

上賀茂試験地におけるマツ枯れについて

—発生から1988年までの被害の経緯—

岡本憲和・渡辺政俊・中井 勇
古野東洲

はじめに

1905年（明治38年）長崎市で発生したマツ枯れ¹⁾は1965年（昭和40年）以後九州，中国，南紀地方を中心に大きな被害をもたらし，次第に全国各地に蔓延している。京都府下では1949年（昭和24年）に舞鶴市で最初に発生し²⁾，現在では府下全域に拡大している。その被害は九州や南紀地方で見られたような激害型ではないものの，森林資源の損失ばかりか環境保全上大きな問題を投げかけている。

京都市の北部市街地に位置する京都大学農学部附属演習林上賀茂試験地でのマツ枯れの発生は京都府下の被害発生より20年あまり遅れた1965年頃で，最初の被害は軽微であったが，以後終息することなく漸増し，伐倒駆除の効果もなく，近年になって増大する傾向にある。

1969年に徳重ら³⁾によってマツノザイセンチュウ（以後センチュウとする）が発見され，マツ枯れはマツノマダラカミキリ（以後カミキリとする）に媒介されたセンチュウが健全木の材内へ侵入繁殖することによって発病するというメカニズムが解明された³⁾。この“運び屋”のカミキリの生活史については，すでに多くの研究者ら⁴⁾によって調べられ，マツ枯れの防除は，如何にしてこの“運び屋”の活動を抑えるかにかかっている。カミキリの繁殖している被害木の駆除は全木を破碎，または焼却処理することがもっとも効果的である。しかし，すべてのカミキリ繁殖材について同様の処理をするには労力面，経費面ばかりか，また物理的にも現実には不可能に近い。そのため被害木の駆除の大部分は薬剤散布処理に頼っているのが現状であるが，その時期や方法などの違いによって必ずしも効果を上げているとはいえない。

一方，二井ら⁴⁾，古野⁵⁾，大山⁶⁾らは寄主側のマツについて，センチュウの接種試験により抵抗性種の検定を行ない，外国産マツ属の中には抵抗性を示すいくつかの種類のあることを報告している。しかし，その抵抗性を支配するであろう遺伝的諸因子については明らかにされていない。また，石井⁸⁾，佐々木⁹⁾，古野ら¹⁰⁾はセンチュウに対して抵抗性を示す有望雑種の創成に成功したが，古野¹¹⁾，中井ら¹²⁾はこの雑種のその後の育成状況から有望種とはなり得ないであろうことを指摘し，生物害に対する抵抗性育種のむずかしさを示唆する結果を得ている。

このように，マツ枯れに対する種々な調査，研究が行なわれているが，被害が年々継続し，拡大し続ける現状では，抜本的に防除，駆除対策を見直す必要がある。本報告では上賀茂試験地という限られた区域におけるマツ枯れ発生から1988年度まで，過去20数年間の被害の実態をとりまとめるとともに，マツ枯れの年変動，発生傾向，寄主マツの罹病経過と被害木の駆除効果などについて検討したものである。

なお，本調査は上賀茂試験地の業務の一環として進められたものであり，調査には本試験地の全職員が当たっている。報告にあたっては古野が総括し，岡本，渡辺，中井が資料の収集，整理，

検討に当たった。

京都府での被害資料の提供をお願いした京都府林業試験場の吉田隆夫技師や本報告に際して終始有益な助言をいただいた本学農学部農林生物学科の二井一禎博士に、さらにマツ枯れの被害発生以後、その防除のために努力された上賀茂試験地在任の教職員の方々に深謝いたします。

上賀茂試験地の林況

1949年、現在の地に移設された本試験地の当時の林況は、天然生アカマツの壮、老齢木が尾根筋に点在し、その下層に若齢のアカマツが成立し、ヒノキや広葉樹の混交した天然生二次林であったようである。

本試験地の現在の利用区分は図-1に示すように、天然生二次林が約31haで全面積の60%を占め、人工林が約16ha、その他は約4haである。試験地の中心域には各種の実験林や見本園、見本林、苗畑および諸施設などがある。天然生アカマツ、ヒノキの大部分は赤井¹³⁾や中井ら¹⁴⁾の調査結果によると現在からはほぼ65年前の大正末期以後に更新したものと推定される。人工林は1950年代に見本園を中心として6haあまり造成されたが、それ以後拡大、再造林が繰り返され、その中でもマツ属の造林地は見本的に造成されたものも含め約10haに達している。初期に植栽された外国産マツ属の大部分はすでに30年以上経過し、成育の良否が明らかになりつつある。また、天然生林ではマツ枯れ被害木の伐倒駆除による林冠の疎開によって、林分を構成している下層植生にも変化が認められる。

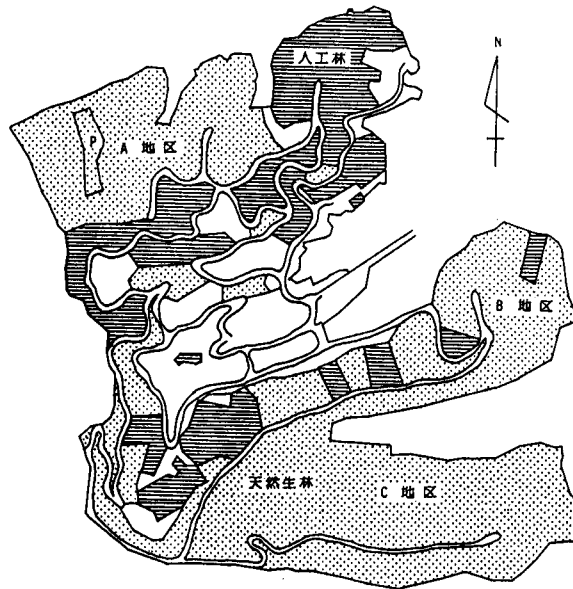


図-1 上賀茂試験地の概況

天然生林とマツ属の植栽林およびマツ枯れ木の分布様式の調査地

試験地を取り巻く周辺の状況は、試験地の北西(図-1の上部)には府道京都広河原美山線を隔てて国有林(天然生林)、東南(図-1の下部および右側)は府道大原静原下鴨線と住宅、農地を隔てた約1kmに民有林、国有林の天然生林がある。さらに、西(図-1の左側)は天然生林の国有林と接している。これら周辺地域の天然生林はアカマツを主体としたヒノキ、広葉樹の混交した天然生二次林であり、マツ枯れは本試験地の被害発生とほぼ同時期に発生し、それら被

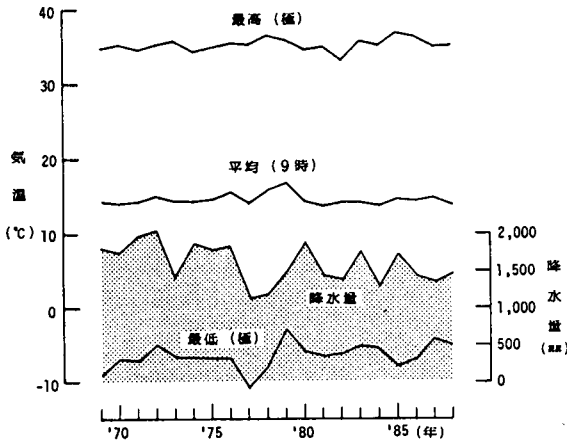


図-2 調査期間内の上賀茂試験地の気象

害木の多くは駆除されていない。

本調査期間内の上賀茂試験地の気象環境は図-2のとおりである。年平均気温は15℃、年間降水量は約1,700mmである。この期間内で年平均気温が平年値より高かった年は1979年で、反対に低かった年は1981、1984、1988年で、最高気温は1978、1985年が年平均値より高く、1982年は低かった。最低気温では1977年が例年より極めて低かった。1972年の降水量は2,000mmを越え、1977年は1,200mmに達しない少雨であった。

マツ枯れの被害状況

マツ枯れは、カミキリを媒介としたセンチウが健全木の材内へ侵入繁殖することによって起こる。本試験地におけるカミキリの羽化脱出は例年6月の下旬に始まり、7月の下旬には大部分が脱出を終る。羽化脱出したカミキリは健全木の枝条部分の樹皮を後食して成熟するが、その時カミキリに付着しているセンチウが枝条の噛み傷部分から材内へ侵入し繁殖する。センチウに抵抗力のないマツはヤニの流動が停止し、成熟したカミキリの産卵の対象となる。産下された卵は短期間で孵化し幼虫となって樹皮下の組織を摂食し9月下旬以後に、老熟幼虫は材内へ穿入し越冬する¹⁾。しかし、遅く産卵されたものや、幼虫の発育の遅いものは樹皮下で越冬するようである¹⁵⁾。蛹化は翌春になって始まるが、その時期はおおむね羽化脱出の1~2ヶ月前である。センチウは、材内で繁殖を繰り返す、カミキリが蛹化、成虫へと発育する段階でその蛹室付近へ移動し、カミキリの羽化とともに、その虫体に移ることが明らかにされている¹⁾。

1. マツ枯れの経年推移

上賀茂試験地では、マツ枯れが肉眼ではっきりと見分けられてくるのは9月の下旬になってからである。この時期に症状が外観的にはっきりしない個体でも時間の経過にしたがって次々と枯損し、翌春樹木の活動が活発になる時期にも枯損は続く。すなわち、暖かい地方では秋の枯損が多く、寒い地方では年を越した翌年にも枯損が現われることが多いと報告されており¹⁾、上賀茂試験地での枯損の経過は後者のケースに近い。

被害木の調査は、被害発生当初、春、秋の区別なく一時期にまとめて行なっていたが、最近では秋と、さらに秋以後の枯損木については翌春に行なっている。したがって、ここでは調査した時点の数量をそのまま整理し(付表参照)、年間の被害量については秋から翌年のカミキリが脱出する5月までの数量を集計した。

上賀茂試験地における被害の発生は1965年からである。最初の伐倒、駆除は1969年度で、1970年4月の調査以後、被害木を林班別に整理した。さらに、被害木の分布などを克明に調査し始めたのは1982年度以後である。したがって、ここでは記録に残されている1969年度以後について天然生林と人工林に区別して付表に整理した。そのため、1969年度の被害量はそれまでの被害の積算量である。

この統計に基づいた被害の推移を示したのが図-3である。まず被害量でみると、1969年度の被害量 72m^3 (1,167本)はそれまでの未処理木が含まれている関係から、この間の年被害量は $15\sim 20\text{m}^3$ と推定される。1971年度には 62m^3 (436本)、以後1976年度の 10m^3 (91本)まで減少し続け、駆除の効果が見られたが、翌年から次第に増加し、1983年には 100m^3 を越える626本の被害が発生した。この年には、カミキリの繁殖材を割材する処理や薬剤散布等による駆除を直営で徹底的に行なったため、1984年には 67m^3 (495本)まで減少した。しかし、1985、1986年度には 147m^3 (820本)、 169m^3 (762本)、さらに、1987年度にはこれまでの最高の 366m^3 (1,540本)の被害が発生した。1988年度には 360m^3 (1,698本)の被害が発生し、被害本数では最大となった。

以上のように伐倒、薬剤散布の駆除作業を徹底して実施しても上賀茂試験地ではマツ枯れを防ぐことに成功していない。1976年度までの被害量の減少は、少ない被害量に対する当試験地の職員による直営での精度の高い駆除の効果が現われたためであろう。しかし、1977年度以後、駆除努力にも拘わらず、被害は漸増している。この間試験地周辺の天然生林の被害木に対しては一部を除き駆除は行なわれていない。被害量の増加にともない試験地での全被害木の直営駆除作業が困難になり、1984年度から一部を請負業者による駆除作業を実施している。加えて周辺林分での未処理放置被害木が多くなり、試験地の被害が駆除にも拘わらずさらに漸増する結果となった。1986年度の駆除作業には、事務処理の都合により請負業者が、これまでの業者から別の業者に代わっている。1987年度以後、被害量の急増と業者の交代が符合することは、業者の処理能力を十分に吟味する必要があることを示唆しているのではなかろうか。

人工林でのマツ枯れは1973年から1982年までは 5m^3 程度であったが、特に1987、1988年には 21m^3 (188本)、 45m^3 (492本)の被害が現われている。在来種のアカマツやクロマツの20年生に近い林分はともに被害は甚大で植栽本数の80%以上にも及んでいる。また、チョウセンゴヨウは最近になってかなり多くの被害を受ける傾向にある。一方、外国産マツ属では、*P. banksiana*、*P. contorta*、*P. massoniana*、*P. mugo*、*P. muricata*、*P. nigra* とその変種、*P. pinaster*、*P. sylvestris*、*P. tabulaeformis*、*P. bungeana*、*P. engelmannii*、*P. patula*、*P. ponderosa* とその変種、*P. radiata*、*P. ayacahuite* とその変種、*P. hartwegii*、*P. rudis*などが被害本数の多少はあるものの枯損している。また、種間交雑によって創成された雑種では *P. thunbergii* × *P. massoniana*、*P. thunbergii* × *P. densiflora* の枯損も多く、これらの林分の成立は見込めない状況にある。

上賀茂試験地のマツ枯れは以上のような経緯をたどったが、図-3には京都府や京都市における被害状況をも対比させた。京都府全域の被害は、1976年頃まで $10,000\text{m}^3$ 以下であったが、1977年にはその約3倍の $30,000\text{m}^3$ 、その翌年には $45,000\text{m}^3$ になり、その後やや減少傾向にある。一方、京都市の場合には $3,000\text{m}^3$ 前後の被害が、1979年以後しばらく $2,000\text{m}^3$ 前後に減少しているが、1986年以後再び $3,000\text{m}^3$ の被害が現われている。

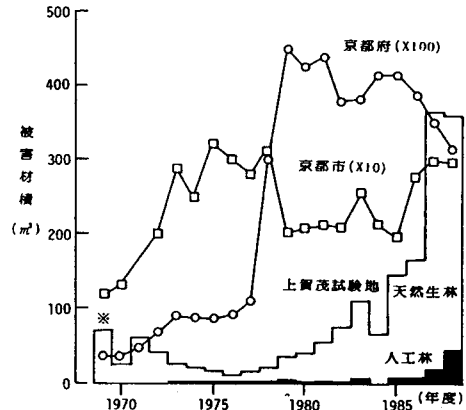


図-3 上賀茂試験地における天然生林と人工林および京都府、京都市におけるマツ枯れ木材積の推移

*：1965年6月から1970年4月までの積算被害量を示す。

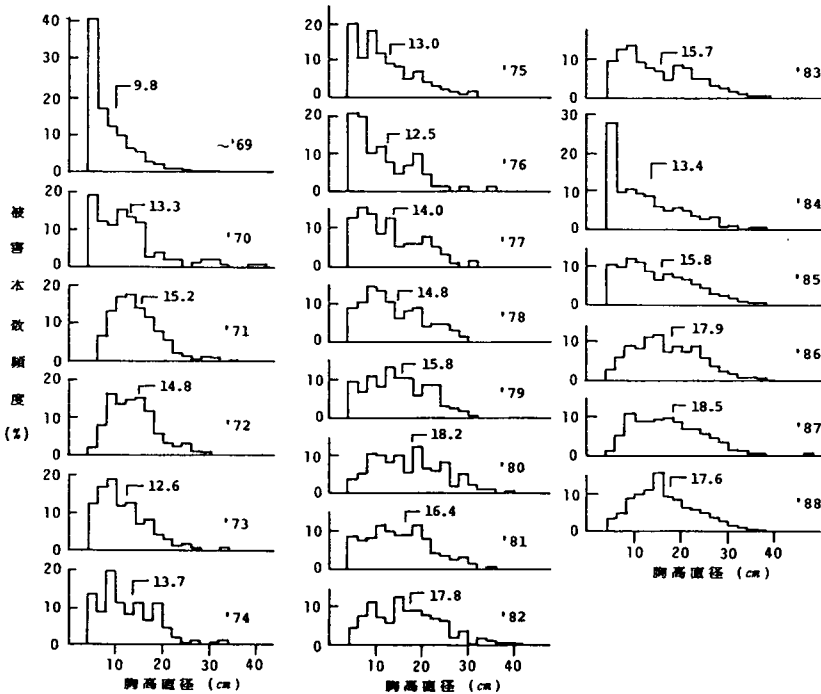


図-4 マツ枯れ木の胸高直径分布とその推移

京都市の北部市街地に位置する本試験地では、前述のように1984年度までのマツ枯れは 100m^3 以下であったが、1987、1988年度には 300m^3 を越える被害が発生した。京都府、京都市での被害発生傾向は広範囲での統計量であり、上賀茂試験地のような狭い地域での統計量を直接比較することは問題であるかも知れないが、最近の上賀茂試験地での被害発生傾向は京都府の減少傾向とは異なり、どちらかといえば京都市での被害の動向と比較的似かっているように思われる。しかし、1987、1988年度の急増には何らかの原因が介在しているようである。

一般に、これまでのマツ枯れはまず大径木に目立つたが、上賀茂試験地での被害は小径木の被害がかなり多い。上賀茂試験地における1965～1988年度までの20数年間に枯損したマツの胸高直径を調べてみると図-4のとおりである。図-4は直径階ごとの本数頻度で示されている。マツ枯れは先にもふれたように被害発生当初は天然生林のみであった。1969年度の被害木の直径分布はL型分布を示して、小径木の被害がとくに多かった。この被害木の直径分布は年次の経過とともに形を変えながら推移し、1986年度頃から正規分布に近い形となっている。被害木の平均直径の推移は1969年度を除き、13～19cmの範囲にあり、ややバラツクものの経年的に被害木の直径階が上位に進む傾向が見られる。激害型のマツ枯れ林内の天然生のクロマツが大部分枯れた白浜試験地¹⁷⁾では、初期に大径木が、次第に小径木が被害を受けたのに比べて、上賀茂試験地の被害の現われ方には大きな違いがある。

小径木はヒノキと混交し、かろうじてヒノキの被圧から免れているような成育不良の状態で被害を受けたのであろう。極めて陽性のアカマツは大正末期頃からしばらくの間に天然更新し、それ以後の更新は少なかったものと思われる。このことは小径木の年齢が大径木のそれとほとんど変わらなかったことからでも明らかである。現在、被害木の伐倒にともなって林冠は一部疎開する傾向にあるが下層の広葉樹の繁茂や中層のヒノキの成長を促進する結果となり、林床にはアカ

マツが再び更新するだけの明るさはないように思われる

被害木の駆除処理が林外への搬出焼却のように徹底して行なわれている林では林内に被害の発生源がないはずである。にも拘わらずそこで被害が発生することは、林外からのカミキリの飛来によるものと考えられる。林外からカミキリが飛来し後食などの対象木を選好する場合、対象木がある程度の高さに達したものがその機会が多いであろう。しかし、林冠の上木のすべてが枯損していないことからみて、他の要因、例えば、被害木の集団的な伐倒によって、そこに大きな空間ができたような場合には樹高の低い個体でもその機会が高くなることも考えられる。一方、林内でのカミキリ繁殖材の駆除が不十分か、または未処理であった場合には、それが発生源となってその周辺の個体が集中的に被害を受けることが考えられる。したがって、樹齢の老若や樹勢、樹高の高低などの他に発生源の有無や林分の疎開状態が被害の発生、分布に大きく影響しているように思われる。

2. マツ枯れによる被害木の分布様式

1) 分布様式の経年的な移り変わり

本調査の対象地区は広葉樹にヒノキが混交した天然生アカマツの優占した林分のうちから、図-1に示したA, B およびC 地区 (各々5.12ha) を選び、1982年5月から1989年2月までの約7年間にわたり、マツ枯れによる被害木がどのような分布様式で発生したかを検討した。これらの地区では毎年発生したすべての被害木が伐倒、薬剤散布処理されてきた林分である。分布様式の解析にはIwaoの $\bar{m} - m$ 関係法¹⁸⁾を用い、最小方形区画の面積を1,600m²とし、順次3,200m², 6,400m², 12,800m²と変化させた。

まず、A, B およびC 地区における $\bar{m} - m$ 関係の経年的な移り変わりは、図-5のとおりであった。すなわち、A地区においては、1982年度の被害木は個体が集中分布する様式で発生したが、その翌年度には被害木の集中度が高まり集中斑を形成し、それがランダムに分布する様式を示した。そして、1984年度以降はその集中斑が次第に密な集中斑、すなわち集中斑を構成する密度が高まる方向に移行した傾向がみられた。また、B地区においてもA地区とほぼ同様の傾向がみ

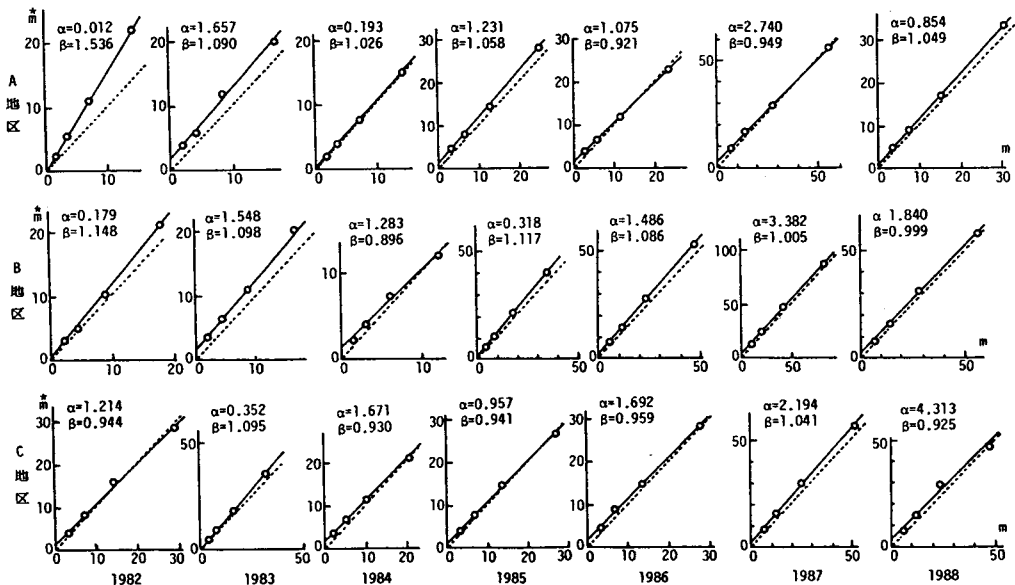


図-5 7年間(1982~1988)の地区別マツ枯れ発生の $\bar{m} - m$ 関係

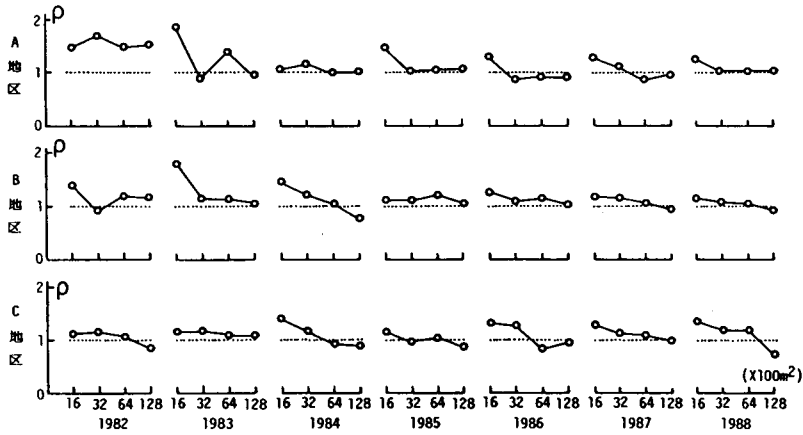


図-6 マツ枯れ発生の $\dot{m}-m$ 関係における ρ 指数の経年的変化

られた。しかし、C地区ではAおよびB地区とやや異なり、1982年度の調査開始時点ですでに集中斑がランダムに分布した様式がみられ、それ以降、その集中斑が年々明瞭に密な集中斑に変化してきた傾向が認められた。

こうした $\dot{m}-m$ 関係による被害木の発生の経年的な移り変わりを区画面積の変化に対応する ρ 指数¹⁹⁾でみる(図-6)と、前述の傾向はより明瞭に示される。すなわち、本調査の3地区における被害木の発生経緯は個体が集中分布する傾向から次第に集中性を高めて集中斑を形成し、さらに密な集中斑を形成する方向に移行する傾向がみられる。しかし、本調査では最小方形区画

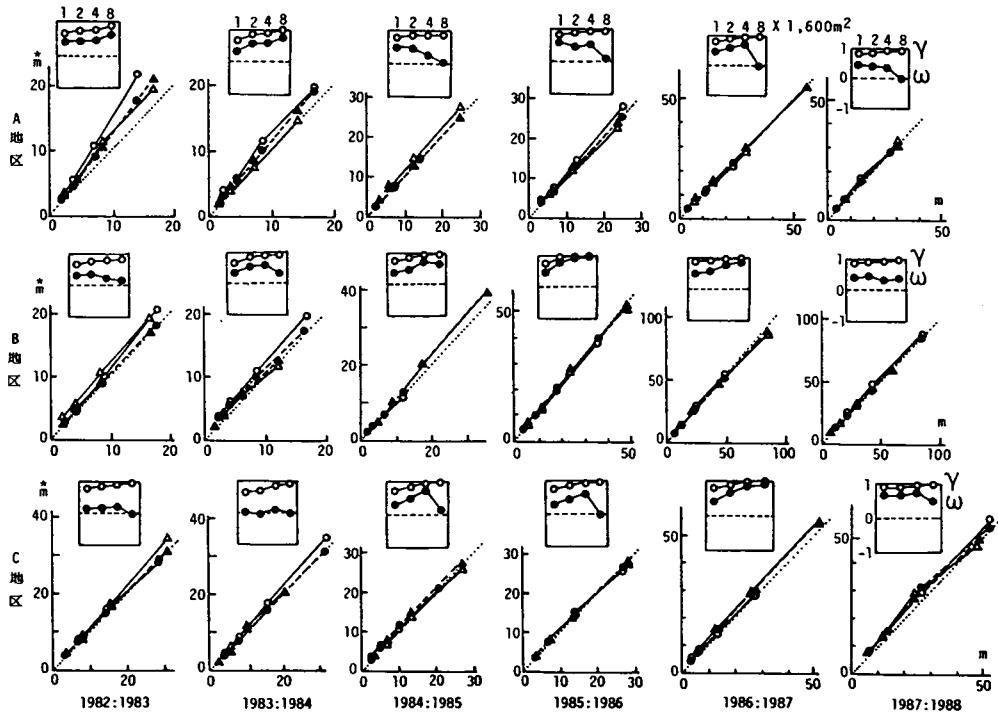


図-7 マツ枯れ発生における年度間(前年と当年)の重なる $\dot{m}-m$ 法による解析
(図内の上段は幹サイズの変化に対応する指数 γ と ω の変化を示す)

の面積を1,600m²にしたことから、方形区画の面積に対応する ρ 指数の変化には集中斑が占める空間の大きさを推定することは出来なかったが、このことについては後述する。

つぎに、引き続き2つの年度間における被害木の分布相関を I_{wAO}^{20} の種間平均こみあい度に基づく分析法を用い、 $m-m$ 関係座標に当年度とその前年度との関係を示し、これに分布の重なり度指数 γ と年度間の相対的な分布の重なり度指数 ω を求め、その座標上に示したところ、図-7のようであった。すなわち、図-7はA、BおよびC地区について、1982年度と1983年度、1983年度と1984年度……1987年度と1988年度の当年度とその前年度に発生した被害木の分布相関を示したものである。

図-7より、被害木の分布相関は地区により、また単年度間によって幾分異なる様式がみられるものの、全体としては両年度間でよく重なり合い、また相対的な重なり度も高まる傾向がみられる。すなわち、ある場所に発生したマツ枯れはその被害木をその都度伐倒し、薬剤散布駆除しても年々その場所に発生することを示すもので、この傾向はここで調査した3地区で共通しているといえる。

以上のことから本試験地のマツ枯れは年々同じ場所に集中性を高めて発生する傾向が認められ、またC地区では調査開始時に集中斑が認められたことからマツ枯れがかなり進行していたことを裏付けている。

2) 健全木と被害木との分布相関

被害木の空間分布はそこに存在した健全木（非被害木）の分布と密接な関係にあるのはいうまでもない。そこで、本試験地の北部に位置する21林班（図-1、A地区内のP地点）に3,200m²の調査区を設定し、1985年5月から1989年2月までの約4年間にわたり健全木と被害木の分布様式および両者の分布相関を検討した。本調査林分は前項で検討したA地区内にある天然生アカマツの優占林分で、アカマツの平均胸高直径は17.6cm、最大35.3cm、また広葉樹はコナラ、リョウブ、ソヨゴなどで、調査区内のほぼ中央部にコナラの大径木が数本みられ、またヒノキは平均直径13cm程度のものが点在していた。なお、この林分も毎年すべての被害木は伐倒、薬剤散布処理されてきた。この調査区では、調査開始時の1985年5月現在、272本（850本/ha）の健全木が成立していた（図-8、A）が、1989年2月には150本（469本/ha）に激減（図-8、F）し、

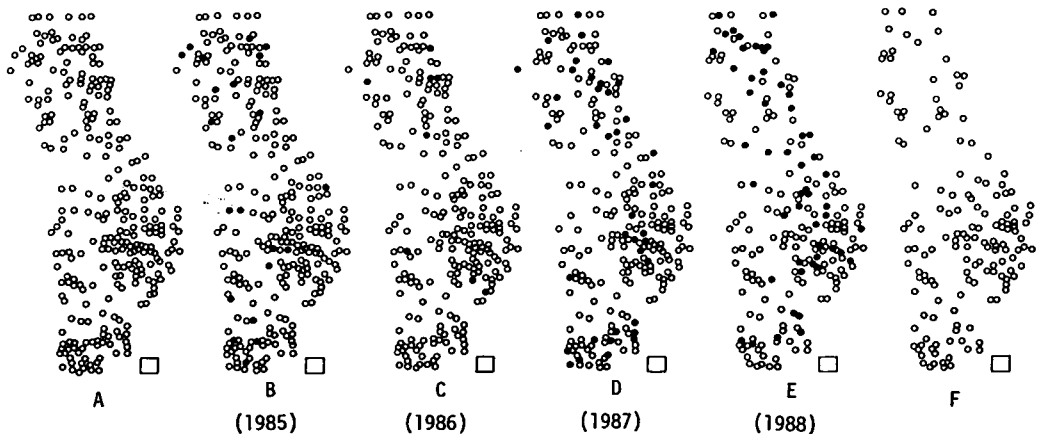


図-8 特別調査区における健全木と被害木の経年的な移り変わり。白丸は健全木、黒丸は被害木。Aは1985年5月時点の調査開始前の健全木、Fは1989年6月時点に残された健全木の分散。B～Eはこの間の経年変化。短形は最小区画サイズを示す。

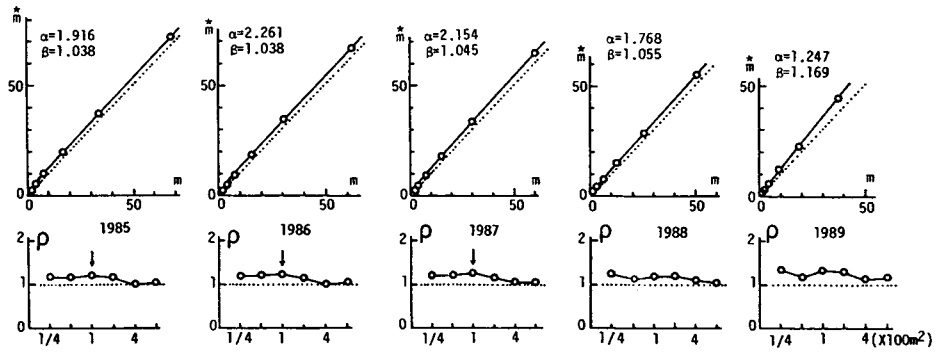


図-9 健全木の分布様式にみられる経年的変化（上段）と樹サイズの変化に対応した ρ 指数の変化

この4年間に健全木の約45%が枯損した林分である。このような調査区において、最小方形区画の面積を $25m^2$ とし、順次 $50m^2$, $100m^2$, $200m^2$, $400m^2$ および $800m^2$ と変化させたときの健全木と被害木の分布様式および両者の分布相関を Iwao の $m^* - m$ 関係法^{18,19,20}により解析した。

まず、健全木の分布様式にみられる経年的な移り変わり（図-9）をみると、健全木は1985年度から1987年度にかけて集中斑がランダムに分布した様式がみられ、このことは調査開始からおよそ3年間にわたって集中分布していたことを示している。しかし、1988年度から1989年度にかけてその集中斑が次第に疎な集中斑、すなわち集中斑を構成する密度が低下する方向に変わりつつある傾向がみられる。この移り変わりを区画面積の変化に対応する ρ 指数²⁰の変化（図-6下段）でみると、1985～1987年度間の ρ 指数からその集中斑の大きさはおよそ $100m^2$ であった。そして、1988年度から1989年度に向かって、集中斑が疎な集中斑に移行してきた傾向を裏付けている。

つぎに、被害木の発生年度ごとの分布様式をみると、1985年度から1987年度に発生した被害木も集中斑を形成し、その大きさは ρ 指数の変化（図-10）からみて $100m^2$ 程度であったことを示している。しかし、1988年度の被害木の発生は集中斑が認められず、個体がランダムに分布した様式を示した。すなわち、本調査区における被害木はある場所に集中斑を形成して発生し、それが次第に個体がランダムに分布する方向に移行したことになる。また前項で検討した地区別の被害木発生にみられる集中斑の大きさについて、もし前項の調査における最小方形区画の面積を本調査と同様の大きさに定めたものと仮定すると、被害木が占める面積はおよそ $100m^2$ 程度である

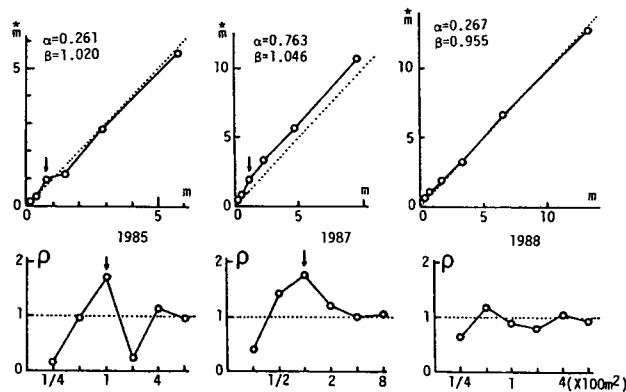


図-10 マツ枯れ発生の分布様式（上段）と樹サイズの変化に対応した ρ 指数の変化

うことが推定される。なお、本調査地における1986年度の被害木は僅かに8本/3,200m²であった(図-8, C)ことから、ここでは図示しなかった。

さらに、健全木と被害木との分布相関をIWAOの平均こみあい度に基づく解析法²⁰⁾によって解析したところ、図-11のとおりであった。すなわち、両者の重なり度をみると、傾向としては被害木が健全木の集中斑と重なって発生していることが認められる。すなわち、前項で検討した地区別のマツ枯れ発生にみられる傾向が本調査区でも認められる。ここで、健全木と被害木の分布様式および健全木と被害木との経年的な分布相関にみられる結果を整理すると、つぎのようになる。

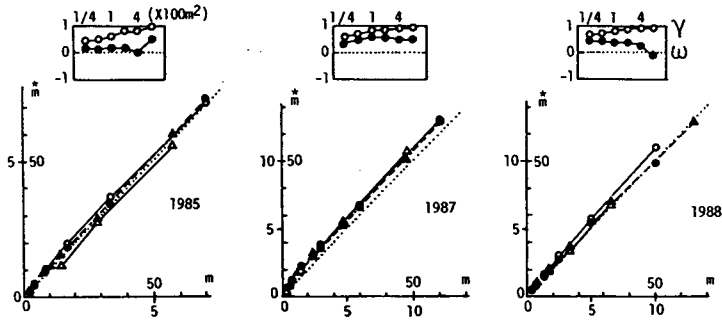


図-11 幹サイズを変化させたときの健全木とマツ枯れ発生の分布相関
(上段は指数 γ と ω の変化を示す)

本調査区における1985年の調査開始時には、健全木(図-8, A)がランダムに集中斑を形成(図-9, 1985)した林分であった。そこにマツ枯れが発生し、その年度の被害木は健全木の集中斑と重なり合い、同様の集中斑を形成して発生(図-10および11の1985)した。しかし、その年度の被害木が比較的少なかったことから、残された1986年度の健全木の分布様式(図-9, 1986)を大きく変えるに至らず、つづく1986年度の被害木の発生本数も僅かであった(図-8, C)ことから、1987年度の健全木の分布様式(図-6, 1987)も前年度のそれとほぼ同様の様式を示したものと見える。

ところが、1987年度には多くの被害木(図-8, D)が健全木の集中斑と重なって発生(図-10, 1987および図-11, 1987)したため、残された1988年度の健全木の本数は相当減少(図-8, D)した。このため、これまで形成していた健全木の集中斑が疎な集中斑(図-9, 1988)に変化したといえる。そして、1988年度に発生した被害木は、分布様式では個体がランダムに分布する(図-10, 1988)様式で示されたが、これは健全木の集中斑が疎な集中斑に移行したことによるものであろう。しかし、この年度の被害木がさらに健全木の集中斑と重なって発生した(図-11, 1988)ため、1989年度に残された健全木はその本数を激減(図-8, F)し、より疎な集中斑を形成する傾向(図-9, 1989)へと移行したものと推測できる。

以上のことから、マツ枯れが一度ある地点に発生したなら、それ以後毎年その地点に重なり合って発生し、ついにはマツ枯れを免れた健全木がある空間に集中して残立するという傾向が認められる。つまり、マツ枯れによる被害木の分布様式は、それまでの伐倒駆除によって残された健全木の分布様式と密接な関係があり、今後、この林分にはマツ枯れによる空間が次第に大きくなり、残される健全木はその本数を減じながら、より疎な集中斑を形成する方向に変化していくことが推測される。ただし、本調査の終了時点における残立健全木の分布を図-8, Fでみると、今後、さらに大きい方形区画では大きい面積の集中斑を形成して残立する方向に移行するものと想定さ

れる。なお、二井・岡本²¹⁾は当試験地におけるマツ枯れについて、被害木が集中分布し、年度間でもよく重なるといい、また、富樫¹⁵⁾も石川県下で同様な傾向を認めている。

以上、本試験地におけるマツ枯れ発生にみられる分布様式を検討したが、マツ枯れがどうしてこのように同じ場所に集中し、それが毎年重なって発生するのかについては明瞭に説明できる根拠は見出せなかった。しかし、一般的な疑問として次のことが考えられる。すなわち、① 本試験地に隣接する山林から駆除で生じた空間に選好的にカミキリが再飛来するのか、② 駆除方法に問題があったためか、③ この二つのことが相乗的に働いたのか、④ あるいは、カミキリの繁殖にとってその場所を選好する何か特別な好条件が存在するのか、などのことが考えられる。これらのことについては、今後の研究課題であろう。

3. マツ枯れと気象

マツ枯れはカミキリの羽化脱出後死亡するまでの行動期間とその間の気温や降水量と深い関係にあることが明らかにされている^{22,23,24)}。図-12は上賀茂試験地での1982年度から1988年度までの被害本数とMB指数（月平均気温15℃以上の月の値と15℃の差を合計した値）とA指数〔（行動可能日数；日平均気温が21℃以上の日数とその期間内の10mm以上の降水日数）と（日平均最低気温18℃以上の日数とその期間内の10mm以上の降水日数）の平均値〕および4月から9月までの積算降水量との関係を示している。

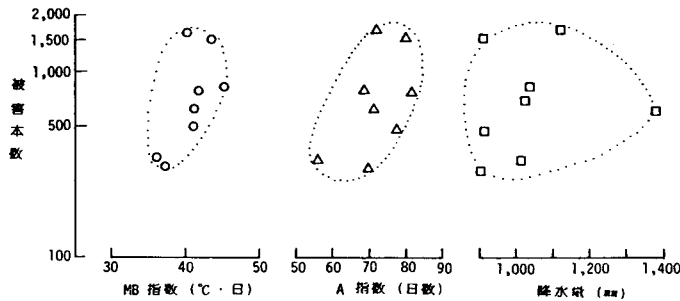


図-12 マツ枯れ本数とMB, A 指数および降水量との関係

まず、MB 指数については、その指数が40以下では被害が発生しないとされているが²²⁾、地域によってかなりバラツクことも指摘されている²³⁾。上賀茂試験地でのMB 指数は35~45までの範囲にあって、被害本数との間には正の相関がみられ、被害の少ない地域であることがわかる。A 指数は70日以下では無被害、70~80日で軽微害、80日以上で激害とするが、本試験地では50~82の範囲にあって、MB 指数と同様に被害の軽微な地域といえる。さらに、降水量と被害量との関係では降水量の多い年には被害が少ないとする報告²⁴⁾があるが、はっきりとした傾向は見出せなかった。

また、本試験地の周辺地域の天然生林は被害木が放置状態となっていることからそれらが被害を拡大する大きな要因として考えられる。カミキリは通常無風状態で2kmあまり飛翔することが知られており²⁵⁾、風に乗るとはるか遠くまでの飛翔も可能であろう。こうした環境下で本試験地の50haあまりの小範囲で毎年続けられている被害木の伐倒駆除処理は、その発生源を絶つための効果は上げられても外部からの侵入には全く無防備であるといえる。過去10年間の風向を調べてみると、本試験地に吹き込む風は全方向からであるが、月によって若干異なり、カミキリの行動期間中の6, 7, 8月の3ヶ月は北東から東南にかけての日数が多い。したがって、この時

期にカミキリが風に乗って飛来する可能性はこの方向に当たる山林からのものが多いものと想像される。しかし、隣接する場所からの飛来による被害の拡大は必ずしもすべてが風向と関係ありと考えることも無理があろう。

被害木を全く処理しない放置林とほとんど完全に近い処理を行なった林分とでは被害発生に違いが見られるであろう。被害発生と気象要因との関係の解明には、毎年同様の駆除処理がなされている同一地域、同一林分を対象とすべきかも知れない。

被害木の駆除経過と駆除効果

上賀茂試験地における被害木の伐倒駆除処理は付表に示したように、直営、請負に分けられる。被害発生当初は直営による伐倒処理で、作業は手ノコでの伐倒であったため短期間での処理が不可能であったが、遅くともカミキリの羽化脱出前には完了していた。1980年度にはチェーンソーの使用による伐倒処理が始まり、それ以後は比較的短期間に集中して作業が進められた。伐倒した被害木は、初期は剥皮作業が主体であったが、1972年度には薬剤散布による処理が行なわれ、T-7.5バイエタン乳剤が主として用いられた。処理時期は試験地の全体的な諸作業の都合により冬、春期に行なわれた。1982年度でも春期に処理は続けられたが、この年には試験的に被害木の中から一部のカミキリ繁殖材を割材する方法と薬剤（油剤）の散布を合わせた処理を行なった。さらにカミキリの繁殖材を割材する処理は1983、1984年度の2年間続けられた。ただし、割材は枯損木のカミキリの繁殖部分だけであり全幹を対象としたものではない。また請負による駆除は薬剤散布処理によって行なわれ、その薬剤はバインポートC剤、F剤（油剤）を使用した。さらに、1982年以後の直営による伐倒駆除処理では、人工林を対象として被害木すべてを林外へ搬出し焼却処理が行なわれた。マツ枯れを食い止めるためには先にも指摘したように、カミキリの完全な駆除である。そのためにはすべての被害木を焼却することがもっとも効果的である。しかし、被害木が極少量である場合には可能であるけれども、現在のような被害状況下では不可能に近い。

中井ら¹⁶⁾は本試験地において1983年度の被害木を対象として、伐倒処理時期の違いと処理方法の違いを組み合わせて、その駆除効果を調べている。それによると、10月伐倒、薬剤散布処理が翌年の1月や4月の処理に比べて高い駆除効果を認めている。さらに割材による効果は秋以外の薬剤散布処理によるものよりもはるかに効果的であった。処理効果については秋処理がもっとも効果的であることはよく知られている^{26,27,28)}が、実際にはその時期に実施できない場合も多く、そのため駆除効率が落ちて翌年の被害が拡大することの一因ともなっている。したがって、被害木の駆除はこれまでから指摘されているように、秋処理が是非とも必要であり、出来る限り10月の初旬に、遅くとも10月中には徹底した処理を行なうことが効果的であるといえよう。

被害本数と過去20年近くの間上賀茂試験地で実施された様々な駆除処理の変遷を図-13に示した。1982年度までは比較的駆除効果が現われていたものと見て良いであろう。しかし、1983年度にはかなりの被害が見られ、これを気象関係から検討しても特別な因果関係を見出すことは出来ない（図-2参照）。1983年にはカミキリの繁殖材を割材する方法と薬剤散布処理を徹底的に施した結果、1984年度には被害を前年より減少させることが出来た。1984年度

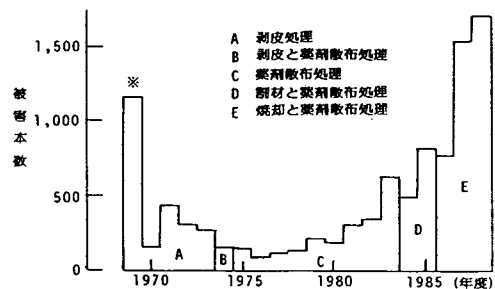


図-13 マツ枯れと駆除処理方法の推移

※1965年6月から1970年4月までの積算被害本数を示す。

には一部の被害木の処理を請負によったことから全繁殖材を割材することは出来なかった。また、この年には焼却処理も行なったが、1985年度の被害本数は増加した。この年以後、被害木の一部を焼却する方法と請負による薬剤散布処理による駆除を行なっているが、被害は1,500本を越えるまでに拡大した。

おわりに

マツ枯れを食い止める何らかの示唆を得るため上賀茂試験地における過去20数年間のマツ枯れの実態を整理し検討してきた。上賀茂試験地はアカマツを主体とした天然生二次林と人工林が合わせて約50haあり、林内には道路網が整備されている。このような環境下でのマツ枯れの防除処理作業は比較的好条件に恵まれている。そうした中で、例年、ほとんど全被害木に駆除措置が講じられているにも拘わらず被害が増大している。特に人工林では、林内の被害木を搬出焼却しているにも拘わらず毎年被害が現われている。これはセンチウの媒介者であるカミキリの林外からの飛来によるものと見て良からう。したがって、被害を完全に防ぐためには、まず、試験地内やその周辺地域の被害木を徹底的に駆除、例えば、すべての被害木の焼却処理や適期の薬剤散布処理などを毎年続けることに努めなければならない。しかし、被害が拡大した今日では、人手不足と相まって、このような徹底駆除の実施は不可能に近い状態にある。他方、年々継続して被害木を薬剤散布処理することは、林内での薬剤の残留や蓄積、あるいは、流出などによって、その周辺の動植物の生態に少なからず影響を及ぼしているものと思われる。したがって、将来に向かって出来る限り薬剤による処理を抑制せねばならないであろう。

こうした点からカミキリの駆除には人力に加え、天敵の利用によらざるを得ないであろう。鳥類の働きについては、マツ枯れの程度によって異なり、あまり大きな期待はできないとされているが、マツ枯れが軽微な地域ではかなりの効果が現われているようである²⁹⁾。また、最近キクイムシを利用した病菌の強制接種も試みられている³⁰⁾。さらに、日高ら³¹⁾のいうフェロモンの利用によるカミキリ成虫の誘因補殺などがあり、これらの方法を総合的に活用することも考えられる。一方、寄主側のセンチウに対する抵抗性個体の選抜は重要であるが、それと同時にどのような性質が抵抗性を支配しているかを遺伝的に解明しなければならないであろう。

1949年ファーニス勧告によって官民一体となって被害を食い止めた事例はまさに評価されるものであるが、現状では、もはやその再現は不可能と思われる。上賀茂試験地での当面の対策としては、被害木の焼却処理を優先し、次いで適期における薬剤散布処理など現状の処理方法を、より効果的に、徹底的に継続実施する以外に良策は見当たらない。加えて、上賀茂試験地でのマツ枯れの発生を抑えるためには、なによりも試験地の周辺山林での被害木の徹底した駆除を期待しなければならないことである。

引用文献

- 1) 岸 洋一：マツ材線虫病—松くい虫—精説. 292pp., トーマス・カンパニー 東京, 1988
- 2) 徳重陽山・清原友也：マツ枯死木に生息する線虫, *Bursaphelenchus* sp., 日林誌 51. 193~195, 1969
- 3) 清原友也・徳重陽山：マツ生立木に対する *Bursaphelenchus* sp. の接種試験. 日林誌 53. 210~218, 1971
- 4) 二井一禎・古野東洲：マツノザイセンチウに対するマツ属の抵抗性. 京大演報 51. 23~36, 1979
- 5) 古野東洲：外国産マツ属の虫害に関する研究 第7報 マツノザイセンチウにより枯死したマツ属について. 京大演報 54. 16~30, 1982

- 6) 大山浪雄：マツの材線虫病抵抗性育種の現状と成果. 山林 1143. 36~41, 1979
- 7) 石井克明・栗延 晋・古越隆信：クロマツ×タイワンアカマツF₁, F₂及びB₁等のマツノザイセンチュウ抵抗性. 94回日林論. 245~247, 1983
- 8) 佐々木研・田島正啓・河村嘉一郎・岡田 滋・古越隆信・津田知明・小林恒一・片山重俊：クロマツ×タイワンアカマツF₁雑種の交雑(Ⅱ)―マツノザイセンチュウに対する抵抗性. 94回日林論. 249~250, 1983
- 9) 古野東洲・二井一禎：マツノザイセンチュウを接種したクロマツ×タイワンアカマツ(F₁)の生育について. 95回日林論. 477~478, 1984
- 10) ———・二井一禎・中井 勇：クロマツとタイワンアカマツの雑種F₂, マンシュウクロマツ, カーシャマツとの雑種 F₁及び *P. yunnanensis* のマツノザイセンチュウに対する抵抗性. 日林関西支講 35. 154~157, 1984
- 11) ———・中井 勇：外国産マツ属の虫害に関する研究 第9報 マツモグリカイガラムシの寄生による樹体湾曲. 京大演報 60. 18~32, 1988
- 12) 中井 勇・古野東洲：クロマツ×タイワンアカマツ F₁雑種の生育について. 日林関西支講 38. 89~92, 1987
- 13) 赤井龍男・中井 勇・渡辺政俊・岡本憲和：京都市近郊における天然生ヒノキ・アカマツ混交林の林分構造と風致施業. 京大演報 57. 128~153, 1986
- 14) 中井 勇・岡本憲和・渡辺政俊・井栗慶一・加藤景生・古村弘美・藤本博次・田中弘之：上賀茂試験地のアカマツ・ヒノキ・広葉樹混交林における天然生アカマツの立木幹材積と生長量. 京大演集報 16. 94~100, 1983
- 15) 富樫一己：マツノマダラカミキリの個体群動態とマツ材線虫の伝播に関する研究. 石川県林試研報 20. 1~142, 1989
- 16) 中井 勇・二井一禎・赤井龍男：マツの材線虫の感染源に関する生態学的研究(Ⅱ)―非激害型アカマツ林分におけるマツノマダラカミキリの生態と駆除方法について. 京大演報 57. 14~25, 1986
- 17) 古野東洲・大島誠一・上中幸幸治：マツ枯れ激害地―白浜試験地におけるアカマツ, クロマツ枯損木と生存木について. 京大演報 56. 32~47, 1984
- 18) Iwao, S. : A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. Res. Popul. Ecol. 10. 1~20, 1968
- 19) ——— : Application of the $\bar{m} - m$ method to the analysis of spatial patterns by changing the quadrat size. Res. Popul. Ecol. 14. 97~128, 1972
- 20) ——— : Analysis of spatial association between two species based on the inter - species mean crowding. Res. Popul. Ecol. 18. 243~260, 1977
- 21) 二井一禎・岡本憲和：マツの材線虫病の感染源に関する生態学的研究(Ⅲ)マツの材線虫病被害分布の拡大の様式. 100回日林論 549~550, 1989
- 22) 竹谷昭彦・奥田素男・細田隆治：マツ激害型枯損木の発生環境―温量からの解析. 日林誌 57. 169~175, 1975
- 23) 山根明臣：MB 指数―松枯損発生環境要因. 林業と薬剤 70. 13~14, 1979
- 24) 佐田一至：兵庫県下において激害を加えつつある松樹の穿孔虫類とその駆除予防に関する考察. 兵庫県林業試験場 53pp., 1975
- 25) 山根明臣：マツノマダラカミキリの行動. 森林防疫 25. 8~11, 1976
- 26) 小林富士雄・遠田暢男・田畑勝洋：マツノマダラカミキリ駆除の冬期および春期薬剤散布効果. 95回日林論. 369~370, 1981

- 27) 山田房男：松くい虫による被害木の薬剤散布適期について. 森林防疫 268. 188, 1974
- 28) 田畑勝洋：被害丸太に関する駆除散布. 森林防疫 297. 202~206, 1976
- 29) 山本栄治：マツの穿孔虫を捕食するキツツキ類. 森林防疫 31. 8~10, 1982
- 30) 遠田暢男・五十嵐正俊・福山研二・野淵輝：キイロコクイムシを伝播者としたポーベリア菌のマツノダガラカミキリに対する防除試験（予報）. 100回日林論 579~580, 1989
- 31) 日高敏隆：松枯れ病予防の道. 読売新聞（7月21日）. 1989

付表 上賀茂試験地におけるマツ枯れの推移 (1)

年月	~70.4		1970.11		1971.11		1972.11		1973.11		1974.4		1975.4		1976.5		1977.5		1978.4		1979.3		1980.5			
	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営	直営		
直径 cm	項目	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	
6	天然林	479	5.748	29	0.348			7	0.084	11	0.132	19	0.228	15	0.180	17	0.204	13	0.156	11	0.132	8	0.096	3	0.036	
	人工林											3	0.036	6	0.072	12	0.144	6	0.072	4	0.048	4	0.048	17	0.204	
8	天然林	196	5.096	18	0.468	30	0.780	25	0.650	20	0.520	20	0.520	12	0.312	10	0.260	9	0.234	12	0.312	4	0.104	2	0.052	
	人工林											5	0.130	1	0.026	5	0.130	9	0.234	6	0.156	10	0.260	12	0.312	
10	天然林	142	6.106	17	0.731	59	2.537	50	2.150	24	1.032	24	1.032	25	1.075	17	0.731	5	0.215	15	0.645	10	0.430	14	0.602	
	人工林											2	0.086	5	0.215	9	0.387	4	0.172	1	0.043	9	0.387	9	0.387	
12	天然林	114	8.094	23	1.633	75	5.325	42	2.982	17	1.207	14	0.994	14	0.994	14	0.994	7	0.497	8	0.568	11	0.781	11	0.781	
	人工林											3	0.213	3	0.213	3	0.213	4	0.284	2	0.142	7	0.497	6	0.426	
14	天然林	73	7.519	20	2.060	76	7.828	45	4.635	26	2.678	7	0.721	12	1.236	10	1.030	5	0.515	15	1.545	12	1.236	17	1.751	
	人工林															3	0.309	2	0.206			2	0.206	11	1.133	
16	天然林	64	9.088	18	2.556	61	8.662	46	6.532	11	1.562	7	0.994	15	2.130	9	1.278	4	0.568	6	0.852	4	0.568	17	2.414	
	人工林													2	0.284	3	0.426					4	0.568	5	0.710	
18	天然林	32	5.664	4	0.708	50	8.850	36	6.372	13	2.301	9	1.593	10	1.770	7	1.239	5	0.885	6	1.062	10	1.770	19	3.363	
	人工林																	1	0.177	1	0.177	1	0.177	3	0.531	
20	天然林	24	5.544	6	1.386	34	7.854	18	4.158	6	1.386	5	1.155	14	3.234	9	2.079	8	1.848	6	1.386	12	2.772	12	2.772	
	人工林													3	0.693	1	0.231	1	0.231	1	0.231					
22	天然林	11	3.223	3	0.879	24	7.032	10	2.930	6	1.758	2	0.586	6	1.758	6	1.758	4	1.172	8	2.344	5	1.465	17	4.981	
	人工林													1	0.293					1	0.293			1	0.293	
24	天然林	12	4.152	3	1.038	9	3.114	8	2.768	2	0.692	1	0.346	3	1.038	4	1.384	1	0.346	6	2.076	6	2.076	16	5.536	
	人工林											1	0.346										2	0.692		
26	天然林	7	2.975			6	2.550	10	4.250	3	1.275	2	0.850	1	0.425	3	1.275	1	0.425	4	1.700	6	2.550	6	2.550	
	人工林																									
28	天然林	4	1.960	2	0.980	2	0.980	4	1.960					2	0.980	2	0.980					1	0.490	4	1.960	
	人工林																							5	2.450	
30	天然林	4	2.354	3	1.764	5	2.940	3	1.764							1	0.588	1	0.588				2	1.176		
	人工林																							4	2.352	
32	天然林	2	1.330	3	1.995	4	2.660	1	0.665					1	0.665	2	1.330			2	1.330			1	0.665	
	人工林																									
34	天然林	1	0.784	1	0.784					2	1.568			2	1.568											
36	天然林	1	0.874			1	0.874													1	0.874					
38	天然林																									
40	天然林	1	1.120	1	1.120																					
42	天然林			1	1.229																					
44	天然林																									
46	天然林																									
48	天然林																									
	天然林合計	1.167	71.629	152	19.679	436	61.986	305	41.900	141	16.111	112	9.999	132	17.365	111	15.130	63	7.898	100	14.442	94	16.984	144	30.305	
	人工林合計											11	0.598	21	1.796	36	1.840	28	1.801	16	1.090	37	2.143	66	4.688	
	総合計	1.167	71.629	152	19.679	436	61.986	305	41.900	141	16.111	123	10.597	153	19.161	147	16.970	91	9.699	116	15.532	131	19.127	210	34.993	

付表 上賀茂試験地におけるマツ枯れの推移 (2)

年月	1981.5		1981.11		1982.4		1983.2		1983.10		1984.4		1984.10		1984.11		1985.10		1986.2		1986.10		1986.10		
直営請負別	直営		直営		直営		直営		直営		直営		請負		直営		請負		請負		直営		請負		
直径 cm	項目	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³
6	天然林	1	0.012	2	0.024	5	0.060	7	0.084	10	0.120	17	0.204	12	0.144	128	1.536	40	0.480	5	0.060	3	0.036	7	0.084
	人工林	6	0.072	18	0.216	2	0.024	9	0.108	23	0.276	10	0.120			43	0.516							12	0.144
8	天然林	3	0.078	10	0.260	5	0.130	20	0.520	18	0.468	27	0.702	19	0.494	28	0.728	32	0.832	5	0.130	12	0.312	11	0.286
	人工林	6	0.156	8	0.208			6	0.156	27	0.702	7	0.182			44	1.144							8	0.208
10	天然林	15	0.645	6	0.258	7	0.301	35	1.505	30	1.290	34	1.462	27	1.161	25	1.075	61	2.623	21	0.903	9	0.387	31	1.333
	人工林	3	0.129	10	0.430	2	0.086	4	0.172	19	0.817	3	0.129			19	0.817							15	0.645
12	天然林	13	0.923	15	1.065	12	0.852	18	1.278	23	1.633	23	1.633	20	1.420	24	1.704	52	3.692	10	0.710	10	0.710	29	2.059
	人工林	4	0.284	5	0.355	4	0.284	7	0.497	12	0.852	1	0.071			30	2.130							14	0.994
14	天然林	12	1.236	9	0.927	15	1.545	19	1.957	23	2.369	20	2.060	16	1.648	27	2.781	44	4.532	13	1.339	3	0.309	50	5.150
	人工林	2	0.206	6	0.618			1	0.103	5	0.515	1	0.103			15	1.545							5	0.515
16	天然林	16	2.272	15	2.130	8	1.136	43	6.106	21	2.982	14	1.988	16	2.272	13	1.846	40	5.680	5	0.710	10	1.420	56	7.952
	人工林	1	0.142	4	0.568			1	0.142	6	0.852	4	0.568			8	1.136							4	0.568
18	天然林	9	1.593	12	2.124	14	2.478	30	5.310	17	3.009	5	0.885	14	2.478	10	1.770	55	9.735	11	1.947	2	0.345	34	6.018
	人工林			1	0.177	1	0.177	3	0.531	3	0.531	3	0.538			2	0.354							5	0.885
20	天然林	20	4.620	26	6.006	9	2.079	30	6.930	34	7.854	19	4.389	19	4.389	9	2.079	50	11.550	8	1.848			48	11.088
	人工林	1	0.231			1	0.231	1	0.231	1	0.231	1	0.231			1	0.231							6	1.386
22	天然林	11	3.223	18	5.274	6	1.758	27	7.911	29	8.497	17	4.981	16	4.688	8	2.344	46	13.478	9	2.637			39	11.427
	人工林			1	0.293			1	0.293	2	0.586													3	0.879
24	天然林	10	3.460	8	2.768	5	1.730	23	7.958	21	7.266	10	3.460	12	4.152	5	1.730	37	12.802	7	2.422	2	0.692	49	16.954
	人工林					1	0.346	1	0.346			1	0.346											5	1.730
26	天然林	14	5.950	7	2.975	4	1.700	22	9.350	18	7.650	13	5.525	10	4.250	4	1.700	31	13.175	5	2.125	3	1.275	31	13.175
	人工林																							1	0.425
28	天然林	3	1.470	6	2.940	2	0.980	7	3.430	12	5.880	8	3.920	14	6.860	3	1.470	16	7.840	5	2.450	2	0.980	22	10.780
	人工林																								
30	天然林	9	5.292	5	2.940	4	2.352	13	7.644	10	5.880	6	3.528	2	1.176	2	1.176	14	8.232	5	2.940	2	1.176	12	7.056
	人工林			1	0.588																				
32	天然林	4	2.660	5	3.325			1	0.665	3	1.995	6	3.990	3	1.995	2	1.330	11	7.315	3	1.995			12	7.980
	人工林																								
34	天然林	2	1.568					6	4.704	5	3.920	1	0.784	2	1.568			6	4.704	1	0.784			5	3.920
36	天然林	2	1.748	2	1.748			4	3.496	2	1.748			2	1.748	1	0.874	5	4.370					5	4.370
38	天然林							2	1.938	1	0.969			2	1.938			3	2.907	2	1.938			4	3.876
40	天然林	1	1.120					2	2.240																
42	天然林							1	1.229																
44	天然林																								
46	天然林																								
48	天然林																								
天然林合計	145	37.870	146	34.764	96	17.101	310	74.255	277	63.530	220	39.511	206	42.381	289	24.143	543	113.947	115	24.938	58	7.651	445	113.508	
人工林合計	23	1.220	52	2.983	10	0.864	31	1.932	96	4.838	33	2.867					162	7.873					78	8.379	
総合計	168	39.090	198	37.747	106	17.965	341	76.187	373	68.368	253	42.378	206	42.381	289	24.143	705	121.820	115	24.938	58	7.651	523	121.887	

付表 上賀茂試験地におけるマツ枯れの推移 (3)

年月	1987.2		1987.10		1987.10		1988.2		1988.2		1988.5		1988.10		1988.10		1989.2		1989.2		1989.5		1989.5		
	直管	請負	請負	請負	直管	請負	請負	直管	請負	直管	請負	請負	請負	直管	請負	直管	請負	直管	請負	直管	請負	直管	請負	直管	
直径 cm	項目	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³	本数	材積 m ³
6	天然林			3	0.036	7	0.084					1	0.012	3	0.036			1	0.012			2	0.024		
	人工林			6	0.072					3	0.036					46	0.552							11	0.132
8	天然林	17	0.442	20	0.520	14	0.364	17	0.442			3	0.078	19	0.494	17	0.442	11	0.286	1	0.026	6	0.156		
	人工林			23	0.598					7	0.182			17	0.442	20	0.520			7	0.182				
10	天然林	16	0.688	64	2.752	23	0.989	26	1.118	5	0.215	21	0.903	41	1.763			25	1.075	2	0.086	21	0.903		
	人工林			34	1.462					4	0.172			31	1.333	19	0.817			9	0.387			5	0.215
12	天然林	11	0.781	54	3.834	10	0.710	31	2.201	2	0.142	16	1.136	35	2.485	1	0.071	37	2.627			17	1.207		
	人工林			27	1.917					3	0.213			16	1.136	13	0.923					44	3.124		
14	天然林	30	3.090	58	5.974	10	1.030	35	3.605	2	0.206	21	2.163	37	3.811			44	4.532	8	0.824	16	1.648		
	人工林			16	1.648					2	0.206			18	1.854	11	1.133			50	5.150			4	0.412
16	天然林	19	2.698	59	8.378	8	1.136	31	4.402	9	1.278	16	2.272	47	6.674	2	0.284	59	8.378	9	1.278	25	3.550		
	人工林			15	2.130					11	1.562			10	1.420	8	1.136			103	14.626			3	0.426
18	天然林	17	3.009	75	13.275	2	0.354	34	6.018	6	1.062	26	4.602	54	9.558	1	0.177	53	9.381	7	1.239	15	2.655		
	人工林			7	1.239					3	0.531			1	0.177	13	2.301			11	1.947			1	0.177
20	天然林	15	3.465	66	15.246			35	8.085	5	1.155	20	4.620	45	10.395	1	0.231	56	12.936	9	2.079	26	6.006		
	人工林			4	0.924					6	1.386			3	0.693	4	0.924			2	0.462				
22	天然林	16	4.688	58	16.994			30	8.790	1	0.293	14	4.102	37	10.841	1	0.293	36	10.548			31	9.083		
	人工林			6	1.758					1	0.293			4	1.172										
24	天然林	14	4.844	54	18.684			28	9.688	4	1.384	23	7.958	34	11.764			38	13.148	1	0.346	25	8.650		
	人工林			1	0.134																			1	0.346
26	天然林	11	4.675	38	16.150	1	0.425	24	10.200	5	2.125	21	8.925	27	11.475	2	0.850	37	15.725	4	1.700	14	5.950		
	人工林			1	0.425					8	3.400			1	0.425										
28	天然林	5	2.450	40	19.600			16	7.840	4	1.960	15	7.350	20	9.800	1	0.490	19	9.310	9	4.410	12	5.880		
	人工林																							1	0.490
30	天然林	5	2.940	29	17.052			13	7.644	11	6.468	6	3.528	16	9.408			17	9.996	8	4.704	7	4.116		
	人工林																								
32	天然林	1	0.665	16	10.640			6	3.990	2	1.330	4	2.660	5	3.325			14	9.310	2	1.330	6	3.990		
	人工林																								
34	天然林	2	1.568	13	10.192			2	1.568	3	2.352	6	4.704	7	5.488			9	7.056	1	0.784	5	3.920		
36	天然林	1	0.874	4	3.496			2	1.748	2	1.748	2	1.748	4	3.496			4	3.496	3	2.622	2	1.748		
38	天然林			2	1.938			2	1.938	4	3.876	5	4.845	2	1.938			2	1.938	2	1.938	2	1.938		
40	天然林	1	1.120	2	2.240			1	1.120	2	2.240	1	1.120					1	1.120	2	2.240	1	1.120		
42	天然林																								
44	天然林																								
46	天然林																								
48	天然林									1	1.657														
	天然林合計	181	37.997	655	167.001	75	5.092	333	80.397	68	29.491	221	62.726	433	102.751	9	2.396	463	120.874	68	25.606	233	62.544		
	人工林合計			140	12.519					48	7.981			96	7.055	139	9.903			226	25.878			31	2.553
	総合計	181	37.997	795	179.520	75	5.092	333	80.397	116	37.472	221	62.726	529	109.806	148	12.299	463	120.874	294	51.484	233	62.544	31	2.553