

ISSN 0289-5285

林業と薬剂

No. 110 12. 1989

社団法人 林業薬剂協会



ブナアオシャチホコ

鎌田 直人*

目次

ブナアオシャチホコ.....鎌田 直人 1

マツ材線虫病の発病機構.....黒田 慶子 9

林業害虫に対する昆虫寄生性線虫応用の可能性.....小河 誠司 16

〔新刊紹介〕 松枯れの防除と対策..... 22

●表紙の写真●

シイタケ害菌防除試験（菌床栽培）
風景

はじめに

ブナアオシャチホコは、北海道南部や東北地方のブナ林でしばしば大発生をくりかえしてきた。本種が大発生すると、ときには数千haにわたりブナの葉が食いつくされてしまうこともある。我国の森林害虫の中でも、ブナ林のような天然林で、これほどの大面積にわたって大発生する種は、本種を置いて他にない。それにもかかわらず、生活史に関する記載以外は、大発生が終息する過程が断片的に調べられているだけで、本種の個体群動態に関する研究はほとんど行われていなかった。いっぽう、東北地方においてブナは森林面積・材積ともに多く、林業上重要な樹種であるとともに、ブナ林は観光資源としても、また、水土保持上も重要な役割を担っている。1985年より林業試験場東北支場（当時）昆虫研究室では、本種の生態を解明し、発生予察体制を確立することを目的として研究を開始した。本報では、その結果得られた知見を含め、過去数回の大発生時の調査結果をもとに、ブナアオシャチホコの紹介をしたい。

分類・分布・形態

ブナアオシャチホコは鱗翅目シャチホコガ科 (LEPIDOPTERA; Notodontidae)に属し、学名は *Quadricalcarifera punctatella*(MOTSCHULSKY)である。ブナ、イヌブナを食樹とするのでその分布に一致し、北海道南部、東北・中部地方の山地、四国・九州地方の高山におよぶ⁶⁾。

成虫は開帳33~43mmの中型の蛾で、ブナの樹幹に似た灰白色をしている(写真-1)。一般に雌は雄よりも淡色で白っぽく、サイズも大きい。体色や体サイズは変動が大きいため雌雄の判定に用いることはできない。雌雄の判定は触角によって容易に可能である。すなわち、

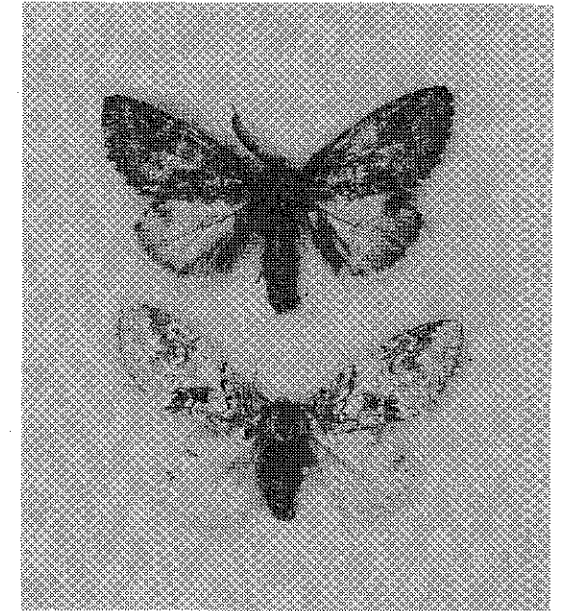


写真-1 ブナアオシャチホコの成虫
(上:雄, 下:雌)

雄の触角は羽毛状に近い櫛歯状で櫛歯が長いのに対し、雌の触角は櫛歯状で櫛歯が短い(写真-2)⁴⁾。

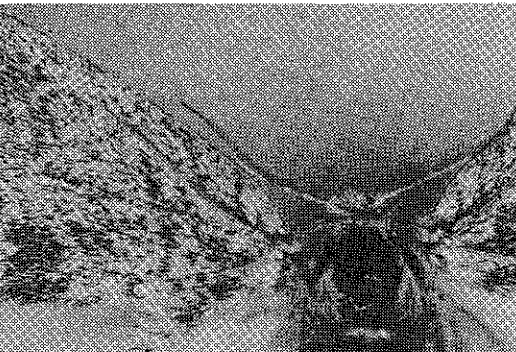
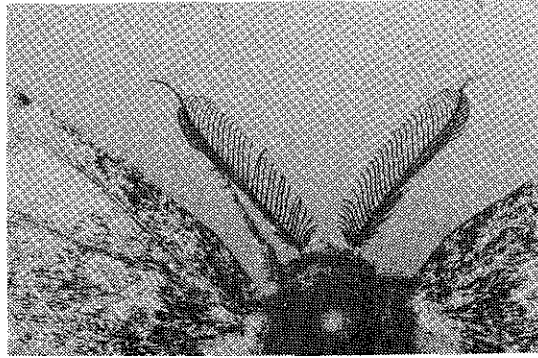
卵は、直径1mm前後の円盤型をしており、産下直後は黄色で、時間が経過するにしたがって赤味を帯び、赤灰色から孵化直前には黒灰色になる。

終齢幼虫は、黄緑~緑色。頭部は丸型で縦線を欠く。前胸前縁は黄色環となり、背線は2本の白線、その間に青または赤線がある。亜背線も明瞭で刺毛の基部は黄色となる。同属のアオシャチホコ *Q. japonica* NAKATOMI に似ているが、ブナアオシャチホコは各節に横線は現れず、側面の斜帯もでない。老熟すると体全体が赤味を帯びる³⁾。

大発生の記録

ブナアオシャチホコは古くは「ベナシャチホコ」,「ブ

*農林水産省森林総合研究所東北支所保護部 KAMATA Naoto



写真一 雄によるブナアオシャチホコ成虫の触角の違い(上:雄, 下:雌)

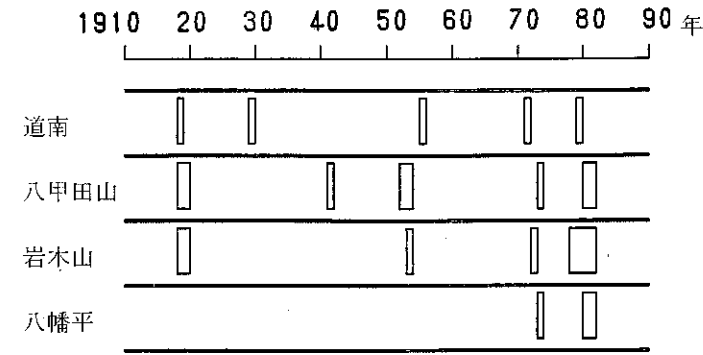
ライヤシャチホコ」,「ブナシャチホコ」などの名前で、大発生についての記載がみられる³¹⁾。

本種の大発生の最初の記録は、1917年に栃木県日光および神奈川県下に発生したものである。つづいて1918~19年には、北海道南部の御料林江差出張所の管内、および青森県の岩木山、八甲田山に発生している。その後1929年に北海道南部の渡島半島で記録的大発生があったほか、八甲田山、岩木山など北海道南部や東北地方でしばしば大発生を繰り返してきた(表一)³⁷⁾。道南地方と東北北部における本種の大発生の記録をまとめたのが図一である。記録がないものもあるが、だいたい8年から10年くらいの間隔で起こっていること、また、多くの地域で大発生が同調的に起こっていることがわかる^{31),32)}。

前回の発生は、記録に残っているうちでは最大規模のものであった。すなわち、1978年に岩木山で大発生したのを皮切りに、翌1979年渡島半島および岩木山、つづく1980年には八甲田山のほか岩手県雫石町で、1981年には岩木山、八甲田山のほか、秋田・岩手両県にまたがる八幡平から福島・山形県境の飯豊山系に達する東北地方

表一 ブナアオシャチホコの大発生の記録

発生年	発生地	被害面積	発生年	発生地	被害面積
1917	栃木県日光中禅寺湖畔	300	1980	青森県青森市, 十和田湖町(八甲田山)	1,945
	神奈川県	1,000		岩手県雫石町	1,000
1918	北海道江差出張所(上ノ国事業区)	不明		岐阜県萩川村, 白川村	2,408
1918~19	青森県弘前, 鯉ヶ沢署(岩木山)	1,200	1981	青森県青森市(八甲田山)	1,393
	// 青森, 黒石署(八甲田山)	87		// 弘前市(岩木山)	100
1929	北海道江差出張所(館, 上ノ国事業区)	18,000		岩手県松尾村, 西根町, 滝沢村, 雫石町, 葛巻町, 岩泉町, 川井村, 大迫町, 東和町, 花巻市, 金ヶ崎町	8,154
1941	青森県青森署(八甲田山)	不明		秋田県鹿角市(八幡平), 仁賀保町, 矢島町	1,420
1952	// 青森, 黒石署(八甲田山)	8,000		山形県米沢市, 長井市, 飯豊町, 西川町, 朝日町, 大江町	585
1953	// 青森署(八甲田山)	1,000		福島県楡枝岐村, 北塩原村, 盤梯町, 郡山市	1,409
	// 弘前署(岩木山)	100		群馬県水上町	241
1955	北海道上ノ国村(江差署)	5,000		新潟県湯沢町, 鹿沢町, 六日町	1,721
1962	宮城県大和村	1,500		長野県栄村, 白馬村, 小谷村	253
1964	山形県	不明		岐阜県萩川村	20
1971	北海道島牧村	//		富山県朝日町	141
1972	青森県岩木村(岩木山)	10		福井県敦賀市	9
1973	// 青森市(八甲田山), 碓ヶ関村	1,018			
1974	科田県田沢湖町(八幡平)	30			
1978	青森県岩木町, 鯉ヶ沢町(岩木山)	343			
1979	// // // (//)	392			
1979	北海道八雲町, 厚沢部町, 今金町, 乙部町	11,665			



図一 北海道南部から東北地方北部におけるブナアオシャチホコの大発生の記録

の奥羽山系のいたるところ、さらには新潟から長野・岐阜・富山・福井の中部地方の各県でも大発生がみられた。とくに道南地方では被害面積が10,000haを超える空前の大発生であった³⁷⁾。

生活史と生態

本種の化性については記述がまちまちであり、年1化とするものと年2化とするものがある^{6),26),34)}。八甲田山や八幡平のブナ林に設置した糞トラップに落下する本種の糞の消長が明らかに一山型であること、また、盛岡市の森林総合研究所東北支所構内のブナに袋掛けを行い飼育した結果、1年でもっとも昼の長い時期に幼虫期を経過したのにも関わらず、蛹は休眠し年1化であったことから、少なくとも東北地方北部では年1化であるといえる¹⁶⁾。しかし、本種の臨界日長が15.5時間と16時間の間にあり、それよりも短日条件下では蛹は休眠するが、それよりも長日条件下では蛹は休眠しないことから⁴⁾、南

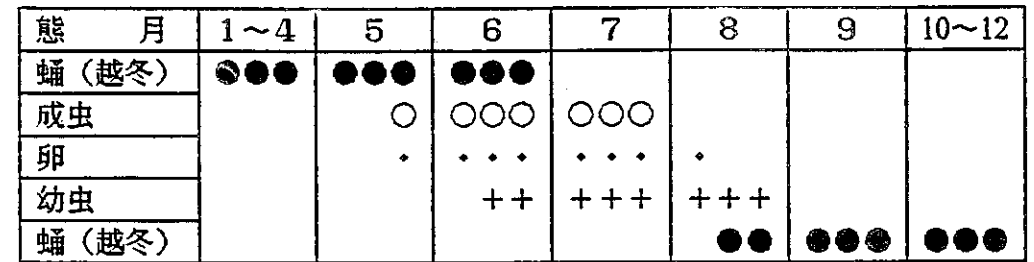
の地方では年2化を経過している可能性もある。

本種の東北地方北部における生活史の概略は以下の通りである(図一2)。

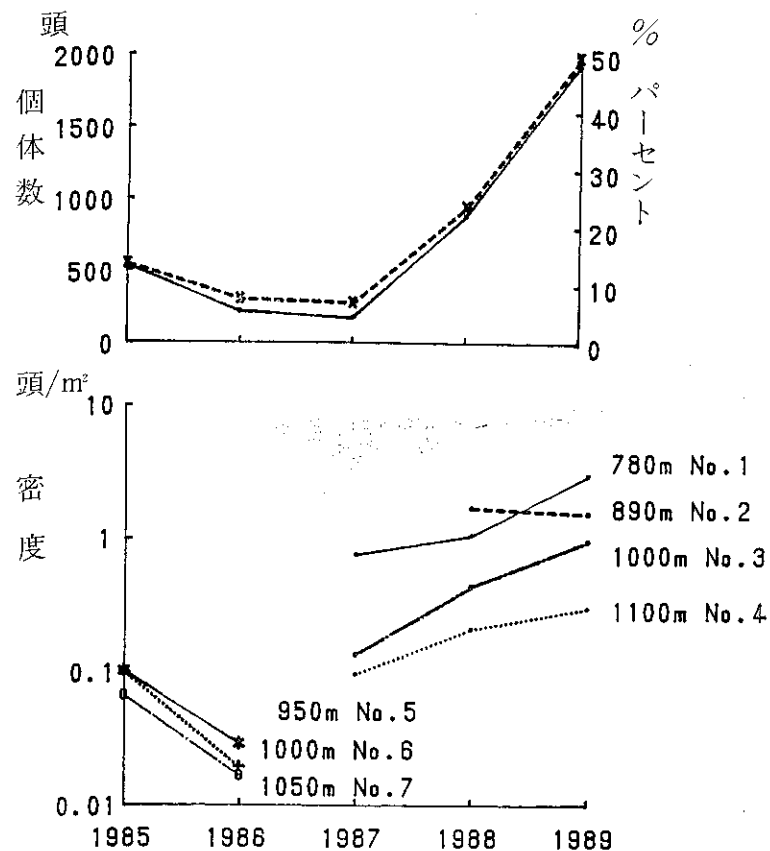
誘蛾灯を使ったモニタリングによると、成虫の出現時期は5月下旬から8月上旬の非常に長い期間にわたるが、最盛期は6月中~下旬にある^{4),12)}。盛岡市の森林総合研究所東北支所構内で越冬した蛹を羽化させると、羽化期間は1カ月以上におよんだ¹⁴⁾。したがって、野外で成虫の出現期間が非常に長い原因は、個体によって羽化にばらつき

があるうえに、地形等の条件によって気温や融雪時期に変動が大きいことが加わるためと考えられている。誘蛾灯で捕獲される雌は雄に比べて非常に少なく、1953~54年八甲田山で大発生した際の調査では1:20、1985年八幡平後生掛温泉で平常年に調査した結果では1:50もの開きがみられた^{3),12)}。雌はある程度産卵してから、誘蛾灯に飛来する¹⁵⁾。また、羽化は薄暮から始まり夜半過ぎまでにはほとんどの個体が羽化する¹⁴⁾。羽化のピークは午後9時から0時頃である。羽化当夜に産卵する雌個体は少なく、ほとんどの個体は羽化の翌日から産卵を開始する¹⁴⁾。

本種はブナの葉の裏側に1層の平面状の卵塊単位で産卵を行う。雌の産卵数は体サイズ、とくに羽化時の体重と強い関係があり、重い個体ほど産卵数が多い¹⁵⁾。1973年八甲田山で大発生したときに採集した蛹を室内で羽化させた雌の産卵数は358(S.D.=123, MAX=527, MIN=167)であった³⁾。1卵塊あたりの卵数は羽化後は



図二 ブナアオシャチホコの生活史



図一 秋田県八幡平地方におけるブナアオシャチホコの個体群動態
 a: 誘蛾灯による捕獲成虫数の変動
 —: 6月中の捕獲数の多い日10日の合計捕獲数(左軸)
 …×…: 6月中の捕獲数の多い日10日の捕獲された鱗翅目に対する個体数の割合(右軸)
 b: 終齢幼虫の密度変動

多く、日数が経過するにしたがって少なくなる。飼育個体によると、1頭あたりの産下卵塊数は8.4(S.D.=3.1)、1卵塊あたりの平均卵数は25.7(S.D.=24.3)であった¹⁵⁾。一方、1974年八幡平での野外調査によると、1卵塊あたりの平均卵数は53.5(S.D.=42.9, MAX=169, MIN=9)であった³⁾。

卵の孵化限界低温度は9.4℃、孵化までの有効積算温度は77日度である。すなわち、10日(17℃)~15日(15℃)で孵化するが、温度が高くなれば5日ほど(25℃)で孵化する⁴⁾。実際に野外では孵化まで10~15日ほどを要する。

孵化した幼虫はブナの葉の表側にまわり、頭を外側に

して円形に集まり集団で葉の表面をなめるようにかじって摂食(舐食)する²⁰⁾。本種の卵・幼虫期を通して、葉の表側で生活するのは1齢幼虫期のみである⁷⁾。また、集団で舐食するため、1枚の葉では足りずに何回か移動する。したがって、半径1m位の範囲内に特徴のある食痕が何枚も残る。この食痕を利用すれば、1齢幼虫の野外での密度レベルを推定できる¹⁹⁾。

生長した1齢幼虫は、葉の裏側にまわり集合して脱皮を行う。以後、蛹化するまで葉の裏側で生活する。2齢幼虫以降は葉全体を摂食する。2齢幼虫もやはり群生する。3齢に脱皮してもしばらくは集合性を示すが、野外では死亡が起こるため、低密度時に3齢幼虫の集団を見かけることはあまりない。3齢中期頃から集合性を示さなくなり単独生活をするようになる⁸⁾。しかし、室内でいろいろな発育段階のものを混ぜて飼育すると、3齢中期以降の個体のまわり

に若令の集団ができることから、積極的に避け合っているのではないといえる。大発生した際などは、集団が互いに混ざり合うため、このように発育段階の異なる個体の集団がみられる。

3回ないし4回脱皮すると終齢幼虫となる⁴⁾。落下糞消長を調べると、終齢幼虫の糞は7月下旬から落下するようになり、ピークは年や場所によって異なるが、だいたい8月前半にある¹⁶⁾。そして、8月25日を過ぎるとほとんど落下しなくなる。終齢幼虫は老熟すると摂食を停止し、土中にもぐり蛹化する。老熟した幼虫は樹幹をはい降りるものと考えられてきたが³⁾、落下糞を受ける布トラップには老熟幼虫がかなり入るのに対し、

樹幹に巻いた蛹化トラップには捕獲されていないことから、老熟幼虫は樹冠から落下して土中にもぐるのはないかと考えられる(未発表)。

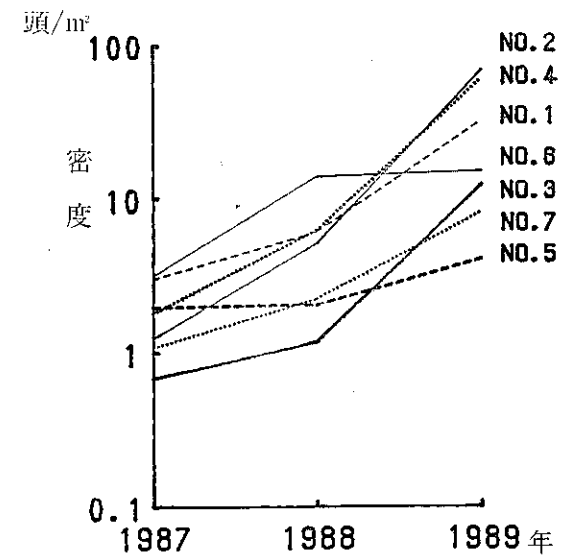
蛹は土中で越冬し、翌年羽化する。

個体群動態

1. 平常密度時の生態

いったん大発生すると、葉を食いつくすほどの密度になるにもかかわらず、低密度時には幼虫を探すのも困難なほどに密度が低い。林内に設置した布製のトラップに落下した糞数から終齢幼虫の密度を推定する方法によって¹⁰⁾、かつて大発生のみられた秋田県八幡平後生掛温泉付近で1986年から個体群動態を調査した結果を示した(図一3)¹⁷⁾。1980~81年の大発生では被害地は標高900~1,100mに位置していた。調査地域全体としては、1986年に幼虫密度がもっとも低くなり、その後、増加に転じている。また、後生掛温泉に設置したライトトラップで捕獲された成虫数では、1987年にもっとも少なくなり、全体としてはまったく同じ傾向を示している。終齢幼虫の密度を標高との関係と比較してみると、前回の発生時には微害であった標高の低い調査地(780mおよび890m)で密度が高く、大発生地帯である標高1,000mと1,100mの地点では密度が低くなっている。密度レベルを比較すると、もっとも密度の低い標高1,100mの地点と最も密度が高い標高780m地点では10倍以上の違いがみられた。このように、かつて大発生のみられた所で密度が低く、それよりも標高の低い地域で密度が高い現象は、本種の個体群動態を明らかにするうえで非常に興味深い。ちなみに、終齢幼虫の密度が最低だった1986年に、もっとも密度が低かった標高950mの調査地での終齢幼虫の総密度(シーズンを通しての合計密度)は0.017頭/m²であった。

平常密度時には、卵期間の死亡は比較的少ないものの(9.3%)、1齢と2齢期間に大きな死亡が起こり、2齢期間までに初期個体数の約90%が死亡していた²⁰⁾。1雌あたりの産卵数を300として計算すると、翌年も同じ密度レベルになるためにはそのうちの2頭が生き残ればよく(死亡率99.3%)、もし、10倍ずつ密度が増えていると

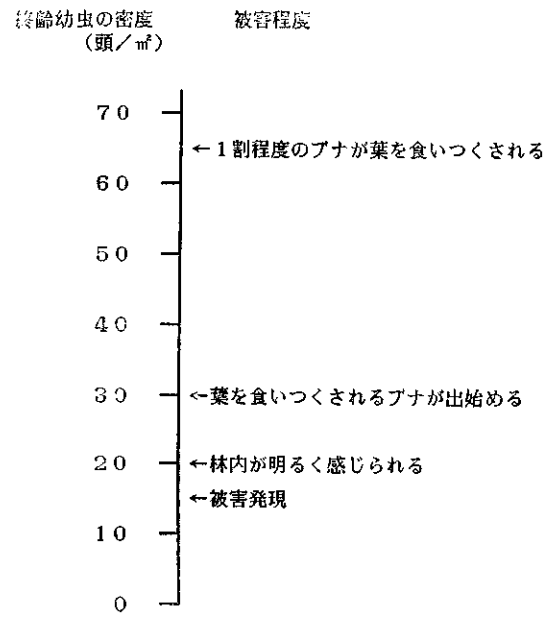


図一 青森県八甲田山におけるブナアオシャチホコ終齢幼虫の密度変動

すれば20頭生き残ることになるので死亡率は93.3%となる。いずれにせよ死亡率全体の中で初期死亡率がかなり大きいことに間違いはないが、このことは必ずしも初期死亡が個体群動態を決定するうえで重要であるということではない。死亡要因としては、卵期には寄生蜂クロバチ科とトビコバチ科の種が1種ずつの計2種、幼虫期にはやはり寄生蜂として、*Microplitis* sp. (コマユバチ科)、*Eulophus larvarum* Linnaeus (ヒメコバチ科)、チビアメバチ亜科(ヒメバチ科)の種(未同定)が確認されている。また、卵や若齢幼虫の集団をアリガタハネカクシが、また、幼虫をクモが捕食しているのが確認されている。しかし、低密度時における幼虫期の死亡の大部分は死亡要因を特定できない。

2. 密度の増加と被害の発現²⁴⁾

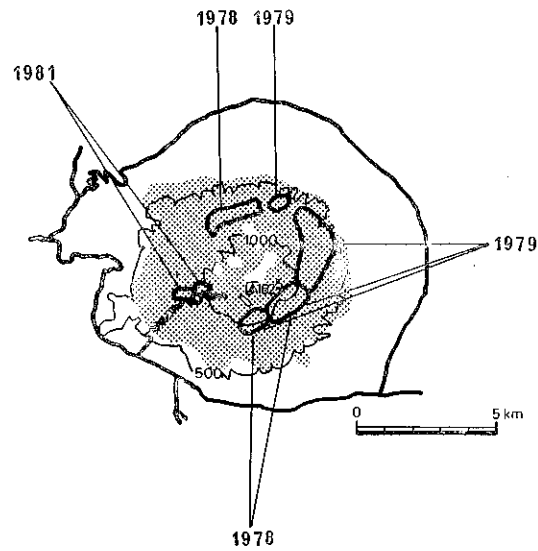
青森県八甲田山でも同様の密度調査を行っているが、八幡平地域よりも1ないし2世代分ほど密度レベルが高い(図一4)。1988年にはNo.6の調査地で密度の急激な増加がみられた。このときの終齢幼虫の総密度は13.7頭/m²であったが、外見からは食害はわからなかった。1989年にはさらに密度が増加した。7月31日にはNo.2とNo.4



図一五 ブナアオシャチホコの終齢幼虫の密度と被害程度の関係

で被害がわかるほどになった。No.2では全体的に着葉量が減少して林内が明るく感じられるようになったが、そのときの累積密度(その時点までの合計密度)は19.4頭/m²であった。No.4では累積密度が36.4頭/m²に達し、数本のブナは葉を食いつくされた。最終的な総密度は、No.2で68.0頭/m²、No.4で60.2頭/m²に達し、本数で1割程度のブナが葉を食いつくされた。これは、大発生時の微害に相当する。これらの結果から、終齢幼虫の密度と被害発現との関係をまとめたのが図一五である。林分構造によって多少のずれはあるが、終齢幼虫の密度が15頭/m²くらいから食害が被害として認められる。30頭/m²くらいから小さな木では葉を食いつくされるものも出始め、60頭/m²くらいで約1割の木が葉を食いつくされる。これらのことから、大発生時の激害地における終齢幼虫の密度は200頭/m²前後ではないかと推定される。したがって、もっとも密度の低かった1986年の0.017頭/m²に比べると約10,000倍もの密度差がある。

以上、八幡平と八甲田山での密度調査の結果をみると、本種は低密度の状態から徐々に個体群密度が増加して大発生にいたる漸進大発生型を示している。



図一六 ブナの分布(網掛け)とブナアオシャチホコの大発生地域(白抜き)
(1978~81年:青森県岩木山)

3. 大発生と終息

被害地の標高は地域によって異なるが、標高差約200mの帯状に被害が発生する。大発生は同一箇所では2~3年で終息するが、被害地が年々移動する現象がみられる(図一六)。一地域での被害面積は数百~数千haにおよび、ときには10,000haを越えることもある。

大発生時の幼虫の密度は調査されていないが、蛹の密度は20~40頭/m²という記録がある^{5),37)}。

大発生すると幼虫が葉を食べる音や、糞の落下する音が雨の音のように聞こえる。ブナの葉は食いつくされてしまうため、多くの幼虫が餌不足によって餓死し、地表には死骸が散乱する。カラスやエナガなどが集まってきて幼虫を捕食したり³⁵⁾、幼虫や蛹を捕食するクロカクビロオサムシ *Calosoma maximowiczi* MORAWITZ の個体数が増加する。また、大発生が終息する際にサナギタケ *Cordyceps militaris* LINK の寄生があり、密度低下に大きな役割を果しているようである。

クロカクビロオサムシは、鞘翅目オサムシ科に属する中型の甲虫で、成虫は樹上や地表でブナアオシャチホコの幼虫を、幼虫は地表や落葉層中でブナアオシャチホコの幼虫や蛹を捕食する⁵⁾。本種はおもにブナ帯で生活す

る種であるが、通常はほとんど見つかることのできないほど生息密度が低い。しかし、ブナアオシャチホコの大発生時には個体数が増加し容易に捕獲できるようになる^{2),23),27),28),32),33),36)}。土中に設置した落とし穴式のトラップで調査した結果では、クロカクビロオサムシの捕獲消長はブナアオシャチホコ終齢幼虫の発生消長とみごとに同調しており^{22),28)}、また、成虫の捕獲頭数は前年および当年のブナアオシャチホコ終齢幼虫の密度と正の相関が、幼虫の捕獲頭数は当年のブナアオシャチホコ終齢幼虫の密度と正の相関がみられた²³⁾。これらのことから、クロカクビロオサムシは餌の大部分をブナアオシャチホコ終齢幼虫に依存しており、ブナアオシャチホコ終齢幼虫の密度に反応して成虫が集まってくることで、それがその場所で繁殖することにより、ブナアオシャチホコの密度増加ともなって急速に個体群を増大させるものと考えられる。

サナギタケ菌は不完全菌の1種で、やはりブナアオシャチホコが大発生したとき以外はほとんどみることのできない種である。したがって、本種が野外でどのように生活し種を維持しているかはいまだ不明である^{29),30)}。ブナアオシャチホコが大発生した際の本種の寄生率は非常に高く、1979年岩木山の調査では蛹の90%以上が本種の寄生によって死亡していた⁵⁾。卵や幼虫期にも上にあげたような様々な要因で死亡が起こり、そのうえで生き残った9割以上が死亡するのであるから、サナギタケ菌がブナアオシャチホコの大発生の終息に果たしている役割は大きい。

大発生後に起こったブナの大量枯死

一般に、食害性昆虫の食害によって広葉樹が枯死することはほとんどなく、本種の場合も大面積にわたって被害が発生するにも関わらず、ブナが枯死したという例はほとんどなかった。ところが、1985年青森営林局黒石営林署管内において、ブナアオシャチホコの食害が原因とみられる大量枯死がみられた^{9),18)}。

被害箇所は、八甲田山系下岳(1,342m)の西麓に位置するブナが優占種の天然林で、林令100~110年、傾斜10~20度の西向き斜面である。被害は標高約900~1,050

mにはほぼ等高線に沿って帯状に発生した。被害面積は約100ha、本数被害率は被害地平均で47%、被害材積は約10,000m³におよんだ。

被害地域は1982年7月に280haにわたりブナアオシャチホコが大発生した地域の周辺に位置している。1984年夏に、着葉の少ない梢枝が被害地一帯に遠望された。同年9月に現地調査したところ、着葉数は少ないがまだ枯死には至っていない。しかし、翌1985年の調査では、枯死木が多数確認された。枯死に至っていないものも含め、被害木の多くにヌメリツバタケモドキ *Oudemansiella venosolamellata* (IMAZ. et TOKI) IMAZ. et HONGO やハナビラニカワタケ *Tremella foliacea* Fr. の子実体が発生していた。両種とも健全木に寄生することはなく、枯死木あるいは衰弱木に寄生し、子実体は枯死した部位から発生する。被害地付近では1982年夏にブナアオシャチホコが大発生した後、1983年5月下旬に季節はずれの降雪があり、新葉全面が損傷を受けた。その後も、1984年春の異常な寒波のために寒風害を受け、1985年5月にはまた季節はずれの降雪がみられた。大量枯死発生地域はブナアオシャチホコの1982年の被害地内に位置し、寒風害をうけやすい地形であるうえ、枯死樹種がブナに限られている。したがって、枯死の原因は、ブナアオシャチホコに食害され樹勢が衰えたところを、上に述べたような異常気象に連年みまわれたためと推測される。

おわりに

以上述べてきたように、ブナアオシャチホコは10,000倍もの振幅で密度変動を繰り返す典型的な漸進大発生型の森林害虫である。しかし、個体群動態などまだまだ不明な点が多い。今後は、これら不明な点を解明し、発生予察技術を確認するとともに、他の被害との複合害の予測やその予防方法を模索していく必要がある。

引用文献

- 1) 江崎悌三・一色周知・六浦晃・井上寛・岡垣弘・緒方正美・黒子浩(1958) 原色日本蛾類図鑑(下), 保育社, 303pp.
- 2) 藤井恒(1982) 青森の虫たち 第3回, 広島虫の会

3) 五十嵐正俊 (1975) ブナの食葉性害虫ブナアオシヤチホコ, 林試東北支場たより, 162, 1-4

4) 五十嵐正俊 (1982) ブナアオシヤチホコの生態, 日林東北支誌, 34, 122-124

5) 五十嵐正俊・鈴木一生 (1980) 岩木山に大発生したブナアオシヤチホコ, ぞうりんあおもり, 175, 4-9

6) 井上寛・杉繁郎・黒子浩・森内茂・川辺湛 (1980) 日本産蛾類大図鑑, 講談社, 966+552pp.

7) 鎌田直人 (1987) ブナアオシヤチホコ 1 幼虫の摂食行動, 東北昆虫, 25, 16

8) 鎌田直人 (1988) ブナアオシヤチホコ幼虫の集合性 (予報), 応動昆虫大会講演要旨, 32, 117

9) 鎌田直人 (1988) ブナアオシヤチホコとブナ林の昆虫, 林試東北支場たより, 319, 1-4

10) 鎌田直人 (1988) ブナアオシヤチホコ幼虫の密度推定に関する研究 (I) —終齢幼虫の排糞経過—, 日林東北支誌, 40, 195-198

11) 鎌田直人 (1989) 森林昆虫の大発生と森林に与えるインパクト, 森林総研東北支所年報, 30, 58-62

12) 鎌田直人・五十嵐正俊 (1986) 誘蛾灯によるブナアオシヤチホコの誘殺結果, 第30回応動昆虫大会昆虫学会第46回大会共催大会講演要旨, 159

13) 鎌田直人・五十嵐正俊 (1987) ブナアオシヤチホコの令型について, 応動昆虫大会講演要旨, 31, 130

14) 鎌田直人・五十嵐正俊 (1989) ブナアオシヤチホコの生態 (II) —成虫の羽化・交尾・産卵について—, 日林東北支誌, 41, (投稿中)

15) 鎌田直人・五十嵐正俊・五十嵐豊 (1988) ブナアオシヤチホコの産卵数と体サイズの関係—飼育結果と誘殺個体群への適用—, 日本林学会大会講演要旨集, 99, 118

16) 鎌田直人・五十嵐正俊・五十嵐豊 (1988) ブナアオシヤチホコ幼虫の密度推定に関する研究 (II) —齢期間中の総排糞数を使った Southwood-Jepson 法の応用理論と野外での落下糞数による終齢幼虫の密度推定—, 日林東北支誌, 40, 199-202

17) Kamata N., Igarashi M. and Igarashi Y. (1989) Elevation changes Beech Caterpillar (*Quadriclaria punctatella*) population., Protection of Forest in Northeast Asia (IUFRO), (投稿中)

18) 鎌田直人・五十嵐正俊・金子繁・菱谷文雄 (1989) ブナアオシヤチホコの食害に伴うブナの大量枯損とその後の経過, 森林防疫, 38, 145-146

19) 鎌田直人・五十嵐豊 (1988) ブナアオシヤチホコ幼虫の密度推定に関する研究 (III) —1 齢幼虫の食痕枚数と幼虫の平均個体数との関係—, 日林東北支誌, 40, 203-204

20) 鎌田直人・五十嵐豊 (1989) 低密度期におけるブナアオシヤチホコの卵・幼虫期の死亡の起こり方, 日本林学会大会講演要旨集, 100, 145

21) 鎌田直人・五十嵐豊 (1989) ブナアオシヤチホコ幼虫の密度推定に関する研究 (IV) —終齢幼虫の密度と信頼限界およびトラップ設置数に関する考察—, 日林東北支誌, 41, (投稿中)

22) 鎌田直人・五十嵐豊 (1990) ブナアオシヤチホコの発生消長とクロカタビロオサムシの時空分布, 日本生態学会東北地区会報, 50, (投稿中)

23) 鎌田直人・五十嵐豊 (1990) 青森県八甲田山でクロカタビロオサムシを採集, 月刊むし, (投稿中)

24) 鎌田直人・五十嵐豊・舟越日出夫 (1990) 八甲田山におけるブナアオシヤチホコの被害について, 森林防疫, 39, (投稿中)

25) 鎌田直人・五十嵐豊・楨原寛・五十嵐正俊 (1989) ブナ林におけるブナアオシヤチホコとその他昆虫類の落下糞消長, 応動昆虫大会講演要旨, 33, 84

26) 中臣謙太郎 (1984) 蛾の幼虫の見分け方, ニューサイエンス社, 97pp.

27) 成田俊明 (1980) 7月29日岩木山について, TSU-GARU-KONCHU, 14, 2

28) 成田俊明 (1984) 岩木山のオサムシ (1), オサムシマップ, 13, 214-220

29) 小川睦・山家敏雄・横沢良憲 (1983) ブナアオシヤチホコに寄生するサナギタケ (*Cordyceps militaris* LINK) の生理的性質, 日林東北支誌, 35, 122-125

30) 小川睦・山家敏雄・横沢良憲 (1984) ブナアオシヤチホコに対するサナギタケ (*Cordyceps militaris* LINK) の接種試験, 日林東北支誌, 36, 229-231

31) 林業試験係 (1919) 「ぶな」, 「いぬぶな」林の害虫「べなしゃちほこ」に就て, 青森林友, 44, 1-2

32) 佐藤福男 (1982) 秋田県でクロカタビロオサムシ大発生, 月刊むし, 132, 39

33) 佐藤福男 (1983) クロカタビロオサムシ 3年連続の大発生, 月刊むし, 143, 34

34) 杉繁郎・山本光人・中臣謙太郎・佐藤力夫・中島秀雄・大和田守 (1987) 日本産蛾類生態図鑑, 講談社, 453pp.

35) 富樫一次 (1984) ブナを食害する蛾類, 蛾類通信, 129, 59-62

36) 山登明彦 (1982) 福島県南会津でクロカタビロオサムシを多数採集, 月刊むし, 134, 34

37) 山家敏雄・五十嵐正俊 (1983) ブナ林に大発生したブナアオシヤチホコとサナギタケについて, 森林防疫, 32, 115-119

マツ材線虫病の発病機構

—気体による通水阻害とその原因物質—

—黒田慶子*

1. はじめに

マツノザイセンチュウが侵入すると, 感受性のマツは関東以西では2~3ヶ月で枯死に至る^{6,8,16)}。樹木の他の病害に比べて非常に劇的な病徴進展であるため, 社会的にも大きな問題とされて来た¹⁰⁾。「マツノザイセンチュウはなぜマツを枯らすのか」という最終的な課題については, 長年にわたり議論が続いている。毒性物質や加水分解酵素が関与するという報告もあるが^{18,26)}, マツの大木を短時間で枯死させるような決定的な物質は見つかっていない。

本病の発病に, 気温の他に土壌や樹幹内の水分条件がかかわることはよく知られている^{6,23)}。夏季に雨が少ない年はマツ枯れの被害量が増加し¹¹⁾, またマツノザイセンチュウ (以下線虫) 接種後, 十分に灌水すれば発病が遅れると報告されている²³⁾。切通しの崖やトンネル出口の上側でマツが集団枯損しやすいこと, 本病により枯れたマツでは, 材が異常に軽くなっていることなど, 経験的に知られている事実も多い。

しかしながらマツ樹幹内の水不足 (通水阻害) は, 本病の発病—枯死にかかわる要因としては重要視されて来なかった。これは材の乾燥がマツの枯死の原因ではなくむしろ結果であると考えられたためであろう。田村らおよび筆者はこの点に注目し, 線虫接種木では, 木部樹液の上昇を阻害する現象が早期に起こるものと推定して, 発病との関連を明らかにするために一連の研究を行った^{12,13,15,25)}。その結果, 発病機構を説明できる知見をいくつか得たので仮説を含めてここに紹介したい。

2. 通水阻害の進行と病徴の進展

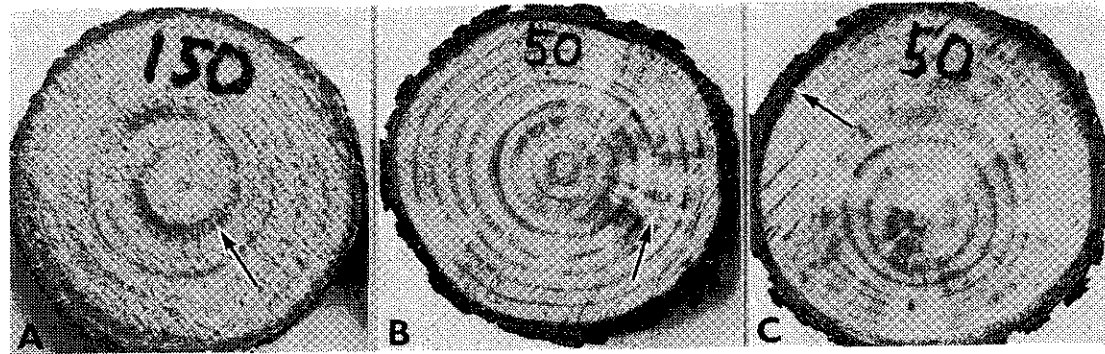
健全なマツでは根から吸い上げられた水は, 年輪に沿

って螺旋状に上昇する。木部の仮道管の壁孔が早材では放射壁にのみあるためである²⁰⁾。酸性フクシン (水溶性の色素) を健全なクロマツの根本から注入し, 木部樹液の上昇パターンを追跡した例を写真—1 Aに示す。ところが線虫 1万頭を接種したクロマツ (11年生) では, 接種 2 週間頃から色素が螺旋状に上昇しなくなる (写真—1 B)^{15,19,24,25)}。この通水の乱れは, 仮道管が一部機能しなくなり, 水が迂回して上昇するために起こったものである。通水阻害部分は色素に染色されず, 木口断面では放射方向に長い白線として認められる (写真—1 B, 矢印)。主幹の通水阻害部は徐々に拡大し, 接種 4 週間にはほとんど木口断面全体に広がって, 形成層に達する (写真—1 C)。そのころから形成層の壊死が開始する。

樹幹木部の含水率 (図—1, 説明参照) は, 通水阻害の開始する接種 2 週間後から局部的に低下し始めた (図—1)。木部内では単に水の流れが停滞しただけでなく, 水分量が減少していることがわかる。このような含水率の低下や, 顕微鏡観察の結果など (写真—2) から, 通水阻害部には気体が充満していることが明らかになった¹⁵⁾。これは仮道管のキャピテーションあるいはエンボリズム (空洞化, 気体による水の排除) と呼ばれる現象である^{4,21,29)}。エンボリズムは「血管に気泡などが入る現象」を示す医学用語から流用されている²¹⁾。接種 4 週間後には, 木部含水率は健全木の約 3分の1に低下した (図—1)。樹幹の水分がどの程度減少すると樹木が枯死するのか, 研究例は少ないが, マツ属の場合, 辺材は含水率が 65~85% (正常な個体では 150~200%, 図—1 対照試料) になると機能しなくなると報告されている¹⁾。従って接種 4 週間後, 形成層の壊死が始まるころには, 木部の水分量はマツの生命維持に足りないことになる。

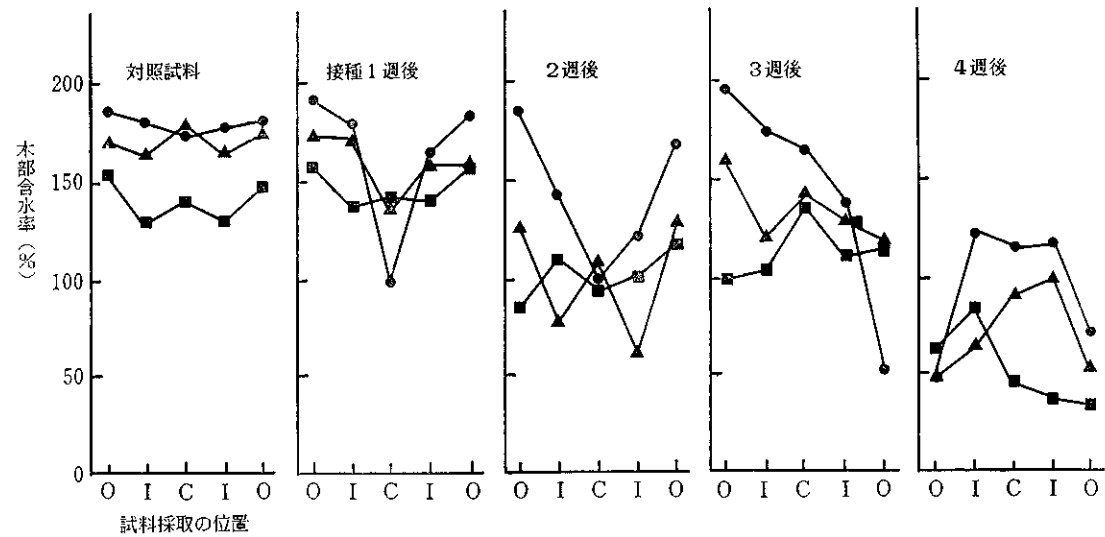
樹脂道から周囲の仮道管への樹脂の漏れは, 通水阻害

*農林水産省森林総合研究所関西支所 KURODA Keiko



写真一 マツノザイセンチュウを接種したクロマツ（11年生）における通水阻害の進行

- A) 線虫未接種の対照試料，樹幹木口断面。水溶性色素が螺旋状に上昇（矢印）。
 B) 線虫接種3週後，白色の通水阻害部（矢印）が肉眼で認められる。
 C) 接種4週後，通水阻害部が拡大し，形成層（矢印）が壊死。



図一 マツノザイセンチュウを接種したクロマツ（11年生）樹幹の水分分布

試料採取の高さ：■ 50cm, ▲ 150cm, ● 250cm。
 円盤上の試料の位置：○；円盤の外側，I；内側，C；中央部。
 含水率 = $\frac{(\text{材生重量} - \text{乾燥重量})}{\text{材乾燥重量}} \times 100\%$

がかなり進行した段階でも狭い範囲に限られている。以前にも指摘したが¹⁴⁾、「仮道管に詰まった樹脂が水の流れをせき止める」影響は小さく、ほとんど無視できる程度と考えられる。

表一に本病の典型的な病徴進展を示すが、線虫侵入後、最初の病徴が通水阻害つまり仮道管のキャビテーションの開始である。樹脂流出量の低下（目打ちによる剥皮検査）も初期の病徴とされるが^{7,8)}、これは含水率の

低下に伴って樹脂生成が活発でなくなった結果ではないかと考えられる。

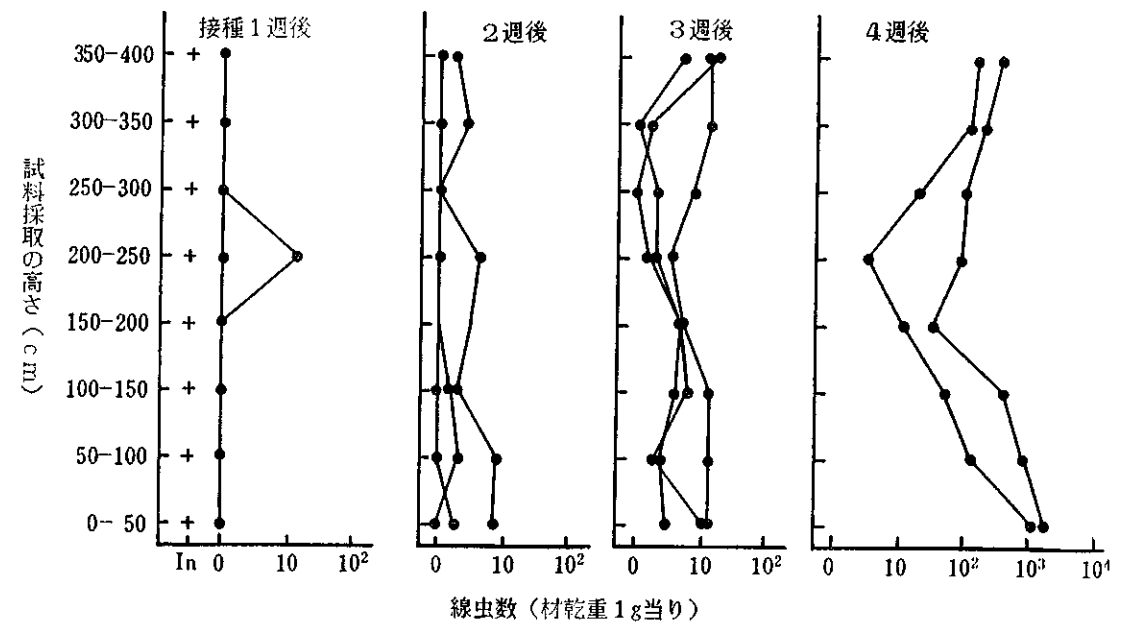
このような状況から、マツ材線虫病の発病-枯死機構解明のためには、通水阻害すなわちキャビテーションを起こす物質を明らかにする必要があると判断した。

3. 線虫の分散・増殖

線虫は接種後しばらくは、樹幹内の分布がごく少数で

表一 クロマツ（11年生）におけるマツ材線虫病の病徴進展

接種後の日数(週)	病徴その他の現象
1	線虫の樹幹全体への分散（据置法により検出可能）
2	木部樹液上昇の乱れ キャビテーションの開始（放射方向の白線） 木部含水率の局所的低下 接種枝師部の部分的壊死
3	旧葉の変色 接種枝師部の壊死（根本まで） キャビテーションの部位の拡大と含水率の低下
4	線虫数の急激な増加 キャビテーションの形成層までの拡大 辺材の乾燥（含水率が健全木の3分の1に低下） 主幹形成層・師部の壊死 ↓ 枯死



図二 線虫の樹幹内分布（11年生クロマツ）

●；試料採取直後の分離による線虫数
+；据置法（In）による線虫の検出

あり、据置法（室温で1ヶ月培養）でなければ検出されない（図二）。接種後の線虫の分散が速いことは知られているものの⁹⁾、あまりに少数であるため、線虫の移動・摂食によるマツの細胞の破壊そのものは発病には直接影響しないとして、近年は注意が向けられなくなった⁶⁾。しかし据置法によると、線虫は通水阻害が開始する

前、接種1週後にはすでに樹幹全体に分布しており、この時期の活動がマツの細胞生理に影響しないとは断定できない。線虫が急増して1000頭/g（木部乾重）に達するのは、マツの枯死が確定的になる接種4週後頃で（図二）、この時期の線虫の活動が発病の原因でないことは周知の事実である^{15,25)}。

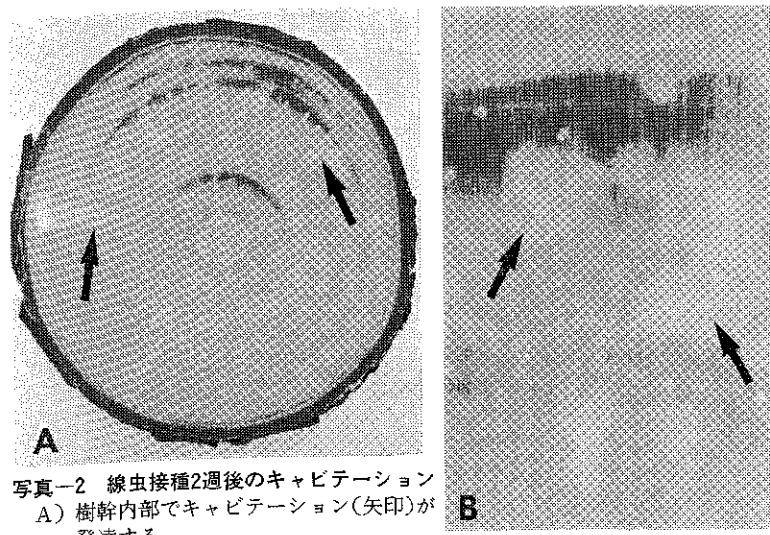


写真-2 線虫接種2週後のキャビテーション
A) 樹幹内部でキャビテーション(矢印)が
発達する。
B) 実体顕微鏡によるキャビテーション部
位の拡大(矢印)。

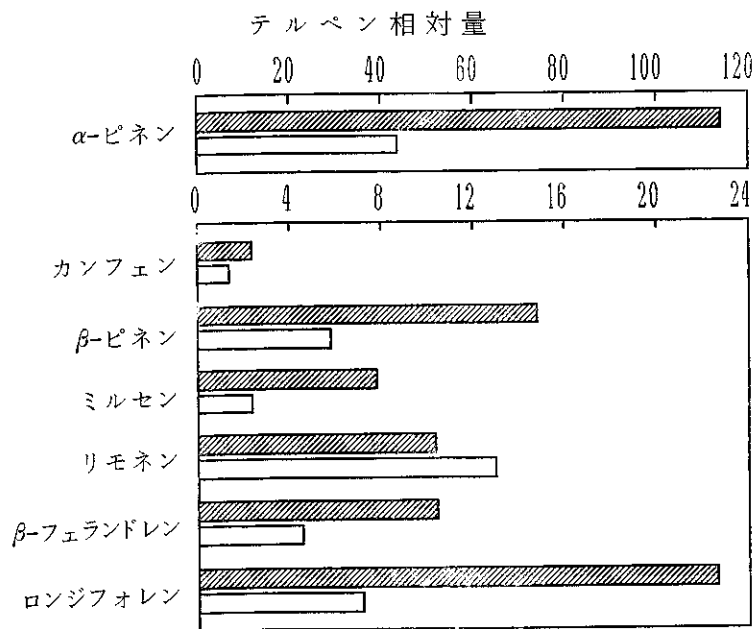


図-3 線虫接種2週後のクロマツにおけるテルペン類の増加
▨ 線虫接種試料 □ 対照試料

4. 仮道管キャビテーションの原因物質の究明
気体による通水阻害を想定する場合に最大の問題点
は、「キャビテーション部分に含まれる気体がどこから
来たか」である。木部に達する傷の形成がなければ、樹
幹外の空気が材内に導入されるとは考えにくい¹³⁾。マツ
材線虫病では、キャビテーションは樹幹の内部で発達し

ている(写真-2 A)ことから、
気体が樹幹の内部で生成すること
もありそうだと考えた。また、通
水阻害部は色素に染まらないが、
通水部との境界は水溶性色素のに
じみがなく、明瞭である(写真-
1 B)ことから、通水阻害部には
疎水性の物質が存在するらしいと
判断した¹⁵⁾。
ここで一つの仮説をたてること
にした。マツ樹幹内では、蒸散に
より水が梢の方に引き上げられて
いる⁷⁾。特に夏季には土壌中の水
不足のため、樹幹内の水には著し
い負圧がかかっている。線虫の侵
入により、もし揮発性の物質がマ
ツ樹体内で多量に生産されたなら
ば、これが気体となって仮道管内
の水を排除することが可能であ
らう。またそれが疎水性の物質な
らば仮道管壁や壁孔膜に付着して、
毛管現象による水の上昇を阻害す
るであろう。
このような物質を見つけるため
に、発病初期段階のクロマツ(線
虫接種2週後、写真-2)木部を
粉碎後水蒸気蒸留し²²⁾、ガスクロ
マトグラフィーによって分析し
た¹²⁾。その結果、接種試料では、
モノテルペン量が明らかに増加し
ており(図-3)、中でもα-ピネ
ンの増加が最も著しく、線虫を接
種していない対照試料の2~4倍であった。β-ピネン、
ミルセン、β-フェランドレンも、約2倍に増加してい
た。セスキテルペンであるロンジフォレンは約3倍であ
った。これら揮発性物質の総量は材の乾重1gあたり
1.5~2.0mgに達した。揮発性テルペン類は、このように
接種2週後にすでに数倍に増加していたことから、線虫

ている(写真-2 A)ことから、
気体が樹幹の内部で生成すること
もありそうだと考えた。また、通
水阻害部は色素に染まらないが、
通水部との境界は水溶性色素のに
じみがなく、明瞭である(写真-
1 B)ことから、通水阻害部には
疎水性の物質が存在するらしいと
判断した¹⁵⁾。

ここで一つの仮説をたてること
にした。マツ樹幹内では、蒸散に
より水が梢の方に引き上げられて
いる⁷⁾。特に夏季には土壌中の水
不足のため、樹幹内の水には著し
い負圧がかかっている。線虫の侵
入により、もし揮発性の物質がマ
ツ樹体内で多量に生産されたなら
ば、これが気体となって仮道管内
の水を排除することが可能であ
らう。またそれが疎水性の物質な
らば仮道管壁や壁孔膜に付着して、
毛管現象による水の上昇を阻害す
るであろう。

このような物質を見つけるため
に、発病初期段階のクロマツ(線
虫接種2週後、写真-2)木部を
粉碎後水蒸気蒸留し²²⁾、ガスクロ
マトグラフィーによって分析し
た¹²⁾。その結果、接種試料では、
モノテルペン量が明らかに増加し
ており(図-3)、中でもα-ピネ
ンの増加が最も著しく、線虫を接

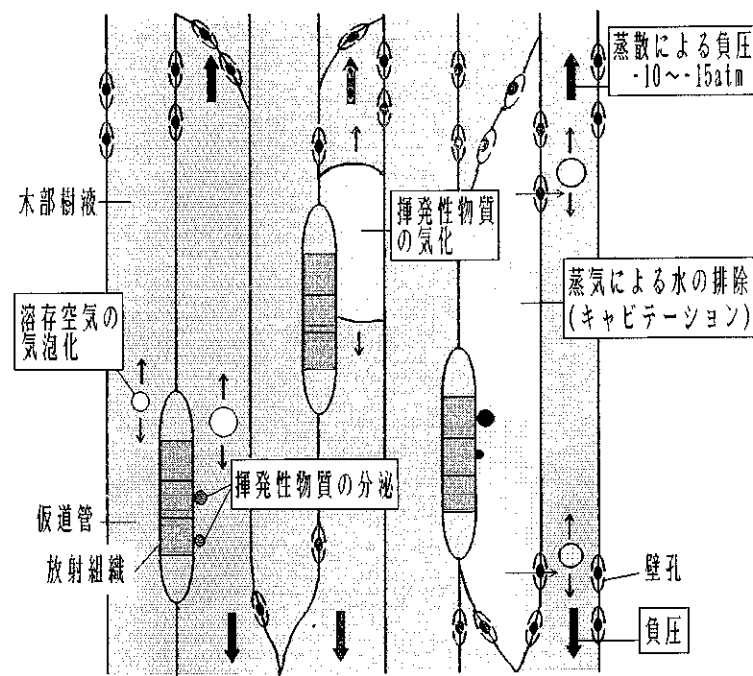


図-4 キャビテーションのメカニズム(板目断面)

侵入後短期間のうちに増加し始めているものと推定され
た。テルペン類の増加開始時期を明らかにするために、
接種2週後までの試料について現在分析中である¹³⁾。こ
れらのモノテルペン・セスキテルペンは、樹脂道のエビ
セリウムや放射柔細胞内で合成が活発化して増加したも
のと思われる。

本病により枯死過程にあるマツの樹幹で、揮発性テル
ペン類が増加し、それが線虫の運び屋であるマツノマダ
ラカミキリの誘引物質として働くことはすでに報告され
ており⁵⁾、誘引剤として利用されている。しかしながら
このような物質の、マツ樹体内での生理的な意味や働き
については議論されて来なかった。

Ceratocystis 属菌を接種したマツ属樹幹で、数種のテ
ルペン類が乾燥帯形成にもなって増加するという報告
がある²⁾。また、マツの樹幹にパラコート塗布した場
合に、テルペンの増加とライトウッド(キャビテーショ
ン部位や乾燥帯と同じもの)の形成が報告されている
²⁸⁾。菌の感染、化学的傷害、およびマツノサイセンチュ
ウの侵入に対してマツの反応にこれらの共通点が見られ
ることから、テルペン合成とキャビテーションや材の乾

燥の間には密接な関係があること
がわかる。

5. 気体による通水阻害の メカニズム

揮発性物質による通水阻害のメ
カニズムは模式化すると図-4の
ように考えられる。柔細胞内で過
剰に生産されたテルペン類は、隣
接する仮道管に壁孔を経て分泌さ
れる。前述のように針葉樹の木部
は日中著しい負圧状態となり、
-10atm(-1.0Mpa)を超えると
報告されている^{17,29)}。夏季には特
に水ストレスがかかり²³⁾、さらに
気温が30℃を越えるような状態
で、揮発性物質は容易に気化する
はずである。最初の気泡が仮道管

中に形成されるとそれは瞬時に膨張し、壁孔を通じて多
くの仮道管が気体で満たされると推定されている²⁹⁾。

健全木においても、夏季には毎日、一時的な仮道管の
キャビテーションが起こっているという説がある²⁷⁾。夏
季の昼間には多くの針葉樹で含水率が50%も減少するこ
とから³⁾推定されたものである。仮に、線虫の活動によ
りすでにテルペン合成が活性化されていたマツ樹体内
で、木部樹液の溶存空気が仮道管内に小さな気泡として
出現し、一時的なキャビテーションが開始したとすれば
(図-4参照)、揮発性の物質はさらに気化しやすいで
あらう。一時的なキャビテーションの場合は、夜間に水
ストレスが緩和されると仮道管は再び水が満たされると
考えられている²⁷⁾。しかしテルペン類は疎水性であるた
め、毛管現象による水の上昇は妨げられ、切断された水
柱は回復できないであらう。このように本病発病機構
は、一時的キャビテーションの後にテルペン類による永
久的キャビテーションへ移行するような、複合現象とし
てとらえる必要があるかも知れない。

6. おわりに

マツ材線虫病の場合、直接の枯死原因は通水障害である。これは樹脂や細胞の分解物が木部仮道管に充填するために起こるのではなく、キャビテーションあるいはエンボリズムと呼ばれる現象により、木部樹液が上昇できなくなって起こる。このような「気体による」通水障害は、気体の発生源が想定できなかったためにこれまで本病の原因としては全く考慮されなかった。テルペン生産の増大という、樹木細胞の線虫に対する反応は非常に速い。筆者は、テルペン類過剰生産の刺激に関しては、キャビテーションが起こる前の早い時期に、樹体全体を活発に動きまわる少数の線虫による、微細な傷害の影響を無視するべきではないと考えている¹³⁾。まだ断定できる段階ではないが、テルペン類が永久的なキャビテーションの原因物質として働く可能性は高い。

以上の一連の研究結果から、マツ材線虫病の発病・枯死機構は仮説を含め次のように説明できる：1) 樹体内を移動し摂食する線虫による傷害が、柔細胞内におけるテルペンの合成を刺激する。2) 柔細胞が老化するにつれて、テルペン類は劣化した原形質膜を通して、隣接の仮道管内に分泌される。3) 揮発性のテルペンは、著しい負圧のかかった仮道管内で気化する。4) モノテルペンのガスは広範囲の仮道管に充填し、水を排除する。5) 水ストレスが夜間に緩和されても、テルペンの疎水性によって仮道管内への水の再注入は妨げられる。従って、永久的なキャビテーションが徐々に拡大する。6) キャビテーションの起こった領域が形成層に達し、マツはやがて水不足により枯死する。

「大木が短時間で枯れるのはなぜか」という単純な疑問に立ち戻って、樹木の通水機能に関する問題に取り組むことになったものである。樹木の病気は、草本の萎凋とは同一に扱えないことを改めて考えさせられることとなった。

引用文献

- 1) Coutts, M.P.: The formation of dry zones in the sapwood of conifers. I. Induction of drying in standing trees and logs by *Fomes annosus* and extracts of infected wood. *Eur. J. For. Pathol.*

- 6, 372-381, 1976
- 2) Croteau, R., Gurkewitz, S., Johnson, M. A. & Fisk, H. J.: Biochemistry of oleoresinosis: Monoterpene and diterpene biosynthesis in lodgepole pine saplings infected with *Ceratocystis clavigera* or treated with carbohydrate elicitors. *Plant Physiol.* 85, 1123-1128, 1987
- 3) Gibbs, R. D.: Physiology of Forest Tree (Thimann K. V. ed.). 43-69, Ronald Press, New York, 1958
- 4) 池田武文・須崎民雄: クロマツの水分通導性と水分状態におよぼすマツノザイセンチュウの影響. *日林誌* 66, 412-420, 1984
- 5) 池田俊弥: マツノマダラカミキリの寄主選択と誘引物質. *植物防疫*, 35, 395-400, 1981
- 6) 岸 洋一: マツ材線虫病—松くい虫—精説, pp.292 トーマス・カンパニー, 東京, 1988
- 7) 清原友也: マツノザイセンチュウを接種したクロマツ苗の樹脂量および蒸散量の変化. *日林九州支論*, 26, 195-196, 1973
- 8) 清原友也: マツ材線虫病の病原学的研究. *林試研報* 353, 127-176, 1989
- 9) 清原友也・鈴木和夫: 接種時期を異にしたマツ樹体内でのマツノザイセンチュウの個体数推移. 87回日林論, 227-228, 1976
- 10) 清原友也・徳重陽山: マツ生立木に対する線虫 *Bursaphelenchus* sp. の接種試験. *日林誌*, 53, 210-218, 1971
- 11) 小林一三: 関西地方における2年連続の異常気象と松くい虫被害の激化. *森林防疫*, 28, 80-84, 1979
- 12) 黒田慶子: マツ材線虫病において仮道管キャビテーションをひき起こすテルペン類. *日植病報*, 55, 170-178, 1989
- 13) 黒田慶子・山田利博・伊藤進一郎: マツ材線虫病進行過程における仮道管空洞化とテルペン類の増加の関係. 100回日林講要, 132, 1989
- 14) 黒田慶子・鈴木和夫・山田利博: マツノザイセンチュウ接種後のクロマツの組織解剖学的観察. 95回日林論, 471-472, 1984
- 15) 黒田慶子・山田利博・峰尾一彦・田村弘忠: マツ材線虫病の病徴進展におけるキャビテーションの影響. *日植病報*, 54, 606-615, 1988
- 16) 真宮靖治: 森林病虫獣害防除技術, マツノザイセンチュウの生態および病原性, 175-223, 全国森林病虫獣害防除協会, 東京, 1982
- 17) 森川 靖・佐藤大七郎: 樹木 (佐藤大七郎・堤 利

夫編), 145-167, 文永堂, 東京, 1978

- 18) 小谷圭司・佐々木恵彦・西山嘉彦・山本直樹: マツノザイセンチュウの加水分解酵素によってひき起こされるマツノザイセンチュウ病の初期症状. *日林誌*, 67, 366-372, 1985
- 19) 佐々木恵彦・小谷圭司・西山嘉彦・林 良興: 水溶性色素吸上げ法によって観察したマツノザイセンチュウ病の症状および回復現象. *日林誌*, 66, 141-148, 1984
- 20) 島地 謙・伊東隆夫: 図説木材組織, pp.176, 地球社, 東京, 1982
- 21) Sperry, J.S., Donnelly, J.R. & Tyree, M. T.: Seasonal occurrence of xylem embolism in sugar maple (*Acer saccharum*). *Amer. J. Bot.* 75, 1212-1218, 1988
- 22) Sugisawa, H., Chen, C. & Nabeta, K.: Simultaneous distillation adsorption and its application. *Analysis of Volatiles*. 357-369, Walter de Gruyter & Co., Berlin, 1984
- 23) 鈴木和夫: マツの水分生理状態と材線虫病の進展, *林試研報*, 325, 97-126, 1984

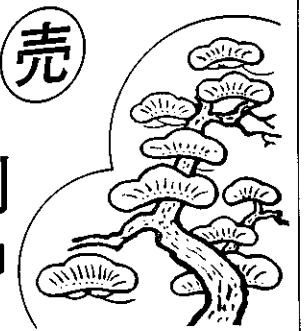
- 24) 田村弘忠・峰尾一彦: 線虫接種したマツ樹体における色素上昇. *日林関西支論*, 36, 250-251, 1985
- 25) 田村弘忠・峰尾一彦・山田利博: マツノザイセンチュウ接種クロマツにおける通水障害. *日本線虫研究会誌*, 17, 23-30, 1987
- 26) 上田隆之・奥 八郎・富田和男・佐藤一雄・白石友紀: 激害型マツ枯損木より有毒代謝物の分離・同定とそれらの毒性について. *日植病報*, 50, 166-175, 1984
- 27) Whitehead, D. & Jarvis, P. G.: Water Deficits and Plant Growth VI. Woody Plant Communities (Kozlowski, T. T. ed.). 50-152, Academic Press, New York, 1981
- 28) 山崎 徹・十河村男・幡 克美: パラコート処理による本邦産マツの樹脂異常分泌 (第1報) アカマツおよびクロマツにおけるパラコート効果. *木材学会誌*, 26, 122-124, 1980
- 29) Zimmermann, M.H.: Xylem Structure and the Ascent of Sap. pp.143, Springer-Verlag, Berlin, 1983

松の緑を守る

センチュリー

マツノザイセンチュウ防除用樹幹注入剤

新発売



センチュリー普及会

農林水産省登録第16262号

保土谷化学工業株式会社

東京都港区虎ノ門一丁目4番地2号

農林水産省登録第16263号

三菱油化ファイン株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番2号

林業害虫に対する昆虫寄生性線虫応用の可能性

小河 誠 司*

1. はじめに

わが国における昆虫寄生性線虫に関する研究の経緯と、生物的防除手段としての線虫利用の世界における歴史については石橋 (1984, 1987) によってまとめられている。

1984年に静岡県浜北市で採取された土壌から、ドウガネブイブイ (*Anomala cuprea*) 幼虫に高い確率で寄生する線虫が検出され、その線虫がドウガネブイブイ幼虫に対し高い殺虫力を有することが確認されたが、これがわが国で発見された最初の利用可能な昆虫寄生性線虫となった。これまでわが国で試験に供試される線虫のほとんどは全て外国産のものであった。それ故に、施用線虫が定着することによる施用地域の生物相に与える影響が懸念され、線虫利用の支障になっていた。この土壌害虫寄生性の新しい線虫 (*Steinernema* sp.) の発見は、わが国における土着の線虫探索に力を与え、線虫研究とその実用化に夢を持たせることとなった。ここでは、線虫の殺虫機構と大量増殖及び線虫による林業害虫防除の試験事例を紹介する。

2. 昆虫寄生性線虫の殺虫機構

共生細菌を持った *Steinernema* 属線虫の感染態 第Ⅲ期幼虫 (JⅢ) は、昆虫の開口部から昆虫体内に侵入し、共生細菌の働きで、虫体に敗血症を引き起こしてこれを死亡させる。そのために、殺虫効果の及ぶ範囲は極めて広く、生物的防除への利用可能性が高いと言える。

しかし、逆に線虫単独による殺虫では無く、共生細菌の働きを必要とすることで、共生細菌の活性が問題となり、同じ線虫を使用しても効果に差を生ずることにもなりかねない。そこで、線虫が普遍的な殺虫力を有するためには、この共生細菌の活性が失われない培養・保存

方法が不可欠の条件となる。

前述のように、この共生細菌の働きによる殺虫性は、効果の不安定さを生ずる危険性を持つが、反面強い殺虫力を持つ土着の細菌を線虫と共生させ得る可能性を持っている。各害虫に選択的な殺虫力を持つ細菌を各害虫に指向性を持つ線虫に共生させることができれば、他の生物相に影響を与えることなく、目的の害虫を駆除することが可能となるだろう。

なお、線虫の殺虫機構、殺虫力低下の原因、線虫と共生細菌の関係及び害虫に対する各線虫の殺虫力の差違等については、石橋 (植物防疫38(3), 1984) が詳述している。

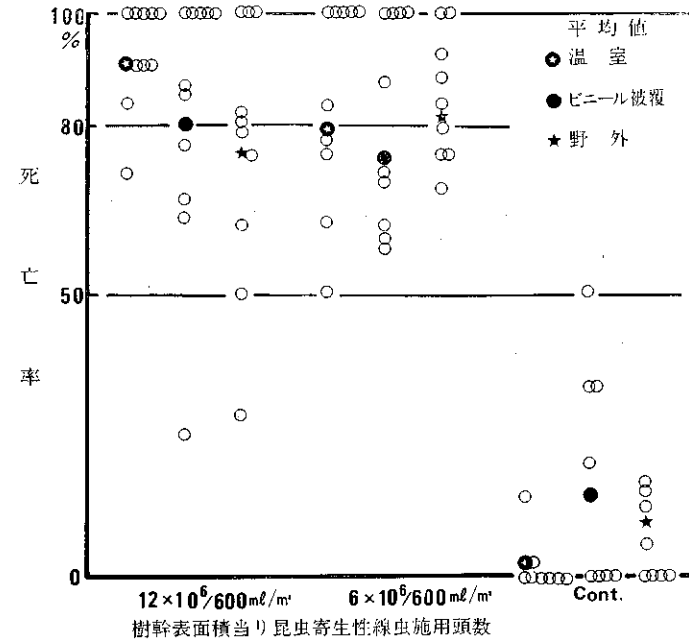
3. 昆虫寄生性線虫の増殖

生物的防除の際、常に問題になるのは殺虫力の安定と生物である製品の大量・計画的な生産であり線虫の場合も同様である。線虫の人工培地による増殖法については、1984年に石橋が植物防疫 38(3) 誌上で詳述しているが、その後近藤ら (1985) がより安価なニワトリの腸を用いた培地上での *Steinernema* 属線虫の増殖方法を検討している。今後も、増殖実験が行なわれ、より安価で効率的な大量培養方法及び長期保存方法が開発されて、安定的に線虫を供給できるシステムがわが国でも確立されることを期待する。

4. 林業害虫に対する施用試験例

1) マツノマダラカミキリムシ (*Monochamus alternatus*)

線虫によるマツノマダラカミキリ駆除の可能性を示唆されたのは、佐賀大学の石橋信義博士で1980年10月のことであった。筆者は、1980年11月に、昆虫寄生性線虫 (*S. feltiae* の DD-136 系の感染態 第Ⅲ期幼虫 (以下



図一 マツノマダラカミキリに対する *Steinernema feltiae* の施用効果 (1986年3月28日~4月3日施用)

JⅢ) をマツノマダラカミキリ 1 頭当り 1,500 頭施用し、25°C の条件下で飼育すると 100% 殺虫できることを確かめた。そこで、材内のカミキリ幼虫に対する殺虫効果を見るために、はく皮した被害丸太の幼虫穿入孔に 1,400~4,200 頭ずつ接種し、25°C 条件下においたところ 100% 殺虫できた。

1984年になると石橋 (1987) を中心に「昆虫寄生性線虫による生物的防除法の開発」という研究が始まり、国立林業試験場 (現森林総合研究所) によってマツノマダラカミキリに対する本格的な線虫施用実験が行なわれ、*Steinernema* 属線虫の材内幼虫に対する施用効果が実証された (片桐ら: 1984, 真宮ら: 1984, 1986, 真宮: 1985, 石橋: 1987)。筆者も 1986~1987 年にかけて *S. feltiae*, Mexican 系の JⅢ を使用し、マツノマダラカミキリ被害丸太への施用試験を行った。その結果を図一と表一に示めたが、4 月 (春処理) または 10 月上旬 (秋処理) に、樹幹表面積 1 m² 当り 600 万頭 (1 × 10⁶ / m² 濃度) の線虫を材表面に散布することにより、70~80% の材内幼虫を殺虫できた。

1986~1987 年に各県が実施した試験結果を整理したの

が表一である。これを見ると春処理の方が殺虫率が高い。これは、石橋 (真宮: 1987) によれば、25°C 恒温条件下では効果が認められるのに、15°C では効果が低くなり 1 月施用では効果が認められないなど、温度条件に由来するものと考えられる。次に、施用効果と湿度の関係では、被害丸太材内が線虫の行動に影響が無い程度に湿っていることが重要で、空中湿度はあまり効果に関与しないと考えている。

以上のように、線虫によって被害丸太内のマツノマダラカミキリを高い確率で殺虫できることは実証できたが、各丸太 (図一) や地域 (表一) によって効果に差を生ずることや、駆除農薬に比べ効果が落ちるなど改善すべき点が認められる。しかし、農業使用が困難な場所での使用には適しているため、低濃度の農薬との混用な

ど、より効果的で効率的な施用方法が検討されることを期待する。



ハラアコブカミキリの死亡状況

2) ハラアコブカミキリ (*Moecholyta diphyssis*)

大長光・金子 (1988) は本誌 No 106 でハラアコブカミキリの分布・生態・寄生植物及びシイタケ栽培への被害について記載し、防除の項で線虫施用の可能性にも触れている。筆者は 1986~1988 年にかけて、ハラアコブカミキリ材内幼虫に対する線虫の施用効果を検討した (小河 1987: 1989)。その結果、7 月下旬~8 月上旬にシイタケほだ木の材表面積 1 m² 当り、0.5~1 × 10⁶ 頭/

*福岡県林業試験場 OGAWA Seigi

表一 昆虫寄生性線虫 (SB-701) によるマツノマダラカミキリ駆除試験

施用年月日	施用頭数* ×10 ³ 頭/m ²	施用量* ml/m ²	殺虫率 %	施用後14日前後の気温範囲		県名
				最高気温	平均気温	
1986. 3. 27	4	200	53.9	9.8~16.3	9.7~18.6	静岡
	2	//	42.7			
3. 28~29	12	600	75.3	12.0~20.0	7.0~12.0	福岡
	6	//	82.1			
4. 24	6	200	90.0	23.0~26.0	14.0~16.0	島根
	2	//	90.0			
4. 28	2	100	75.0	16.0~28.0	—	福島
	12	600	91.2			
	6	//	91.4			
	10. 13	4	200	14.5	8.0~17.0**	鹿児島
10. 14	2	//	7.8			
	10	600	83.0	15.0~24.0	9.0~16.0	福岡
10. 16	5	//	65.0			
	4.9	200	29.5	15.0~26.5	8.3~14.2	岡山
10. 27	2.3	//	20.5			
	4	200	53.0	18.0~19.0	10.0	島根
	2	//	41.0			
	2	//	24.0			
1987. 4. 10	2	200	62.5	12.8~24.1	10.9~18.3	鹿児島
4. 15~18	4	200	12.8	16.0~24.0	7.0~16.0	和歌山
	2	//	1.4			
4. 20	2	200	49.0	22.0~30.0	12.0~16.0	島根
	1	//	29.0			
4. 20	1	100	17.0			
	4	200	71.8	16.0~26.0	13.0~18.0	福岡
4. 30	2	//	69.2			
	4	200	38.8		11.9~13.7**	岡山
	2	//	39.3			

注 * 施用頭数・施用量は、樹幹表面積当りに換算した。

** 午前9時の気温である。

*** 試験地は全て野外である。

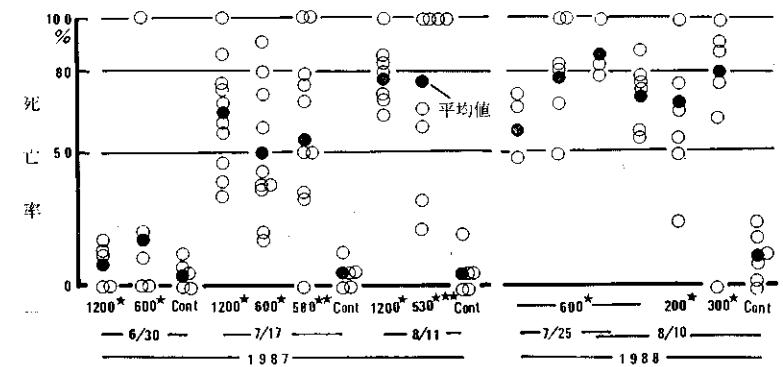
ml濃度の *S. feltiae* の Mexican 系 JⅢ 混濁液 600ml をほだ木表面に散布し、湿ったスマキで1日間ほだ木を被覆すれば、80%前後のハラアコブカミキリ材内幼虫を殺虫できた(図一)。駆除効果から見れば良い結果であるが、駆除適期はハラアコブカミキリ幼虫によるほだ木の加害がほぼ終了した時期となるので、シイタケ栽培上から見るとハラアコブカミキリの羽化脱出による表皮の損傷が無くなるにすぎない。

しかし、ハラアコブカミキリがシイタケ栽培上大きな障害であり、しかも自然食品としてのイメージから化

学農薬の使用が難しく、忌避剤 (Neem Seed Oil) による産卵防止も効果に安定性を欠き、施業方法もハラアコブカミキリの分布域や密度によって差を生ずる(石井ら:1986, 金子ら:1988)とすれば、線虫はハラアコブカミキリの密度低下の有効な手段としての武器になると考える。

そこで、ハラアコブカミキリの生態を考慮し、材内期以外での線虫利用の可能性を考えてみる。

産卵期は、ほだ木の伏せ込み地として裸地や風通しの良い林内が選ばれること、産卵時期が長いこと、線虫が



注1 ★ : 1200, 600, 300, 200万頭/600ml/ほだ木表面積m²
 注2 ★★ : 580万頭/200ml/ほだ木表面積m²
 注3 ★★★ : 530万頭/270ml/ほだ木表面積m²
 注4 200万頭/600ml/m²区は、1987年8月11日に分離し、冷蔵庫に保存した *S. feltiae* Mexican 系の線虫

図一 ハラアコブカミキリに対する *Steinernema feltiae* の施用効果

乾燥に弱いことから見て、線虫施用効率が悪いと考えられる。ただし、一伏せ込み地のほだ木に産卵するハラアコブカミキリのほとんどが、その伏せ込み地内に生息していれば別であるが、その様な場合は少ないと思われる。

羽化脱出後の後食期成虫への線虫施用も、羽化脱出期間が長いことから、線虫施用回数を多くしなければならず効率は悪い。ただ、羽化脱出は9月中には終わるので、脱出した成虫が大きく分散せず、脱出した伏せ込み場の笠木等を主に後食するとしたら、この時期が1つの成虫駆除の適期になると考えられる。

越冬期の線虫施用では、線虫の活動温度との関係から産卵期に移行する3月下旬位が施用適期と考えるが、越冬前に成虫の分散が少なく、越冬場所が脱出地の落葉層中や切株の腐朽部に限定されていなければ、施用効率は著るしく悪いものになるだろう。いずれにしても、現地適応化試験等を実施し、施用効果を確認する必要がある。

3) その他

(1) 穿孔性害虫

スギカミキリ (*Semanotus japonicus*) 成虫への施用では、1シャーレ当り *S. feltiae* の DD-136系 JⅢ 3,500~4,000頭を接種し、スギカミキリ成虫を放飼すると2~

3日で死亡することを確認した。そこで、材内から脱出して来る成虫を一定個所に集めて捕殺するバンド法の接着剤の代替として、線虫を利用できないかと考えて室内実験を行った。スギ丸太と紙おむつ(表面材:ポリエステル不織布、吸水材:ポリエチレンフィルム)に4.5万頭/ml濃度の線虫混濁液を100ml噴霧し、そこにスギカミキリ成虫3頭を放飼したところ、3日目には3頭とも死亡し、バンド法に利用できる可能性が確認できた。しかし、紙おむつや樹皮上でのJⅢの生存日数や、1本当りの適正な施用頭数を確認しなければ実用性を論ずることはできない。

スギカミキリ以外の穿孔性害虫で、線虫施用の可能性のある害虫として、スギザイノタマバエ (*Rosseliella odai*) 幼虫が考えられる。

スギザイノタマバエ幼虫の棲息場所は、線虫にとっても最適の環境と言えるが、体長が3.0~4.5mmと小さいことから、線虫がスギザイノタマバエ体内に侵入できるかが問題である。石橋(1984)は、外国の事例として、アナアキゾウムシ、キクイムシなどで好結果が得られているとしているので、宿主の大きさから見て施用の可能性が高いと考えている。

(2) 土壌害虫

林業用苗畑で問題となるのは、食葉性のコガネムシ類の幼虫である。コガネムシ幼虫の防除に、この線虫を利用するのが最初であったことや、わが国でこの線虫が最初に発見されたのがドウガネブイブイであったことを考えると、コガネムシ幼虫防除に対するこの線虫の期待は大きい。

串田ら(1987)によると串田ネマ(*Steinernema* sp.)は、25°Cの条件下でm²当り1×10⁶頭の施用で、安定した高い殺虫効果を発揮する。

川崎ら(1986)、串田ら(1986)によれば、*S. feltiae*や*S. bibionis*はコガネムシ幼虫に対する殺虫効果が劣る。川崎ら(1986)は、コガネムシ幼虫には*S. glaseri*が高い殺虫効果を示すとしているが、串田ネマの効果には及ばない。

今後は、串田ネマを使用した数多くの現地適応化試験が実施され、線虫によるコガネムシ幼虫防除が実用化されることを期待する。

5. おわりに

線虫による林業害虫防除の事例をいくつか紹介したが、樹木害虫に対する試験としては、ゴマグラカミキリ幼虫(*Anoplophora malasiaca*) (柏尾:1982, 1986 a, 1986 b, 石橋:1987), キボシカミキリ(*Psacotha hilaris*) (菊池:1986), アメリカシロヒトリ幼虫(*Hypphantria cunea*) (山中ら:1986, 石橋:1987), クワコナカイガラムシ(*Pseudococcus comstocki*) (小林ら:1985), クリシキゾウムシ幼虫(*Curculio sikkimensis*) (石橋:1987), シロスジカミキリ(*Batocera lineolata*)・ルリカミキリ(*Bacchisa fortunei*) (小河:未発表), オオミノガ幼虫(*Eumeta japonica*) (石橋:1987)への施用試験が見られ、問題を含みながらもそれぞれに好結果を得ている。

天敵による害虫防除で問題となるのは、大量生産法、保存、害虫に対する抵抗性と、最も大きな課題となる目的の宿主にいかん天敵が到達し得るか(宿主の探索能力ということである。天敵昆虫の場合は、大量生産法と保存がネックとなり易く、天敵微生物の場合は虫体にいかん菌体を到達させるかということがネックとなってい

る。

その点、このRhabditida目線虫は上記の条件を満たしている。また、この線虫は、運び屋にすぎず、殺虫するのは細菌である。このことは、殺虫機構の項でも述べたが、病原性の高い細菌が見出され、その菌を指向性・宿主探索能力の高い線虫に共生させればより効果的な防除成果があげられるだろう。

分散能力が小さく、二次感染、三次感染で天敵として定着する能力が低いことは欠点ではあるが、このほうが、有用昆虫等環境に与える危険性は小さく、生物農薬としての発展にとっては長所と考える。

この線虫は低濃度の農薬との混用施用も可能なことから、農薬との総合防除体系に組み入れ易い特性も持っている。

今後、色々の分野でこの線虫が利用されると思われるが、林業害虫についても数多くの試験が行なわれ、林業害虫の総合防除体系の中に、この線虫が組み入れられることを期待する。

引用・参考文献

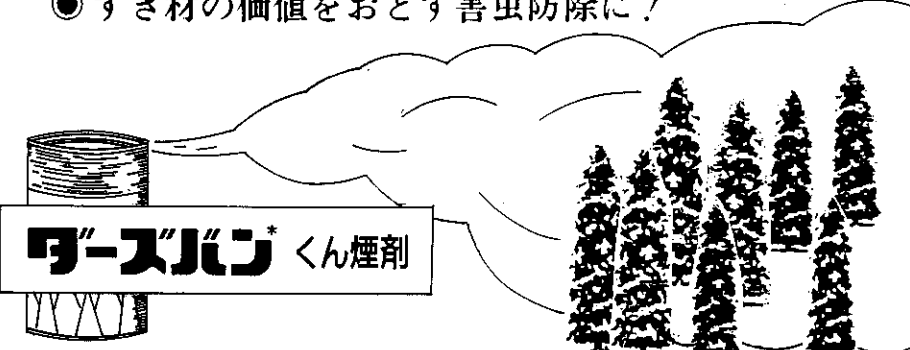
- 1) 石橋信義(1984):線虫による害虫の防除, 植物防疫38(3), 44~49
- 2) 石橋信義(1987):昆虫寄生性線虫による生物的防除手法の開発, 昭和61年度科学研究補助金文部省試験研究(1) 研究成果報告書, 1~179
- 3) 石橋信義・崔東魯・田中欽二(1988):菌食性線虫と昆虫寄生性線虫の混合施用による土壌病害虫防除の可能性, 九病虫研報34, 224
- 4) 石井秀之・松尾芳徳・野上友美(1986):ハラアコブカミキリ防除試験(基礎), 昭和61年度病害虫等防除薬剤試験結果(その1), 193~199, 林業薬剤協会
- 5) 金子周平・大長光純(1988):シイタケほだ木の害虫に関する研究(Ⅶ), 日林九支研論集41, 253~254
- 6) 柏尾具俊(1982):ゴマグラカミキリに対する*Neoalectana carpocapsae*の寄生性, 九病虫研報28, 194~197
- 7) 柏尾具俊(1986):ゴマグラカミキリ幼虫に対する昆虫寄生性線虫のバーク堆肥混入施用について, 九病虫研報32:175~178
- 8) 柏尾具俊(1986):昆虫寄生性線虫によるゴマグラカミキリ幼虫の防除方法の検討, 30回応動昆虫大会講演要旨, 186

- 9) 片桐一正・真宮靖治・島津光明・田村弘忠・串田保(1984):昆虫寄生性線虫*Steinernema feltiae*のマツ被害丸太への施用とマツノマグラカミキリ幼虫に対する致死効果, 95回日林論, 479~480
- 10) 川崎政治・原口直人・柴田勝(1986):昆虫寄生性線虫のネキリムシ防除に関する基礎試験, 34回日林中支論, 83~86
- 11) 菊池 実(1986):昆虫寄生性線虫によるキボシカミキリ幼虫の防除開発の試み, 30回応動昆虫大会講演要旨, 187
- 12) 小林益子・尾崎幸三郎(1985):昆虫寄生性線虫のクワコナカイガラムシに対する感染性について, 29回応動昆虫大会講演要旨, 64
- 13) 近藤栄造・本多鈴美・石橋信義(1985):数種ニワトリ内臓培地上での昆虫寄生性線虫*Steinernema* Spp.の発育と増殖, 日線虫研誌15, 1~10
- 14) 近藤栄造・石橋信義(1985):昆虫寄生性線虫*Steinernema feltiae*(DD-136)の生存と感染性に及ぼす土壌水分の影響, 九病虫研報31, 186~190
- 15) 串田 保・真宮靖治・三橋 淳(1986):昆虫寄生性線虫(*Neoalectana* sp.)の分離とその殺虫性, 37回日林関東支論, 163~164
- 16) 串田 保・真宮靖治・三橋 淳(1987):静岡県下畑土壌から検出された昆虫寄生性線虫*Steinernema*

- sp.のコガネムシ類幼虫に対する殺虫性, 応動昆虫誌31(2), 144~149
- 17) 真宮靖治・庄司次男(1984):昆虫寄生性線虫*Neoalectana carpocapsae*のマツノマグラカミキリに対する施用効果, 36回日林関東支論, 135~136
 - 18) 真宮靖治(1985):昆虫寄生性線虫*Neoalectana carpocapsae*(Mexican系)のマツノマグラカミキリに対する寄生と虫体内での発育・増殖, 29回応動昆虫大会講演要旨, 64
 - 19) 真宮靖治・庄司次男(1986):昆虫寄生性線虫*Steinernema feltiae*のマツ材線虫病被害材に対する施用法の検討, 38回日林関東支論, 179~180
 - 20) 小河誠司(1987):昆虫寄生性線虫による害虫防除(1), 日林九支研論40, 183~184
 - 21) 小河誠司(1989):昆虫寄生性線虫による害虫防除(2)—ハラアコブカミキリに対する施用効果一, 日林九支研論集42, 印刷中
 - 22) 大長光純, 金子周平(1988):ハラアコブカミキリ(きのご害虫Ⅱ), 林業と薬剤106, 1~12
 - 23) 佐々木重行・池田浩一・小河誠司(1988):マツの材線虫病に関する研究, 福岡県林試時報35, 64~68
 - 24) 山中 聡・安田 誠(1986):昆虫寄生性線虫によるアメリカシロヒトリ幼虫の防除, 30回応動昆虫大会講演要旨187

“すぎ”の穿孔性害虫“ヒノキカワモグリガ”

● 成虫防除にはじめて農薬登録が認可されました。
● すぎ材の価値をおとす害虫防除に!



製造元
新富士化成薬株式会社

本社・工場 埼玉県蕨市中央7-15-15 電話(0484)42-6211(代)

松枯れの防除と対策

—松の生理・生態と材線虫病—

A 5 判 265頁
 定価 2,200 (消費税含)
 平成元年10月1日発行
 発行所 財団法人 日本緑化センター
 〒107 東京都港区赤坂1-9-13
 三会堂ビル
 電話 (03) 585-3561
 振替口座 東京 2-131830

な問題を解説し、第3章ではマツの生理・生態と材線虫病との関係、マツノサイセンチュウの生活史とマツの枯損機構、材線虫病の発現とマツ枯損など、材線虫病発生のメカニズムにふれ、第4章で材線虫病の防除に関する最近の知見、九州地方や高地・寒冷地方における材線虫病の特徴とその防除対策が示され、最後に材線虫病以外の原因によるマツ枯損と、これに関与する病害虫の診断と防除法が付記されている。

この種の著書はとかく専門的で難解になりがちであるが、本書は全体を通じて、その内容を分かりやすい表現におきかえながら、かみくだいて解説し、さらに分野によっては末尾に質疑応答欄を設けて読者の理解をより深める配慮が示されている。それにしても、これだけの広い分野の諸問題をまとめ、編集された東大教授山根明臣博士の卓見に対して深い敬意を表したい。マツ枯れ防除に携さわる関係者をはじめ広く一般の方々にも是非一読をお奨めしたい好著である。

(林業薬剤協会技術顧問 陳野好之)

本書は国民的関心が示されている、いわゆる松くい虫(マツ材線虫病)によるマツの枯損問題を林業関係者はもとより、広く一般の人々にも理解を求め、関心を深めることを主目的として纏められたようであるが、現在第一線で活躍中の13名の各分野の専門家が分担執筆されたいわばマツに関する総合的な参考書でもある。

内容は4つの章に別けられている。第1章ではマツ枯れ被害と対策の歴史と現状および最近の研究動向、マツノサイセンチュウ(病原体)の分布と原産地などが紹介され、第2章ではマツおよび水の生理・生態など基礎的

茶 転 載

平成元年12月20日 発行
 編集・発行/社団法人 林業薬剤協会
 〒101 東京都千代田区岩本町2-9-3 第2片山ビル
 電話 (851) 5331 振替番号 東京 4-41930
 印刷/株式会社 ひろせ印刷 頒価 515円(本体 500円)

造林地の下刈り除草には!

ヤマグリーン®

かん木・草本に

A 微粒剤 D 微粒剤

○毒性が低く、引火性、爆発性のない安全な除草剤です
 ○下刈り地ではスギヒノキの造林地で使用してください

クズの株頭処理に

M 乳剤

2,4-D協議会

ISK 石原産業株式会社
 大阪市西区江戸堀上通1丁目11の1

★日産化学工業株式会社
 東京都千代田区神田錦町3の7



スギ作まっすぐ育てよ。

クズ・雑かん木は大切なスギやヒノキの大敵。安全性にすぐれた鋭い効果のザイトロン微粒剤におまかせください。



林地用除草剤

ザイトロン*

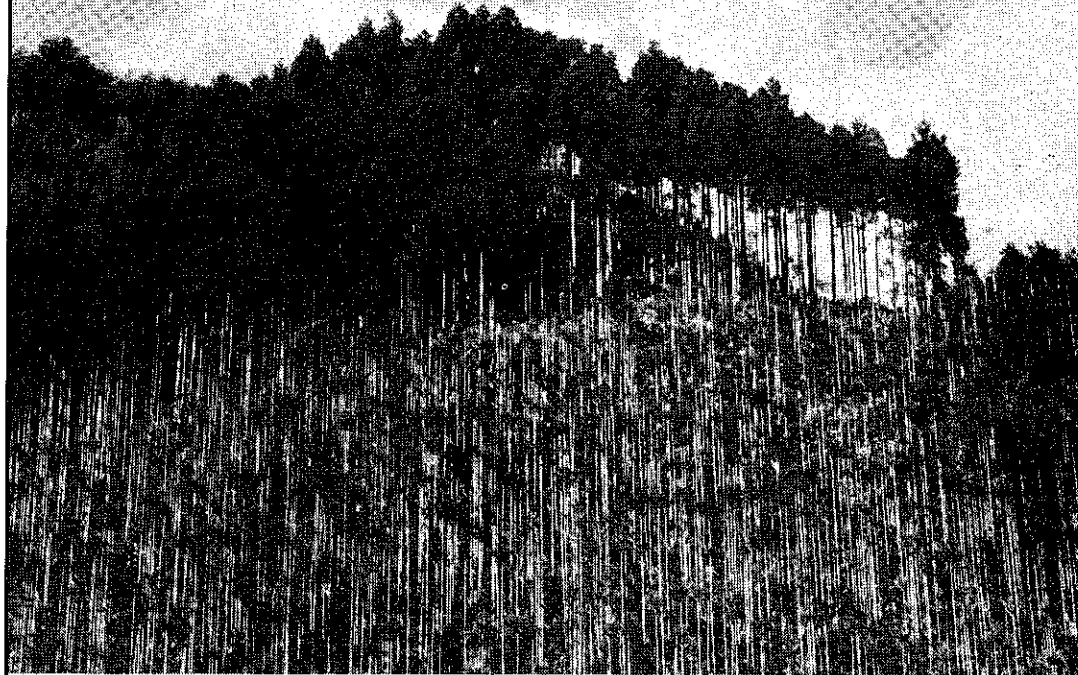
微粒剤

ザイトロン協議会

石原産業株式会社 日産化学工業株式会社
 サンケイ化学株式会社 保土谷化学工業株式会社
 (事務局)ニチメン株式会社 ダウ・ケミカル日本株式会社

*ザ・ダウ・ケミカル・カンパニー商標

**ラウンドアップは、ススキ、クズ、ササ類
などのしぶとい多年生雑草、雑かん木類を
根まで枯らし長期間防除管理します。**



- ラウンドアップは、極めて毒性が低いので
取扱いが容易です。
- ラウンドアップは、土壌中での作用がなく有用植物にも
安全です。



ラウンドアップ®

®米國モンサント社登録商標

●くわしくはラベルの注意事項をよく
読んでお使いください。

ラウンドアップ普及会
クマイ化学工業(株)・三共(株)
事務局 日本モンサント株式会社農薬事業部
〒100 東京都千代田区丸の内3-1-1 国際ビル Tel.(03)287-1251

**松くい虫防除には最も効果的で
取扱いが簡単な**

**マチプロン®
K2**



特 長

- 殺虫、殺線虫効果の高い、優れた薬剤です。
- 常温でガス体なので虫孔深く浸透し効果を発揮します。
- 沸点が低く、冬期でも十分消毒できます。
- 現場の状況により、処理量が自由に調節できます。

適用病害虫の範囲及び使用方法

適用場所	作物名	適用害虫名	使用量	くん蒸時間	くん蒸温度
貯木場 林内空地	ま っ (伐倒木)	マツノマダラ カミキリ (幼虫)	被覆内容積 1㎡当り 60~100g	6時間	被覆内温度 5℃以上

林木苗床の土壌消毒には

クノヒューム®

詳しくは下記までお問合せ下さい。

帝人化成株式会社

〒105 東京都港区西新橋1-6-21 (大和銀行虎ノ門ビル) TEL (03) 506-4713
〒530 大阪市北区梅田1-3-1-700 (大阪駅前第一ビル) TEL (06) 344-2551
〒812 福岡市博多区博多駅前1-9-3 (福岡MIDビル) TEL (092) 461-1355

カモシカ ノウサギの忌避剤

農林水産省農薬登録第15839号

ヤシマレント®

人畜毒性：普通物。(主成分=TMTD・ラノリン他)

野生獣類から、
大切な植栽樹
を守る!!

忌避効果、残効、
安全性に優れ、簡
便な(手袋塗布)ク
リーム状の忌避塗
布剤です。
(特許出願中)
<説明書・試験成績進呈>

大切な日本の松を守る、効果と安全性の高い薬剤。人畜毒性普通物

● 予防と駆除〔MEP乳剤〕

ヤシマスミパイン乳剤

農薬登録第15,044号

● 駆除〔MEP油剤〕

ジャコサイドオイル

農薬登録
第14,344号

ジャコサイドF

農薬登録
第14,342号



ヤシマ産業株式会社

本社：〒150 東京都渋谷区恵比寿西1-18-4アムズ・ワンビル3階
電話 03-780-3031 (代)
工場：〒308 茨城県下館市大字折本字板堂540
電話 0296-22-5101 (代)

造林地下刈用かん木類の生育抑制・除草剤

タカノック® 微粒剤

〔MCP・テトラピオン剤〕

商品名	性状	有効成分 含量	毒性 ランク	魚毒 ランク
タカノック 微粒剤	類白色 微粒	MCP 7% TFP 2%	普通物	A

■タカノック微粒剤の登録内容

適用場所	作物名	適用 雑草名	使用 時期	10アール 当り 使用量	使用方法
造林地の 下刈	すぎ ひのき	クズ 落葉かん 木一年生 広葉雑草	クズの 生育期 生育 伸長期	10-13kg	全 面 均一散布

■タカノック微粒剤の特長

1. 安全な薬剤
人畜、鳥獣、魚貝類などに対する毒性は低く安心して使用できます。
2. クズや常緑かん木、落葉かん木、雑草類にすぐれた効果
クズや雑草、かん木類に対して長期間伸長抑制作用をあらわし、種類により完全枯殺することもできます。
3. 被害が少ない
選択性がはっきりしていますので、造林木に対して被害を生ずることもなく、安全に使用できます。



三共株式会社

農薬営業部 東京都中央区銀座2-7-12
☎ 03 (542) 3511 〒104



「確かさ」で選ぶ...
バイエルの農薬

根を守る。

苗ほのコガネムシ幼虫対策に

トクチオン® 微粒剤F

バイジット® 粒剤

ダイシストン®・バイジット® 粒剤

松を守る。

松くい虫対策に

ネマノール® 注入剤

● マツノザイセンチュウの侵入・増殖を防止し松枯れを防ぎます。

®はバイエル社登録商標

日本特殊農薬製造株式会社

東京都中央区日本橋本町2-7-1 ☎ 103

新しいつる切り代用除草剤

〔クズ防除剤〕

ケイピン

(トーデン含浸)

*米国ダウケミカル社登録商標

特長

- ① ごく少量の有効成分をクズの局所に施用することにより、クズの全体を防除できます。
- ② 年間を通じて処理できますが、他の植生が少ない秋～春(冬期)が能率的です。
- ③ 特殊木針剤であり、持ち運びに便利で能率的に作業ができます。
- ④ 通常の使用方法では人畜、水産動植物にたいする毒性はありません。

ケイピン普及会

保土谷化学工業株式会社

東京都港区虎ノ門1-4-2

石原産業株式会社

大阪市西区江戸堀通1-11-1

ご存じですか?

林地除草剤

ひのき造林地下刈や地ごしらえに長い効きめの

タンデックス[®]粒剤

ササ・灌木等に御使用下さい。

製造 株式会社 **イステー・バイオテック** 販売 丸善薬品産業株式会社

お問合わせは丸善薬品産業へ

本社 大阪市東区道修町2丁目 電話(206)5500(代)
 東京支店 東京都千代田区神田3-16-9 電話(256)5561(代)
 名古屋支店 名古屋市中区那古野1-1-7 電話(561)0131(代)
 福岡支店 福岡市博多区奈良屋町14-18 電話(281)6631(代)

札幌営業所 電話(261)9024
 仙台営業所 電話(22)2790
 金沢営業所 電話(23)2655
 熊本営業所 電話(69)7900

松を守って自然を守る!

マツクイムシ防除に多目的使用が出来る

サンケイ 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

松枯れ防止樹幹注入剤

林地用除草剤

グリーンガード サイト[®] 微粒剤



サンケイ化学株式会社

〈説明書進呈〉

本社 社 社〒890 鹿児島市郡元町880

TEL (0992) 54-1161

東京事業所 〒101 東京都千代田区神田司町2-1神田中央ビル

TEL (03) 294-6981

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

TEL (06) 305-5871

福岡営業所 〒810 福岡市中央区西中洲2番20号

TEL (092) 771-8988

フレック[®] 粒剤

テトラピオン除草剤

ササ長期抑制剤!!

ササが「ゆりかご」!?

ササは枯れずにちがごまの
 落葉小枝があたためて
 ササのゆりかご出来ました
 かん木雑草寄せつけず
 水をいっぱい抱きしめて
 若い苗木に陽が当たり
 スクスク丈夫に育ちます



フレックが作った「ゆりかご」
 で育てたヒノキの方が、手刈よ
 りも早く大きくなるという試験
 データが発表されました。
 林業と薬剤 No.83-p.101-108
 資料請求は下記へ

フレック研究会

三共株式会社
 〒104 東京都中央区銀座2-7-12 ☎03-593-2158
 保土谷化学工業株式会社
 〒105 東京都港区虎ノ門1-4-2 ☎03-504-8559
 ダイキン化成品販売株式会社
 〒163 東京都新宿区西新宿2-6-1 ☎03-344-0009

井筒屋の松くい虫薬剤

●松くい虫(マツノマダラカミキリ成虫)予防
 微量空中散布剤

井筒屋セビモール[®] NAC 水和剤

■スギ・ヒノキに対する影響がなく、安心散布。
 ■ヘリコプター・自動車等の塗装の破損の心配なし。

●松くい虫(マツノマダラカミキリ成虫)予防
 地上散布剤

井筒屋デナボン[®] 水和剤50

●松くい虫・スギカミキリ駆除剤
T-7.5パイサン乳剤
 (MPP・BPMC乳剤)

■スギカミキリに対する駆除剤としては、日本最初の登録。

●松くい虫駆除剤
マウントT-7.5A油剤
マウントT-7.5B油剤
 (MPP油剤)

■速効性と残効性を備えた、新しい松くい虫駆除剤。

●松くい虫誘引剤
ホドロン



明日の緑をつくる

井筒屋化学産業(株)

本社・工場 熊本市花園1丁目11-30 ☎(096)352-8121(代)

〈各地連絡事務所〉

東京・栃木・茨城・石川・愛知
 岐阜・滋賀・岡山・鳥取・山口
 福岡・熊本・宮崎・鹿児島

* ザ・ダウ・ケミカル・カンパニー登録商標

® ダイキン工業株式会社登録商標

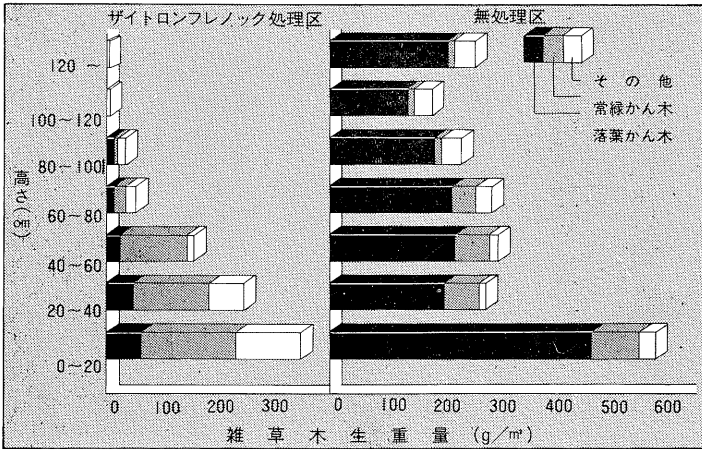
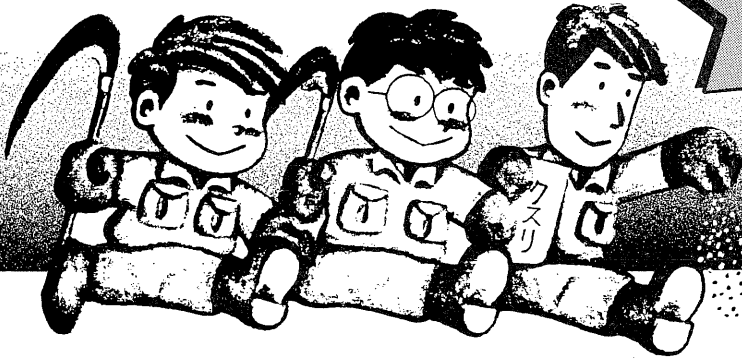
**ザイトロン
フレノック**
微粒剤

カマ・カマ・クスリ しませんか？

人手がない方にも、人手がある方にも耳寄りなお話。
あなたの事情にあわせて、下刈作業を“より安く、より
楽に”変えてみませんか。たとえば1年目はカマで下刈、
2年目もカマ、3年目はクスリを散布、クスリの効き目
が持続する4年目は作業はお休み。「カマ・カマ・クスリ」
はほんの一例。あなた独自のプランを作ってみて下さい。

ザイトロン・フレノック微粒剤がお手伝いします。

効き目が
グリーンと持続する
総合下刈剤



左の図はザイトロンフレノック100kg/ha散布区の一年後の状態を示したもので、雑草木を高さの層別に区切り、その生重量を調査したものです。ザイトロンフレノック処理区では60cm以上の雑草木がほとんど防除されているのに対し、60cm以下の下層植生は適度な抑制（造林木の生育に有用）を受けています。

ザイトロンフレノック協議会

三共株式会社
〒104 東京都中央区銀座2丁目7番12号
ダイキン工業株式会社
〒160-91 東京都新宿区西新宿2丁目6番1号

保土谷化学工業株式会社
〒105 東京都港区虎ノ門1丁目4番2号
ダウ・ケミカル日本株式会社
〒100 東京都千代田区内幸町2丁目1番4号