

ISSN 0289-5285

# 林業と薬剤

No. 134 12.1995

社団法人 林業薬剤協会



## 森林・林業とかかわる線虫類

### 目次

森林・林業とかかわる線虫類.....清原 友也	1
スギ花粉飛散開始日の具体的な予測方法について.....平 英彰	6
樹幹注入処理によるシラカンバの枯殺とサーモグラフィーを用いた効果の判定 .....奥田史朗・酒井 敦・佐藤 明	15
新製品紹介	
ベッドボックス.....中村 一美	18

● 表紙の写真 ●

樹幹注入剤による注入孔の調査風景

清原 友也\*

### 1. 線虫とは

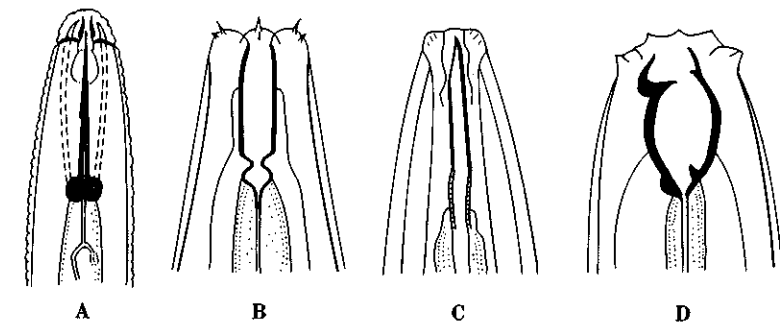
本論にはいるまえに、まず線虫についての概念的な話からはじめたい。線虫は、昆虫に次いで種類数の多い動物群で生息範囲も非常に広い。これまでに15,000種以上が記載されているが、未記載のものを含めると、およそ50万種にのぼるといわれている。多くの線虫が土壌中、海水中、淡水中に生息しているが、深海底の泥の中、砂漠の熱い砂の中、温泉中はおろか酢の中からも線虫がみつかる。地球上で線虫のいないところはないといっても過言ではない。また、動植物に寄生する種類も多く、人間や哺乳動物に寄生する回虫類も線虫の仲間である。

線虫はその食性から、土壌中などで細菌や腐植物を食し自由生活をいとんでいる自活性線虫、動植物に寄生して生活する寄生性線虫、他の線虫を捕食する捕食性線虫に大別される。口腔の形状を示すと図一1の通りであ

る<sup>1)</sup>。林業や森林にとって問題になるのは言うまでもなく口腔に針(口針)を持つ線虫類(A)であるが、後述するように自活性線虫による林産物の被害もあり、線虫害の様相も多岐にわたっている。

### 2. 林業苗畑の線虫害

林業において初めて線虫が問題にされたのは、1932年のアカエゾマツとクロエゾマツの苗木に寄生するネグサレセンチュウについての山口の報告である<sup>1)</sup>。しかし、その後林業においては線虫のことは久しく振り返られることもなく経過してきた。1950年代の農業における畑作振興の高まりとともに、農業畑地における線虫の研究が進展し、土壌線虫の防除は畑作経営にとって不可欠の技術となってきた。このような背景から、林業苗畑においても線虫の被害が注目されはじめ、まず、被害の実体を明らかにするための調査が広く行われた。すなわち、国



図一1 各種線虫の口腔の形態比較模式図(真宮)<sup>1)</sup>

A: 植物寄生性線虫 (*Helicotylenchus* 属), B: 自活性線虫 (*Rhabditis* 属),  
C: 自活性線虫 (*Dorylaimus* 属), D: 捕食性線虫 (*Mononchus* 属)

\* 森林総合研究所森林生物部線虫研究室 KIYOHARA Tomoya

庫補助による連絡試験として12道県による林業苗畑の線虫の種類と分布、生息密度、樹種と線虫の関係などが1964年～1965年に調べられるとともに国有林苗畑についても各ブロックごとに担当者により線虫実態調査が実施された。

調査結果は各県の林業試験場報告などに発表されているが、千葉はこれらの結果をとりまとめ総合的な考察を行った<sup>13)</sup>。国有林苗畑については、それぞれの担当者により林試研報等に報告されている<sup>1,2,3,14)</sup>。本節では、これらの報告を参照しながら、林業苗畑における土壌線虫について概観してみたい。まず、林業苗畑から検出される主要な寄生性線虫の種類を属のレベルで列挙する。

a) 内部寄生性線虫

*Pratylenchus* spp. (ネグサレセンチュウ\*)

*Meloidogyne* spp. (ネコブセンチュウ\*)

b) 外部寄生性線虫

*Tylenchorhynchus* spp. (イシユクセンチュウ\*)

*Trichodorus* spp. (ユミハリセンチュウ\*)

*Helicotylenchus* spp. (ラセンセンチュウ\*)

*Criconeoides* spp. (ワセンチュウ\*)

*Criconema* spp. (トゲワセンチュウ\*)

*Paratylenchus* spp. (ピンセンチュウ\*)

*Xiphinama* spp. (オオガタハリセンチュウ\*)

\*属に対する和名

内部寄生性線虫は根組織内に寄生する種類であるが、

ネグサレセンチュウが根の皮層内を移動しながら加害するのに対し、ネコブセンチュウの雌は根組織内に定着し、根にコブを形成する特徴がある。雌自身の体形も定着後に丸くなり(写真-1)、雌周辺の細胞は巨大細胞となる。これは雌の分泌する消化液によって巨大化する。ネグサレセンチュウには、キタネグサレセンチュウ(*P. penetrans*) (写真-2)ならびにミナミネグサレセンチュウ(*P. coffeae*)の2種類が主要種として知られるが、北日本では*P. penetrans*が優勢であり、南日本の林業苗畑からは*P. coffeae*の検出率が高い。ネグサレセンチュウは林業苗畑にとって最も重要な線虫であり、ヒノキ、スギをはじめ、カラマツ、エゾマツ、トドマツなどと寄主範囲もさきわめて広い。特にスギ、ヒノキでは線虫密度が高いと根系の退廃が著しい。眞宮<sup>10)</sup>はスギ苗に対する*P. penetrans*の接種試験を行い、苗高、苗重を低下させ、根系の発育を阻害することを示した。農作物の栽培後にはネグサレセンチュウ属の線虫の密度が高まることが多いので跡地にスギ、ヒノキなどを養苗する場合は本属線虫にたいする十分な配慮が必要になる。

ネコブセンチュウは針葉樹の苗木に対しては著しい被害を与えないが、前作にサツマイモなどが栽培され、線虫密度が高まった畑地で育苗すると実害を被る。殺菌土壌を使ったサツマイモネコブセンチュウ(*M. incognita*)の接種試験<sup>2)</sup>ではマツ、ヒノキに明らかな加害を示した(写真-3)。なお、キリヤアカシア類では本線虫の加害

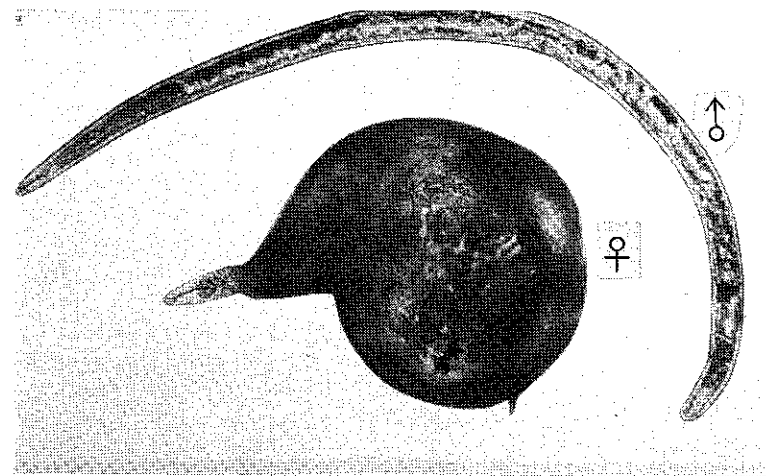


写真-1 サツマイモネコブセンチュウ (*Meloidogyne incognita*) (森林総研, 線虫研究室原図)

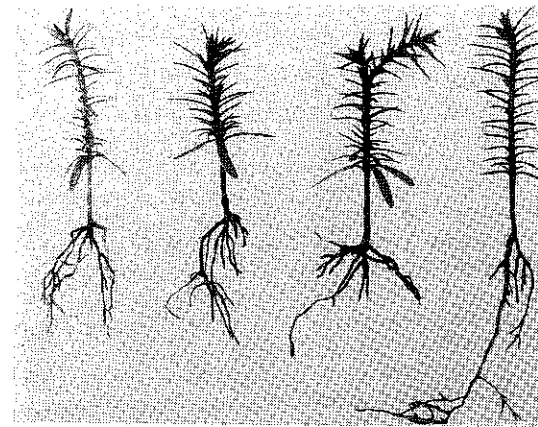


写真-2 キタネグサレセンチュウ (*Pratylenchus penetrans*) の接種により被害を受けたスギ苗の根部 (眞宮)<sup>10)</sup>

によってこぶの形成が著しい。特にニホンギリヤフサアカシアの養苗で被害が顕著となるので注意を要する。

外部寄生性線虫はふだん根圏の土壌中で生活するが、必要に応じて苗木の根端に口針をさして寄主の細胞内容を吸収し加害するため、根の形質を損ない養水分の吸収機能を阻害する。イシユクセンチュウ、ユミハリセンチュウ、ラセンセンチュウ等がこれに相当する種類である。イシユクセンチュウでは、*T. claytoni*が代表的な種で、特に軽鬆な土壌で発生が多い。ユミハリセンチュウには、*T. cedarus*, *T. porosus*, *T. minor*の3種があり、*T. cedarus*の検出頻度が最も高く、青森県以南のほとんどの林業苗畑から検出された。ラセンセンチュウやオオガタハリセンチュウもよく検出されるが、加害の実体は必ずしも明らかでない。ユミハリセンチュウやオオガタハリセンチュウの仲間は根部への直接的加害だけでなく植物ウイルスを媒介することが知られているが、林業では問題になっていない。

3. 林地での線虫害

林地における最大の線虫問題は、マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*) であることは言うまでもない。本種が発見された当時は、媒介昆虫の探索も含め、あまたの研究者が参集したが、現在では研究者の数も激減している。マツ材線虫病の発病機構は難しい課題であるが、水分通導<sup>14)</sup>、毒素<sup>15)</sup>、キャビテーション

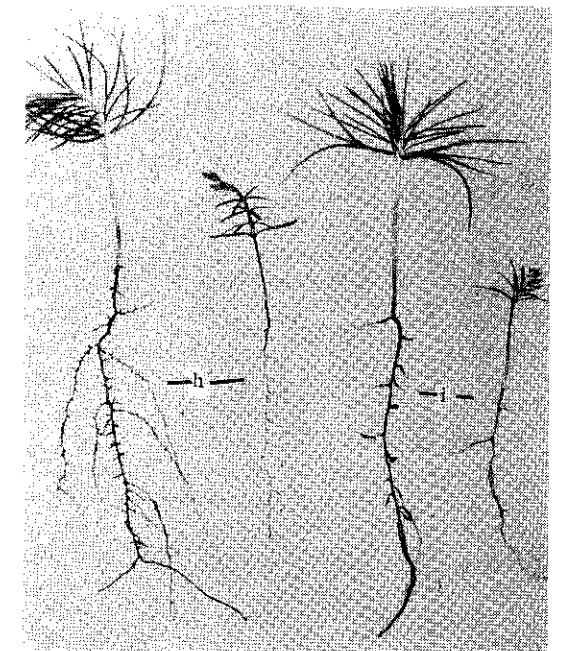


写真-3 サツマイモネコブセンチュウを接種したマツおよびヒノキの根系 (清原)<sup>2)</sup>  
h: 無接種 i: 接種

ン<sup>1)</sup>など病原性にかかわる諸見解が提起され鋭意研究が進められている。

マツノザイセンチュウは、日本、中国、韓国及び北米と広範囲に分布し、マツ枯損を引き起こしている。マツ材線虫病はまさに世界的な森林病害といえる。本線虫に近縁で形態的に酷似しているニセマツノザイセンチュウ (*B. mucronatus*) が知られるが、本種の分布はマツノザイセンチュウのそれよりさらに広く、ヨーロッパ諸国からも記録されている。ニセマツノザイセンチュウは日本産マツに対してほとんど病原性を示さない<sup>1)</sup>。しかし、海外ではその病原性についても論及されている。交配試験やDNA分析<sup>16)</sup>等を背景に、内外の研究者により両種の種間関係が論議されている。

近年、広葉樹が見直され、各分野で広葉樹の研究が進められているが、広葉樹林における植物寄生線虫の分布や被害の実態は未だほとんど不明である。広葉樹の苗木を養成しなければならない事態になると、土壌線虫の問題が浮上してくることは間違いないと思われる。マツ材線虫病を除けば針葉樹林についても、線虫の種類、分布、

被害の実態は未だ不明の状況下であり今後の調査、研究が必要である。

土壌線虫類は、体長1mm内外の小動物であるが、昆虫について種類数の多い生物群であり、森林生態系の中の1構成員として無視できない生物群集と考えられる。植物寄生性線虫にとどまらず自活性および捕食性線虫をふくめた森林における線虫相の調査研究は今後の重要な課題である。

#### 4. 複合病害の問題

林木の育苗に際して問題になるのは、播種苗の立枯病である。立枯病は *Fusarium* spp. や *Rhizoctonia solani* 等の糸状菌によって引き起こされる病害であるが、本病の発生には植物寄生線虫が深く関与する。すなわち線虫の口針によってつけられた傷が、これらの糸状菌の侵入門戸となり、立枯病による被害を増幅することになる。無傷では根部に侵入できない、病原性の弱い菌も傷があるため容易に感染することができ、無線虫下では考えられないような病害が発生する場合が少なくない。複合病害で付傷の役割を果たす線虫には、ネグサレセンチュウやネコネブセンチュウの内部寄生性線虫だけでなく、ほとんどの外部寄生線虫がその役割を果たしうる。

#### 5. 栽培キノコの線虫害

直接、林業には関係しないが林産物という観点から栽培きのこの線虫害について触れてみたい。近年、ヒラタケの鬚にこぶが形成されるヒラタケ白こぶ病(写真-4)

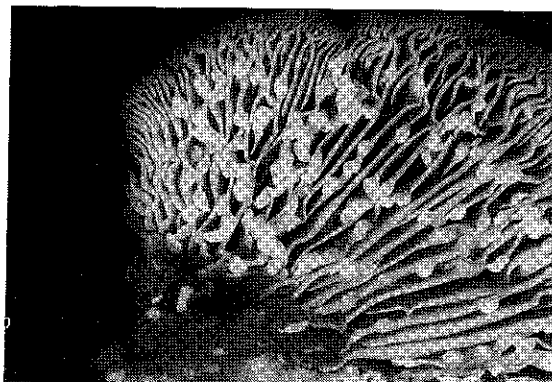


写真-4 *Iotonchium* sp. の寄生により発生したヒラタケの白こぶ病(津田 格 原図)

が各地で発生している。こぶの中には線虫 *Iotonchium* sp. が寄生しており、この線虫の作用により白癩病が発生するものと考えられている。また、この線虫に罹病した子実体は商品価値がなくなり経済的損失が著しい。この線虫の生理・生態的性質の研究が進行中である。

最近、ブナシメジの子実体が著しく矮小化する病害(写真-5)が発生し、罹病子実体や菌床からは、ある種の線虫が検出されるため線虫調査の必要性が生じた。現地調査を行った結果、罹病した子実体からは *Rhabditella* 属の線虫の一種が例外なく検出された。この線虫をドッグフード培地で培養し、健全なブナシメジ菌床に接種した結果、同じ奇形病が発現し、病原線虫であることが明らかにされ、ブナシメジ奇形病と仮称した<sup>3)</sup>。この線虫は口針を持たない自活性線虫であることは興味深い。この線虫の加害機構や媒介昆虫の存在など、その生理・生態については不明な点が多く、目下研究中である。

#### 6. 昆虫寄生性線虫

これまでは林業、林産物に加害する線虫を中心に述べてきたが、本節では林業に益をなす線虫類について触れてみたい。マツノザイセンチュウの主要な媒介昆虫であるマツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus*) の生殖器に寄生する線虫が知られていたが、最近の研究でこの線虫は、*Contortylenchus* 属の新種であることが分かり *C. genitalicola* と命名記載された<sup>7)</sup>。目下、本線虫のマツノマダラカミキリに対する産卵抑制効果な

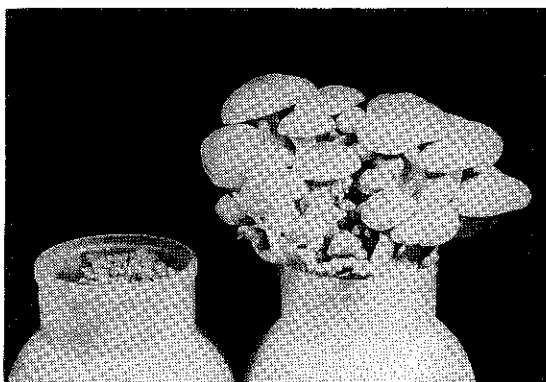


写真-5 *Rhabditella* sp. の接種により発生したブナシメジの奇形病(清原・小坂)<sup>3)</sup>  
左:接種, 右:無接種

どが調べられている。

オーストラリアでは *Deladenus* 属の線虫によるキバチ類の生物防除が実施されている。日本産キバチ類にも *Deladenus* 属の線虫が寄生しているので今後の研究が必要である。 *Deladenus* 属や *Contortylenchus* 属の線虫の特徴は菌食する世代と昆虫に寄生する世代の2世代をもつのを特徴とする<sup>6)</sup>。従って、菌食世代で増殖をはかりこれを害虫の防除に利用することができる。

ネキリムシの寄生線虫としては、*Steinernema* 属の線虫が著名であり *S. carpocapsae* は生物農薬として市販されている。この属の線虫には *Xenorhabdus* 属の細菌が共生しており、この細菌によりネキリムシの幼虫は敗血症を起こして死亡する。

わが国でも *S. kushidai* が記載され<sup>9)</sup>、その共生細菌とともに殺虫作用などの生理的性質の研究が行われている。

#### 7. おわりに

本稿では、林業及び林産物にかかわる線虫について概観したが、そのごく一部に触れたにすぎない。既述したように針・広葉樹林における線虫調査は未だ手つかずの状態である。一方、林木や森林を加害する昆虫類もまた数多い。どんな昆虫にも少なくとも1種類の線虫が寄生していると言われるので、これら線虫類の検索と研究も今後に課された重要な研究テーマである。

#### 引用文献

- 1) 橋本平一(1970):北海道における国有林苗畑の線虫実態調査, 北方林業 251, 19-22.
- 2) 清原友也(1970):九州の国有林苗畑における植物寄生線虫の分布, 林試研報 232, 1-12.
- 3) 清原友也・小坂 肇・中村公義(1995):発育不良ブナシメジから検出される線虫について, 106回日林大会講要集 340p.
- 4) 清原友也(1989):マツ材線虫病の病原学的研究 林試研報 353, 127-176.
- 5) Kuroda, K.(1991):Mechanism of cavitation development in the pine wilt disease. Eur. J. For. Path. 21, 82-89.

6) 小坂 肇・小倉信夫(1992):マツノマダラカミキリの生殖器に寄生する線虫の生活史 森林総合研究所 所報 50, 4-5.

7) Kosaka, H. & N. Ogura (1993): *Contortylenchus genitalicola* n. sp. (Tylenchida: Allantonematidae) from Japanese Pine Sawyer, *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae) Appl. Entomol. Zool. 28, 423-432.

8) 真宮靖治(1969):国有林苗畑における植物寄生線虫の分布—東日本の苗畑について—, 林試研報 219, 95-119.

9) Mamiya, Y. (1988): *Steinernema kushidai* n. sp. Appl. Entomol. Zool. 23, 313-320.

10) 真宮靖治(1970):キタネグサレセンチュウ (*Pratylenchus penetrans*) のスギ苗に対する寄生性および加害性, 日林誌 52, 41-50.

11) 真宮靖治(編)(1992):森林保護学, 124p, 文永堂出版.

12) 中園和年(編)(1992):線虫研究の歩み, 199p. 日本線虫研究会

13) 奥 八郎・山本広海・太田 宏・白石友紀(1985):激害型枯損マツより分離した異常代謝産物のマツ幼苗およびマツノザイセンチュウに対する作用. 日植病報 51, 303-311.

14) 鈴木和夫, 他(1993):材線虫病の病原性と誘導抵抗性の解明, 平成4年度科学研究費補助金研究成果報告書 77pp.

15) 千葉 修(1968):林業苗畑における土壌線虫の実態—連絡試験による実態調査から—, 森林防疫ニュース 17, 26-36.

16) Webster, J. M., Anderson, R. V., Vallie D. L. & Beckenback, K. (1990):DNA probe for differentiating isolates of the pinewood nematode species complex. Revue Nematol. 13, 255-263.

17) 山口捨男(1932):アカエゾマツ及びクロエゾマツの苗木に寄生する線虫について, 北大演習林報 7, 209-215.

18) 陳野好之・五十嵐 豊(1972):四国の国有林苗畑における植物寄生線虫の分布, 林試研報 246, 11-20.

# スギ花粉飛散開始日の具体的な予測方法について

平 英 彰\*

## 1. はじめに

1961年、齋藤洋三<sup>1)</sup>が栃木県日光地方で初めてスギの花粉症患者を発見してから、患者数は毎年増加の一途をたどり、現在では人口の10%を越え、国民病といわれるまでになっている<sup>2)</sup>。また、日本人のスギ特異的IgE抗体の保有率は40%近くに達することから<sup>3)</sup>、今後、さらにスギ花粉症患者の割合は増加するのではないかと憂慮されている。花粉症は、一旦発症すると完治することはなく、スギ花粉症患者は毎年スギ花粉飛散時期になると発症を繰り返す<sup>4)</sup>。スギ花粉症患者の症状は個人差が大きく、重症の人では、鼻閉を伴い日常生活に支障をきたすほどその症状は重い。このような状況の中で、スギ花粉飛散期においてスギ花粉症患者の症状は発症を予防することが重要な課題になっている。スギ花粉症患者の症状の発症を予防するには、これまでの花粉飛散予報だけでは不十分であり、医療分野における初期治療と連動した花粉飛散情報の提供が行われなければならない。医療分野における花粉症の治療は、投薬による対症療法が主であるが、スギ花粉に過敏に反応するスギ花粉症患者の病状は、スギ花粉の飛散が始まる前から抗アレルギー剤を投与するなどの初期治療によって著しく軽減できることが報告されている<sup>5,6,7)</sup>。このことからスギ花粉飛散開始日をいつ設定するかが大きな問題となる。また、花粉飛散期には布団を干さない、花粉用マスクや眼鏡を使用する、自転車やオートバイに乗らない、スギ花粉の大飛散日には外出を控えるなど、日常生活におけるスギ花

粉の回避方法についても具体的な提案がなされている<sup>8)</sup>。今後、林業関係者には、スギ花粉飛散開始日の予測など、医療分野において初期療法を行うために必要な情報の提供が求められている。ここでは、筆者がこれまで行ってきたいいくつかのスギ花粉飛散開始日の予測方法について具体的に紹介したい。

## 2. スギ雄花の休眠覚醒日と開花に必要な有効積算温度による予測方法

橋詰<sup>9)</sup>は、鳥取県において1969, 1970, 1972年のスギ花粉飛散は、1月1日からの最高気温の積算値がおおよそ300℃に達した頃に始まったことを報告している。齋藤<sup>10)</sup>は1月1日から花粉飛散日までの最高気温の積算値、村山<sup>11)</sup>は、1月の平均気温の積算値、また、川岸<sup>12)</sup>は、1月の平均気温と1月1日からスギ花粉飛散開始日までの日数との相関を用いて花粉飛散開始日の予測を試みている。これらの予測は、1月の最高気温又は平均気温がスギ雄花の生育とどのような関連性があるのか、また、気温の積算起算日をなぜ1月1日に設定するのかなどについての根拠は示されていない。スギ花粉飛散開始日を予測するには、統計的に適合するデータを探しそれを用いることも一つの方法である。しかし、このような方法は気象条件が平年よりはずれた時に適合性が良くないことが考えられる。スギの花粉飛散の予測には、スギ雄花の休眠打破の条件や発育限界温度及び有効積算温度を明らかにし、それを基に行うのがより合理的である。これらのことを明らかにするため、1991年1月上旬にスギ林の32個体から雄花を採取し、22℃, 18℃, 14℃, 10℃, 8℃, 6℃, 4℃, 2℃に設定した温度勾配器でそれぞ

れ栽培した。雄花を短い棒で軽くたたき、花粉の飛散が肉眼で確認された時をその個体の開花日とし、また、スギ林から離れた場所で花粉が検出されるにはスギ林内の10%~15%程度の個体が開花する必要があることから<sup>13)</sup>、設定各温度におけるスギの開花日は、実験した各群個体数の約15%にあたる5本以上が開花した時にその設定温度におけるスギ雄花の開花日とした。

開花日までの日数は、22℃処理で11日、10℃で18日、2℃で58日を要し、各処理温度におけるスギ雄花の開花に要した日数、積算温度及び発育速度は表-1のとおりであった。発育速度(生長率)と飼育温度の関係から計算すると<sup>14)</sup>有効積算温度は183.85日度、発育限界温度は0.17℃となった。このことは、スギの雄花の休眠が覚醒してから、有効温度の積算値が184日度に達すると開花が始まることを示している。また、スギ雄花は、0.17℃以上の温度であれば生育を始める。このことは、スギ花粉飛散開始日から逆算してスギの有効温度の積算値が184日度に達した日がスギ雄花の休眠覚醒日(有効温度の起算日)になる<sup>15)</sup>。このことから、富山県における過去9年間のスギ雄花の休眠覚醒日を調べると12月から1月にかけての平均気温が6℃以下で最低気温が3℃以下の日が3日以上続き、その後10℃以上の日が2日続

いた日の初日にあたった。したがって、12月から1月上旬にかけての気象条件がこのようになった日から有効温度の積算値が184日度前後に達した時にスギ雄花の花粉飛散が始まる。富山県ではこの方法によってダーラムによるスギ花粉飛散開始日からの予測誤差を少なくできた(表-2)。しかし、福岡、東京、神奈川など、他の都道府県において、スギ花粉飛散開始日とその地域の気象データを基に花粉飛散開始日の予測が可能かどうかを検討したが、スギ雄花の休眠覚醒日を確実に確定することはできなかった。これは、地域によって気象条件やスギ品種が異なるためと考えられた。

## 3. 雄花の生理的特性を用いた予測

地域や植栽されている品種が異なれば、スギ雄花の休眠覚醒日や開花に要する積算温度が異なると考えられる<sup>16)</sup>。地域や品種が異なってもスギの花粉飛散開始日を予測する方法を確立するため、スギ雄花の特性について調査した。

10月下旬からおおよそ10日ごとにスギ雄花を採取し、10℃と20℃に設定した人工気象器でそれぞれ培養し、雄花の開花に要した平均積算温度を求めた。人工気象器で培養した雄花の枯損率は雄花の採取時期及び培養温度によ

表-1 スギの開花に要した積算温度と生長率

栽培温度	22℃	18℃	14℃	10℃	8℃	6℃	4℃	2℃
開花日数	11	10	14	18	25	32	41	58
積算温度	242	180	196	180	200	192	164	116
生長率	0.091	0.100	0.071	0.056	0.04	0.031	0.024	0.017

表-2 各方法によるスギ花粉飛散開始日の予測誤差

年 度	平らの方法	橋詰の方法	村山の方法	川岸の方法	齋藤の方法
1983	0	13	2	2	7
1984	0	6	8	8	13
1985	14	1	7	7	14
1987	6	20	2	2	14
1988	1	24	3	3	4
1989	1	9	6	6	2
1990	1	2	12	12	17
1991	4	4	0	0	3
平均	3.4	9.9	5.0	5.0	9.3

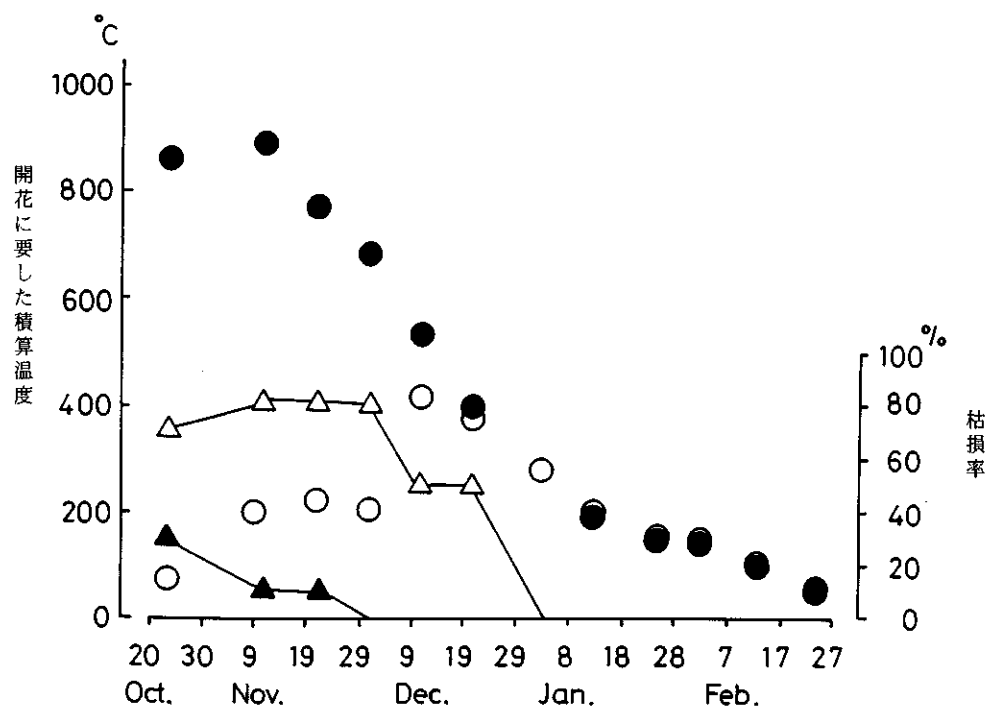
\* 富山県林業技術センター林業試験場

で著しく異なっていた。10℃培養では、10月下旬に採取した雄花の枯損率は30%で、その後しだいに低下し、11月下旬にはすべての雄花が開花した。一方、20℃培養では、10月下旬の枯損率は70%、11月中旬から12月上旬までの枯損率は80%と高く、すべての雄花が開花したのは12月中旬以降であった(図一)。また、採取した雄花の開花に要した平均積算温度は10月下旬に10℃培養で876日度、11月中旬に886日度の最高に達し、その後しだいに低下していき、2月24日では66日度になった。20℃培養では、10月下旬に60日度、11月中旬から12月上旬の間は200日度前後で極めて低くなった。しかし、12月下旬は410日度と上昇し、12月中旬以降は、10℃よりはやや高いかほぼ同じ値を示した(図一)。また1月下旬以降、10日おきに採取したスギ雄花の開花に要した平均積算温度と1月7日を起算日として計算した有効温度の積算値の和はほぼ一定の値を示した(図二)。このことは、スギ雄花の開花に必要な温度は、1月上旬以降であれば有効温度の積算値に逆比例して減少していくこと

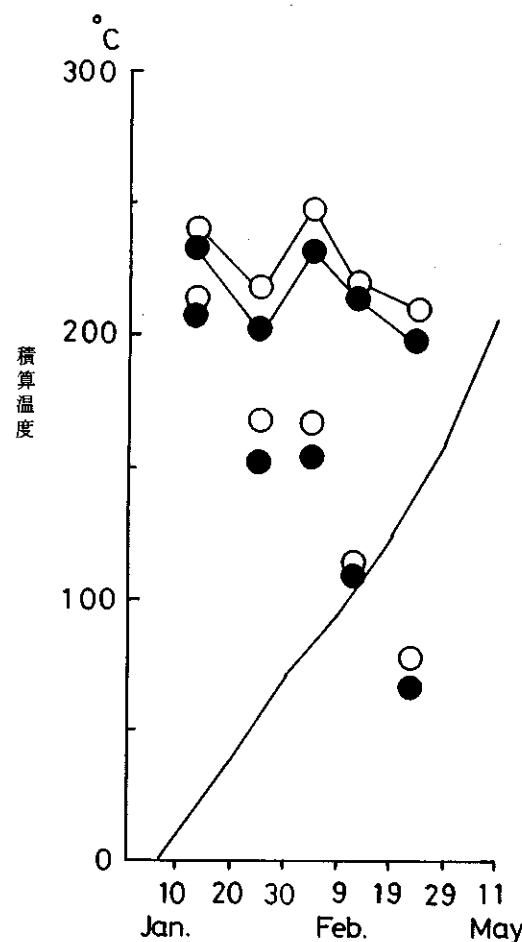
を示している。したがって、1月上旬以降では雄花を採取した日以降の気温を基に計算した有効温度の積算値が培養した雄花の開花に要した積算温度に達した時にスギ林の開花が始まることを示している。したがって、スギ雄花の生理的特性を利用すれば、他の地域においてもスギ花粉飛散開始日を容易に予測できると考えられる<sup>17)</sup>。

4. 実際に行ったスギ花粉飛散開始日の予測結果

前述したスギ雄花の生理的特性を利用して、1992年～1994年のスギ花粉飛散開始日の予測を行った。富山市内の標高10m地点に生育しているスギ林の中から、およそ30本の個体を選び雄花を採取した。採取時期は、1992年の場合は2月11日と2月27日、1993年は1月25日と2月12日、1994年は1月26日と2月15日である。雄花を採取したスギ林は、富山県内で最も早く花粉を飛散させると考えられている林分である。採取した雄花はおおよそ30cm程度に剪定し、直径25mm、長さ120mmの培養管に



図一 時期別に採取した雄花の開花に要した平均積算温度と枯損率の変化  
●: 10℃栽培 ○: 20℃栽培 ▲: 枯損率10℃ ▼: 枯損率20℃



図二 1月以降の雄花の開花に要した平均積算温度と1月7日を起算とする有効温度との関係

- : 10℃栽培
- : 20℃栽培
- : 開花に要した積算温度と有効温度の積算値 (10℃)
- : 開花に要した積算温度と有効温度の積算値 (20℃)

挿して水を充たした。それを試験管に立てて、10℃と15℃に設定人工気象器の中に入れ培養した。毎日、培養している雄花を棒でたたき、雄花から花粉が飛散するのを肉眼で確認した。そして、採取した雄花の15%に当たる個体が花粉を飛散した時をスギ雄花の開花日とした。

また、雄花を採取した翌日より、スギ雄花の有効限界温度を0.17℃として法橋の式<sup>18)</sup>から有効温度を計算した。

$$(T-t)x = \frac{[\text{Max}(x) - t]^2}{[2 \times \text{Max}(x) - \text{Min}(x)]}$$

(T-t)x は X 日の有効温度

tは発育限界温度(0.17)

また、1992年から1994年の1月から4月にかけて、富山医科薬科大学の屋上(標高90m)にダーラムの花粉採取器を設定し、花粉を測定した。

ダーラムの花粉検索器でスギ花粉が連続して3日以上観測された最初の日をスギ花粉飛散日とすると、1992年のスギ花粉飛散開始日は2月27日であった(表一3)。2月11日に採取し、15℃の人工気象器で培養したスギ雄花の開花日は2月14日で、スギ雄花が開花に要した温度の積算値は45日度であった。雄花を採取した翌日にあたる2月12日から開花した2月14日までの気温から計算した有効温度は13.13日度であった。したがって、スギ雄花の花粉飛散は2月15日以降有効温度が31.84日度(45.00-13.13)に達した前後に始まる。富山気象台の発表した2月中旬から下旬の平均気温の予測は、2.6℃～4.0℃であった。スギ雄花の有効温度は、ほぼ1日の平均気温に近似するので気温が高めの4℃で推移すると花粉飛散開始日は8日後(31.87÷4=7.9)の2月22日、低めの2.6℃で推移すると13日後(31.87÷2.6=12.3)の2月27日になった。また、2月16日には10℃で培養したスギ雄花が開花した。雄花が開花に要した積算温度は50日度であった。2月16日に行った予測は、15℃培養で開花に要した積算温度45日度と10℃培養で開花に要した積算温度50日度の平均値47.5日度を用いて行った。2月12日から2月15日までの最高、最低、平均気温から計算した有効温度の積算値は20.36日度であった(表一4)。16日以降のスギ雄花の開花に必要な積算温度は47.5日から20.36日度を引いた27.14日度になる。富山気象台の2月中旬～下旬の予測平均気温は2.0～3.0℃であった。したがって、花粉飛散予測日は、気温が高めの3℃で推移すると10日後の2月25日、低めの2℃で推移すると14日後の2月29日になった。

2月27日には雄花を採取したスギ林の着花している個体32本のうち、2本がかすかに花粉を飛散させていた。27日に採取した雄花は、10℃、15℃培養のどちらにおいても、およそ12時間を経過した翌朝7時には開花していた。したがって、スギ雄花の開花実験から判断したスギ花粉飛散開始日は2月28日となった。

表一三 ダーラムの花粉検索器によって検索された空中花粉数

2 月																
年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1992	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
1993	0	0	0	①	6	5	0	0	0	4	0	0	3	0	2	0
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
年度	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29			
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	③	③	3			
1993	0	③	1	1	0	0	2	1	0	2	18	1				
1994	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	①				
3 月																
年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1992	3	1	1	4	0	1	6	9	34	50	37	61	99	63	0	39
1993	1	1	5	12	250	230	28	41	35	199	87	270	62	160	39	135
1994	1	1	1	0	0	④	0	0	1	0	4	1	5	10	3	11
年度	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1992	29	28	20	2	1	1	1	0	16	1	80	23	2	0	20	
1993	48	70	32	127	132	183	503	70	244	195	210	135	107	395	78	
1994	5	10	17	2	11	5	3	3	1	20	20	37	40	34	27	

□:ダーラムによるスギ花粉飛散開始日  
○:スギ雄花の開花に必要な有効温度から推定したスギ花粉飛散開始日

表一四 1992年の花粉飛散開始日前の気温と有効温度の推移

月 日	最高気温	最低気温	平均気温	有効温度	積算温度	開花必要温度
2月12日	12.1	-2.3	4.3	5.37	5.37	45.00
2月13日	10.4	2.1	4.9	4.73	10.10	
2月14日	5.4	1.2	3.2	3.03	13.13	
2月15日	11.6	2.2	7.4	7.23	20.36	
2月16日	7.3	-0.8	3.9	3.30	23.66	
2月17日	6.8	-1.2	2.5	2.97	26.63	
2月18日	8.9	0.5	4.4	4.23	30.86	
2月19日	3.4	-1.1	0.9	1.32	32.18	
2月20日	3.3	-1.0	1.0	1.29	33.47	
2月21日	1.7	-0.7	0.2	0.57	34.14	
2月22日	1.4	-1.2	0.0	0.38	34.42	
2月23日	7.4	-1.1	2.6	3.29	37.71	
2月24日	3.4	0.5	1.8	1.63	39.34	
2月25日	1.5	-0.5	0.3	0.51	39.84	
2月26日	6.4	-0.8	1.8	2.85	42.70	
2月27日	12.6	-0.5	5.8	6.01	48.71	
2月28日	17.9	2.9	9.8	9.63	58.34	

1993年のダーラムの花粉検索器で判定したスギ花粉飛散開始日は2月4日であった。1月25日に採取して15℃の人工気象器で培養した雄花の開花日は2月3日で、採取したスギ雄花の開花に要した積算温度は95.0日度で

表一五 1993年の花粉飛散開始日前の気温と有効温度の推移

月 日	最高気温	最低気温	平均気温	有効温度	積算温度	開花必要温度
1月26日	9.0	2.0	5.3	5.13	5.13	95.00
1月27日	11.1	1.2	5.6	5.43	10.56	
1月28日	2.2	-1.3	0.1	0.72	11.28	
1月29日	3.9	-1.0	1.4	1.58	12.86	
1月30日	5.6	1.0	2.5	2.33	15.19	
1月31日	10.2	1.8	4.6	4.43	19.62	
2月1日	3.3	-1.8	0.7	1.29	20.91	
2月2日	2.9	-2.8	0.0	0.87	21.78	
2月3日	5.8	-0.3	2.9	2.66	24.44	70.56
2月4日	7.8	0.4	4.2	4.03	28.47	
2月5日	11.5	-1.2	5.1	5.30	33.78	
2月6日	19.4	7.1	13.7	13.53	47.31	
2月7日	19.3	3.3	10.5	10.33	57.64	
2月8日	3.4	-1.1	0.1	1.32	58.96	
2月9日	5.2	-0.5	1.8	2.32	61.28	
2月10日	4.6	0.0	2.0	2.13	63.41	
2月11日	8.3	0.0	4.2	3.98	67.39	
2月12日	4.5	0.5	2.6	2.43	69.82	
2月13日	9.7	0.1	4.9	4.71	74.53	27.50
2月14日	5.1	-1.2	1.6	2.13	76.66	
2月15日	10.0	-2.7	3.6	4.26	80.92	
2月16日	9.6	1.3	5.8	5.63	86.55	
2月17日	11.9	6.8	8.9	8.73	95.28	
2月18日	8.1	3.1	5.4	5.23	100.51	

あった。雄花を採取した翌日の1月26日から2月3日までの有効温度の積算値は24.44日度であったので2月4日以降の有効温度の積算値が70.56日度に達すればスギ花粉の飛散が始まる(表一五)。気象台が発表した2月上旬の予測平均気温は0.2~2.9℃、中旬は0.5~3.4℃、下旬は0.95~3.7℃と幅が大きかったので飛散開始日の予測には平年並と高めの気温、上旬で1.6~2.9℃、中旬で2.0~3.4℃、下旬で2.3~3.7℃を用いた。平均気温が高めに推移すると2月25日、平均並で3月7日がスギ花粉飛散開始日になる。2月6日、7日は気温が予想以上に上がり有効温度が10℃を越えた。したがって、1月26日から2月7日までの有効温度の積算値は57.64日度に達したので、2月8日以降の有効温度の積算値は37.36日度に達した日にスギ花粉飛散が始まる。したがって、平均気温が高めに推移すると2月19日、平年並で推移すると2月26日に花粉が飛散する。2月12日に採取した雄

花は2月15日に開花し、開花に必要な有効温度の積算値は27.5日度であった。雄花を採取した日の翌日の2月13日から2月15日までの有効温度の積算値は11.1日度なので16日以降の有効温度の積算値が16.4日度に達するとスギの花粉飛散が始まる。2月15日の週間天気予報では、15日から日本海側ではフェーン現象になり、平均気温が5℃以上と予想されたことからスギ花粉飛散開始日を2月18日と予想した(表一五)。

1994年のダーラムの花粉観測によるスギ花粉飛散開始日は、2月28日であった。1月26日に採取したスギ雄花の2月3日に開花し、開花に要した積算温度は92.5日度であった。2月3日に行った予測では、富山気象台が予測した2月上旬の平均気温は1.6~2.9℃、中旬は3.4~4.4℃、下旬では2.4~3.7℃を用いて、スギ花粉飛散開始日の予測を行った。スギの花粉飛散開始日は気温が高めに推移すると2月25日、低めに推移すると3月6日

表一6 1994年の花粉飛散開始日前の気温と有効温度の推移

月 日	最高気温	最低気温	平均気温	有効温度	積算温度	開花必要温度
1月27日	4.2	-0.2	1.4	1.89	1.89	92.50
1月28日	3.6	-0.4	1.2	1.55	3.44	
1月29日	3.2	-1.8	0.5	1.12	4.56	
1月30日	0.3	-5.0	-2.3	0.00	4.56	
1月31日	4.2	-5.0	-0.6	1.21	5.77	
2月1日	5.3	-0.7	3.2	2.33	8.10	
2月2日	1.9	-1.6	-0.1	0.55	8.66	
2月3日	0.1	-1.7	-1.2	0.00	8.66	
2月4日	3.4	-1.5	0.3	1.26	9.92	
2月5日	6.6	-2.1	2.3	2.70	12.62	
2月6日	10.5	1.4	4.8	4.63	17.25	
2月7日	10.1	0.9	4.5	4.33	21.58	
2月8日	8.1	0.6	4.5	3.74	25.32	
2月9日	5.7	1.7	3.6	3.43	28.75	
2月10日	2.6	-1.4	0.5	0.89	29.65	
2月11日	3.0	-1.9	-0.2	1.01	30.66	
2月12日	1.1	-2.2	-0.5	0.20	30.86	
2月13日	1.0	-3.1	-1.4	0.14	30.99	
2月14日	4.0	-1.9	0.6	1.48	32.47	
2月15日	6.9	-1.8	2.0	2.90	35.38	
2月16日	10.0	0.4	3.2	3.03	38.41	52.50
2月17日	4.2	0.2	1.8	1.63	40.04	
2月18日	8.5	-1.1	2.6	3.83	43.87	
2月19日	10.1	-3.4	3.0	4.18	48.05	
2月20日	15.3	0.1	8.1	7.51	55.55	
2月21日	11.4	1.3	5.5	5.33	60.88	
2月22日	5.6	0.2	2.2	2.03	62.91	
2月23日	2.6	-1.3	0.6	0.91	63.82	
2月24日	1.4	-2.0	-0.2	0.32	64.14	
2月25日	6.0	-0.4	1.7	2.74	66.88	
2月26日	3.2	0.3	1.3	1.13	68.01	
2月27日	5.0	-0.6	1.9	2.20	70.21	
2月28日	8.9	0.7	3.8	3.63	73.84	
3月1日	7.5	0.4	3.2	3.03	76.87	
3月2日	6.7	0.3	2.6	2.43	79.30	
3月3日	10.6	-0.8	4.7	4.94	84.24	
3月4日	10.1	0.5	3.7	3.53	87.77	
3月5日	5.0	-0.3	1.9	2.26	90.04	
3月6日	7.4	-0.9	2.5	3.33	93.37	
3月7日	10.1	-1.3	4.6	4.59	97.95	

となる。2月15日に採取した雄花は2月19日に開花し、開花に要した積算温度は52.5日度であった。2月16日から採取した雄花が開花した18日までの有効温度の積算値は8.49日度なので2月19日以降の有効温度の積算値が44.01に達すればスギ花粉飛散が始まる。したがって、平均気温が高めに推移すると3月2日、低めに推移すると3月6日に花粉飛散が始まると予測された。2月16日から3月2日までの有効温度の積算値は43.93日度に達

表一7 花粉飛散予測結果

年度	雄花採取日	予測発表日	飛散開始予測日	ダーラムによる飛散開始日	開花に要した積算温度	予測に用いた平均気温	
1992	2月11日	2月14日	2月22日~27日	2月27日	45.0日度	2月中旬 2.6~4.0℃	
		2月16日	2月16日~29日			2月下旬 2.0~3.0℃	
		2月28日	2月28日		5.0日度		
1993	1月25日	2月3日	2月3日~3月7日	2月4日	95.0日度	2月上旬 1.6~2.9℃	
		2月8日	2月19日~26日			2月中旬 2.0~3.4℃	
		2月12日	2月15日	2月18日		27.5日度	2月下旬 2.3~3.7℃ 3月上旬 3.2~4.2℃
1994	1月26日	2月3日	2月3日~3月6日	2月28日	92.5日度	2月上旬 1.6~2.9℃	
		2月15日	3月2日~6日		52.5日度	2月中旬 3.4~4.4℃	
			3月3日	3月6日			2月下旬 2.4~3.7℃
			3月7日	33%のスギ開花			3月上旬 3.2~4.2℃

した。2月15日に採取した雄花の開花に必要な積算温度から推定すると3月3日以降の有効温度の積算値が8.57日度(52.50-43.93=8.57)に達するとスギ花粉飛散が始まる。3月3日の週間天気予報から平均気温は低めに推移すると判断されたため3月6日を飛散開始日と予想した(表一6)。3月7日においては、雄花の着花しているスギの33%の個体で花粉が飛散していた。また、3月3日から3月5日までの有効温度の積算値は、10.73日度に達したので有効温度の積算値から計算した花粉飛散開始日は、3月5日であったと判断された(表一7)。

ダーラムの花粉検索器で観測した花粉飛散開始日と筆者らがスギ雄花の休眠が覚醒した以降のスギ雄花の開花に必要な積算値を用いて予測したスギ花粉飛散開始日は、1992年の場合はほぼ一致していた(表一3)。

1993年の場合は、ダーラムによるスギ花粉飛散開始日は筆者らの予測日より14日早かった。ダーラムによるスギ花粉飛散開始日となった2月4日以降のスギ花粉飛散数をみると、2月5日は6個、7日は5個でそれ以降は、10日が1個、13日が1個、15日が1個でスギ花粉は連続的に観測されていない。それに対し筆者らの予測日(2月18日)以降は2月21日と22日以外はほぼ連続的に花粉の飛散が認められた。また、スギ林においては、2月18日に着花したスギの15%にあたる個体が花粉を飛散し始めた。したがって、1993年の場合は、2回目に3日間連続して花粉が観測された最初の日にあたる2月18日

が実際のスギ花粉飛散日であったと考えられる(表一3)。この年の2月上旬に連続してスギ花粉が観測された理由は、2月上旬に極めて高い気温が続いたため、開花の早い個体から花粉が連続的に観測されたのであろう。

1994年の場合は、ダーラムによるスギ花粉飛散開始日は、筆者の予測日より6日早かった。しかし、2月28日、3月3日においてスギ林の雄花の花粉飛散は認められなかった。3月7日にはスギ林で着花した個体の33%が花粉を飛散させていた。したがって、実際のスギ花粉飛散開始日は3月5日か6日と考えても良いだろう。

ダーラムで観測されたスギ花粉数から判断した花粉飛散開始日と、筆者らが行ったスギ雄花の開花に要する積算温度から判断した花粉飛散開始日とは、雄花の豊作年であった1992年のように極めて良く一致する年もあるが、雄花の不作年であった1993年、1994年の場合のように一致しない年もある(表一7)。

ダーラムによるスギ花粉飛散開始日の予測は、手軽にできることや、スギ林からの花粉飛散の動向を把握するうえにおいて極めて有効な手段と考えられる。しかし、この方法は、スギ林の雄花の開花をダーラムの花粉検索器を通じて間接的に把握するので気象条件の影響を受けやすく、スギ雄花の開花以外の原因で飛散する花粉を補足するので<sup>19)</sup>、誤差が大きくなることもある。また、飛散開始日の決定は、連続して3日以上観測された初日であるため、花粉飛散開始日の確定は花粉飛散開始日より



3日以上遅れる。これに対し、筆者の試みた方法は、スギ林が一斉に花粉を飛散させる時期を直接予測するため、気象条件によって影響を受けることなく、誤差は少なくなる。この方法でスギ花粉飛散開始日の予測を行うには、その地域において開花が最も早いスギ林を見つけ出し、その林分から採取した雄花を用いて予測を行うことが最も重要なポイントだと考えられる<sup>20)</sup>。

引用文献

1) 斎藤洋三 (1985) スギ花粉症・すずさわ書店、東京 pp.10-30.  
 2) 佐橋紀男・高橋裕一・村山貢司 (1995) スギ花粉のすべて、耳鼻咽喉科臨床補冊 76, 1-2.  
 3) 井上 栄 (1992) 文明とアレノギー病、講談社、東京 pp.19-21.  
 4) 斎藤憲治 (1995) スギ花粉飛散と症状について—花粉情報作成の立場から—、耳鼻咽喉科補冊 76, 26-35.  
 5) 馬場廣太郎 (1992) スギ花粉症について、花粉研究会会報 3, 2-8.  
 6) 水越文和・竹中 洋・出島憲司ほか (1991) リノコートによるスギ花粉症初期治療、耳鼻臨床 84, 1174-1188.  
 7) 奥田 稔・古内一郎・佐々木好久ほか (1986) スギ花粉症に対するケトチフェン季節前投与の予防効果、耳鼻咽喉科展望 29, 277-293.  
 8) 形浦昭克・朝倉光司 (1994) 鼻アレルギー診療ガイドブック、南江業、東京 107-125.  
 9) 橋詰隼人 (1973) 林木の交配に関する基礎的研究 (V)、鳥取大農演報 25, 81-96.

10) 斎藤洋三・竹田英子 (1988) 東京都文京区における1988年のスギ・ヒノキ科空中花粉調査、日本花粉誌 34, 149-152.  
 11) 村山貢司 (1988) 関東におけるスギ花粉情報、日本花粉誌 34, 153-156.  
 12) 岸川禮子 (1988) 福岡市におけるスギ・ヒノキ科花粉飛散の年次変動と気象条件—スギ・ヒノキ科花粉飛散予報—、アレルギー 35, 355-363.  
 13) 平 英彰・寺西秀豊・劔田幸子・槻陽一郎・清水規矩雄・河合康守 (1991) スギ林の雄花着花状況と空中花粉飛散パターンとの関連性について—1990年における富山県の例—、アレルギー 40, 1200-1209.  
 14) 伊藤嘉昭・村井 実 (1977) 動物生態研究法 (下巻)、古今書院、東京 pp.445-450.  
 15) 平 英彰・寺西秀豊・劔田幸子 (1991) スギの花飛散開始日について、アレルギー 41, 86-92.  
 16) 平 英彰 (1993) スギ品種による雄花の有効温度と発育限界温度の違い、富山林支技セ研報 7, 18-21.  
 17) 平 英彰・寺西秀豊・劔田幸子 (1994) スギ雄花の開花特性を利用したスギ花粉飛散開始日の予測について、日林誌 76, 126-131.  
 18) 法橋信彦 (1972) クツマグロヨロバイの生活史と個体群動態に関する研、九州農試場報 16, 238-382.  
 19) 平 英彰・庄司俊雄・寺西秀豊・劔田幸子・槻陽一郎 (1995) スギ雄花の花粉飛散特性とスギ花粉症患者の発症との関連性について、アレルギー 44, 467-473.  
 20) 平 英彰・寺西秀豊・劔田幸子 (1995) スギ花粉飛散開始日の予測結果について—1992年~1994年—、花粉症研究会会報 6, 11-17.

## 樹幹注入処理によるシラカンバの枯殺とサーモグラフィを用いた効果の判定

奥田史朗\*・酒井 敦\*・佐藤 明\*\*

表—1 処理に際した除草剤と処理量

製剤名	商品名	処理量 (ml/40cm <sup>2</sup> , B.A)
グリホサート	ラウドアップ	2, 1, 0.5
イマザピル	アーセナル	2, 1, 0.5
トリクロピル	ザイトロン	2, 1, 0.5
テトラピオン	フレノック	2, 1, 0.5

### はじめに

いわゆる立木処理による単木の枯殺は、目的とする固体だけを確実に枯らすことができる上、周辺木に対する除草剤の影響を少なくすることができるため、除伐等の個別作業には適していると考えられる。ところで、立木処理を行うのに適している液剤の除草剤は数種類あり、それぞれに作用の形態が異なっている。また、樹種による薬剤の特性の違いの他に、速効性や遅効性などが効果の発現にかかる時間も除草剤の種類により異なっている。そこで、筆者らは効果的な雑草木の防除去を考える上で、作用の異なる数種類の除草剤を用いて立木処理を行わない、その効果を判定するとともに、処理効果を早期に判定することを可能にするため、サーモグラフィによる温度計測を試みたのでここに紹介する。

### 1. 注入処理について

薬剤で処理することのメリットは移行性のある除草剤ならば、地下部を含めて確実に枯殺させることができることや作業が比較的簡単にすむこと、などがあげられよう。

立木処理にはいくつかの方法があるが、ここでは直接樹幹に穴を開けて、その中に液剤の除草剤を注入する処理法で行なった。処理に用いた樹種はシラカンバである。試験に用いた個体は直径がおおよそ5cm、樹高がおおよそ5mであり、森林総合研究所千代田試験地の苗畑に植栽

されていたものである。

今回は表—1に示す様に4種類の除草剤を用いた。これらの内、テトラピオンは本来シラカンバに対しては作用がないと考えられる除草剤であるが、比較のために処理に加えた。

立木に対する除草剤の処理は傷つけ法が一般的だが、ここではなるべく処理した液剤を流出させないために、ドリルで樹幹に穴を開けて液剤を注入する方法で行なった。穴は一般の工作用の電動ドリルに内径約5mmの刃をつけて、作業の都合上胸高付近の高さに開けた。処理する液量は板谷 (1986) が行なった際の液量を基準値、すなわち断面積40cm<sup>2</sup>あたり1cc (2倍希釈液) を処理した。ただし、断面積には根元ではなく、胸高の断面積を用いたので、個体あたりの処理量はやや少なかった。さらには、基準値に対する半量及び倍量の処理も加えて、処理量に対して3段階の処理を行なった。実際の処理にあたっては、個体ごとの胸高断面積に応じて処理する液量が決まり、これに基づいて1穴あたり0.5ccを処理するとして、液量は処理穴の数で調節した。また、無処理個体にも、同様に穴を開け、蒸溜水を注入した。処理を実施したのは成長の盛んな8月上旬である。

効果の判定は目視による判定を行なったほか、落葉後の冬期に樹幹の表皮を剥いで、形成層の生死を観察す

\* 森林総合研究所生産技術部植生制御研究室  
 OKUDA Shiro, SAKAI Atsushi  
 \*\* 森林総合研究所企画調整部企画室 SATO Akira

る方法によっても判定した。さらには、後に記述する様に、サーモグラフィーを用いた判定も行こなった。

### 2. サーマグラフィーの判定

植物は普通の状態であれば、太陽光を利用して光合成を行こなっている。しかしながら、太陽光が当たると樹冠の温度は上昇する。そのため、葉の気孔から水を蒸発させて（蒸散作用）温度が上昇するのを軽減している。もし、何らかの理由により植物の生理的な活性が低下して、蒸散作用が低下すれば、植物個体の樹冠部の温度は大きく上昇するだろう。この様な理由から、筆者らは除草剤を注入処理した個体と無処理の個体について、樹冠部の温度をサーマルビデオカメラにより撮影し、そのサーモグラフィーを比較することにより、注入処理の効果を早期に判定することを試みた訳である。

測定は注入処理後1週間を経た日から数回にわたって行こなった。用いたのは、日本アビオニクス社のTVS-2000というサーマルビデオシステムである。この装置は、サーマルビデオカメラと画像記録器からなり、撮影した熱画像はフロッピーに保存して、研究室のパソコン上で解析した。測定に用いた個体は、いずれの除草剤においても1ml/40cm<sup>2</sup> (B.A.)の処理をした個体であった。晴れた日を選び、注入処理をした個体と無処理の個体の樹冠部を同時に撮影し、温度を比較した。

### 3. 注入処理の結果

注入処理後の反応を目視で認識できたのは、グリホサートとトリクロピルを処理した個体で、前者では速やかな落葉が観察され、後者では黄葉が樹冠部全体にわたって見られた。処理量による差は顕著ではなく、半量処理(0.5ml/40cm<sup>2</sup>)をした個体内、いくつかの個体において効果が薄いと思われるものがあつたほかは、いずれも一様であった。すなわち、少ない処理量でも反応が見られる時間には差がなかった。イマザピルとテトラピオンを処理した個体では、処理後2週間までの時点では可視的な反応は認められなかった。

剥皮によって形成層を観察した結果は(表-2)の通りとなっていた。部分的に生きていた個体も見られた

表-2 注入処理した個体の12月時点での生死(個体数)

除草剤	処理量*	健全個体	一部枯れ	枯れ
グリホサート	2	1	2	9
	0.5	0	0	6
イマザピル	2	1	1	3
	0.5	7	3	2
トリクロピル	2	0	2	2
	0.5	1	3	0
テトラピオン	2	9	3	0
	0.5	0	4	1
	2	2	1	3
	0.5	13	0	0
	1	4	0	0
	0.5	6	0	0

\*胸高断面積40cm<sup>2</sup>あたりCC.

が、おおむね地際部まで反応が進んでいると考えられた。ただし、イマザピルを処理した個体では、死んでいる部分と生きていた部分が斑になっている個体もあり、完全に死んでいないと思われた。また、テトラピオンを処理した個体では反応が見られた個体はなかった。

翌春に観察した結果では、最終的に芽吹きが見られ、生きていた個体は、半量散布のグリホサートとイマザピルで1個体づつ見られただけで、他の個体は地際等からの萌芽も見られず完全に枯れていた。生きていた個体にも、部分的に枯れ枝が見られ、完全に健全な個体はなかった。なお、テトラピオンを処理した個体と無処理個体で枯死したものはなかった。

### 4. 樹冠温度の測定

樹冠部を撮影した画像の例を(図-1)に示す。今回はこの様に撮影した熱画像において、樹冠部をひとつの

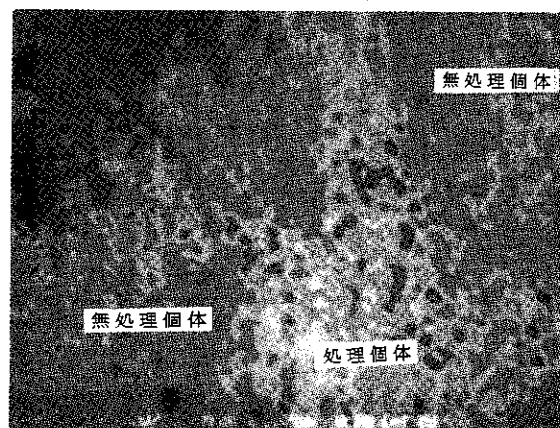


図-1 熱画像の撮影例

表-3 処理木と無処理木の樹冠部の温度差

除草剤	最高温度の差(℃)	平均温度の差(℃)
グリホサート	-1.85	-0.96
イマザピル	+4.20	+3.30
トリクロピル	+1.93	+1.05
テトラピオン	+0.45	-0.03

領域として切り取り、それぞれの領域中における最高温度、平均温度等を計算、比較した。

処理木と無処理木の樹冠の温度差は(表-3)に示す通りだった。一番顕著な温度差が見られたのはイマザピルを処理した場合で、最高温度で約4℃、平均温度でも約3℃、無処理木に比べて高く、熱画像上でもはっきり区別できた。これに次ぐのがトリクロピルを処理した場合で、テトラピオンではほとんど温度差が見られなかった。あたりまえのことであるが、反応がない場合には温度にも差がなかった。グリホサートを処理した場合は、無処理個体よりも温度は低かった。従って、このことから、葉の温度は太陽光によって上昇し、健全な個体では上昇が軽減されていると考えられる。

撮影時の温度は日射や気温によって左右されるため変動するが、曇っている場合などでは、葉が暖められないため、温度の上昇がなく無処理との温度差は見られない。

今回測定した範囲では、樹冠部の温度はおよそ22℃~30℃の間を変動したが、日射がある条件では、無処理個体での温度が高いほど、すなわち日射が強い条件の時ほど、処理個体との温度差が大きくなる傾向が見られ、特にイマザピルを処理した個体では顕著であった。従って、判定を行こなう上で、日射条件のよい日、または時間帯を選ぶことが本測定法には不可欠であると考えられる。

### おわりに

今回行こなった注入処理の結果の内、グリホサートとトリクロピルでは、従来より得られていた結果と大きく

は変わらないと思われる。ただし、従来はあまり行こなわれていなかったイマザピルに関しても、他の除草剤と同様に充分枯殺効果はあると考えられた。また、今回行こなった半量処理(0.5cc/40cm<sup>2</sup>)においても、おおむね枯殺効果は発揮されていた。これは、浅沼ら(1990)が述べているのと同様に、少量散布による十分な枯殺効果を示唆するものと考えられた。ただし、これらの点に関しても、今後さらに異なる樹種や条件下での測定例を加えて、より効率的な雑草木の防除法を検討していくことが必要だろう。

サーモグラフィーによる早期判定においては、トリクロピルとイマザピルを処理した個体では、処理の効果を識別できた。トリクロピルの場合、目視による判定も充分可能であるが、イマザピルの場合は、目視できる効果の発現が遅いため、本法による効果の早期判定は一つの有効な方法だと考えられる。ただし、処理量の違いによる温度差の変化については測定する機会を得なかったもので、この点は今後の課題となるだろう。

また、問題点としては、機械が高価なこと、天候を選ぶこと、無処理個体との比較が必要なこと、などがあげられる。特に、無処理個体との比較は測定場所が限定されるので、できれば単純に処理個体の温度のみによって判定できることが望ましい。そのためには、更に多くの測定例の蓄積が必要となるだろう。今後、より簡便で確実な早期判定を確立するために努力してまいりたい。

なお、本文の内容については第105回日本林学会大会において発表されたものである。

### 参考文献

- 1) 浅沼晟吾, 新山 馨, 田中 浩: 林業と薬剤, 112, 1990.
- 2) 板谷洋三: 林業と薬剤, 96, 1986.

# ベッドボックス

—アカゲラなどのキツツキ類のねぐら用底無し型巣箱—

○発明者：農林水産省森林総合研究所  
○実用新案：第2067304号  
○実施権許諾者：ヤシマ産業産業(株)

中村 一美\*

## 1. ベッドボックス架設の目的

マツノマダラカミキリの天敵であるアカゲラなどのキツツキ類の林内誘致と保護を目的とした専用巣箱です。マツノマダラカミキリの幼虫や蛹など樹皮下の材内に潜む穿孔虫は、一生の大部分を樹皮の下あるいは、材内で生活しているので、普通の鳥やクモ、蜂などの捕食性の天敵に発見されにくく捕食できません。その点キツツキ類は鋭いノミのようにくちばしを持って容易に捕食し、天敵として活躍しています。アカゲラはマツの樹皮下あるいは材の中に潜んでいる幼虫を正確に見つけ出し、約10秒くらいで鋭いくちばしでつつき出して食べることができるのでマツノマダラカミキリの有力な天敵となっています。松くい虫被害丸太を林内に置いておく冬の間にはほとんど全部アカゲラに捕食されています。このアカゲラなどキツツキ類を林内に誘致し保護すれば、松枯れの病原であるマツノザイセンチュウを媒介するマツノマダラカミキリの幼虫や蛹を捕食して、密度低下に一役かってくれることが期待されます。

## 2. アカゲラの捕食効果

アカゲラはその生息密度が高いほどマツノマダラカミキリの材内老熟幼虫への捕食効果が高いことが分かりました(図-1)。

各県が実施したアカゲラ誘致試験でも同様の結果でア



写真-1 アカゲラがマツノマダラカミキリ幼虫を捕食しているところ



写真-2 アカゲラが林内のマツノマダラカミキリを捕食した跡

図-1 アカゲラの生息密度とマツノマダラカミキリ材内幼虫の捕食率

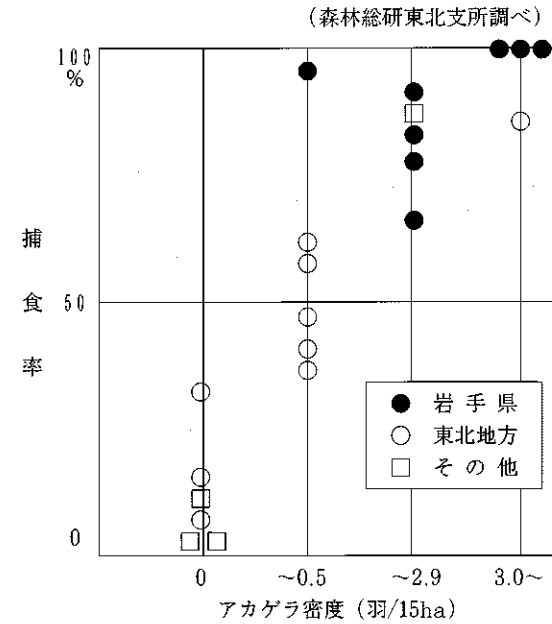
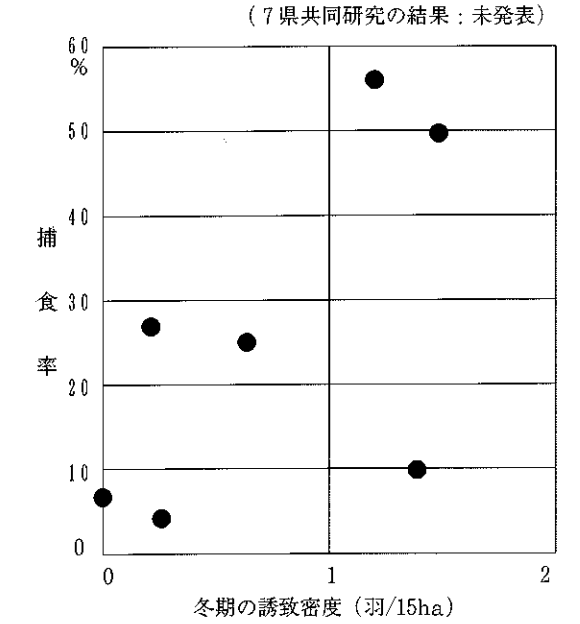


図-2 冬期のアカゲラ誘致密度とマツノマダラカミキリの捕食率



アカゲラが多く誘致された林ほど捕食率は上がります(図-2)。

松枯れがすでに蔓延した地域ではアカゲラによる捕食は追いつきませんが、微害地ではアカゲラが多く誘致されれば、その防除効果はかなり期待できます。林内老熟幼虫だけでなく樹皮下幼虫への捕食効果もあります。

## 3. 松枯れとアカゲラ

松枯れを防除する1つの対策はマツノザイセンチュウを媒介するマツノマダラカミキリを退治することです。環境にやさしい方法として、マツノマダラカミキリの天敵を利用することが望ましいと考えられます。その1つがこのマツノマダラカミキリを捕食するキツツキ類の利用です。日本に生息するキツツキ類のうちアカゲラ、コゲラ、オオアカゲラがマツノマダラカミキリの幼虫を捕食することが確認され、なかでもアカゲラが最も捕食効果が高いことです。

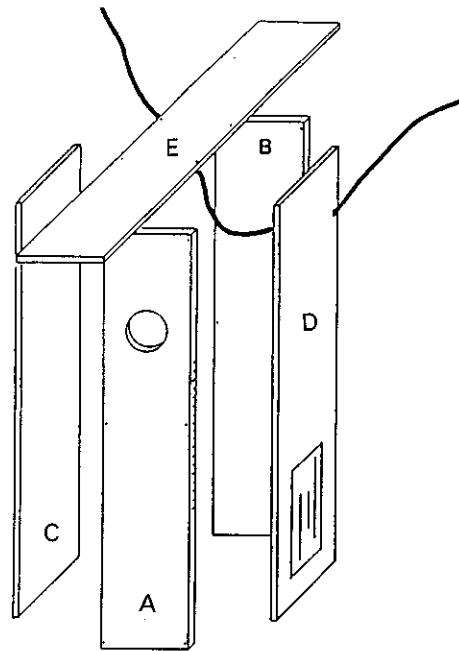
一羽のアカゲラは、1日あたり栄養的必要摂取量の推定式から計算するとマツノマダラカミキリ老熟幼虫(平均生体重約500mg)最大64頭捕食する能力を持っています。マツノマダラカミキリ幼虫の材内穿孔入期間を11

月から翌年5月まで7ヶ月間としますと、この間に約13,500頭を捕食できる潜在能力があると考えられます。しかし実際には他の甲虫類の幼虫やマツの種子なども食べます。いま仮に全食物の20%がマツノマダラカミキリ幼虫を捕食するものとしますと、一冬に捕食する幼虫は約2,800頭になります。アカゲラの密度は5haに1羽(東北地方では標準的密度)のとき、1ha当たり560頭のマツノマダラカミキリ幼虫の捕食ができることとなります。1本の枯損木に100頭の幼虫がいるとすれば5.6本分の幼虫が捕食可能です。1ha当り、500本のマツ林ではマツ枯れ被害1%以下の微害林ならアカゲラで十分駆除できる計算です。

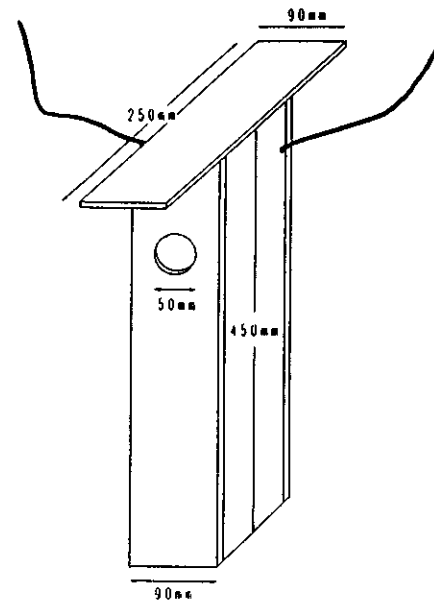
## 4. アカゲラの誘致法

アカゲラの分布型(繁殖、越冬共用)は、北海道一本州中部型で、留鳥として北海道、東北の山地や都市近郊林にも多く生息しています。本州中部では山林に普通にいますが、本州西南部では少ない鳥です。ほとんど1年中同じ場所で生活する留鳥です。アカゲラは主に山地で繁殖して、冬期は里に飛来して越冬するといわれています。またその年巣立った若鳥は他の小鳥と同様に、新天

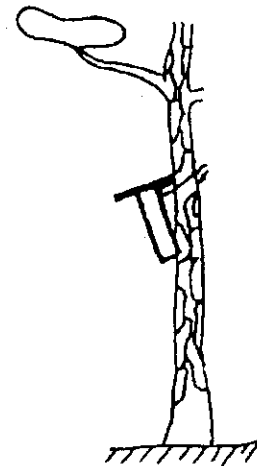
\*ヤシマ産業株式会社 NAKAMURA Kazumi



組立図



完成図



〈10セット 1組にて販売〉

高さ3m以上であればどの方向にでも架設できます。  
板は一部ささくれていることがありますので、組み立てや架設時に刺さらないように注意して下さい。

地を求めて漂流して、低地でもよくみられます。アカゲラは太い広葉樹の枯れ木、半枯れ木に巣を造ったり、ねぐらをとることが多く、その好適な生息環境としては中大径木の落葉広葉樹林、あるいはアカマツ林と広葉樹の混交した壮齢林などが挙げられています。アカゲラを保護するためには、こうした環境を維持育成して行くことが基本なのです。開発の進んでいる里山ではこうした環境を持つ所はなかなか見当たらなくなりました。そのためアカゲラの保護増殖を計るためには、営巣したり、ねぐらとなる場所を人為的に提供することが必要になってくるわけです。「ベッドボックス」は、このうち、ねぐらとしての役割を果たしているのです。したがってマツ林にベッドボックスを架設することにより、アカゲラを誘致し、その地での滞在期間を延長させ、松くい虫の駆除効果を一層高めることができるのです。

### 5. 「ベッドボックス」の形態

マツ、スギ板製

長さ：450mm 幅：90mm 板の厚さ：10mm 円形の出入口（直径：50mm）底は開放し、内壁面にアカゲラがとまり易いように、多数の刻みを付けてあります。

### 6. 「ベッドボックス」の特長

キツキ類のねぐら専用巣箱です。底無しにし、内壁には多数の刻みを付けてあります。普通の巣箱は、他の野鳥も繁殖用に利用してしまうので、巣箱が汚れ、不潔

になり、キツキ類が利用しにくくなります。そうした汚れた巣箱は、清掃に手間がかかり、現実的ではありません。キツキ類、代表的にはアカゲラのねぐらを他の野鳥と競合しないで使用できます。ネズミ・ヘビ・イタチ類などに襲われた場合の逃げ道を作り、研究や調査などで巣箱の利用状況調査も下から簡便に観察できます。キツキ類は中空の側壁にしがみついて寝る習性があり、それを巧みに利用しています。

### 7. その他の効用

「ベッドボックス」を架設することにより、神社仏閣や別荘などの羽目板などに、ねぐら穴の被害を未然に防止することができます。この他既設のキツキ用以外の小鳥用巣箱に対する穴の損傷を軽減できます。

●本製品の問合せは

〒213 川崎市高津区二子757 YTTビル  
ヤシマ産業(株)  
TEL 044-833-2211

### 参考文献

- 1) アカマツ林にアカゲラを呼ぶ：発行・岩手県林業改良普及協会。
- 2) アカゲラで「松くい虫の運び屋」退治：中村充博，どうぶつと動物園，No.1994，414～417。
- 3) 日本産鳥類の繁殖分布，1981，環境庁。
- 4) 動植物分布調査報告書，1988，環境庁。

安全、そして人と自然の調和を目指して。

**幅広い適用害獣**

ノウサギ、カモシカ、そしてシカに忌避効果が認められた初めての散布タイプ忌避剤です。

**散布が簡単**

これまでに無いゾル剤で、シカ、ノウサギの樹幹部分の皮剥ぎ被害に予防散布が行えます。

**長い効果**

薬液は素早く乾燥し、降雨による流亡がなく、食害を長期にわたって防止します。

**安全性**

有効成分のジラムは、殺菌剤として長年使用されてきた低毒性薬剤で普通物です。

ニホンジカ ノウサギ カモシカ

野生草食獣食害忌避剤  
農林水産省登録第17911号

**ユニファース水和剤**

造林木を野生動物の食害から守る

販売

DDS 大同商事株式会社

本社/〒105 東京都港区浜松町1-10-8 野田ビル

☎03-5470-8491

製造

保土谷アグロス株式会社

カタログのご請求は、上記住所へどうぞ。

禁 転 載

平成7年12月15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2-18-14 藤井第一ビル8階

電話 03(3851)5331 FAX 03(3851)5332 振替番号 東京00140-5-41930

印刷/株式会社 ひろせ印刷

領価 515円(本体 500円)



安全で環境汚染の少ない、松枯れ防止・樹幹注入剤

**グリーンガード®・エイト**

**Greenguard® Eight**

幸せは一人ひとりの健康から

ファイザー製薬株式会社

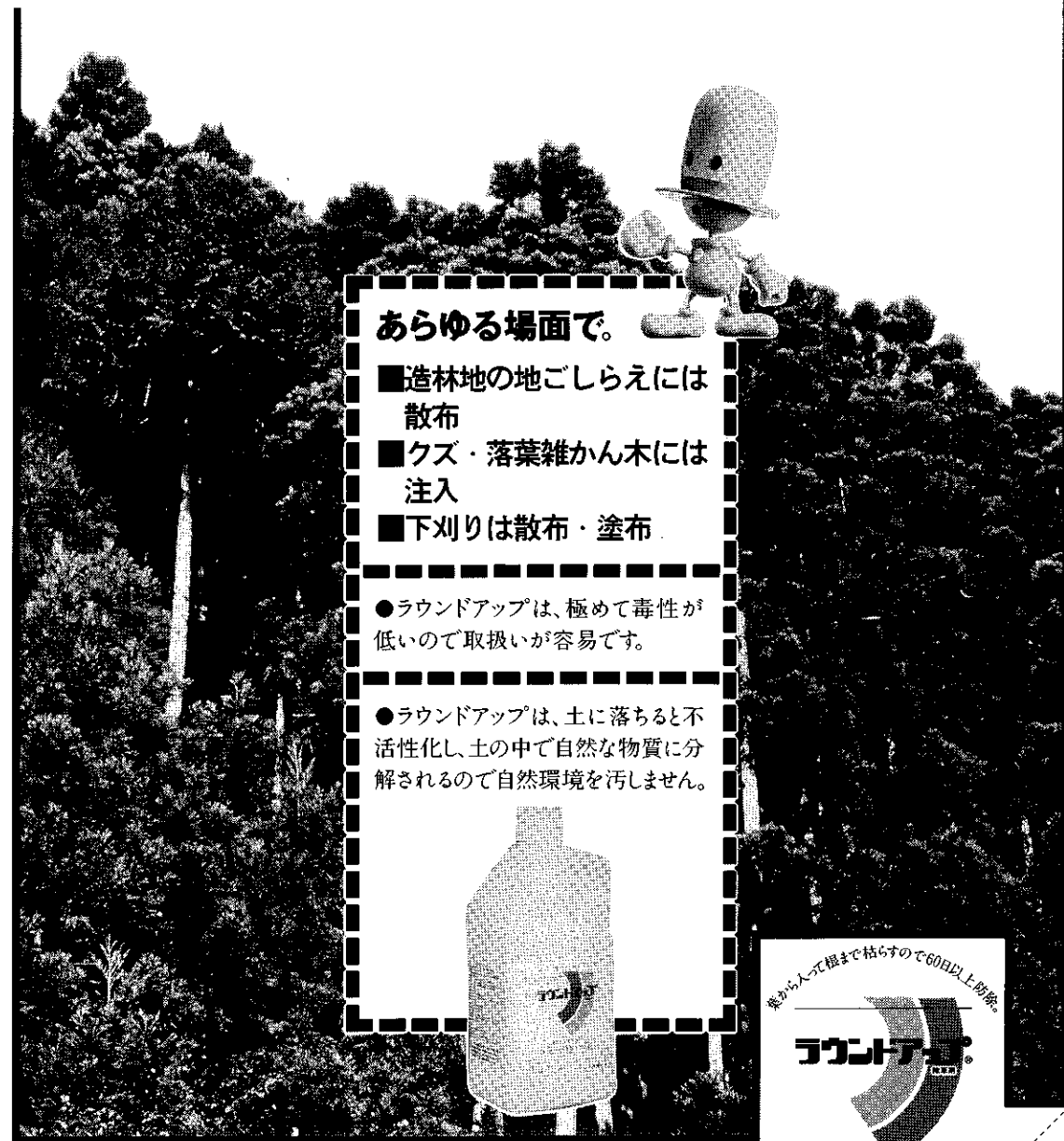
東京都新宿区西新宿2-1-1 〒163-04

☎(03)3344-7409



# 雑草、雑かん木を根まで枯らし、 長期間管理するラウンドアップ。

—クズ・ササ・ススキ・雑かん木に効果的—

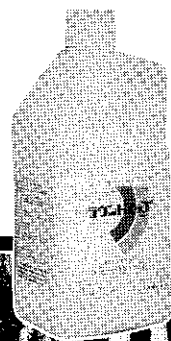


## あらゆる場面で。

- 造林地の地ごしらえには  
散布
- クズ・落葉雑かん木には  
注入
- 下刈りは散布・塗布

●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、土に落ちると不活性化し、土の中で自然な物質に分解されるので自然環境を汚しません。



葉から入って根まで枯らすので60日以上効果。

### ラウンドアップ

© 日本モンサント株式会社

日本モンサント株式会社

〒107 東京都港区赤坂1-12-32 アーク森ビル31階

詳しい資料ご希望の方は資料請求券貼付の上、左記へ。

資料請求券  
日本モンサント株式会社

# 林業家の強い味方



シロシカ  
カモシカ  
野ウサギ

スギ、ヒノキなどの頂芽、小枝、樹皮を守ります。  
安全で使いやすく効果の持続性が長い。  
お任せください大切な植栽樹。  
人に、樹に、優しい乳液タイプ。人畜毒性普通物

農林水産省農薬登録第16230号  
野生動物忌避剤

## 東亜ブラマック

TOA 東亜道路工業株式会社

本社 ☎03(3405)1811(代表) 技術研究所 ☎045(251)4615(代表)

# 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 保土谷アグロス株式会社
- (事務局)ニチメン株式会社 ダウ・ケミカル日本株式会社

\*ダウ・ケミカル登録商標

ニホンジカ  
カモシカの忌避剤  
ノウサギ

野生獣類から、  
大切な植栽樹  
を守る!!

# ヤシマレント®

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

農林水産省農薬登録第 15839号 人畜毒性：普通物。(主成分 = TMTD・ラノリン他)

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 神奈川県川崎市高津区二子757-1 YTTビル  
電話 044-833-2211 代  
工場：〒308 茨城県下館市大字折本字板堂540  
電話 0296-22-5101 代

緑日本の松の緑を守る会推奨

新発売

## 松枯れ防止の スーパー・ヒーロー!

分量がアップして、効果は強力。  
コンパクトになって、作業がラクラク。



農林水産省登録：第18530号  
第18531号

松に点滴

# センチュリー・エース 注入剤

センチュリー普及会

保土谷アグロス株式会社

〒210 川崎市幸区堀川町66-2 TEL. 044-549-6656

ロ-マ-ア-ラン油化アグリ株式会社

〒106 東京都港区六本木1-9-9 六本木ファーストビル TEL. 03-5570-6061 (代)

提携/ヤンセンファーマスーティカ (ベルギー)

「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® 細粒剤

バイジット® 粒剤

タキシストン® 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

● マツノサイセンチュウの侵入・増殖を防止し  
松枯れを防ぎます。



日本バイエルアグロケム株式会社  
東京都港区高輪4-10-8

林地用除草剤

# イーティー粒剤

使用方法 全面に均一に散布してください。

適用雑草名	使用時期	1ヘクタール当り使用量
ササ類	3月~4月 (雑草木の出芽前~ 展葉初期)	60~80kg
落葉雑草かん木 ススキ等の 多年生雑草		80~100kg

特長

- 裸地化しないで長期間抑制します。
- いろいろな雑草木に広く効果を発揮します。
- 雑草木の発芽または展葉前に散布するので、作業が容易です。
- 1日中いつでも散布できます。
- スギ、ヒノキに薬害がありません。
- 人畜・魚介類に対して安全です。

株式会社 三共緑化 北海三共株式会社  
九州三共株式会社  
日本カーリット株式会社

下刈りの代用に

**林地除草剤**



すぎ、ひのきの下刈りに。

# シタガリン<sup>®</sup>T 粒剤

製造 株式会社 **イスター・イソバイオテック** 販売 丸善薬品産業株式会社 大同商事株式会社

マツクイムシ防除に多目的使用が出来る

## スミパイン<sup>®</sup> 乳剤

マツクイ虫被害木伐倒駆除に

# パインサイド<sup>®</sup>S 油剤C 油剤D

伐倒木用くん蒸処理剤

## キルパー<sup>®</sup>

松枯れ防止樹幹注入剤

# グリーンガード<sup>®</sup>・エイト

スギノアカネトラカミキリ誘引剤 マツノマダラカミキリ誘引剤

## アカネコール<sup>®</sup> マダラコール<sup>®</sup>

**サンケイ化学株式会社** <説明書進呈>

本社 〒890 鹿児島市唐湊4丁目17-6 TEL(0992)54-1161(代)

東京本社 〒110 東京都台東区東上野6丁目1-7 MSKビル TEL(03)3845-7951(代)

大阪営業所 〒532 大阪市淀川区西中島4丁目5-1 新栄ビル TEL(06)305-5871

福岡営業所 〒812 福岡市博多区博多駅東2丁目17-5 モリメンビル TEL(092)481-5601

## ササが「ゆりかご」!/?

フレノック粒剤でササを枯らさずに長期抑制するとかん木雑草の侵入を防ぎ、植栽木に十分な陽光と水分が与えられスクスク丈夫に育ちます。



●6年後のヒノキ植栽木の生長は、慣行下刈りに比べてこのように差がつかしました。

※詳しい資料請求は右記へ!!

	フレノック散布区	慣行下刈区	差
平均樹高 cm	205~210	175	30~35
平均地際直径 cm	3.5~4.0	2.5	1.0~1.5

フレノック研究会

株式会社 三共緑化  
〒101 東京都千代田区神田錦町3-4  
藤和神田錦町ビル ☎03-3219-2251

保土谷アグロス株式会社  
〒210 川崎市幸区堀川町66-2  
☎044-549-6656

ダイキン化成品販売株式会社  
〒101 東京都千代田区神田東松下町16  
☎03-5256-0165


森林総合研究所関西支所(1978~84年)

日本の自然と緑を守るために  
お役に立ちたいと願っています。

新発売!

・松くい虫予防地上散布剤

## T-75 スミグリ<sup>®</sup>乳剤



明日の緑をつくる

**井筒屋化学産業株式会社**

本社・工場 熊本県花園1丁目11-30 〒860 ☎(096)352-8121(代)

東京事務所 東京都千代田区飯田橋2丁目8-5 多幸ビル9段6F 〒102 ☎(03)3239-2555(代)

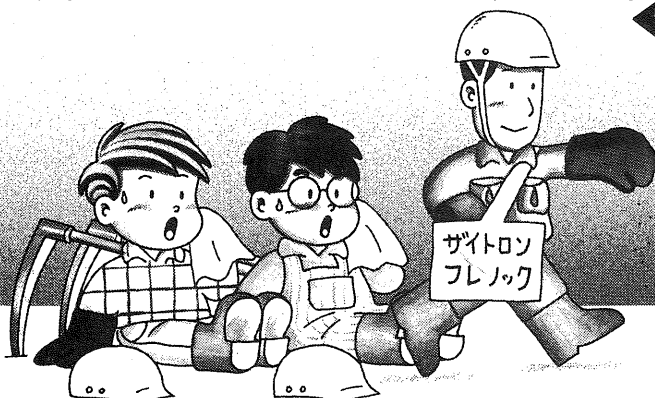
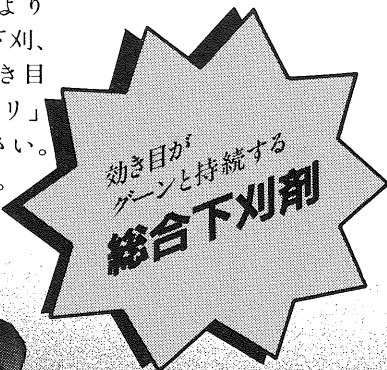


\*ダウ・ケミカル登録商標 ®ダイキン工業株式会社登録商標

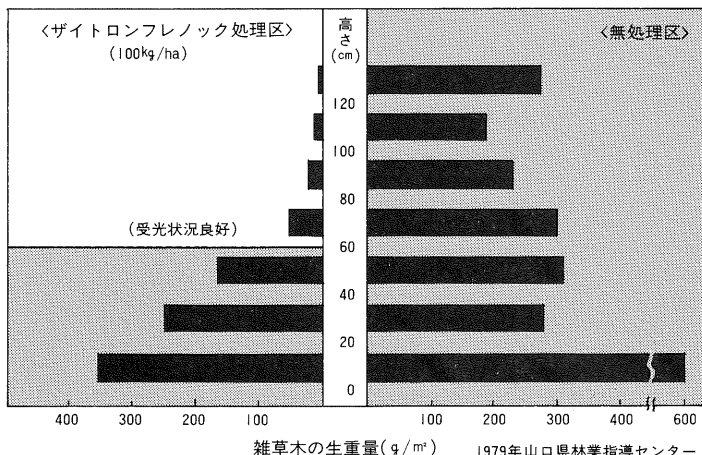


# カマ・カマ・クスリ しませんか？

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。



散布一年後の雑草木の防除状況(無処理区対比)



散布一年後の処理区では、造林木の生長に影響を与える高さ60cm以上の雑草木を非常に良く防除し、造木林に光が良く当たっています。一方60cm以下の下層は適度に雑草が残り土壌水分が保持されています。

## 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3丁目10番17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

保土谷アグロス株式会社  
〒210 川崎市幸区堀川町66-2  
ダウ・ケミカル日本株式会社  
〒140 東京都品川区東品川2-2-24 天王洲セントラルタワー