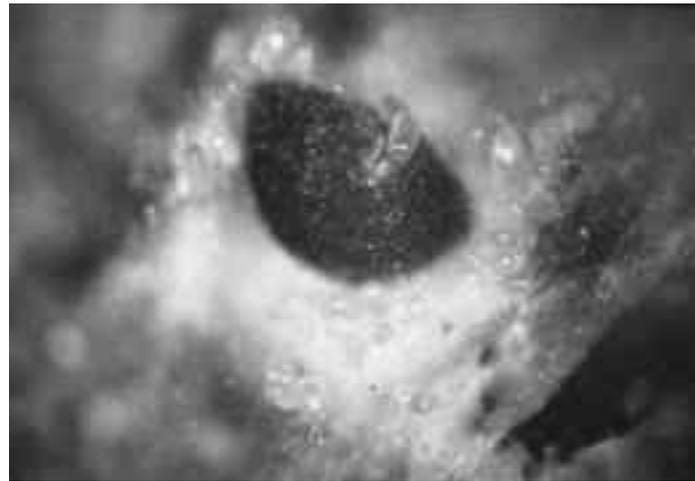


ISSN 0289-5285

# 林業と薬剤

No. 238 12. 2021



一般社団法人

林業薬剤協会

## 目 次

樹木中心の 植物分類雑記 Ⅲ .....	小山 鐵夫	1
マツモグリカイガラ等吸汁性害虫防除のための アセタミプリド剤の樹幹注入試験 .....	千木 容	8
米国に侵入・定着したマイマイガ ( <i>Lymantria dispar dispar</i> ) の 現状と防除 .....	伊藤 賢介	15
外来種のお話 ⑤ トカゲ類 .....	福山 研二	24

### ● 表紙の写真 ●

マツモグリカイガラの成虫(上)とマツモグリカイガラの幼虫(下)

カイガラの中において全く動かない(上)

足があり動き回る(下)

上：石川県白山市にて2014年9月撮影

下：石川県白山市にて2014年5月撮影

—千木 容 氏 撮影—

## 樹木中心の 植物分類雑記 Ⅲ

— 小山 鐵夫\*

### 茎と根

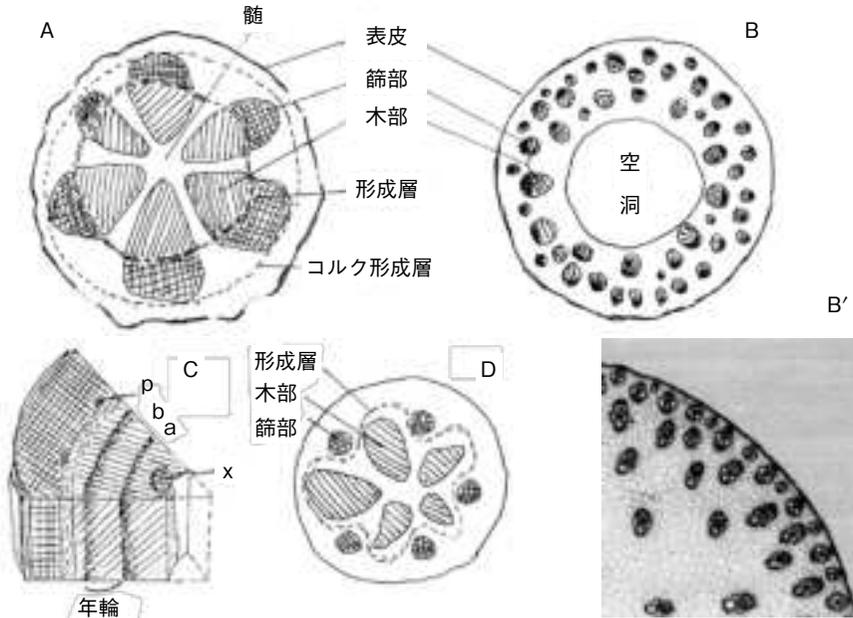
茎と根は花と違って目立たない器官ながら、根は茎など植物の地上部を支え、水や養分を吸収する不可欠な器官である。茎は植物地上部の栄養器官の中心で、葉を着け枝を分かちその上に生殖器官の花を咲かせる。茎が葉を着けたり枝を出す所を「節」、その間を「節間」と言う。裸子植物や他の樹木類の様に長く成長して、二次組織(後述)を発達させ背が高く太くなる茎を「樹幹(みき)」と呼ぶ。裸子植物や大半の被子植物の茎/幹は殆んど中実であるが、竹類、イネ等の様に中空な物もある。こう言うイネ科等の植物の茎を「稈」と言う。稈は全部中空では無く、トウモロコシやカヤツリグサ科の稈の様に中実のケースも多く、一言で定義は出来ない。茎と根には植物の種や群を区別する特徴は花や葉ほど多くは無い。又、木と草はどう区別するのか? については色々な考え方が有るが、私は利用の面も考えに含めて、上記の「幹」と呼べる茎を持ち後述する様に発達した二次木部(一次生長、二次木部については後に説明。)から材を提供する植物を樹木と呼びたい。然しそうすると、躑躅(つつじ)類の様な庭木は如何なの? とする事になり、はっきりした区別は出来ない、と言うのが実情である。視覚上の比較の問題である。

茎や根の寿命は草では一年から木の幹なら200年に及ぶ事も稀で無い(稀に1,000年に及ぶ木もある)。イネ、ダイズ、雑草のスズメノカタビラ等多くの草類の様に春種子から芽が出て、その年

内に一度開花、種子を作って枯れて了う一番弱い茎を持つ「一年生植物」から、年を越して翌年開花結実して枯れる「二年生植物」(例、ホルトノキ)も有り、中でもコムギやナズナ(菜の花)の様に、秋に芽生えて越冬し、翌春開花結実して枯れる草を「越年生草本」と呼ぶ。地上部の葉、茎は一年で枯れても、地下部が何年も生きて、毎年地上に茎や葉を出し開花する草類が「多年生草本」である。ヒガンバナ、オオバコ等多数ある。又、灌木で毎冬枝の上部が枯れ、翌春冬を生き耐えた枝や幹から新梢(新芽)が出るケースを半灌木(マニオット、キダチコミカソソウ他)と言うが正確な境とか形質的な区別ははっきりしない。然し、これは日本等の温帯の話で、熱帯、亜熱帯では蘭類のほぼ全種、他の科の草本も年に一度開花するも、茎葉は何年も生き続ける種類が多い。この現象は、温帯の話して、時々ナス科、ウリ科、トウダイグサ科等私共のセンスで草と云う概念の植物種が暑い所では灌木状になったり(ガム島、サモア等)、私はブラジルのマツグロソ旅行中、キク科、ホシクサ科、更にヒガンバナ科に極めて近いベロジア(Vellosia)属の樹木(前記の半灌木では無い)を見て来た。これらの幹の解剖学を是非行い度い。

図1は手元のノートから描き写した茎の横断面を示す略図である。コロナ禍でハワイの本宅に帰れず、私が大学院生時代に撮った顕微鏡写真がお見せできないのが残念で有る。図1Aは裸子植物と木本双子葉植物の枝先の横断面、図1Bは単子葉類の竹稈の横断面を示す。図1Aの例では中心に髓が有り、その周りに維管束が放射状に並ぶ。こう言う並び方の管束群を縦に見て「真性中心柱」

\* ハワイ桜親善協会理事長



第1図 説明は文中、B'は模式図でなく、ススキの茎の横断面を顕微鏡で見た処(小山図)。

と言う。図では各中心柱は斜め横線で示した導管や導管部繊維主体の木部(導管部)が有る。導管細胞は竹筒の様に筒形で上下のend wallで横に仕切られていて次の導管細胞に続きその仕切りの細胞壁に丸い孔が有って上下に通じて居る。核は消失して死細胞になるが、導管細胞に沿っている絆細胞は核の有る生細胞である。種によってend wallは少しずつ斜めになり、徐々に縦の側壁との境が曖昧になり、繊維細胞に形が似て来る。裸子植物の導管はこの形のもので核も有る「仮道管」である。カヤツリグサ科植物で見た処では、未だ導管と言え導管細胞の斜めのend wallの孔にはcrossbarと言え横の梁が有る。このcrossbarsの数が属等の区分けに関係が有る様に見えたが、NY時代の私には毎週毎月何十何百と言うカヤツリグサ科の標本の同定依頼が世界中から来て、其れに時間を取られ、新種はかなり記載したが、この系統研究の時間がとれない儘で、気が着いたら60歳を過ぎてしまっていた。無念！導管の機能は水等を上に運ぶ事をご承知の通りで有る。更に、導管部の繊維等丈夫な細胞壁を持った細胞

組織で茎の硬さを保って居る。

木部の外側に十字クロス線で示した篩管(フルイ管)部が有り、葉で作った糖質等を地下等の貯蔵組織に下げる働きをして居ることはご存知の通りで有る。木部と篩部は対面に位置するので此の型の維管束を「対立維管束」と言い、種子植物の茎に見る。図1Aの木部と篩部の間に破線で示した一連の細胞の列が有り、「形成層」を示し、これは内側に木部、外側に篩部を造る。形成層は管束の中の「管束内形成層」と維管束の間に有る「管束間形成層」とが有り、お互いに繋がって茎全体に及んで、管束と基本組織の両方を増やして居る(木の幹)。尚、形成層は単子葉植物の維管束には皆無で、草本類では未発達で有る。図1Aの木部の外側に同じく破線で書いた「コルク形成層」が有り、外側表皮の下にコルク層を作るが、此の働きが特に活発な木が地中海地方のコルクガシで良質なコルクを生産する。

図1Bは竹の稈を横切りにした構造を示す。維管束は前例の様に整然と並ばず大小多くの管束が散在する。木部は斜線、篩部は黒塗り以示す。こ

の不規則に並んだ管束群を縦に見て「不整中心柱」と呼ぶ（図1 B'）。此の中には茎頂分裂組織に由来するものと少し後で茎頂側方分裂組織によって加えられた物と両方有り、形成層が無い単子葉植物ではこれ以上維管束は増え無いので、茎は上に伸びても太くはなれず、材の提供は出来無い。

### 二次木部（材）。

茎（幹）の二次成長は植物産業上非常に大切な要素なので簡単に纏めて見る。茎、枝の先端には分裂組織が有り、細胞分裂で先へ伸びる傍ら、その周りに在る基本分裂組織が前形成層と呼ぶ形成層の始まりを造り、それが初期の維管束等を作る。周囲に在る分裂組織から初の表皮等も分化し、葉になるべき組織もこの時期には分化して由、同僚から聞いた。何れにせよ前形成層から初の維管束が生まれる。その構造は基本的に図1 Aの維管束と同じく導管部を内側に篩管部を外側に造る。図1 Aは茎頂点より少し下の成熟した枝／幹を示して居り、維管束は成熟、形成層も発達して上記の様に管束の間にも伸びて、枝全体に亘って木部、篩部を作り、枝／幹は太くなる。これを幹の二次成長と言う。此の二次成長で太い木部が増え材木が採れる。その段階の模式図が図1 Cである。前形成層から出来た最初の維管束は此の段階では枯れて消滅状態になる事が往々見られる（図1 C, px）。それが木の幹の中心に時々見る細い筒形をした孔の部分であるが、単子葉類や草本類には形成層が無いので、この現象は無論無い。以上が茎の大まかな説明である。

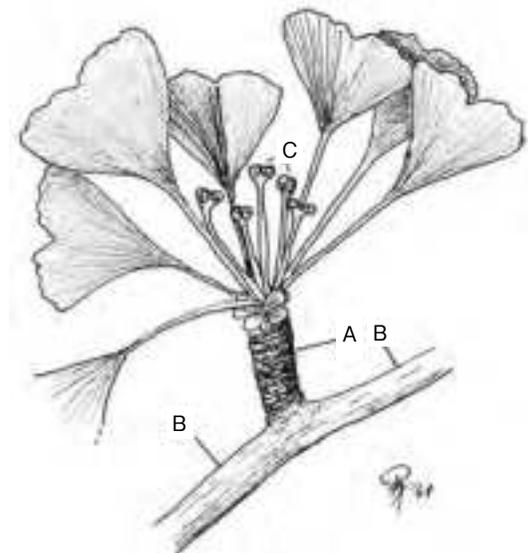
### 年輪。

温帯や亜熱帯北部の様に春夏秋冬の有る所では、季節に依り形成層が組織を作るパターンが違ふ。冬は形成層が殆んど働かず二次木部は殆んど出来なから、茶色っぽい厚くて硬い細胞壁の木部細胞が細かく集まった輪の様な組織を作るが（図1 C, a）、春が来ると薄い細胞壁の大きな細胞が

出来、夏まで続いて色の薄い柔らかな木部が出来る（図1 C, b）。毎年これを繰り返して、年間に作られる材の部分「年輪」が出来る。色が薄く比較的柔らかな春材と色が濃く固めの夏材が交互に出来て年輪となる。熱帯には四季が無いので、木の年輪は不鮮明で有る。乾季と雨季に依り不鮮明な年輪が見える事をブラジルのアマゾン滞在中に経験した。

### 長枝と短枝。

イチヨウの枝を良く見ると、二通りの枝がある。その一つは普通の枝で、枝分かれしながら長く伸びて行く。この長い枝には、その先端部には多くの葉が出ているが、その下の部分にはパラパラと少数の葉が時に見られる程度である。イチヨウの枝の中部以下に出ている葉は、その大半は普通の枝から出て居る非常に短縮した枝（図2, A）に群がって着いて居り、葉の中心に花が有る（図2, C）。イチヨウでは木の幹や枝を伸ばす為の普通の枝と、葉や花を着ける短い枝と二通りの枝がある。前者を「長枝」（図2, B）、後者を「短枝」（図2, A）と呼ぶ。短枝は長さ5～30mm程で、



第2図 イチヨウの短枝 (A) と長枝 (B)。  
Cは雌花。(原図)。

互いに極めて密接した横筋と扁三角形の筋が見える。短枝が則芽であった時囲んでいた苞や前年の葉が落ちた跡である。この事は浦和中学（旧制）の学生の時、植物形態学の本で知り、学校のイチヨウの木を見て成る程と思った。その時描いた図が図2である。イチヨウの短枝には毎年葉と花が群がって着き、年に1-2mm前後の長さで伸びて行く。短枝の維管束構造、特に分裂組織と形成層を細かく観て、長枝のそれと比べたら面白いと思う。

ハワイに導入したオオシマザクラが開花し始めたので、枝の芽を観察すると、少し大きめの頂芽が葉芽で、僅かに小さい側芽が花芽である。日本の成木でも同様であり、開花した時は、散房花序の総花梗上の苞以外の前年秋から花芽を保護して来た苞は脱落して、その下に極めて短い短枝（長さ3mm前後）、が見られる。日本の桜の成木では、イチヨウの如く若し花が翌年も同じ短枝上に着くのであれば、毎年枝一面に花が爛漫に咲く理由の一つかも知れない。こう言う短い側枝状の短枝は、リンゴ属やナシ属等のバラ科の木にも往々見られるが、ツゲ科、タカトウダイ科や尾状花序目の木々に多く見る。イチヨウの様に毎年同じ短枝に、葉が出て花が出るか否か未だ確かめて居ないが、被子植物の短枝は上述の通りである。短枝はイチヨウ以外の裸子植物にも有るとされて居る。マツ科では極めて不鮮明、スギ科では日本のスギ、アメリカのセコイヤ、タイワンスギ等も球果が着いて居る時は、その小枝の葉や苞の形が、長枝上の葉より小型で“短枝先に球果が着く”と書いてある記述も郁子なるかなと思うが、イチヨウの本当の短枝の如く毎年花や葉が出るか出ないかは今は言い難い。

ついでながら花の着く位置をみると、側枝に開花する樹木が最も多数で、次いで、幹（茎）頂に開花する種が多数有り、更にボケやヤナギ属の多くの種の様に花序の中軸に続いた小枝に頂生するケースも多い。例えばヤマヤナギ等が好例と見る

が、ヤナギ属ではヤマヤナギのように、尾状花序が着く小枝に小型の苞葉が有るケースは少なく、多くは、花枝が尾状花序の中軸が花の有る花序部の下に花序を支える総花梗として伸びて居るのが不鮮明な種もあり、更に花序が無柄のケースもある。この始めのケースでは、主たる幹（茎）は其処で止まるので枝（長枝に相当な）が多く出て園頭の樹形になる。後の二通りの様に花を着ける枝が特に短い場合とか、苞しか無い場合には、そう言う短い一～二年性の枝を「花枝」（flowering又はflower-bearing branches）と呼び、上記の様な本当の短枝かどうかを観察する要がある。

上述の主たる枝先に開花して、その下の葉腋にも花を着ける身直な例はツバキ、サザンカ、ナナカマド、シャリンバイ、アジサイ等多種が有る。これらでは花は茎頂だけで無く、多く出た枝の葉腋にも着く種もあり、木全体は枝の多い園頭の樹形に育つ（第3図D）。

結びに、もう一件着け加えると、ブナ目、クルミ目等の主として落葉樹では花序は特化した枝で無く、春に伸びた新梢から直に出る種が多い（コナラ、クリ、クルミ、イチジク等）。雌雄異花のときには、雄花序が新梢上部に、雌花序が下部に着くのが通例である。こう言う点は既知の事であるがイザと言う時には種の同定に役立つ。

## 根。

次に根についてである。裸子植物と双子葉植物では、種子から出た最初の根は、土中で真っ直ぐ下に伸びる。この根が主根で、長く太くなる。主根から分かれて横方向に根の枝が出る。それを側根と言う。単子葉植物では種子から数本の細い根が束の様に出て、主根と側根の区別はなく、鬚根と言う。この点が裸子・双子葉類と単子葉類の根の外部形態の大きな違いである。

図1Dに双子葉植物の若い根の構造を示す。根では、維管束の木部と篩部は対立せずにそれぞれ独立して、木部の間に篩部が位置する並び方であ

る。裸子植物と双子葉植物では図の破線で示した様に木部と篩部の間を縫った様に形成層が有るが、単子葉植物の根では形成層は無い。

茎と根の維管束の走り方が何処で入れ代わるかは、胚軸と言う所で、芽生えの子葉の茎への付着点の下である。ここから上が茎、下の根に移る迄の短い部分が胚軸で、その元から土中の根に続く。良く見ると茎、子葉、胚軸、其れに根になる部分は種子の中の胚で既に分化して居る。種子の中の胚とは何処かと言うとお米なら、粒の大部分を占める白い所が胚乳で発芽の養分を蓄えて居る。その上隅に附いている小さい薄黄色のゴマ粒の様な物が胚である。カキの種子では胚は種子の中央寄りに有り、胚乳に包まれて居る。所がダイズ等の豆類では、胚乳は見当たらず代わりに子葉になる部分に栄養分が溜まって厚くなり、そこを私共が食べて居る。ドングリヤクリも同様。イネやカキの様に胚乳があってそこに発芽の養分を蓄えて居る種子を「有胚乳種子」、豆類の様に種子の中の子葉になる部分に養分を蓄えていて胚乳が無い種子を「無胚乳種子」と言う。前者では食用部分は胚乳(米、麦等)、後者では枝豆の様に子葉を食べて居る。根について大事な事を一つ。木の根は大きく張って居るが、実際に水等を摂取して居る部分は細い根の先端部から僅か中心に向かった細い所で、そこに根毛と言う単細胞の毛の様な物が生えていて、その根毛を通じて水等必要な物を吸収して居る。この部分は根の末端直ぐ近くに有る大切な部分である。育った根は植物体の維持をしていても、水や養分は摂取して居ない。その根毛の有る根の先の短い部分を草木の植え替えの時、切ってしまうと植え替えた木や草は枯れてしまう。木を植え替える時の根回しは、止む無く切れた根の先を補う為に行い、新しい根を出させ、根毛が生えて居る部分を十分に補う目的である。

### 茎と根の変態。

葉の変態に鱗片、葉針、葉性巻きひげがある事

は前回書いたが、茎や根にも多くの変態が見られる。地上部で茎が変わった茎針や茎性巻き髭については葉の項の終りに述べた。木の根の変態で良く見る例は「気根」である。気根は土の中に張る根で無く、枝から空気中に垂れた沖縄に多いガジュマルの気根が良い例で、同じく沖縄の西表島等のマングローブ林の木の「支柱根」と言う根は幹の下部から何本も出て幹を囲んで下がり先は海中の泥土の中に入って居る。「支柱根」は木を助けるほかに地上に出て居る部分は呼吸を助けるとも言はれている。同じくマングローブ林に生えるハマザクロには水面から真上に突き出た直立根と言う根があり呼吸を助けて居ると言われる。他に、気生蘭が樹上に生えてその気根は呼吸と水等の吸収をして居る事は良く知られて居る。冬でも落葉樹の上で緑のヤドリギは木の枝に寄生し、その寄生根は寄主の木の枝の維管束の中迄入って居て水等を摂取して居る。

茎は地上のみならず地下器官になったケースも多い。地下に発達している茎を地下茎と言うが、その殆んどは草本に見られ、先ず、地下を横に匍匐し、節から根と地上茎を出す「地下茎」が最も普通で有る。ショウガ、ハスはよく知られた例である。モウソウチクは地下に太目で長い根茎を伸ばし、その節から筍が出る。孟宗竹の例の様に多くの根茎では葉が退化した鱗片葉をつけており、茎と相同である事が分明である。ジャガイモは茎に養分が溜まって肥厚したもので、「塊茎」と言い、芋全体にわたり芽が未発達になった跡の小凹みがあり、そこに芽を出すので芋全体にあちこちから芽を出す。他方、サツマイモやダリアは根が肥厚した「塊根」で、根と相同なので、芽は芋の上部から、根は下部から出る処がジャガイモと異なる。クワイは沼地の地下を匍匐した地下茎の先端が丸く肥厚した「球茎」で、上部に葉跡が数本同心円状に有り、根は下方の細まった部分から出る。カヤツリグサ科のシログワイ(オオクログワイ)も球茎の例である。サトイモはどちらだろう

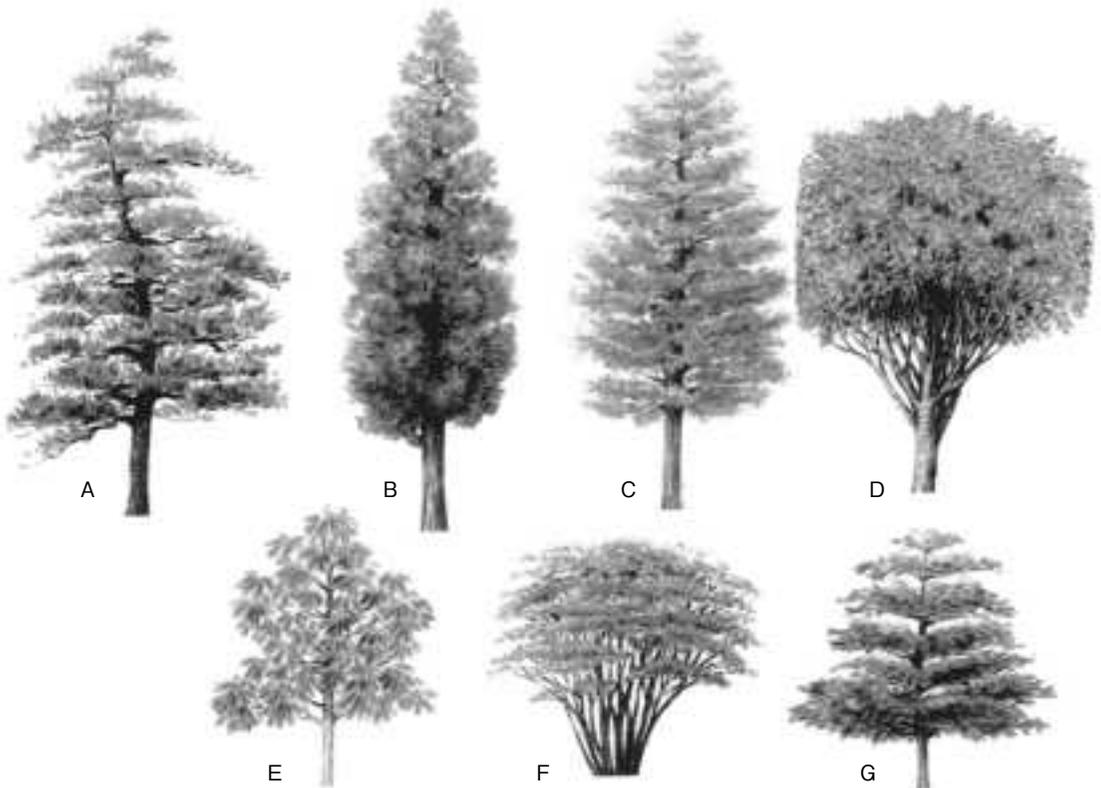
か？ 上方に葉跡の横線が数本あり、芽は少し尖り気味の上端のみから出て、根は下方のみから出るので、茎と相同な塊茎である。色々なヤマノイモ類が有るが、是等では、芽が出る場所も根が出る場所も不定で、茎か根かの判別が難しい。東大の形態研究グループでは是等を「担根体」と呼んでいた。百合根と言われる「鱗茎」は、短縮した茎に何枚もの肥大して葉緑体の無い、分厚い貯蔵組織に成った葉が密生した物で、各鱗片が一枚の葉に当たる。玉ねぎは葉の筒部（葉鞘—長ネギの葉の白い所）が肥厚して重なり会った物で、鱗茎の一種の襲重鱗茎、tunicate bulb）と言う。スイセンやアマリリスの球根も同じである。

**肉芽と珠芽（鱗芽）他。**

ヤマノイモ類の蔓の葉腋に時々見る小さい芋の

様な物が肉芽で地上に落ちれば発芽する。スカシユリやオニユリの葉腋に時に見る珠芽（鱗芽）も、地上に落ちれば芽が伸びて植物体になる。前者は茎の変態と見る方が多い。後者は肉厚で小型の鱗片の集まりなので新梢（shoot）の変態としたい。

茎や根には葉程種同定に関連した形態形質が無いので、上記のように少し乍ら組織学に立ち入った。ここに至って気付いた事は、茎、葉、花等の様な植物体の諸々の器管より更に大きなレベルの「樹型」がある事であった。樹形専門に研究されて居られる方々があり、私が中学生の頃、樹形の書物を読んで、木々を見に行ったものである。米国の国立樹木園の様に、広い敷地にコロナ下の様に密を避け、距離を置いて、樹種を植えれば、木々は悠々と育ち、それらの独自の樹形を十分に反映するが、日本の様に土地に限りがある状況で



第3図 種々な樹型。A. クロマツ, B. スギ, C. ヒノキ, D. ツバキ, E. ホウノキ, F. エゴノキ, G. ミズキ (説明は本文中。小山1983—今井真理子画・小山の写真より。)

は、これは望めず。自然界では、地形に依ったり周囲の樹木やいろいろな物品との関連も有ったりで、米国の様な環境で樹形を観察するのは容易で無いと思う。然し、60年以上も前に、比較的典型と思はれる樹木数種の木全体の写真から、木のみを残し、周囲の物を除いて画家の方（今井真理子さん）に写生して頂き、私も少し修正した古い図が出てきたので、図3としてご覧頂く事にした。それが添付の写生で有る。

植物図鑑、検索表等の記載は器管レベルの記述で樹型は記されていないが、樹型も或るレベル（属とか科？）の群の検定には使用出来ると思う。例へば、図3Aのクロマツと同じ樹型のアカマツは同属、図3Fのエゴノキと同じ樹型は同じエゴノキ科のハクウンボク等科のレベルに共通、又タイワンスギ（*Taiwania* 属）や北米のセコイヤ（*Sequoiadendron*）（写真1）も全体円錐状に枝が出て垂れ下り気味の点で図3Bのスギ（スギ属）



写真1 世界最大の針葉樹セコイヤスギ、幹は太さ5m、高さ100mに及ぶ。米国ヨセミテにて、小山 1982年撮影。

に樹型が科のレベルで似る。この辺りの研究も未だ残された部分と思う。

## 雑談

前回の「葉」については種等の区別に必要な形質について十分に述べた、と思うが、樹木の幹の場合、種を区別する様な形質は余り研究されて居らず、寧ろ組織について多く書いた。私は分類研究者の一人で、4歳の頃から植物の外形と名前に興味を持ち、他の子供達とメンコやベイゴマ遊びもせず一人で、虫眼鏡で庭の草、木を見るのが何より楽しく、ある日、地面にハランの花を見つけて興奮した。花は大体茎の上の方に咲く、と思って居たからだ。11歳頃から幸にして牧野富太郎先生の個人弟子にして頂き、中学生から高校生、大学生時代は大井次三郎先生の個人助手的な生活をした。私はこうして植物分類学に突き進んだ一研究者である。故に、植物の外部形態を学ぶ事は不可欠で有るが、大学生時代に *American Journal of Botany* に連載された Dr. Cheadle の維管束細胞の穿孔の論文に惹かれ、外部形態の完璧な理解一特に系統関係で一には組織解剖が不可欠である事に気付き、幸い亙理俊二先生のご指導に預かる事が出来た。亙理先生の助手であった野津良知先輩とも親友になり、此の事は、米国勤務になって大変助かった。先の Dr. Cheadle を彼の組織 labo. に尋ねた一方、NY 植物園に micromorphology（組織解剖）実験室の建造を命ぜられ、東京に数回出張して、世界に誇る滑走式マイクロームやニコンの最新光学顕微鏡、日立の電子顕微鏡等を調達し、技術助手2人を雇用して、組織レベルの研究を NY 植物園に導入した。

「葉」の項に比べて、分類に役立つ外部形態的な特徴が少ない「茎、幹」の項には組織レベルの形質について長く述べて仕舞った。上記は、前述の理由で、組織形態学専門外の分類研究者が副業として書いた記事としてお読み下されば幸甚である。大きな間違いが無い事を希う。

# マツモグリカイガラ等吸汁性害虫防除のための アセタミプリド剤の樹幹注入試験

千木 容\*

## I. 目的

石川県は、日本海に面する581kmの長い海岸線を有しており、なかでも加賀市から志賀町に広がる砂丘地の海岸マツ林は、強風や飛砂から住民の良好な生活環境を守る上で、重要な役割を果たしているとともに、観光資源としての豊かな里山・里海の景観を形成している。

一方、樹幹注入による病虫害防除技術は、マツノザイセンチュウ侵入増殖防止技術として普及してきている。この方法は薬剤の環境への飛散が無く、環境への影響が少ない技術として定着しつつある。さらに、種類の異なる薬剤を用いて樹木類を対象に食葉害虫や吸汁害虫の防除にも用いられ始めている。マツにおいても、吸汁性の害虫の被害が見られており、樹勢を衰えさせて枯損に至らしめるとともに、マツ材線虫病の誘因にもなり得る可能性がある。特に、マツモグリカイガラ（表紙写真上：成虫、表紙写真下：幼虫）は、成虫が樹皮の内側で生活するため、幼虫期に登録薬剤の散布による防除方法があるが、幼虫の発生時期に数回散布しなければならないので防除は極めて難しい。また、市街地などで高木のマツに薬剤散布することで、薬剤の飛散が問題視されることもある。しかしながら、この被害を放置すれば木を徐々に衰弱させ、数年程度かけて枯死にいたらせる（写真1）。

石川県農林総合センター林業試験場では、マツ材線虫病の樹幹注入技術について、日本海側の地



写真1 マツモグリカイガラ被害木の上部が枯死、下部に枯損が拡大している

域に合致した施工技術として、樹幹注入剤の早期注入時期（千木ら、2020）、労働生産性を考慮した工程調査（千木ら、2016）、適切な施工時期（池田・千木、2013）について検討してきた。本報では、アセタミプリド（商品名マツグリーン液剤2、マツグリーン液剤）を成分とする薬剤を樹幹注入剤として用い、マツモグリカイガラの防除を試みたので報告する。

## II. 研究内容

### 1. マツグリーン液剤2の高濃度注入試験

#### 1) 試験の目的

防除試験に先立って現時点での登録内容では本剤の希釈倍率は50倍、注入量は20~30cm未満のマツの木では1,000~1,200mlとなっているが、マ

\* 石川県農林総合センター林業試験場 SENG I You

ツの場合仮道管組織であることと松脂の発生で、この量の液を注入することが難しいと予想された。また、薬液濃度を高くすると薬害の発生も懸念される。このため、注入する液量を減らすことと、その場合の薬害の発生を確認することを目的に高濃度注入のための薬害確認試験を実施した。

## 2) 試験地と施工日の気象状況

試験地：石川県加賀市上木町地内

### 1 回目

2019年1月15日施工，施工木各5本

天候 くもり時々雪

日降水量 8.5mm

最高気温12.5℃ 最低気温-1.0℃

平均風速2.7m

### 2 回目

2019年2月18日施工，施工木各5本

天候 くもり

日降水量 0.5mm

最高気温12.0℃ 最低気温1.5℃

平均風速1.5m

## 2) 試験方法

- ・マツグリーン液剤2を8%-エチルアルコール（以下8%-EtOH）を溶媒とし、50倍、25倍、10倍、2倍希釈になるように調整した。
- ・薬剤の施用量は、供試木は1本当たり100mlを注入した。

## 2. マツモグリカイガラ被害木の防除試験

### 1) 試験の目的

マツモグリカイガラに被害または被害の可能性のある木について防除試験を行った。さらに、高濃度注入試験では、アセタミプリド2%のマツグリーン液剤2を用いたが、薬害の原因が薬剤中の界面活性剤が原因と考えられることから、界面活性剤混入が少なく抑えられるアセタミプリド20%のマツグリーン液剤も用いた。なお、実施に当たっては、試験木の所有者および管理者からの要

望等を考慮して現地の状況に応じた条件で施工を実施した。

## 2) 試験地および試験木と当日の気象状況および施工方法

### 1 石川県金沢市南塚町地内

- ・胸高の幹周：160~170cm，施工本数2本

2019年1月15日施工

天候 くもり時々雨 日降水量 12mm

最高気温13.1℃ 最低気温1.2℃

平均風速5.6m

- ・薬剤は、アセタミプリド成分量636mgのマツグリーン液剤2を10.6ml、8%-EtOHで50倍希釈になるように調整して注入した。

### 2 石川県鹿島郡中能登町徳前地内

- ・胸高の幹周：30~60cm，施工本数9本

2019年1月29日施工

天候 くもり 日降水量 1.0mm

最高気温5.4℃ 最低気温-0.8℃

平均風速1.2m

- ・供試木アカマツは、被害の大きい9本でアセタミプリド成分量200~400mgのマツグリーン2を8%-EtOHで25倍希釈になるように調整し、木の直径に合う量を10~20ml注入した。

### 3 石川県白山市部入道地内

- ・胸高の幹周：20cm 施工本数1本

2019年1月26日施工

天候 くもり時々雨 日降水量 12mm

最高気温13.1℃ 最低気温1.2℃

平均風速5.6m

- ・被害の著しい木1本で、アセタミプリド成分量400mgのマツグリーン液剤2.0mlを8%-EtOHで50倍希釈になるように調整し、液量100mlを注入した。

### 4 石川県金沢市小立野地内

- ・胸高の幹周：18~76cm

施工本数6本

2019年2月26日施工

天候 晴れ 日降水量 0.0mm

最高気温9.9℃ 最低気温3.4℃

平均風速3.7m

- ・ 供試木は、被害の大きい2本と微害の4本で注入木の大きさに合わせてアセタミプリド成分量400～800mgのマツグリーン2を8%-EtOHで25倍希釈になるように調整して注入した。

5 石川県金沢市木ノ新保地内

- ・ 胸高の幹周：20cm未満 施工本数1本  
20～30cm 施工本数5本

2020年2月20日施工

天候 雨時々くもり

日降水量 4.5mm

最高気温10.3℃ 最低気温3.5℃

平均風速2.6m

- ・ 供試木の幹周20cm未満の1本は、アセタミプリド成分量320mgのマツグリーン液剤1.6mlを16%-EtOHで25倍希釈になるように調整し、液量160mlを注入した。幹周20～30cmの5本は、アセタミプリド成分量400mgでマツグリーン原液2.0mlを16%-EtOHで25倍希釈になるように調整し、液量200mlを注入した。

6 石川県金沢市横川地内

- ・ 胸高の幹周：51～52cm 施工本数2本

2021年2月25日施工

天候 くもり時々晴れ

日降水量 0.0mm

最高気温9.5℃ 最低気温-0.9℃

平均風速2.9m

- ・ 2本ともアセタミプリド成分量1,600mg、マツグリーン原液8.0mlを16%-EtOHで25倍希釈になるように調整し、液量200mlを注入した。

### Ⅲ. 研究結果

#### 1. マツグリーン液剤2の高濃度注入試験(表1)

試験結果を表1に示す。適用に示された希釈倍率の50倍では薬害は見られなかっただけでなく、25倍、10倍でも薬害は見られなかった。薬害が見られたのは、最も高濃度の2倍希釈で発生し下部の葉が黄褐変枯死した(写真2)。変色は、上部の葉には至らず枯損する木はなかった。

#### 2. マツモグリカイガラ被害木の防除試験(表2)

##### 1 金沢市南塚町地内

被害大の木は、木全体の枝にマツモグリカイガラの被害木特有のフラッキングが見られ緑葉が少

表1 マツグリーン液剤2の高濃度注入による薬害の確認

マツグリーン2 の希釈倍率	134日目目の状況	
	薬害なし	薬害あり
50	5	0
25	5	0
10	10	0
2	0	9



写真2 薬害の発生した木  
希釈倍率2倍の濃度で注入した結果下部の葉に変色

表2 マツモグリカイガラ被害木防除試験の注入条件と結果

試験場所	供試木の被害状況	供試木の大きさ 胸高幹周(cm)	アセタミプリド 剤 ※	希釈溶媒	注入した 薬剤量 (ml)	アセタミ プリド剤 の倍率	アセタミプリド 成分の供試量 (mg)	注入方法	注入に要 した時間	注入状況	葉害の 有・無
金沢市南塚町	被害大	160	マツグリーン 液剤2	8%-EtOH	31.8	50	636	自然圧注入	1昼夜	全量注入	無
	被害微	170			31.8		636	自然圧注入	1昼夜	全量注入	無
中能登町徳前地内	被害大	17	マツグリーン 液剤2	8%-EtOH	15.0	25	300	自然圧注入	1昼夜 以内に 注入完了	全量注入	無
	被害大	20			20.0		400	自然圧注入		全量注入	無
	被害大	12			10.0		200	自然圧注入		全量注入	無
	被害大	16			15.0		300	自然圧注入		全量注入	無
	被害大	20			20.0		400	自然圧注入		全量注入	無
	被害大	20			20.0		400	自然圧注入		全量注入	無
	被害大	13			10.0		200	自然圧注入		全量注入	無
	被害大	12			10.0		200	自然圧注入		全量注入	無
白山市部入道地内	被害大	21	マツグリーン 液剤	8%-EtOH	2.0	50	400	自然圧注入	1昼夜	全量注入	無
	被害大	76	マツグリーン 液剤2	8%-EtOH	30.0	25	600	加圧注入	12時間 以内に 注入完了	全量注入	無
被害大	43	40.0			800		加圧注入	全量注入		無	
被害大	23	20.0			400		加圧注入	全量注入		無	
被害微	18	15.0			300		加圧注入	全量注入		無	
被害微	25	20.0			400		加圧注入	全量注入		無	
被害微	25	20.0			400		加圧注入	全量注入		無	
金沢市木ノ新保地内	被害大	24	マツグリーン 液剤	16%-EtOH	2.0	25	400	加圧注入	0.5時間 ～6時間 以内に 注入完了	全量注入	無
	被害小	23			2.0		400	加圧注入		全量注入	無
	被害小	17			1.6		320	加圧注入		全量注入	無
	被害小	18			1.6		320	加圧注入		全量注入	無
	被害小	25			2.0		400	加圧注入		全量注入	無
金沢市横川地内	被害大	52	マツグリーン 液剤	16%-EtOH	8.0	25	1,600	加圧注入	3時間	全量注入	無
	被害微	51	液剤	16%-EtOH	8.0	25	1,600	加圧注入	1時間	全量注入	無

※ マツグリーン液剤(アセタミプリド20%) マツグリーン液剤2(アセタミプリド2%)



写真3 金沢市南塚の施工前  
左のマツだけに被害が目立つ

なくなっている。微害の木は葉量が多く並んで生育しているので対照的である。マツモグリカイガラによる被害の傾向として、被害大のとなりの木がほとんど被害を受けていないケースが見られる(写真3)。被害大のマツは、薬剤注入後は新梢の枯死は見られず、新芽が正常に伸長している。フラッキングが目立っているので(写真4)、この後どのように枝ぶりなどが回復していくか、追跡調査を要する。被害微のマツは、新梢が正常に伸長してほとんど状態の変化は見られない。

2 石川県鹿島郡中能登町徳前地内



写真4 金沢市南塚の被害木の枝  
フラッキングを起こしJの字状に曲がっている  
枯死している枝も見られる

被害木のアカマツは、すべて被害大で一部に枝枯れを起こしているものも見られたが(写真5)、薬剤注入後は新梢の枯死はほとんど見られず、新芽が正常に伸長しているものがほとんどであるが(写真6)、一部の被害が重篤な枝は注入後も枯死に至るものが見られた(写真7)。



写真5 中能登町の被害木  
全体に被害が及んでいる



写真7 中能登町の被害木・一部に枯れ被害の激しい  
個所では回復しているが一部に枯れが残る



写真6 中能登町の被害木の回復  
新芽が成長し枯れ枝が見られない



写真8 白山市部入道の被害木  
全体の半分以上が枯損

### 3 石川県白山市部入道地内

被害木のアカマツは、今回の中で最も被害が大きく複数の箇所では枝枯れを起こしていた(写真8)。薬剤注入後、生存していた新梢の枯死はほとんど見られず、新芽が正常に伸長している。一方、被害の著しい枝は完全に枯死に至り、回復が見られず切除した(写真9)。しかし、その後手入れにより、全体的には樹勢が回復している。

### 4 石川県金沢市小立野地内

被害大のマツは、寺院の松並木の1本でほかのマツに比べ葉枯れが目立っていたが(写真10)、薬剤注入後は新梢の枯死はほとんど見られず、新

芽が正常に伸長して樹勢の回復が見られる。被害微のマツは、新梢が伸長して正常な樹勢を維持している。

### 5 石川県金沢市木ノ新保地内

植栽地は近年人工的に造成された園地で、被害大のアカマツは(写真11)、薬剤注入後は新梢の枯死は見られず、樹冠下部の葉量は少なくなったが、新芽が正常に伸長して樹勢が回復している(写真12)。被害微のマツは、新梢が伸長して正常な樹勢を維持している。



写真9 白山市部入道施工後  
頂部の枝が枯損し樹形が変わったが、造園業者の  
手入れによって庭木として回復が望める



写真11 金沢市木の新保の被害木  
樹冠株の枝に枯損が目立つ



写真10 金沢市小立野の被害木  
観光名所の並木にあるが、葉枯れが目立つ



写真12 金沢市木の新保施工後  
樹冠下部の葉量は少なくなったが、  
新たな枯損はなく回復

希釈溶媒として16%-EtOH をこの試験地では使ったが印象として、8%-EtOH より注入時間が早いように思われた。

#### 6 石川県金沢市横川地内

被害木の被害大のアカマツは(写真13)、薬剤注入後は新梢の枯死は見られず、新芽が正常に伸長して樹勢が回復した。被害微のマツは、新梢が伸長して正常な樹勢を維持している。

今回も16%-EtOH を使ったが、8%-EtOH より注入時間が早いように思われた。



写真13 金沢市横川の被害木  
樹冠全体に葉の枯損

#### IV. 適用

マツグリーン2は、カイガラムシ類の適用農薬であるが、マツ類については施用濃度が50倍のため注入する液量が多いなど施工方法について検討する必要があると考えられた。今回の結果から、マツグリーン液剤2の高濃度注入試験では、2倍希釈にすると薬害が見られ、濃度が高いと薬害が出るのが明らかになった。

マツモグリカイガラ罹病木の防除試験では、50倍希釈と25倍希釈で行ったが、50倍希釈では薬剤

量が多量のため、注入に時間がかかることや注入個所が増加して木に傷をつける箇所が増えることがあり、本試験では薬害が出ていないことから、マツの場合は25倍希釈のほうが使い易く、適当と考えられる。

希釈溶媒については、8%-EtOHと16%-EtOHを供試したが、両方とも、木への影響は認められなかった。注入速度等を考慮してどれくらいの濃度が適当か、今後事例等を増やして検討したい。

薬剤の種類については、アセタミプリドの濃度が高いマツグリーン液剤も供試したが、今のところの結果では両方に違いは見られなかった。したがって、すでに薬剤登録されているマツグリーン液剤2を用いることに問題はないと考えられる。今後も、効果の継続性や適正な施用方法を明らかにし、効率的な使用方法を示したい。

#### 引用文献

- 池田虎三・千木容（2013）日本海側におけるマツ材線虫病防除樹幹注入の適切な施工時期について．石川県林試研報45：23-25.
- 千木容・川崎萌子・松田香奈子・富沢直浩・丸章彦・松浦聖子（2016）マツ樹幹注入剤における労働生産性について．石川県林試研報48：37-38.
- 千木容・丸章彦・伊山公二（2019）酒石酸モランテル剤の早期注入試験について—グリーンガードネオの早期注入—石川県林試研報51：21-22.

# 米国に侵入・定着したマイマイガ (*Lymantria dispar dispar*) の現状と防除

伊藤 賢介\*

## 1. はじめに

現在、米国とカナダに生息しているマイマイガ (*Lymantria dispar dispar*) は約150年前にヨーロッパから持ち込まれた外来侵入種であり、食害面積が数十万 ha を超える規模の大発生を繰り返しながら拡大し続けている。大発生時には幼虫が森林や住宅地で樹木の葉を食べ尽くし、重度の食害が複数年続くと、大量の樹木が枯死する。木材生産や住宅資産価値を低下させるだけでなく、住民の健康にも悪影響を与えるため、防除対策に多額の費用が投じられている。北米におけるマイマイガによる経済的損失額は少なくとも年間32億米ドルと推計されている (Bradshaw et al. 2016)。マイマイガは北米に侵入した食葉性森林害虫の中で最も大きな被害をもたらしており (Aukema et al. 2011)、国際自然保護連合 (IUCN) が定めた「世界の侵略的外来種ワースト100」に選定されている (Global Invasive Species Database 2021)。本稿では、100年以上にわたりマイマイガの研究と対策を進めてきた米国におけるマイマイガの現状と防除を紹介して、我が国における侵入害虫対策の参考に供したい。なお、本稿では扱わないが、マイマイガのアジア亜種 (*L. dispar asiatica* と *L. dispar japonica*) および近縁3種がアジア型マイマイガと総称され、北米への侵入が警戒されている。大西洋岸を主とする各地で侵入が発見されているが、定着には至っていない (USDA APHIS 2016)。

## 2. 生活史

マイマイガは1年1世代で、春先に卵が孵化する (Coleman et al. 2020)。孵化幼虫は上方に這っていき、長い糸を吐いてこれにぶら下がり、風に乗って分散する。この行動はバルーニングと呼ばれ、通常の移動距離は200m 以内だが、風が強ければさらに遠くまで移動する場合がある (Mason & McManus 1981)。幼虫は約2ヶ月摂食して終齢 (雄5齢、雌6齢) になる。初夏に蛹になり、1~2週間後に成虫が羽化して1~7日間活動する。雄成虫は雌が放出する性フェロモン (+)-disparlure に誘引されて交尾する (Beroza & Knipling 1972; Bierl et al. 1970; Inscoc & Plimmer 1981; 丸茂 1977)。ヨーロッパ亜種の雌成虫は翅を持っているが飛翔できない (Keena et al. 2008)。盛夏から晩夏にかけて、雌成虫は蛹化場所近くの木の幹やその他の物体に卵塊を産み付ける。卵塊中には100~1,000個の卵がある。卵の中で幼虫になって越冬する。

## 3. 食樹選好性

マイマイガの幼虫は数百種もの樹木の葉を食べるが、樹種によって幼虫の好みは大きく異なる。マイマイガの食樹選好性は3段階 (susceptible 感受性, resistant 抵抗性, immune 免害性) に区分される (Davidson et al. 1999)。感受性樹種はすべての齢の幼虫が好んで食べる樹種で、北米ではコナラ属が最も好まれ、さらにヤマナラシ属、リンゴ属、ヤナギ属、シナノキ属などのほか、カバノキ属とハンノキ属の一部が感受性である。

\* 森林総合研究所北海道支所

ITO Kensuke

抵抗性樹種（カエデ属、ブナ属、クルミ属など）は若齢幼虫は食べないが老齢の幼虫が食べる樹種で、感受性樹種が食べ尽くされた後に利用されることが多い。免害性樹種（トネリコ属、ユリノキ、アメリカスズカケノキなど）は大発生時でもほとんど食害を受けない。針葉樹のほとんどは免害性だが、ツガ属、マツ属、トウヒ属などは抵抗性で、老齢幼虫に食害される場合がある。また、落葉性の針葉樹（カラマツ属、ラクウショウなど）は感受性だ。食樹選好性の詳細リストは Liebhold et al. (1995) およびマイマイガ防除事業の環境影響評価書 (USDA 2012) の Appendix D. Plant list にある。

#### 4. 侵入と拡大

1850年代にフランスから米国に来てマサチューセッツ州ボストン近郊に住んでいたアマチュア昆虫研究者 Leopold Trouvelot が、ヨーロッパから

マイマイガの卵塊を輸入し、自宅で幼虫を飼育した。この幼虫が1868年または1869年に逃げ出した（卵塊が風で外に飛ばされたという説もある）(Forbush & Fernald 1896; Liebhold et al. 1989)。その約10年後に Trouvelot の自宅周辺でマイマイガが初めて大発生した。この大発生が拡大して被害が大きくなったため、1890年に州当局が根絶活動を開始した。これは世界初の昆虫根絶事業だったが失敗に終わった (Dunlap 1980; Liebhold et al. 1989)。それ以来、マイマイガは北米にじわじわと拡大していった。マイマイガの拡大はバルーニングによる孵化幼虫の短距離分散または人の移動や物資の輸送に伴う卵塊の人為的な長距離運搬のいずれかによる (Biggsby et al. 2011; Sharov & Liebhold 1998)。侵入から約150年が経過した現在では米国20州とカナダ5州に定着しているが (図1), 米国における定着範囲はマイマイガの生息に好適な森林全体の約25%にす

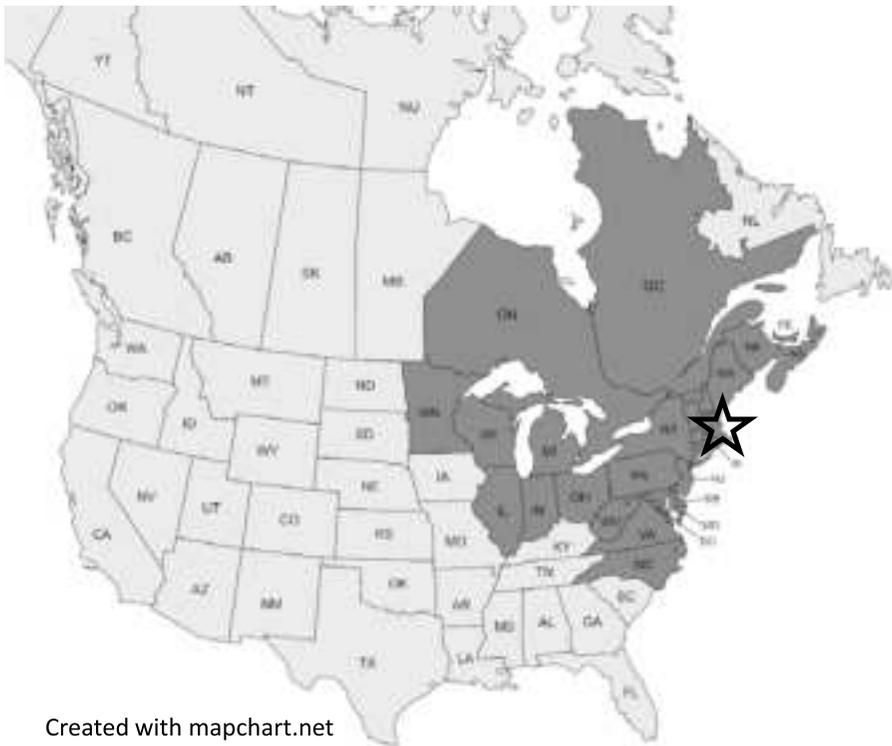


図1 米国とカナダでマイマイガが全域または一部に定着している州（濃色, Canadian Food Inspection Agency 2021に基づき作図）☆：マイマイガが北米に最初に持ち込まれた地域

ぎない (Morin et al. 2005)。他の侵入害虫と比較してマイマイガの拡大速度が非常に遅い理由は、ヨーロッパ亜種の雌成虫は飛翔できず、拡大のほとんどが人間による偶発的な卵塊の移動によって生じていることと、拡大を防ぐ対策(後述)が成功しているためだと考えられている (Liebhold et al. 2021)。

### 5. 大発生

未定着地域に飛び火的に発生したマイマイガ個体群の多くは密度が低くて交尾相手を発見できないためにすぐに消滅するが、一部の個体群は繁殖を続けて定着・増加し、隣接地域に広がっていく (Liebhold & Bascompte 2003; Tobin et al. 2009)。マイマイガの個体数は1年で数桁増加し (Elkinton & Liebhold 1990)、数世代で幼虫密度が100万~1000万匹/ha以上の大発生状態になって樹木の葉を食い尽くす (Campbell 1981)。大発生は1~3年続いた後、マイマイガ核多角体病ウイルスあるいは昆虫疫病菌 *Entomophaga maimaiga* の流行病によって終息する (Hajek 1999)。マイマイガの大発生は森林タイプに応じて8~10年周期または4~5年周期で起こる (Johnson et al. 2006; Haynes et al. 2009a; 図2)。また、大発生は数百kmの範囲で同期して起こる (Peltonen et al. 2002)。マイマイガが広域で同期して周期的に大発生するのは、気象条件(特に降水量)の同期性がマイマイガに対する天敵生物の作用に同期性をもたらすためだと考えられている (Allstadt et al. 2015; Haynes et al. 2009b, 2013)。

原産地のヨーロッパでもマイマイガの大発生は珍しいことではないが、その規模は米国に比べてはるかに小さい。その理由は、マイマイガが好むコナラ属が優占する森林が米国では広大で連続しているのに対し、ヨーロッパでは小面積で孤立化しているうえにコナラ属の優占度が低いことだとされる (McManus & Csóka 2007)。

### 6. 被害

マイマイガの大発生は感受性樹種に大きな被害を与える。コナラ属の木が優占する森林で重度の食害(失業率60%以上)が3年連続すると枯死率が50%に達したという報告がある (Davidson et al. 1999)。マイマイガ大発生後のコナラ属枯死木の多くは、食害によって衰弱したところに干ばつや二次性の病害虫(ナガタマムシの一種 *Agriilus bilineatus* やナラタケ菌 *Armillaria* spp.) によるストレスが加わって大発生の数年後に枯死に至る。常緑の針葉樹は食害に対する耐性が低く、全葉食害を1度受けただけで枯死することが多い (Davidson et al. 1999; Twery 1990)。

マイマイガの大発生に伴う経済的被害として最も大きいのは、庭木の枯死などによる住宅資産価値の低下だ (Aukema et al. 2011; Bigsby et al. 2014)。そのほかに、木材収入の損失や市街地や公園などの枯死木の撤去/植え替え費用などがある。また、大量の幼虫が道路や住宅の壁を這い回ったり、被害木から大量の虫糞が落下したりして、住民に激しい不快感やストレスを与えるだけでなく、1齢幼虫の毒針毛が呼吸器疾患や皮膚炎などの健康被害を引き起こす場合がある (Bigsby et al. 2014; 住民の健康被害や生態系への影響についてはUSDA (2012) の Appendix L. Gypsy moth risk assessment に詳しい)。したがって一

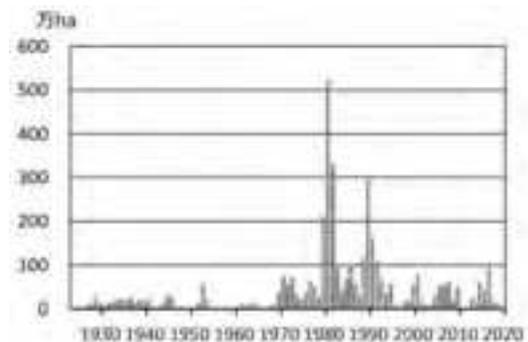


図2 米国における1924~2019年のマイマイガ食害面積 (USDA Forest Service 2021に基づき作図)

般市民のマイマイガ防除に対する要求は非常に強く、これに対応するために米国政府は毎年数百万ドルを支出して防除事業（後述）を実施している（Coleman et al. 2020）。

## 7. 天 敵

1889年にマイマイガが外来昆虫であることが判明し、また初期の根絶事業が失敗に終わったことから、1900年代初頭以来、米国農務省（USDA）はマイマイガの生物的防除事業を強力に推進し、さまざまな天敵生物をヨーロッパやアジアから導入してきた（Fuester et al. 2014；Weseloh 2003）。しかし、導入された天敵のうち定着に成功したものはわずかで、マイマイガに対する影響も小さい（Blackburn & Hajek 2018）。なお、1975～82年には米国農業研究事業団（USDA Agricultural Research Service）が当時の林業試験場北海道支場（札幌市）に Asian Parasite Laboratory を置き、研究者を派遣して日本や韓国などで天敵の探索に当たったが、米国への導入には至らなかった（Calkins 1983；Fuester et al. 2014）。現在、米国のマイマイガ個体群で最も重要な死亡要因となっているのは、意図的ではなく偶然に持ち込まれた2種の病原体、マイマイガ核多角体病ウイルス（以下、マイマイガウイルス）と昆虫疫病菌 *Entomophaga maimaiga* であり、どちらも大発生を終息させることができる。

マイマイガウイルスはマイマイガに特異的な病原体で（Barber et al. 1993）、1900年代初頭から北米に存在している（Blackburn & Hajek 2018；Solter & Hajek 2009）。このウイルスはヨーロッパから捕食寄生者を導入したときに一緒に持ち込まれたと考えられている。マイマイガウイルスは、葉面や卵塊上に存在するウイルス包埋体の幼虫が摂食することで感染する。幼虫体内でウイルスが増殖して細胞を破裂させて幼虫を殺す。死亡幼虫は逆V字形になって樹幹に付着していることが多い。死亡幼虫の表皮が破れると包埋体が

放出され、これを未感染幼虫が摂取することで感染が拡大して流行病となりマイマイガの大発生を終息させる。ただし、このウイルス病は高密度のマイマイガ個体群でしか流行しない。マイマイガウイルスを製剤した Gypchek が生物農薬として空中散布されている（Reardon et al. 2016）。Gypchek の製造には、ウイルス感染幼虫を大量に飼育する必要があるため、費用と時間がかかる。Gypchek は、供給量が限られているので、希少鱗翅目の生息地など環境配慮が必要な場所だけで使われている。

*Entomophaga maimaiga* はマイマイガにほぼ特異的な病原菌で、1989年に突然、米国北東部で大量の幼虫死亡を引き起こした（Blackburn & Hajek 2018）。その後、この菌はマイマイガ定着地域全体に急速に広がった。この菌がいつどうやって米国に持ち込まれたのかは不明だ。1910～11年と1985～86年に日本から導入された菌に感染した幼虫が放飼されたが、このときの菌は定着しなかったと考えられている（Solter & Hajek 2009）。現在北米に定着している菌は1971年以降に日本から偶然に持ち込まれたものと考えられている（Nielsen et al. 2005；Weseloh 1998）。*E. maimaiga* は2種類の胞子を形成する；休眠胞子は土壌中で越冬して10年以上生存する大型の胞子で、発芽して分生子を形成する；分生子は風に飛ばされて分散する小型で短命の感染性胞子だ（Hajek et al. 2018）。分生子が幼虫に接触すると体内に侵入して、菌が幼虫の体を食べて成長する。感染幼虫は数日で死亡し、分生子と休眠胞子が形成される。死亡幼虫は体が萎んで頭を下向きにしている。1シーズンに4～9サイクルの感染が発生する。*E. maimaiga* はマイマイガウイルスとは異なり、マイマイガが高密度でも低密度でも流行して高い死亡率をもたらしており、大発生が始まるのを防ぐことができる。また、大発生してしまった個体群を終息させるうえでも既にマイマイガウイルスよりも重要な死亡要因となってい

る (Hajek et al. 2015)。1989年以降は米国北東部全域でマイマイガが以前ほど増えなくなっており、これは *E. maimaiga* の影響だと考えられている (Pasguarella et al. 2018 ; Weseloh 2003)。マイマイガが未定着で *E. maimaiga* もまだ発生していない地域では、この菌の導入が試みられている。休眠胞子を大量生産することができないため、米国内の定着地域で流行病発生時に休眠胞子を大量に含む土壌や幼虫死体を収集して配布するという方法で実施されている (Hajek et al. 2021)。

北米在来の天敵のうち、幼虫と蛹を捕食する小型哺乳類、特にシロアシネズミ (*Peromyscus leucopus*) が低密度のマイマイガ個体群における最も重要な死亡要因となっている。シロアシネズミの個体数変動は、冬季の主要な食料であるコナラ属堅果 (ドングリ) の豊凶に同期しており、マイマイガが大発生に向かって増加を始める引き金になっていると考えられている (Haynes et al. 2009b ; Liebhold et al. 2000)。

## 8. 防 除

米国農務省が現在実施しているマイマイガ防除事業 (所管は森林局と動植物検疫局が分担) では、マイマイガの生息状況に基づいて国内を3地域に区分し、それぞれに応じた防除戦略を採用している (Tobin et al. 2012 ; USDA 2019 ; 図3)。

- (1) 定着地域：検疫 / 駆除
- (2) 未定着地域：監視 / 根絶
- (3) 移行部 (防護帯) : Slow the Spread (拡大遅延)

それぞれについて以下で説明する。

### 8 (1) 定着地域：検疫 / 駆除

人為によるマイマイガの拡大を防ぐために、マイマイガ定着地域は検疫対象地域に指定されている。この地域から移動規制物品 (薪材、丸太、苗木、クリスマスツリー、屋外家庭用品、車両、トレーラーハウスなど) を域外に移動する際には、



図3 米国農務省のマイマイガ防除事業における地域別の防除戦略 (Tobin et al. 2007を改変)

検査を受けてマイマイガの卵塊などが混入していないという認証を取得する必要がある (Biggsby et al. 2011)。

また、この地域では、卵塊密度や食害状況に基づいて樹木被害や住民被害が予想される場合、幼虫密度を低下させて被害を軽減するために殺虫剤による駆除が実施される。最も多く使用される殺虫剤はBT剤 (土壌細菌 *Bacillus thuringiensis kurstaki* HD-1の製剤) であるが (Reardon et al. 1994 ; Solter & Hajek 2009)、幼虫に異常脱皮を起こさせる昆虫成長制御剤テブフェノジドも使われる (USDA Forest Service 2021)。BT剤は殺虫効果が高く鱗翅目以外の生物には影響が少ないが、かつて1950年代にマイマイガ防除のために大規模なDDT散布が実施されたとき (Carson 1962)と同様に、BT剤散布に対しても一般市民の反対がある (Hajek & Tobin 2009)。希少鱗翅目の生息地ではウイルス製剤のGypchekが使われる。

### 8 (2) 未定着地域：監視 / 根絶

マイマイガ未定着地域では、毎年10万基以上のフェロモントラップを系統的に配置してマイマイガの飛び火的な侵入を監視している。トラップは侵入リスクに応じて配置され、リスクが高い住宅地では隔年で0.4基 / km<sup>2</sup>、リスクが低い森林地

帯では4年ごとに0.1基/km<sup>2</sup>で配置される (Liebhold et al. 2021)。トラップに成虫が捕獲されると、翌年から2年間、その周囲に追加トラップを高密度の格子状に配置してマイマイガの繁殖の有無と生息範囲を調べる (Tobin et al. 2012)。繁殖が確認されれば、これを根絶するために主に交信攪乱法またはBT剤散布が実施される。その後、根絶を確認するためのトラップ調査を行い、2年連続して成虫が捕獲されなければ根絶成功を宣言し、そうでない場合は交信攪乱法またはBT剤散布を追加実施する。

交信攪乱法は、合成フェロモンを封入したディスプレイを散布して生息地をフェロモンで飽和させることにより、雄成虫による雌成虫の発見を妨害して繁殖できないようにする防除法だ。この方法はマイマイガ個体数が少ないときに最も有効なので、孤立した低密度個体群の根絶に適している (Thorpe et al. 2006)。監視用のトラップには (+) -disparlure が使われるが、交信攪乱には大量のフェロモンを広域散布する必要があるので安価なラセミ体の (±) -disparlure が使われている (USDA (2012) の Appendix H. Disparlure risk assessment)。

### 8 (3) 防護帯：Slow the Spread (拡大遅延)

定着地域と未定着地域との幅100 kmの移行部を防護帯として、マイマイガの拡大を遅らせることを目的とする Slow the Spread (STS) 事業を実施している (Tobin et al. 2007, 2012)。毎年約6万基のフェロモントラップを数km間隔で格子状に配置してマイマイガの発生を監視している。新たな個体群が発見された場合には、その個体群の定着・増加がマイマイガ拡大をどの程度早めるかに応じて駆除の優先順位が決められる；一般に、個体数密度が高く定着地域から離れている個体群ほど拡大速度を早めるので、最優先の駆除対象となる。対象個体群に対して、翌年にトラップを高密度 (0.5~1 km 間隔) に配置して生息範囲と個体数密度を詳しく調べる。その翌年に、主

に交信攪乱法 (BT剤併用を含む) によって駆除するが、マイマイガ密度が高い場合 (トラップ当たり100匹以上の捕獲) はBT剤散布が実施されることが多い (Liebhold et al. 2021)。根絶に至らなかった場合は当該地域を検疫対象地域に編入することが検討される。1966~90年のマイマイガ定着地域の拡大速度は約21km/年だったが (Liebhold et al. 1992)、2000年に開始されたSTS事業によって4 km/年に遅らせることができたと言われる (Tobin et al. 2012)。

## 9. おわりに

2021年7月、アメリカ昆虫学会 (Entomological Society of America, ESA) は「gypsy」という言葉が人種差別的表現であるとして、この単語を含む昆虫の一般名をESAが定めている一般名リストから削除した、と発表した (Entomological Society of America 2021)。ESAでは新たな一般名を検討するとのことだが、ESAの雑誌や大会などでは「gypsy moth」という名称は使えなくなったので、文献検索や論文投稿の際には注意する必要がある。また、ESA以外の学会や公的機関、出版社などもESAの決定に準拠する可能性があるため、同様の注意が必要だ。

## 引用文献

- Allstadt A et al (2015) Temporal variation in the synchrony of weather and its consequences for spatiotemporal population dynamics. *Ecology* 96: 2935-46
- Aukema J et al (2011) Economic impacts of non-native forest insects in the continental United States. *PLoS One* 6: e24587
- Barber K et al (1993) Specificity testing of the nuclear polyhedrosis virus of the gypsy moth, *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae). *Can Entomol* 125: 1055-66
- Beroza M, Knipling E (1972) Gypsy moth control with the sex attractant pheromone. *Science* 177: 19-27

- Bierl B et al (1970) Potent sex attractant of the gypsy moth: its isolation, identification and synthesis. *Science* 170: 87-89
- Bigsby K et al (2011) Anthropogenic drivers of gypsy moth spread. *Biol Invasions* 13: 2077-90
- Bigsby K et al (2014) The cost of gypsy moth sex in the city. *Urban For Urban Green* 13: 459-68
- Blackburn L, Hajek A (2018) Gypsy moth larval necropsy guide. USDA For Serv, Gen Tech Rep NRS-179
- Bradshaw C et al (2016) Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects. *Nat Commun* 7: 12986
- Calkins C (1983) Research on exotic pests. In: Wilson C, Graham C (eds) *Exotic plant pests and North American agriculture*. Academic Press, 321-59
- Campbell R (1981) Population dynamics, Historical review. In: Doane C, McManus M (eds) *The gypsy moth: research toward integrated pest management*. USDA For Serv, Tech Bull 1584: 65-86
- Canadian Food Inspection Agency (2021) List of LDD moth (*Lymantria dispar dispar*) infested areas of Canada and the United States. <https://inspection.canada.ca/plant-health/plant-pests-invasive-species/directives/forest-products/d-98-09/appendix-1/eng/1343832991660/1343834043533> (2021-08-17アクセス)
- Carson R (1962) *Silent spring*. Houghton Mifflin Co, USA
- Coleman T et al (2020) Gypsy moth. USDA For Serv, Forest Insect and Disease Leaflet 162
- Davidson C et al (1999) Tree mortality following defoliation by the European gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) in the United States: a review. *Forest Sci* 45: 74-84
- Dunlap T (1980) The gypsy moth: a study in science and public policy. *J For Hist* 24:116-26
- Elkinton J, Liebhold A (1990) Population dynamics of gypsy moth in North America. *Ann Rev Entomol* 35: 571-96
- Entomological Society of America (2021) Entomological Society of America discontinues use of gypsy moth, ant names. <https://www.entsoc.org/entomological-society-america-discontinues-use-gypsy-moth-ant-names> (2021-08-17アクセス)
- Forbush E, Fernald C (1896) *The gypsy moth, Porthetria dispar* (Linn.). Wright and Potter, Boston, USA
- Fuester R et al (2014) Gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) (Lepidoptera: Erebidiae: Lymantriinae). In: Van Driesche R, Reardon R (eds) *The use of classical biological control to preserve forests in North America*. USDA For Serv, FHTET-2013-2: 49-82
- Global Invasive Species Database (2021) 100 of the world's worst invasive alien species. [http://www.iucngisd.org/gisd/100\\_worst.php](http://www.iucngisd.org/gisd/100_worst.php) (2021-08-16アクセス)
- Hajek A (1999) Pathology and epizootiology of *Entomophaga maimaiga* infections in forest lepidoptera. *Microbiol Mol Biol Rev* 63: 814-35
- Hajek A, Tobin P (2009) North American eradications of Asian and European gypsy moth. In: Hajek A et al (eds) *Use of microbes for control and eradication of invasive arthropods*. Springer, 71-89
- Hajek A et al (2015) Replacement of a dominant viral pathogen by a fungal pathogen does not alter the synchronous collapse of a forest insect outbreak. *Oecologia* 177: 785-97
- Hajek A et al (2018) Sleeping beauties: horizontal transmission via resting spores of species in the entomophthoromycotina. *Insects* 9, 102. doi: 10.3390/insects9030102
- Hajek A et al (2021) Inoculative releases and natural spread of the fungal pathogen *Entomophaga maimaiga* (Entomophthorales: Entomophthoraceae) into U.S. populations of gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Erebidiae). *Environ Entomol* 50: 1007-15
- Haynes K et al (2009a) Spatial analysis of harmonic oscillation of gypsy moth outbreak intensity. *Oecologia* 159: 249-56
- Haynes K et al (2009b) Spatial synchrony propagates through a forest food web via consumer-re-

- source interactions. *Ecology* 90: 2974-83
- Haynes K et al (2013) Geographical variation in the spatial synchrony of a forest-defoliating insect: isolation of environmental and spatial drivers. *Proc R Soc B* 280: 20122373
- Inscoc M, Plimmer J (1981) Chemistry of isolation, identification, and synthesis. In: Doane C, McManus M (eds) *The gypsy moth: research toward integrated pest management*. USDA For Serv, Tech Bull 1584: 533-36
- Johnson D et al (2006) Geographic variation in the periodicity of gypsy moth outbreaks. *Ecography* 29: 367-74
- Keena M et al (2008) World distribution of female flight and genetic variation in *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). *Environ Entomol* 37: 636-49
- Liebold A, Bascombe J (2003) The Allee effect, stochastic dynamics and the eradication of alien species. *Ecol Lett* 6: 133-40
- Liebold A et al (1989) Learning from the legacy of Leopold Trouvelot. *Bull Entomol Soc Am* 35: 20-22
- Liebold A et al (1992) Gypsy moth invasion in North America: a quantitative analysis. *J Biogeogr* 19: 513-20
- Liebold A et al (1995) Suitability of North American tree species to the gypsy moth: a summary of field and laboratory tests. USDA For Serv, Gen Tech Rep NE-211
- Liebold A et al (2000) What causes outbreaks of the gypsy moth in North America? *Popul Ecol* 42: 257-66
- Liebold A et al (2021) Area-wide management of invading gypsy moth (*Lymantria dispar*) populations in the USA. In: Hendrichs J et al (eds) *Area-wide integrated pest management: development and field application*. CRC Press, 551-60
- 丸茂晋吾 (1977) 昆虫活性と絶対配位. *化学と生物* 15: 548-58
- Mason C, McManus M (1981) Larval dispersal of the gypsy moth. In: Doane C, McManus M (eds) *The gypsy moth: research toward integrated pest management*. USDA For Serv, Tech Bull 1584: 161-202
- McManus M, Csóka G (2007) History and impact of the gypsy moth in North America and comparison to the recent outbreaks in Europe. *Acta Silv Lign Hung* 3: 47-64
- Morin R et al (2005) Mapping host-species abundance of three major exotic forest pests. USDA For Serv, Res Pap NE-726
- Nielsen C et al (2005) Genetic diversity in the gypsy moth fungal pathogen *Entomophaga maimaiga* from founder populations in North America and source populations in Asia. *Mycol Res* 109: 941-50
- Pasguarella V et al (2018) Extensive gypsy moth defoliation in Southern New England characterized using Landsat satellite observations. *Biol Invasions* 20: 3047-53
- Peltonen M et al (2002) Spatial synchrony in forest insect outbreaks: roles of regional stochasticity and dispersal. *Ecology* 83: 3120-29
- Reardon R et al (1994) *Bacillus thuringiensis* for managing gypsy moth: a review. USDA For Serv, FHM-NC-01-94
- Reardon R et al (2016) Gypchek: bioinsecticide for gypsy moth control in forested ecosystems and urban communities. USDA For Serv, FHTET-2012-01 2nd ed
- Sharov A, Liebold A (1998) Model of slowing the spread of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) with a barrier zone. *Ecol Appl* 8: 1170-79
- Solter L, Hajek A (2009) Control of gypsy moth, *Lymantria dispar*, in North America since 1878. In: Hajek A et al (eds) *Use of microbes for control and eradication of invasive arthropods*. Springer, 181-212
- Tobin P et al (2007) Slow the Spread: a national program to manage the gypsy moth. USDA For Serv, Gen Tech Rep NRS-6
- Tobin P et al (2009) The role of Allee effects in gypsy moth (*Lymantria dispar* (L.)) invasions. *Popul Ecol* 51: 373-84
- Tobin P et al (2012) The ecology, geopolitics, and economics of managing *Lymantria dispar* in the United States. *Int J Pest Manag* 53:195-210
- Thorpe K et al (2006) A review of the use of mating

- disruption to manage gypsy moth, *Lymantria dispar* (L.). USDA For Serv, FHTET-2006-13
- Twery M (1990) Effects of defoliation by gypsy moth. In: Gottschalk K et al (eds) USDA gypsy moth research review. USDA For Serv, Gen Tech Rep NE-146: 27-39
- USDA (2012) Gypsy moth management in the United States: a cooperative approach, final supplemental environmental impact statement, Vol 1-4. USDA For Serv and APHIS, NA-MB-01-12
- USDA (2019) Gypsy moth program manual (2nd ed). USDA
- USDA APHIS (2016) Pest alert - Asian gypsy moth. APHIS 81-35-027
- USDA Forest Service (2021) *Lymantria dispar* digest. <https://apps.fs.usda.gov/nicportal/lldigest/cfm/dsp/dsplldigesthome.cfm> (2021-09-29アクセス)
- Weseloh R (1998) Possibility for recent origin of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) fungal pathogen *Entomophaga maimaiga* (Zygomycetes: Entomophthorales) in North America. *Environ Entomol* 27: 171-77
- Weseloh R (2003) People and the gypsy moth: a story of human interactions with an invasive species. *Am Entomol* 49: 180-90



## 外来種のお話

### ⑤ トカゲ類

福山 研二\*

#### はじめに

前は、外来種の爬虫類として、カメとヘビを取り上げた。今回はトカゲ類をとりあげよう。

爬虫類は、哺乳類に比べ、多様な体の色素持っている。これは、爬虫類が、中生代に大活躍し陸上の覇者であり、昼間堂々と活躍していたことによると言われている。それにひきかえ、我々哺乳類は、実に地味である。派手なシマウマ、キリン、トラやヒョウでも、青や赤や緑といった色彩を持ったものはいない。これは、我々哺乳類がたどってきた長い日陰の道のせいなのである。

なにしろ、恐竜が跋扈していた、中生代を中心に、10億年余りの間、哺乳類の祖先たちは、恐竜に怯えながら、夜の闇にまぎれ、藪の中や土の中をこそこそと歩き回っていたのである。そのため、派手な色彩は、命に関わるわけだし、目を使うより、鋭敏な耳や鼻に頼っていたに違いない。

そのため、多様な色を生み出す機能を失ってしまったり、あるいは開発しなかったのである。

じっさい、現在の哺乳動物は、色素としては、メラニンしか作ることができない。そのため、白から、黄色、茶色、黒までのメラニン色素の濃さで色を作っているに過ぎない。せいぜい、シマウマやスカンクのように、白と黒を縞模様にすることで目立たせているのが関の山である。

もっとも、色彩で売っている鳥たちでも、色素を作ることはそれほどできず、ほとんどは羽毛の微細構造により様々な色彩を生み出しているもの

が多い。それが証拠に、カナリアなどは、赤い色素を持つ餌を食べさせないと、羽毛の発色が悪くなる。フラミンゴの鮮やかな赤い羽の色も、餌となる赤い藻類から色素を得ているのであり、自分で作り出すことはできない。

爬虫類は哺乳類と違って、皮膚に鱗という構造体を発達進化させた。そして、その鱗に微細な構造を作ることにより鮮やかな色を作り出すことにも成功した。

そのため、美しい色彩の爬虫類が多く、観賞用のペットとして取引されることになる。

トカゲも地味なものもあるが、グリーンイグアナやカメレオンのように派手な色彩を保ちその体色を変化させることができるものまでいる。

肉食のものも多いが、植物食のものもいてペットとしても、飼いやすい。

#### 1) グリーンイグアナ

中でも、グリーンイグアナなどは、植物食であり、色も綺麗なため、結構人気がある。

グリーンイグアナは、学名が、*Iguana iguana* といい、まさにイグアナ中のイグアナということになる。

体長は、尻尾も含めると90cmから130cmほど最大210cmにもなる。想像を超える巨大さである。ペットとして輸入されるのは当然幼体が多いため、小さくて可愛いのだが、1メートル余りにも成長すると大抵の人は持て余してしまう。しかも、やっかいなことに10から15年もの寿命を持っている。長生きするんだからいいんじゃないかと思われるかもしれないが、体が巨大化する上、長

\*自然環境研究センター客員研究員 FUKUYAMA Kenji



図1 グリーンイグアナ

生きをし、さらにオスなどは、凶暴化することもあるため、ペットとして飼育するにはそれなりの覚悟と条件と環境が必要となることを忘れてはいけない。120cmの大型水槽でも、すぐに狭くなってしまふ。

原産地は、中米から南米北部であり、基本的に熱帯から亜熱帯気候に生息可能である。ほとんどを樹上で過ごし、植物の花や果実、葉などを食べ、時には、昆虫類を食べることもある。その意味では、森の生き物と言っても良いであろう。

色彩は、鮮やかな緑から、緑褐色と変化に富み、繁殖期になるとオスの胸が赤みを帯びる。鼓膜の下のところに、巨大な丸い鱗があり、ヘッドフォンをしているように見える。背中には、頭部の後ろから尻尾までに、結構長いトゲ状の鱗がならんでいる。

世界的に見ると、現在は、北米のフロリダ半島やハワイ島で野生化し、外来種となっている。

国内では、石垣島の北部で野生化している集団があり定着している。

メスは、9から70個ほどの卵を土の中の巣穴に産み、2～3ヶ月で孵化し、7～8cmの幼体が出てくる。幼体のうちは、群れて行動するようである。後述のグリーンアノールに比べると増殖力はそれほどではないものの、いったん増加しだすとやっかいかもしれない。

我が国では、気候の関係から、本州以北ではそれほど問題にはならないだろう。しかし、沖縄本

島や小笠原などに侵入定着した場合には、在来固有植物への影響や農作物被害、場合によっては、野外で出会った場合に、尾で叩かれて怪我をする場合などが考えられる。

フロリダやハワイの場合は、観葉植物が食害されたり、生垣や果物が食べられたり、土手に穴を開けられてくずれてしまうような被害も報告されている。

我が国では、重点対策外来種に指定されており、甚大な被害が予想されるため対策の必要性が高いとされている。

後述のグリーンアノールに比べると、被害も対策も比較的やりやすい種類であるが、くどいようだが、ペットとして飼育する場合は、最後まで面倒を見る覚悟と条件を整えるべきである。

原産地では、このイグアナを革製品に加工したり、食用にしたりしているそうであり、今後の対策として、飼育が難しくなったイグアナを引き取り、革製品や食肉として加工するようなシステムを導入するというのも一案かもしれない。

## 2) グリーンアノール

実は、外来種問題としては、前述のグリーンイグアナに比べるとはるかに深刻なのが、このグリーンアノールである。

本種は、アメリカ南東部原産のトカゲで、学名は、*Anolis carolinensis* といい、頭胴長5～7cm、尾も入れた長さは、12～15cmとイグアナに比べてかなり小型であり、日本に生息しているトカゲやカナヘビとそれほど違わない。

この何気ないトカゲが、なぜ問題かということ、大陸から遠くはなれた海洋島である父島などに侵入したためである。

小笠原諸島は、日本のガラパゴスともいわれ、大陸と陸続きにならなかったことがないため、多くの固有生物が生息している。こうした離島の固有生物は、強力な捕食天敵などがいないところで進化してきたため、外来生の捕食者に対する抵抗力が極

めて低く、影響を受けやすいと言われている。

グリーンアノールについても、当初は、それほどの影響が出るとは思われず、小笠原にしか生息しない、オガサワラシジミなどが急速に姿を消したのも他の原因と思われていた。しかし、調査の結果、グリーンアノールによる捕食が、小笠原の昆虫類、特に昼間活動するトンボやチョウなどに大きな影響を与えていることが明らかとなった。

グリーンアノールは、体色が明るい緑色であるが、アマガエルのように環境に合わせて短時間で体色をこげ茶色など変えることができることから、アメリカカメレオンの異名を持つ。

日本のトカゲやカナヘビに比べて、頭や口が大きく、特にオスは、大きな頭部とともに、顎の下に喉袋という膨らみがあり、鮮やかな赤色に発色する。色が鮮やかであるため、ペットとして飼わ



図2 グリーンアノール（オガサワラシジミをねらっている）



図3 グリーンアノールのオスの喉袋

れることもあり、小笠原には、ペットとして持ち込まれた可能性も高いが、ちょっとした隙間にもぐりこむ性質があるため、旅行の荷物や貨物にまぎれて侵入した可能性も高い。実際、東京の本郷にある東京大学農学部構内で外来種問題の講演に訪れていたOさんが、短時間植え込みの近くに置いておいたサブザックにトカゲが潜り込み、講演直前に教室内で逃げ出すという、絵に描いたような侵入事件が起きたことから十分に頷けることである。

本種は、足の指に吸盤の役割をする指下板というヒダのようなものが発達しており、樹木に簡単に登ったり、葉の上に潜んだりすることが上手である。特に、花のそばに潜んで、花に訪れる昆虫を捕食する技を持っている。そのため、チョウ、ハナバチ、カミキリなど花を訪れる昆虫が特に狙われる上、樹上で潜んで、セミやタマムシ、挙げ句の果てはあの素早いトンボまで食べ尽くしてしまうという事態が生じた。

実際、グリーンアノールが侵入してしまった、小笠原の父島と母島では、トンボやハナバチが激減し、61種にも昇る昆虫類が、アノールの影響を受けているといわれている。最初、父島で発見され、その後父島と母島では、広く分布するようになり、兄島南部と沖縄本島南部、座間味島の一部に侵入定着している。

父島と兄島は、人も多く住んでおり、面積も大きいことから、根絶はかなり難しいため、周辺の島に侵入拡大しないように注意していた。特に、父島から500mしか離れていない兄島は、あまり人手が入っておらず、自然環境も良いことから、厳しく管理をしていたが、2013年に兄島でも発見されてしまった。

そこで、環境省は、グリーンアノールの対策事業を開始し、粘着トラップによる捕獲を行うとともに、未侵入地域との間をフェンスによって隔離するという方法がとられた。

ちなみに、木登りが得意な、グリーンアノール

に有効なフェンスというのは、フェンスの上端に20cmほどのポリプロピレンの張り出しを作って、いわゆる忍び返しのようにしたもので、かなり有効であることがわかっている。ただし、周辺に高い植物や樹木の張り出しがあると、それを伝って移動してしまうため、フェンスの周辺を伐採する必要があり、かなり大変な作業である。

沖縄でも、南部に侵入しているため、北部ヤンバルへの侵入を防ぐため、フェンスを設置することが検討されている。粘着トラップというのは、グリーンアノールがよく木に登るという性質を利用して、木の幹に、ゴキブリ捕獲器のような粘着捕獲器を巻きつけるという方法である。グリーンアノールは、木に登るという性質とともに、ゴキブリのように隙間に潜り込んで隠れるという性質を持っており、かなり効率的に、粘着剤で捕獲できることがわかっている。

2019年7月末までで5万個のトラップを設置して、6万個体以上のグリーンアノールを捕獲することに成功している。一個のトラップで一個体以上とったということである。

ただし、このトラップも島じゅうを一斉に実施することは難しいため、前述のフェンスで区画を作り、その中をトラップで根絶し、それを逐次広げていくという方法が考えられている。とはいえ、兄島は、人手が入っていないため道もあまりなく、地形が急峻であるため、トラップの設置と回収には多大な労力を要する。そのため、薬剤による捕殺法の開発も進められつつある。

グリーンアノールは、春から夏にかけて、2週間に1度程度卵を1つ産み続けるため、増殖能力が高く、小笠原ではヘクタールあたり1000匹以上の高密度になっている。

こうした、侵入外来生物は、体の大きさが小さくなるほど根絶は難しくなる。イグアナに比べて、アノールトカゲは、相当困難が予想されるのである。当然のことだが、特定外来生物に指定されているほか、その影響が深刻であることから、

緊急対策外来種として、環境省が対策事業を行っている。

グリーンアノールの同類のアノールトカゲ類は、380種もいる爬虫類で最大派閥であり、共通の特徴として、足指に吸盤の役割をする指下板を持つことと、成熟したオスでは、折りたたみ可能な、喉袋(デユラップ)があることである。このど袋は、生活に必要とは思えないので、オスがメスにアピールするためのものであろう。その証拠には、グリーンアノールの体色に映えるような鮮やかな赤い模様を持っている。そのため、ペットとして飼われることも多いようで、世界中に拡散する要因ともなっている。

アノール類の中の、ブラウンアノールも特定外来生物として指定され、警戒されている。幸い日本にはまだ侵入定着していないが、ハワイやグアム島、台湾の一部に侵入定着しており、今後我が国の島嶼部においては警戒を要する。大きさや姿形は、グリーンアノールによく似ているが、体色が茶色であることから容易に区別できる。

その他、アノール類としては、*Anolis allogus*, *A. alutaceus*, *A. angusticeps*, *A. equestris*, *A. garmani*, *A. homokechis*の6種類が特定外来生物として指定されており、警戒されている。

### 3) ヒョウモントカゲモドキ

あまり聞かない名前だと思うが、同じトカゲモドキの仲間は、沖縄にクロイワトカゲモドキ(*Goniurosaurus kuroiwa*)が生息し、島ごとに固有亜種にわかれているほか、複数のトカゲモドキ類が生息している。

ヒョウモンという名前の通り、ヒョウのようなまだらの体色をしており、英名では、レパードゲッコと呼ばれている。原産地は、イラン、アフガニスタン、パキスタンなど乾燥地域。20~25cmほどと大きさが手ごろで飼いやすく、色彩も派手でまばたきをして愛らしいことから、ペットとして人気が高い。流通量が多いため、野外に

逃げ出したり、放された場合の影響が懸念されている。幸い、我が国ではまだ定着はしていないが、野外に逃げ出しているのが発見されることもあり、注意が必要である。

ヤモリのように夜行性であるが、指に指下板を持たないため、壁登りや木登りは得意ではない。もっぱら、地上を歩いて、ワラジムシや昆虫などを食べている。

そのため、グリーンアノールほどの生態系への影響はないと思われるが、クリプトスポリジウム原虫という病原体を持っていることがあり、我が国の爬虫類への感染の可能性が懸念されている。

また、前述のように、南西諸島には、固有のトカゲモドキ類が生息し島ごとに亜種や種に分かれているため、仮にこれらの場所に侵入定着した場合は、生息場所を独占されて、絶滅も懸念される。



図4 ヒョウモントカゲモドキ

#### 4) スウィンホーキノボリトカゲ

これもあまり耳になじみがないと思うが、台湾原産のトカゲで、うなじにたてがみ状の棘を持つ。大きさは、25~28cmで日本のキノボリトカゲに似ているが、のどに橙色の部分がなく、かわりにオスののどには白い斑紋があることなどから区別できる。

2010年に、静岡県磐田市で定着が確認されたのち、宮崎県日向市、神奈川県厚木市でも定着していることが分かった。台湾にかなり広く分布しており寒さにもある程度耐えることから、我が国でも侵入するとかかなり北の方でも定着する可能性がある。現在、特定外来生物に指定され、捕獲を行っている。恐竜は絶滅したといえ、爬虫類恐るべしである。

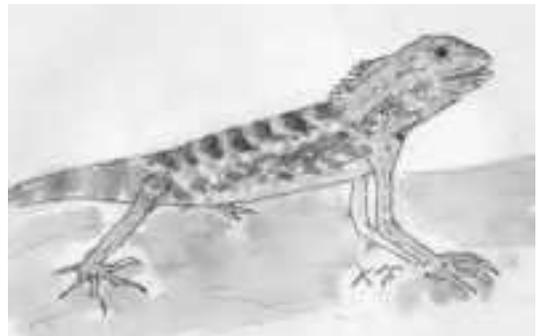


図5 スウィンホーキノボリトカゲ

禁 転 載

林業と薬剤 Forestry Chemicals (Ringyou to Yakuzai)

令和3年12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 : <https://www.rinyakukyo.com/>

印刷／株式会社 スキルプリネット

定価 550 円

## すぐれた効果

豊富なデータの裏付けで  
薬剤持続期間7年を実現。

## 高い安全性

人体および水産動植物への  
高い安全性。

## 充実の フォローアップ

薬剤濃度検査  
サービスの実施。

## 培った技術力

蓄積したノウハウで最適な  
アドバイスを行います。

## 信頼のブランド

1982年の発売以来、  
永きにわたり、全国の松を  
守っております。

松枯れ防止樹幹注入剤

# グリーンガード®・NEO

農林水産省登録 第22023号

マツノマダラカミキリの  
後食防止剤

## マツグリーン®液剤

農林水産省登録第20330号

普通物

## マツグリーン®液剤2

農林水産省登録第20838号

- 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。
- 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

## トップジンM® ペースト

農林水産省登録第13411号

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

www.ns-green.com

樹木・花き類をニホンジカの食害から守ります。

有効成分  
全卵粉末  
80%

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

- 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樹木類、花き類・観葉植物に使用できます。
- ④は保土谷アグロテック株式会社の登録商標です。

■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10~50mℓ
花き類・観葉植物			100~300ℓ/10a
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・ヒノキや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  
**DDI 大同商事株式会社**  
本社 千105-0013 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二丁目4番1号

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!

孔をあける ▶ 1ml(8~10cm間隔)、または 2ml(15cm間隔)を注入 ▶ 直後に 穴をふさぐ

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

《好評発売中!!》

## 改訂第4版 緑化木の病虫害 — 見分け方と防除薬剤 —

定価1350円（消費税込み，送料別）

一般社団法人林業薬剤協会 病虫害等防除薬剤調査普及研究会 編

- A5版ハンディタイプ，専門家から一般愛好家までのニーズに対応，使いやすさ抜群
- 緑化木の病虫害について網羅，その見分け方と防除方法，最新の使用可能薬剤を掲載
- 試験場等の専門家，樹木医，公園緑化担当者等からの要望に応え改訂刊行
- 発刊 平成27年10月1日
- 購入申し込みはFAXまたは電子メールで一般社団法人林業薬剤協会まで  
（詳細はHPをご覧ください。URL：<https://www.rinyakukyo.com/>）

FAX 03-3851-5332 (TEL 03-3851-5331)

E-mail：rinyakukyo@wing.ocn.ne.jp

マツノマダラカミキリの後食防止剤

# 殺虫剤 **モリエート<sup>®</sup>sc**

農林水産省登録 第21267号

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。

**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)



製 造：住友化学株式会社

販 売：サンケイ化学株式会社 レインボー薬品株式会社

# 計画散布で雑草、竹類・ササ類を適切に防除しましょう!



題名  
放置竹林から里山を守る!

## 信頼のブランド

《竹類・ササ類なら》

### コロートS (粒剤)

農林水産省登録 第11912号

《開墾地・地ごしらえなら》

### コロートSL (水溶剤)

農林水産省登録 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 **イスディー・イス バイオテック**  
〒103-0004 東京都中央区東日本橋1-1-5 COI東日本橋ビル  
TEL.03(5825)5522 FAX.03(5825)5501

〈販売〉



**丸善薬品産業株式会社**

SINCE 1895  
東京 東京都千代田区鍛冶町2-9-12(神田徳力ビル) ☎03-3256-5561  
大阪 大阪府中央区道修町2-4-7 ☎06-6206-5531  
福岡 福岡市博多区奈良屋町1-4-18 ☎92-281-6650  
札幌 札幌市中央区大通西8-2-38(ストーク大通ビル) ☎11-581-9024  
仙台 仙台市青葉区大町1-1-8(第3青葉ビル) ☎022-222-2790  
名古屋 名古屋市中区丸の内1-5-28(伊藤忠丸の内ビル) ☎52-209-5661

## 松くい虫防除薬剤 / 地上散布・空中散布・無人航空機散布・駆除

### エコワン<sup>®</sup>3フロアアル

【有効成分：チアクロプリド3.0%】

®: エコワンは井筒屋化学産業㈱の登録商標です。

- ◆低薬量で高い効果が長期間持続します。
- ◆不快臭・刺激臭がないので、薬剤調製時や散布時に作業者や周辺住民に不快感を与えません。

## 松くい虫防除薬剤 / 樹幹注入

### ショットワン・ツリー<sup>®</sup> 液剤

【有効成分：エマメクテン安息香酸塩2.0%】

®: ショットワン・ツリーはシンジェンタジャパン㈱の登録商標です。

### エースグリーン<sup>®</sup>

【有効成分：酒石酸モランテル20.0%】

®: エースグリーンは井筒屋化学産業㈱の登録商標です。

### マツガード<sup>®</sup>

【有効成分：ミルバメクテン2.0%】

®: マツガードは三井化学アグロ㈱の登録商標です。

- ◆確実な防除効果が長期間持続します。
- ◆有効成分は、強力な殺センチュウ活性を有しています。
- ◆確実な防除効果が長期間持続します。
- ◆有効成分は、動物医薬(動物用駆虫剤)やマツノザイセンチュウ防除剤として長年の実績があります。
- ◆確実な防除効果が長期間持続します。
- ◆土壌放線菌から分離された有効成分を有し、環境にもやさしいです。

## 緑化樹害虫防除薬剤 / 樹幹注入

### アトラック<sup>®</sup> 液剤

【有効成分：チアメキサム4.0%】

®: アトラックはシンジェンタジャパン㈱の登録商標です。

- ◆薬剤が速やかに葉まで分散し、葉を食害するケムシ等に対して内側から高い殺虫効果を発揮します。
- ◆薬剤の飛散がなく、散布が難しい場所でも安心して使用できます。



**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

樹幹注入剤(殺虫剤)

# ウッドスター

ナラ枯れ防止用樹幹注入剤

# ウッドキング DASH

伐倒木・枯損木用くん蒸処理剤

# キルパー40

- ・ケムシ・吸汁性害虫・クビアカツヤカミキリ幼虫に効果
- ・小径孔での注入で樹木への負担が小さい
- ・公園、街路樹でも安全に処理が可能

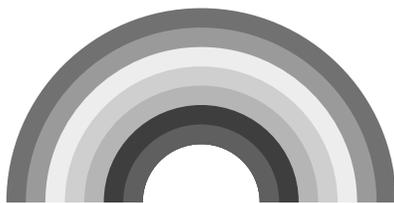
- ・ナラ枯れに対して高い予防効果
- ・2年間の残効
- ・微量の注入で省労力

- ・ガスが拡散し材内部まで消毒
- ・ナラ枯れ・松くい虫・クビアカツヤカミキリの防除に
- ・切株処理でザイセンチュウの根系感染防止

## サンケイ化学株式会社

本社	〒891-0122	鹿児島市南榮2丁目9	(099)268-7588
東京本社	〒110-0005	東京都台東区上野7-6-11 第1下谷ビル3F	(03)3845-7951
東京営業部	〒366-0032	埼玉県深谷市幡羅町1丁目13-1	(048)551-2122
大阪営業所	〒532-0011	大阪市淀川区西中島2丁目14-6新大阪第2ビル	(06)6305-5871
九州北部営業所	〒841-0025	佐賀県鳥栖市曾根崎町1154-3	(0942)81-3808

# 効率的な緑地管理に!



家庭園芸薬品、ゴルフ場・森林関連薬剤はレインボー薬品へご相談ください。



SCC GROUP  
住友化学 アグログループ



緑地管理の未来をひらく

レインボー薬品株式会社

東京都台東区上野1-19-10

☎ 03(6740)7777 FAX 03(6740)7000

# 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6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<sup>\*</sup>  
「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

※「毒物および劇物取締法」(厚生労働省)に基づく、特定毒物、毒物、劇物の指定を受けない物質を示す。

松枯れ防止樹幹注入剤

# マツガード<sup>®</sup>

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