

ISSN 0289-5285

林業と薬剤

No. 173 9. 2005

社団法人 林業薬剤協会



目 次

マツ類の主な病害虫

3. 根の病害(1) 青森県下に発生したアカマツのならたけ病……………兼平 文憲 1

野性の動物は今や貴重品 現場で知る鳥獣の行政を……………高野 肇 7

昆虫の自然免疫を担う抗菌ペプチド

—生物界に広く保存されているディフェンシン—……………山内 英男 13

エンジュ街路樹などに多発するがんしゅ病(さび病)……………陳野 好之 19

● 表紙の写真 ●

クロマツ多芽病

芽状てんぐ巣病とも呼ばれる。春に新芽が伸長、分化して叢生する。病巢は1～2年後に枯死、脱落する。原因は不明で、庭木などに見られる

—陳野好之氏提供—

マツ類の主な病害虫

3. 根の病害

(1) 青森県下に発生したアカマツのならたけ病

兼平 文憲*

1. はじめに

青森県内でサモダシ、カックイ、ボリボリと呼ばれているナラタケ(広義)は、食べておいしく収穫期間も長いことなどから食用キノコの代表として広く県民に親しまれているが、このキノコが広葉樹やカラマツ、スギ、アカマツ等の林木の根や根株を侵し、衰弱・枯死に至らしめる重要な樹木病原菌であることを知る県民は多くはない。このことは、以下に述べるならたけ病被害地域において、造林や保育を行った作業員に聞き取り調査を行った際に、作業合間の休憩時間に大量のナラタケが収穫でき、楽しい現場であったと語っていたことから容易に推察できる。

こうした中、近年の自然食ブーム等により、ナラタケ(広義)の人工栽培技術の開発を要望する声が強くなるが、人工栽培に使用した培地の不適切な処理等が感染源となり、大きな森林被害の発生が危惧される。

本文ではナラタケの病原菌としての危険性に対し注意を喚起する目的を含めて、昭和40年～60年代に青森県内で激しい被害となった、ならたけ病の発生事例を紹介する。

2. 被害地域の概要と発生環境

被害地域は、青森県下北半島の付け根に位置する上北郡野辺地町の市街地から、北東に約12km離れた、同郡東北町千歳地区を中心とした沢筋に、

一部スギが植えられたアカマツとクロマツの造林地であり、被害面積は総造林面積1,073haの約56%にあたる605haとなっている(図-1)。

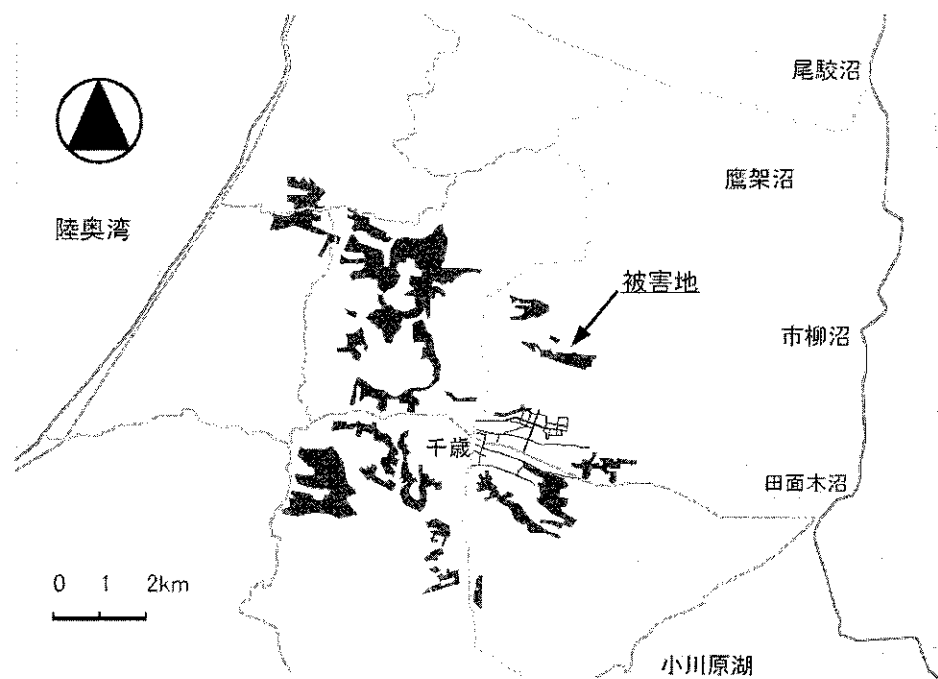
被害地域の地形は、標高20～100mに発達する厚い火山灰におおわれた数段の洪積台地と、台地を刻むほぼ東西方向の数本の開析谷が埋積されてきた谷底平野群とから成り立っている。

地域の大部分を占める台地の土壌は大半が黒ボク土で均質、粘土質である。台地を刻む谷筋には、褐色低地土が分布している。

この地域の気象は北部太平洋地域に所属し、気温は低く、積雪量、積雪日数も多い。平年気温は9.3℃、降水量は年間1,443mmで、9月に極大がある。6月～7月には偏東風(ヤマセ)の影響を強く受けるため、気温が低く、日照時間が少なく、霧の多い日が続くため、陽光を好むアカマツの生育に不利な条件となっている。

これまでの報告によると、ならたけ病の発生しやすい場所は、山腹の凹地や傾斜の中だるみになった台地等の土壌中の水分が多い所、融雪期あるいは梅雨期などに一時的停滞水が発生しやすい所、年間を通し過湿な低部の周辺等の他、逆に尾根筋から少し下がった斜面の上部や斜面の中腹でも凸地形になった乾燥しやすい箇所、春おそくまで土壌凍結が見られる所などが指摘されている(伊藤, 1974)。写真-1は、激害を受け殆ど造林木が枯死した西斜面の上部から水田を挟み、対岸の南～東斜面の被害状況を写したものである。画面手前の台地の肩～斜面上部の乾燥が激しい部分と、対岸の斜面下部や斜面中部の中だるみの部分(再造

* 青森県農林総合研究センター林業試験場
KANEHIRA Fuminori



図一 被害地域位置図

林のため被害木除去とササの刈払いが行われ、白くなっている。)等過湿に成りやすい部分で被害が大きいこと等、上述の発生環境とよく符合している。

3. 被害林分の履歴

被害林分を含むこの地域一帯は、終戦まで軍馬補充区として使用されてきたが、戦後まもなく入植、開拓され、平坦な台地は牧草地に、また斜面に残る広葉樹は、ブナ、ミズナラ等の大径材を伐採した後、薪炭林として取り扱われてきた。被害林分は昭和38年～44年に、当時樹齢14～15年のこれら広葉樹を伐採して造成されたもので、調査時点での被害林齢は18～24年である。

針葉樹の幼齢造林地に発生するならたけ病は、前生樹が広葉樹であったところに新たに植栽した場合に発生が多いといわれていることから (Hagle & Shaw, 1991)、本被害地も、薪炭林として利用されてきた広葉樹の伐根に、元々この地に生息していたナラタケ属菌がはびこり、それが1次感染源となり、その後の気象条件の悪化等の強いストレスを受けたアカマツ造林木に感染を繰り返し、被害が拡大されたものと推定される (兼平, 1988)。

なお、ならたけ病の被害はカラマツでは造林後3年頃から発生し始め、遅くとも10年以内には終息に向かうのが普通といわれているが (小野, 1970)、この被害地のアカマツでは20年前後と長い間被害が発生し続けているのが特徴的である。恐らく枯死した造林木が2次、3次感染源となって被害を長びかせていたものと思われる。

4. 病徴・標徴 (病原菌と被害進行の様子)

日本のならたけ病の病原菌は従来、*Armillaria mellea* 1種として扱われてきており、その病徴としては、根および幹の基部が侵され、病樹は春いったん芽を出して葉を開くが、6月ごろから初秋の間に、針葉のほとんど全部が徐々に、あるいは急激に一樣に黄色になり、ついで褐色に変じて枯死すること。病樹が枯死したあとでも、針葉は直ちに脱落することなく、長期間付着していることなどが挙げられている。次に標徴としては、病樹の幹の基部を剥皮すると白色膜状の菌糸層 (扇状菌糸) が形成されていることが多く、これはきのこのこの芳香を放つ。根および根株、時としては地上数十 cm の幹にまで、褐色～黒褐色、細ひも状あるいは針金状の根状菌糸束がからみつく。発病



写真一 アカマツならたけ病の被害地遠景



写真二 アカマツ枯死木の伐根に発生したオニナラタケ子実体

地の土壌内にも根状菌糸束が縦横に蔓延しているのが普通である。病樹の幹基部および根に、秋季病原菌の子実体（キノコ）が形成されること等が挙げられている（伊藤，1974）。

本被害地の病原菌についての上述の病・標徴から、当初ナラタケ（*Armillaria mellea*）であると報告したが、その後、被害規模の大きさや菌糸膜が厚く地際から1 m以上の高さまで伸張することに注目した寺下らによりオニナラタケ（*Armillaria ostoyae*）であることが報告された（寺下・坂口，1991）（写真一2）。また、鈴木・松下・福田が本被害地内で子実体の発生状況を詳しく調査した結果、その子実体の発生量の多い順に *A. ostoyae*, *A. gallica*, *A. mellea* の3種のナラタケ属菌が分布していることを報告した。まず、*A. gallica* の子実体は地上から発生したものが最も多く、次いでカシワ、クリ、ウワミズザクラの伐根や腐朽材から発生したものが多く、生立木への発生は無かったこと、*A. mellea* の病原性は弱く、主に広葉樹の腐朽材を分解して生育しているものと推察された。*A. ostoyae* は、アカマツ、クロマツ、スギ、カシワ、ヤマナラシ、ヤマウルシ、

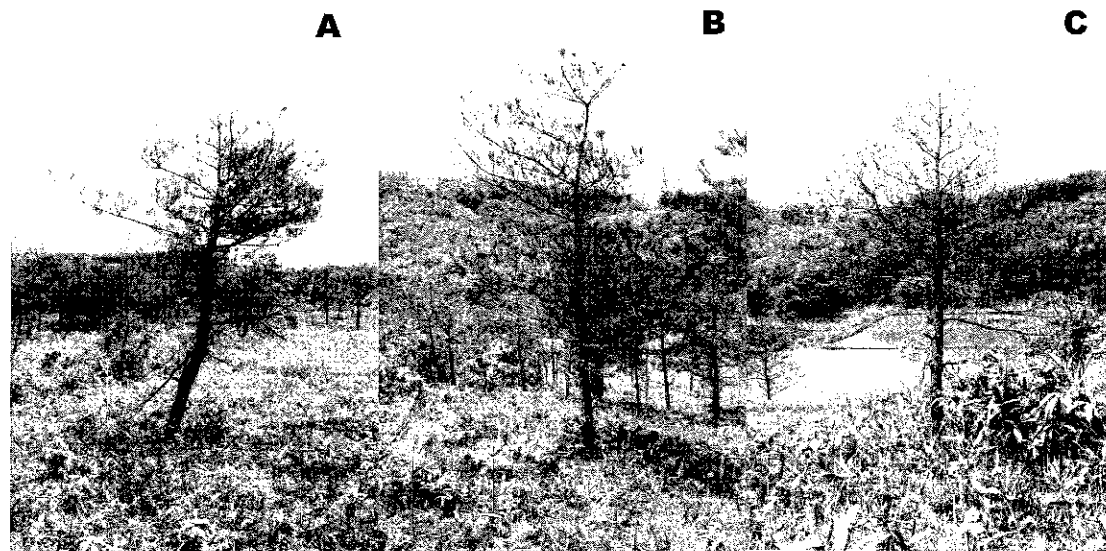
ツタウルシ、*Prunus sp* など多くの樹種に子実体が発生していたことから、寄主範囲が広く、しかもアカマツ、スギなどの針葉樹に対する病原性が強く、本被害地の主要な病原菌であると推察されたことを報告している（鈴木，1996）。

なお、現在ではならたけ病の病原菌であるナラタケ属菌は、我が国では11種の生物学的種の集まりであること（太田，2002）。また、ナラタケの寄主範囲は甚だ広く、わが国では22科33属59種に及んでいることが報告されている（鈴木，1996）。

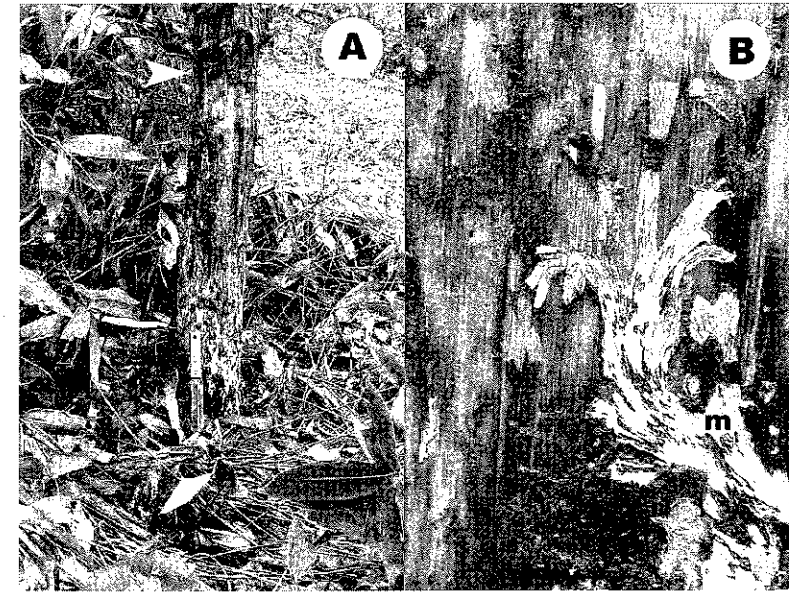
本被害地域には、被害がほとんど認められない林分や、全滅に近い林分までさまざまであるが、地域全体としては全造林面積約1,073haのうち、その約56%に被害が認められている。また、林分内の被害木にはその発病程度によりいろいろな病状がみられた。

単木被害の状態をその進行にしたがって記述すると以下のように区分できる。

- 1) 梢端部分の成長が悪くなり、横に押しつぶされたような樹形になる（写真一3 A）。
- 2) 葉色が薄くなると共に葉身も短く、まばらになる（写真一3 B）。



写真一3 ならたけ病によるアカマツの被害進行状況



写真一4 地上高く伸びる菌糸膜 (A) と菌糸膜の先端 (B)



写真一5 ナラ杭に捕捉された根状菌糸束 (R)

3) 枝先にわずかに当年葉のみが見られ、樹高成長、直径成長ともほとんど停止する。

4) すべての針葉は赤変し、地際部分を剥皮してみるとキノコ臭のする白い菌糸膜がみられ、樹幹部分には多くの穿孔虫の脱出孔がみられる（写真一3 C）。なお、本被害地での菌糸膜はかなり厚く強靱であり、地際部から1 m以上の高さ

で伸展することが多く見られた（写真一4 A・B）。

5) 針葉は完全に脱落し、地際を剥皮しても菌糸膜はほとんどみられないが、ときには周辺の土壌中に根状菌糸束が観察された（写真一5）。

これらの変化は、被害木の年輪の観察からほぼ5年ほどの間に完了するものと思われた。各段階の進展速度は、1) から2) 及び、2) から3)

へは2～3年、3)から4)及び4)から5)へは1年程度で移り変わるものと推定されている。

5. 防除対策

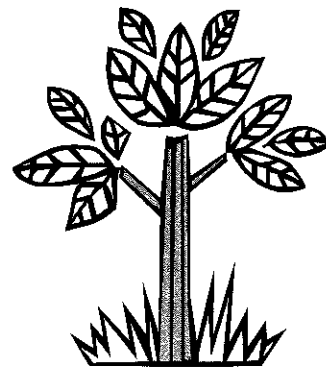
ならたけ病の防除方法として、クロールピクリンでの土壌消毒やチオファネートメチル剤の患部除去部への塗布等の薬剤防除や(太田, 2002), 罹病苗やその根の除去, 排水溝の設置や盛土植栽(伊藤, 1974)が有効であると報告されているが, 何れの方法も本被害地域では, その被害規模の大きさから実行不可能と考えられた。当地域の防除対策としてはスギへの改植を行った。植栽にあたっては, 植え方がぞんざいで根を曲げたり, 丸めたりすると, その後本病に罹りやすいことから(伊藤, 1974), 丁寧な植え付けを指導した。

スギを選んだ理由は, 多くの樹木病害がそうであるように, ならたけ病の発病は, 環境と, 宿主のストレスと, 病原の質及び量との, 非常に微妙なバランスの上に立っており, その土地の環境に適した樹種を用いることが, 被害を回避するための最も有効な手段であり, 本被害地域では, 生育期間の日照時間の減少が発病要因の1つと考えられるため(兼平, 1988), 被害を受けているアカマツに比べ耐陰性の高いスギへの改植が適当であ

ると判断したからである。なお, 1988年に本被害地のアカマツを一部伐採した後に下木植栽されたスギについて, 1995年に鈴木等が行った調査によると, 調査地内にスギの枯死木が25本, 罹病木が5本発生したが(鈴木, 1996), 調査報告書のスギ立木位置図から読み取ったスギの全本数795本から算出した被害率は約3.7%にとどまっている。

引用文献

伊藤一雄(1974)樹病学大系 III. 農林出版株式会社, 東京:159-164.
 太田祐子(2002)森林をまもる. 全国森林病虫獣害防除協会, 東京:249-257.
 小野 馨(1970)カラマツならたけ病に関する研究—とくに土壌条件と発病—. 林試研報, 229:123-219.
 兼平文憲(1988)青森県東北町に大発生したアカマツ造林地のならたけ病. 森林防疫, 435:9-13.
 鈴木和夫(1996)日本産ナラタケの生物学的種とその生態学的性質の解明. 平成7年度科学研究費補助金(一般研究B)研究成果報告書:35-38.
 鈴木和夫(1996)森林における菌類の生態と病原性. 森林科学, 17:41-45.
 寺下隆喜代・沢口勝則(1991)青森県で発生したアカマツならたけ病の病原菌について. 森林防疫, 178:2-7.
 Hagle, K. S and Shaw III, C. G. 1991. Avoiding and reducing losses from *Armillaria* root disease. (In *Armillaria* Root Disease) USDA Forest Service Agriculture Handbook, 691:150-156. 18.



野性の動物は今や貴重品 現場で知る鳥獣の行政を

高野 肇*

日本の鳥獣行政は どのように変遷してきたか

明治時代以前

江戸幕府による鳥獣の行政的制度, 禁令は将軍家を中心に御三家, 松平家などの御鷹場の管理, 特定鳥類の捕獲禁止, 販売, 鉄砲の所持制限などが主となって守られてきた。しかし「マタギ」など生業は別である。

江戸時代でも特に5代将軍綱吉は1685年, 俗にいう「生類憐れみ令」を発した。この行政が起こしたのは, 自分の子供を噛んだ犬を切り捨てて死罪, 母を襲った蚊を叩いて八丈島へ遠島。さらに村の犬, 馬, 牛の年齢, 病歴, 死因までも村長が上に届ける。とにかく数えきればきりがなく全ての動物を傷つけると罪になるということである。当然農民にとっては作物を加害する動物相などは捕獲する, 傷つけるなどは全くの御法度であった。

私の小学生の頃まで残っていた「モグラ追い」, 「虫追い」行事などは加害する動物を殺すことなく他地域へ追いやる行為であるところからみて江戸時代頃からの行事であったと考えられる。

ところでこの厳しい制度の中心も江戸地域のみであるようで他の地域, 例えば尾張藩では堂々と昼日中, 川魚を捕りそれをツマミに酒を飲む。さらに野鳥を捕って夕食のおかずにするなど楽しい連中もいた(元御置奉行の日記)。

しかし8代将軍吉宗は1716年鷹場を設置し, 江戸より十里四方を御留場として厳重に禁猟とした

(一里はおよそ4km)。もちろん御留場内の鳥獣はすべて捕獲禁止である。江戸十里四方とはどれほどの地域かとみると江戸城から北へ40kmは埼玉県大宮市ほど南は神奈川県藤沢市, 東は千葉県成田市そして西は八王子市となる。

現在の日本ではこれほど面積が広く厳格な特別鳥獣保護区はみられない。それほど江戸幕府の力が大きく禁猟政策が徹底していたことになる。もちろんこの頃には現在の希少種, 絶滅種であるタンチョウヅル, ナベヅル, コウノトリ, カワウソ, トキなどが田圃や河川に多数遊んでいたであろう。

さらに江戸尾張家の鷹場でも多摩地域の三鷹を中心として20キロ四方の面積もある。もちろんここも鳥獣捕獲はすべて禁止であるが, スズメの稲作への被害, ヒヨドリ, カワラヒワなどの野菜畑の鳥獣害を受けても加害の鳥獣は捕獲禁止となる。

また現在希少種, 天然記念物といわれているオオタカ, ツミ, ハヤブサ, ハイタカなどは大名への引き出物として東北地域の藩から若鷹として献上された。さらに記録によれば毎年, 松前藩から将軍家に15羽の若鷹が献上されてきた。

さらには徳川御三家にも毎年若鷹が各家に数羽ほどを引き出物として東北地域の藩から献上された。もちろん献上する側は献上数の数倍を捕獲し, 飼育しながら姿, 性格などを厳選して献上したであろうから捕獲数もそれなりに多かった。

鷹類の生息地域は厳格に保護されながらも一定数は適度に捕獲されていた。しかし江戸時代末期には献上鷹類も捕獲数が少なくなり減少したようである。

* 森林総合研究所多摩試験地

TAKANO Hajime

沢試験地)に設置された。ここで試験を繰り返したり、養殖方法を検討し東北地域へ養殖技術を啓蒙していった。満州などの兵士が着ていた防寒具の多くは内地から加工され送られたものである。この時期の加工品である猪革製の拳銃サックやテンの襟巻きなどが今も標本室にある。

さらに現在森林総合研究所が所有する鳥獣標本の多くは当時日本国であった千島から台湾にいたる46灯台で墜死した鳥類や各地から集めた獣皮標本が大半である。

しかし大正7年の「狩猟法」から終戦までの狩猟対象鳥獣のなかには鳥類ではアホウドリ、ガン、クマタカ、ミサゴ、ハヤブサ、ワシ、ハクチョウ、ライチョウや獣類ではアマミノクロウサギを除く全ての種類が対象となり、カワウソ、カモシカ、キツネなど現在では希少、あるいは絶滅している種も入っていた。

この大正、昭和の時代の特徴に「富国強兵」政策があり、特に農産物の増産が強く揚げられていた。そのためノネズミの農産物被害に対する防除対策が強化され、各地域に天敵としてイタチが放獣された。また狩猟対象としてキジ類が放鳥された。

戦後から平成へ

無条件降伏により米国占領行政下に入り、GHQ (General Head Quarters) の野外生物科長オースチンによる鳥獣保護指令により、日本の林野の荒廃と鳥獣の減少の復旧という点から鳥獣の害虫防除と有益鳥獣の保護が強調された。

この指令により狩猟の対象鳥獣種もキジ、コジュケイ、カモなどが中心とされ、ワシタカ類やアホウドリ、カモシカなどは対象から除かれた。しかしツル類、コウノトリ、トキ、アホウドリ、カワウソなど日本固有の種はこの時すでにその数を減少させていた。

昭和22年、GHQの指導により遊びの狩猟は禁止されバードウイークが設定された。24年林野局

は林野庁として独立し昭和31年鳥獣関係の行政は指導部造林保護課猟政班、調査研究は林業試験場内に設置されたが、35年組織統一で林業試験場の鳥獣科に編入された。

しかし戦後からGHQの指導の基に行ってきた鳥獣行政の結果でも全体的には動物は増加していなかった。戦後の経済復興のめざましい開発により自然と称する森林、河川、原野は工業都市化に変貌してきた、その結果として森林の荒廃、河川の汚染などの公害問題も起きだした。

昭和46年7月環境庁が設置され行政は自然保護局野生生物課へ移された。この時期が戦後のもっとも大きな変動期であるかもしれない。現在までも続いているカモシカ、ツキノワグマによる森林被害、シカ、サル、イノシシによる山村農地への被害などが急激に増加し始めた一方インコ、ベニスズメ、タイワンザルなどの移入種の増加、さらに希少種や絶滅危惧問題などが顕著に大きくなってきた時期である。

大正から昭和まで事業として 他地域や国外から移入種された種

1) イタチ

樺太に昭和7年から15年間に約300頭、北海道を中心に昭和8年から10年に利尻島へ約40頭、昭和15と18年礼文島に60頭放獣された。また昭和の初期には沖縄県トカラナ島へ70から80頭、昭和35年慶良間に85頭放獣したといわれている。戦前では限られた島が中心であったものが、ノネズミによる森林被害が増大してきたため北海道の奥尻島、焼尻島、八丈島、熊本営林局(現在九州森林管理局)管内などに放された。

また鹿児島県の島々や琉球諸島ではハブ、ノネズミ駆除対策として、例えば石垣島では昭和40年から42年までに1700頭、竹富町には同じく570頭など各島に60から500余頭も放獣された。これらのイタチは日光有益獣増殖所で増殖されたものが多い。これらの放獣事業は昭和55年で終了した。

このほかにはキツネ、テンがやはりノネズミ駆除対策としてわずかながら移入、放獣された記録がある。

2) キジ、コウライキジ

国、都道府県の事業として鳥獣実験場で飼育、増殖されたキジ、コウライキジ(大陸産)が大正13年ころから終戦まで全国に約7000羽放鳥された(各県で独自に行った事業はもっと多いと考えられる)。コウライキジは体が大きく、中国原産であるが飼育増殖が容易であること、狩猟対象としてもおもしろいなどから飼育、増殖ははかられていた。コウライキジは大正13年から本土の東京を中心に北は秋田県、山形県南は滋賀県、三重県、兵庫県さらに四国では愛媛県、香川県などに放鳥された。しかしニホンキジとの交雑が問題となり昭和16年以降はニホンキジのみの放鳥となった。

この間キジが全く生息しない北海道には昭和5、6年約100羽放鳥している。この事業は国、各都道府県の事業としても戦後も続き日本特産種のニホンキジもコウライキジと交雑されてしまった。キジは戦後も再度国、県の事業として鳥獣実験場や滝沢鳥獣試験地から昭和28年から50年代まで全国に配布され放鳥されていった。このときおもに日本産のキジを放鳥事業としたが、北海道や離島にはコウライキジを放鳥している。その数は多い年は3万から4万羽が放された。他にはイギリスキジを伊豆八丈島へ放鳥している。

3) コジュケイ

中国産であるこの種を移入したのは古く江戸時代といわれているが、50羽以上を移入、放鳥したのは大正7年東京、神奈川から始まり大正14年には九州を中心に放鳥された。また昭和12年伊豆大島、三宅島にも各20羽放鳥されている。このうち三宅島ではもっとも繁殖率、定着率が高いとされ、その後の養殖事業にはこの三宅島産を使用している。現在最も定着した狩猟の対象種となっている。

戦後この種が減少したために戦前放鳥した伊豆三宅島から種鳥を捕獲して内地で増殖して37年頃から北海道から熊本県まで全国に放鳥された。多い年には2000羽にもなった。

4) イワツバメ

国や県の事業ではないが、研究の一環として鳥獣実験場で昭和10年前後に長野県安曇郡からイワツバメの幼鳥、卵を採集して鳥獣実験場で飼育して、八王子市内に放鳥した。その結果は市内に定着し現在もその姿が見られる。

5) その他

このように自治体の事業として他の地域からまた外国から移入して、放鳥した例は過去に多数ある。例えば長野県産ライチョウを静岡県富士山へ放鳥、九州のアカヤマドリを本州に放鳥、本州産ウズラを伊豆七島に放す。さらに外国産パートリッジを本州伊豆地方に放すなどである。また近畿地方に生息するヌートリアなどは戦前に毛皮利用目的に、さらに沖縄や鹿児島県ではマングースやイタチをハブ、ノネズミ駆除目的に国外から移入したものである。

昭和50年代に入り環境問題が大きくなり移入種を導入する行政は少なくなった。

平成の行政

戦後、鳥獣の保護を中心に行ってきた行政でもこの間にトキ、カワウソ、キタタキなどが絶滅した。さらにワシ・タカ類、アホウドリ、ガンなどの個体数が減少した。また世の中が「環境保護」、「自然保護」の方向に動き始めると短絡的に「スギ、ヒノキ、カラマツ人工造林批判」さらに追い打ちをかけるようにシカ、サル、クマ、イノシシなど大型獣類による森林・農地に対する被害要因が「針葉樹の造林」林野庁批判などに集中してきた。そこで「鳥獣の保護と狩猟の適正化に関する法律」と改正された。これは各自治体で種類の適

正な個体数管理を行えということである。この法律が過去の歴史のように轍を踏まなければよいがと願う、が。

このようにみえてくると鳥獣保護、狩猟の行政も「銃の取り扱いが常に問題化してきた」とみるとおもしろい。明治時代には狩猟取り締まりが実は銃の取り締まりを目的としていた。しかしあまりにも鳥獣や狩猟の獲物が少なくなると狩猟者は悪者となり特に銃猟者は取り締まり管理が強くなり「鳥獣保護者」から非難された。

ところが現在では全国的に移入動物をも含めシカ、イノシシ、ツキノワグマなど大型獣の被害が増大したのでこれらの「個体数を管理する」目的のために銃所持者を増やそうとしている。これは銃所持者が高齢化してきているのでその必要性は認めるにしても、他の方法での駆除、例えば忌避剤の開発などを行政が積極的に関与することなども考える時に来ているのではなかろうか。

今日の鳥獣行政による保護策、研究の基礎は林野庁および林務関係で行ってきた。動物の生息場の多くが森林である。今後も野生鳥獣と林野、林務の関係は切り放せないし、国公有林に加えて私有林をも含めた森林に生息する鳥獣の管理と関連してともに考えて行かねばならない。

さいごに

移入種の導入と広がりには経済成長のお陰げか、諸々の動物種がペットとして移入され問題を起こしており、今後の対応が大切となる。

またニッポニア ニッポンの学名を持つ有名な野生の日本産トキが絶滅したのは平成15年10月である。名をキンという、享年37歳であった。トキの絶滅への道はまさに日本の鳥獣行政、研究の歴史である。

明治初期はトキも狩猟対象種であり明治43年になって捕獲禁止となった。また天然記念物に指定されたのは昭和9年、さらに特別天然記念物に指定されたのは昭和27年であるが、この時すでに30

羽程しか生息していなかった。昭和25年から50年代は日本の経済的活動が高揚していく時期であり、彼らの生息環境にも開発、農業など諸々の要因が働いていたと考えられる。

日本産トキの絶滅への道筋は現在生息している野生動物にとっての保護保全も防除駆除もじっくりと地域と密着した行政政策が必要である。

永年、野生動物の行政や研究に関わり、山村地域の現場をみてきた結果、行政官や研究者の方が「机上の鳥獣政策論」を展開しているように見える。

山村の農民の多くは老人が多い。その多くはサル、イノシシの被害に遭うためにナス、キュウリ、トマト、スイカ、トウモロコシなど実のなる作物や稲さえも作ることを控えている。

防除のために20m×20mの電気柵を設置するのに15万円の経費がかかる、この耕地面積で年間収入は1万か2万円にしかない。それでも農民は自給作物を作っている。ところが日本の鳥獣行政は「サル、イノシシを保護する」ために駆除は禁止している。自己防衛には資金が必要だが農民にはその金もなくあきらめの境地である。したがって街にも住めず、山村にも住めない。これでは「山村振興」政策も進むはずもないと考えられる。「環境行政」が単に会議室のテーブルを囲んだ中で鳥獣行政を行うのではなく山村農民の現場に入っ

引用文献

本間清利：1981：御鷹場：埼玉新聞社
 鳥獣行政研究会：1965：鳥獣保護と狩猟に関する通達集：林野弘済会
 山階芳麿：中西悟堂：1983：トキ：教育社
 林野庁：1969：鳥獣行政のあゆみ：林野弘済会
 池田真次郎：1971：野生鳥獣と人間生活：(株)インプレス 東京
 同：1968：狩猟鳥獣博物誌：(株)農林出版
 神坂次郎：1984：元御堂奉行の日記：中央公論社
 松山資郎：1997：野鳥と共に八〇年：文一総合出版
 鳥獣行政研究会：1965：鳥獣保護と狩猟：林野弘済会
 白井邦彦：1967：日本の狩猟獣：林野弘済会

昆虫の自然免疫を担う抗菌ペプチド —生物界に広く保存されているディフェンシン—

山内 英男*

1. はじめに

実験的な手法で、昆虫の真皮細胞層を傷つけたり、体液中へ細菌を注入したりすると、その刺激に呼応して自然免疫が活性化される。最初に、自己と非自己を区別する異物認識 (non-self recognition) が生じ、次に体液中の連鎖した酵素反応 (protease cascade) およびシグナル伝達 (signalling pathway) 等一連の反応が誘導され、各細胞における遺伝子発現が調節される。その結果、生合成された機能的分子と活性化した血球細胞の働きにより、体内に侵入した異物を排除する (山内英男, 2004)。

今回、昆虫の自然免疫で働く機能的分子、抗菌ペプチドの一因子であり、特に生物界から広く発見されているディフェンシンについて紹介する。

2. 自然免疫 (innate immunity)

人工物や他生物由来の組織等を昆虫の血体腔へ挿入すると、血球による貪食作用 (phagocytosis) や包囲化 (encapsulation) を受ける。すなわち、異物を非自己として認識する機構が備わっている。微生物も非自己として認識され、それはグラム陰性細菌、グラム陽性細菌および糸状菌の細胞壁に、それぞれ共通に保存された特異的な分子パターンに結合する何種類ものパターン認識タンパク質 (pattern recognition protein) によって行われる。

昆虫体液中には不活性型の前駆体酵素が多種類

存在し、非自己の認識により前駆体酵素が連鎖的に次々と活性化 (プロテアーゼカスケード) され、活性型酵素の働きにより局在したメラニン化や体液凝固、シグナル伝達に働くレセプターに結合するリガンド、および体液中で多様な機能を果たすサイトカイン等が生成される。

プラズマ細胞や顆粒細胞等の血球による貪食作用や包囲化作用の活性化はプロテアーゼカスケードを介して誘導され、体内に侵入した外来性異物の死滅をもたらす。また、脂肪体を主体として、その他の血球、中腸や真皮細胞等の昆虫組織のほとんどは抗菌ペプチドの生合成を担っており、キイロショウジョウバエ (*Drosophila melanogaster*) において発見された Toll および imd 細胞内シグナル伝達経路により、抗菌ペプチド遺伝子発現が調節される。各組織で生合成された抗菌ペプチドは体液中に分泌され、体液中の抗菌活性レベルが上昇し、外来性異物を死滅させる。

これら一連の反応により、生息環境において微生物や原虫等の感染に伴い、昆虫体内に侵入した外来性異物の増殖や発育を阻害する。自然免疫は、昆虫以外にも、カブトガニ、サソリ、軟体動物、環形動物などの無脊椎動物、ヒトを含む脊椎動物および各種の植物等から類似した分子やシステムが見出されており、多細胞生物に広く備わった生体防衛機構と考えられている。自然免疫は外傷や異物侵入等の刺激に呼応して誘導される特異性の低い遺伝的な反応であり、一過性の即応的な特徴をもっている。

脊椎動物にみられるような特異性の高い獲得免疫 (adaptive immunity) をもつ動物では、自

* 森林総合研究所

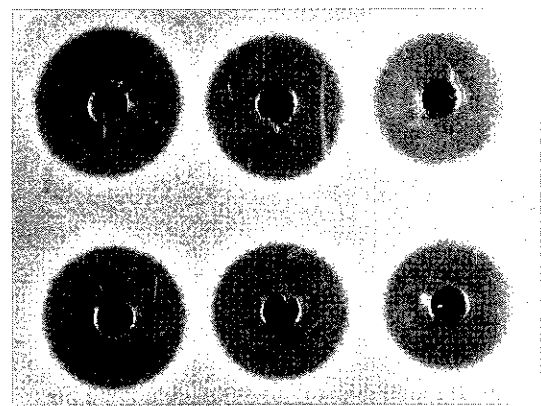
HIDEO Yamauchi

然免疫は獲得免疫が働くまでの初期防御として、また獲得免疫の発動に重要である。

3. 抗菌ペプチド

通常、昆虫の体液中から抗菌活性は検出されないか、検出されたとしても極めて弱い活性が検出されるだけである。しかし、人為的に大腸菌 (*Escherichia coli*) のような非病原細菌を注射すると、強い抗菌活性が数時間或いは数十時間後から検出されるようになる。

体液中の抗菌活性は、1) グラム陰性細菌として *E. coli* 或いはグラム陽性細菌として *Micrococcus luteus* 等を含む寒天培地を用いて、細菌が増殖できない阻止円の形成によって検出される (写真一1)。

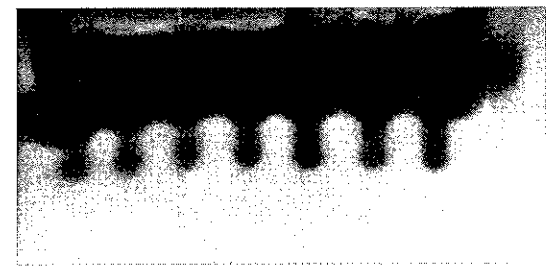


写真一1 *Micrococcus luteus* を含む寒天培地の各ウェルに、10 µl のドウガネブイブイ 3 令幼虫体液を加え、一昼夜の培養後に形成された阻止円。

による電気泳動で分離し、ゲルの上に細菌を含む寒天培地の薄い層を形成させ、寒天培地に形成された細菌が増殖できない阻止バンドによって検出される (写真一2)。

3) 低濃度の細菌数を含む液体培地に抗菌ペプチドを含む溶液を加え、一昼夜の培養後に紫外可視分光光度計により濁度を測定することによって検出される。

このような検出方法を用いて、抗菌活性を指標に多くの抗菌ペプチドは逆相カラムを用いて精製され、そのアミノ酸配列分析を行い、その N および C 末端のアミノ酸配列からプライマーを合成し、PCR 法で cDNA を単離する (図一1、図一2、写真一3)。



写真一2 マツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus*) 3 令幼虫の体液を電気泳動し、*Escherichia coli* を含む寒天培地をゲルの上に薄く形成し、一昼夜の培養後に形成された阻止バンド。

最も詳細に研究されているキロショウジョウバエではリゾチーム以外に、attacin, diptericin, drosocin, cecropin, defensin, drosomycin, metchnikowin の 7 種類の抗菌ペプチドが構造決定されている (Hoffmann, 2003; Hultmark,

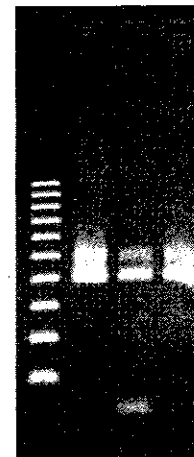
Anomala defensin A VTCDLLSFEAKGFAANHSCAAHCLAIGRKGSGCQNGVCVCRN
Anomala defensin B VTCDLLSFEAKGFAANHSCAAHCLVIGRKGACQNGVCVCRN

図一1 ドウガネブイブイ (*Anomala cuprea*) から分離された 2 種類のディフェンシン (defensin A, B) のアミノ酸配列。| はディフェンシンに特徴的な 6 カ所のシステイン (C) を示す。* は 2 カ所でアミノ酸置換している配列を示す。

N 末端アミノ酸配列: VTCDLL センスプライマー: 5'GTN ACN TGY GAY YTN YT3'
C 末端アミノ酸配列: VCVCRN アンチセンスプライマー: 3'CAN ACR CAN ACR KCN TTR5'

図一2 N および C 末端のアミノ酸配列から設計されたプライマーを示す。

L F M H



写真一3 脂体 (F)、中腸 (M) および血球 (H) から抽出された mRNA から 1 本鎖 cDNA が逆転写され、プライマーを用いて PCR 法により増幅された 2 本鎖 cDNA のアガロースゲル電気泳動像。各組織において、異なるサイズ (400 および 500 bp) の cDNA が 2 種類単離される。L はラダーマーカー (100 bp ladder)。

2003; Naitza and Ligoxygakis, 2004)。

今までに明らかになっていることは、1) 糸状菌を感染させると、Toll シグナル伝達経路を介して抗糸状菌活性をもつ drosomycin の遺伝子発現が誘導される。2) グラム陰性細菌を感染させると、imd 経路を介して diptericin や cecropin A1 の発現が誘導される。3) グラム陽性細菌の感染は、Toll シグナル伝達経路を介して遺伝子の発現が誘導される。4) attacin や defensin 等は両経路を介して制御される。現在、ショウジョウバエとヒトで類似のシグナル伝達経路が発見されており、微生物の種類に対応した Toll 或いは imd シグナル伝達経路を介して抗菌ペプチド遺伝子の発現がどのように調節されるか、精力的に研究が継続されている。

抗菌ペプチドは抗菌活性、プロテイン或いは DNA シークエンサーより分析されるアミノ酸配列、ホモロジー検索による一次構造の相同性、核磁気共鳴装置 (NMR) による三次構造解析等に

基づいて、いくつかのファミリーに区分されている (Dimarcq et al., 1998; Bulet et al., 1999)。各ファミリーに属する抗菌ペプチドは、相同性の高いアミノ酸配列を示すけれど、分子によってアミノ酸構成に多様性を示す。

4. ディフェンシン (defensin)

アミノ酸配列中に 6 或いは 8 個のシステインが規則的に配置され、システインが互いに 3 或いは 4 カ所で S-S 結合して安定化し、コイル状に巻かれた α ヘリックス (α -helix) と β シート (β -sheet) から構成された立体構造を構築する抗菌ペプチドが発見されている。このような三次構造をもつ抗菌ペプチドはディフェンシンと名づけられ、各ファミリーのなかでディフェンシンだけが節足動物の昆虫とサソリ、軟体動物斧足類、哺乳類、植物等から唯一発見されており、生物界に広く保存されている。このことから、ディフェンシンは祖先から受け継がれてきた分子と考えられている。

昆虫からインセクトディフェンシン (Insect defensin: IDF) が、サソリや軟体動物斧足類から IDF と類似の構造をもつディフェンシンが発見されている。また、サソリから 4 システインを含む androctonin が、6 システインを含む buthinin が、軟体動物斧足類から、8 システインを含む mytilin と myticin も発見されている。更に、哺乳類から α 、 β および θ と名づけられたディフェンシン (α -DF, β -DF, θ -DF) が、植物からディフェンシン (plant defensin: PDF) が同定されている。

システインを含む代表的なディフェンシンおよび類似の抗菌ペプチドの立体構造は Lamberty et al., 2001, Thomma et al., 2002, Selsted and Ouellette, 2005 を参照。また立体構造データベースの PDB (Protein Data Bank; <http://www.rcsb.org/pdb>) から表示できる。

5. インセクトディフェンシン (Insect defensin ; IDF)

現在までに、昆虫種からアミノ酸配列が決定された IDF は35種類以上にも及び、34-51のアミノ酸残基から構成され、各 IDF のアミノ酸配列のなかに6システインが共通に保存されており、それらは互いに3カ所で S-S 結合し、1個の α ヘリックスと2個の β シートから構成され、 $\alpha \beta \beta$ の配置をとり、 α ヘリックスの中の2システインが β シートの中の2システインと S-S 結合した $\alpha \beta$ モチーフの構造を示す (Cornet et al., 1995)。軟体動物斧足類 (*Mytilus edulis*, Charlet et al., 1996) およびサソリ (*Leiurus quinquestratus*, Cociancich et al., 1993; *Androctonus australis*, Ehret-Sabatier, et al., 1996) から発見されたディフェンシンは IDF と類似した構造を示す。

M. galloprovincialis から分離されたディフェンシン (MGD-1) は8システインを含み、4カ所で S-S 結合するが、IDF と同様に1個の α ヘリックスと2個の β シートから構成され、 $\alpha \beta \beta$ の配置をとり、 α ヘリックスの中の2システインが β シートの中の2システインと S-S 結合した $\alpha \beta$ モチーフの構造を示す。

IDF および MGD-1 は主として種々のグラム陽性細菌に対して強い抗菌活性を示し、一部の IDF はグラム陰性細菌或いは糸状菌に対しても抗菌活性を示す。ドウガネブイブイ (*Anomala cuprea*) から2種類のディフェンシン (*Anomala defensin A* と *B*) が分離され、それらは共に43残基のアミノ酸から構成されるが、両者のアミノ酸配列を比較すると2カ所のアミノ酸残基が置換している (図-1)。*Anomala defensin A* と *B* は種々のグラム陽性菌に強い活性を示し、*Anomala defensin B* のみは一部のグラム陰性細菌 (*Xenorhabdus japonica*) に対して高い濃度で活性を示す (Yamauchi 2001)。このように、

たった2カ所のアミノ酸残基の置換でも、分子間で活性に差異が生じる。

6. ホ乳類ディフェンシン (mammalian defensin)

α DF および β DF がラビットやヒト等の多種類のホ乳類から共通して発見されており、旧世界サル (old world monkey) から θ DF が発見されている。これらの分子は、18から45のアミノ酸残基から構成され、6システインを共通に保存し、3カ所で S-S 結合するけれど、このうち α DF と θ DF は β シートのみから構成され、一方 β DF は1個の α ヘリックスと3個の β シートから構成される。 β DF の α ヘリックスは分子の N 末端に位置し、 $\alpha \beta \beta \beta$ の配置をとり、 α ヘリックスの中の1システインと β シートの中の1システインが S-S 結合した構造をとる。構造解析から、 α DF は β DF から派生してきた分子であり、 θ DF は α DF の突然変異から生じてきたと推定されている (Selsted and Ouellette, 2005)。

これらのホ乳類ディフェンシンはグラム陰性細菌、グラム陽性細菌および糸状菌等に対する抗菌活性に加えて、原虫やウイルスに対しても効果を示す。

7. 植物ディフェンシン (plant defensin ; PDF)

種々の植物からアミノ酸配列が決定された PDF は80種類以上に及び、45-54のアミノ酸残基から構成され、8システインを含み、4カ所で S-S 結合して1個の α ヘリックスと3個の β シートから構成され、 $\beta \alpha \beta \beta$ の配置をとる。 α ヘリックスの中の2システインが β シートの中の2システインと S-S 結合した $\alpha \beta$ モチーフの構造を示す (Thomma, et al., 2002)。PDF の多くは抗糸状菌活性を示すことが特徴であり、少数の PDF のみが抗細菌活性を示す。

8. システインを含む他の抗菌ペプチド

ディフェンシン以外にも、6或いは8システインを含み、3或いは4カ所で S-S 結合する抗菌ペプチドが構造決定されている。

鱗翅目昆虫 (*Heliothis virescens*) から、44のアミノ酸残基から構成される heliomicin が分離されており、IDF と類似して6システインを含み、3カ所で S-S 結合して1個の α ヘリックスと2個の β シートから構成され、 $\alpha \beta \beta$ の配置をとり、しかも α ヘリックスの中の2システインが β シートの中の2システインと S-S 結合した $\alpha \beta$ モチーフの構造を示す。その構造は IDF と類似するが、糸状菌に対して抗菌活性を示し (Lamberty et al., 1999; Lamberty et al., 2001)、酵母菌 (*Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*) に対しても抗菌活性を示す。

キイロショウジョウバエから、44のアミノ酸残基から構成される drosomycin (Landon et al., 1997, 2000) が同定されている。drosomycin は8システインを含み、4カ所で S-S 結合して1個の α ヘリックスと3個の β シートから構成され、 $\alpha \beta \beta \beta$ の配置をとり、しかも α ヘリックスの中の2システインが β シートの中の2システインと S-S 結合した $\alpha \beta$ モチーフの構造を示す。drosomycin は抗細菌活性を示さず、主として抗糸状菌活性を示す。

9. 構造と機能

ディフェンシンの立体構造から、特に IDF, β DF および PDF は共通の起源、すなわち動物と植物が系統発生的に分離する以前の時代に、共通の前駆体から分子進化してきたと推定されている。

ディフェンシンの作用機作はまだ詳細に解明されていないが、IDF はプラスに荷電しているため、細菌表面のマイナスに電荷したリン脂質と結合しやすく、膜透過性に影響を与え、膜を崩壊さ

せる。一方、PDF は細菌よりも糸状菌と高い親和性をもって結合し、膜透過性に影響を与え、膜を崩壊させる。

これらのディフェンシンおよびシステインを含む他の種類の抗菌ペプチドは、それらのアミノ酸配列一次構造と α ヘリックスと β シートから構成された三次構造を比較することによって、抗菌活性に重要な働きをもつアミノ酸残基と立体構造を決定することが可能となる。それゆえ、ディフェンシン遺伝子进行操作し、アミノ酸配列と立体構造を変えることによって、抗細菌活性、抗糸状菌活性或いは抗酵母菌活性等の活性スペクトルを異にする、また抗菌活性を増強したディフェンシンを生合成することが可能となる。各種の微生物に対して、ディフェンシンを抗菌剤として利用することも、将来的な開発の視野に入ってきた。

10. おわりに

昆虫の自然免疫は、多様な微生物感染に加え、体内に侵入する原虫や線虫のような生物等にも対抗する主要な生体防御機構である。

一方で、多様な微生物に対して、上記のようにアミノ酸配列と立体構造を操作したペプチド性抗菌剤の利用・応用が考えられる。

他方で、昆虫の自然免疫を効果的に不活化すれば、害虫を容易に防除することも可能と予想される。これは、昆虫病原細菌が宿主昆虫へ感染するときに、宿主の自然免疫を効果的に回避・抑制している現象でもある (山内英男, 2005)。すなわち、病原細菌は少ない菌数でも昆虫体内で生存し続け、その後急激に増殖する能力をもっている。これは大腸菌のような非病原細菌の高い菌数を昆虫に注射しても、昆虫の生存に影響を与えないことと、決定的に異なる。病原細菌は極めて低い菌数でも自然免疫により体内から排除されないが、大腸菌は高い菌数でも自然免疫により効果的に排除されてしまう。病原細菌において、トキシンや溶血因子等の研究は進んでいるが、それらの因子

が生合成される前段階の感染初期に、宿主昆虫の体内へ侵入した病原細菌が自然免疫にどのような対抗により生存できるのか、そのメカニズムは未解明のまま残されている。病原体のメカニズムを解明すれば、害虫防除に応用できる可能性も期待できる。宿主側の自然免疫に関して、その全体像が明らかになってきた現在、宿主と病原体の間で起こる分子相互作用に関する研究が重要な意味をもつ。

引用文献

Bulet, P., C. Hetru, J. L. Dimarcq, et al. (1999) Antimicrobial peptides in insects; structure and function. *Dev Comp Immunol.* 23, 329-344.
 Charlet, M., S. Chernysh, H. Philippe, et al. (1996) Innate immunity. Isolation of several cysteine-rich antimicrobial peptides from the blood of a mollusc, *Mytilus edulis*. *J Biol Chem.* 271, 21808-21813.
 Cociancich, S., M. Goyffon, F. Bontems, et al. (1993) Purification and characterization of a scorpion defensin, a 4 kDa antibacterial peptide presenting structural similarities with insect defensins and scorpion toxins. *Biochem Biophys Res Commun.* 194, 17-22.
 Cornet, B., J. M. Bonmatin, C. Hetru, et al. (1995) Refined three-dimensional solution structure of insect defensin A. *Structure.* 3, 435-448.
 Dimarcq, J. L., P. Bulet, C. Hetru, et al. (1998) Cysteine-rich antimicrobial peptides in invertebrates. *Biopolymers.* 47, 465-477.
 Ehret-Sabatier, L., Loew, D., Goyffon, M., et al. (1996) Characterization of novel cysteine-rich antimicrobial peptides from scorpion blood. *J Biol Chem.* 271, 29537-29544.
 Hoffmann, J. A. (2003) The immune response of *Drosophila*. *Nature.* 426, 33-38.
 Hultmark, D. (2003) *Drosophila* immunity: paths

and patterns. *Current Opinion in Immunology* 15, 12-19.
 Lamberty, M., S. Ades, S. Uttenweiler-Joseph, et al. (1999) Insect immunity. Isolation from the lepidopteran *Heliothis virescens* of a novel insect defensin with potent antifungal activity. *J Biol Chem.* 274, 9320-9326.
 Lamberty, M., A. Caille, C. Landon, et al. (2001) Solution structures of the antifungal heliomicin and a selected variant with both antibacterial and antifungal activities. *Biochemistry.* 40, 11995-12003.
 Landon, C., P. Sodano, C. Hetru, et al. (1997) Solution structure of drosomycin, the first inducible antifungal protein from insects. *Protein Sci.* 6, 1878-1884.
 Landon, C., A. Pajon, F. Vovelle, et al. (2000) The active site of drosomycin, a small insect antifungal protein, delineated by comparison with the modeled structure of Rs-AFP2, a plant antifungal protein. *J Pept Res.* 56, 231-238.
 Naitza, S. and P. Ligoxygakis (2004) Antimicrobial defences in *Drosophila*: the story so far. *Mol Immunol.* 40, 887-896.
 Selsted, M. E. and A. J. Ouellette (2005) Mammalian defensins in the antimicrobial immune response. *Nat Immunol.* 6, 551-557.
 Thomma, B. P., B. P. Cammue and K. Thevissen (2002) Plant defensins. *Planta.* 216, 193-202.
 Yamauchi, H. (2001) Two novel insect defensins from larvae of the cupreous chafer, *Anomala cuprea*: purification, amino acid sequences and antibacterial activity. *Insect Biochem Mol Biol.* 32, 75-84.
 山内英男 (2004) 昆虫の自然免疫と病原細菌 (1) - 昆虫体内へ侵入する外来性異物の認識と排除 - . *森林防疫.* 53, 193-199.
 山内英男 (2005) 昆虫の自然免疫と病原細菌 (2) - 宿主自然免疫に対抗する病原細菌の生存戦略 - . *森林防疫 (印刷中).*



エンジュ街路樹などに多発するがんしゅ病 (さび病)

陳野 好之*

はじめに

中国原産といわれるエンジュ (*Sophora japonica* L.) は成長は遅いが、比較的丈夫で、しかもさほどの手入れを施さなくとも、自然に美しい樹形を作るところから、明治時代以降各地の街路樹を始め、公園、寺院などの緑化木として数多く植栽されてきたようである。また、7月頃、枝先に房状に開花する淡黄色の蝶形花の蕾や実は薬として使われ、薬用樹としても知られている (深津正 1991)。

本稿で述べるがんしゅ病はエンジュの葉や枝幹に発生して永年性がんしゅ状の患部を形成して枝枯れ、樹形の乱れ、樹勢の衰弱、枯死を起こす重要な病害として記録され (Kusano 1904; 南部 1915, 1920, 1921; 長谷川・小川 1944), わが国各地, 朝鮮半島, 中国各地に広く分布するといわれる (平塚 1937, 1973; 田中 1968)。

1977年春、筆者は本病が茨城県下の苗畑で養成中のエンジュ苗木に激発していることを知り、被害実態の観察、病原菌の形態、生活史、病原性などの諸実験を行なった。(陳野・林 1977, 1980) その後、盛岡市内の国道4号線のエンジュ街路樹の数百本のなかに発生していた被害についても2, 3の観察と実験を行なった (陳野・作山 1983)。これらの結果を取りまとめて報告する (写真-1)。

1. 本病の被害状況

1) 苗畑の被害. 本病による苗木被害を観察し

たのは上記のように約30年前である。このエンジュ苗は茨城県玉造町の数ヶ所の苗畑で緑化樹用として養成中の3~5年生苗 (苗高約1~4m) である。これらの苗木は関西地方から購入し (1~2年生) 移植したもので、その直後から病変 (後述、枝幹に形成されるこぶ状の初期症状) に気付いたようである。本被害は2~3年の間に急速に拡大し、養成中の苗木の70%にあたる約5万本に達したといわれる。筆者らは当時の被害苗の一部 (4年生, 41本, 平均地上高約1.9m) を林業試験場 (現森林総合研究所) 苗畑に移植して被害の推移を観察したところ (表-1), 患部数は枝幹ともに2年生に多く、枝では全体の50%以上、次いで1年生枝の約30%, 3年生で少なかった。本病原菌は葉や緑色幼茎部に感染し発病させる (後述) ので、この苗畑では調査時の2年前に感染のピークがあったものと推定される。また、1~2年生枝の患部の30~50%は、患部より先が枯死し、先枯れ症状を呈していたが、3, 4年生枝幹上では患部はかなり肥大するが、先枯れ症状は認められなかった。被害木の多くはただちに枯死することなく、患部はいわゆる、永年性がんしゅ症状に移行し、慢性的な被害として樹体の衰弱、枯損に大きい影響を与えるものと考えられる (写真-1)。

田中は街路樹などの成木の被害を観察し、患部は幹の分岐部、主幹、地際部などに多く、枝に少ないと述べているが、これは枝の患部の多くが枯死、脱落して残存していないためと考えられる (田中 1968)。

なお、同地付近で養成中のイヌエンジュ (*Maackia amurensis* var. *buengeri*) では本病の発生

* (株)林業薬剤協会

ZINNO Yoshiyuki



写真一 がんしゅ病によるエンジュ街路樹の被害
a. 茨城県南部の激害木 b. 盛岡市内の被害木



写真二 がんしゅ病の初期被害枝
a. 幼茎上に形成された黄色、小型の初期斑点 b. 盛り上がった褐色病斑（夏胞子堆）
c. 紡錘状～こぶ状の患部 d. じゅず状の小型こぶ状の患部

表一 枝幹の年令とがんしゅ病患部の形成数

枝幹の年令	患部形成数		合計
	幹	枝	
1	5 (1)	36 (17)	41 (18)
2	15 (1)	63 (22)	78 (23)
3	13 (0)	8 (0)	21 (0)
4	8 (0)	-	8 (0)
合計	41 (2)	107 (39)	148 (41)

調査木41本、()は患部より先端が枯死したもの

に患部が形成されたものは50本に達した。これらのうち、患部数1個が25本、2個が12本であったが、なかには8個の患部が形成された激害木が2本みられた。これらの患部はすべて外皮が裂けて粗ざうとなり、隆起して紡錘形～こぶ状を呈し、患部の長さは20～30cmで、多くは地上高0.5～3mの範囲に形成されていた。

2. 病徴と病原菌

本病の病原菌はさび菌類の一種で *Uromyces truncicola* P. Henn. et Shirai と呼ばれる。さきに Kusano (1904) はエンジュに寄生する *Uromyces* 属菌2種を記載し、茎に寄生するものを *U. truncicola* P. Henn. et Shirai、葉に寄生するものを *U. sophorae-japonicae* Diet. とし、前者の冬胞子は後者のそれよりも大きいと述べた。その後、Ito (1926) は *U. truncicola* がエンジュの葉も侵すところから両者を同一菌とし、*U. truncicola* 菌をエンジュのがんしゅ病菌とした。筆者が行なった接種試験の結果でも本菌が葉と幼茎を侵し、夏、冬胞子の大きさも Ito (1926) と

差が認められなかった。

本菌に侵されたエンジュは、はじめ当年生の緑色主軸や枝に黄～褐色の小型の斑点（柄子器）が形成される（写真一2a）。これが次第に肥大し、外表が裂けて盛り上がり（夏胞子堆、写真一2b）、やがて紡錘状～こぶ状に発達する（写真一2c）。幼枝では小型の患部が2～数個連なってじゅず状になることもある（写真一2d）が、上述のように患部から先が枯死して先枯れ症状を呈することが多い（写真一3）。太枝やその分岐部、幹などの患部は年々肥大し、外表が裂け、その裂け目には団状または帯状、黒褐色～黒色の粉状物（病原菌の冬胞子堆と冬胞子）が多数形成される（写真一2c）。罹病葉では葉の裏にはじめ黄色、小型の斑点（柄子器と柄子）が、つづいて褐色粉状物（夏胞子堆と夏胞子）が散在、形成される。夏以降になると黒褐色粉状物（冬胞子堆と冬胞子）に変わり早期に落葉する（写真一4）。

3. 病原菌の生活史と病原性

上述したように、本病原菌はさび菌類の一種で、中間宿主を経ないでエンジュの患部に形成された夏胞子または冬胞子によってエンジュの幼茎、葉などに直接感染し、発病させる。

茨城県下でエンジュの葉と幼茎に形成された夏胞子を採取し、異なる温度下で発芽を調査したところ、6月19日採取の胞子では25℃付近で高率に発芽したが、1カ月後採取の胞子は殆ど発芽しなかった。この結果は夏胞子の感染期間が短いことを示している。また、6月上旬に夏胞子をエンジュの葉と幼茎に人工接種し発病を確認した（陳野・林 1980）。つぎに、冬胞子は7月下旬頃に患部の外表を破って形成されはじめ、10月頃からおびただしい数に達して粉状を呈し（写真一2c, 5c）翌春まで患部上に残る。これらの冬胞子を時期別に採取して異なる温度下で発芽を調査した結果（図一1）によると、年内には発芽せず、越冬後の3月下旬にはじめて発芽胞子を観察した。



写真-3 枝枯れ症状を呈する罹病枝



写真-4 罹病葉上に形成された多数の冬胞子堆

発芽率をみると、4月中旬頃から上昇して5月下旬～6月上旬にピークに達し、6月中旬以降は急速に低下して7月にはほぼ終息した。発芽適温は15～25℃にあり、最適温度は20℃付近であった。なお、20℃の寒天培地上で観察したところでは処理後1～2時間で発芽を開始し、約7時間後に小生子が形成された(写真-5d, 陳野・林 1980)。

つぎに盛岡市で行なった同様な実験によると、冬胞子の発芽適期は5月上旬～6月上旬で、茨城県より若干遅れたが、発芽適温は20℃付近と変わらなかった(陳野・作山 1983)。

発芽適期に採取した冬胞子をエンジュ苗の新葉と幼茎に接種し、23℃、3日間温室に保持して発病を観察したところ、接種10～14日後に初期症状が認められ、患部には18日後に褐色、粉状の夏胞子が形成され、肥大、湾曲、変形などの諸症状が現われた(写真-5b, 陳野・林 1980)。

以上述べた諸実験から、本病はエンジュの葉が開葉し、幼茎が伸び始める5月中、下旬頃を中心にして、患部上で越冬した冬胞子が発芽して小生子を形成する(写真-5c, d)。これが空中に飛散して葉や幼茎に感染し(第一次感染源)発病させることとなる(長谷川・小川 1944)。また、7

月頃には新患部に形成された夏胞子(写真-5b)によっても感染、発病が起こる。また、先枯れ症状とならない太枝や幹に形成された患部には長年にわたって冬胞子が多数形成され、伝染を繰り返す。患部の多くは次第に進展、拡大して永年生ががんしゅ症状を呈して樹体の衰弱、枯死を招くこととなる。

4. 防除対策

茨城県下のエンジュ養成苗畑の例によれば、苗畑で3年ほど養成して(苗高2～4m程度)から緑化樹などとして出荷するようである。したがって、この間に本病が発生すれば毎年、苗畑において感染と発病が繰り返されると考えられる。一方、各地の街路樹などに発生する被害の感染源としては、苗木の購入時に幼茎などに形成されたごく軽度の罹病苗が見落とされて感染源となった場合や植栽地付近に存在した罹病木からの感染などが考えられる。しかし、いずれも実証されていない。今後はそれぞれの発病地において詳しい調査が必要であろう。

上述したように、本病は病原菌の冬胞子または夏胞子によって感染する伝染病である。感染の時

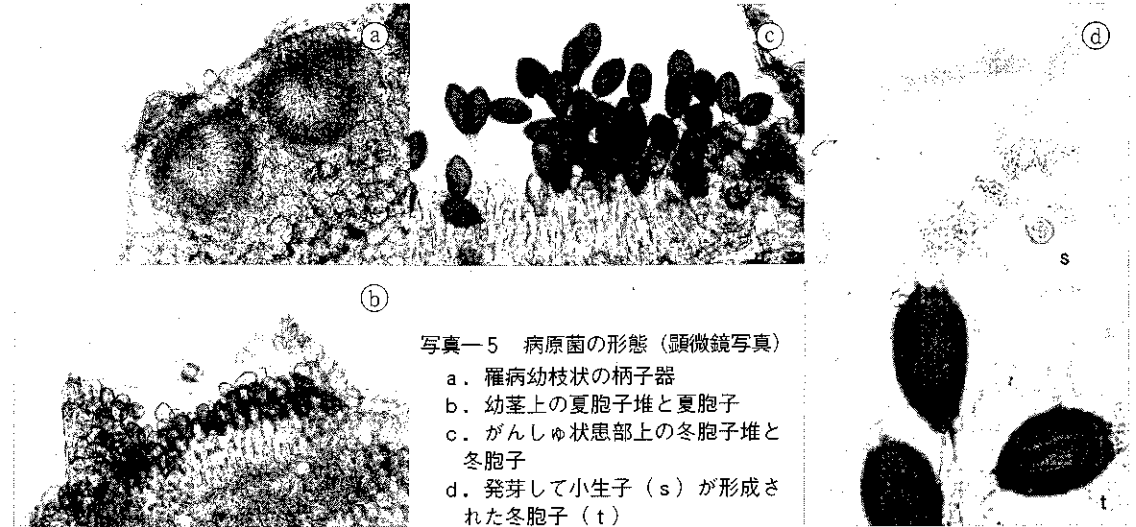


写真-5 病原菌の形態(顕微鏡写真)
 a. 罹病幼枝状の柄子器
 b. 幼茎上の夏胞子堆と夏胞子
 c. がんしゅ状患部上の冬胞子堆と冬胞子
 d. 発芽して小生子(s)が形成された冬胞子(t)

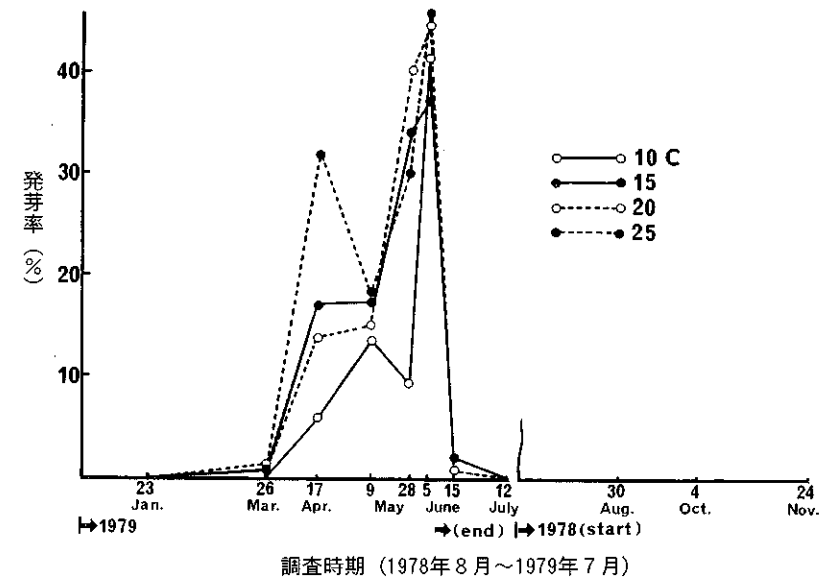


図-1 がんしゅ病菌の冬胞子の発芽時期(陳野・林 1980)

期はエンジュが開葉し、幼茎が伸び始める頃から約2カ月ほどの期間になる。したがって、この期間に薬剤の散布による防除が有効と思われるが、現在のところ本病防除用として登録された薬剤はない。

苗畑では幼茎、主軸などに現われる初期症状枝の切除、病落葉の焼却を徹底し、街路樹などでは

剪定作業の際に病患部を切り取り除去し、病落葉を集めて焼却し、感染源の除去に努めることを奨めたい。

引用文献

- 長谷川孝三・小川 隆 (1944). 森林病虫害図説(病害編) 5, 5.
- 平塚直秀 (1937). 日本産「ウロミケス」属菌. 植研雑.

13; 735~736.
 Hiratsuka, N. (1973). Revision of taxonomy of the genus *Uromyces* of Japanese Archipelago. Rept. Tottori Mycol. Inst. (Japan), 10; 1~98.
 深津 正 (1991). 植物和名の語源. 八坂書房, 342pp.
 ItO, S. (1922). *Uromyces* of Japan. J. Fac. Agr. Hokkaido Imp. Univ. 11; 211~287.
 —— (1926). Additional note on *Uromyces* of Japan. Bot. Mag. (Tokyo) 40; 276~28.
 Kusano, S. (1904). Notes on the Japanese fungi I. Uredineae on *Sophora*. Ibid. 18; 1~6.
 南部信方 (1915). 花卉盆栽類の病害調査 (七). 病虫害雑誌, 2; 922~923.
 南部信方 (1920). 庭園樹の病害に就いて (二). 同, 7; 413.
 —— (1921). 庭園樹盆栽類の病害に就いて. 同, 8; 200.
 田中 潔 (1968). 東京都の街路樹エンジュのさび病 (癌腫病) について. 森林防疫, 17; 171~174.
 陳野好之・林 弘子 (1977). 茨城県に発生したエンジュ苗のがんしゅ病 (さび病). 同, 26; 171~174.
 ——・—— (1980). エンジュがんしゅ病菌 (*Uromyces truncicola*) の生活史. 日菌報, 21; 87~95.
 ——・作山 健 (1983). エンジュ街路樹に発生したがんしゅ病. 日林東北支誌. 35; 111~112.

地球温暖化防止のための国際ルール
 「京都議定書」の目標達成に向けた森林の役割

みどりは地球を救うシリーズ No.4
 「地球温暖化防止のカギを握る森林の力」を発行しました

1997年に採択された京都議定書は、2005年2月発効しました。
 我が国は、議定書による温室効果ガス6%の削減約束のうち、3.9%を森林の二酸化炭素吸収量で確保することとし、2002年、「地球温暖化防止森林吸収源対策10カ年対策」を策定して森林の整備・保全に取り組んでいます。
 このパンフレットは、地球温暖化防止のための森林の役割とその役割を果たすための森林の取り扱いについて、みなさんの理解を深めたり、議論を進めたりすることに役立つよう作成しました。
 これからの地球や森林を考えるための資料としてご利用いただきますようご購入をお待ちしています。(A4版、オールカラー表紙とも12ページ)

編集：林野庁
 発行・申込先：社団法人 日本林業協会
 〒107-0052 東京都港区赤坂1-9-13 三会堂ビル7F
 TEL. 03-3586-8430, FAX. 03-3586-8434

定価1部 200円 (税込み、送料実費)
 (FAXで購入申込をして下さい。100部以上の場合は、送料は協会負担です)

禁 転 載

林業と薬剤 Forestry Chemicals (Ringyou to Yakuzai)

平成17年 9月20日 発行

編集・発行/社団法人 林業薬剤協会

〒101-0032 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 スキルブリネット

定価 525円



**樹幹注入剤で唯一
 原体・製品ともに
 「普通物」、「魚毒性A類」**

...だから安心



松枯れ防止・樹幹注入剤
グリーンガード・エイト
Greenguard® Eight

ファイザー株式会社
 〒151-8589 東京都渋谷区代々木3-22-7
 農産事業部 TEL (03) 5309-7900
 www.greenguard.jp

安全、そして人と自然の調和を目指して。

巾広い適用害獣

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。



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/〒105-0013 東京都港区浜松町1-10-8 野田ビル
☎03-5470-8491

製造

株式会社 日本クリーンアンドガーデン

カタログのご請求は、上記住所へどうぞ。

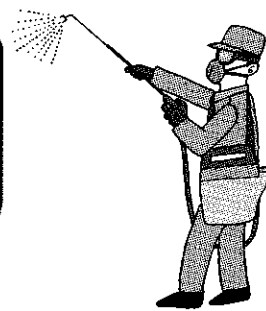
松の葉ふるい病の防除に!!

ドウグリン 水和剤

効果が高く、調合の手間もいらず、しかも最も薬害の少ない銅剤です。



使用方法
1,000倍
新葉生育期と9月頃
10~15日おきにいていねいに散布



アグロ カネショウ株式会社
東京都港区赤坂4-2-19

林野庁補助対象薬剤

新発売

林野庁補助対象薬剤

新しいマツノマダラカミキリの後食防止剤

普通物で使いやすい

マツグリーン液剤 **マツグリーン液剤2**

農林水産省登録第20330号

農林水産省登録第20838号

- 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があります。
- 使いやすい液剤タイプで、薬液調製が容易です。
- 散布後、いやな臭いや汚れがほとんどなく、薬液飛散による車の塗装や墓石の変色・汚染がほとんどありません。
- ミツバチや魚介類に影響が少なく、土壌中や河川水中でも微生物等で速やかに分解され、周辺環境への影響も少ない薬剤です。



株式会社 ニッソーグリーン

〒110-0005 東京都台東区上野3丁目1番2号 TEL. (03) 5816-4351
●ホームページ <http://www.ns-green.com/>

新発売

新しいマツノマダラカミキリの後食防止剤

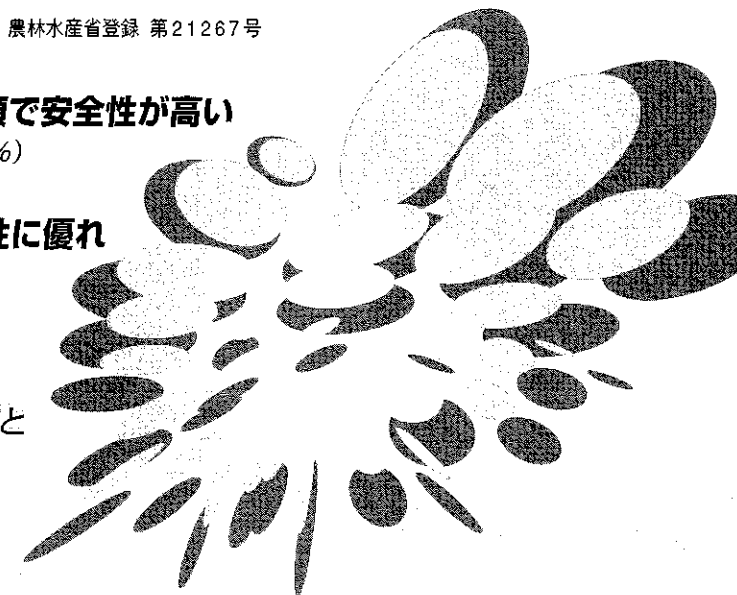
殺虫剤 **モリエートSC**

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

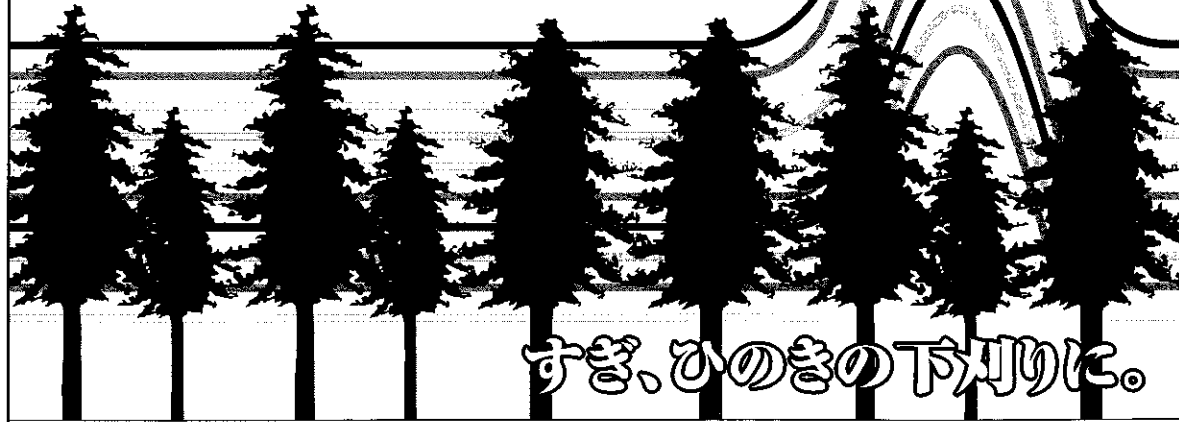
販売：サンケイ化学株式会社 ヤシマ産業株式会社

農林水産省登録 第11912号

クロレートS (粒剤)

農林水産省登録 第12991号

クロレートSL (水溶剤)



すぎ、ひのきの下刈りに。

製造 **ASA** 株式会社 **イスター・イソバイオテック**
〒103-0004 東京都中央区東日本橋1-1-5 日華東日本橋ビル
TEL.03(5825)5522 FAX.03(5825)5501

販売 **丸善薬品産業株式会社** アグリ事業部
〒101-0044 東京都中央区錦治町2丁目9番12号
TEL.03(3256)5561 FAX.03(3256)5570

多目的使用(空中散布・地上散布)が出来る

スミパイン® 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®

林地用除草剤

ザイトワ®

 微粒剤

マツノマダラカミキリ誘引剤

マダラコール®

スギノアカネトラカミキリ誘引剤

アカネコール®



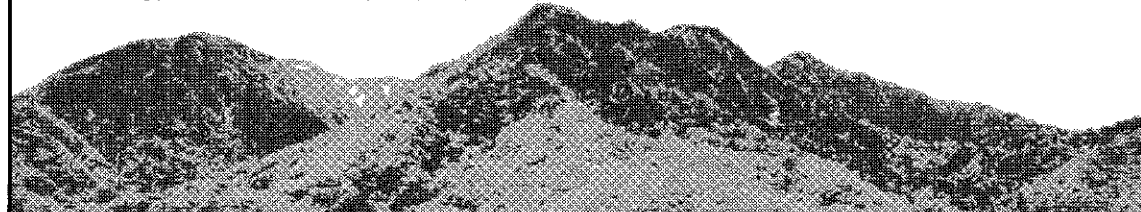
サンケイ化学株式会社

<説明書進呈>

本社	〒891-0122 鹿児島市南栄2丁目9	TEL (099)268-7588
東京本社	〒110-0015 東京都台東区東上野6丁目2-1	信興上野ビル TEL (03)3845-7951(代)
大阪営業所	〒532-0011 大阪市淀川区西中島4丁目5-1	新栄ビル TEL (06)6305-5871
九州北部営業所	〒841-0025 佐賀県鳥栖市曾根崎町1154-3	TEL (0942)81-3808

緑豊かな未来のために

人や環境にやさしく、大切な松をしっかりと守ります。



マツノマダラカミキリに高い効果

新発売【普通物】

エコワン3 100~200倍希釈

フロアブル (チアクロプリド水和剤3%)

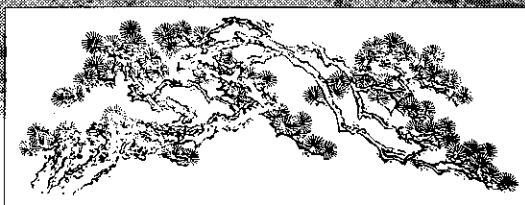
農林水産省登録 第20897号

1500~3000倍希釈

エコワンフロアブル

農林水産省登録 第20696号

(チアクロプリド水和剤40.0%)



バイエルクロップサイエンス株式会社
エンバイロサイエンス事業本部 緑化製品部
〒100-8252 東京都千代田区丸の内1-6-5 ☎ 03-6266-7365

Bayer Environmental Science

井筒屋化学産業株式会社
本社/熊本市花園1丁目11番30号
〒860-0072 TEL.096-352-8121(代) FAX.096-353-5083

野生獣類から大切な
植栽木を守る

ツリーセーブ
ヤシマレント
ヤシマアンレス

蜂さされ防止

ハチノックL (巣退治)
ハチノックS (携帯用)

大切な日本の松を守る
ヤシマの林業薬剤

ヤシマスミパイン乳剤
グリーンガードエイト
パークサイドF
ヤシマNCS

くん蒸用生分解性シート

ミクスト

Yashima
豊かな緑を次代へ

自然との調和

私達は、地球的視野に立ち、
つねに進取の精神をもって、
時代に挑戦します。

皆様のご要望にお応えする、
環境との調和を図る製品や
タイムリーな情報を提供し、
全国から厚い信頼をいただいております。



ヤシマ産業株式会社

本社 〒203-0002 神奈川県川崎市高津区二子6-14-10 YTTビル4階 TEL.044-833-2211 FAX.044-833-1152
工場 〒308-0007 茨城県下館市大字折本字板堂540 TEL.0296-22-5101 FAX.0296-25-5159 (受注専用)

低薬量と高い効果で 松をガード。

普通物で環境にやさしい天然物（有効成分）
少量の注入で効果抜群
効果が長期間持続（4年）



60ml そのまま自然圧で注入

180ml 加圧容器に移し替え、
ガス加圧で注入。

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% ○人畜毒性：普通物
○包装規格：60ml×10×8 180ml×20×2

マツガードは、三共（株）が開発したミルベメクチンを有効成分とする松枯れ防止樹幹注入剤です。



株式会社 **三共緑化**

〒101-0025 東京都千代田区神田佐久間町4-20 三共神田佐久間町ビル3F
TEL. (03) 5835-1481 FAX. (03) 5835-1483

®登録商標



※本剤は、松の樹幹に注入する際に、必ず樹幹の中心部に注入してください。

農林水産省登録第20403号 三共（株）が開発したミルベメクチン

松枯れ防止樹幹注入剤

マツガード®

600ml (60ml x 10)入 有効成分：ミルベメクチン乳剤

販売元 株式会社 **三共緑化**
東京都千代田区神田佐久間町4-20
三共アグロ株式会社
Sankyo Agri Chemicals Co., Ltd.

