徴と問題点．森林防疫 33：4～8，1984