

森林防疫

FOREST PESTS

VOL.41 No.9 (No. 486)

1992

昭和53年11月8日第三種郵便物認可

平成4年9月25日発行(毎月1回25日発行)第41巻第9号



倒木更新

佐々木 克彦*

農林水産省森林総合研究所北海道支所樹病研究室長

北海道の天然林内に生育するエゾマツやトドマツは倒木あるいは切株上に成立していることが多く、これを倒木更新と称する。

倒木や切株の上は更新阻害要因の一つとされる暗色雪腐病菌の汚染が少ないために、菌害を回避するうえで有利と考えられている。

写真のように、倒木上で幼齢樹が一線に並んで生育している場合、これが倒木更新であることが一目で理解できる。

1984年10月、北海道苫小牧で撮影。

* Katsuhiko SASAKI

目 次

種子・球果害虫の被害および生態とその防除について……………	田畑 勝洋… 2
第12回国際植物保護会議に出席して……………	島津 光明… 7
穿孔性害虫に対する針葉樹の抵抗性……………	伊藤 賢介… 11
マツノマダラカミキリの羽化脱出時期等を予測する積算温度計について……………	中原 二郎… 16
森林防疫奨励賞の発表……………	19
《新刊紹介》……………	伊藤 一雄… 21

種子・球果害虫の被害および生態とその防除について

田畑 勝洋*
農林水産省森林総合
研究所関西支所保護
部長・農博

1 はじめに

樹木の種子・球果を加害する昆虫類とその生態についての報告は針葉樹に関するものがほとんどで^{2,3,6,20}、しかも加害生態がある程度分かっている適正な防除技術が確立されているものはわずかである。一方、平成3年から10年間にわたる第3次育種基本計画推進のなかで「森林に生育する多様な有用植物の育成品種の創出」の方針が打ち出され、林野庁と都道府県が連携して優良育成品種の増殖技術や育種技術の高度化に取り組んでいるが、本課題を推進するにあたって大きな妨げになるのが、種子・球果害虫の存在である。しかしこれまで広葉樹の種子・球果害虫に関してはほとんど調べられていないのが現状である。

本報では針葉樹の種子・球果害虫に絞って、これらによる被害および生態とその防除について概要を述べることにする。

2 カラマツ、エゾマツおよびトドマツの球果害虫

最近、北海道立林業試験場上條一昭博士によって調べられた²樹種別の加害種は表-1のとおりである。球果害虫には1次性と2次性の種類がある。1次性害虫には主に種鱗の基部や種子を食害する蛾類とタネバエ類、種子のみを食害するものにタマバエ類とタネバチ類とがある。次に2次性害虫はすでに食害された球果を加害する種で、メイガやキバガ等の蛾類とクロツヤバエやキモグリバエ等のハエ類のほかダニ類がある。

樹種別の種子・球果害虫と被害の特徴をみると、カラマツではカラマツタネバエが優占種で、ついでツマクロテンヒメハマキ、ときにマツノマダラメイガが多い。カラマツの球果が小さいためこれらの害虫はいくつかの球果を移動しながら加害する。しかし、面白いことにカラマツタネバエは普通1球果に1頭しか生育できない。球

果の少ない年には1球果に最高18個もの卵が産みつけられる場合もあるが、生育中に幼虫同士で共食いして結局1匹のみが生き残って、1球果に1頭しか生息できないはめとなる。この他ホソバヒメハマキ、カラマツノミオナガコバチおよびカラマツノミカタビロコバチも種子や球果を加害するが被害は少ない。

トドマツでの優占種はトドマツタネバエで、次いでマツトビマダラシムシとツマクロテンヒメハマキである。トドマツの球果はカラマツとは違って大型で、常に2~3匹のタネバエが生息でき、マツトビマダラシムシでは10頭もの幼虫が食入していることもある。そして、球果の被害はトドマツタネバエの密度に左右されることが多いようである。

エゾマツ類ではトウヒタネバエまたはエゾマツカサガが優占種であるが、実質的な球果の被害はエゾマツカサガによるものは少ない。それは若齢時に種子を少量食べてから軸に入り、ずいのみを食害する加害特性をもつからである。また、シロスジカサガやオオクロテンカバナミシヤクの加害も多い。これら4種はエゾマツ類に特有な種類で、一つの球果に複数の種が食入していることも珍しくない。

以上述べたカラマツ、トドマツおよびエゾマツの主要球果害虫は、概して球果の柔らかい未熟期ではまずタネバエ類が食入し、その後マツノマダラシムシやその他のヒメハマキ類が加害し始める。そして球果は9月までにマツノマダラメイガやフトオビヒメナミシヤクのような大型種の加害を受けるのが一般的な傾向である。このような加害様相は球果の木化程度と密接な関係があり、興味深いことである。なお、大型で柔らかく、水分の多い球果ほど加害種や球果あたりの食入幼虫数が多い。

3 マツ類、スギおよびヒノキの種子・球果害虫

わが国では1950年代からマツ類、スギ・ヒノキ・カラマツ等主要針葉樹の採種園が造成されており、その結実

* Katsuhiko TABATA

表-1 エゾマツ、トドマツおよびカラマツの種子・球果害虫

エゾマツ
エゾマツカサガ、シロスジカサガ、マツトビマダラシムシ、ツマクロテンヒメハマキ、マツノマダラメイガ、フトオビヒメナミシヤク、オオクロテンカバナミシヤク、エゾマツカサハマキ、エゾマツノミオナゴコバチ、エゾマツオオタネバエ、トウヒタネバエ、エゾマツオオタマバエ、マツアトキハマキ、コバチ科の1種、タマバエ科の1種
トドマツ
マツトビマダラシムシ、ツマクロテンヒメハマキ、トドマツタネバエ、マツノマダラメイガ、フトオビヒメナミシヤク、エゾマツカサハマキ、トドマツノミオナゴコバチ、マツアトキハマキ
カラマツ
カラマツタネバエ、ツマクロテンヒメハマキ、マツノマダラメイガ、カラマツノミカタビロコバチ、カラマツノミオナゴコバチ、カラマツヒメハマキ、ホソバヒメハマキ、カラマツマダラメイガ、タマバエ科の1種

時期を迎えた1960年代から優良種子生産の向上の障害となる種子・球果害虫に対する関心が高まってきた⁶⁾。

平成2年度(平成3年3月31日現在)の林木育種センター育種事業現況表によれば、針・広葉樹採種園は全国に653か所あり、その総面積は1,537haに達しており、将来造林用種子のほとんどはこれらの採種園で生産されるようになるであろう。また、今後有用広葉樹や特用樹がこれに加われば、採種園箇所数はさらに増加するものと考えられる。それ故、球果・種子害虫の重要性は今後林木育種事業の進展に伴い、新しい局面を迎えようとしている。

アカマツ・クロマツの種子・球果害虫は表-2に示すとおりである。

近年松くい虫被害の激化と材価の下落によってアカマツ・クロマツの採種園や造林面積は急激に減少、その分スギ・ヒノキの採種園や造林面積が増大し、これらの種子・球果害虫の重要性が最近特にクローズアップされている。

アカマツ・クロマツでは球果そのものだけを食害する種類はおらず、小蛾類による球果・新梢の加害が大半を占めている。特にマツズアカシムシ⁷⁾は採種園球果害虫の優占種で、次いでマツノシンマダラメイガが多く、これらは5月頃集中的に2年生の未成熟な球果や新梢を加害する。その他マツノマダラメイガやマツアカマダラメイガも同様に食害するが、本州での被害はさほど大きくはない。

スギ・ヒノキの種子・球果害虫による種子発芽率低下は、とりわけ西日本で重要な問題になっている。スギの種子・球果加害種は表-3に示すとおりであるが、全国的にみてもスギカサガとスギメムシが主要種である。

スギカサガは球果のみを加害する種で、年1化または2化といわれ、果軸の中で老熟幼虫となって越冬する。小林(1981)⁸⁾によると球果の被害率は多い場合には70%にも達し、球果が豊作のときは被害は少なく、凶作の年

表-2 アカマツ・クロマツの種子・球果害虫

マツノシンマダラメイガ、マツノマダラメイガ、マツアカマダラメイガ、マツズアカシムシ、マツトビマダラシムシ
--

に大きな被害を与える。

スギメムシは球果を加害するだけでなく、葉芽も食害するが、採種園では球果への加害が大半である。本種は年2化で、球果の鱗片のすきまや葉芽内で老熟幼虫のまま越冬する。球果の被害としては初夏の未熟な球果に対する食害が重要であり、成熟した球果の越冬世代による加害はそれほどではない。本種の被害は球果の豊凶に左右されないとところがさきのスギカサガと異なる。

西日本ではスギの種子・球果に対する被害はスギメムシが最も高く、次いでスギカサガ、モモノゴマダラメイガである。マツノマダラメイガ、ウスアカチビナミシヤク、スギノミオナゴコバチは時として被害をもたらすが大したことはない。

次に重要な種はカメムシ類で、スギの種子・球果を加害するものの加害生態や被害実態は最近ようやく明らかにされてきた。カメムシ類のなかでもスギの種子・球果害虫として最も普遍的なのはチャバネアオカメムシで、ほかにクサギカメムシ、アカスジキンカメムシ、ヒメツノカメムシ、セアカツノカメムシおよびトゲカメムシである。兵庫県のスギ採種園におけるカメムシ類の捕獲調査^{2,3)}では、ヒメツノカメムシあるいはチャバネアオカメムシの割合が70%~96%と最も多く、次いでツヤアオカメムシ、トゲカメムシ、クサギカメムシであった。

中国地方の山間部にある採種園ではヒメツノカメムシが優占種で、日本海側の低海拔に位置するところではチャバネアオカメムシがその地位をとってかわるようである。

似たような傾向はヒノキ採種園でも見られる。さきの報告とは少々異なるが、小田ら(1981)⁹⁾もスギ・ヒノキに生息するカメムシ類には地域差が見られ、平坦部では

表-3 スギ・ヒノキの種子・球果害虫

スギ

マツノマダラメイガ、モモノゴマダラメイガ、スギカサガ、ウスアカチビナミシヤク、スギメムシガ、スギノミオナガコバチ、チャバネアオカメムシ、ヒメツノカメムシ、アカスジキンカメムシ、セアカツノカメムシ、ツヤアオケメムシ、クサギカメムシ、トゲカメムシ

ヒノキ

チャバネアオカメムシ、ヒメツノカメムシ、ツヤアオカメムシ、クサギカメムシ、ダースナガカメムシ、スギノミオナガコバチ

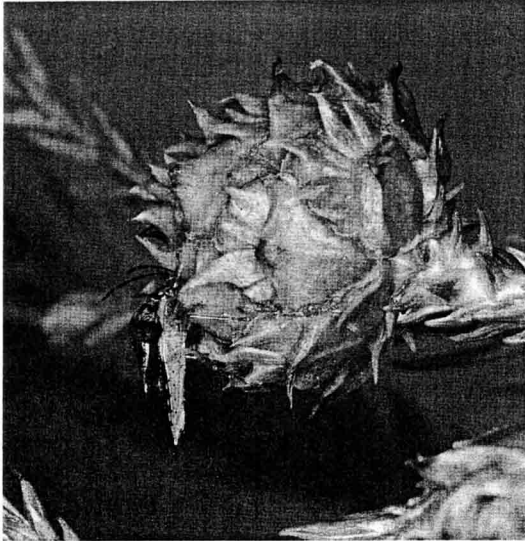


写真-1 スギ球果を加害するヒメツノカメムシ成虫

チャバネアオカメムシが、また山間部では特定の優占種ではなく、多くのカメムシが生息すると指摘している。チャバネアオカメムシはヒノキの種子・球果害虫で取り上げるとして、ここでは兵庫県で見られたヒメツノカメムシ(写真-1)にふれてみよう。本種の成虫は7月下旬頃、採種園に現われ、スギ球果表面に約30個の卵塊を産下する。面白いことに本種の成虫は自らの産下した卵やふ化直後の幼虫の上に覆いかぶさって外敵から守ろうとする行動⁷⁾が見られる(写真-2)。新生幼虫は8月になると多くなり、これに成虫が加わって8月中旬には個体数はピークになるが、球果を収穫する10月中旬前には全く観察されなくなる。本種の寄主植物はスギのほかにはヤマグワがある。10月中旬までに採種園から姿を消すのはスギやヒノキ以外の寄主植物に移動するためであろう。

カメムシ類は主に種子を加害して発芽率を著しく低下させる。スギタネバチもまた同様な意味で重要な種子害虫である。しかし、スギタネバチは関東以北では比較的よく見かけるが、西日本ではそれほどではなく、加害性も低い。

スギ事業用種子の発芽率は全国的に見れば平均30%



写真-2 卵の保護行動を示すヒメツノカメムシ成虫

であるが、地域によってはさらに低いところもある。

ヒノキは昔から虫害の少ない樹種として知られ、種子・球果を加害する害虫類も少なく、これまでスギノミオナガコバチとカメムシ類が知られている程度であった。ところが最近、採種園産ヒノキ種子の発芽率の低下が著しく、種子生産に大きな問題を投げかけている。その原因はカメムシ類、特にチャバネアオカメムシの加害によるもので^{14,21,22)}、その被害実態、加害生態さらには防除法の解明が行われてきたのは最近のことである。

ヒノキ採種園に飛来するカメムシ類の主要種はチャバネアオカメムシで、そのほかにツヤアオカメムシ、ヒメツノカメムシ等がみられる(表-3)。次にはチャバネアオカメムシについてこれまでの知見を述べてみよう。

本種の若虫や成虫は球果の割れ目から長い口吻を挿入し、未熟な種皮を消化液で溶かし内容物を吸汁する(写真-3, 4)。球果採集時に加害された種子を割ってみると、口吻のさし込んだ部分には綿毛状の菌糸が見られ、内容物は腐敗しているものが多い(写真-5, 6)。本種が採種園に現れる時期は年によって異なるが、普通7月上旬からで、8月になると急激に増え、10月中旬頃にな

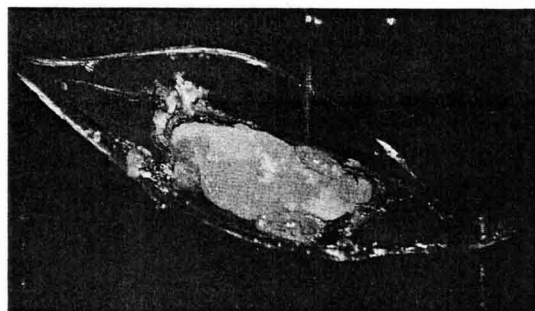


写真-3 チャバネアオカメムシの加害から逃れた正常なヒノキ種子

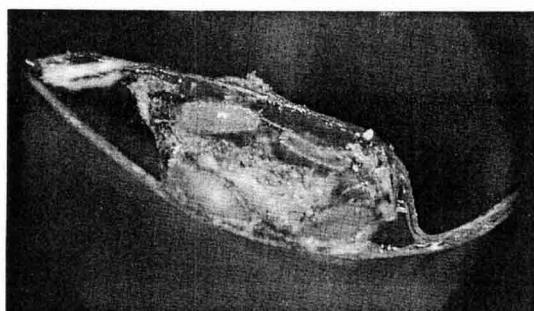


写真-4 チャバネアオカメムシに加害されたヒノキ種子

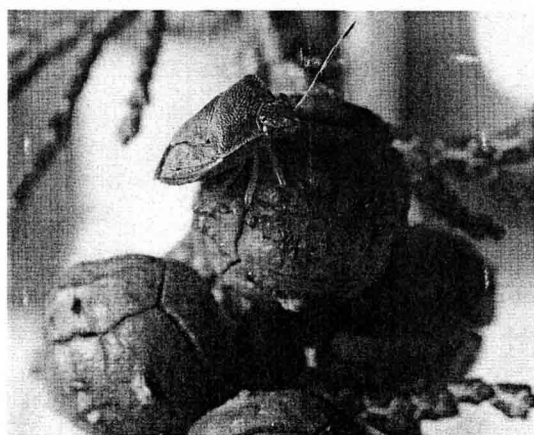


写真-5 ヒノキ球果を加害するチャバネアオカメムシ成虫

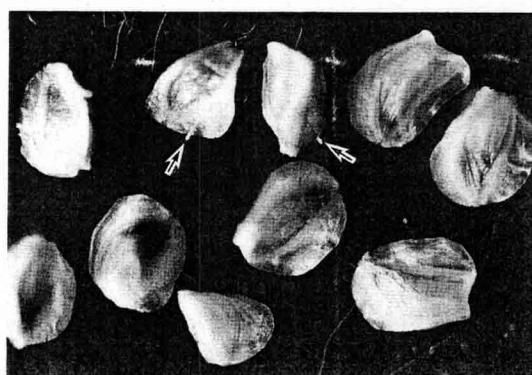


写真-6 加害された種子には口吻の挿入痕と針状のヤニの結晶(矢印)が見られる

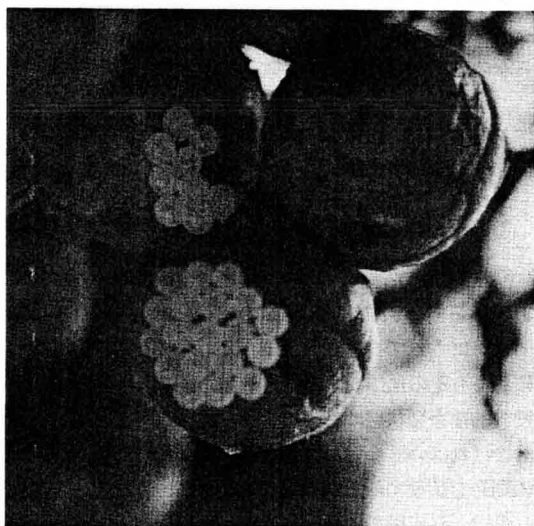


写真-7 ヒノキ球果に産下されたチャバネアオカメムシの卵塊

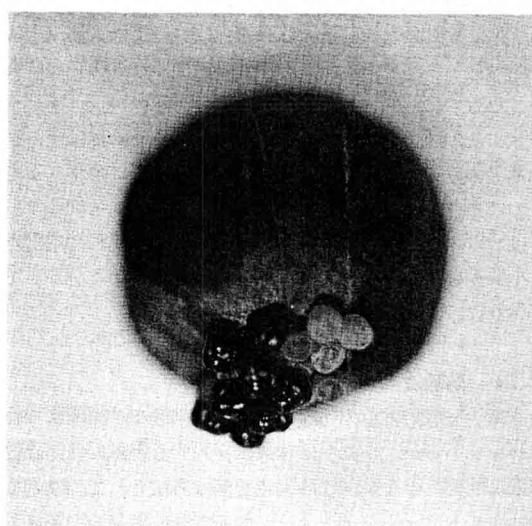


写真-8 ネズミサシの3年目の球果に見られたカメムシ(種は不明)の卵とふ化幼虫(黒色のもの)

ると消える。産卵は球果上に卵塊として行われる(写真一7)。この寄主植物は山田・宮原(1980)¹⁹⁾によれば47科、112種が認められている。面白いことに本種はすべての寄主植物上で繁殖出来るとは限らず、繁殖可能な寄主植物は15科、20種で、なかでもスギ・ヒノキが最も有力である。このほかにはウメモドキ、キササゲ、サンゴジュにも繁殖可能である。成虫は越冬初期と越冬末期では樹上に生息するが、10月中旬から4月上旬までは主にシイ・カシ等常緑広葉樹林やクヌギの落葉の下の暖かく温度差が少ない場所で越冬する^{8,18)}。興味深いことは、いままで緑色していた体色が越冬時には赤褐色に変化し、越冬末期以後になると緑色に変わり始め、再びもとの緑色の個体に戻る。このような体色の変化は回りの温度によるといわれており、周囲の温度が18℃以上になると体色が緑色に変化し始める¹⁸⁾。

なお、本種は果樹類の果実を加害する重要な害虫の一種でもある。その被害は古くから知られていたが、1973年頃から日本各地の果樹園で多発し、大きな被害を及ぼしてにわかに重要害虫として注目されるようになった¹³⁾。

最近、本種の発生個体数の増減が隔年的に上下しているといわれ、このように変動やカメムシ類の増殖や行動が餌植物であるスギ・ヒノキの球果の豊凶と密接な関係があるらしく^{9,15)}、豊作の翌年にカキ、ナシ、ミカン、モモ等果樹類の被害が多発している。福岡県におけるカメムシによるカキの被害は切実な問題となっている。被害果は未熟の場合は落果し、熟期では奇形となり、年によっては全滅することもある¹⁷⁾。また、1990年、長崎県では柑橘類が大きな被害を受けたという。

主要な針葉樹の種子・球果害虫については大体以上に述べたとおりであるが、その他の樹種で最近明らかになったものにネズミサシの種子・球果害虫である(写真一8)。この種子を加害して発芽率を低下させる種はチャバネアオカメムシとタネバチ類で、また球果に寄生するのはネズミサシモグリガである。ネズミサシモグリガにはコガネコバチ科の外部寄生蜂とヒメコバチ科の内部寄生蜂がいるが、これらの詳細な生態はまだよく分かっていない。

4 防除法

種子・球果害虫の防除には主に薬剤散布が採種園で行われているが、これでは球果に穿入する害虫には防除効果は期待できない。この欠点を補う方法として、欧米ではオルトランやジメトエート等の浸透性薬剤の樹幹注入法を取り入れ、球果穿入害虫に防除効果をあげているそうである⁹⁾。



写真一9 兵庫県採種園における袋掛けカメムシ類防除事業

スギ採種園ではスミチオン乳剤を樹冠に散布してスギメシガやスギカサガなど蛾類の成虫に防除効果をあげている。カメムシ類は一般に殺虫剤に感受性が高く、多発被害の予測方法が確立されればさほど防除は困難ではないが¹³⁾、足場の悪い山間部の採種園では薬剤を希釈する水の確保も容易でなく、散布に大変な労力がある。

これまでカメムシ類の防除にスミチオン乳剤を使用してきたが^{1,5,11,14,21,22,23)}、防除効果にバラツキがあり、残効期間が短いのが難点である。合成ピレスロイド系殺虫剤シフルトリン剤はカメムシ類の防除剤として期待される¹²⁾が、林業用薬剤としては未登録である。

薬剤散布はカメムシ類の卵寄生蜂や寄生蠅等天敵類に負の影響を与え、カメムシ類の増殖を増大させることも明らかにされていることから^{8,16)}、薬剤散布を実施するにしてもその連用によって天敵類を殺し、カメムシ類を慢性的な多発状態にしてしまう危険性があることを考慮しなければいけない。より合理的で、総合的な防除技術の開発を切望するところである。

最近、兵庫県では事業的にヒノキ採種園でジベレリン処理枝に着生した多量の球果に袋掛け¹⁰⁾を行い(写真一9)、カメムシ類の加害から球果を守っている。その結

果、県下の種子発芽率が約3倍にも高まった^{14,21,22)}という。

5 おわりに

本稿を執筆するにあたり、エゾマツ、トドマツおよびカラマツの球果・種子害虫に関する資料の収集にご協力をいただいた北海道立林業試験場上條一昭博士、カメムシ類の生態写真を提供して下さった岡山県自然保護センター井上悦甫氏ならびに兵庫県林業試験場吉野 豊氏に感謝の意を表す。また、広葉樹の球果・種子害虫については紙面の都合上記載できなかったが、資料等の提供をいただいた関西木育種センター所長奈須田緑二氏、九州木育種センター育種課長田島正啓博士ならびに森林総合研究所関係者各位にも厚くお礼申しあげる。

引用文献

- 1) 井上悦甫・丹原哲夫：39回日林関西支講 287～289, 1998.
- 2) 上條一昭：光珠内季報 76, 15～19, 1989.
- 3) 上條一昭：光珠内季報 85, 4～8, 1991.
- 4) 小林一三：日林誌 56, 150～156, 1969.
- 5) 小林一三：林業と薬剤 86, 1～12, 1984.
- 6) 小林一三：17回IUFRO論 285～288, 1981.
- 7) 工藤慎一：インセクタリウム 27, 156～163, 1990.

- 8) 小田道宏：植物防除 34, 309～314, 1980.
- 9) 小田道宏ほか：奈良農試研報 12, 120～130.
- 10) 奥田清貴・小林一三：95回日林論 503～504, 1984.
- 11) 佐野信幸：101回日林論 523～524, 1990.
- 12) 佐野信幸：39回日林中支論 103～104, 1991.
- 13) 志賀正和：植物防疫 34, 19～24, 1980.
- 14) 田畑勝洋：森林防疫 39, 12～15, 1990.
- 15) 梅谷猷二：植物防除 30, 133～141, 1976.
- 16) Viktorov, G.A. : The problem on population dynamics of Noxious little tortoise. ソ連科学アカデミー, 271pp, 1967.
- 17) 山田健一：九州病虫害研報 28, 203～206, 1982.
- 18) 山田健一ほか：九州病虫害研報 29, 158～163, 1983.
- 19) 山田健一・宮原 実：福岡園試研報 18, 54～61, 1980.
- 20) 山崎三郎：森林防疫 20, 226～230, 1971.
- 21) 吉野 豊：林木の育種 153, 12～15, 1989.
- 22) 吉野 豊：田畑勝洋：日林誌 71, 160～163, 1989.
- 23) 吉野 豊：谷口真吾：日林誌 73, 460～465, 1991.

(1991・12・10 受理)

第12回国際植物保護会議に出席して

島津 光明*
 農林水産省森林総合
 研究所森林生物部
 昆虫病理研究室長

1991年8月11日から16日まで、ブラジル、リオデジャネイロ市のホテル・ナシオナルで、第12回国際植物保護会議が開催された(写真-1)。筆者は私費ではあるがこれに参加したので、以下その内容のあらましと印象を報告する。

会議の正確な参加者数はわからないが全体で約2,000名、日本からは二十数名が参加した。会議のテーマは「作物保護のための総合管理」ということになっていて、農業関係の研究発表や参加者が多く、森林・林業関係は日本からは筆者一人であった。

はじめに全体会議で1時間ほどの基調講演が行われた

* Mitsuaki SHIMAZU

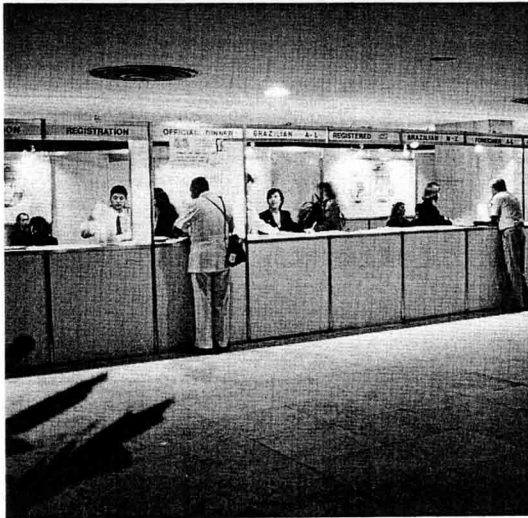


写真-1 会場入口(上)と受付(下)



写真-2 ポスターセッション風景

後、分科会に別れてのシンポジウム、一般の口頭発表およびポスターセッションなどがあった。

シンポジウムは全部で37セッションがあり、テーマは表-1のとおりであった。この中で筆者が関心を持ったのは微生物農薬についての二つのシンポジウムであった。これらの内容を表-2に示すが、講演はブラジルとアメリカからのものがほとんどで、内容的には現状の報告のようなものが多く、特別に目新しいものはなかった。ブラジルからの発表ではダイズ害虫 *Anticarsia genatalis* に対する核多角体病ウイルス(NPV)、サトウキビ害虫 *Mahanarva posticata* に対する寄生性糸状菌 *Metarhizium anisopliae* の利用など世界的に有名なもののほか、濃核病ウイルス(DNV)や細胞質多角体病ウイルス(CPV)、疫病菌類などの利用も研究段階ではあるが紹介された。細菌製剤はほとんど輸入のため使用は少ないようである。総合するとブラジルでは微生物殺虫剤はかなり多く実用化されているが、内容的には偏っているという印象を受けた。アメリカからの発表には、BT毒素を利用したMVPという興味深い製剤の紹介があった。これはBTのプラスミド上にある毒素の遺伝子を *Pseudomonas* 菌に導入、はじめは毒素を作らないよう培養し、後に毒素を形成させ、最後にそのまま細胞内に閉じ込めるという Cell Cap と名付けられた方法を利用している。この方法により普通のBT製剤よりも残効が大きいのび、野外でのコナガの防除効果も優れていたということであった。

林業のシンポジウムには日程の都合がつかず、出席できなかった。表-3に講演の題名を記してその紹介に代えたい。

一般講演は化学防除、総合管理、生物生態・生理・流行病、病害抵抗性、微生物的防除、生物工学・貯蔵作物保護、植物病の生物的防除、病害虫と雑草の生物的防除その他に分けられ、合計182の発表が行われた。筆者が参加した微生物的防除のセッションでは表-4に示す15題の研究発表があった。この中には酵素型による昆虫寄生性糸状菌の分類、菌株による病原力の違い、コガネムシに強い病原性をもつ細菌 *Serratia entomophila*、BTに侵された宿主に寄生した寄生蜂の産卵等の減少など興味深い話題がいくつかあった。筆者のマツノマダラカミキリの微生物的防除法の発表は質問もなく、またセッションの最初の講演であったためか聴講者も比較的少なく、いささか物足りない感じであった。

ポスターセッションには207題の研究が発表された

表-1 シンポジウムの内容

番号	テーマ名
1	農薬の環境へのインパクト
2	侵入種、その環境へのインパクトと生物的防除
3	なし
4	昆虫と病気に対する植物の誘導抵抗性
5	総合管理の経済的および社会的側面
6	貯蔵作物の害虫と微生物
7	病害虫管理の生態学的基礎
8	微生物農薬の開発と利用 - 第1部
9	微生物農薬の開発と利用 - 第2部
10	生物的防除の伝統的アプローチ
11	植物防疫における分子生物学 - 第1部
12	植物防疫における分子生物学 - 第2部
13	牧草の総合管理
14	生物防除計画における国際協力
15	病害虫防除のための他感物質
16	なし
17	小規模農家のための作物保護戦略
18	作物保護における教育と成人教育
19	新しい農薬：より少ない汚染
20	病害虫の検知と管理における信号物質
21	農薬施用法の進歩
22	林業：病害虫の総合管理
23	野菜の総合管理
24	穀物の総合管理
25	豆類の総合管理
26	根菜類の総合管理
27	果実類の総合管理
28	プランテーション作物の総合管理
29	綿の総合管理
30	農薬に対する病害虫の抵抗性
31	土壌生息性害虫に対する防除戦略
32	土壌病害防除の進歩
33	種子の健康と植物検疫
34	捕食者と寄生者の大量生産
35	雑草の総合管理
36	植物保護における毒物学と外毒物学
37	食用作物の農薬残留
WORKSHOP	IOBC：ラテナメリカでの生物的防除の実行のための機会
WORKSHOP	化学・生物農薬：規制の必要事項

表-2 シンポジウム7および8（微生物農薬）の講演

発表者名	国名	題名
Moscardi	ブラジル	ブラジルにおけるウイルス殺虫剤の使用
Bell	アメリカ	初期の穿孔性幼虫と芯喰い虫の地域管理計画としての昆虫ウイルスの航空散布
Soares	アメリカ	MVP 生物殺虫剤、鱗翅目害虫管理のための新しい生物工学製品
Dias	ブラジル	ブラジルにおける微生物農薬としての細菌の使用
Curran	オーストラリア	害虫防除のための昆虫寄生性線虫の利用の生物学的・経済学的可能性
Alves	ブラジル	ブラジルにおける糸状菌殺虫剤の使用の歴史的側面と未来におけるそれらの可能性
McCoy & Storey	アメリカ	土壌昆虫に対する可能な微生物農薬としての昆虫寄生性糸状菌
TeBeest	アメリカ	雑草の微生物的防除：国際的予想
Carneiro	ブラジル	ブラジルの線虫防除における糸状菌利用の可能性

表-3 シンポジウム22 (林業における総合管理) の講演

発表者名	国名	題名
Dahlsten	アメリカ	都市林における総合病害虫管理計画の開発: カリフォルニアにおける elm leaf beetle (<i>Xanthogaeruca luteola</i>)
MaLlean	カナダ	カナダ西部森林にかかわるいくつかの総合管理
Evans	イギリス	西ヨーロッパにおける great spruce bark beetle (<i>Dendroctonus micans</i>) の総合管理
Wingfield & Swart	南アフリカ	南アフリカの森林病害の総合管理
Laranjeiro	ブラジル	Aracruz Forestal における病害虫総合管理
Zanuncio ら	ブラジル	ユーカリの害虫類の防除のための半翅目捕食者の生産と利用

表-4 微生物的防除の口頭発表の講演

発表者名	国名	題名
Shimazu	日本	<i>Beauveria bassiana</i> の新しい導入法によりマツノマダラカミキリの防除
Fernandes	ブラジル	<i>Beauveria bassiana</i> と <i>Metarhizium anisopliae</i> によるシロアリの微生物的防除
Sosa-Gomez & Alves	ブラジル	<i>Beauveria</i> spp. の特性と <i>Beauveria bassiana</i> の温湿度要求
Terrible ら	ブラジル	昆虫病原菌 <i>Nomuraea rileyi</i> 分離株の特性
Silva & Loch	ブラジル	6年間保存した昆虫病原菌 <i>Nomuraea rileyi</i> の病原性
Farraz ら	ブラジル	<i>Spodoptera frugiperda</i> と <i>Anticarsia gemmatalis</i> から分離した <i>Nomuraea rileyi</i> 株の交差感染性
Santos & Ferraz	ブラジル	<i>Melodogyme incognita</i> (線虫) 防除における6種糸状菌の効果
Jackson	ニュージーランド	潜在的生物殺虫剤としての腸内細菌群の再評価
Modscardi ら	ブラジル	ダイズにおける Velvetbean caterpillar (VBC) の防除に対する <i>Bacillus thuringiensis</i> 株の野外評価と実験室条件下でのそれらの VBC と soybean looper に対する相対的病原力
Salama ら	エジプト	<i>Bacillus thuringiensis</i> に影響を受ける <i>Plodia interpunctella</i> の寄生者と捕食者
Whalon ら	アメリカ	コロラドハムシにおける <i>Bacillus thuringiensis</i> 抵抗性の選抜と特性
Morales ら	ブラジル	<i>Pseudophilusia includens</i> と <i>Anticarsia gemmatalis</i> の防除に対する <i>Autographa californica</i> バキュロウイルスの可能性
de Diez ら	アルゼンチン	<i>Rachiplusia nu</i> (ヤガ科) の死亡率と葉の消費に対するバキュロウイルスの影響
Gamundi ら	アルゼンチン	<i>Anticarsia gemmatalis</i> (ヤガ科) の死亡率と葉の消費に対する <i>Bacillus thuringiensis</i> とバキュロウイルスの影響
Hou & Chiuo	台湾	3種の昆虫病原菌を利用したアワノメイガの防除

(写真-2)。この中にも微生物的防除法関連の報告がいくつかあり、とくに *Metarhizium anisopliae* の新しい剤形による製剤は菌糸だけからなる粒剤で、施用場所で吸水発芽して胞子を形成するというユニークなものであった。

このほか、会場には Parallel Exhibit として世界の企業やブラジルの公社・学会等の展示もあった。ブラジルの出版物も販売されていたが、ほとんどがポルトガル語のため読めないで、写真のついた土壌害虫の小冊子を1冊買っただけである。この一角にはコーヒーや生ジュースの無料のコーナーがあり、毎日お世話になった。

受付等の係員は英語がうまく対応も上手で、専門の業者が行っているようであった。一方、会議の公用語は英語となっていたが、すべての講演に同時通訳がついていた。無料でレシーバーを借りて、ポルトガル語の講演は英訳が、英語の講演はポルトガル語訳が聞こえるというシステムである。しかし、通訳が同時ではなくだいぶお

くれるので、スライドの説明などでは役に立たないことが多かった。

講演要旨は2冊に分かれていたが、これが実に見にくかった。だいたいセッションの順に並んでいたが、ページがないのでプログラムと対応できなかった。また、出席者名簿がどこにもないという、日本では考えられないような代物であった。

会議の内容については以上のようにであったが、このほかいくつかのローカルツアーとポストコングレスツアーが催された。ローカルツアーはリオ市内の観光地をバスで巡るもので、筆者は海岸に突き出たパン・デ・アスカル(砂糖パン)という名の岩山へ行った。夕方近くだったが天気がよく、頂上からの眺めはすばらしかった。

ポストコングレスツアーはイグアスの滝を選んだ。ほとんどのものが阿泊かの宿泊を伴い、費用も結構高かった中で、日帰りでも最も安いコースだという理由からでも

あった。思ったよりも水量が少なく、遠くからみると白糸の滝がたくさん集まったようなものだが、アルゼンチン側へ行ってすぐ近くで見ると、さすがに迫力があつた。

15日の晩には公式晩餐があり、サンバショーを見ながらの食事であつた。出席者が大変多く、会議場からの晩餐会場までのバス輸送、バスを降りてから会場に入る前の行列、会場での着席等すべてに時間がかつた。また、席も狭く背中合わせの人と椅子が接するほどの込み合いようであつたが、踊りそのものは見て楽しかつたし、踊り子達も楽しそうに踊っているように見えた。昔からブラジル音楽ファンである筆者にとってはサンバをこのよ

うな形で見せ物にするのは何だか悲しかつた。

ブラジルという国は不思議が魅力のあるところで、日本からは最も遠い国であるが、お陰でブラジルの友人達とも会うことができた。ただ、国際学会の一つの目的に、海外の研究者と知り合うということがある。その点からいうと、もう少し欧米の有名人に会えるかと思つたが、場所が遠い南米だったためか、欧米人はあまり来ていなかったのが残念だつた。しかし、全体的にはうまく運営された会議であつたと思う。

(1991・12・19 受理)

穿孔性害虫に対する針葉樹の抵抗性

伊藤 賢介*

農林水産省森林総合
研究所関西支所昆虫
研究室

1 はじめに

針葉樹の枯死木や極度の衰弱木の樹皮下で繁殖する昆虫は数多いが、生立木の樹皮下に寄生するものは極めて少ない。例えば、アカマツ・クロマツの場合、枯死・衰弱木の樹皮下には約70種の甲虫類が寄生する(小田, 1970)が、健全な生立木樹皮下では、筆者の知る限り、マツノシンマダラメイガなどの数種のカ類だけである(山崎, 1984)。これは、生立木の生組織(内樹皮と辺材)には害虫の侵入を阻止する強力な抵抗力あるいは防御能力があるためと考えられる。

本稿では世界で最も詳しく研究されている穿孔性害虫の一つである、mountain pine beetleというキクイムシに対するマツの抵抗性のメカニズムについて紹介し、さらに日本の代表的な穿孔虫であるスギカミキリに対するスギの抵抗性に関する知見を整理して紹介する。

本稿を取りまとめるに当たり有益な助言をいただいた当関西支所山田利博氏にお礼を申しあげる。

2 キクイムシに対するマツの抵抗性

mountain pine beetle (*Dendroctonus ponderosae*) (以下MPBという)はアメリカ合衆国西部全域とカナダ南西部に分布し、これによる毎年の枯損量は北米全体で470万 m³以上と推定され、北米西部で最も重要な森林害虫である。その主な加害樹種は lodgepole pine (*Pinus contorta*), ponderosa pine (*P. ponderosa*), sugar pine (*P. lambertiana*) および western white pine (*P. monticola*) であるが、アメリカ合衆国内のMPBによる枯死木の95%が lodgepole pine であるので、以下ではこの種だけについて述べる。なお、MPBに関する記述は主に Raffa (1988) に基づき、Berryman (1972) と Christiansen et al. (1987) を参考にした。

2.1 キクイムシの生活史

MPB成虫の平均体長は5.5mmで、7~8月に枯死木から脱出して飛翔・分散する。健全なマツを最初に攻撃するパイオニア成虫はMPBでは雌である。雌成虫は樹皮下に穿入し、集合フェロモンを放出して雌雄成虫を誘引する。この集合フェロモンの主成分(trans-verbenol)はマツの樹脂成分である α -ピネンの酸化化合物である。数日のうちに大量の成虫が誘引されると、trans-

* Kensuke ITO : Resistance of some conifers to invasion by bark feeding insects.

verbenolの放出量はしだいに減少して抗集合フェロモンが放出され、集中攻撃は終わる。

樹皮下で交尾した雌は垂直方向に母孔を掘る。母孔の長さは攻撃密度(雌成虫密度)や内樹皮の水分などに応じて変わるが、一般的には約30cmである。雌は母孔の側壁に卵室を作り、1卵ずつ産卵する。普通、母孔当たり約75卵が産まれるが、産卵数も攻撃密度や内樹皮の厚さや水分に応じて変化する。成虫の攻撃によって枯死したマツの樹皮下で幼虫は内樹皮と辺材表面を食べ、多くは2~3齢で越冬し、4齢を経て蛹化する。普通は1年に1世代である。

MPBにはさまざまな共生微生物がある。それらの胞子は成虫が脱出前に樹皮下を後食する時に成虫の大顎にあるmycangiaという特殊な器官の中に入り、新たなマツに運ばれる。MPBに随伴する主要な青変菌は*Ceratomyces clavigerus*と*C. montia*である。これらの菌は成虫の穿入行動の間に速やかに木部と内樹皮に侵入、マツを枯死させる要因の一つと考えられている。

2. 2 マツの抵抗性

マツの内樹皮と辺材には良く発達した樹脂道があり、成虫の穿孔によって樹脂道が切断されると樹脂が孔道内に流れ出し、成虫の侵入に対する最初の障害となる。内樹皮に侵入した雌成虫はこの樹脂を絶えず排除しなければならず、排除できなければ孔道から外へ押し出されるか樹脂にまかれてしまう。

このようなMPBの攻撃以前から樹体内に常在している樹脂(以下貯蔵樹脂という)のモノテルペン成分については詳しく調べられている。モノテルペン類はMPBの卵のふ化を阻害する。成虫はモノテルペン類を忌避しないが、かなり大量にあれば成虫に対しても有害となり得る。しかし、抵抗性木と感受性木とで内樹皮におけるモノテルペン類全体の濃度および各成分の構成比には差がない。その他の成分の影響についてはあまり調べられていないが、抵抗性木と感受性木とで質的に異なる成分は発見されていない。

このような貯蔵樹脂の滲出の他に、成虫の内樹皮への侵入に対してマツはただちに誘導抵抗反応(induced defence reaction)を始動する。この反応では成虫孔道の周辺に壊死部が形成されて傷害部を他の生組織から隔離する。壊死部には柔細胞によって生産された樹脂やフェノール類その他の壊死部に特異的な物質が浸漬する。この傷害樹脂は貯蔵樹脂とは成分比が異なっており、卵と幼虫に対して強い毒性を示し、壊死部ではMPBは生存できない。傷害に伴う組織の変化は辺材にも及ぶ。

ほとんどの木がMPBの侵入に対してこのような誘

導抵抗反応を示すが、速やかにそして強力に反応する木だけが枯れずに生き残る。誘導抵抗反応はMPBの孔道周辺に限定された局地的な反応で、その反応の強さは、いわゆる樹勢に関係している。

以上のように、MPBに対するマツの抵抗性はMPBの攻撃とは無関係に常在して貯蔵樹脂を滲出する樹脂道系と攻撃を受けてから始動される誘導抵抗反応の二つのシステムからなる。

2. 3 キクイムシの攻撃とマツの抵抗性との相互関係

MPBの繁殖の成否は成虫が穿入した後にマツが枯死するかどうかにかかっている。マツの生死はマツの抵抗性と成虫の活動の相互作用の結果として決定される。成虫の密度がこの相互作用の結末に重大な影響を与える。

誘導抵抗反応は大量のエネルギーを消費するので、マツの抵抗力には限界がある。MPBは集中攻撃(集合フェロモンによる成虫の大量飛来)によってこの限界を突破することができる。攻撃密度が低い時はマツの抵抗反応は非常に有効で、成虫は繁殖できない。しかし成虫密度が高まるにつれて反応は低下し、さらに高密度になるとその繁殖に対して何の抵抗力も及ばなくなる。木の潜在的な抵抗性がどれほど強くても、高密度の成虫の攻撃が起これば有効な抵抗反応は現われない。個々の立木に固有の抵抗性閾値(攻撃が成功する、つまりマツを枯死させるのに必要な最小限の成虫密度)があって、この閾値を突破されたマツはすべて枯死してMPBの繁殖場所となるのである。

従って、高密度のMPB個体群でいったん集中攻撃が始まれば、マツの抵抗性閾値を容易に上回る成虫数が誘引されるので、どんな木でもほぼ確実に枯死させることができる。一方、低密度時のMPB個体群は衰弱木を利用しており、生立木を枯死させることはない。これは、低密度個体群では生立木の高い抵抗性閾値をこえるほどの成虫がフェロモンの誘引範囲内に存在しないためである。

3 スギカミキリに対するスギの抵抗性

スギカミキリはスギ生立木の外樹皮の隙間に産卵し、幼虫は内樹皮と辺材表面部とを食い進みながら生育する。終齢幼虫は材内に穿孔して蛹室を作る。そこで成虫となって越冬し、翌春に脱出する。MPBとは違って、スギが枯死することは幼虫発育の必要条件ではなく、枯死することなく5~10年間にわたって毎年成虫が脱出する生立木が多い(布川・山崎, 1986)。

藤下・岡田(1968)と萩原・小河(1970)は、スギ生立木



写真-1 スギカミキリ被害木(スギ)の樹幹上を流れる樹脂



写真-2 スギ外樹皮と内樹皮の境界部で死亡したスギカミキリ幼虫の孔道

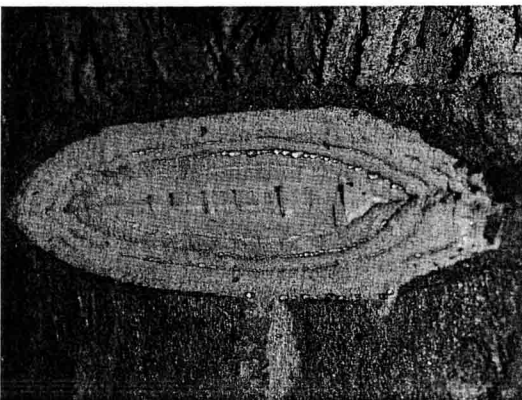


写真-3 スギ内樹皮の切断面における傷害樹脂道からの樹脂滲出

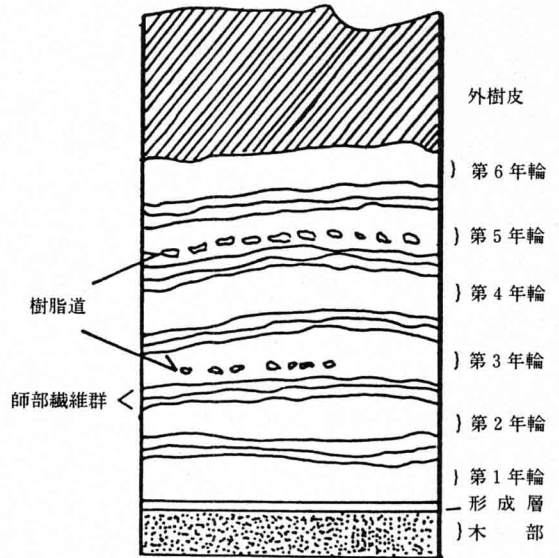


図-1 スギ内樹皮の構造(岡田, 1990より)

におけるスギカミキリの死亡要因として幼虫期の樹脂による死亡が重要であることを指摘した。この被害を受けた生立木の樹幹上にはしばしば大量の樹脂が流出する(写真-1)。丸太に接種された幼虫はただちに内樹皮と辺材の境界部に侵入するが、生立木では外樹皮と内樹皮の境界部に長い孔道を形成し、幼虫の多くが形成層に達する前に死亡し、孔道内にはしばしば樹脂がたまる(写真-2)。人為的に衰弱させたスギでは衰弱の程度に応じて樹幹への樹脂流出量や幼虫死亡率が低下する。これらのことから、樹脂分泌は幼虫の内樹皮への侵入に対する

スギの抵抗性反応であると考えられ(西口, 1976; 細川ら, 1979; 奥田, 1982, 1983; 小林, 1982), これを支持する実験や観察報告はおびただしい。ただし、樹脂による幼虫死亡の直接の原因は、機械的なものか、化学的なものか、あるいは樹脂以外の要因によるのか不明である。

樹脂道が良く発達しているマツ類とは違って、スギには木部にも内樹皮にも常在の樹脂道は存在せず、従って貯蔵樹脂も本来は存在しない。幼虫を死亡させる樹脂はすべて、傷害に対する反応として内樹皮に形成される傷害樹脂道に由来する(山中, 1984)。樹脂道は垂直方向に

伸びた管状の細胞間隙で、木口面では環状に配列して層をなす(写真-3, 図-1)。幼虫孔道を中心にして横方向よりも上下方向に大きな領域に形成される。山中(1984)の観察例では内樹皮に侵入して間もない幼虫の孔道周囲の樹脂道形成範囲は上下に約15cm, 横に数cmであったが、食害の進行や幼虫数の増加によって拡大・重複して樹幹全周に及ぶ場合もあった。発達した樹脂道は互いに融合して樹脂のうを形成する(南光ら, 1984)。

スギカミキリ被害の発生にはいくつかの特徴があることが経験的に明らかにされている。すなわち、品種や系統によって被害率に差があり(武藤, 1984)、林分内の生長の良い大径木に被害が集中する(伊藤・小林, 1989)。スギカミキリ個体群は5~10年生時に林内に定着し、数年間の増加期間を経て10~20年生時に個体数のピークをむかえ、やがて減少してゆくことが多い(伊藤, 1991)。従って、若齢林において被害が顕著であるといえる。単木内での蛹室や脱出孔の垂直分布は、被害初期には樹幹下部に集中するが、しだいに上部へ移行してゆく(西村, 1984; 藤田ら, 1990)。また、生立木からの脱出成虫数は大発生時でも1本当たりの平均では5~6頭であるが、枯死した木からは平均で40~50頭の成虫が脱出し、100頭以上の大量の成虫が脱出する枯死木もある(伊藤ら, 1983)。

このようなスギの個体間あるいは個体内における被害の出現の差異は外樹皮の形状による好適な産卵場所の多少(井上, 1964)および内樹皮の樹脂分泌による幼虫死亡率の変異と関係があると考えられる。しかし、外樹皮は死んだ組織であり、また産卵場所としての好適さはスギカミキリの繁殖にとって必要ではあるが十分な条件ではないので、ここでは外樹皮については詳述しない。以下に、被害の発生傾向の原因を樹脂道形成能力の変異あるいは幼虫生存に対する内樹皮の影響の変化に求めようとする実験例や仮説を紹介する。

河村ら(1984, 1985)は幼虫を接種した場合と人為的傷害(刺傷処理)を与えた場合との傷害樹脂道の出現部位および発達程度が各クローンでよく一致し、免疫性品種では感受性品種に比較して、樹脂道を迅速、広範囲に多くの年輪にわたって、特に外層に形成すると報告している。また人為的な傷害処理でこのような樹脂道形成パターンを示すものを抵抗性と判定できるとした。

しかし、金指ら(1988)は内樹皮の切除処理に対する新たな樹脂道は第1, 2年輪だけに形成されることを見出し、植木ら(1989)による刺傷処理の結果もこれを支持している。このことは、河村らの報告が処理後に新生された樹脂道だけでなく、処理以前に形成された古い樹脂

道をも含めた観察に基づいていることを示唆する。

また、金指ら(1988)は傷害の程度や種類によって傷害樹脂道の形成パターンが異なる可能性がある指摘している。人為的傷害は一時的な刺激を内樹皮と辺材部に同時に与えるが、幼虫の摂食による傷害は内樹皮の外層から始まってしだいに辺材部へ進んでゆく継続的な刺激を与えるであろう。MPBにおけるマツの誘導抵抗反応の場合、その引き金になる刺激として成虫による物理的傷害よりも、これに付随して侵入する菌の存在が重要と考えられている。スギカミキリ幼虫の孔道壁およびこれに接する辺材部からも *Fusarium* 属菌など多種の糸状菌が検出されている(小林, 1989)。これらの菌は幼虫の体表に付着して内樹皮に侵入するものと考えられる。このような菌の存在もスギの樹脂道形成に影響を与えるかもしれない。従って、現在のところ人為的傷害に対する樹脂道形成と幼虫の食害に対する樹脂道形成との対応関係は明らかでない。

樹脂道形成と生木の直径との関係については、同齢であれば大径木ほど樹脂道を形成する年輪数が多く、樹脂の分泌も活発であるという報告(吉野, 1988)と、樹脂道を形成する年輪数は直径とは無関係であるという見解(寺田ら, 1987)があって一定していない。ただし、いずれの報告も人為的傷害処理に基づいているので、別に幼虫接種によって確認すべきである。

樹齡の異なる生立木に強制産卵された幼虫の樹脂による死亡率は高齢木ほど高かったという報告(正木, 1989)があるが、供試木数が少ないので追試する必要があるだろう。また、西村(1991)はスギカミキリ被害が開始する林齡は林分の肥大生長が盛んな時期に一致するとし、これは外樹皮が産卵に好適になるためと推測している。しかし、布川・山崎(1986)は被害は肥大生長のピークを過ぎてから開始すると報告しており、林分の閉鎖に伴う抵抗性の低下を示唆している。今後、肥大生長量と幼虫死亡率との関係についての調査が待たれる。

植月・綱田(1982)は18~21年生生立木の胸高部と生枝着生部に幼虫を接種して、生枝着生部で高い生存率を示したことを報告している。供試木の胸高部が成熟材に移行していたことから、抵抗性は樹幹の成熟と関連しており、樹幹の成熟の進行とともに樹幹下部から抵抗性が高まってゆくので、被害の分布も上昇すると彼らは推測している。一方、藤田ら(1990)は幼虫に食害された樹幹下部の内樹皮では何らかの生理的变化が起って幼虫の生育に適さなくなると推測している。これはスギの抵抗性反応が樹脂道の形成だけでなく、内樹皮の永続的な変化を含んでいることを示唆する。これら二つの仮説は樹幹

の成熟に伴う内樹皮の変化あるいは食害によって誘導される内樹皮の変化を想定しているが、いずれも具体的な変化の内容が明らかにされていない。西村(1991)は被害の垂直分布の上昇は肥大生長の盛んな部位の上昇と一致しているとし、これも産卵可能な外樹皮が形成されるためであると推測している。

スギカミキリによって枯死する木の多くは枯死以前にすでに高レベルの被害を受けており(伊藤・小林, 1990), これが抵抗性をしだいに低下させて枯死をもたらすと考えられる。しかし, 集中攻撃によってマツを枯死させるMPBのように, 健全なスギであっても, 一度に大量の幼虫が寄生して幼虫密度がスギの抵抗能力を上回れば枯死する可能性もある。これを実証するための幼虫密度と抵抗性との関係についての定量的な実験が期待される。

4. おわりに

以上キクイムシに対するマツ生立木の抵抗性のメカニズムとスギカミキリに対するスギの抵抗性に関する知見について述べた。上述したようにスギでは内樹皮へのスギカミキリ幼虫の侵入に反応して形成される傷害樹脂道の樹脂分泌が重要な抵抗性要因と考えられるが, 野外で観察されている被害発生の傾向と樹脂道の形成および幼虫の生存との関係を実験的に明らかにした報告はきわめて少ない。また, 傷害樹脂道の形成以外の内樹皮の反応や変化に関する研究は行われていない。各種の昆虫や菌による生組織への侵入に対する防御反応にはいろいろな針葉樹で多くの共通点がある(Berryman, 1986)ので, スギカミキリに対するスギの抵抗性を解明してゆくうえで, MPBに対するマツの抵抗性の知見が参考になるものと考えられる。

引用文献

- Berryman, A. A. (1972) : Resistance of conifers to invasion by bark beetle-fungus associations. *BioScience* 22 : 598-602.
- Berryman, A. A. (1986) : *Forest Insects*. Plenum Press, New York, 279pp.
- Christiansen, E. et al. (1987) : Resistance of conifers to bark beetle attack. *For. Ecol. Manage.* 22 : 89-106.
- 藤下章男・岡田 剛(1968) : スギカミキリの食害様式と林木におよぼす影響について。 *広島林試研報* 3 : 104-109.
- 藤田和幸ら(1990) : スギ人工林におけるスギカミキリ成虫発生の年次変動。 *日林誌* 72 : 120-124.
- 萩原幸弘・小河誠司(1970) : 九州におけるスギのはちかみ発生事例とその分布特性。 *森林防疫* 19 : 118-121.
- 細川 努ら(1979) : スギカミキリの卵, 幼虫, 成虫の接種試験 1。 *日林関西支講* 30 : 164-166.
- 井上悦甫(1964) : スギのはちかみについて(II)。 *岡山林試報* 4 : 151-156.
- 伊藤賢介ら(1983) : スギ林内におけるスギカミキリ成虫脱出孔の形成状況。 *日林関西支講* 34 : 224-227.
- 伊藤賢介・小林一三(1989) : スギ若齢林におけるスギカミキリの大発生の経過(II)。 *日林関西支講* 40 : 39-42.
- 伊藤賢介・小林一三(1990) : スギ若齢林におけるスギカミキリの大発生の経過(IV)。 *日林関西支講* 41 : 54-57.
- 伊藤賢介(1991) : スギ人工林におけるスギカミキリの生息数と林齢との関係。 *森林防疫* 40 : 106-109.
- 金指達郎ら(1988) : スギ内樹皮における人為的な傷害樹脂道形成の確認に要する期間と形成年輪。 *日林誌* 70 : 505-509.
- 河村嘉一郎ら(1984) : スギカミキリに対するスギの抵抗性検定方法(I)。 *日林誌* 66 : 439-445.
- 河村嘉一郎ら(1985) : 幼虫接種と人為的傷害によるスギ精英樹クロウンの樹脂道形成状況の比較。 *関西林育年報* 20 : 70-79.
- 小林一三(1982) : スギのヤニ分泌とスギカミキリの寄生。 *日林関西支講* 33 : 272-275.
- 小林享夫(1989) : スギ・ヒノキ穿孔孔性害虫の生態と加害(IV)。 *森林防疫* 38 : 38-43.
- 正木幹人(1989) : 異齢級スギ林分に対するスギカミキリ成虫の強制産卵。 *森林防疫* 38 : 178-183.
- 武藤 惇(1984) : スギカミキリ抵抗性育種。 *林木の育種(特別号)* : 24-32.
- 南光浩毅ら(1984) : スギ二次師部の軸方向樹脂道の構造。 *木材学会誌* 30 : 1-8.
- 西口親雄(1976) : スギ採種。 *採種園におけるスギカミキリの被害に関連して*。 *林木の育種* 97 : 10-12.
- 西村正史(1984) : スギカミキリによるスギ被害木に残された蛹室数の垂直分布と年次変化。 *日林中部支講* 32 : 263-266.
- 西村正史(1991) : スギの肥大成長からみたスギ林へのスギカミキリの定着時期。 *日林誌* 73 : 251-

- 257.
- 24) 布川耕市・山崎秀一(1986): スギカミキリ被害を受けたスギ立木の割材調査による被害解析. 新潟林試研報 28: 35-44.
- 25) 小田久五(1970): 林業新技術33選(竹原秀雄 監修), pp.415-438, 全国林業改良普及協会.
- 26) 岡田 滋(1990): スギカミキリ虫害抵抗性育種林木の育種 156: 11-15.
- 27) 奥田清貴(1982): スギ生立木へのスギカミキリ幼虫の接種による食害と死亡状況. 93回日林論: 381-382.
- 28) 奥田清貴(1983): スギカミキリ幼虫の加害とスギの状態. 森林防疫 32: 8-11.
- 29) Raffa, K. F.(1988): Dynamics of Forest Insect Populations. (A. A. Berryman ed.), pp. 505-530, Plenum Press, New York.
- 30) 寺田貴美雄ら(1987): スギカミキリ無被害林分を対象としたスギカミキリ抵抗性候補木の選抜. 日林東北支誌 39: 63-64.
- 31) 植木忠二ら(1989): スギ生立木の人為的傷害処理による樹脂道の生成(予報). 日林関西支誌 40: 334-337.
- 32) 植月充孝・網田良夫(1982): スギカミキリ虫害抵抗性育種に関する研究(IV), 93回日林論: 197-198.
- 33) 山中勝次(1984): 針葉樹二次師部の樹脂道. 木材学会誌 30: 347-353.
- 34) 山崎三郎(1984): 松類に加害する小蛾類(2). 林業と薬剤 87: 1-15.
- 35) 吉野 豊(1988): スギ在来品種の傷害樹脂道の形成の違い. 兵庫林試研報 35: 89-94.

(1991・12・16 受理)

マツノマダラカミキリの羽化脱出時期等を予測する 積算温量計について

中原 二郎*
(社)日本の松の緑を
守る会理事

マツノザイセンチュウ(以下材線虫とする)を媒介するマツノマダラカミキリ(以下マダラカミキリと略す)成虫を薬剤で駆除する場合, 羽化脱出等の時期を予測することは重要な条件であることはいままでもない。

筆者は農林省林業試験場関西支場(現森林総合研究所関西支所)在職当時, 1963~67年に神戸市から六甲山(市章山, 再度山付近)の松くい虫類による被害防除の指導を依頼された。この際は六甲山中にマダラカミキリ等の老熟幼虫穿入の枯損木をケージ内に集積, 割材しつつ各ステージの進行状態を調査して羽化脱出時を予測した。また, 林内に餌木を設置してマダラカミキリの産卵痕の消長調査を行い, 防除適期の予測と薬剤空中散布の効果を試験した(中原ほか 1965)。当時は枯損原因材線虫の発見以前のことで, もっぱら松くい虫類の密度を低下する

ことを目標に作業を行った。このような経験から, 容易な方法でその発生予測ができないものかと考えていた。

マツの枯損原因材線虫が発見(徳重・清原 1969)され, 次いでその伝播者はマダラカミキリであることがつきとめられ(真宮ほか 1972), 本虫の羽化脱出から終息までの期間が被害防除上きわめて重視されるようになった。

遠田・奥田・森本(1977)は1973~75年に, 鹿児島, 熊本, 和歌山, 岡山, 京都, 東京および千葉の各地域の資料をもとに, 年度別の累積脱出率, 羽化脱出曲線および有効積算温量を図示した。その有効温量の算出は各地気象台の資料から3月以降の日平均気温が発育限界温度11℃の残差を脱出終了まで累積した。

森本・真宮(1977)は成虫の羽化脱出経過について, 1975年の林野庁資料により, 茨城県から鹿児島県まで120か所の発生消長調査の解析から, (1)その開始は北から

* Jiro NAKAHARA

南にゆくにしがって多少早くなる傾向があり、関東地方では6月上旬、九州地方では5月上～下旬である、(2)野外での発生活消長とこの有効積算温量の適合は必ずしもよくないが、これは直射日光の当たる林内は気温よりも温度が高く、林内日陰の湿った材では低く、各地の平均気温からのずれが大きくなると思われる、(3)直射日光下に被害材を積んで発生活消長を調べると、早くから羽化脱出が始まり、50%発生日までの日数は長くなるが、日陰に保存した材からは遅く羽化脱出が始まって50%発生日までの日数は短くなり、発生の終わり頃は両者で差がなくなる傾向がある、(4)有効積算温量の計算法からも明らかのように、その年の発生活消長には4月以降の気温が特に影響する、(5)発生活消長調査の結果にもとづいて、薬剤予防散布を決める場合、散布対象林分周辺の枯損木の状態との適合に十分注意する必要がある、としている。

当日本の松の緑を守る会が設立された1979年には松くい虫被害が多発し、松枯れ防止の指導依頼が殺到、特に薬剤散布適期の質問が最も多かった。筆者は羽化脱出開始から終息までの温量について、気象台等の資料に頼ることなく、上記各氏の報告を参考にして、ただちに数値を表示する計器の開発を企図し、精密電機メーカーにその製作を依頼、第1号機および第2号機をそれぞれ用いて現地で測定を開始した(写真-1)。

この計器は冬期の休眠状態にあるマダラカミキリの老熟幼虫が休眠覚醒後成虫となって脱出するまでに必要な数値が直接温量として日度単位で示される。この場合の発育限界温度は12.5℃を0としてセットした。

奥田(1981)は京都気象台の観測値から平均法の数値で、また正弦法による数値と第1号機を林業試験場関西支場(当時)内に設置(現在も継続測定中)、1980年、'81年の積算温量とマダラカミキリの羽化脱出消長を報告している。この中で氏は「……この計器ではわずらわしい種々の計算が省かれて……。気象台の月報が諸事情から2か月遅れの入手となるため、この計器は貴重な存在となっている」と述べている。

1981～'88年、奈良国際ゴルフ倶楽部構内の毎年同一条件に近い環境下で、2月上旬から羽化脱出、終了まで本計器(第2号機)が適正に可動するか否かを検討しつつ次の方法で調査を行った。冬期伐倒した被害木を長さ2mに玉切り、幅3.3m、高さ2mのケージの中に垂直に立てかけ、羽化脱出初日から終息するまで雌雄別に記録した。また、積算温量計のセンサーはケージ内の地上130cmの高さに設置し、本体は近くの管理事務所内に置き、午前8時に羽化脱出数と計器の数値を記録した(表-1)。

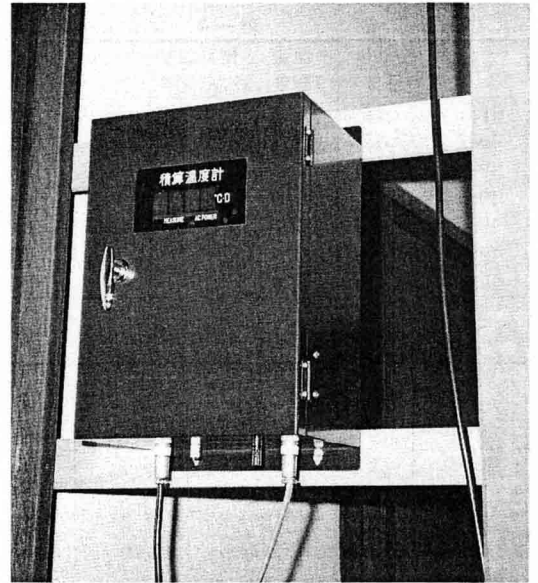


写真-1 積算温量計

以上のケージ内3月上旬からの温量とマダラカミキリの羽化脱出、終了までの関連をまとめると次のとおりである。

本計器が数値を初めて示す月は1987年を除いて3月上、中旬で、4月上旬から数値は急激に上昇し、100日度の数値を示す5月上、中旬には各年とも大差がない。初期の羽化脱出は6月上旬で、その積算温量は295日度の数値を示した。

羽化脱出から終息までの時期は早いもので6月5日、遅いものでは7月23日、最盛期は6月15日から7月10日の約1か月で、その積算温量は350から500日度の数値を示した。

岸(1988)は茨城県産マダラカミキリの発生状況を1973年から'82年の調査結果として、初羽化脱出は平均6月14日で積算温量は水戸気象台の平均気温から発育限界温度12℃の残差を累積した数値は平均267日度であったと報じている。

当会ではこの資料に基づいて約130日度の頃に速報として、当会指名防除業者、松保護士、会員である神社、仏閣、公園、ゴルフ場等の松所有者・管理者約200か所に通達、薬剤散布の適期を指導している。しかし、各年、各地域によって諸条件が異なるので、この速報は“目安値”であることを付記している。したがって正確な防除適期を知るためには、目的の林分に近い場所に本計器を設置して、毎年記録する必要がある、またできれば同一林分に少なくとも本計器を3台設置し、各位置の微気象

表-1 マツノマダラカミキリの羽化と積算温度との関係

調査地：奈良国際G. C. 内

年	初温度	温度	積算温度	積算温度	積算温度	初羽化	積算温度	5%羽化	積算温度	10%羽化	積算温度
	月日	日度	3.20.日度	4.20.日度	5.20.日度	月日	日度	月日	日度	月日	日度
1981	3.14	1.0	3.0	35.0	156.6	6.11	299.7	6.12	308.8	6.13	314.0
1982	3.15	3.6	7.1	35.9	181.1	6.8	294.8	6.12	331.1	6.15	350.0
1983	3.5	0.1	0.7	44.3	167.7	6.6	287.6	6.9	308.5	6.14	335.0
1985	3.10	0.3	1.3	40.0	184.3	6.10	302.0	6.11	311.7	6.15	334.0
1986	3.9	0.9	3.6	26.6	135.4	6.17	305.4	6.22	345.8	6.25	370.1
1987	2.11	1.9	7.2	50.6	165.8	6.5	282.4	6.10	340.0	6.11	345.1
1988	3.15	3.4	3.7	29.6	135.9	6.16	304.2	6.17	360.9	6.25	384.1

年	25%羽化	積算温度	50%羽化	積算温度	75%羽化	積算温度	最終羽化	積算温度	羽化
	月日	日度	月日	日度	月日	日度	月日	日度	頭数
1981	6.16	339.5	6.23	409.8	7.2	504.5	7.13	644.3	45
1982	6.19	376.9	6.25	425.2	7.2	471.1	7.26	683.5	408
1983	6.17	357.8	6.23	399.2	7.1	464.4	7.26	743.9	110
1985	6.20	364.8	6.23	437.2	7.6	506.2	7.25	701.3	121
1986	7.1	423.4	7.6	463.7	7.12	518.8	7.25	668.8	78
1987	6.17	385.3	6.27	468.5	7.21	520.8	7.26	811.0	160
1988	7.2	444.1	7.7	493.2	7.10	532.8	7.23	679.4	128

とも比較検討することが望ましい。

本計器を開発するに当たり、メーカーとの打ち合わせ、現地の観測、特許手続き等に努力された当会故山賀準二氏、枯損木資料収集の労を煩わした岸上廣司氏、特許手続きの指導等にご配慮をいただいた佐藤 伸氏、本計器の製作に尽力されたニッシン産業(株)、調査木、積算温度計等の管理にご協力いただいた奈良国際ゴルフ倶楽部の方々へ厚くお礼を申しあげる。

付 記 (1)本計器は1989年12月21日付で特許第1535292号として登録された。

(2)全国ロータリアンから「日本の自然環境を最大に破壊する松くい虫による激害を防止する科学的器材の設置」ということで協力を得、本器(自動記録計装置付)を製作し、各府県の希望と地域等を考慮、次の5県へ無償配布した。すなわち、宮城県林業試験場、栃木県林業センター、鳥取県林業センター、香川県森林センターおよび佐賀県林業試験場。

(3)1989年から現在に至るまで、積算温度計第2号機は京都府城陽市長池河原3-2に移転設置し、従来同様の調査を行っている。

文 献

- 1) 中原二郎・奥田素男他(1965)・松くい虫被害地で農薬の空中散布を行った場合の2, 3の知見, 76回

日林講。

- 2) 遠田暢男・奥田素男・森本 桂(1977)・マツ類材線虫の防除に関する研究, 農林水産技術会議事務局。
- 3) 森本 桂・真宮靖治(1977)・マツ属の材線虫病とその防除, わかりやすい林業研究解説シリーズ58。
- 4) 奥田素男(1981)・マツノマダラカミキリの脱出期予測のための有効積算温度の測定, 32回日林関西支講。
- 5) 岸 洋一(1988)・マツ材線虫病—松くい虫精説一, トーマス・カンパニー, 東京。
(1992・1・5 受理)

森林防疫奨励賞の発表

平成4年7月30日

全国森林病虫獣害防除協会

「森林防疫」誌第40巻（1991年、平成3年）に掲載された論文を対象に、本賞の審査規定に基づき、慎重かつ厳正に審査した結果、次の4編5名の方々に授賞者とすることに決定した。

森林防疫奨励賞

一 席（林野庁長官賞・全国森林病虫獣害防除協会会長賞）

ミスジツマキリエダシャクの羽化時期と産卵習性

北海道林務部雄武林務署 柴田嘉博
北海道立林業試験場 東浦康友

二 席（全国森林病虫獣害防除協会会長賞）

マツ材線虫病予防剤の樹幹注入傷害とその防止法

鳥取県林業試験場 竹下 努

三 席（全国森林病虫獣害防除協会会長賞）

矢板営林署管内のハタネズミによるヒノキ幼齡木の被害について

前橋営林局矢板営林署 斎藤弘三

努力賞（全国森林病虫獣害防除協会会長賞）

新潟県中魚沼地方のブナ林に生じたタマバエ被害について

新潟県小千谷林業事務所 倉島 郁

1 選考経過

今回は優れた論が多く、選考に長時間を要したが、最終的には全員一致で上記のとおり決定した。

一席柴田・東浦両氏「ミスジツマキリエダシャクの羽化時期と産卵習性」では、本種は通常低密度で推移しているが、一旦大発生するとカラマツを枯死させるほど猛威をふるう重要害虫にかぞえられるので、その生態を詳しく調査し、防除時期および防除方法を提言している。

まず羽化時期は主に6～7月の1か月で、そのピークは約1週間に集中し、成虫は約10日間産卵することを明らかにした。産卵数は約300粒で、産卵場所は樹冠の比較的高い位置の短枝葉であり、樹幹にはほとんど産卵しないことがわかった。以上の羽化期間と有効積算温度から、

防除適期を6齢幼虫の出現前とすれば、7月15日頃が最適となる。これまでは8月5日前後に防除が行われてきたが、約20日遅かったことになる。また、産卵が樹冠上部に多いことから、薬剤は空中散布が最適であるとしている。

このように、基礎的生態研究結果を基盤とした具体的防除法の提言は高く評価され、一席に推された。

二席竹下 努氏「マツ材線虫病予防剤の樹幹注入傷害とその防止法」は、いわゆる松くい虫の予防に卓効を示す樹幹注入剤は、注入孔の上下に形成層壊死を起こすことが多く、これが本剤の実用上問題になっている。氏はメスルフォンホス油剤（ネマノーン）と酒石酸モランテル

(グリーンガード)について傷害防止法を検討した。

標準注入法である注入孔にゴムパッキングを装着した後容器のノズルを押し込む方法と、より小さい直径の注入孔に直接ノズルを押し込む改良法を比較、さらに注入後孔に栓をするいくつかの方法を試みた。その結果、改良法によって傷害部の大きさは顕著に小さくなり、またコルク栓を樹皮の厚さ以内に浅く装着することによって、孔の入口は順調に巻き込み、閉塞がみられた。

以上の結果に基づき、さらに有効な実用的改良法の検討がなされている。これは樹幹注入剤利用の実際面で大いに貢献するであろう。

三席斎藤弘三氏「矢板営林署管内ハタネズミによるヒノキ幼齢木の被害について」は被害時期、被害本数、被害を受ける林齢など一般的状況の把握に加え、それらとハタネズミの生息状況との関係を捕殺調査によって明らかにしている。その分析手法の記述は科学的であり、また殺菌剤散布後の生息密度の変化、つまり効果測定を行い、効果的な散布方法を検討・考察し、予察体制の重要性を提言している。

筆者は多忙な国有林事業に従事しながら、常に科学的に本問題の解明につとめ、すぐれた成果をあげたことに対して深く敬意を表す。

努力賞倉島 郁氏「新潟県中魚沼地方のブナ林に生じたタマバエ被害について」は、大発生したタマバエ被害について、加害種、被害実態および被害地の概況などを調査したものである。この被害地は標高200～400mの地域に集中していることを確かめ、さらに被害発生と気象条件との関連を過去の気象データと比較検討し、今回の大発生の原因はタマバエの羽化期とブナの新葉展開時期がよく一致したためであると考察している。

氏は林業事務所に勤務して行政に従事するかたわら、ブナ林の虫害について観察・記録し、貴重な資料を提供したことは敬服にたえない。

2 考察対象

毎年本誌に掲載された論文を対象とする。ただし、次のものは除く。

- ① 大学、国立の林業研究機関において試験研究に従事するものおよび本誌の編集委員の論文。
- ② すでに他誌に発表済みの論文。

3 選考基準

次の6項目と、これらを総合して選考する。

- ① 着想 ② 調査方法 ③ 努力度 ④ 慎重度 ⑤ 応用度 ⑥ 全体のとりまとめ

4 森林防疫奨励賞選考委員会委員

区分	氏名	所 属
委員長	大島克郎	林野庁森林保護対策室長
副委員長	山下秀勝	林野庁造林保全課課長補佐
委員	坂田政夫	林野庁造林保全課専門官
委員	森山忠一	林野庁研究普及課研究企画官
委員	高井 明	林野庁業務第一課課長補佐
委員	中山義治	林野庁林政課広報官
委員	田村弘忠	森林総合研究所森林微生物科長
委員	滝沢幸雄	森林総合研究所森林動物科長
委員	竹谷昭彦	森林総合研究所生物管理科長
委員	金子 繁	森林総合研究所樹病研究室長
委員	吉田成章	森林総合研究所昆虫管理研究室長
委員	三浦慎悟	森林総合研究所鳥獣管理研究室長
委員	泉総能輔	全国森林病虫獣害防除協会専務理事
委員	伊藤一雄	全国森林病虫獣害防除協会技術顧問
委員	北島英彦	全国森林病虫獣害防除協会事務局 長

(順不同、敬称略)

新刊紹介

農林水産省森林総合研究所
森林生物部長・農学博士

真宮 靖治編

執筆者

真宮靖治

鈴木和夫(東京大学農学部教授・農学博士)

古田公人(東京大学農学部助教授・農学博士)

由井正敏(農林水産省森林総合研究所東北支所保護部
長・農学博士)

森林保護学

A5判 viii+262ページ

定価4,120円

1992年3月20日発行

発行所 文永堂出版株式会社

東京都文京区本郷2-27-18

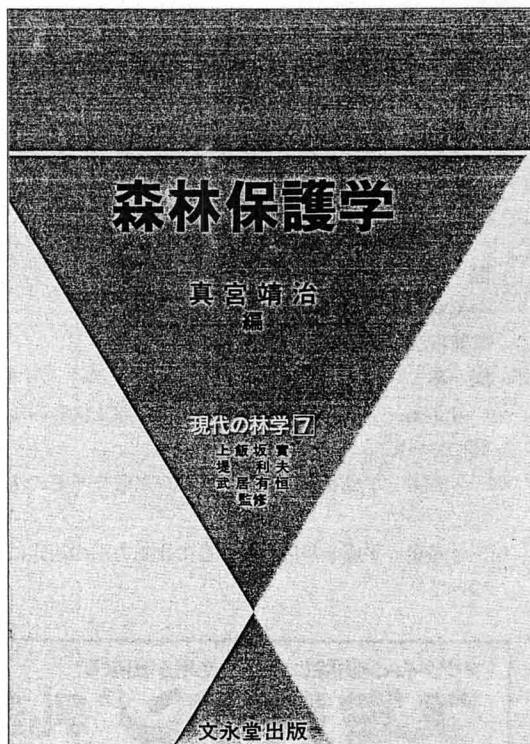
電話 (03) 3814-3321 (代表)

振替 東京0-114601

編者真宮博士は序文で「(いわゆる)森林保護学の……総括的……網羅的な構成をとることの限界を悟った。そこで本書では、特に森林生態系の構成要素である生物的要因の、生態系秩序維持におけるかかわりとそれらの機能の解明を中心課題としてとりまとめをはかった。構成としては樹病、昆虫、鳥獣の三分野からなっているが……日本の森林病虫獣害……の最も重要な位置をゆづることのない「松くい虫」問題との関連で、線虫を独立の章として取りあげた。また鳥獣の問題では、これを危害としての観点だけでなく、……森林における生活実態、つまり構造と機能に基づく保護・管理の問題としての論を展開させている。これらのことから、本書が成書としての「森林保護学」の中で新生面を開いたものといささか自負している」と述べているが、これは本書の特徴をほとんど余すところなく伝えており、画期的著書というにやぶさかではない。

本書の内容のごくあらましを目次によって次にかかげる。

- I 序論 (真宮)
 - II 樹木・森林の病害 (鈴木)
 - III 森林昆虫と樹木・森林の被害 (古田)
 - IV 樹木・森林とかかわる線虫 (真宮)
 - V 鳥獣の生態と管理 (由井)
- 主要参考図書
索引



本書は病・虫・鳥獣それぞれの最高権威者による執筆で、これら3分野が一書の中によくまとめられており、大学等における教材として最適であるのみならず、林業、林学および自然保護にたずさわる人々の知的欲求を満たす好著として広く紹介したい。

(全国森林病虫獣害防除協会技術顧問 伊藤 一雄)

協会記事

- 5 決議
- 6 表彰
- 7 閉会

平成4年度通常総会

訂正

平成4年7月30日(木)、コープビル(東京都千代田区内神田1-1-12)において、下記により当協会の通常総会が開催された。

林野庁造林保全課長ほかの来賓祝辞があり、大島森林保護対策室長ほか関係係官ならびに多数の会員が出席、きわめて盛会であった。

本誌第41巻第7号掲載、遠田暢男「中国における天敵昆虫アリガタバチを利用した松くい虫の防除」中、次の誤りがあったので訂正する。

P12、表-4のタイトル

誤 ……………ビャクシンカミキリ……………

正 ……………マツノマダラカミキリ……………

記

- 1 開会
- 2 会長挨拶
- 3 来賓祝辞
- 4 議事

- 第一号議案 平成3年度事業報告並びに収支決算の承認について
- 第二号議案 平成4年度事業計画並びに収支予算の決定について
- 第三号議案 平成4年度会費並びに支払方法の決定について

森林防疫 第41巻第9号 (通巻第486号)

平成4年9月25日 発行 (毎月1回25日発行)

編集・発行人 佐藤清吉

印刷所 松尾印刷株式会社

東京都港区虎の門 5-8-12 ☎(03)3432-1321

定価 600円 (送料共)

年間購読料 6,000円 (送料共)

発行所

〒101 東京都千代田区内神田1-1-12(コープビル)
全国森林病虫獣害防除協会
電話 東京 (03) 3294-9719番
振替 東京 8-89156番

マツクイムシ防除に多目的使用が出来る

スミパイン® 乳剤

マツクイ虫被害木伐倒駆除に

パインサイド® S 油剤C 油剤D

スギ林などのスギカミキリ(材質劣化害虫)被害の予防に

スギバンド®

松枯れ防止樹幹注入剤

グリーンガード®・エイト

林地用除草剤

ザイトDJ* 微粒剤



サンケイ化学株式会社

〈説明書進呈〉

本社 〒890 鹿児島市郡元町880番地
 東京本社 〒101 東京都千代田区神田司町2-1神田中央ビル
 大阪営業所 〒532 大阪市淀川区西中島4丁目5の1新栄ビル
 福岡営業所 〒812 福岡市博多区博多駅東2丁目17番5号モリメンビル

TEL (0992) 54-1161
 TEL (03) 3294-6981
 TEL (06) 305-5871
 TEL (092) 481-5601