

ISSN 0289-5285

林業と薬剤

No. 208 6. 2014

一般社団法人 林業薬剤協会



目 次

～樹木医寄稿～

ヤドリギを解剖する……………石黒 秀明 1

松くい虫防除で散布された薬剤の飛散と健康影響 (6)

——ヘリコプターによる薬剤散布の防除効果と散布むらとの関係——

……………本山直樹・阿部 豊・孫 立倉・田畑勝洋 8

森林病虫害雑話 (その4)

私の「松くい虫研究前史」……………小林富士雄 15

おとしふみ通信 (10)

土の中の虫たち 1

ダンゴムシ……………福山 研二 20

● 表紙の写真 ●

マツノマダラカミキリの交尾と産卵痕 (○印)

雌は樹皮を少しかじって産卵する

平成 24 年 (2012 年) 7 月 11 日,
千葉県館山市平砂浦の砂防林にて撮影

—本山直樹氏提供—

～樹木医寄稿～

ヤドリギを解剖する

石黒 秀明*

1. はじめに

2013年6月、初めてヤドリギ (*Viscum album var. coloratum*) に触れる機会を得た。ヤドリギに関しては、半寄生であるため宿主に害はないなど、その程度の知識しか持ち合わせておらず、これは良い機会と自分なりに解剖してみることにした。(写真-1)



写真-1 ヤドリギ (その下は著者)

2. ヤドリギ総論

日本国内において、一般的にヤドリギと呼ばれる仲間には、ヤドリギ、ヒノキバヤドリギ (*Korthalsella japonica*)、オオバヤドリギ (*Taxillus yadoriki*)、マツグミ (*Taxillus kaempferi*)、およびホザキヤドリギ (*Loranthus tanakae*, 唯一の落葉樹) がある。今回は、最も普通にみられるヤドリギについて話をしたいと思う。

ヤドリギはジャクダン科、ヤドリギ属に属す、常緑広葉樹で雌雄異株である。その果実は薄黄色が多いが、橙色の果実をるける品種 (アカミヤド

リギ *Viscum album var. coloratum forma rubroaurantiacum*) もある。果実は秋に熟す。

ヤドリギについて、万葉集では、次のように詠まれている。

『あしひきの 山の木末 (こぬれ) の寄生 (ほよ) 取りて かざしつらくは 千年 (ちとせ) 寿 (ほ) くとそ』

「ほよ」とはヤドリギをさしており、「山の木々の梢のヤドリギを取って髪に挿しているのは、千年の長寿を願う気持ちからです」という意味である。古くから長寿を祝う樹木としての位置付けであったことがうかがえる。また、欧米では、「ヤドリギの下で出会った男女はキスをしていても良い。」というちょっと面白い風習がある。この風習はまだ日本では一般的でないため、国内でこれを行うと逮捕されかねないのでご注意ください。

ヤドリギは自ら光合成を行い、糖分は自給自足をしているが、水分、ミネラルは宿主より得ている。つまり完全な寄生ではなく、半寄生という位置付けになっていて宿主にはそれほど影響を与え



写真-2 ヤドリギにより肥大した宿主の枝

*石黒樹木医事務所

ISHIGURO Hideaki

ないということになっている。しかし、これは本当にそうだろうか？ また、ヤドリギが寄生すると宿主は部分的な肥大成長をするが（写真-2）、それは何故なのか？ 各論ではその点についても追求したい。

3. ヤドリギ各論

実際にヤドリギを解剖してみた。

1) 果実

果実を潰してみたところ、果肉はねっとりとしていた（写真-3）。試しに食べてみたが、特に甘いというわけでもなく、不味くもない。ただし、口から吐き出そうとしても、ダラリと垂れ下がってなかなか吐き出すことが出来なかった。

この粘りこそが、ヤドリギの重要な生き残り戦略である。ヤドリギの種子散布は、主に鳥類の採食に伴って行われる。散布者は主にヒヨドリ、レ

ンジャク類（写真-4）であり、中でもレンジャク類とは相利共生関係にある。すなわち、レンジャク類よりもヒヨドリのほうが個体数が圧倒的に多く、種子散布する機会が多いが、散布者としてはレンジャク類に軍配が上がる。この理由は、レンジャク類の糞はきわめて粘性が強いことにある（写真-5）。もともと粘性のある種子が、レ



写真-3 粘りのあるヤドリギの果実



写真-4 ヒレンジャク（撮影者：梶浦敬一）



写真-5 ヒレンジャクのお尻から垂れ下がる糞
（撮影者：梶浦敬一）



写真-6 ヤドリギの種子に見られるツノのような2本の付着器



写真-7 ヤドリギの種子の付着器が樹皮に張り付いた状態



写真-8 複数の種子が一箇所に落ちた状態



写真-10 複数のヤドリギが一つの塊を形成している



写真-9 ヤドリギ種子の付着器の付着面



写真-11 ヤドリギの葉。葉脈は不明瞭(葉裏より撮影)

ンジャク類に採食されることによって、より雨水などに流され難い状態となるからである。

種子には緑色をした角のような突起があり、これは付着器と呼ばれ、宿主の樹皮に張り付く部位になる(写真-6, 7)。

次の写真は、鳥類が落とした糞がかたまって落ちた状態である(写真-8)。すでに付着器が動き始めているが、まるでヤマビルが集団で動いているようで不気味だ。

この付着器を拡大してみた。付着器の断面は吸盤のようになっている(写真-9)。ここから最初の根(寄生根)が、宿主の樹皮や木部を貫き、すこしづつ伸びていく。

2) 葉と枝

写真-10から、枝の上方にヤドリギが集中していることが分かる。また1カ所1本のヤドリギとは限らないこともわかる。これは当然ながら鳥の糞が上から落ちてくることで説明ができる。

次に葉を見てみよう。3本(または5本)の葉



写真-12 簡単に折れるヤドリギの葉

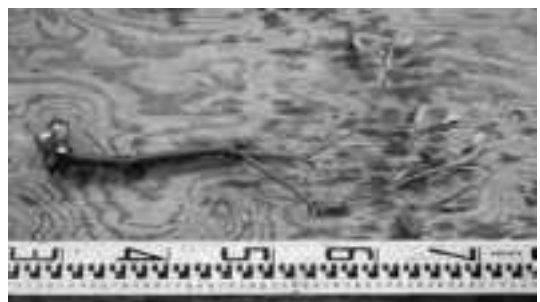


写真-13 ヤドリギの枝。節の数+ a で樹齢となる

脈がかろうじて見えるが不明瞭である(写真-11)。また、多肉植物を思わせるほど肉厚で簡単に折れ、とても常緑広葉樹とは思えない質感だ。

葉柄はない。

続いて枝を見てみよう。二又分枝を行い（三又の場合もある）、それぞれに2枚の葉が付く。毎年この分枝を繰り返す為ヤドリギは球形になる。また、この分枝は年1回なので、節の数を数えれば、その樹齢がわかる（写真-13）。

3) 宿主と根

ヤドリギ1年生と思われる個体の根元を切ってみた（写真-14）。すると、すでに寄生根が伸びていた。つまりこれは、最初の寄生根が樹皮を貫き、硬い木部に入り込んでいるということになる（写真-15）。

しかし、ここで疑問が生まれる。宿主の固い木部を簡単に貫けるものなのか、そして放射組織に沿って貫くのか、という点である。組織を観察したところ、放射組織には関係なく進入しているように見える。では、どうやって進入するのだろうか？ 一説によると、寄生根は酵素を出し、木部を少しづつ溶かしながら進入するという。私はこの説は正しいと思う。そうでないとこの状態の説



写真-14 1年生と思われるヤドリギ

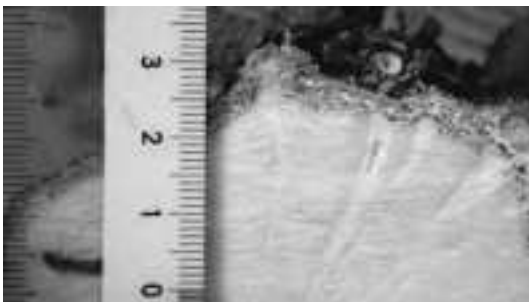


写真-15 硬い木部に入り込む寄生根



写真-16 ヤドリギを縦割りした状態

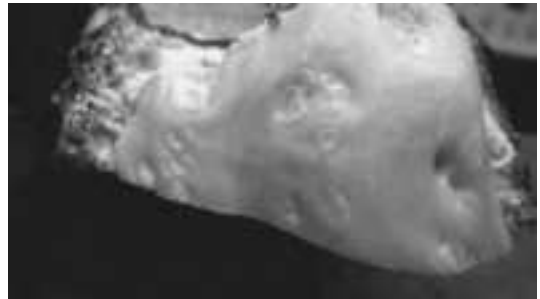


写真-17 宿主の木部側と板形寄生根

明が見つからないからだ。

また、ある程度成長したヤドリギを縦で割ってみた。すると運良く、宿主の木部は残り、木部と樹皮に分かれた。その結果、ヤドリギの最初の寄生根以外の根を観察できる状態となった（写真-16）。

写真-17の点々とある色の違う部分がヤドリギの根である。周囲に分布していることがわかる。ヤドリギの根は宿主に入り込む段階により2大別される。最初に宿主に入り込む根を‘くさび形寄生根’（主に樹体を支える）といい、宿主に寄生した後に周囲に伸ばす根を‘板形（はんけい）寄生根’（主に宿主より水分を得る）という。

ここで注意して見てほしい所がある。

板形寄生根は内樹皮より外側から木部に入り込んでいることがわかる（写真-18）。

つまりこれは、板形寄生根が周囲に広がる時には、少なくとも内樹皮より外側を侵入していることになる。そして形成層（内樹皮）を貫き木部に入り込むと考えられる。これらの状態は次の写真



写真-18 宿主の樹皮を内側（形成層側）から見た状態

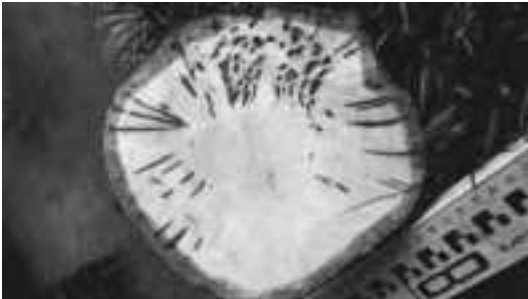


写真-19 ヤドリギに寄生されたエノキの枝の横断面



写真-20 宿主の形成層を貫いていることがわかる

からもよくわかる。すでに枯死している宿主の、コブ状に肥大した部分を輪切りにしたものを示す（写真-19）。ヤドリギも枯死していたので根は黒変し、観察しやすい状態であった。

断面をよく観察すると、板形寄生根が宿主のどこを通っているのかが良くわかる（写真-20）。明らかに内樹皮の外側だとわかる。

ここで疑問が生まれる。ヤドリギが宿ると宿主は肥大成長すると述べたが、形成層より外側にあるヤドリギの根は、宿主の肥大成長により外側に押し出され、引張を受けることになるが、なぜ切



写真-21 ヤドリギの根と宿主の縦断面。表面は磨かれている。（スキャナー写真）



写真-22 乾燥により凹みの生じたヤドリギのくさび形寄生根



写真-23 ヤドリギの板形寄生根が抜け落ちて、穴をあいた宿主の木部

れないのだろうか。

さらに木部を縦に切り、断面を滑らかにしてスキャナーで読み込んだ（写真-21）。くさび形寄生根がよくわかる。よく見ると幹の部分には年輪形成が見られるが、根には見えない。また、根と幹の部分の境界がはっきり見え色合いも違う。

さらにここでも疑問が生まれる。このヤドリギと宿主の数年前を想像していただきたい。たとえ

ば5年前なら、年輪5本分前の位置に宿主の形成層がある。そしてその形成層付近には、今よりも小さいヤドリギがあるはずだ。その状態から今の状態になったということは、ヤドリギの根は、幹を押し上げるように成長したということにはならないのか。なぜ、ヤドリギの幹は宿主の肥大成長に飲み込まれることはないのか。

数日後、この材を再観察した。するとヤドリギの根に変化が見られた(写真-22, 23)。乾燥により凹みが生じたようである。

これは根の含水率がそれだけ高かったことを示す。つまり、それだけの水分を宿主より奪っていたということにならないのか。一般的には半寄生とされるヤドリギではあるが、これだけ水分を奪われるようならば、宿主にとっては相当な負担ではないのだろうか。

3) その他

ヤドリギの解剖中に面白いものを見つけた。ヤドリギの葉に付着器を降ろしたヤドリギだ(写真-24)。



写真-24 ヤドリギの葉に付着器を降ろしたヤドリギ

果たしてこれらは成長するのだろうか。つまりヤドリギはヤドリギに寄生するのだろうか。今回の解剖ではこれ以上の寄生の進んだ個体は見つけることができなかつたが、機会があればまた探してみたいと思う。

(後の調査でヤドリギがヤドリギに宿る文献もあるとわかつたが、まだ確認はしていない。)

3. まとめ

ヤドリギも大量に宿ると、宿主の枝先から枯死するようである。地上部から吸上げられた水分が枝先に到達する前にヤドリギに消費されてしまうためであろう。

(掲載は白黒写真なので分かり難いと思うが) 宿主の枝先(右側)から枯れ初めている(写真-25)。(左側はまだ完全には枯れていない)ヤドリギも最終的には宿主の水ストレスによる枯れに伴い、自身も枯れてしまうと考えるのが妥当であろう。

ここで面白い話がある。一説によると、ヤドリギが大量に寄生すると水ストレスにより宿主の葉量が減り、それに伴い蒸散量も減る。そうなると水分を吸上げる力が弱まるが、それをヤドリギが自らの蒸散により補っているというのである。これは、ヤドリギにしても枯死を免れるために対策を施しているのかも知れない。このことについて次の事例はどうか。写真-26は、ヤドリギの仲間である、マツグミの寄生したマツの写真だが、マツの葉量に注目して欲しい。マツグミが優占し、マツの葉量はわずかとなっている。この状態でもマツは枯死していない。マツグミが蒸散により宿主の代わりに水を上げている可能性を示唆した。また、写真-27は梢端に寄生したマツグミであるが、マツグミは半分枯れた状態で宿主の葉は一枚も確認できない状態である。この状態の宿主の枝を切断し、横断面を観察したところ樹脂漏洩が確認された。(写真-28) このことは、マツグミが



写真-25 宿主の枯死によって枯死したヤドリギ



写真-26 マツグミが大量に寄生し、葉量の少なくなったクロマツ (写真撮影: 稲葉 広)



写真-27 マツの梢端を切除した。マツグミは半分枯れた状態で、マツの葉は全く確認できない。

宿主を枯らさないために、光合成産物をも与えている可能性を示唆するものにはならないか。

少々、話が脱線するが、マツグミが寄生したマツは、マツ枯れ(マツ材線虫病)が起こりにくいという話を聞いたことがある。これもマツグミがマツを枯れさせない為の戦略かもしれない。マツノザイセンチュウの進入に対して、マツグミが何かしらの抵抗性物質を放出していると仮説を立てると面白くないだろうか。マツグミとマツノザイ

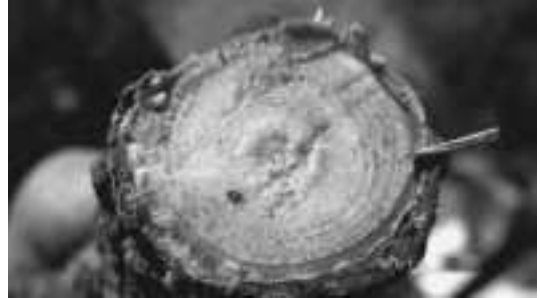


写真-28 マツの枝の横断面。少量ではあるが、樹脂漏洩が確認できる。

センチュウの過去の歴史を考えるとこの仮説は少々おかしなものになるが、マツグミの出す何か、たまたま線虫に対して不利益であったと考えるとつじつまがあう。このことを実験的に証明するためには、マツグミを寄生させたマツ苗を数百本レベルで用意し、対象区を設け、マツノザイセンチュウを接種して統計を取れば何か見えてくるのだろうか。いつかやってみたい。

かなり脱線したので話を戻すが、ヤドリギの最大の不思議は、根と宿主の関係である。宿主はなぜ肥大成長するのか。最初は宿主がヤドリギを追い出す為に部分的に成長を促進させていると考えた。しかし、この仮説は少々無理があるように思う。もし排除を考えるなら、枝葉を落とすように水分供給をシャットアウトするほうが手っ取り早い。肥大成長させるということは、ただ敵(ヤドリギ)の分布域を広げるだけにすぎないのでないか。このことに関して、面白い話を聞いた事がある。それによると、ヤドリギが宿主の成長を促しているというのである。宿主からみたヤドリギは敵ではなく、ヤドリギと宿主が同調しながら成長していると考えるほうが自然ではないか、というものだった。

ヤドリギの根は一般樹木とは明らかに違った成長をしている。このメカニズムが分からない。ヤドリギの根と宿主の不思議な関係。この両者の関係が今後の研究によって解明されることを望んでいる。

松くい虫防除で散布された薬剤の飛散と健康影響（6）

—ヘリコプターによる薬剤散布の防除効果と散布むらとの関係—

——— 本山直樹*1・阿部 豊*2・孫 立倉*3・田畑勝洋*4

I. はじめに

有人ヘリや無人ヘリによる松林への薬剤散布は、樹冠部の当年枝・1年枝を加害してマツノザイセンチュウを樹体に侵入させるマツノマダラカミキリ成虫の防除に最も効果的な方法である。しかし、散布は樹冠部のさらに上空で行われるので、散布された薬剤が周辺環境に飛散する可能性を想像して一部の人たちから周辺住民への健康影響を不安視する声が聞かれる¹⁾。また、薬剤散布をした松林でも松枯れを完全に防げるわけではなく、程度（多少）の違いはあっても枯れる松があることから、薬剤散布は松枯れ防止に効果がないと決めつけ、ひいては松枯れはマツノマダラカミキリが媒介するマツノザイセンチュウによる萎凋病であるという定説さえも否定する声が聞かれる²⁾。筆者らは、2012年6月に新潟県胎内市の荒井浜地区と村松浜地区でヘリコプターによるスミパインMC散布が実施された機会に周辺環境への飛散調査を行い、周辺住民の健康に影響を及ぼすような飛散は起こっていないことを明らかにした³⁾。前稿⁴⁾では、散布直後の松林に再立ち入りした場合の人体への吸入暴露量と経皮暴露量を測定した結果、健康に影響を及ぼす閾値以下であることを紹介した。

本稿では、2013年6月に新潟県胎内市の荒井浜森林公園地区で有人ヘリと無人ヘリによる松くい

虫防除のスミパインMC散布が行われた機会に、枯死木の林分内分布、当年枝と1年枝における薬剤の落下付着量とその経時的推移、ならびにマツノマダラカミキリに対する殺虫活性について調査した結果を紹介する。本稿は、「松くい虫防除で散布された薬剤の飛散と健康影響」という連載記事^{4)~8)}の第6報である。本稿の内容は健康影響と直接的には関わらないが、薬剤散布をしたにもかかわらず松枯れ被害が発生する場合があることの原因を明らかにするために、防除効果の振れをもたらす要因として散布むらとの関係を検証する。

なお、本研究の一部は日本農薬学会第39回大会⁹⁾で発表した。

II. 調査方法

1. 薬剤散布と調査区域

新潟県胎内市の荒井浜地区では、図1に示す通り、2013年6月6日に汀線と国道113号の間に位置する荒井浜森林公園に有人ヘリコプターでスミパインMC（フェントロチオン23.5%）の5倍希釈液が60ℓ/haの割合で、6月9日に国道113号沿いの陸側に位置する松林に無人ヘリコプターでスミパインMCの2.5倍希釈液が30ℓ/haの割合で散布された。調査区域はA～Gで表してある。散布むら調査用に、有人ヘリコプターによる散布が行われた荒井浜森林公園の胎内川寄りの西端の林分Aから6本（No.1～6）、東端の林分Bから6本（No.13～18）、無人ヘリコプターによる散布が行われた国道113号沿いの陸側の林分Fから6本（No.7～12）のマツの木を選定した。調

*1 千葉大学 / 農業政策研究会 MOTOYAMA Naoki
 *2 (財)日本緑化センター ABE Yutaka
 *3 (株)ロイヤルインダストリーズ SUN Licang
 *4 岐阜県立森林文化アカデミー TABATA Katsuhiko

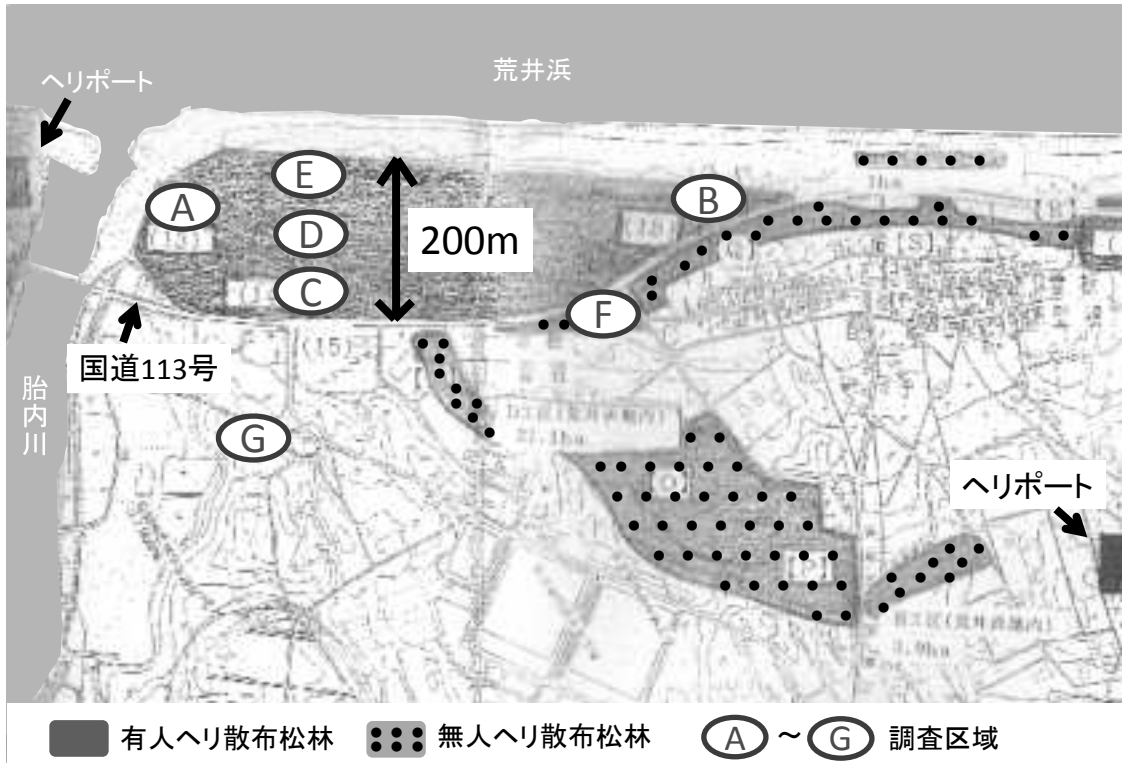


図1 荒井浜森林公園地区における薬剤散布松林と調査区域図

査対象木の樹冠部から当年枝・1年枝部分を各数本ずつ採取し、1本は薬剤の落下・付着量の分析に、残りはマツノマダラカミキリに後食させて殺虫活性を検定する生物検定に供した。供試枝の採取は、有人ヘリ散布区では散布当日（6月6日）、3日後（6月9日）、10日後（6月16日）、17日後（6月23日）に行った。なお、西端Aの供試木No.1～6からの供試枝の採取は10日後までで中止し、17日後は有人ヘリ散布区の東端に位置するBから新たに選定した供試木No.13～18から供試枝の採取を行った。無人ヘリコプター散布区Fからの供試枝の採取は、散布当日（6月9日）、14日後（6月23日）、21日後（6月30日）、28日後（7月7日）、36日後（7月15日）、42日後（7月21日）、50日後（7月29日）、56日後（8月4日）に行った。採取した当年枝・1年枝は薬剤分析用と生物検定用に分けてプラスチックバッグに入れてクール宅急便で研究室に送り、前者は冷凍庫で

後者は冷蔵庫で保管して実験に供した。薬剤分析及び生物検定の対照区には、薬剤が散布されていない松林から採取した当年枝・1年枝を用いた。

2. 生物検定

当年枝・1年枝は、千葉県和田浦から採取した松くい虫被害木を網室に維持して羽化脱出したマツノマダラカミキリ成虫に餌として与えて殺虫活性を検定した。雌雄成虫計5頭を1頭ずつ個別のアイスクリームカップに入れ、薬剤散布区から採取した当年枝・1年枝を餌として与えて後食させ、7日後まで生死の観察と虫糞量ならびに後食面積の計測を行った。生物検定のコントロール区には薬剤無散布松林から採取した当年枝・1年枝を同様に与えた。

3. 当年枝・1年枝からの薬剤の抽出・濃縮・分析用試料の調製

当年枝・1年枝からピンセットで針葉を抜き取って採取し、針葉と枝に分けてそれぞれから葉

剤を抽出した。針葉はアセトニトリル+超音波処理で抽出し、InertSep GC/PSA (500mg/500mg) (ジールサイエンス株式会社) でクリーンアップし、枝はアセトン+超音波処理で抽出し、MegaBondElut FL (2g) (ジールサイエンス株式会社) でクリーンアップした。

4. 分析

分析はFPD 検出器付きのガスクロマトグラフ (島津 GC-2010) で、VF-5 ms カラム (0.53mm i.d. × 30m, 膜厚 1 μm) (アジレントテクノロジー株式会社製) を用いて行った。保持時間はフェニトロチオンは約8.7min, フェニトロオクソン約7.9min であった。分析用標準品のフェニトロチオン (純度98.0%) およびフェニトロオクソン (純度96.0%) を用いて作成した検量線 (図2) の回帰式はフェニトロチオンが $Y = 6.02 \times 10^6 X$, フェニトロオクソンは $Y = 6.05 \times 10^6 X$ (いずれも Y はピーク面積, X は重量 ng) であった。フェニトロチオン, フェニトロオクソンの検出限界はともに0.005ppm, 回収試験で良好な結果が得られた最低濃度から採用した定量限界はともに0.01ppm であった。松の枝葉を用いた場合の添加回収率は、昨年全く同様の分析方法で実施し、

針葉が94.0~110%, 枝が87.7~116%の範囲で良好であることを確認してある。

5. 松くい虫被害木の分布調査

薬剤散布から約5ヶ月後の2014年11月16日~17日及び23日~24日に、有人ヘリ散布が行われた荒井浜森林公園の西端 A (約90m × 30m) と東端 B (約40m × 30m), 中央部の国道側林縁部 C (10m × 10m × 7 反復区) と海側林縁部 E (10m × 10m × 7 反復区), 陸側林縁部の内側から海側林縁部の内側までの間 (陸側から順に D1 列: 10m × 10m × 3 反復区, D2 列: 10m × 10m × 3 反復区, D3 列: 10m × 10m × 3 反復区, D4 列: 10m × 10m × 3 反復区), 無人ヘリ散布が行われた国道113号沿いの陸側林縁部 F (100m × 90m), ならびに対照区として薬剤散布が行われなかった国道113号よりも陸側に隣接する松林 G (約90m × 30m) に松くい虫被害木を調査するコドラートを設置した。コドラート内に存在するマツの木は胸高直径を測定し、健全木, 昨年以前に枯れた木 (古い枯れ), 今年枯れた木, 枯れが進行中の木に分けて記録した。なお, 調査は1列ずつ順に折り返して行い, コドラート内の枯損木の位置がわかるように記録した。

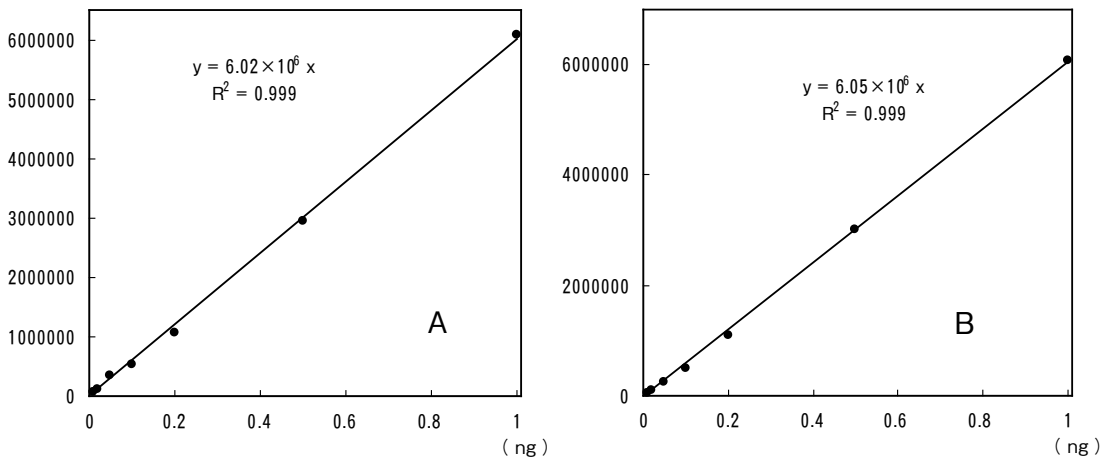


図2 フェニトロチオン (A) とフェニトロオクソン (B) の検量線

Ⅲ. 当年枝・1年枝のマツノマダラカミキリに対する殺虫活性

有人ヘリコプターで散布が行われた林分の供試木 No. 1～6 と No.13～18, ならびに無人ヘリコプターで散布が行われた林分の当年枝・1年枝をマツノマダラカミキリ成虫に後食させて検定した殺虫活性は表1にまとめて示した。予想に反して、森林公園の西端に位置する No. 1～6 の供試木から散布当日(6月6日)に採取した当年枝・1年枝は全く殺虫活性を示さず、散布10日後(6月16日)でも同じであった。そこで散布17日後(6月23日)には森林公園の東端に新たに供試木 No.13～18を選定して検定したところ、殺虫活性を示した。

無人ヘリコプターで散布が行われた林分の供試木 No. 7～12から採取した当年枝・1年枝は顕著な殺虫活性を示し、特に散布当日(6月9日)では2日間後食で100%の死亡率を示した。経過時間とともに殺虫活性は弱くなっていった。散布56日後(8月4日)でも、より長い後食時間を要したが、殺虫活性は維持されていた。

Ⅳ. 当年枝・1年枝における薬剤の落下・付着・残留濃度

有人ヘリコプターによる薬剤散布が行われた荒井浜森林公園の林分 A の供試木 No. 1～6 と No.13～18, ならびに無人ヘリコプターによる薬剤散布が行われた林分 F の供試木 No. 7～12における薬剤濃度はまとめて表2に示した。フェニトロチオンの他に微量のフェニトロオクソンが検出される場合もあったが、両方の合計を薬剤濃度とし、針葉、枝、針葉と枝の合計として表した。同じ木でも調査日ごとに異なる枝を採取したので、調査日によって残留濃度に振れが見られたのは当然であるが、有人ヘリコプター散布区の供試木 No. 1～6 は散布当日から検出された濃度は著しく低かったので、この林分では十分な散布が行われなかったことを示唆し、上述した生物検定の結果もそれを裏付けた。一方、途中から追加した森林公園東端の林分 B の供試木 No.13～18については、散布17日後の枝葉から殺虫活性を示すだけの残留濃度が検出され、上述した生物検定の結果もそれを裏付けた。

無人ヘリコプターで散布が行われた林分 F の供試木 No. 7～12における残留濃度については、

表1 スミバイン MC が散布された松林から採取した当年枝・1年枝のマツノマダラカミキリ成虫に対する殺虫活性

散布方法	供試木 NO.	散布後日数	後食による死亡率 (%) ± SD						
			1日後	2日後	3日後	4日後	5日後	6日後	7日後
有人ヘリコプター	1～6	散布当日	0	0	0	0	0	0	0
		3日後	0	0	3.3±7.5	3.3±7.5	3.3±7.5	3.3±7.5	3.3±7.5
		10日後	0	0	0	0	0	0	0
無人ヘリコプター	7～12	17日後	3.3±4.7	8.3±12.1	45.0±26.9	58.3±28.5	68.3±28.5	73.3±29.8	76.7±29.2
		散布当日	98.3±3.7	100	100	100	100	100	100
		14日後	78.3±35.8	86.7±29.8	86.7±29.8	86.7±29.8	86.7±29.8	86.7±29.8	86.7±29.8
		21日後	73.3±34.4	83.3±37.3	86.7±29.8	90.0±22.4	90.0±22.4	90.0±22.4	90.0±22.4
		28日後	31.7±29.1	45.0±28.1	60.0±28.3	60.0±28.3	73.3±34.0	83.3±37.3	86.7±29.8
		36日後	0	8.3±6.9	33.3±29.8	46.7±35.0	58.3±39.8	61.7±44.9	68.3±44.9
		42日後	0	6.7±7.5	13.3±13.7	40.0±30.0	63.3±34.0	66.7±32.0	75.0±34.5
		50日後	0	3.3±7.5	3.3±7.5	6.7±9.4	16.7±18.0	23.3±24.3	43.3±33.5
56日後	0	5.0±7.6	5.0±7.6	31.7±29.1	46.7±29.8	76.7±37.3	83.3±29.2		
無散布			0	0	0	0	0	0	

供試木 No. 7 の濃度については調査日によって振れがあり全体的に低かったが、それ以外は散布された薬剤がしっかり落下・付着し、散布56日後（約2ヶ月後）の枝からも殺虫活性を示す残留濃度が検出された。上述した生物検定の結果もそれを裏付けた。

無人ヘリコプターで散布された林分 F の供試木 No. 7～12 における残留濃度の経時的推移は図 3 に示した。カーブフィッティングと DT50（50%減衰時間）ならびに DT90（90%減衰時間）の算出は、独立行政法人農林水産省消費安全技術センター（FAMIC）が公表している土壤残留農薬の解析ソフト¹⁰⁾ の SFO（Simple First-Order）

モデルを用いて行った。散布当日の残留濃度は針葉の方が枝よりも高いが、減衰（消失）速度も針葉の方が枝よりも早いことが明らかである。針葉では DT50 は 4.6 日、DT90 は 15.2 日であったのに対して、枝での DT50 は 19.3 日、DT90 は 64.2 日であった。

V. 枝に残留する薬剤濃度と2日間後食による殺虫活性の関係

無人ヘリコプターで散布された林分 F の供試木 No. 7～12 の当年枝・1年枝の枝における薬剤の残留濃度（表 2）と、それを室内でマツノマダラカミキリ成虫に2日間後食させて得られた死亡率をプ

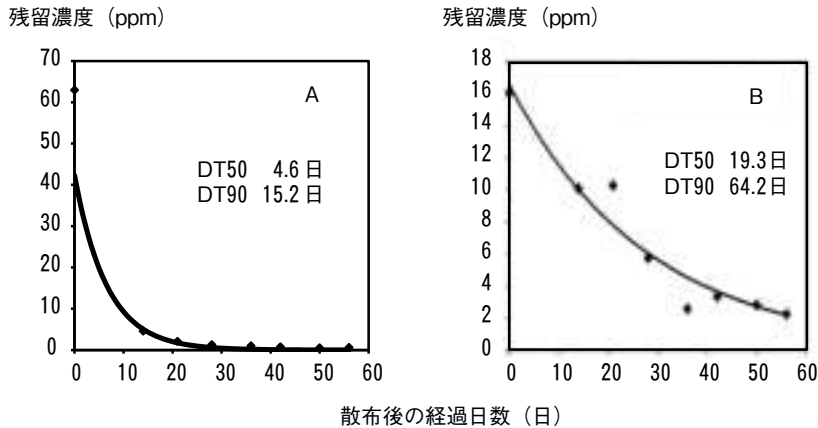


図 3 無人ヘリコプター散布区の当年枝・1年枝の針葉 (A) と枝 (B) における残留濃度の経時的推移

表 2 スミバイン MC が散布された松林の当年枝・1年枝における薬剤残留濃度の経時的推移

散布方法	供試木 NO.	散布後日数	残留濃度 (ppm) ± SD		
			針葉	枝	合計
有人ヘリコプター	1～6	散布当日	0.45 ± 0.36	0.30 ± 0.24	0.74 ± 0.59
		3日後	0.27 ± 0.19	0.85 ± 1.58	1.12 ± 1.47
		10日後	0.17 ± 0.06	0.38 ± 0.25	0.48 ± 0.19
無人ヘリコプター	7～12	17日後	1.54 ± 0.69	2.26 ± 1.68	3.80 ± 2.28
		散布当日	62.97 ± 35.94	16.04 ± 12.09	79.01 ± 47.04
		14日後	4.59 ± 2.60	10.10 ± 7.66	14.69 ± 9.78
		21日後	2.10 ± 1.33	10.27 ± 5.26	12.37 ± 6.46
		28日後	1.31 ± 0.24	5.75 ± 3.51	6.87 ± 3.89
		36日後	1.02 ± 0.57	2.57 ± 1.30	3.25 ± 1.51
		42日後	0.78 ± 0.45	3.31 ± 2.43	3.24 ± 2.23
50日後	0.54 ± 0.41	2.81 ± 2.70	2.42 ± 1.61		
56日後	0.63 ± 0.40	2.24 ± 1.51	2.87 ± 1.63		

ND : <0.01ppm

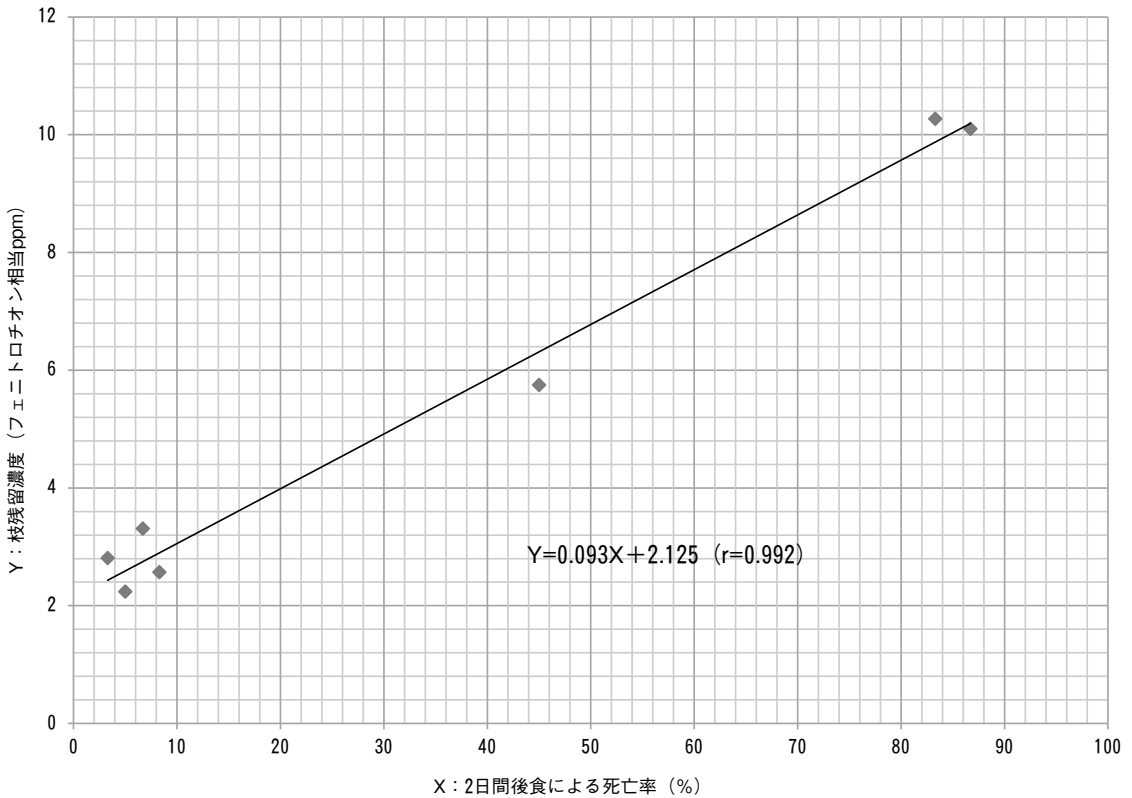


図4 無人ヘリコプターで散布されたスミバイン MC の当年枝・1年枝の枝における残留濃度と殺虫活性の関係 (死亡率 100% を除く)

ロットしたグラフを図4に示した。図4は死亡率100%のデータを除外して作成した回帰線である。r = 0.992という高い相関関係が得られ、X (死亡率) 0の時のY (残留濃度) は2.125ppmであった。従って、2日間後食によって殺虫活性を示す濃度は>2.125ppmと推察されるが、表2で示したように後食時間が長くなる程死亡率は高くなる傾向があるので、実際にはこれ以下の濃度でもある程度の防除効果を示す可能性も考えられる。

VI. 松くい虫被害木の林分内分布と被害率

有人ヘリコプター散布区A、無人ヘリコプター散布区F、無散布松林Gにおける松くい虫被害木の分布と被害率を調査した結果は表3に示した。無散布松林Gの被害率が40.2%と非常に高かったのは、荒井浜森林公園の胎内川を隔てた西側では松くい虫の激害が発生している地域だった

ためと思われる。それにもかかわらず、無人ヘリコプター散布区Fの被害率が5.2%、有人ヘリコプター散布区A～Eの平均被害率が12.2%に抑えられたということは、薬剤散布の防除効果を明確に示している。

有人ヘリコプター散布区の被害木の分布には大きな偏りが見られ、西端Aの15.9%が東端Bの2.7%と比べて高かったのは、胎内川に面した林分だったために川への飛散防止の配慮から十分な散布が行われなかったためと推察される。また松林中央部C～Eでは、国道側林縁Cが30.4%、海側林縁Eが9.1%と高かったのは、やはり林外環境(特に国道側)への飛散防止の配慮から十分な散布が行われなかったためと推察される。一方、荒井浜森林公園中央部Dの国道側林縁Cと海側林縁Eに挟まれた中央林分D1～D4の被害率が2.2%と低かったのは、飛散の心配なしに

表3 荒井浜森林公園地区における松くい虫被害木の分布と被害率（2013年11月調査時点）

薬剤散布方法	調査区域	区域記号	調査木数 (古い枯れ)	松くい虫被害*		
				木数	%	
有人ヘリコプター	松林西端	A	279 (28)	40	15.9	
	松林東端	B	149 (2)	4	2.7	
	松林中央部	国道側林縁	C	96 (4)	28	30.4
		1列目	D1	36 (5)	0	2.2
		2列目	D2	37 (4)	2	
		3列目	D3	34 (0)	0	
		4列目	D4	39 (2)	1	
海側林縁	E	133 (23)	10	9.1		
無人ヘリコプター		F	279 (10)	14	5.2	
無散布		G	118 (16)	41	40.2	

* 被害率 (%) の計算に古い枯れは除外

通常の散布が実施され、樹冠部に十分な薬剤施用が行われたためと推察される。

VII. 今後の課題

荒井浜森林公園のような松くい虫の激発発生地域においても、ヘリコプターによるスミパイン MC 散布は無散布区に比べて明確な防除効果を示した。しかし、有人ヘリコプター散布松林においては、特に国道側林縁 C、海側林縁 E、胎内川に面した西側林縁 A において比較的高い被害率が観察されたのは、周辺環境への薬剤飛散を懸念して十分な薬剤施用が実施されなかったことを暗示している。林縁における薬剤の散布むらは全国共通問題であり、発生源を放置しては松くい虫問題は終息しない。十分な防除効果を確保するためには、林縁部にも散布をするか、林縁部だけは地上散布で補填するか、殺センチュウ剤の樹幹注入を併用するか、など何らかの対応措置が必要と思われる。

引用文献

- 1) 黒田洋一郎：信濃毎日新聞（2012年9月29日）「農薬散布健康被害の有無」
- 2) 中根周歩：信濃毎日新聞（2012年9月28日）「松枯れの原因と対策」
- 3) 本山直樹・阿部 豊・田畑勝洋：「2012年6月に新

潟県胎内市で有人ヘリコプター・無人ヘリコプターを用いて松林に散布されたスミパイン MC の周辺への飛散調査」 pp.27, 調査報告書（2013年1月）

- 4) 本山直樹・孫 立倉・田畑勝洋（2013）松くい虫防除で散布された薬剤の飛散と健康影響(5)―無人ヘリでスミパイン MC が散布された松林に立ち入った場合の暴露量―. 林業と薬剤 No.205, 1-8
- 5) 本山直樹・孫 立倉・田畑勝洋（2011）松くい虫防除で散布された薬剤の飛散と健康影響(1)―群馬県と静岡県における調査事例―. 林業と薬剤 No.195, 1-7
- 6) 本山直樹・孫 立倉・田畑勝洋（2011）松くい虫防除で散布された薬剤の健康影響(2)―秋田県における調査事例―. 林業と薬剤 No.196, 1-6
- 7) 本山直樹・孫 立倉・田畑勝洋（2012）松くい虫防除で散布された薬剤の飛散と健康影響(3)―マツノマダラカミキリ成虫に対するスミパイン EC と MC の作用経路―. 林業と薬剤 No.200, 8-13
- 8) 本山直樹・阿部 豊・田畑勝洋（2013）松くい虫防除で散布された薬剤の飛散と健康影響(4)―新潟県胎内市における調査事例―. 林業と薬剤 No.204, 12-18
- 9) 本山直樹・阿部 豊・孫 立倉・田畑勝洋：ヘリコプターで松林に散布されたフェニトロチオン MC の防除効果の振れをもたらす要因としての散布むら. 日本農薬学会第39回大会講演要旨集 平成26年度, p.155, 2014（京都）
- 10) 独立行政法人農林水産省消費安全技術センター（FAMIC）土壌残留農薬解析ソフト

森林病虫害雑話（その4）

私の「松くい虫研究前史」

—小林富士雄*

1961年9月、紀伊半島に上陸し一挙に京阪神を駆け抜け北陸に抜けた第二室戸台風は、関東生まれの身が初めて経験する激害台風であった。奈良公園の蒙った被害は特に顕著で、早速相談を受けた支場の中原室長とともに一巡した奈良公園内は根返りや折損した松で埋まっていた。公園平地内の生存可能な被害木は極力残し、そのほかは予防措置を講じたが、公園の重要な背景である山林では被害予防の農薬航空散布が実行され、その調査のために若草山を走り回り、これが松枯れ実践現場での初体験である。それまで私の研究対象は小蛾類などに向けられており、松くい虫は大学の講義や職場で耳にする程度であった。

そのご間もなく「在外研究員」という資格で米国ミシガン大学に一年間留学することになり、京都に戻ったのは1964年である。その前年、当時著名な森林昆虫学者 S. グラハムは定年退職し、森林害虫の密度調査法を研究してきた後任の F. ナイト教授に専ら師事し、帰国後の研究構想を自分なりに描いて帰国したが、さっそく耳にしたのは、神戸市六甲再度山の松枯れ予防のための空中薬剤散布試験の話題であった。ミシガンで思い描いた構想は余力でできる範囲で着手することにし、早速空散の現場に対面することになった。

森林での空中散布としては、北海道の昭和29年台風（1954）による風倒林でのキクイムシ加害予防散布は例外として、マツケムシなど食葉性害虫への空中散布は珍しくなかった。しかし二次的害

虫とされていた松くい虫対象の空散には相談を受けた中原氏も不賛成であったが、現地担当者の熱意にうたれ効果調査には全面的に協力したということであった。

当時の散布薬剤は1971年禁止時までには BHC が主剤であり、防除対象とする穿孔虫の種を絞り切れないため、散布時期は4月中旬、6月末、9月上旬の3回であった。その結果は、散布、無散布区とで餌木丸太に飛来する穿孔虫数を比較する効果調査では両者にあまり差が認められなかった。しかしマツノマダラカミキリのみは、散布区で餌木への産卵が極めて少なく、また2、3回散布後ともに道路上に多くのへい死体をみることができた。

今思うと第1、2回散布の間隔がもう少し短ければ明瞭な枯損防止効果が現れたであろうが、材線虫による枯損の機構が不明だった当時では、その原因を詮索してもあまり意味あるとも思えないので、見聞した事実として述べるにとどめる。

松くい虫の樹幹加害を防止するための地上散布試験は各地で繰り返し広く行われたが、ザイセンチウ発見後の空中散布のように顕著な枯損防止効果を示した例は少ない。当時の散布目的が松くい虫の幹への加害防止にあり、樹冠よりも樹幹への丁寧散布がよしとされていたためである。

松くい虫の加害性をめぐって

このような場当たりの試験と別に、林業試験場昆虫科では戦前から日塔、戦後から小田を中心とし、随時これに加藤、のちに野淵・山根・遠田

*元農林水産省森林総合研究所 KOBAYASHI Fujio

ほかの研究者が加わり「マツ類の穿孔虫に関する研究」が続けられていた。主たる野外試験地は、戦後逸早く設定した神奈川県志田山（恒常型）に加え、1965年前後設定の千葉県三原（激害型）、千葉県戸崎（同）等で、これら野外調査主体に活発な報告がおこなわれた。

林業試験場昆虫科は、松くい虫研究の司令塔的な役割が与えられており、林野庁の府県担当者会議に招集され難しい回答を求められる立場でもあった。日塔科長のもとで現場調査の中心として活躍した加藤幸雄氏は過労のため27歳の若さで夭折された。

激害型松枯れの前に樹脂異常が起こることはこれらの試験地でいった成果であり、歴史的ともいうべきこの試験地の調査経過と成果についてどなたかの詳細な報告が待たれる。

松くい虫の研究者が必ず突き当たる問題は、その加害力を巡った議論であり、その長い議論の末に通用していた結論は、松くい虫は本来二次性であるが、高密度になると健全木に繰り返し攻撃することによって容易に加害できるというものである。当時指導的立場にあった日塔科長の公開の席での発言をみると、「松くい虫は二次害虫」と断言しながらも、「しかし高密度になると一次性に転化する」というもので、思うだに苦しい表現である。

「松くい虫」特集号

京都や大阪などの著名な近郊林ばかりでなく、それまで未発生の紀伊半島など各地からも激しい松枯れが報道され始め、このような状況にあわせ「森林防疫ニュース」は「松くい虫」特集号（1964, 5）を組んだ。

日塔科長はそのなかで、大戦の戦中戦後^{しょうけつ}に猖獗を極めた松枯れが昭和23年（1948）をピークとして一旦治まり、一般からは忘れられかけた34年（1959）ころから局部的に増え始めたことを「生きていた松くい虫」と表現している。

嘗ては西日本中心であった従来の被害地が和歌山、静岡、千葉などの一部にまで広がり、しかも、今回は天然更新した10年前後の若い林が「山火事にあったように」一斉に枯れ、曾ての様相と全く違うように見えるとし、最後に「枯死木の剥皮調査の際に皮下に変質がめだち虫体を見ないものに出会うのは筆者一人ではないであろう」と氏は書いている。このような枯れはまさにザイセンチュウによる激害の特徴の一つである。

上記「特集号」で小田久五氏は、九州での枯損木穿孔虫の野外調査をもとに「松くい虫とその被害」と題し、松が枯れる時期を5季（夏、夏秋、秋、秋冬、春）に分け、それぞれが樹皮下に見られる7種の松くい虫の種別優先度による時期別被害区分図をしめた。この時点で小田氏はとくに触れていないが、この図からも夏から秋にかけての激害型枯損とマツノマダラカミキリとの関係が読み取れる。

この特集号に青島・林両氏が「松くい虫と松の青変について」と題し各種穿孔虫から見出される青変菌について詳細な解説をしているのは、松枯れと菌類との関係が話題になっていたものであろう。このほか同号には林野庁担当者の行政・立法・予算の沿革について詳細にわたる解説、当時話題にあがってきた安息香酸などの誘因物質の解説、県・国有林・会社などから7件に及ぶ被害・防除・見解などが掲載されており、当時の松枯れに対する各界の対応状況を知るうえで参考になる。

最後尾には、ロッキー山脈でのキクイムシ防除の見聞記である拙文「米国の森林昆虫見聞録（2）—米国における松くい虫の防除—」が添え物のように載っている。これは航空調査によるキクイムシ被害木の航空サーベイと地上防除班との連携を紹介し、あわせて当時成功例で湧いていた西部のキクイムシの「衛生間伐」を紹介したものである。当時まで日本の松くい虫対策は米国のキクイムシ防除法の後追いかから抜け出しておらず、私自身も

この報文が日本の松くい虫対策の参考になればという思い入れで書いたものである。

本支場昆虫分野による 「松くい虫共同研究」

前記したように、それまで報告がなかった関西各地で激しい松枯れが報道され始めた。私もこの頃を境に松くい虫に取り組みざるを得ないと自覚するようになった。それまで既に本支場昆虫分野の共同研究の設計をもとに1967年に設定してあった兵庫県三木市の平地林に加え、先ず日塔・小田氏などによる松くい虫調査報告を参考に、京都府立大学大枝演習林にテントを張り、古くからの「松くい虫調査入門編」というべき餌木調査によって虫の名に親しむことから始め、同時に松くい虫の樹皮下分布を調べ始めた。後者については前記した米国での構想の一部であるが、松くい虫の種ごとに特徴ある「分布型」があることに興味を覚え、このデータはそのご学位論文として取りまとめた。当時、京大理学部教授の森下正明氏のIBP（国際生物学計画）の端くれに加わり、これを縁に氏の考案になる分析法を利用させて頂いた。

本支場昆虫分野の共同研究の設計をもとに1967年に設定してあった兵庫県三木市の平地林に加え、支場から近い京都市嵐山、京都市大枝、神戸市六甲山など山地の松林を新たな試験地として、計4か所それぞれの穿孔虫の種構成、枯損時期などから近畿地方での松枯れの実態を探ろうと考えた。その解析の方法としては上記の小田式分類が大いに参考になった。

この分類は、「林学会大会報告」「森林防疫」「林業と薬剤」等に発表されている、枯れ方と樹皮下害虫相との組み合わせをもとに松枯れを整理したものである。先ず樹皮下の松くい虫の種類と発育状態に拠って虫の加害定着の時季を判定し、これをもとに日本各地の複数年の枯れを整理すると、春、夏、秋とその亜型を含む5つの「枯損型」に

集約された。この枯損型と外見の枯れ方との組み合わせで全国の松枯れを恒常発生、風害跡地、激害、微害に整理し、このうち激害の主体は夏型であることを示した。

次いで小田他は1966、1967の両年、千葉県の試験地で一林分内の立木を数回に分けて皆伐するという思い切った試験を行った。その伐採面からの樹脂流出を目印にすると、松くい虫の加害時期に先んじて立木内部の樹脂異常（樹脂の減少・停止）が起こっている木があり、このような木から夏型の急激な枯れが起こるといふ推論を得た（日林講、1967,1968）。のちに述べるように、これがのちのマツノザイセンチュウ発見の端緒となった実験である。

これらの報告に刺激され、関西支場は1967年から、前記した4試験地でも樹脂流出の試験に着手した。いずれも国公有地であるうえに木を傷めるため繰り返し円孔をあけることが憚られたので、2年目からは円孔法に変えピストル型ホチキス（商品名ガンタッカー）を用いた。これは粗皮を削り取った樹幹に13ミリ長の針を打ち込み、樹脂が流出したものは測定し、流出しない場合は鉋で粗皮を削って確認する方法である。なおこのうち、この予備的調査の最終年途中から追加した日置川試験地（後述）を除き、いずれも春型、春秋型の微害であった。

数年にわたった前記の4試験地から得られたデータを検討した結果、いずれも時間をかけて徐々に枯れるタイプが主であり、夏型、夏秋型の枯れを示すものは少なかったため、夏型の枯れが集中する候補地を探すことにした。

以前から昵懇であった和歌山林試の井戸規雄氏に相談すると、紀伊半島南部に適切な松林があるという返事を受け早速、井戸氏の案内で紀南各地の種々の松林を見回った。このなかで紀伊半島南端に近い日置川町日置川とすさみ町見老津が、最近進行中の被害歴から考え間違いなく激害になるという井戸氏の断言に従い試験地を設定すること

にした。二つのうち日置川について以下に述べる（このうち見老津試験地は私の後任者小林一三氏によって継続調査が行われた）。

上記の特別研究開始の1968年と時を同じくして、同年6月末に井戸氏から日置川に1, 2本の枯れが出たとの連絡に接し早速現地に駆け付けた。樹脂調査のため立木の穴あけのほか伐採もありうる試験であるため所有者の許可が得られるか危惧していたが、以前からミカン林への切り替える計画があったとかで比較的簡単に使用許可が得られた。

このようにして設定できた日置川試験林からは次のように貴重な資料が得られた。この試験地は雑木林のあとに造林された、設定時10年生のクロマツ林約0.2haで、当時極めて旺盛な成長を示していた。斜面を下から尾根まで450本の立木樹幹にナンバーテープをつけ、7月上旬から原則として全木を対象に連日の樹脂流出調査に取り掛かった。樹種調査は前項で述べたガンタッカーによるハリ打ち法によった。開始1年目、30度近い斜面を昇り降りしながら2, 3人で全木を対象とする連日の作業は過酷であったが、翌年、翌々年は、枯れの進行とともに対象木が減り調査作業自体は年々楽になった。

1970年の樹脂調査の一部を抽出した表1のように、ハリ打ちの傷から勢いよく流れだしていたヤニがある日突然停止する木が現れ、その本数は7, 8月と日が進むにつれ急増する。ヤニの出が異常（-または0）になった木に注目していると、その日から1週間前後に種々の松くい虫が産卵加害に集まってくる。そのうちマツノマダラカミキリの産卵痕の初来日（産卵痕が初めてみつかった日）は樹脂異常になった日から3乃至10日（平均6.9日）後に集中することが分かった。このような調査によって、松くい虫の飛来以前に、松の樹体内に急激な生理的異常が起きていることが疑う余地なく明瞭になった。試験地設定以降の枯損経過は図1に示した通り、被害初期の3年間に集中する典型的な激害である。

日置川試験地の枯損経過に直接出会えたことは、それまでの長い間、松枯れの多くが老齢・衰弱と表現される林に起きると理解してきたものが、成長旺盛な若齢林でも短期間に壊滅的被害が起きるといふ、それまでと対照的な枯損を経験し、材線虫病の本質に触れるうえでまことに幸運であった。因みに、伊藤一雄氏にこの試験地を案内した時に渡したカラー写真は後述の特別措置法（次報）の際の説明に存分に使われ、その一部は氏の『松

表 1 日置川試験地における樹脂流出の連日調査例 (1970)

月日 調査 木番号	14/ VII	15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	27	28	29	2/ VIII	3	4
102	+++	+++	+++	+++	+++	++	0	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
125	+++	+++	+++	+++	+++	-	-	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170	+++	+++	+++	+++	+++	++	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0
188	+++	+++	0	-	-	-*	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	0
220	+++	+++	+++	+++	+++	0	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0
286	+++	-	-	0	-	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0	0
293	+++	0	0	-	-	-	-	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
312	+++	+++	-	0	-	0	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0

注) 林業試験場関西支場年報 No.12, 1971, 117-120を改編
* : マツノマダラカミキリの産卵痕が初めて認められた日

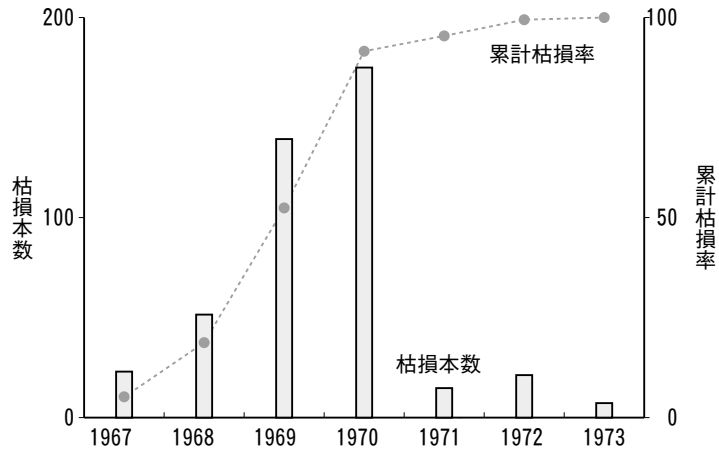


図1 日置川試験地における枯損経過

注) 1967年は株痕からの推定値



写真1 日置川試験地における松枯損の様相。
(1969年10月)

くい虫の謎を解く』の見出しを飾っている。

既に述べた小田式樹脂調査から発展したこのような基礎的研究を根拠として農林省特別研究「松くい虫によるマツ類の枯損防止に関する研究」(1968-1971)が開始されることになる。次号にのべるようにこの特別研究の進行中にマツノザイセンチュウが発見され、これを転機に松くい虫研究は苦しい峠を越え防除法に変革をもたらすことになる。

おとしぶみ通信 (10)

土の中の虫たち 1
ダンゴムシ

福山 研二*

ダンゴムシとは

これまで、この通信では、昆虫のお話をして参りました。一般に虫と呼ばれるものは、すべて昆虫だと思っている方も多いと思いますが、実は昆虫ではない虫もたくさんいるのです。特に、土の中に住む虫たちでは、ミミズやムカデ、ダンゴムシなど昆虫以外のものが多数おります。

そこで、今回からしばらくの間、土の中も虫たちを紹介して参りましょう。

人間のお子様たちは、背が小さいせいもあるのでしょうか、地面を歩いている虫を見つけるのが得意ですね。お子様たちの好きな虫の代表は、おそらくダンゴムシではないでしょうか。飛んで逃げることもないし、都会の公園などでも見つけることができ、適度な大きさで見つけやすいので、子供にとっては格好のおもちゃといえるでしょう。つつくと丸くなる場所なども、子供にとってはたまらない魅力のようです(図1)。

このダンゴムシというのは、もちろん昆虫類ではありません。分類学的には、動物界、節足動物門、甲殻綱、ワラジムシ目に属しているグループです。簡単に言えば、エビやカニの仲間、元々は海に生息していたものの一部が陸にあがってきたもので、陸産等脚類とも呼ばれています。他には、ワラジムシやヒメフナムシなどがいます。現在でも、多くのものは海岸付近に生息しているようです。

ダンゴムシの形は、ゾウリのような小判型をし

ており、頭部1節、胸部7節、腹部5節、尾部1節からなっています。頭部は、複数の体節が融合しており、触角が2対あります。ただし、1対は退化してほとんど見えません。目は複眼が1対あります。脚(あし)は、胸部の7節の各節に1対ずつ、つまり7対14本の足があるわけです。ダンゴムシの名の通り、刺激を受けるとアルマジロのように丸くなります。これは、もちろん、外敵に対する防御が主な目的だと思われます。鳥などにつかれた場合、丸くなることによってくわえづらくなる上、転がることによって土壌中の落葉の隙間に逃げ込むこともできると思われれます。また、もっとも重要な捕食者である、アリなどの攻撃に対しても、つかみ所がなく攻撃を免れやすいことが想像できます。丸くなった、ダンゴムシはじつに美しい球形をしていることがわかります。このように、丸くなるものにタマヤスデというヤスデの仲間がおり、見た目では非常によく似ております。ただし、タマヤスデは脚が17~19対とずっとたくさんあるので区別できます。

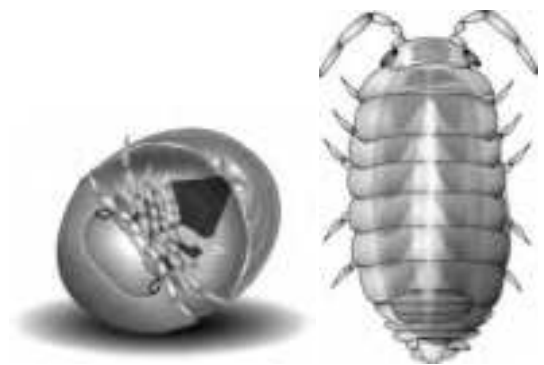


図1 丸くなったオスカダンゴムシのオス(左)とやや小型のメス(右)

* (独) 森林総合研究所フェロー FUKUYAMA Kenji

町のダンゴムシと森のダンゴムシ

我が国に生息しているダンゴムシは、昔はオカダンゴムシ1種類しかないとされていました。しかも、これは外来種でヨーロッパなどから渡来したらしいと言われていたのです。そのためかどうか、つい近年までは、北海道には生息しておりませんでした。それでも、人間の荷物などに紛れて移動しているのでしょうか、最近では、北海道でも普通に見られるようになっております。

ところが、森の中でダンゴムシの調査をしていた人が、オカダンゴムシと大分形が違うダンゴムシがいることに気がつきました。そこで、よくよく調べてみると、オカダンゴムシより腰の幅が広くやや小型のダンゴムシであり、別種だということがわかりました(図2)。これを腰の幅が広い特徴から、コシビロダンゴムシと名付けたのです。しかも分類的にもかなり違っており、オカダンゴムシとコシビロダンゴムシは、科のレベルで違うということがわかりました。そこで、オカダンゴムシはオカダンゴムシ科にコシビロダンゴムシはコシビロダンゴムシ科という科にわけました。

前述の通り、オカダンゴムシは海外からやってきたダンゴムシであり、ヨーロッパをはじめ、世界中に分布しています。ちなみに、同じオカダンゴムシ科で、ハナダカダンゴムシというニューフェースが、神戸や横浜などで発見されておりますが、これも世界中に分布しております。これは、貿易港であることから、船に紛れ込んで海外から



図2 我が国に生息するダンゴムシの科の区別点

密入国したのでしょうか。この種はハナダカという名前の通り、頭頂部に突起があり、鼻が高く見えるのです。ダンゴムシの世界でも、神戸や横浜はエキゾチックな世界というわけですね。

これに対して、コシビロダンゴムシは、もともと日本に住んでいたこともわかってきました。そして、オカダンゴムシ科と違って、国内にたくさんの種類が生息していることがわかってきました。1999年段階では22種もあり、さらに、詳しく調べると、もっと多くの種類のコシビロダンゴムシの種類が見つかることでしょう。

しかも、オカダンゴムシ科とちがって、町では見つけることができず、どちらかという深い森の中に住んでいることがわかりました。

関東地方で、陸に住むダンゴムシやワラジムシなどがどこにどのくらいいるのか調べてみますと、オカダンゴムシは、都会のど真ん中の駐車場や商店街に多く、雑木林や畑では、激減し、森の中では見つかりません(図3)。それに対し、コシビロダンゴムシは、天然林や明治神宮などの大きな森では見つかるものの、畑や雑木林、宅地ではまったく見つけることができませんでした(図3)。

このもともと日本に住んでいた森のダンゴムシたちは、なぜ都会に出て行けないかという、乾燥によいからのようです。これは、昆虫類と違って、まだ完全に陸上生活に適応していないからなのでしょう。それでも、オカダンゴムシは、そのなかでもかなり乾燥にも耐えるように進化してきていることがうかがえるわけです。だからこそ、世界をまたに分布を広げて活躍しているでしょう。

青いダンゴムシの秘密

ところで、ダンゴムシは、普通は、オスは黒褐色であり、メスはやや淡い色をしています。これは、地表に生息していることから、落ち葉や地面の色と似ており、目立たない模様であるわけで、

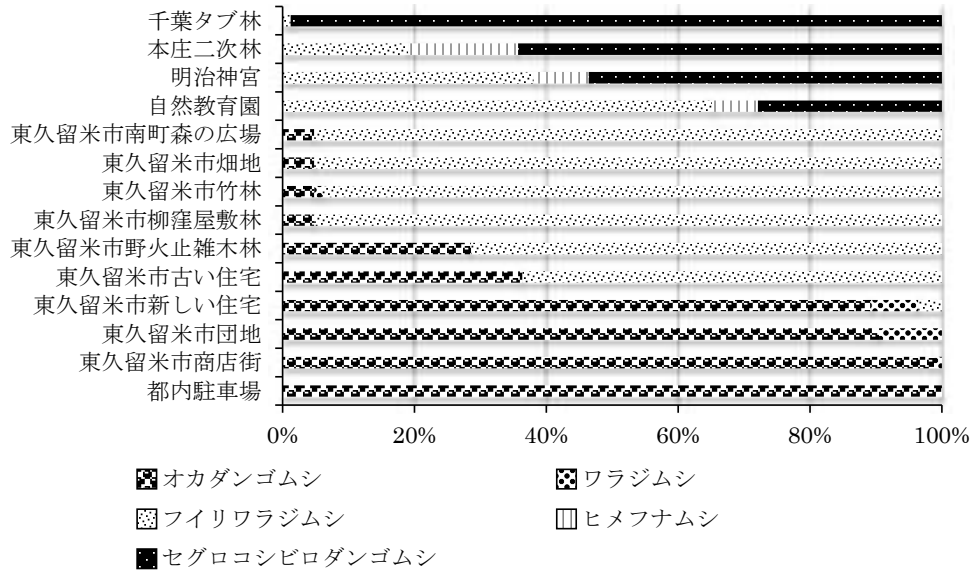


図3 関東地方での陸産等脚目の分布 (寺田2002より改変)

理にかなっているといえます。その中で、まれではありますが、鮮やかな青い色をしたダンゴムシが見つかることがあるのです。

これは、けっしておしゃれで青くなっているのではなく、ウイルスに感染しているそうです。その名もイリドウイルス。このウイルスに感染すると、ダンゴムシの体表が青く変色するのです。しかし、そんなに目立ってくるとせつかく隠れているのに、鳥などに見つかってしまうのではないかと心配になります。

しかし、そのことが実は、ウイルスの戦略なのです。どういうことかという、ウイルスは、ご存じのように、他の生き物に入り込まない限り生きていけないし、増えることもできないのです。通常は、ダンゴムシに入り込んだイリドウイルスは、体内で増殖し、糞などと一緒に、体外に排出され、土の中にばらまかれます。これがたまたま、他のダンゴムシに食べられると、また増殖を始めることができるわけです。しかし、このような方法だけで、ダンゴムシが歩き回る範囲しか伝搬しないので、大変に効率が悪いわけです。

そこで、ウイルスは考えた。ダンゴムシを遠くまで運ばせる手はないものか。そう、そこで考え

たのが、鳥です。鳥に運んでもらえば、一挙に、百メートル以上、場合によっては数キロメートルも運んでももらえるわけです。これは、植物が花粉や種子を運んでもらうのと同じですね。しかし、ダンゴムシからすれば、鳥に食べられるのは、とんでもない話なので、なるべく目立たないような模様をし、物陰に隠れ、暗くなってから活動するようにしているわけです。そこで、ウイルスは、ダンゴムシの体表面を青くするという戦略をとったのです。こうすれば、目立つようになるので、鳥に食べられやすくなります。ウイルスは、鳥に食べられても平気なので、鳥の糞と一緒に地表に散布されるわけです。

さらに、イリドウイルスは巧妙な作戦も考えていたのです。それは、このウイルスに感染した青いダンゴムシは、正常なダンゴムシとは異なる行動をとるようになるというものです。ダンゴムシは、物陰が好きで、落ち葉などの下に好んで潜り込むのですが、ウイルスに感染したダンゴムシは、物陰ではなく、明るい場所に出てくるようになるのです。これは、おそらく、明るさを感じる神経がおかしくなっているのかもしれませんが。そうすると、ただでさえ、鮮やかな青い色をしてい

る上に、明るい場所をふらふらと出歩いている訳なので、鳥に見つかって食べられてしまう確率が高くなることでしょう。こうして、ウイルスはまんまと、遠いところまで運んでもらえるというわけです。

このような、自分自身を広く散布するウイルスの戦略は、ダンゴムシのイリドウイルスだけでなく、例えば、蛾の幼虫などに寄生するウイルスなどでも見られるのです。蛾の幼虫は時々大発生をしますが、しばらくするとウイルス病が蔓延して、終息することが多いのです。その場合、ウイルスに感染した幼虫に異常な行動が見られることがあります。その行動とは、幼虫がみな、木の上の方に登りはじめ、最後には、木の最先端に集まって、固まりとなって死んでしまうのです。そのため、大発生の被害地では、木の上に黒い固まりが転々と見られることがあるのです。この死体の固まりは、言ってみればウイルスの固まりのわ

けです。ここに雨が降れば、木のてっぺんからウイルスが散布されますし、風によってもばらまかれることでしょう。これが、地表近くであったら、それほど遠くにまでは分散しないでしょうが、木のてっぺんまで登らせることによって、自分自身をより遠くまで散布させようという、ウイルスの戦略なのでしょう。

もっとも、ウイルスが考えてやったというわけではなく、長い進化の過程で、そのような性質を持ったものが生き残り、増えてきたのでしょう。

人間様の世界でも、青い顔をして、夜の町をふらふらと歩いて、悪い人に捕まっているような人がおりますが、あれもきっとウイルスに感染しているのかもしれないね。

引用文献

寺田美奈子 (2002) 土壤動物と理科教育, 昆虫と自然, 37. 6.

禁 転 載

林業と薬剤 Forestry Chemicals (Ringyou to Yakuzai)

平成 26 年 6 月 20 日 発行

編集・発行／一般社団法人 林業薬剤協会

〒101-0032 東京都千代田区岩本町 1-6-5 神田北爪ビル 2 階

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

E-mail : rinyakukyo@wing.ocn.ne.jp

URL : <http://www4.ocn.ne.jp/~rinyaku/>

印刷／株式会社 スキルプリネット

定価 540 円



7年先の確かな未来を

確かな効果

豊富なデータが裏付ける確かな効果で
皆様の信頼に応えてきた
グリーンガード・NEOは
7年間の薬効期間という
新たな時代の夜明けを
迎えました。



松枯れ防止樹幹注入剤

グリーンガード®・NEO

Greenguard® NEO

農林水産省登録：第22028号

グリーンガードホームページ

www.greenguard.jp/

竹を枯らせます!

ラウンドアップ マックスロードなら
竹稈注入処理で



使い方 [注入処理方法]

処理適期：6～8月

2～3cm

地上
30～
100cm

- ①節から2～3cm下に開けます。
- ②原液 10mℓ を穴から注入します。
- ③穴をガムテープ等でしっかりと蓋をします。

⚠ 注意事項: 処理竹から15m以内に発生した竹の子を食用に供さないこと。また、縄囲いや立て札により、竹の子が採取されないようにすること。

処理時期	完全落葉までの期間 (モウソウチク)
夏処理 (6～8月)	3ヵ月
秋処理 (9～11月)	6ヵ月
原液をタケ1本ごとに10mℓ	



完全落葉^{*}すれば、その後処理竹の根まで枯れます。

*竹の葉が全て落ちた状態、この時期であれば伐採可能です。

農林水産省登録：適用の範囲及び使用方法

適用場所	適用雑草名	使用時期	希釈倍数	使用量	使用方法
林地、放置竹林、畑地	竹類	夏～秋期	原液	5～10mℓ /本	竹稈注入処理

ラウンドアップ マックスロード

THE NEXT TECHNOLOGY TO YOU



防除法について、詳しくは下記窓口までお問合せください。

日産化学工業株式会社
〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3丁目7番地1

ラウンドアップ お客様相談窓口 **0120-209374**

樹木をニホンジカの食害から守ります。

有効成分
全卵粉末
80%
新登場

ニホンジカ専用忌避剤

農林水産省登録 第22312号

ランテクター®

全卵粉末水和剤

ランテクターは人畜、環境にやさしい製品です。

- ①ランテクターの有効成分(80%)は全卵粉末を使用しています。
- ②ランテクターは環境にやさしい製品なので、年間の使用回数に制限がありません。被害の発生状況に合わせて使用できます。
- ③広葉樹、針葉樹を問わず広く「樹木類」に使用できます。

■有効成分

全卵粉末	鉱物質微粉等
80.0%	20.0%

■適用範囲及び使用方法

作物名	使用目的	希釈倍数	使用液量
樹木類	ニホンジカによる食害防止	10倍	1本当り10~50m ²
使用時期	本剤の使用回数	使用方法	全卵粉末を含む農薬の総使用回数
食害発生前	—	散布	—

※スギ・ヒノキを始め広葉樹への散布も可能です。(広葉樹の新芽が枯損するなどの心配がありません)

販売

DDS 大同商事株式会社

本社 〒105-0013 東京都港区浜松町1丁目10番8号(野田ビル5F)
TEL.03-5470-8491 FAX.03-5470-8495

製造



保土谷アグロテック株式会社

〒104-0028 東京都中央区八重洲2-4-1

松枯れ予防
樹幹注入剤

マツケンジー®

農林水産省登録
第22571号

医薬用外劇物

有効成分：塩酸レバミゾール…50.0% その他成分：水等…50.0%
性状：赤色澄明水溶性液体

専用注入器でこんなに便利!!

① 作業が簡単!



② 注入容器をマツに装着しない!

注入・チェック・回収などで、現場を何度も回らずOK。

③ 作業現場への運搬が便利で、廃棄物の発生も少ない!

250mlの容器1本で20~25本のマツの処理が可能(φ30cmの場合)しかもジャバラ容器の使用により使用後の容器容積が小さくなる。

④ 水溶解度が高く、分散が早い!

作業時期が、マツノマダラカミキリ成虫の発生期近くまで広がる。

保土谷アグロテック株式会社 東京都中央区八重洲二丁目4番1号 Tel.03-5299-8225

新しいマツノマダラカミキリの後食防止剤 **林野庁補助対象薬剤**

農林水産省登録第20330号

マツグリーン[®]液剤

- ①マツノマダラカミキリ成虫に低薬量で長期間優れた効果。
- ②樹木害虫にも優れた効果を発揮。
- ③新枝への浸透性に優れ、効果が安定。

農林水産省登録第20838号

普通物

マツグリーン[®]液剤2

- ④車の塗装や、墓石の変色・汚染がほとんどない。
- ⑤環境への影響が少ない。
- ⑥周辺作物に薬害の心配がほとんどない。

剪定・整枝後の傷口ゆ合促進用塗布剤

農林水産省登録第13411号

トップジンM[®]
ペースト

作物名	適用病害名・使用目的
樹木類	切り口及び傷口のゆ合促進
きり	腐らん病
さくら	てんぐ巣病
ぶな(伐倒木)	クワイカビ類による木材腐朽



株式会社 ニッソーグリーン

本社 〒110-0005 東京都台東区上野3-1-2
☎03-5816-4351 <http://www.ns-green.com/>

新しいマツノマダラカミキリの後食防止剤

殺虫剤 **モリエート[®]sc**

農林水産省登録 第21267号

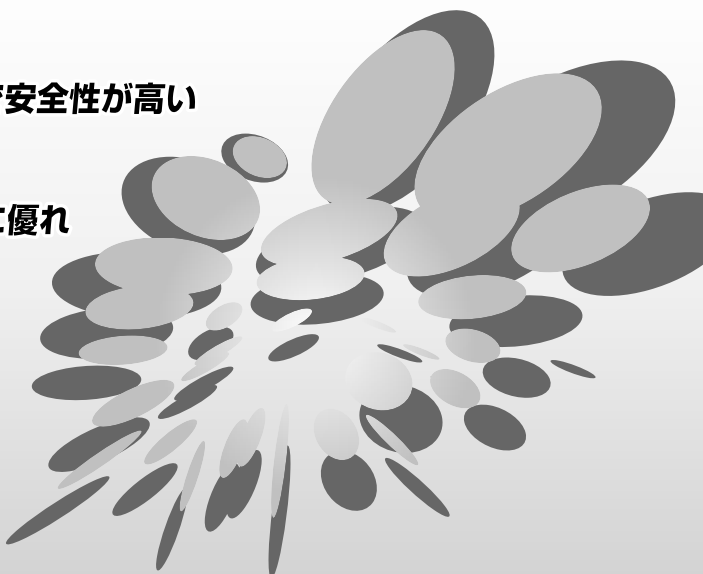
有効成分は普通物・A類で安全性が高い

(クロチアニジン水和剤 30.0%)

**1,000倍使用で希釈性に優れ
使いやすい**

(水ベースの液剤タイプ)

低薬量で優れた殺虫効果と
後食防止効果を示し、
松枯れを防止します。



製 造：住友化学株式会社

販 売：サンケイ化学株式会社 住化グリーン株式会社

計画散布で雑草 竹類・ササ類を適切に防除しましょう!

作物名/
すぎ・ひのき
適用場所・使用目的/
林地 放置竹林
適用雑草名/
竹類



《竹類・ササ類なら》

クレートS (粒剤)

農林水産省 第11912号

《開墾地・地ごしらえなら》

クレートSL (水溶剤)

農林水産省 第12991号

※すぎ、ひのき、まつ、ぶなの
地ごしらえ、又は下刈りの雑草防除
でも使えます。

製造



株式会社 **エッセーバイオテック**

〒103-0004 東京都中央区東日本橋1丁目1番5号

販売



丸善薬品産業株式会社

〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町2丁目9番12号

TEL: 03-3256-5561 FAX: 03-3256-5570

松くい虫防除／地上散布・空中散布・無人ヘリ散布剤

エコワン3 フロアブル

【普通物】〈チアクロプリド 3.0%〉

- ◆低薬量で高い効果が長期間持続します。
- ◆不快な臭いがありません。
- ◆自動車塗装にも影響がありません。



松くい虫防除／樹幹注入剤

ショットワン・ツリー 液剤

【普通物】〈エマメクテン安息香酸塩 2.0%〉

マツガード

【普通物】〈ミルベメクテン 2.0%〉

- ◆防除効果が長期間持続します。
- ◆基本注入量が60mlと少ないため、作業性に優れています。



緑化樹害虫防除／樹幹注入剤

アトラック 液剤

【普通物】〈チアメキサム 4.0%〉

- ◆ケムシ等の害虫を駆除することができます。
- ◆薬剤が飛散する心配がなく、公園や住宅地でも安心して使用できます。



※「普通物」とは、毒物及び劇物取締法に規定している毒物にも劇物にも該当しないものを指している通称。

井筒屋化学産業株式会社

〒860-0072 熊本県熊本市西区花園1丁目11番30号
TEL (096)352-8121 FAX (096)353-5083

多目的使用(空中散布・地上散布)が出来る

スミバイン[®] 乳剤

樹幹注入剤 **グリーンガード[®]・エイト**
メガトップ 液剤

伐倒木用くん蒸処理剤

キルパー40[®]

マツノマダラカミキリ誘引剤

マダラコール

頼れる松枯れ防止用散布剤

モリエート[®]SC

スギノアカネトラカミキリ誘引剤

アカネコール



サンケイ化学株式会社

<説明書進呈>

本社	〒291-0122	徳島県南条3丁目9	TEL (087)236-6585
東京本社	〒110-0305	東京都中央区上野7丁目6-11 5F	TEL (03)3845-7961
大阪営業所	〒532-0011	大阪市淀川区西成4丁目3-1 新築ビル	TEL (06)8305-5871
九州営業所	〒811-0025	佐賀県鳥栖市神城町甲1152-3	TEL (0942)21-3508

大切な日本の松を守る
松くい虫予防散布薬剤

○ネオニコチノイド系殺虫剤
ヤシマモリエートマイクロカプセル
モリエートSC (クロロファンコロン誘引剤)
マツグリーン液剤 (アセチルシブリン誘引剤)
マツグリーン液剤2
立寄機リン系殺虫剤
ヤシマスミバイン乳剤
スミバインMC

松くい虫駆除剤

パークサイドF、オイル(油剤)
ヤシマNCS(くん蒸剤)

ハチの駆除剤

ハチノックL(巣退治用)
ハチノックS(携帯用)

野生獣類から大切な植栽木を守る

ヤシマレント

住化グリーンの 林業薬剤

緑に学び、緑と共に生きる

わたしたちは、人と自然との調和を
考えながら、より良い緑の環境づく
りを目指しています

樹幹注入剤

○マツノマイセンチュウ
グリーンガードファミリー剤
メガトップ
マツガード
マッケンジー
○ナツ枯れ
ケルスケット

くん蒸用生分解性シート

くん蒸ヤシマ与作シート



住化グリーン株式会社

本社 〒104-0032 東京都中央区八丁堀4丁目5番4号 TEL. 03-3523-8070 FAX. 03-3523-8071

少薬量と殺センチュウ活性で 松をガード。

少薬量の注入で効果を発揮
防除効果が5年間持続



60mlそのまま
自然圧で注入

60ml(ノズルなし)・180ml
加圧容器に移し替え、ガス加圧で注入。

自然圧注入用

移し替え専用

移し替え専用

有効成分のミルベメクチンは微生物由来の天然物で普通物
「有機JAS」(有機農産物の日本農林規格 農林水産省)で使用が認められた成分です

松枯れ防止樹幹注入剤

マツガード®

農林水産省登録 第20403号

○有効成分：ミルベメクチン・・・・・・・・・・・・・・ 2.0%

○60mL×10×8 ○180mL×20×2

○60mL×10×8(ノズルなし移し替え専用) 容量×入数

マツガードは三井化学アグロ(株)の登録商標です。



株式会社 エムシー緑化



三井化学
グループ