

ISSN 0289-5285

林業と薬剤

No. 153 9. 2000

社団法人 林業薬剤協会



BT 剤の殺虫特性とその利用について

株式会社クボタ技術開発本部 浅野 昌司*

目 次

BT 剤の殺虫特性とその利用について…………… 浅野 昌司 1

減農薬松くい虫予防の可能性を追って…………… 松原 功 9

殺虫剤の有効成分—ピレスロイドについて…………… 中山 幸治・勝田 純郎 16

● 表紙の写真 ●

マツノザイセンチュウ防除試験での
センチュウ接種風景

1. BT 剤とは

土壌細菌の1種、*Bacillus thuringiensis* が産生する殺虫性蛋白トキシン(δ-エンドトキシン)を有効成分とする生物農薬は、わが国で登録の際、農薬の種類名としてBT剤に分類されている。現在、登録されているBT剤を表1に商品名で登録年次の順に示した。日本で最初にBT剤が登録されたのは1981年に1剤が、つづいて翌年に5剤が追加された。その後、製剤中に含まれる生孢子の安全性について長期の検討がなされた経緯がある。その安全性が確認されたこともあり、1994年以後になって急速に登録数が増加し、1999年末までに商品名で新たに9剤が追加され、それまでのものと合わせるとBT剤は全部で15剤にも達している。現在なお開発中のものを考えると今後もさらに増加すると予想される。現在国内で販売されているBT剤は後述するようにすべてりん翅目害虫の防除を目的として開発されているが、諸外国ではりん翅目の他に蚊、ユスリカ、ブヨなどの双翅目やコロラドハムシなどの甲虫目の害虫防除を目的に商品化されているBT剤も多くある。

2. *Bacillus thuringiensis* 菌の分類

BT剤の製造に用いられる*B. thuringiensis* 菌(以下*B.t.* 菌と略す)は好気性細菌で、昆虫の病死体以外に土壌、貯蔵庫などの塵埃、淡水、塩水、

植物体上など至る所から分離される常在菌である。*B.t.* 菌は増殖の後期になると孢子が形成されるが、その際、同時に菌体内に結晶性の蛋白トキシンを産生する特徴を有し、この点で、近縁の*B. cereus* 菌と容易に区別される。トキシンの結晶は種々の形があるが、りん翅目に殺虫活性を示すものは図1のような菱形が多く、大きさは0.5~2μmである。

B.t. 菌の細菌学的分類は一般に鞭毛の抗原性に基いた血清学的手法で行われ、serovar の後に垂

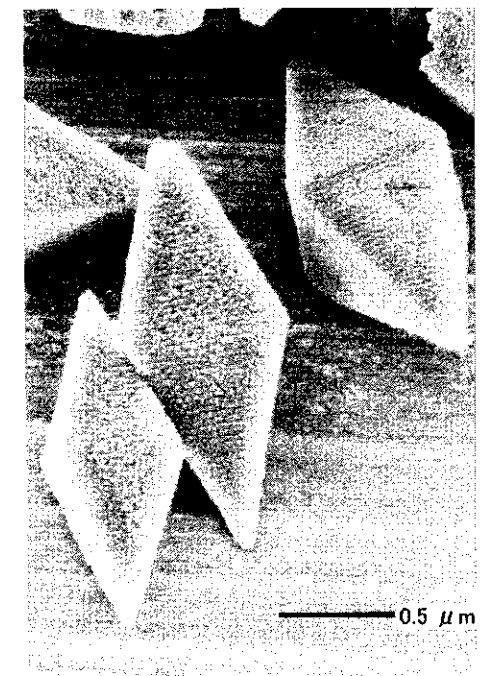


図-1 *B.t.* タンパクトキシンの結晶 (SOARES & QUICK, 1990)

* 現在 東京農工大農学部非常勤講師 ASANO Shoji

表一 国内で農薬登録されているB T剤 (平成11年12月現在)

商品名	開発会社	菌株 (亜種名) <i>B.t. serovar</i>	有効成分量 (%)	登録年
トアロー 水和剤 CT	東亜合成化学工業	<i>kurstaki</i>	7	1981
ダイポール 水和剤	住友化学工業	<i>kurstaki</i>	10	1982
チューリサイド 水和剤	SDSバイオテック	<i>kurstaki</i>	10	1982
バシレックス 水和剤	塩野義製薬	<i>kurstaki</i> + <i>aizawai</i>	10	1982
セレクトジン 水和剤	協和発酵	<i>aizawai</i>	10	1982
ガードジェット 水和剤	クボタ	<i>kurstaki</i>	7	1994
ターフル 水和剤	クボタ	<i>kurstaki</i>	7	1996
デルフィン 顆粒水和剤	SDSバイオテック	<i>kurstaki</i>	10	1996
ゼンターリ 顆粒水和剤	トーマン	<i>aizawai</i>	10	1997
エスマルク DF	住友化学工業	<i>kurstaki</i>	10	1998
バイオッシュ フロアブル	日産化学工業	<i>kurstaki</i> + <i>aizawai</i>	10	1998
ファイブスター 顆粒水和剤	SDSバイオテック	<i>kurstaki</i>	10	1998
トアロー フロアブルCT	東亜合成化学工業	<i>kurstaki</i>	7	1998
レピターム フロアブル	クボタ	<i>aizawai</i>	7	1999
フォーク フロアブル	トーマン	<i>aizawai</i>	10	1999

種名を付けてなされている。表一 2には血清型 (セロタイプ) と亜種名を示した。各セロタイプ (H) にはそれぞれを代表する基準菌株が定められ、その株は世界中で共通に利用できる。商業的なB T剤の製造によく用いられている *B.t.* 菌にはりん翅目害虫に H3a, 3b, 3c の *kurstaki* 及び H7 の *aizawai* が、双翅目害虫に H14 の *israelensis*

及び甲虫目害虫に H8a, 8b の *tenebrionis* などが主に利用されている。H8a, 8b の *morrisoni*, *tenebrionis* 及び *san diego* は当初別々の亜種とされていたが、最近では *morrisoni* が基準菌株とされている。表一 1 に示したわが国で市販されている B T 剤はすべてりん翅目害虫が防除対象であることもあり、製品に使用されている *B.t.* 菌の

表一 2 セロタイプに基づく *Bacillus thuringiensis* 菌の分類

セロタイプ(H)	亜種名 (serovar)	セロタイプ(H)	亜種名 (serovar)
1	<i>thuringiensis</i>	11a, 11b	<i>toumanoffi</i>
2	<i>finitimus</i>	11a, 11c	<i>kyushuensis</i>
3a, 3c	<i>alesti</i>	12	<i>thomsoni</i>
3a, 3b, 3c	<i>kurstaki</i>	13	<i>pakistani</i>
3a, 3d	<i>sumiyosiensis</i>	14	<i>israelensis</i>
3a, 3b, 3e	<i>fukuokaensis</i>	15	<i>dakota</i>
4a, 4b	<i>sotto</i>	16	<i>indiana</i>
4a, 4c	<i>kenyae</i>	17	<i>tohokuensis</i>
5a, 5b	<i>galleriae</i>	18a, 18b	<i>kumamotoensis</i>
5a, 5c	<i>canadensis</i>	18a, 18c	<i>yosoo</i>
6	<i>entomocidus</i>	19	<i>tochigiensis</i>
7	<i>aizawai</i>	20a, 20b	<i>yunnanensis</i>
8a, 8b	<i>morrisoni</i> (<i>tenebrionis</i>) (<i>san diego</i>)	20a, 20c	<i>pondicheriensis</i>
		21	<i>colmeri</i>
		22	<i>shandongiensis</i>
8a, 8c	<i>ostrinae</i>	23	<i>japonensis</i>
8b, 8d	<i>nigeriensis</i>	24a, 24b	<i>neoleonensis</i>
9	<i>tolwothi</i>	24a, 24c	<i>movosibisk</i>
10a, 10b	<i>darmstadiensis</i>	25	<i>coreanensis</i>
10a, 10c	<i>londdrina</i>	26	<i>silo</i>

亜種名は *kurstaki* か *aizawai* または両者の混合である。しかし、表一 2 に示した *B.t.* 菌はそれぞれのセロタイプの決定に用いた基準菌株に基づいて分類されているので、実際の製品に利用されている菌株とは一致しない場合が多い。また、同じ *kurstaki* でも分離した菌株毎に殺虫活性は大きく異なるので、これを区別するために亜種名の後にさらに株名が追加される。例えば、*kurstaki* の中でりん翅目害虫に高活性を持つ株として有名な HD-1 株は、*B.t. serovar kurstaki* HD-1 として記載される。他の例として筆者らが世界で最初に分離した甲虫目のコガネムシ類に選択的殺虫活性を示す *B.t.* 菌株はセロタイプで H23 の *japonensis* に分類されるが、*japonensis* の基準菌株の

殺虫活性はりん翅目昆虫に対してのみで、甲虫目昆虫には全く活性が見られない。その結果、上記のコガネムシに活性のあった菌株は現在 *B.t. serovar japonensis* Buibui として記載されている。

以上のようにセロタイプと殺虫活性は基本的には関連性がないので、*B.t.* 菌株のセロタイプが決定されてもそれから殺虫活性の強さや殺虫スペクトルを知ることは困難であるが、過去の多くの事例から同じセロタイプに属する菌株の殺虫活性の特性をある程度予想することには役に立つと思われる。分離された *B.t.* 菌の殺虫特性は、その菌が産生しているトキシンの種類と含有量によって決められるので、最終的には昆虫を用いた生物検定が重要になる。なお新規な *B.t.* 菌株の探索は

表-3 わが国で商品化されているB T剤の主な適用作物と適用害虫 (平成1年12月)

適用作物	適用害虫
キャベツ	コナガ, アオムシ, タマナギンウワバ, ヨトウムシ, オオタバコガ
はくさい	コナガ, アオムシ, ヨトウムシ
だいこん	コナガ, アオムシ
かぶ	コナガ
ブロッコリー	コナガ
チンゲンサイ	コナガ
トマト	ハスモンヨトウ, オオタバコガ
ピーマン	ハスモンヨトウ, オオタバコガ
なす	ハスモンヨトウ, オオタバコガ
レタス	オオタバコガ
おくら	オオタバコガ
すいか	オオタバコガ
いちご	ハスモンヨトウ
しそ	ハスモンヨトウ
にんにく	ネギコガ
やまのいも	ヤマノイモコガ
たばこ	タバコアオムシ, ヨトウムシ
りんご	ハマキムシ類, ヒメシロモンドクガ, アメリカシロヒトリ
おうとう	ハマキムシ類
かき	カキノヘタムシガ, イラガ類
茶	チャノコカクモンハマキ, チャハマキ, ヨモギエダシャク, チャノホソガ
ストック	コナガ
きく	ハスモンヨトウ, オオタバコガ
さくら	アメリカシロヒトリ, モンクロシャチホコガ, トビモンエダシャク
プラタナス	アメリカシロヒトリ
つばき	チャドクガ, ドクガ類, トビモンオオエダシャク
さざんか	ドクガ類
さつき	ベニモンアオリンガ
つつじ	ベニモンアオリンガ
スタジイ, ヒサカキ, フェニックス・ロベレニー	トビモンオオエダシャク
芝	スジキリヨトウ, シバツツガ, タマナヤガ

現在も各国で活発に行われており、その都度新しいセロタイプが追加される。表-2のセロタイプは26までしか示していないが、1996年にはすでに55に、1999年には70近くまでに増加している。

3. B T剤の適用害虫

わが国で使用されているB T剤の適用害虫は商品によって多少異なるが、主な対象害虫は共通し

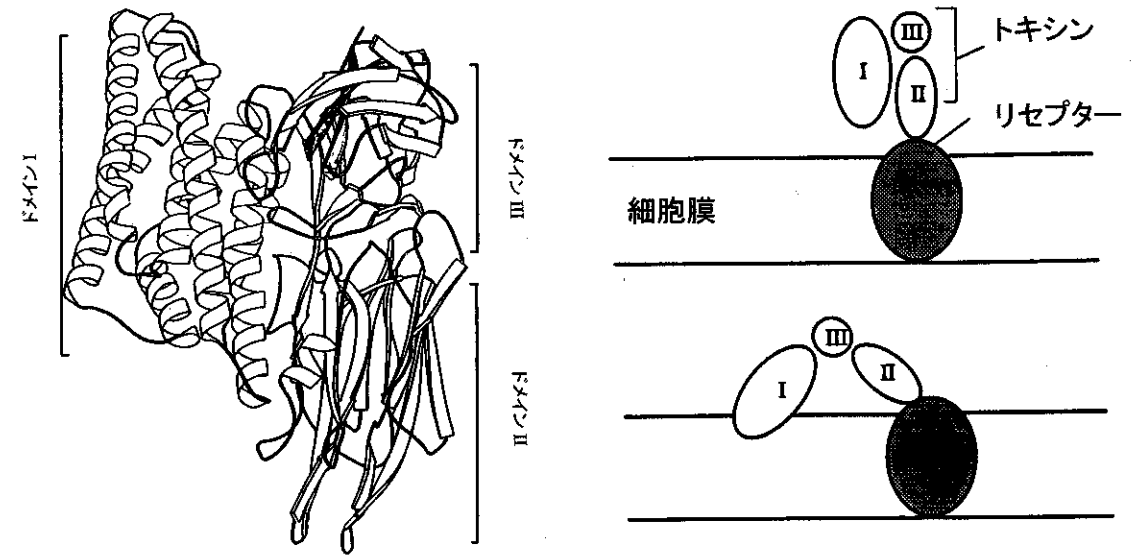


図-2 活性化トキシンの3次元構造 (YAMAMOTO & POWELL, 1993)

ているので、表-3には最大公倍数的に適用作物と適用害虫を示した。葉菜類ではコナガやアオムシが主体で、ほかにヨトウムシ類やウワバ類にも有効である。果菜類では最近問題になっているオオタバコガにも適用が拡大されている。果樹ではハマキムシ類、ドクガ類やイラガ類にも有効であるが、茶ではこの他エダシャクにも適用が認められている。緑化木ではドクガ類やケムシ類、その他、花卉類や芝のりん翅目害虫の防除にも適用が認められている。諸外国ではマイマイガなどの森林害虫の防除にも大面積で使用されている。

B T剤の剤型は通常水和剤タイプが多いが、最近の製剤は粉立ちが少なく、かつ、水に懸濁しやすい顆粒タイプやフロアブルタイプが多くなっている。使用濃度は対象害虫によっても異なる。多くは1000~2000倍希釈で使用されるが、ヨトウムシ類には400~1000倍希釈が勧められている。

4. B T剤の殺虫メカニズム

B T剤の主要な殺虫成分は結晶性の蛋白トキシシンであるが、このトキシシンが摂食によって昆虫の

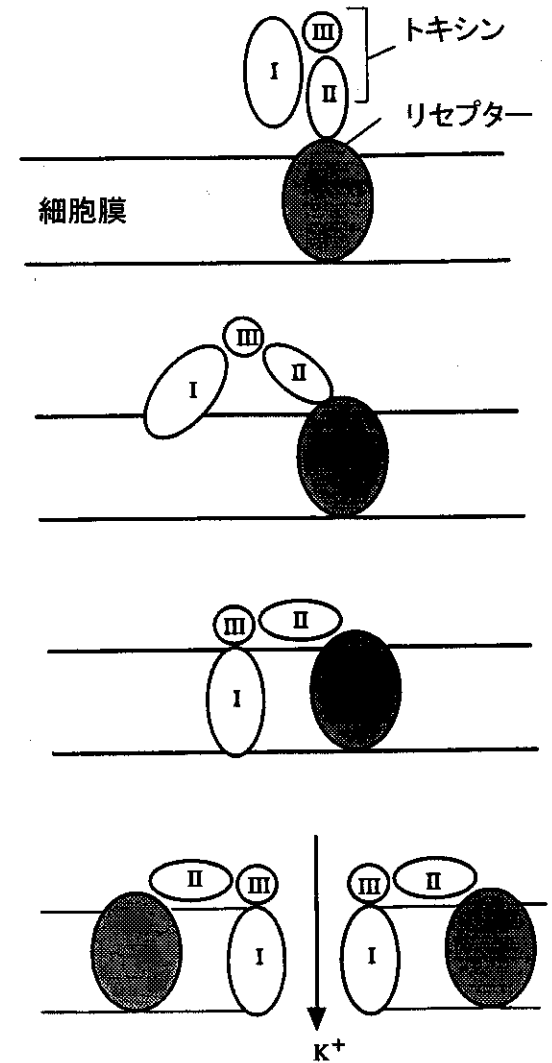


図-3 トキシシンの殺虫機構のモデル (YAMAMOTO & POWELL, 1993)

口から取り込まれると、中腸内の消化液で可溶化され、さらに蛋白分解酵素(プロテアーゼ)によって部分的に切断されると、はじめて殺虫活性をもつトキシシンになる。それ故、活性化される前のものをその前駆体(プロトキシシン)と呼ばれている。活性化されたトキシシンは中腸の上皮細胞(とくに円筒形細胞)の表面にある微絨毛の特定部位(レセプター)に結合し、トキシシン分子が4~6個集合すると分子の一部が束になって細胞膜に陥入し、その場所に細い孔を形成する。つづいて細胞膜の

イオン調整機能に異常が生じ、細胞が膨潤し、やがて崩壊するとされている。また、中腸の細胞組織の一部が損傷されるとその陥没部を通して腸内細菌が血体腔(体液)へ流れ込み、そこで菌の異常増殖がおき、最終的には体液が黒くなる敗血症状を呈して死に至るとされている。活性化された蛋白トキシンの分子の大きさは通常約60KDa(分子量約60,000)になる。構造的にはどの*B.t.*トキシンも類似しており、図-2に示すようにトキシン蛋白のアミノ酸配列のN端から大きく3つの部分に分けられ、それぞれをドメインI、II及びIIIと呼ばれている。トキシンの構造と細胞膜の結合の想定されている過程を模式的図-3に示した。細胞表面と結合するのはドメインIIが、細胞膜に陥入するのはドメインIで、この部分が4~6個が集合して細胞膜に陥入して細孔を形成する。

そして、ドメインIIIは全体的な構造を維持するのに必要な部分と考えられている。細胞膜に細孔ができると消化管からK⁺イオンの急激な流入が生じ、細胞内のイオンバランスに異常をきたし、細胞崩壊につながるとされている。

B.t. 菌は前述したように菌体の増殖後期に孢子と結晶性蛋白トキシンを同時期に形成する。この生孢子を単独で昆虫へ与えても殺虫活性は全く見られないが、発芽と増殖の条件を整えば、菌の増殖に伴い、トキシンが再産生されるので間接的に孢子は殺虫活性を有することになる。また、トキシンと同時に生孢子を昆虫に与えると、死亡に至るまでの時間が早くなったり、また、殺虫活性が高まると報告されている。その作用の発現には孢子の発芽と菌の増殖が必要と思われる。これらのことから、BT製剤の殺虫成分としてトキシンと生孢子の両方を有効成分とする考え方がある。製剤中にトキシンと生孢子を含むBT剤を以前は生菌製剤とし、製剤中にトキシンのみまたはトキシンと死滅した孢子を含むBT剤を死菌製剤として区別していたが、効力及び安全性にとくに大差のないことから最近では特別な場合を除いて区別

せず一括してBT剤としている場合が多い。しかし、農薬登録の際に生菌製剤は有効成分としてトキシンと孢子を合わせて10%に、死菌製剤の有効成分はトキシンとして7%にすべて統一された表示になっている(表-1)。この表示方式は実際の製剤中のトキシン含有量を正確に反映していない点で異論はあるが、製品のラベルに記載された使用方法に従って利用すれば実用上は問題がない。

5. BT剤の特性(長所と短所)

一般に生物農薬の特長は化学農薬と比較して1)人や動物に対する安全性が高い、2)自然環境や農業生態系に及ぼす影響が少ない、3)害虫の薬剤抵抗性の発達が少ないなどが挙げられる。BT剤についてもこれらの利点を有するし、さらに、他の生物農薬に比べ大規模生産や製品の保存安定性にもすぐれ、使用方法も簡便で、かつ、従来の化学農薬との混合も可能な場合が多いなどの特性がある。しかし、化学農薬に比べて劣る点もあるので使用に当たってはBT剤の特性を十分把握しておくことが肝要である。以下にBT剤の主な長所と短所について述べる。

1) 人や動物に対する安全性が高い

B.t. 菌は昆虫病原菌として懼れ昆虫の死体から最初に分離された経緯もあり、昆虫以外の人や動物には毒性を示さず、*B.t.* 菌は好気性細菌であるので哺乳動物の腸内のような嫌気的条件下では増殖できない性質も、人を含めて哺乳動物への安全性の高い理由とされている。

2) 対象害虫への殺虫選択性が高く、天敵への影響が少ない

B.t. 菌の産生する蛋白トキシンは昆虫へ経口的に摂取され、消化液中で活性化されて初めて殺虫活性を有するので、BT剤は典型的な食毒タイプの殺虫剤である。それ故、寄生性昆虫や、捕食性昆虫などの天敵への直接的影響は少ない。また、

トキシンの殺虫活性は昆虫の種類によっても大きく異なり、いままでにりん翅目、双翅目及び甲虫目害虫の特定の種類に対して殺虫活性を示すが、他の目の害虫や同じりん翅目でも種類によっては殺虫活性が異なることが多いので、防除対象とする害虫の種類の確認が重要になる。

3) 化学殺虫剤に抵抗性を示す害虫にも有効である。

化学殺虫剤の主な作用点は昆虫の神経系やキチン合成系であるが、BT剤はこれらと大きく異なり、消化管の中腸細胞に作用するので、既存の化学殺虫剤に抵抗性を示す害虫に対しても薬剤抵抗性に交差関係がなく殺虫効果を発揮する。また、化学農薬の作用点が比較的単純であるの比べ、BT剤のそれは複雑で、殺虫作用の発現までに多くの段階が考えられることもあり、そのことがBT剤に対する害虫の抵抗性の発達が今までで少ない理由とされてきた。しかし、抵抗性の事例が野外的コナガで報告されて以来、BT剤に対する抵抗性の発達も起こりうることを示されているので、実際の使用にあたっては過度の連用は避けなければならない。

4) 大量生産が容易である

B.t. 菌は比較的培養が簡単である。培地として農業作物の収穫後の残渣なども利用できるし、増殖が早いので培養時間も短く、化学農薬に比べると原料が安価で、製造工程も短い利点がある。また、化学農薬は原料として石油資源を使用しているが、BT剤は再生可能な農業資源を利用でき、かつ、製造工場の周辺環境への公害問題も少ないという利点がある。

以上の様に、BT剤は化学農薬に比べて安全性や生産性で有利な性質もある反面、以下に述べるように実際の害虫防除への利用にあたって不利な点もあるので、使用に当たってその特性を十分把握

しておくことが重要である。

1) 殺虫スペクトルが狭い

BT剤の殺虫活性は防除対象の害虫の種類が限定されるので、化学殺虫剤に比べると殺虫スペクトルが狭い。りん翅目に有効なBT剤はウンカ、ヨコバイ、アブラムシ、コナジラミ、カイガラムシ類などの半翅目やスリップスなどのアザミウマ目の害虫には全く殺虫活性を示さないし、同じりん翅目でもBT剤の殺虫効果が低い種類もある。また、食毒剤としてのみ作用し、昆虫の皮膚浸透性や、植物に対する浸透移行性はないので、茎葉内で加害する害虫に対する防除効果は期待できない。

2) 殺虫効果が遅効的である。

BT剤は経口的に摂取されて、昆虫の消化管内で活性化トキシンに変換されてはじめて殺虫効果を発揮するので、死亡に至るまでに一定の日数が必要になる。それ故、昆虫の皮膚から浸透できる多くの化学殺虫剤に比べると殺虫効果の発現が遅く、通常は死亡までに投与後2~3日を要する。また、害虫の種類によっては連続して3日以上摂食しないと死に至らない場合もある。しかし、トキシンを摂取した害虫は死亡に先だって摂食活動を停止するので、作物の被害は低く抑えられる場合が多い。

3) 残効性が短い

BT剤の有効成分のトキシンは蛋白質であるので、太陽光、とくに紫外線に当たると蛋白に変性が生じ、殺虫活性の低下しやすい性質がある。それ故、野外で散布された植物体上ではBT剤の効果期間の短いことが欠点である。BT剤に対して感受性の低い害虫の場合にはさらに残効期間が短くなる。一方、紫外線の弱い季節や、紫外線がカットされる施設内栽培においては、トキシン蛋白は比較的安定であり、BT剤の効果期間も長くなる。しかし、植物への浸透移行性がないので散布後に

成長した部位では殺虫効果が期待できない。

4) カイコに毒性がある

りん翅目のカイコはB T剤に比較的感受性の高い昆虫である。日本の研究者、石渡博士によって1901年に世界で初めて*B.t.*菌が分離されたのはカイコの病死体からという歴史的経緯がある。かつ、養蚕国である日本ではB T剤を害虫防除に利用する上でカイコに対する毒性が長く問題にされてきた。カイコに毒性の少ないB T剤も開発されたが、それでも安全使用期間は15~30日前後であるので、使用にあたっては桑園の近くでの散布には注意が必要である。

6. B T剤の今後の課題と展開について

以上述べてたようにB T剤は化学農薬に比べて優れた点も多いがまだ改良すべき点もある生物農薬である。近年、環境に対する負荷の少ない環境保全型農業を目指して各国で研究がすすみ、生物農薬の利用が熱心に進められているが、一方では、人口の増加に伴い、食料不足の危機が心配される中、化学農薬なしには安定した農業生産が進められないのもまた現実である。化学農薬の効能や役割を認めながらも、それにすべてを頼ることなく、

自然生態系の持つ活力、とくに、天敵の役割を評価し、それを積極的に保護・活用して、総合的に害虫を管理するというIPM(総合的害虫管理)の思想はこれから進むべき害虫防除の方向であることは多くの専門家の間で異論はない。B T剤は天敵に対する影響が少なく、人や環境に安全性の高いことから、IPM推進に適合した防除手段のひとつと考えられている。また、*B.t.*トキシンが蛋白質であるから、遺伝子工学技術を応用してトキシン遺伝子を作物に導入して耐虫性作物を作出することにも成功している。すでに諸外国では、綿、トウモロコシ、ジャガイモなどで大規模な組換え農作物が栽培されている。安全な農作物の安定的生産と自然環境に適合し、持続可能な農業を目指す防除体系のなかで、今後もB T剤は有力な害虫防除手段のひとつであると期待されている。

主な参考文献

鮎沢啓夫(1978)わが国における *Bacillus thuringiensis* 製剤の開発と利用, 発酵工学, 56:676~683.
 岩花秀典(1988)細菌利用による害虫防除, 遺伝, 42:6~10.
 飯塚敏彦(1990)微生物農薬と環境保全, BIO INDUSTRY, 7:48~55.

減農薬松くい虫予防の可能性を追って

松原 功*

I. はじめに

私事で恐縮であるが、1999年4月の異動で、私は32年間勤務した千葉県林業試験場を離れ、森林保護担当の林業専門技術員として行政に出ることになった。林業試験場時代もちろん主として森林保護を担当してきたが、丁度それは本県においても「松くい虫」被害が県南部に限定されていた時期(勃興期)から全県に広がり(最盛期)、そして、マツ林が内陸部ではほとんど姿を消した時期(終焉期)に当たっていて、松くい虫問題に明け暮れし今日に至っている。今回、執筆の機会をいただいたが、これら全期間を話題とするのは準備不足で到底出来ないので、最近の10年間で大きな話題になった千葉県の「ゴルフ場等の無農薬管理宣言」(1990年)から端を発して、千葉県農林水産部が重点課題として取り上げている「環境保全型農林業技術開発研究事業」(1993~2002年度)の中から筆者が担当した一つ「忌避剤を利用したマツノマダラカミキリ後食防止試験」の結果についてお話したい。

II. 千葉県の地勢と無農薬管理宣言の背景

千葉県は関東平野の東南部に位置する半島(房総半島)で、面積は約51万ha、県北部は海拔20m~40mの台地(両総台地)、県南部は150m~400

mの丘陵地(房総丘陵)で、高低差が少なく、また、年平均気温は、13~16℃で自然環境が「松くい虫」の防波堤になる可能性は全くない。

千葉県の森林面積は県土の約1/3であり、1998年度現在のマツ林面積は3,722haで全森林面積(165,113ha)の約2%となっているが³⁾、1979年には35,856haで全森林面積(171,091ha)の約21%を占めていた²⁾。そして、そのマツのかなりの部分は一斉林、もしくはマツ-スギ二段林の形で県北部に分布していた。

一方、千葉県は都心からの距離が最も遠い所でも100kmで、大部分は60km圏に入っているのと、1960年代から東京湾岸の臨海埋立地に続々と工場が進出、京葉臨海工業地域を形成するに伴って人口が増加し、それに伴って、特に、県北西部の林地開発が急速に進み、マツ林に隣接する形で住宅地が続出した。その結果、薬剤散布によるトラブルは1970年代後半から起り、県は次第にその対策に頭を悩ますようになる。因みに千葉県林業試験場は1964年の創立であるが、1975年にはすでに無農薬による松くい虫防除法の開発の要望が出されていた。それに基づいて、特に、被害木の除去を含む物理的防除法を中心に無農薬による防除法の開発を薬剤による防除法の開発と並行して行ってきたが⁴⁾、発生源対策では事業化できた[1981年度(昭和56年度)から全国に先駆けて被害木の林外搬出・破砕処理事業を実施、1982年度(昭和57年度)から国庫補助事業に昇格]ものの、被害の終息は予防では無理であった。1990年の

* 千葉県農林水産部林務課

MATUBARA Isao

「ゴルフ場等の無農薬管理宣言」は薬剤対応を十分行ってきたにもかかわらず、なお治まらない松くい虫被害に業を煮やした薬剤散布反対運動に抗し切れず対応した結果とも言える。

Ⅲ. 環境保全型研究事業

1990年の「ゴルフ場等の無農薬管理宣言」はそれだけでは収まらず、農林業においても、過剰な化学農薬散布、化学肥料の散布の見直しをせまられることになり、県は、1993年、農林部（当時）の重点課題として「環境保全型農林業技術開発研究事業」（第1期 1993～1997年度 第2期1998～2002年度）を発足させ、水稻、野菜、林業の3プロジェクトチーム（のちに果樹が加わり4プロジェクトチームになる）で、当面、化学農薬、化学肥料の30%削減を目標に技術開発を行うことになった。林業では松くい虫に化学農薬を使用しているため、防除事業の現場では、化学農薬の30%削減が当面の技術開発の目標とされる一方、ゴルフ場、県立公園などのマツに対しては無農薬が目標とされ、当初から2面性をもつ目標設定になった。

林業プロジェクトチームの主な研究課題は次のとおりである。

1. 木炭及び木酢液を土壌施用したマツの松くい虫抵抗性試験
2. マツノサイセンチュウ抵抗性マツの抵抗性評価
3. マイクロカプセルMEP剤による松くい虫防除試験
4. 忌避剤を利用したマツノマダラカミキリ後食防止試験
5. 天敵微生物を利用したマツノマダラカミキリ防除試験

Ⅳ. 忌避剤を利用したマツノマダラカミキリ後食防止試験

「ゴルフ場等の無農薬管理宣言」は大変きびし

く、ゴルフ場や公園緑地の松くい虫防除では、物理的防除、忌避剤及び天敵利用による防除以外の対応は一切認めないと言う内容であり、現在も変わっていない。しかし、松くい虫の予防を考えた場合、物理的防除や天敵利用では差し当たり見通しが立たなかったため、忌避剤に取り組むことになった。

1. 忌避物質のスクリーニング

1) 目的

臭いや摂食阻害などの忌避的方法でマツノマダラカミキリの後食防止が可能かどうか検討する。

2) 調査方法

1993年9月2日～10月6日にかけて、ニラ等15種類の物質と木酢液等7種類の物質を、前者は臭いによる忌避効果、後者は摂食阻害による忌避効果を測定するために、マツ枝（長さ28～40cm、太さ0.5～1.7cm）に巻き付ける、あるいは塗布したあと風乾して網かご（24cm×30cm×37cm）に入れ、それぞれ5頭のマツノマダラカミキリ成虫を放虫して7日間飼育、後食量（面積）を調査、後食指数（無処理区の後食量を100とした場合の割合）を算出して各物質の効果を比較した。

3) 結果及び考察

臭いでは有効なものは認められず、マスキングは大変難しいことが分かった。しかし、摂食阻害では、重曹（重炭酸ナトリウム）やバイオコート（1-メトキシ 2プロパノール外6種混合物）などの物質に効果が認められたので、摂食阻害の効果のある物質を探すことにした（表-1）。

2. 摂食阻害物質を利用したマツノマダラカミキリ後食防止試験

1) 目的

1で効果を発揮した重曹とバイオコートについて実用化に向けた試験を行う。

2) 調査方法

① 各薬剤の施用濃度と死虫率、葉害の有無の関係

1994年8月6日、千葉県林業試験場の構内

表-1 臭い及び摂食阻害による忌避効果（1993）

物質名	処理方法	同室の供試枝の組合せ	
		全処理 (処理 4)	* 1/2処理 (処理 2 無処理 2)
[臭い]			
1. ニラ	刻んで寒冷紗で巻付け	(+) 120	(-) 98
2. スギ葉	〃	(-) 65	(+) 166
3. パラゾール (1)	寒冷紗で巻付け	(-) 67	(-) 9
〃 (2)	〃	(-) 43	(-) 65
4. ニンニク	刻んで寒冷紗で巻付け	(+) 114	(-) 51
5. タマネギ	〃	(-) 98	(+) 179
6. サンショウの葉	〃	(+) 120	(+) 138
7. ドクダミの葉	〃	(+) 120	(-) 58
8. スギ木粉	寒冷紗で巻付け	(-) 64	(-) 93
9. 石油 (灯油)	破布に含浸寒冷紗で巻付け	(-) 23	(-) 86
10. デイート (1)	塗布 (全面)	(+) 108	(-) 31
〃 (2)	〃	(-) 88	(-) 0
11. カレー粉	少量の水で溶かして塗布	(-) 88	(-) 88
12. トウガラシ (+小麦粉)	〃	(-) 95	(+) 552
13. 重曹 (重炭酸ナトリウム)	〃	(-) 54	(-) 85
14. カラシ	〃	(-) 62	(-) 72
15. ワサビ	〃	(-) 61	(-) 61
16. 無処理区	—	100	100
[摂食阻害]			
1. 木酢液	塗布	(-) 28	(-) 40
2. 化成肥料 (丸林特号)	少量の水で溶かして塗布	(-) 2	(-) 0
3. 石油 (灯油)	塗布	(-) 43	(+) 121
4. シャンプー	〃	(-) 1	(-) 5
5. 重曹 (重炭酸ナトリウム)	少量の水で溶かして塗布	(-) 1	(-) 0
6. 石鹸 (廃油石鹸)	枝にこすりつける	(-) 17	(-) 4
7. バイオコート	塗布	(-) 0	(-) 0
8. 無処理区	—	100	100

*…同室の無処理区を100とした場合
(+)…後食指数が100を超えるもの
(-)… 〃 100未満のもの

の10年生マツ林のクロマツの枝葉に、重曹とバイオコートを表-2の濃度で散布し、風乾したあと枝葉を採取して網かご（24cm×30cm×37cm）に入れ、それぞれ10頭のマツノマダラカミキリ成虫を7日間放虫するとともに、散布後の葉害の発生の有無を調査した。

② 1か月後の後食指数

1995年9月21日、千葉県林業試験場の構内の苗畑の5年生クロマツ苗3本を1組として6区を設定し、寒冷紗を張った70cm×100

cm×150cmの枠で覆った。処理は、中央の苗木はそのままにして、両側の苗木はできる限り枝と主軸の袴を落とし、片方の木の枝と主軸の表面に、重曹とバイオコートの一方を、塗布し、風乾、もう一方はそのままにして、中央の苗木に各10頭のマツノマダラカミキリ成虫を放ち、31日間放虫してどちらの苗木により多くの成虫が飛来して後食するか調査した。

③ 1か月後の後食指数と枯死との関係

表一 2 摂食阻害物質の濃度と死虫率、薬害の有無 (1994)

薬剤	濃度	死虫率	薬害の有無
重曹	飽和水溶液 (約17%)	90%	針葉が黄変、枯死
	5%	30	〃
	2	30	変化なし
	1	0	〃
バイオコート	原液	100	針葉が黄変、枯死
	50%	40	〃
	20	20	葉の一部に褐斑
	10	0	変化なし

表一 3 摂食阻害物質の1か月後の後食防止効果 (1995)

薬剤	処理の有無	後食面積 (cm ²)			後食指数
		I	II	平均	
重曹	有	78.22	39.06	58.89	35
	無	119.86	214.62	167.24	100
バイオコート	有	46.92	21.54	34.23	17
	無	131.35	261.54	196.45	100
無処理	無	188.43	211.65	200.04	91
	無	172.11	268.38	220.25	100

後食指数…無処理区の後食面積を100とした場合の処理区の割合

1996年7月26日、②と同様の方法で9区を設定し、今度は硼酸とバイオコートを使い、1か月後の後食指数と枯死との関係を調査した。

3) 結果と考察

- ① 各薬剤の施用濃度と死虫率、薬害の有無の関係
重曹の飽和水溶液 (約17%)、バイオコー

表一 4 摂食阻害物質の1か月後の後食防止効果と枯死率 (1996)

薬剤	処理の有無	後食面積 (cm ²)				後食指数	枯死率 (%)
		I	II	III	平均		
硼酸	有	162.04	132.82	352.26	215.81	163	100
	無	218.78	37.16	140.71	132.22	100	67
バイオコート	有	106.83	85.45	114.11	102.13	40	17
	無	241.20	278.41	238.54	252.72	100	83
無処理	無	292.10	168.21	199.40	216.60	153	83
	無	147.66	179.36	98.48	141.83	100	67

後食指数…無処理区の後食面積を100とした場合の処理区の割合

ト原液では後食7日目の死虫率は90%~100%であったが、いずれも葉に著しい薬害を生じた。重曹2%、1%、バイオコート20%、10%液では薬害はほとんど生じなかったが、死虫率は0~30%であった (表一 2)。

② 1か月後の後食指数

1か月後の後食指数を比較すると、無処理の100に対してバイオコートは17、重曹は35で、いずれも効果が認められたが、バイオコートの方がすぐれた後食防止効果を示した (表一 3)。

③ 1か月後の後食指数と枯死との関係

1か月後の後食指数を比較すると、無処理の100に対して、硼酸は163、バイオコートは40でバイオコートは効果が認められたが、硼酸は認められなかった。枯損率では、硼酸が100%に対し、バイオコートは17%であった (表一 4)。

以上の結果から、バイオコートは塗布剤として針葉にかからないように塗布すれば、マツノマダラカミキリの後食防止に有効なことが分かった。しかし、塗布という方法は防除事業の現場では実用的でない。そこで、散布を前提として、既存の殺虫剤の中から摂食阻害作用のある薬剤に重点をおいた探索を試みた。

3. Y-20 (アセタミプリド20%液剤) によるマツノマダラカミキリ後食防止試験

表一 5 Y-20の試験結果 (1997)

供試剤	濃度	散布量	供試頭数	死虫率	後食個所数	後食面積	枯損率
Y-20	300倍	444cc/本	25頭	100%	3か所	8.63cm ²	0%
	1000	444	25	100	0	0	0
MEP(80)	180	444	25	100	0	0	0
無処理	—	—	25	16	631	693.08	60

表一 6 Y-20の試験結果 (散布8週間後) (1998)

供試剤	濃度	散布量	供試頭数	死虫率	後食個所数	後食面積	枯損率
Y-20	500倍	444cc/本	35頭	100%	1か所	1.30cm ²	0%
	1000	444	35	100	9	10.13	0
MEP(80)	180	444	35	100	17	13.19	0
無処理	—	—	*25	28	1384	1146.37	88.9

* 5週間放虫

1) 目的

マツノマダラカミキリ成虫に対して高濃度では殺虫効果、低濃度では摂食阻害効果を示すアセタミプリド剤を主剤としたY-20剤のマツノマダラカミキリ後食防止効果を社団法人林業薬剤協会の協力を得て調査した。

2) 方法

① 材料

5年生クロマツ
樹高 112.4cm~135.4cm
根本径 3.6cm~2.3cm

② 供試剤

Y-20 (一般名 アセタミプリド20%)
500倍液
〃 1000倍液
スミパイン80乳剤 (一般名MEP 80%)
(対照薬剤) 180倍液

③ 試験期間

第1回 1997年7月14日~11月30日
第2回 1998年6月1日~11月30日

④ 調査方法

各年の4月、千葉県林業試験場構内の苗畑の5年生クロマツ9~10本を1組として4区の試験区を設定し、1997年は7月14日に所定の供試剤を散布、翌日、各区に寒冷

紗を張った3.0m×3.0m×2.25mの枠を設置し、7月16日から毎週5頭のマツノマダラカミキリを5週間に渡って放虫 (累積放虫数25頭)、薬害、死虫率、後食個所数、後食面積を調査、同年11月に各区の枯損率を調査した。また、1998年は6月1日に散布、同様に枠を設置し、6月8日から毎週5頭のマツノマダラカミキリを7週間に渡って放虫 (累積放虫数35頭)、同様に調査した。

3) 結果及び考察

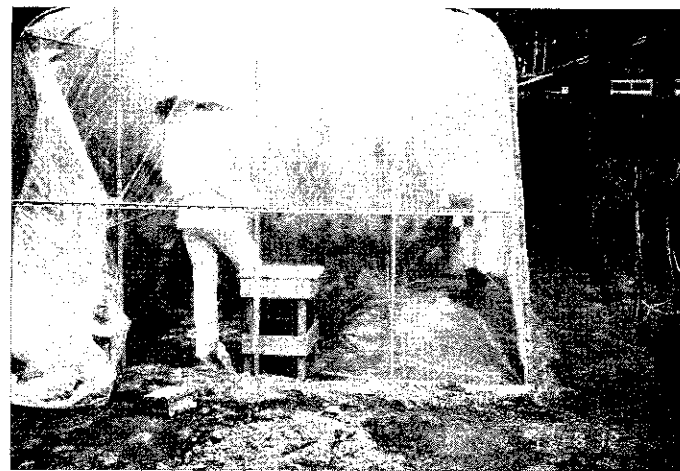
Y-20 500倍区、1000倍区とも、散布後8週間までは、死虫率100%、後食個所数、後食面積ともほとんど差がなく、スミパイン80乳剤 (対照薬剤) 180倍液 (現在防除事業に使用されている濃度) ともほとんど差がなかった。その結果としてこれらの区では、いずれも枯損率は0%であった (表一 5、表一 6)。また、Y-20 500倍区、1000倍区ともマツに対する薬害は全く認められなかった。これらのことから、Y-20 1000倍、年1回の散布でも松くい虫の予防には十分と思われた。農業登録では年2回散布で登録されているが、本試験での結果を見る限り、年1回でも予防効果は十分であると思われる。



写真—1 忌避物質のスクリーニング試験
マツ枝に所定の物質を塗布または巻付けマツノ
マダラカミキリ成虫を放虫して後食量を比較
(写真はパラゾールの場合)



写真—2 摂食阻害物質を利用した後食防止試験
マツ苗に摂食阻害物質を塗布して成虫を放虫し
後食量, 枯損率を比較



写真—3 Y-20 によるマツノマダラカミ
キリ後食防止試験
薬剤散布後, 成虫を放虫, 死亡率,
後食量, 枯損率を比較

V. おわりに

千葉県において「ゴルフ場等の無農薬管理宣言」
が出た背景及びそれに続く農林水産部の環境保全
型研究事業の一環として実施されてきた, 忌避剤
を利用したマツノマダラカミキリ後食防止試験に

ついて述べてきたが, 本研究事業開始当初, 不可
能と考えられていた防除事業での投薬量の30%削
減もマイクロカプセル MEP剤を使用することによ
り25%の削減が可能になり⁵⁾, 1998年度(平成
10年度)より県単事業で実用化している。また,
忌避剤も摂食阻害という方向を目指せば現実味を

帯びて来ることが, Y-20などの試験結果で明らか
になったと考えられる。在来のマツにはマツノ
サイセンチュウに対する抵抗性のないものがほと
んどである現在, 松くい虫の防除に化学農薬の使
用は不可欠であるが, 現状に甘んじていて改善の
努力を怠れば, さらに強い反動がくることは想像
に難くない。さらに一層の努力が要望されている
所以である。

最後に, 環境保全型研究事業の遂行に当たって
種々ご協力いただいた方々に深謝し, 稿を閉じる。

引用文献

- 1) 阿部 豊・中村一美・高橋英光・波多野連平・田
中康詞・松原 功・田畑勝洋: アセタミプリド剤
のマツノマダラカミキリ後食防止効果, 日林論 109,
285~286, 1998.
- 2) 千葉県農林部林務課: 昭和54年度林業統計書, 1980.
- 3) 千葉県農林部林務課: 平成10年度林業統計書, 1999.
- 4) 松原 功: 千葉県における松くい虫被害木の物理
的防除試験例, 森林防疫 42(11), 13~16, 1993.
- 5) 松原 功: マイクロカプセル剤による松くい虫防
除, 千葉の植物防疫 75, 9~11, 1996.

〔ご案内〕

改訂 林木・苗畑の病虫獣害

——見分け方と防除薬剤——

林木と苗畑の主要病害や害虫・害獣を対象として, その被害の見分け方, 生態などをわかり
やすく解説し, それぞれの防除方法と登録された薬剤の名前と使用方法をあげてあり, 病虫獣
害と防除薬剤を関連させた特色のある図書であります。また, 農薬についての知識も平易に記
載されております。

平成8年2月20日初版の第1刷とその後増刷を発行し, 多くの関係各位にご利用いただきま
したが, 増刷分の在庫もなくなり, ご不便をお掛けしました。このたび, 初版後, 病虫獣害に
よって登録薬剤の変動(新規の登録または取り止め)を加えて改訂版を刊行いたしました。

森林保護に従事されている人はもちろん, 樹木に関係されている方々にも, きっとお役に立
つと思います。

内 容: I 樹木の病虫害	II 苗畑の病虫害
III 伐採地・貯木場などの伐倒木の虫害	IV 林木の鳥獣害
(付) 栽培きのこ類の登録薬剤一覧表	
A-5版 118ページ(索引含む) 写真—64 表—27(領価1,000円 送料実費)	

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

☎ 03-3851-5331 FAX 03-3851-5332

殺虫剤の有効成分—ピレスロイドについて

中山幸治*1・勝田純郎*2

1. 天然除虫菊花及びピレスロイド

殺虫剤の有効成分の種類は、有機塩素剤、有機リン剤、カーバメート剤、ピレスロイド剤などがあるが、有機塩素剤は残留毒性のため使用禁止となり、今日では農業、林業用途において、主に有機リン剤、カーバメート剤及びピレスロイド剤が使われている。これに対し、家庭用殺虫剤の分野では、対象害虫が衛生害虫（蚊、ハエ、ゴキブリ、ノミ、ナンキンムシ、イエダニ、シラミ、屋内塵性ダニ類）であるか、あるいは不快害虫（アリ類、ハチ、ユスリカ、ケムシ、シロアリ、イガ類など上記衛生害虫の範疇に含まれないもの）であるかによって法的に区別され、使用される有効成分の種類も異なっている。すなわち、前者の衛生害虫対象の家庭用殺虫剤は、薬事法の管掌下にあり、その安全性、有効性及び品質が厳しく規制されることから、有効成分としてはピレスロイド剤が90%以上を占めている（図-1）。一方、後者の不快害虫用殺虫剤については、生活害虫防除剤協議会自主基準に基づいているものの直接許認可を司る法律はなく、屋内で使用するには安全性の点で問題のある有機リン剤やカーバメート剤も少なからず使用されている。最近、従来屋外での使用が主体であった不快害虫用殺虫剤を安易に屋内に持ち込むことも見受けられるが、安全性に対する十分な確認を伴わない限り慎むべきであると考え。

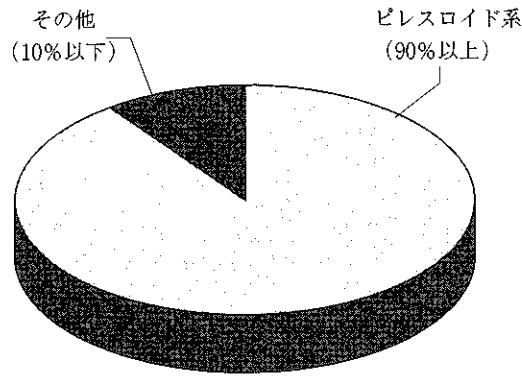


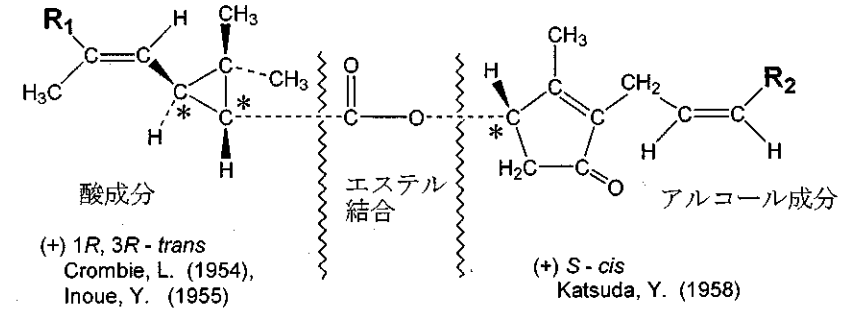
図-1 衛生害虫用製剤の有効成分比率

「ピレスロイド」とは除虫菊（シロバナムシヨケギク）の花に含まれる殺虫成分、ピレトリン類及びこれと化学構造のよく似たピレトリン類似の合成化合物の総称で、極めて微量で昆虫に対して速効性である一方、温血動物の体内では速やかに解毒されるため、安全性が高いという、まさに家庭用殺虫剤の有効成分として理想的な特徴を有している。

除虫菊の原産地はユーゴスラビアのダルマチア地方で、原産地の住民は既にこの植物の性質を知っていて、粉末として利用していたようである。日本に除虫菊が渡来したのは1885年（明治18年）で、大日本除虫菊株式会社の創業者である上山英一郎が米国人H.E.アモア氏から除虫菊の種子を手に入れたのが最初である。それから現在に至るまで、実に115年以上もの歳月が経った。除虫菊は日本の風土に適したので栽培地域は年々広がり、明治30年頃のピーク時にはその栽培面積は3万ヘクタ-

*1 大日本除虫菊株式会社
*2 同社

NAKAYAMA Koji
KATSUDA Yoshio



Compound	R ₁	R ₂	%
1 Pyrethrin - I	-CH ₃	-CH=CH ₂	38
2 Pyrethrin - II	-COOCH ₃	-CH=CH ₂	30
3 Cinerin - I	-CH ₃	-CH ₃	9
4 Cinerin - II	-COOCH ₃	-CH ₃	13
5 Jasmolin - I	-CH ₃	-CH ₂ CH ₃	5
6 Jasmolin - II	-COOCH ₃	-CH ₂ CH ₃	5

図-2 天然ピレトリンの化学構造

ル、花の収穫は13,000トンと世界一を誇り、日本の特産品として世界産額の70%を占め、輸出農産物の花形となった。やがて、除虫菊の有効成分の化学構造の解明を基礎として新しい合成ピレスロイドが次々と発明され、現在は殆どの殺虫剤において天然ピレトリンに代わって合成ピレスロイドが使用されるようになった。

今や、ピレスロイドは家庭用のみならず、農業分野においても世界で使われる全殺虫剤の3分の1を占め、なお増加の傾向を示している。

2. ピレスロイドの化学と家庭用殺虫剤への応用

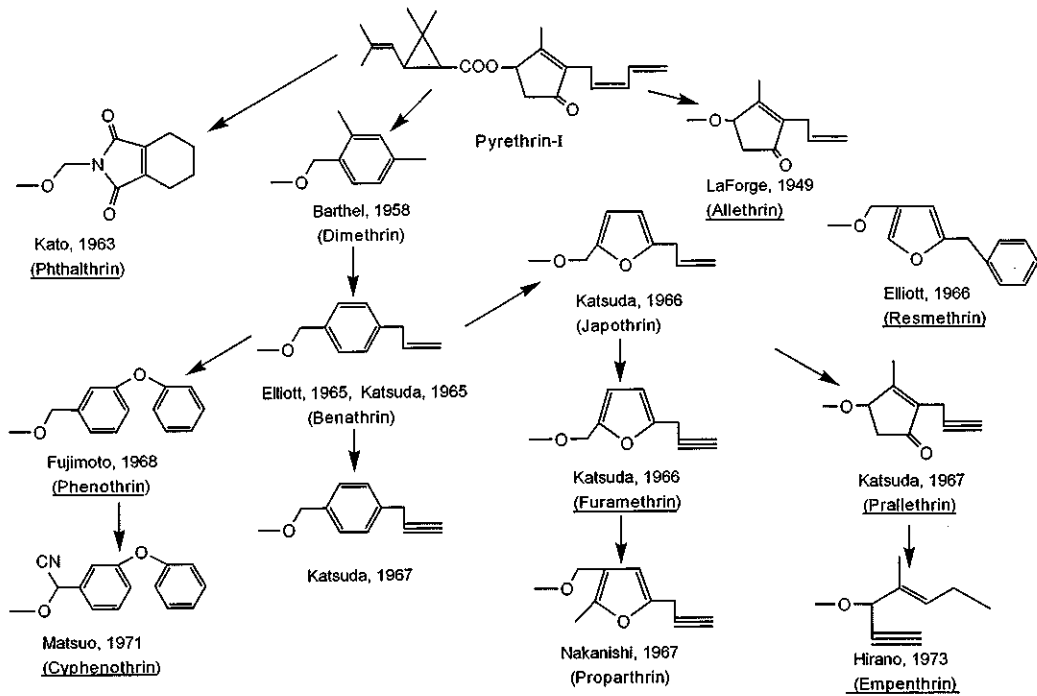
除虫菊の有効成分ピレトリン類に関する化学の研究は1910年頃から始められた。除虫菊に含まれる殺虫成分は、図-2に示すようにピレトリン(Pyrethrin) I, II, シネリン(Cinerin) I, II, 及びジャスモリン(Jasmolin) I, IIの6種であり、その絶対構造は1958年に著者(勝田)によって明らかになった。これらの研究成果はその後のめざましい合成ピレスロイドの開発の基

礎となった点で大きな意義がある。

ピレスロイドは酸成分とアルコール成分からなるエステル系化合物で、図-3の開発系統図に示すように現在家庭用殺虫剤に使用されている有効成分の殆どはアルコール成分の改変により生まれたものである。

また、表-1は9種のピレスロイドの特長と主な用途を示した。別の面から見れば、これらは家庭用殺虫剤の種々の剤型を開発する過程において、より適した性質のピレスロイドが必要とされたことから研究が進められたといえる。

例えば天然除虫菊は日本に紹介された当時は粉末として使われていたが、蚊取線香が発明されてからは主として蚊取線香の成分として用いられた。蚊取線香の燃焼部の温度は800℃にも達するが、アレスリン(Allethrin)は天然除虫菊の有効成分のピレトリンに比べて熱に対する安定性が高いため蚊取線香に適し、天然除虫菊に代わり広く使われるようになった。フタルスリン(Phthalthrin)はピレトリンよりも優れた速効性を持ち、一方レスメトリン(Resmethrin)は卓越した致死効果



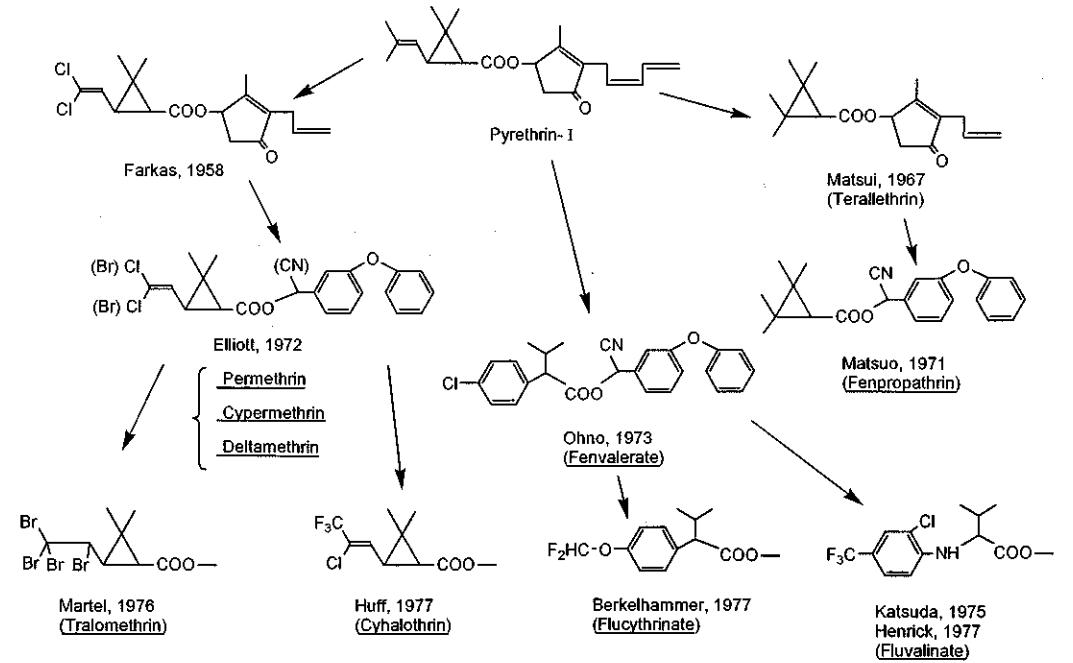
図一三 合成ピレスロイドの開発系統図 (アルコール部分の改変)

表一 実用化されているピレスロイドと主な用途

一般名	商品名	特長	主な用途
ピレトリン(除虫菊)	ピレトリン	速効性	蚊取線香, エアゾール, 粉剤
アレスリン	ピナミン	熱安定性	蚊取線香, 電気蚊取
フトルスリン	ネオピナミン	速効性	エアゾール
レスメトリン	クリスロン	致死効果	エアゾール
フラメトリン	ピナミンD	加熱揮散性	電気蚊取
フェノトリン	スミスリン	残効性	粉剤, 乳剤
ペルメトリン	エクスミン	残効性	ゴキブリ用エアゾール, 燻煙剤, 乳剤
エンベントリン	ペーバースリン	常温揮散性	衣料用防虫剤
プラレトリン	エトック	加熱揮散性	電気蚊取

を示すのでエアゾール剤にはこれらの2成分を混用したものが多。また、電気蚊取は発熱体の温度が150~170℃で、蚊取線香の燃焼部の温度に比べて低いため、アレスリンより低温で揮散するピレスロイドが要求され、蒸気圧の高いフラメトリン(Furamethrin)が著者(勝田)によって発明された。更にゴキブリなどの駆除用として、従来

のピレスロイドより残効性の高いフェノトリン(Phenothrin)やペルメトリン(Permethrin)が生まれ、また、パラジクロロベンゼン、ナフタリン、樟脳に代わる衣料用防虫剤として常温で揮散するピレスロイド、エンベントリン(Empenthrin)が開発されたのである。なお、著者(勝田)によって発明されたプラレトリン(Prallethrin)は近



図一四 合成ピレスロイドの開発系統図 (酸部分の改変)

年商品化されたが、フラメトリンと同様、その基礎殺虫効力がアレスリンより著しく高く、注目されている。

図一四は、アルコール成分を化学的に安定なフェノキシベンジルアルコールにして、酸成分を種々に改変したピレスロイドの開発経過を示したものであり、主として農業用途に使用されている。

また、上記ピレスロイドはオフィス、公共施設などパブリックスペースで使う防疫剤、また牛舎や豚舎、鶏舎などで使う病害虫対策の殺虫剤など環境衛生用途にも使用されている。

3. 農業用ピレスロイド殺虫剤

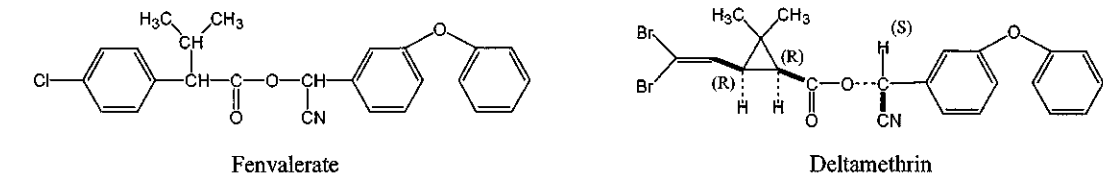
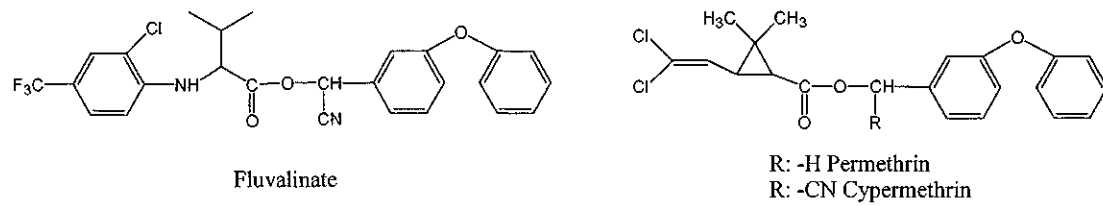
圃場での光、空気に対する不安定性ゆえにピレスロイドを農業用殺虫剤として使用するのは困難と考えられてきた時代にあつて、アルコール部分を3-フェノキシベンジルアルコールとしたフェノトリン(Phenothrin)は1973年に住友化学によって開発され、やがてシフェノトリン(Cyphenothrin)の α -シアノ体へと発展した。これら

3-フェノキシベンジルアルコール類はほとんどの農業用ピレスロイドのアルコール部分として使われている。

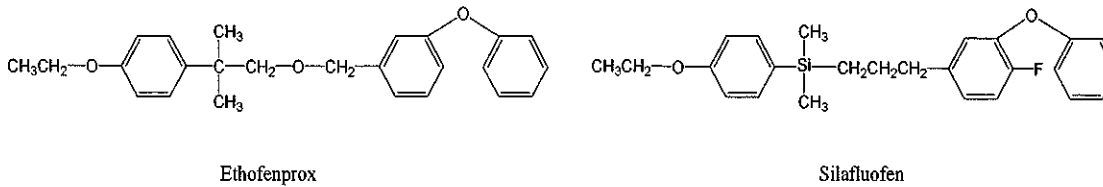
一方、酸部分の構造改変の研究も盛んに行われたがElliottらの菊酸エステルを数倍の殺虫力と野外での安定性を有するペルメトリン(Permethrin)、シベルメトリン(Cypermethrin)およびジプロモビニローグ誘導体のデルタメトリン(Deltamethrin)の発明は合成ピレスロイドを防疫用から農業用へと大きく発展させた。

その後、大野らはシクロプロパンを持たない α -フェニル酪酸エステルのフェンバレレート(Fenvalerate)、著者(勝田)らは同様のシクロプロパンを持たないフルバリネート(Fluvalinate)を発明した。これらのピレスロイドは高い効力と圃場における安定性を示し、農業用合成ピレスロイドとして汎用されている(図一五)。

これら農業用ピレスロイドの多くは各種害虫に対して従来の有機リン系あるいはカーバメート系殺虫剤に対して感受性の低下した害虫の個体群に



図一五 農業用途に使われる代表的なピレスロイド



図一六 低魚毒性農業用ピレスロイド

対しても感受性害虫と同様の高い効果を示す一方、蚕に対する害も大きく、養蚕地帯での使用には十分な注意を払う必要がある。また魚類に対して非常に強い毒性を示すという欠点を持っている。そのため、魚毒性に関して法規制の厳しい日本の水田においては、これらの合成ピレスロイドを使用することが難しい。

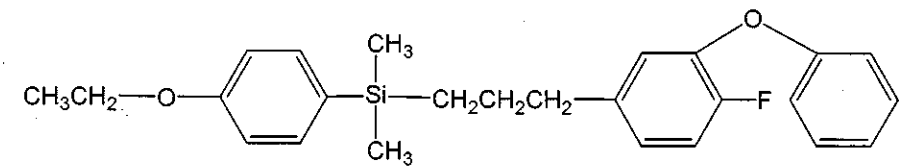
低魚毒性ピレスロイド系殺虫剤の開発は進められ従来のエステルタイプとは全く違った合成ピレスロイド、エトフェンプロックス (Ethofenprox) は三井東圧によって発明されたが、魚毒性が非常に低く、さらに土壌などに対する化学安定性に優れるシラフルオフェン (Silafluofen) は著者 (勝田) によって発明された (図一6, 7)。その詳細を以下で紹介する。

4. シロアリ防除剤としてのピレスロイド

ピレスロイドのもう一つの重要な用途として、

シロアリ防除が挙げられる。シロアリによる被害は今に始まったことではなく古くから被害事例は絶えず、生息地も北海道南部から本州、四国、九州とはほぼ日本列島全域に及んでいる。また、シロアリは世界で約2000種の生息が知られており、日本では15種の生息が確認されている。このうち家屋の柱、床、土台などに被害を及ぼすのは主としてイエシロアリとヤマトシロアリである。イエシロアリは九州、四国、本州の神奈川県以西の海岸地方に分布し、猛烈なスピードで木材を食害する。ヤマトシロアリは北海道の一部を除く全国に分布し、湿潤な木材を好む。最近ではこれらのシロアリに加えて米国などから加工木材を輸入する際に木材に付着して日本に入ってくる乾材シロアリ類の被害も報告されている。

今日、我が国のシロアリの被害額は年間1千億円以上といわれている。シロアリ防除剤の需要も堅実な伸びを見せており、業界の見通しでもこのまま安定成長を続けるものとみられている。25年



図一七 シラフルオフェン Silafluofen

間にわたって独占的に使用されてきたクロルデンは1987年に使用禁止となり、それ以来、シロアリ防除剤としてはクロルピロホスやホキシムなどの有機リン剤が主流となっているが、シロアリ防除作業への影響 (アセチルコリンエステラーゼ活性値の低下) や効力の持続性などの点で種々の問題を有しており、より安全かつ残効性の高い代替薬剤の開発が切望されている。フェンバレレート (Fenvalerate)、エトフェンプロックス (Ethofenprox) など既存のピレスロイド系化合物は防蟻効果、特に即効性に優れ、安全性が高く残留性がないなど多くの長所を有しているため、シロアリ防除に多く使われてきた。一方、ピレスロイドは農業や土壌処理用シロアリ防除剤などの分野では、化学的安定性や魚毒性の点からその適用には制約があった。著者らは、ピレスロイド系化合物が有するこれらの問題点を補うべく、種々の構造変換を行い、ケイ素原子の導入によりきわめて有用なシラフルオフェン (Silafluofen) (図一7) を発明し、特許を出願した (勝田ら, 1984)。

シラフルオフェンは図一7に示す化学構造を有し、その特徴は下記の通りである。

- ① 昆虫に対する高い殺虫効力
- ② 人畜に対する低毒性
- ③ 化学的安定性 (光, 土壌, pH, 温度)
- ④ 低魚毒性

このようにシラフルオフェンは従来のピレスロイド系化合物の長所を保持するとともに化学的安定性、魚毒性の問題が大きく改善され、農業を始め種々の分野で実用化が進められている。

例えば、農業に使用される薬剤の魚毒性はコイに対する TL_{M48} (LC₅₀) 値から、Aランク (>10

ppm), Bランク (0.5~10ppm), B-Sランク (Bランクの中で特に注意が必要なもの), Cランク (<0.5ppm) に区分されているがピレスロイド系化合物はエトフェンプロックスおよびシクロプロトリンがBランクに該当する以外はすべてCランクである。一方、シラフルオフェンはコイに対する LC₅₀ が100ppm 以上でAランクに該当し、その低魚毒性は大きな特長になっている。

我々は、シラフルオフェンのシロアリ防除剤分野への適用を検討し、シラフルオフェンの特性が防蟻有効成分としてきわめて有効であることを見いだすとともに、各種性能試験で高い評価を得た。

土壌処理用についてはシロネン乳剤として平成3年から既に販売しているが、木部処理用シロネン油剤についても認定され、シロネン製剤による体系的な防蟻施工 (土壌処理との併用) を実現するに至ったのである。

表一2は、シラフルオフェンを有効成分とするシロネン製剤の特徴を示したものである。

シラフルオフェンは防蟻効力、安全性、光・土壌・温度などに対する化学的安定性に優れるほか、魚毒性が非常に低いため河川等の水系付近での使用も可能であることが明らかとなった。さらにシラフルオフェンはアルカリ性の建材に使用可能な化合物で、従来の適用範囲を超えた新しいピレスロイド系シロアリ防除剤として注目されている。

5. ピレスロイドの林業害虫防除剤分野への応用

ピレスロイド剤は、家庭用殺虫剤を始め、農業用、シロアリ防除用薬剤など種々の分野で実用化が進められているが、果樹以外の林業害虫防除へ

表-2 シロネン製剤の特徴

	散布剤 (油剤・乳剤)					アルカリ性建材 安定性	
	防蟻 効力	オペレータ の安全性	安定性				魚毒性 (コイトLm48: LC50)
			光	土壌	温度		
シラフルオフェン	○	○	○	○	○	○ (>100ppm)	
ベルメトリン (ピレスロイド剤)	○	○	△	△	○	× (<0.5ppm)	
クロルピリホス (有機リン剤)	○	×	○	△	△~○	× (<0.5ppm)	

の実用化研究はまだ少ない。

ピレスロイド系殺虫剤の登録状況を見ると、樹木害虫防除剤としては家庭用花木のアブラムシ、ケムシ類を対象とした除虫菊乳剤(天然ピレトリン)が1949年に登録されたのが最初で、1989年に既登録のアレスリン剤がツバキのチャドクガに、次にベルメトリン+MEP剤がサクラのアメリカシロヒトリ、ツバキのチャドクガ、ツツジ、サツキのツツジグンバイムシに適用拡大されるに及んで、樹木害虫防除剤として、果樹害虫防除剤として登録を有するエトフェンプロックス、フェンバレート、フルバリネート、シベルメトリン、シフルトリン等一連のピレスロイドが一斉に適用拡大を図ったのである。

しかし、樹木害虫といっても庭木や緑化樹を対象とした範囲に限定した動きで、本格的な森林害虫を対象とした展開ではなかったといえる。

わが国の林業における最大の森林被害は松くい虫によるものである。「松くい虫防除特別措置法」が制定されて以来、松くい虫被害対策としてマツノマダラカミキリ成虫を対象とした空中散布に、カルバリル(NAC)とフェニトロチオン(MEP)の2薬剤が長年にわたって広域に使用されてきた。しかし薬剤の長期かつ広域にわたる空中散布は生態系への影響が危惧されることから、上記の薬剤とは作用機作の異なる、より安全で効果の高い新規の代替薬剤の開発が切望された。

著者らが独自に開発したシラフルオフェンを有効成分とする製剤「シラフルパインEW」剤は、マツノマダラカミキリ成虫の後食予防剤として優れた効果を有し、平成11年9月に農業登録された。ここに紹介したシラフルパインEWは、

- ①人畜毒性、魚毒性が低く安全である
- ②化学的に安定な化合物であり、優れた残効性を示す
- ③接触毒および食毒として作用し、マツノマダラカミキリに対して安定した効果を発揮する
- ④マツノマダラカミキリ成虫の後食を抑制する等の特長を有し、今後、松くい虫の予防剤として担う役割は非常に大きいと思われる。

「シラフルパインEW」の登場を契機として森林害虫防除における主要成分は、従来のものからピレスロイド系化合物へと加速的な移り変わりを見せるものと思われる。

参考文献

- ・勝田純郎(1982) Pyrethroids research and development Centennial in Japan 日本農薬学会誌 7,317-327.
- ・勝田純郎(1999) Development of and future prospects for pyrethroid chemistry, Pesticide Science 55: 775-782.
- ・勝田純郎等(1986) 日本公開特許公報: 昭61-87687
- ・小池志乃武, 勝田純郎 林業と薬剤 2000 No.151,5-14.

【ご案内】

改訂 緑化木の病害虫
—見分け方と防除薬剤—

A 5版 119ページ 写真—32 表—34 図—6
 領価 1,000円 (送料実費)

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
 ☎03-3851-5331 FAX 03-3851-5332

〔緑化木の種類〕

ツツジ・サツキ類、ツバキ・サザンカ、常緑カシ類、シャリンバイ、モクセイ類、マツ類、サクラ・ウメ類、ネズミモチ、ミズキ類、サンゴジュ、モチノキ類、ツクバネウツギ、落葉カシ類、カエデ・モミジ類、ドウダンツツジ、マキ類、シイノキ類、トベラ、サカキ・ヒサカキ、ビャクシン類、メタセコイア、マサキ類、ヤナギ類、サルスベリ、スズカケノキ、ヒマラヤスギ、ヒノキ、サワラ

本書は緑化木の発生の多い病害虫を対象に、被害の見分け方や病原菌や害虫の生態などをわかりやすく解説し、各々の病害虫用に登録された薬剤と使用方法をあげてあり、緑化木の病害虫と防除薬剤を関連させた特色ある図書です。農薬の知識も平易に記載されております。

平成5年8月1日に初版を発行し、多くの関係者にご好評をいただき、早くより在庫がなくなり、皆様方に大変ご不便をお掛けしておりましたが、その後の緑化木病害虫に対する新たな登録または取り止め薬剤などを加減し、すぐにお役に立てるよう、このたび改訂版を刊行いたしました。

緑化木の生産者、病害虫防除業者、ゴルフ場、庭園管理者の方々のお役にたつと思います。

また、本書に掲載されていない、林木や苗木等の病虫獣害については姉妹編として「林木・苗木の病虫獣害—見分け方と防除薬剤」が本会より刊行されておりますので、併せてご利用いただければ幸いです。

禁 転 載

平成12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 スキルプリネット

領価 525円 (本体 500円)



普通物・魚毒性A類だから安心。
松に人に自然環境に優しく。

登録商標 日本松の緑を守る会推奨



松枯れ防止・樹幹注入剤

グリーンガード®・エイト

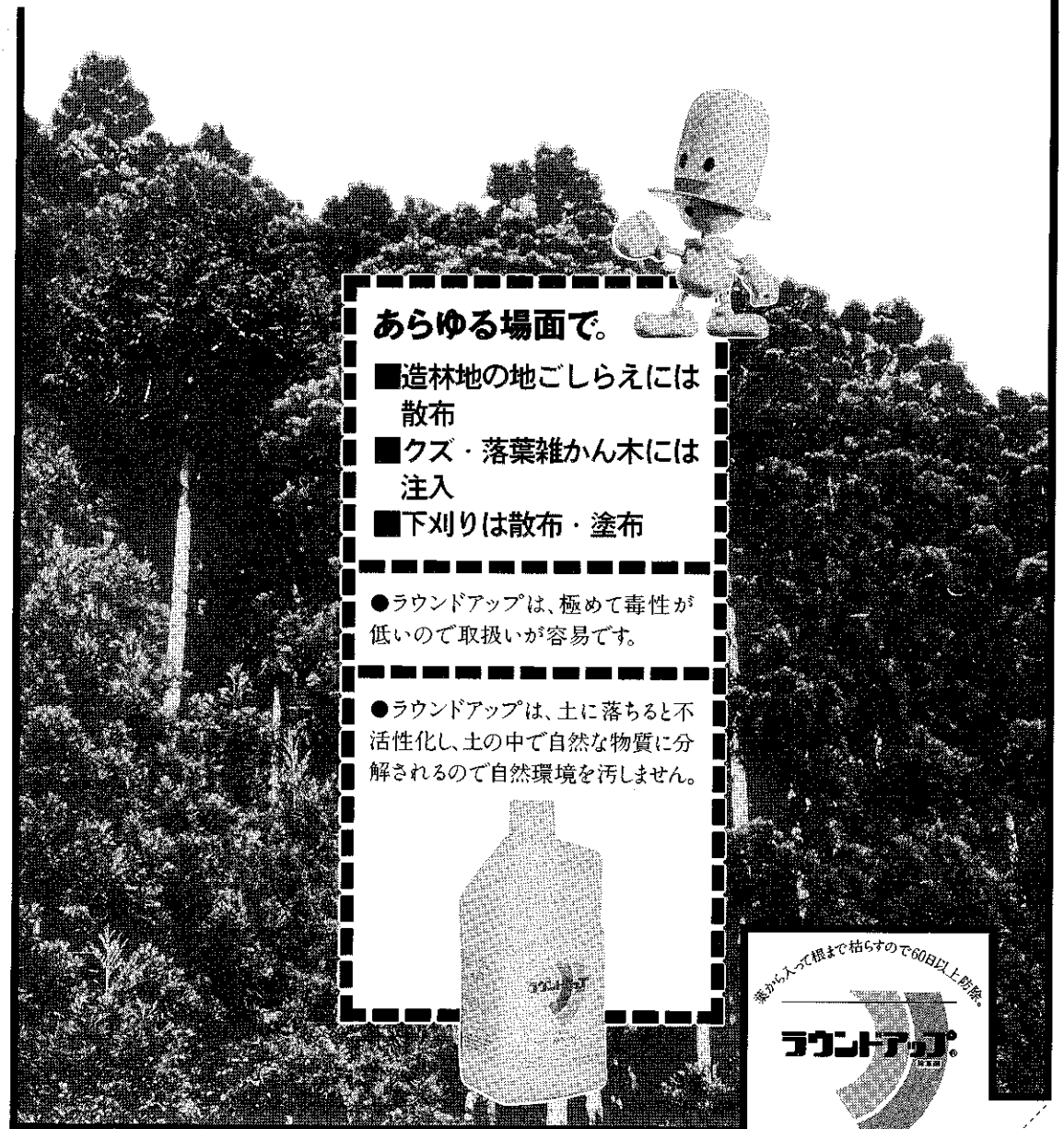
Greenguard® Eight

ファイザー製薬株式会社
東京都新宿区西新宿2-1-1 〒163-0461
☎(03) 3344-7409



雑草、雑かん木を根まで枯らし、 長期間管理するラウンドアップ。

——クズ・ササ・ススキ・雑かん木に効果的——



あらゆる場面で。

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

●ラウンドアップは、極めて毒性が低いので取扱いが容易です。

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

葉から入って根まで枯らすので60日以上防除。

ラウンドアップ

© 日本モンサント株式会社

登録商標
日本製

日本モンサント株式会社

〒108-0073 東京都港区三田3-13-16 三田43森ビル

詳しい資料ご希望の方は資料請求券貼付の上、左記へ。

安全、そして人と自然の調和を目指して。

中広い適用害獣

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

保土谷アグロス株式会社

カタログのご請求は、上記住所へどうぞ。

「確かさ」で選ぶ…
バイエルの農薬

根を守る。

苗ほのコガネムシ幼虫対策に

トクチオン®細粒剤

バイジット®粒剤

タキシストン®・バイジット®粒剤

松を守る。

松くい虫対策に

ネマノール®注入剤

●マツノザイセンチュウの侵入・増殖を防止し
松枯れを防ぎます。

Bayer

日本バイエルアグロケム株式会社
東京都港区高輪4-10-8



マツノマダラカミキリの新後食防止剤

マツグリーン®液剤

農林水産省登録第20330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、1,000倍希釈(1,000ℓタンク当たり薬量1ℓ)のため、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。

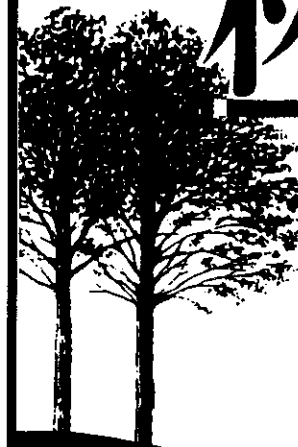
- ミツバチや魚介類に影響が少なく、土壌中や河川水中でも微生物等で速やかに分解され、周辺環境への影響も少ない薬剤です。



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

林業家の強い味方



ニホンジカ
カモシカ
ノウサギ

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

農林水産省農薬登録第16230号
野生動物忌避剤

東亜ブラマック

TOA 東亜道路工業株式会社

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

林地除草剤



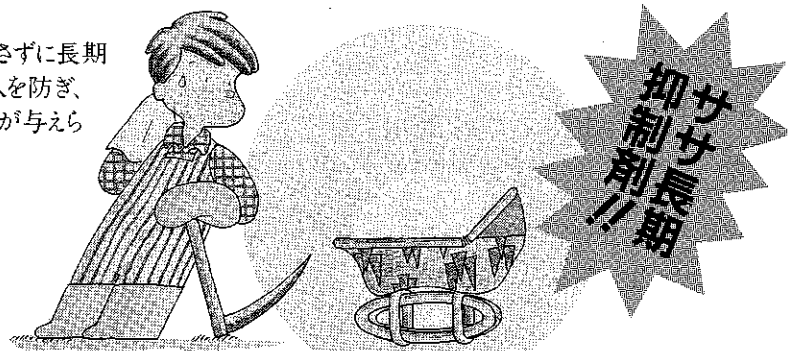
すぎ、ひのきの下刈りに。

シタガリン[®]T 粒剤

製造 株式会社 **イスデー・イスバイオテック** 販売 丸善薬品産業株式会社 大同商事株式会社

ササが「ゆりかご」!/?

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



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

※詳しい資料請求は右記へ!!

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

森林総合研究所関西支所(1978~84年)

フレノック 粒剤

ネトラピオン除草剤

フレノック研究会

株式会社 三共緑化
〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3-4
藤和神田錦町ビル ☎03-3219-2261

保土谷アグロス株式会社
〒103-0004 東京都中央区東日本橋1-1-7
☎03-5687-3925

タイキン化成販売株式会社
〒101-0042 東京都千代田区神田東松下町14
☎03-5256-0165

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DJ[®] 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 都信上野ビル 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) 305-5871
福岡営業所 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2丁目17-5 モリメンビル TEL(092)481-5601

ニホンジカ
カモシカの忌避剤
ノウサギ

野生獣類から、
大切な植栽樹
を守る!!

ヤシマレント[®]

忌避効果、残効、
安全性に優れ、簡
便な(手袋塗布)ペ
ースト状の忌避塗
布剤です。
(特許出願中)

〈説明書・試験成績進呈〉

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

大切な日本の松を守る、効果と安全性の高い薬剤。人畜毒性普通物

● 予防と駆除〔MEP乳剤〕

● 駆除〔MEP油剤〕

ヤシマスミパイン[®] 乳剤

農薬登録第15,044号

ジャコサイドオイル

農薬登録
第14,344号

ジャコサイドF

農薬登録
第14,342号

ヤシマ産業株式会社

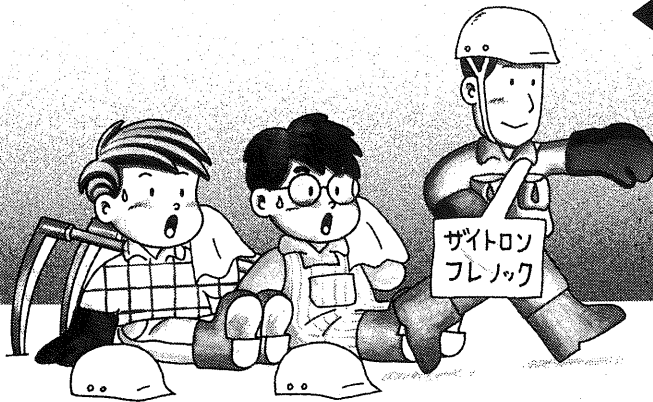
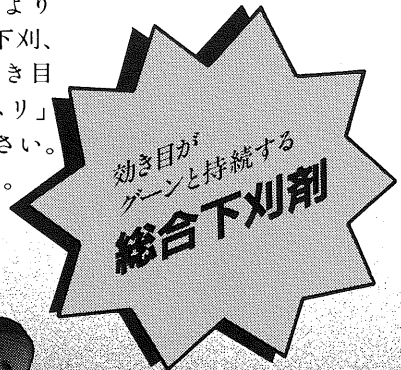
本社：〒213-0002 神奈川県川崎市高津区二子6-14-10 YTTビル
電話 044-833-2211 (代)

工場：〒308-0007 茨城県下館市大字折本字板堂540
電話 0296-22-5101 (代)

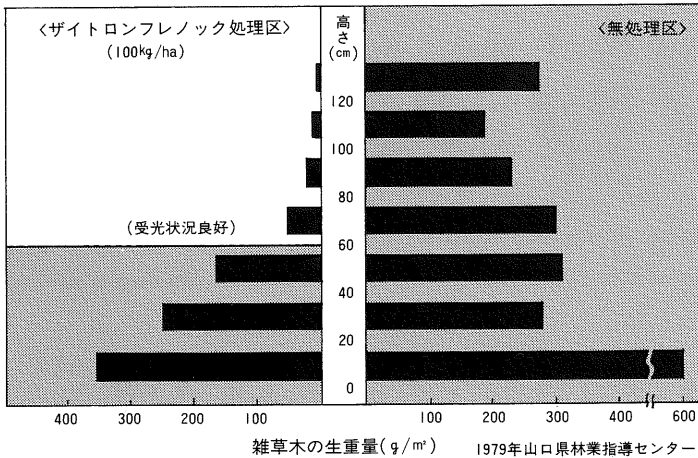


カマ・カマ・クスリ しませんか?

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



散布一年後の雑草木の防除状況(無処理区対比)



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

ザイトロンフレノック協議会

三共株式会社
〒104-0061 東京都中央区銀座3丁目10番17号
ダイキン化成品販売株式会社
〒101-0042 東京都千代田区神田東松下町14

保土谷アグロス株式会社
〒103-0004 東京都中央区東日本橋1-1-7
ダウ・ケミカル日本株式会社
〒140-0002 東京都品川区東品川2-2-24 天王洲セントラルタワー