

ISSN 0037-4091

植物防疫

1984

6

特集 導入天敵

VOL 38

りんごの病害防除に!

*適用拡大になりました。

*赤星病 / 黒点病 / *黒星病
 斑点落葉病 / *すす点病 / *すす斑病

ピルノックス 水和剤



大内新興化学工業株式会社
 〒103 東京都中央区日本橋小舟町7-4

農薬要覧

農林水産省農蚕園芸局植物防疫課監修

農薬要覧編集委員会編集

好評発売中! 御注文はお早目に!

— 1983年版 —

B6判 463 ページ タイプオフセット印刷
 3,200 円 送料 250 円

— 主な目次 —

- I 農薬の生産, 出荷
 種類別生産出荷数量・金額, 製剤形態別生産数量・金額
- II 農薬の流通, 消費
 農薬流通機構図 農薬の農家購入価格の推移 など
- III 農薬の輸出, 輸入
 種類別輸出数量 種類別輸入数量 仕向地別輸出金額など
- IV 登録農薬
 57年9月末現在の登録農薬一覧 農薬登録のしくみ
- V 新農薬解説
- VI 関連資料
 農作物作付(栽培)面積 空中散布実施状況
- VII 付録
 法律 農薬関係主要通達 名簿 登録農薬索引

—1982年版— 3,600円 送料300円

—1981年版— 3,600円 送料300円

—1977年版— 2,400円 送料250円

—1976年版— 2,200円 送料250円

—1975年版— 2,000円 送料250円

—1963~74, 1978~80 年版—

品切絶版

お申込みは前金(現金・小為替・振替)で本会へ

薬農 木

豊かな収穫に貢献するデュポン農薬

今日の汗を明日の収穫にしっかり結びたい…。デュポンは1世紀を超える研究をベースに数かずの農薬を開発。そのひとつひとつが農作物の安定多収に貴重な役割をはたしています。“育てる心”にデュポンジャパンは技術でお応えします。

- 殺菌剤
ベンレート*/ベンレート*-T/ダコレート/スパダリン
- 殺虫剤
ランネート*45/ホスクリン
- 除草剤
ロロックス*/レナパック/ハイバー*X/ゾーバー*

デュポン ジャパン リミテッド 農薬事業部
〒107 東京都港区赤坂1丁目11番39号 第2興和ビル

●デュポン農薬のお問い合わせは…
Tel.(03)585-5360

育ててほしいな、健やかに。

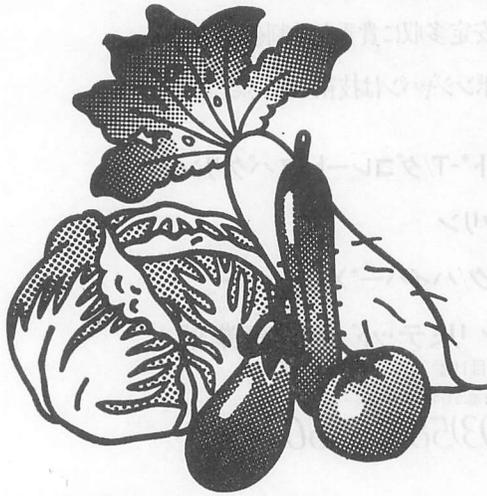


デュポン ジャパン



0 8 8 研 究 所 新 島 製 薬 一 社 本
1 - 5 7 国 際 村 五 田 外 子 通 京 東 橋 本 京 東

ホクコーの野菜農薬



取扱い
農協・経済連・全農



北興化学工業株式会社
〒103東京都中央区日本橋本石町4-2

●灰色かび・菌核病に卓効

スミックス®水和剤
FD くん煙顆粒

●うどんこ・さび病に卓効

® **バイレトン** 水和剤5

●細菌性病害に卓効

カスミンボルドー
水和剤・FD

●効きめの長い低毒性殺虫剤

オルトラン®水和剤
粒剤

●合成ピレスロイド含有新殺虫剤

ハクサツブ®水和剤

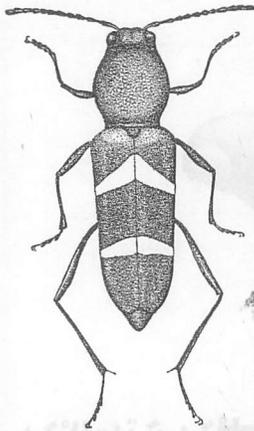
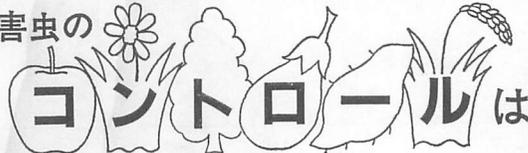
●コナガアブラムシ類に新しいタイプの殺虫剤

オルトランナック
水和剤

お近くの農協でお求めください。

確かな明日の
技術とともに...

病害虫の



○カミキリムシ類防除剤

トラサイド A
エース

○水稻害虫・やさい害虫に浸透殺虫剤

○優れた速効性と残効性

アルフェート®粒剤 **ハクサツブ**®水和剤

○種子殺消毒剤

○多年性雑草に

ケス水和剤 **バサグラン**粒剤
水和剤

○高濃度化による小薬量の線虫剤

テロン*
92

○マツクイムシに多目的使用

○林地用除草剤

スミパイン® **ザイトロン***



サンケイ化学株式会社

東京・大阪・福岡・宮崎・鹿児島

本社・鹿児島市郡元町880
東京事業所・東京都千代田区神田司町2-1



植物防疫

Shokubutsu bōeki
(Plant Protection)

第 38 卷 第 6 号
昭和 59 年 6 月号

目次

特集：導入天敵

導入天敵による害虫防除の戦略	広瀬 義躬	1
ヤノネカイガラムシの導入天敵とその防除効果	古橋嘉一・西野 操	8
オンシツコナジラミ防除へのオンシツツヤコバチ (仮称) の利用	梶田 泰司	13
導入天敵の利用による施設園芸害虫の総合防除	矢野 栄二	17
最近多発しているチャ輪斑病の発生生態と防除	堀川 知廣	25
セイヨウナン胴枯病の発生生態と防除	仲谷 房治	30
雪腐小粒菌核病菌の種生態学	松本 直幸	34
さび病菌研究——最近の話題	佐藤 昭二	38
農業に関する GLP 制度——農業の毒性試験の適正実施に関する基準——	長尾雄一郎	44
新しく登録された農薬 (59.4.1~4.30)		24, 29, 43, 48
中央だより	人事消息	12, 48
次号予告		47

★効き目の差は技術の差★

赤星病・さび病・雪腐病・うどんこ病などに

新発売

バイレトン

水和剤5
(5%)

水和剤25
(25%)

乳剤
(20%)

(トリアジメホン)

バイレトンは全く新しいタイプのトリアゾール系殺菌剤で、各種の病害に強力な殺菌力を示します。予防効果に加え、高い治療効果と浸透移行性に優れた薬剤です。

〔適用作物……りんご、なし、かき、すいか、メロン、ピーマン、かぼちゃ、
なす、きゅうり、ねぎ、たばこ、麦類、さとうきび、芝、ばら、やなぎ。〕

日本特殊農薬製造株式会社

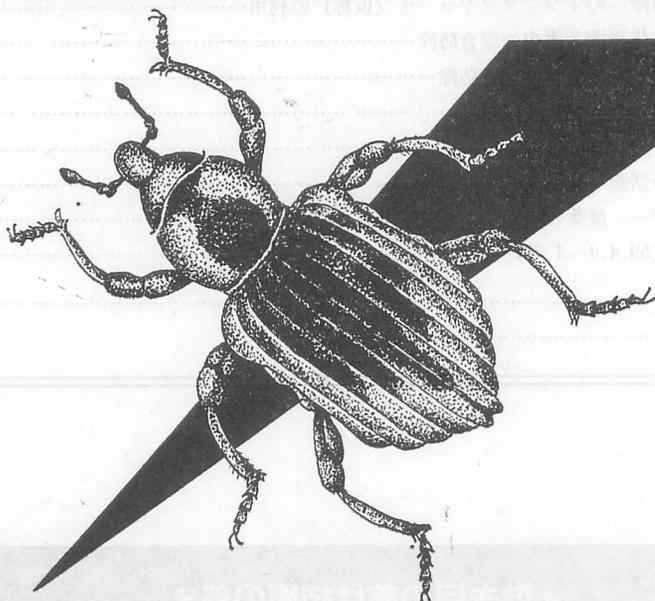


東京都中央区日本橋本町2丁目4番地 〒103

イネミズゾウムシの



本田防除に 登録認可



- イネミズゾウムシ、
本田の水面施用剤として適用が拡大になりました。

パタン[®]バツサ[®] 粒剤

- イネミズゾウムシの成虫及び幼虫防除に適しています。
- イネドロオイムシ、イネツトムシ、ツマグロヨコバイ、ウンカ類、
ニカメイチュウ、コブノメイガにも卓効があります。

箱処理による

イネミズゾウムシの省力防除に

パタン[®] 粒剤 4

- 残効が長く早植地帯でも優れた効果があります。
- 幼虫の根への加害を防止し増収につながります。
- ツマグロヨコバイ、ニカメイチュウ、イネゾウムシ、
イネドロオイムシなどとの同時防除に最適です。

イネミズゾウムシといもち病の同時防除に

パタン[®] ビーム[®] 粒剤

- 1回の箱施用で長期間イネミズゾウムシといもち
病を防ぎます。
- 防除の手間が省け経済的です。

特集：導入天敵〔1〕

導入天敵による害虫防除の戦略

九州大学農学部生物的防除研究施設 広瀬 義躬

はじめに

有害動植物の防除のため海外など他地域から天敵を導入することを最近では伝統的生物的防除 (classical biological control) と呼ぶ。その名のとおり、この方式の防除は古くから繰り返して世界各地で行われ、一度少数の天敵を放飼すれば、半永久的な効果も期待できるまことに好つごうなものである。しかし、この防除法が成功するとは限らないことがしだいに明らかになり、現在では土着天敵を中心に利用する接種の放飼や生物農薬的放飼、あるいは天敵の生息場所管理などの手法を含む近代的生物的防除の方式と共存するようになっている。わが国でも世界的な導入天敵全盛時代といわれる第二次世界大戦前の一時期のベダリアテントウの導入によるイセリアカイガラムシ防除の輝かしい成功をはじめ、その後いくつつか導入天敵による害虫防除の成功例があるが、失敗例も少なくない。現在ではヤノネカイガラムシやクリタマバチなどの侵入害虫に対する中国産寄生性天敵の導入や、温室害虫に対するチリカブリダニと寄生蜂オンシツツヤコバチ (仮称) *Encarsia formosa* の導入が図られ、その成果が目ざされている。しかし、この伝統的生物的防除の指導原理というべきものは、今なお非常に不十分な形でしか得られない。その理由の一つは、多くの防除の事例で天敵の導入前後の生態学的調査が十分でなく、成功・失敗のいかんを問わず、その原因が明白になっていないことである。さらにもう一つの理由は、前の理由と無関係ではないが、伝統的生物的防除で指示されている多くの慣行や勧告が単なる経験に基づいたもので、科学的な裏づけに乏しいことにある。EHLER (1976) も指摘しているように、従来この分野では、経験的事実が仮説と対比して検証するという形がとられず、単に直観的に述べられるにとどまるが多かった。いわゆる生物的防除の大家といわれる人達の書いたこの分野の理論的総説 (例えば HUFFAKER et al., 1971, 76) を読むと、EHLER の指摘は正しいと言わざるをえない。

本稿は導入天敵による害虫防除を行うにあたってどのような方針で対処するか、その戦略を可能な限り仮説検

証的に探る試みである。この戦略を探るにあたって筆者のとする観点は、導入天敵といわず天敵一般について、その有効性に関係する要因を害虫、天敵、両者の生活環境の三つに分ける (広瀬, 1973) ものである。すなわち、本稿ではどのような特性の害虫を防除対象として選択すべきかをまず最初に述べ、次いでどのような特性の天敵を導入対象として選択すべきかを述べる。そして両者の生活環境として、どのような特性の防除の場を選択すべきかを取り上げる。この防除の場の選択では、導入天敵の原産地の気候とともっともよく適合した防除の場をいかに選択すべきかという戦略もあるが、今回は省略した。防除の場の選択に続いては、多種導入、二次寄生蜂導入の戦略を取り上げた。導入天敵による害虫防除の戦略という場合、生物的防除の中での他の近代的手法とのかかわり、さらには総合防除の中で農薬など他の防除手段とのかかわりにも触れるべきであるが、今回は一応、伝統的生物的防除の範囲内での戦略にとどめた。

なお、本稿でこの戦略を検討するためにしばしば用いる資料は、1890年から1968年まで世界各地で実施された導入天敵による害虫防除の実例を、CLAUSEN (1978) が集録して HALL and EHLER (1979) および HALL et al. (1980) が分析した結果に基づいている。以下の本文中でこの資料は単に“HALL らの分析結果”と呼ぶ。

I 防除対象の害虫の選択

1 侵入害虫か土着害虫か

これまで導入天敵による害虫防除といえ、当初から防除対象に侵入害虫が想定されることが多かった。例えば、BATRA (1982) のように、伝統的生物的防除の定義の中で防除の対象を海外から侵入した有害動植物に限定する人すらある。また伊藤 (1972) は“天敵を放飼して半永久的な効果を得ることは侵入害虫・輸入天敵という組み合わせ以外ほとんど見込みがない”，と述べて、土着害虫を防除対象とすることに否定的な見解を示した。実際、土着害虫に対して導入天敵の利用の可能性はほとんどないのであろうか。この可能性を探るため、防除対象とした害虫の侵入・土着を区別して天敵導入の結果を示した第1表の HALL らの分析結果をみてみよう。この表では、導入天敵の定着の割合でも防除の全成功例

Strategies for Classical Biological Control of Insect Pests. By Yoshimi HIROSE

第1表 防除対象害虫の侵入・土着の違いによる天敵導入の結果 (HALL and EHLER, 1979 および HALL et al., 1980 から作表)

防除対象害虫の類別	導入天敵の定着		導入天敵による防除の成功		
	調査天敵種数	定着の割合(%)	調査事例数 ^{a)}	全成功例の割合(%)	完全成功例のみの割合(%)
侵入害虫	2,163	34 ^{b)}	567	60 ^{c)}	17
土着害虫	132	25	35	29	6

- a) 同じ種類の害虫と天敵の組み合わせでも防除の実施地域の異なる場合、別の防除事例として数えられており、防除対象とした害虫種数は防除事例数よりはるかに少ない。本稿中の類似の表もこの点と同じ。
- b) 対応する他の項目(第1表では土着害虫)の値との間に5%水準の有意差あり(第3表も同じ)。
- c) 同じく1%水準の有意差あり(第2~5表も同じ)。

の割合でも侵入害虫が土着害虫より有意に高い。しかし有意差があるとはいえ、土着害虫でのこれらの割合は無視できない値を示している。さらに防除の完全成功例のみの割合では侵入害虫と土着害虫の間に有意な差はないのである。もっとも、この有意差がない点は、土着害虫の防除に導入天敵を利用した例がわずか35例であって、侵入害虫の防除事例の実に10数分の1にすぎないためでもあろう。このように導入天敵による土着害虫の防除の試みが少ないため、土着害虫で防除が完全に成功した例はわずか2例である。ともあれ、以上の結果は侵入害虫のほうが土着害虫より防除の成功の可能性は高いが、同時に導入天敵による土着害虫の防除の可能性も十分にあることを示している。しかも以下に述べるように、第1表の土着害虫に対する完全成功の2例に次いで、近年新たに土着害虫の完全成功例とみられる二つの事例が報告されたことは注目すべきである。

その一つは、西インド諸島のバルバドス島でサトウキビの重要害虫であるメイガの1種 *Diatraea saccharalis* の防除に、インドから幼虫寄生蜂のメイガサムライコマユバチを1966年に導入して成功した例である。この寄生蜂を導入して4年後に寄主の密度は低下を始め、その後は以前に導入したヤドリバエの1種 *Lixophaga diatraeae* も補助的に働いて完全に防除が成功した (ALAM et al., 1971)。ちなみに、この寄生蜂はアジアの熱帯・亜熱帯に広く分布し、*Chilo* や *Proceras* など *Diatraea* 属とは別属のメイガ類に寄生することが知られていた。

もう一つの例は南米大陸から報告され、前の例が生物的防除が成功しやすいといわれる島であったのとは異なる。コロンビアでシダレイトスギヤマツの1種を加害する *Oxydia trychiata* というジャクガの防除のため、1975

年北米から卵寄生蜂のクロタマゴバチの1種 *Telenomus alsophilae* を導入したところ、蜂の放飼直後から95%以上の寄生率を記録し、翌年には防除が成功した (DROOTZ et al., 1977; BASTILLO and DROOTZ, 1977)。その後の状況を筆者は最近 DROOTZ 博士に問い合わせたが、蜂の放飼以来このジャクガの大発生は起こっていない模様である。この例でも興味深いのは、上記のクロタマゴバチが北米では *O. trychiata* と同じジャクガ科ではあるが、亜科の異なる *Alsophila pomataria* に適応した卵寄生蜂として知られていたことである。

導入天敵が土着害虫にも有効なことの説明としては、現在二つの説がある。一つは PIMENTEL (1963) が唱えたもので、まず寄主・寄生者または被食者・捕食者のシステムでは、いわゆる生態的ホメオスタシス (ecological homeostasis) を保つ遺伝的進化があると考えた。したがって、このシステムでは寄主や被食者の数を著しく制限することのないような共存関係が成立しているから土着害虫とそれまで共存関係のなかった導入天敵こそこのホメオスタシスを破ることができるという説である。DROOTZ et al. (1977) は前述のクロタマゴバチによる *O. trychiata* の防除成功例をこの説と関連づけた。しかし、侵入害虫のほうが土着害虫より定着率や防除の成功率が高いという一般的事実と PIMENTEL の説は矛盾する。もう一つはたまたま導入地に該当する生活型の種を欠いていたとする説であるが、この説も実例の裏づけがない。

結局、現在のところ、導入天敵が土着害虫に一定程度有効に働く理由は明確でない。したがって、土着害虫のうちでもどのような特性を持つものを防除対象に選択すべきか、ここで述べることはできないが、今後は土着害虫に対しても天敵導入の一定の努力を払う必要があると思う。CARL (1982) も土着害虫に対して導入天敵が防除効果を上げた多くの実例を挙げながら、この点の努力が必要なことを強調している。

2 r害虫かK害虫か

近年、進化生態学の発展とともに登場した r・K 選択説は生物の種を生態学的に分類する一つの試みである。CONWAY (1976, 81) はこの理論を害虫の分類に適用し、害虫を r 害虫、K 害虫、両者の“中間型害虫”の三つに分けた。彼によると、r 害虫とは高い繁殖能力や大きな分散能力(この能力の結果として高い寄主発見能力も)を持つものをいう。例としてはサバクワタリバッタやモモアカアブラムシなどを挙げることができ、彼は温帯地方ではおそらく多くの害虫がこの型に属するものとみている。一方、K 害虫とは、r 害虫と対照的な特性を持つもので、低い繁殖能力と大きな競争能力や限定された食

性を示すものをいう。例としてはコドリリングやツェツェバエのように産卵数が少なく1世代の期間も長いので繁殖力が劣って高密度になることはないが、果実に直接加害したり、病気の媒介者であったりするために低密度でも害虫となるものである。以上、二つの型の害虫の間に両型の特性がさまざまに混じり合った中間型害虫が存在し、CONWAYは害虫の大部分はこの型に属するものとみなした。

ここで注目すべきは、CONWAYがこの中間型害虫こそ天敵によって防除しやすいとした点である。この根拠についての彼の説明は十分でないが、筆者なりの解釈で補って以下に説明してみる。まず、r害虫はその高い繁殖能力により、天敵の攻撃による高率の死亡にもよく耐えて容易に個体群の回復を図れるから、確かに天敵が制御しにくい害虫であろう。一方、K害虫についてはコドリリングが例として挙げられたように作物の加害部位が大きく関係していると思われる。TURNBULL and CHANT(1961)は利用上重要な作物部位に害虫が直接加害するか否かによって害虫を直接害虫(direct pest)と間接害虫(indirect pest)に分けた。直接害虫とはコドリリングのようにリンゴの重要な部位である果実に直接加害し、比較的密度が低くてもその被害のため害虫となるもので、間接害虫とは果樹の葉を加害する多くの害虫のように、密度が高くなって加害が激しくならない限り経済的に重要な被害を生じない害虫である。TURNBULL and CHANTはカナダで導入天敵を用いて防除を試みた害虫31種のうち防除が完全に成功した13種の害虫がすべて間接害虫であったことから、導入天敵による防除対象には間接害虫を選ぶべきだと主張した。確かにK害虫は導入天敵で防除しにくい直接害虫である。ただし、直接害虫のすべてがK害虫ではなさそうである。

r・K選択説自体いろいろと批判があり、またCONWAYの適用のしかたに問題がないわけではないが、彼の行った害虫の分類によって、個々の害虫像がかなり明確になることも事実である。筆者は中間型害虫が天敵による防除の対象となりやすいという彼の主張を認め、導入天敵の利用にあたっては防除対象には中間型害虫を中心に選択すべきだと考える。

3 分類上の所属による選択

導入天敵による防除対象の害虫をその所属する目でみると、導入天敵の種類数でも、また防除の事例数でも同

第2表 防除対象害虫の主要目別にみた天敵導入の結果(HALL and EHLER, 1979 および HALL et al., 1980 から作表)

防除対象害虫の目	導入天敵の定着		導入天敵による防除の成功		
	調査天敵種数	定着の割合(%)	調査事例数	全成功例の割合(%)	完全成功例のみの割合(%)
同翅目	819	43	273	80 ^{e)}	30 ^{e)}
鱗翅目	628	27	115	48	6
鞘翅目	364	23	89	36	4

翅目、鱗翅目、鞘翅目の害虫が上位3位を占める。これら3目についてのHALLらの分析結果(第2表)では、導入天敵の定着の割合、防除の全成功例の割合、完全成功例のみの割合のいずれでみても、上記3目の順位は変わらず、特に同翅目が他の二つの目を圧倒し有意に高い値を示している。すなわち、防除の全成功例で80%、完全成功例でも実に30%の値が同翅目で得られ、これは上記3目以外の目の害虫を含めた全害虫についての全成功例の58%、完全成功例のみの16%と比べても非常に高い値である。この理由として、同翅目の中にはカイガラムシ類のように固着的な生活をし、そのため天敵が空間的に同調しやすい害虫が多く含まれることが挙げられる。しかし、同翅目害虫に侵入害虫が多いこと(SIMMONDS and GREATHEAD, 1977)もその理由と無関係ではない。一部のアブラムシ類害虫のようなr害虫は別として、同翅目害虫を導入天敵の防除対象に選択すれば防除成功の確率は高い。

II 導入対象の天敵の選択

1 寄生性天敵か捕食性天敵か

導入すべき天敵として、寄生性(厳密には捕食寄生性)のものと捕食性のもののいずれを選択すべきであろうか。第3表のHALLらの分析結果では、導入した天敵の定着の割合でみても防除の全成功例の割合でみても寄生性天敵と捕食性天敵の間に差はない。しかし全成功例の割合では、ベダリアテントウによるイセリアカイガラムシの防除例を除外すると、寄生性天敵のほうが捕食性天敵より有意に高くなる。次に完全成功例のみの割合でみると、逆に捕食性天敵のほうが寄生性天敵より有意に高い。ただし、ベダリアテントウによる防除例を除外したときは、全成功例の割合と同様、寄生性天敵のほうが捕食性天敵より高い。以上の結果をHALL et al.(1980)は一般に寄生性天敵より捕食性天敵を導入したほうが防除にいくぶん有利であるという従来の見解(DOUTT and DEBACH, 1964)とは合致せず、寄生性天敵と捕食性天敵の間に利用上は差がないとみなした。しかし、筆者の解

第3表 導入天敵の寄生性・捕食性の違いによる天敵導入の結果 (HALL and EHLER, 1979 および HALL et al., 1980 から作表)

導入天敵の類別	導入天敵の定着		導入天敵による防除の成功		
	調査天敵種数	定着の割合(%)	調査事例数	全成功例の割合(%)	完全成功例のみの割合(%)
寄生性天敵	1,770	34	414	60	14
捕食性天敵	476	34	132 (105)	55 (43) ^c	26 ^b (8)

()内: ベダリアテントウによるイセリアカイガラムシの防除例を除外した場合の値。

積では、第3表の結果は、天敵導入時の定着は別としても、防除の成功については一般に寄生性天敵が捕食性天敵よりやや有利なことを示すものである。その理由は、捕食性天敵とはいへベダリアテントウは幼虫期に餌のイセリアカイガラムシ成虫の体内でいわば寄生的に生活する寄生性天敵に近いもの (HASSELL, 1978) で、第3表の結果ははからずもこの事実を裏づけるとみるからである。したがって、天敵の導入時に寄生性天敵と捕食性天敵の二者択一を迫られるときは寄生性天敵を選択すべきである。寄生性天敵が捕食性天敵より有利である原因はよく前者の寄主特異性に求められる (DOUTT and DEBACH, 1964) が、前者の寄生的生活が幼虫期の生存を保障していることも見逃せない。

2 r天敵かK天敵か

r-K 選択説は天敵の分類にも適用できる。FORCE (1972, 74) はカリフォルニアでキク科の灌木の1種にゴールを作るタマバエ *Rhopalomyia californica* の寄生蜂複合について研究し、一次寄生蜂の4種についてはその内的自然増加率 r と種間競争能力を室内で調べて、 r -K 選択説に基づく分類を試みた。これら4種のうち、ハラビロヤドリバチの *Platygaster californica* は寄主の卵に最初寄生して寄主の幼虫期まで寄生を続けるが、他の3種はすべて寄主の幼虫にのみ寄生する。ヒメコバチの *Tetrastichus* sp. は r 天敵で競争能力は劣るが、繁殖能力は高い。一方、K 天敵はオナゴバチの *Torymus koebelii* で、競争能力は優れているが、繁殖能力は低い。*P. californica* ともし1種のオナゴバチ *T. baccharicidis* は中間型天敵といえる。FORCE (1972) の観察によると、タマバエの寄主植物が生えている場所で植生が破壊され、自然のバランスが乱れた、いわゆるかく乱地では r 天敵の *Tetrastichus* sp. が高い寄生率を示すが、かく乱を受けない地域では著しく寄生率が低かった。また、かく乱地でも植生が回復してくると、この蜂の寄生率はしだいに低下してしまうことを彼は見いだした。寄主のタ

マバエも土着害虫で、また彼の調べた寄生蜂全種が土着天敵であるが、上記の観察事実から、FORCE (1972, 74) は一般に導入天敵を用いて害虫の防除を行う場合、かく乱の影響が強く、一時的にしか存立しないような農生態系では、 r 天敵が適していると述べた。EHLER and MILLER (1978) はこのような農生態系には本来 r 害虫が生息しているので、この環境に適している r 天敵を用いれば r 害虫を防除できると主張し、CONWAY (1976) が r 害虫にはどの天敵も無力だとした点に反論している。しかし、実際には彼らが r 天敵によって r 害虫が防除されたとした事例はなお検討を要する。したがって、 r 害虫に対して、あるいは r 害虫の生息するような場所では、 r 天敵のほうがK天敵よりも有効に働くということは明らかであるが、なんらかの人間の介助なしに r 天敵によって r 害虫が防除できるとはまだ断言できない。むしろ CONWAY の主張に沿って言うなら、 r 害虫でもK害虫でもない中間型害虫に対して r 天敵の導入を試みることは無難であろう。この可能性を示唆する一つの例としては、ミカン害虫のアゲハの密度がタマゴヤドリコバチ属の卵寄生蜂 (主にアゲハタマゴバチ) と蛹寄生蜂のアオムシコバチによって自然制御されている事実 (HIROSE et al., 1980) がある。これらの寄生蜂は r 天敵で、まさにその r 天敵としての特性が発揮されてアゲハの個体数の自然制御が行われるが、アゲハは多化性であっても r の値はあまり大きくなく、中間型害虫である。もちろん、アゲハがミカン園という比較的安定した生息場所の害虫であることもその天敵による自然制御に大きく貢献しており、生息場所と導入天敵による害虫防除の関係については防除の場を選択する問題として後述する。

3 単食性天敵か多食性天敵か

寄主特異的な天敵を導入すると害虫防除の成功の可能性が高いことは生物的防除関係者の信念とまでみなされる (DOUTT and DEBACH, 1964) が、この点を最近までの導入天敵による害虫防除の世界的な統計で確かめた研究はない。1950 年ごろまでに知られた防除成功例 30 について LIU (1958) が検討した結果によると、単食性よりも少食性の天敵で成功例の割合が高い。天敵が寄主に適応すればするほど寄主範囲 (食性範囲) は狭くなるはずで、寄主によく適応した天敵ほど防除の成功の確率が高いとすれば、単食性天敵の成功例が多いはずであるが、この予測と上記の結果は一致しない。しかし、土着害虫に対する導入天敵利用の可能性を認めるなら、この場合当然その導入天敵は単食性天敵ではありえない。

HASSELL (1977) は 12 種の天敵について寄主範囲の広い天敵ほど寄主探索効率の低い傾向があることを報告

したが、もしこれが一般的な事実とすれば、多食性天敵が導入天敵の対象になりにくい理由の一つとなろう。

4 寄主探索効率による選択

天敵の寄主探索効率が導入対象の天敵の必要条件であることは、寄主と寄生者の相互作用を数学モデルを用いて演えき的に研究した BEDDINGTON et al. (1978) や HASSELL (1978) が主張した。紙数がないので、彼らのモデルの説明は省略し、彼らが得た結論だけを述べると、導入して害虫防除が完全に成功する天敵とは、寄主探索効率（以下 a とする）が高く、また寄主の高密度の場所に集まる反応、いわゆる天敵の集合反応を強く示す天敵である。ここで重要なのは、単に a が高いだけでは天敵は導入後一時的に寄主密度を引き下げることができるが、この低い寄主密度を維持できず、その維持のため空間的に密度依存的な寄主の死亡を起こさせる強力な集合反応を必要とすることである。しかし、野外で調べられた多くの天敵は空間的に密度依存的な寄主の死亡を必ずしも起こしていない (MORRISON and STRONG, 1980)。また空間的に密度依存的な寄生率の変化が野外で記録された諸例 (HASSELL, 1982) も、集合反応の結果それが生じたという保証はない。導入天敵で集合反応と寄生率・寄主密度の空間的關係の両方を調べた唯一の例はわが国でルビーロウムシの天敵として成功を取めたルビーアカヤドリコバチの場合であるが、その集合反応は寄生の密度依存性をもたらすほど強力でなかった (広瀬, 1979)。

一方、寄主探索効率の高い天敵を導入前に選ぶとしても、導入前にこの a をどのように測定するかは容易でない問題である。室内、野外ともにこれまで種々の寄生者で a の値が求められている。しかし室内の狭い均質空間で求めた値が広い不均質な野外に適用できるとは思えないし、一方、野外で求めたとされる a の値も他の種々の要因が働いて真の a を表しているとは思えない。

現状では数学的モデルから得られた上記の結論も、導入天敵の選択にあたって実際の意味は持たないといえよう。

III 防除の場の選択

1 島嶼か大陸か

伝統的生物的防除は島嶼で成功しやすく、大陸では成功しにくいと以前から主張されていた (IMMS, 1931; TAYLOR, 1955)。たとえ大陸で成功しても、それはカリフォルニアのような生態学的にみて島といえるような地域であると主張された。この説に対する反証もこれまでいくつか提出されたが、ここでは第4表の HALL らの分析結果をみてみよう。この表でまず導入天敵の定着の割

合をみると、島嶼 40%、大陸 30% でこの差は有意であり、島嶼が大陸より天敵の定着しやすい場所であることがわかる。島嶼では動物相が貧弱なため、侵入者の定着のチャンスは大きい (MACARTHUR and WILSON, 1967) のでこれは当然の結果であろう。しかし、防除の成功の割合は全成功例の場合でも完全成功例のみの場合でも島嶼と大陸の間に差がない。この事実は導入天敵の定着と定着後の防除の成功は別の問題であることを示している。一般的には、導入天敵による害虫防除の場の選択にあたって、島嶼と大陸の相違にこだわる必要はなさそうである。HUFFAKER et al. (1976) は導入天敵による害虫防除が大陸よりも島嶼で成功しやすいという印象を人々が持つのは、かつてはこの方式の防除が島嶼で行われることが多かったためだと考えている。

2 生息場所の安定性による選択

導入天敵による害虫防除の場としての害虫と天敵双方の生息場所はその安定性により分類され比較される必要がある。なぜなら、害虫や天敵の個体数の変動は生息場所の安定性と密接に関係していることが予想されるからである。第5表に示した HALL らの分析結果では、そのような生息場所は三つに分類された。すなわち、もっとも不安定な生息場所としての1年生・その他短い作期の作物畑、中間的な安定度の生息場所としての果樹園やその他の多年生作物園、そしてもっとも安定した生息場所としての森林・原野である。これら三つの生息場所間で導入天敵の定着の割合を比較するとその値は安定性の高い場所ほど高い。しかし、防除の全成功例や完全成功例のみの場合の割合では、いずれも果樹園など中間の安定度の生息場所がもっとも高く、他の二つの生息場所との間に有意差がある。BEIRNE (1975) もカナダでの生物的防除事例の統計からやはり果樹園での天敵の定着率が他の二つの生息場所より高いことを報告している。彼は果樹園が同一樹種で構成されているのに対し、森林では混交林が多いので、天敵が特定の樹種に生息している害虫を発見するには果樹園のほうが容易なためではないかと推測している。HALL らの分析では果樹園は中間の安定

第4表 島嶼・大陸の違いによる天敵導入の結果 (HALL and EHLER, 1979 および HALL et al., 1980 から作表)

防除の場の類別	導入天敵の定着		導入天敵による防除の成功		
	調査天敵種数	定着の割合 (%)	調査事例数	全成功例の割合 (%)	完全成功例のみの割合 (%)
島嶼	827	40 ^{e)}	249	60	14
大陸	1,468	30	353	56	17

第 5 表 生息場所の安定性の違いによる天敵導入の結果 (HALL and EHLER, 1979
および HALL et al., 1980 から作表)

生息場所とその安定性	導入天敵の定着		導入天敵による防除の成功		
	調査天敵種数	定着の割合 (%)	調査事例数	全成功例の割合 (%)	完全成功例のみの割合 (%)
1 年生・その他短い作期の作物畑——不安定	640	28 ^{d)}	152	43	3
果樹園・その他多年生作物園——中間	916	32	239	72 ^{e)}	30 ^{e)} (22) ^{e)}
森林・原野——安定	535	36	53	47	8

d) 対応する森林・原野の値との間に 1% 水準の有意差あり。

e) ベダリアテントウの成功例を除外したときの値で、この値は 1 年生・その他短い作期の作物畑との間にだけ 1% 水準の有意差あり。

度とみなされているが、剪定など適宜の人間の介入はむしろ果樹園を長年にわたって一定の状態に保つ結果、人為のあまり及ばない森林・原野より実際は安定度の高い生息場所である可能性はある。ともあれ、果樹園、森林など多年生の植物の生育する生息場所と 1 年生やその他短い作期の作物畑との間には安定性の面で大きなギャップがあり、前者で導入天敵による防除の成功率が高い。第 5 表で定着の割合や防除事例中例外的に多いベダリアテントウの成功例を除外した完全成功例のみの割合でみると、1 年生やその他短い作期の作物畑が他の生息場所より有意に低い値を示している点はその裏づけとなる。

IV 多種導入の是非

ある特定の害虫の防除のために、その天敵を 2 種以上導入する、いわゆる多種導入については、以前から対立した二つの意見がある。一つは、多種導入は天敵種間の競争を激化させ、かえって害虫密度を高めたり、大発生を頻度を増すような有害な結果を招くから避けるべきだとする意見である (TURNBULL and CHANT, 1961; WATT, 1965; FORCE, 1974)。もう一つは、そのような天敵種間の競争は導入した 2 種以上の天敵が協力的に働いて、各天敵が単独で働くより、むしろ防除の効果を高めるから多種導入を避ける必要はないとする意見である (HUFFAKER et al., 1971, 76)。前者も後者ともにその意見は多少とも経験的な根拠から主張されたが、あいまいな点が多かった。

最近、HASSELL (1978) や MAY and HASSELL (1981) はこの問題についての数学的モデルに基づく演えきのアプローチを進展させ、その研究結果から後者を支持する意見を表明している。紙数の都合で彼らのモデルの説明は省き、その結果のみを示す。今、 N を寄主 (害虫) とし、その寄生者が P が導入されて N は N^* という密度で安定しているとしよう。この N^* はまだ防除目標には

達していないので、防除の目的でさらに Q という寄生者を導入するとする。このとき起こりうる場合は次の五つである。

① Q は定着、 P と共存し、 N^* は低下してシステムは安定——防除成功。

② Q は定着、 P は置き換えられ、 N^* は低下する——防除成功。

③ Q は定着に失敗、 P は存続し、 N^* も元のレベルでシステムは安定——防除失敗。

④ Q は定着、 P は置き換えられるが、システムは不安定——防除失敗。

⑤ Q は定着、 P と共存するが、システムは不安定——防除失敗。

以上五つの場合のうち、③は Q による防除が失敗したが結局防除前の状態に戻ったわけで、多種導入の観点から望ましくないのは④と⑤の場合である。HASSELL によれば④は Q が集合反応がなく、かつ P より高い寄主探索効率を持っている場合に起こるが、実際のもので多種導入の際は Q の集合反応を期待できるので回避でき、⑤もやはり Q の強力な集合反応で回避できるとする。いずれにせよ、多種導入を是とする前記の数学的モデルの研究者達の根拠は寄生者には強い集合反応が本来備わっているということが前提になっている。しかし、すでに指摘したように、この前提が常に満足されるかは疑問である。

一方、EHLER (1982a) が多種導入を支持する一つの根拠として挙げるのは、前述のタバチの寄生蜂複合の種類間関係に基づくものである。このタバチの 1 個のゴールには複数の寄主がいるから、その一部または全部が蜂に寄生されたゴールには蜂の寄生が 1 種のものや複数種のものなどさまざまである。そこでこの寄生蜂複合の主要構成種の *T. koebleri* と *Platygaster* sp. の各種について、他種の寄生のないゴール、他種が 1 種寄生のゴール、他種が 2 種寄生のゴールで各寄生率をみると、両種

の蜂とも各種単独で寄生したゴールより他種とともに寄生したゴールのほうが総寄生率が高くなる。しかし、この事実も寄生率の高いことと天敵が有効に働いていることとは一応別のことであるから、多種導入を是とする根拠といえるか疑問である。

以上、要するに多種導入が是か非か、現状ではまだ結論できない。

V 二次寄生蜂導入の是非

伝統的生物的防除では、二次寄生者を導入してはならないとされているが、その根拠は必ずしも明確でなかった (VAN DEN BOSCH, 1971)。したがって、一次寄生者と寄主の個体数が大きく変動してそのシステムが不安定な場合、二次寄生者の導入がシステムを安定化させる可能性、例えば二次寄生蜂の導入が害虫防除に貢献する可能性さえ否定できなかった。この点について数学的モデルに基づく演えきのなアプローチが近年いくつか試みられ、例えば BEDDINGTON and HAMMOND (1977) および LUCK et al. (1981) は、ある条件の下では二次寄生者の導入が寄主と寄生者のシステムを安定させることを示し、二次寄生蜂の導入を非とすることに疑問を投げかけた。しかし、類似の数学的モデルで研究した HASSELL (1978) や MAY and HASSELL (1981) によれば、二次寄生者の導入はシステムを安定させても寄主の平衡密度は高くなるので、やはり二次寄生蜂は導入すべきでないという。研究者により結論が異なるのは、一つはモデルの仮定が異なるためである。それぞれのモデルの仮定は現実性に欠ける点があり、現状では二次寄生蜂の導入を禁止することがどんな場合も正しいかは不明である。

同じ二次寄生蜂でも寄主(害虫)にも寄生する任意二次寄生蜂 (facultative secondary parasitoid) の場合は真正二次寄生蜂 (obligatory secondary parasitoid) と区別して導入の問題を考える必要がある。EHLER (1979) は任意二次寄生蜂は生物的防除に有用であるとする一つの根拠を示したが、MAY and HASSELL (1981) も演えきの数学的モデルから任意二次寄生蜂の導入を認めてよいと結論した。任意二次寄生者は、一次寄生者で他種の一次寄生者との競争に勝つものとみなせるから、多種導入を認める立場に立てば当然の結論であろう。

VI 今後の課題

導入天敵による害虫防除の戦略をさらに明確なものとするためには、今後なお多くの課題を解決する必要がある。天敵導入を実際に行って、導入前後の害虫の個体群

動態を中心として害虫と天敵双方の生態学的調査を十分に行い、天敵の導入が防除を成功させる要因を明らかにすることが重要である。一方、過去に導入して防除に成功した害虫と天敵については導入後であっても再度研究してみることも必要であろう。また、多種導入の是非と関連して、侵入害虫・土着害虫のいかんを問わず、その天敵複合を対象に天敵の種間競争の研究を深める必要がある。天敵の種間競争が天敵の活動に悪影響を及ぼし、さらには天敵種の排除にまで及ぶか否かを明らかにしない限り、EHLER (1982b) が行ったような導入前の天敵種またはその組み合わせの選別の試みもまだ実効を持ちえないであろう。この論文でも彼は言う。“伝統的生物的防除が実施され始めてはば 100 年になるが、多くの重要な理論的問題は未解決である”，と。

本稿の草稿を読んで貴重な意見を寄せられた高木正見氏に感謝する。

主な引用文献

- 1) ALAM, M. M. et al. (1971) : *Entomophaga* 16 : 151~158.
- 2) BEDDINGTON, J. R. et al. (1978) : *Nature* 273 : 513~519.
- 3) CLAUSEN, C. P. (ed.) (1978) : *Introduced Parasites and Predators of Arthropod Pests and Weeds: A World Review*, USDA Agric. Hdbk. No.480 : pp. 545.
- 4) CONWAY, G. (1976) : *Theoretical Ecology: Principles and Applications*. (R. M. MAY, ed.), Blackwell Sci. Publ., Oxford, pp. 257~281.
- 5) DOUTT, R. L. and P. DEBACH (1964) : *Biological Control of Insect Pests and Weeds*. (P. DEBACH, ed.), Chapman and Hall Ltd., London, pp. 118~142.
- 6) DROOTZ, A. T. et al. (1977) : *Science* 197 : 390~391.
- 7) EHLER, L. E. (1982a) : *Hilgardia* 50 : 1~32.
- 8) ——— (1982b) : *Env. Ent.* 11 : 525~530.
- 9) ——— and J. C. MILLER (1978) : *Entomophaga* 23 : 207~212.
- 10) FORCE, D. C. (1974) : *Science* 184 : 624~632.
- 11) HALL, R. W. and L. E. EHLER (1979) : *Bull. Ent. Soc. Amer.* 25 : 280~282.
- 12) ——— et al. (1980) : *ibid.* 26 : 111~114.
- 13) HASSELL, M. P. (1978) : *The Dynamics of Arthropod Predator-Prey Systems*. Princeton Univ. Press, Princeton, pp. 237.
- 14) 広瀬義躬 (1979) : 種の生活における昆虫の行動 (共著), 培風館, 東京, pp. 183.
- 15) HUFFAKER, C. B. et al. (1971) : *Biological Control*. (C. B. HUFFAKER ed.), Plenum Press, New York, pp. 16~67.
- 16) ——— (1976) : *Theory and Practice of Biological Control*, (C. B. HUFFAKER and P. S. MESSENGER eds.), Academic Press, New York, pp. 41~78.
- 17) MORRISON, G. and D. R. JR. STRONG (1980) : *Env. Ent.* 9 : 149~152.
- 18) PIMENTEL, D. (1963) : *Can. Ent.* 95 : 785~792.
- 19) TURNBULL, A. L. and D. A. CHANT (1961) : *Can. J. Zool.* 39 : 697~753.

特集：導入天敵〔2〕

ヤノネカイガラムシの導入天敵とその防除効果

静岡県柑橘試験場 古橋 嘉一・西野 操

はじめに

わが国のカンキツ類、特にウンシュウミカンは、明治の中期ごろより長崎、和歌山、静岡などの先進的農家によって植栽が始まった。当時から換金の作物であったため、明治末期より全国的に植栽が盛んになり、このため海外から苗木などの導入が行われるようになった。これに伴ってカンキツ類の侵入害虫も急激に増加した。すなわち、明治中期にミカントゲコナジラミ、1886年にはルビーロウムシ、1907年にはヤノネカイガラムシ、1908年にはイセリアカイガラムシが日本で発見された。これらの侵入害虫はいずれも被害が大きく、カンキツ栽培は脅威にさらされた。

当時は有力な農薬もなかったため防除に困難をきたした。そのため、これら侵入害虫の防除対策として、害虫の原産地などからそれぞれ有力な天敵が日本に導入されたり、あるいは日本で発見された。1910年にイセリアカイガラムシに対するベダリアテントウ、1937年にはミカントゲコナジラミに対するシルベストロコバチの導入、1946年にはルビーロウカイガラムシに対するルビーアカヤドリコバチの発見などがそれである¹⁾。これらの導入天敵によって侵入害虫4種のうち3種は生物的防除が成功し、現在、通常の発生密度では薬剤防除の必要がない害虫となっている。この経済的効果はばく大なものである。

残されたカンキツ類の侵入害虫の中で、その被害からみて最大害虫であるヤノネカイガラムシについても、本種の原産地とみなされる中国からの天敵の導入の試みとその必要性が強く要請されてきた^{6,14,15)}。しかし、日本と中国との国交上の関係から、長い間天敵の導入は実現できなかった。筆者らはこの天敵の導入を計画し、財団法人日中経済協会の協力により、中国国務院農学部と折衝した結果、中国側の深い理解と全面的な協力が得られ、1980年9～10月に“静岡県柑橘害虫天敵利用技術交流団”の訪中が実現した。この交流団は、中国の四川省重慶でヤノネカイガラムシの寄生蜂2種 (*Aphitis* sp.

および *Physcus* sp.) を発見、採集した。この寄生蜂は、静岡県柑橘試験場と農林水産省果樹試験場口之津支場に輸入された^{4,7,14)}。

これら2種の寄生蜂は、筆者らと果樹試口之津支場の高木一夫氏(現果樹試本場)らによって、日本のヤノネカイガラムシを寄主として増殖させ生態的特性、寄生性、ヤノネカイガラムシに対する防除効果などについて調査研究された結果、きわめて有力な寄生蜂であることが明らかにされた^{4,14)}。

2種の寄生蜂とも、1981年6月から野外に放飼した結果、1983年3月までに静岡、長崎の2県で完全に定着した^{4,14)}。

その防除効果も大きく⁴⁾、ヤノネカイガラムシの生物的防除は実用化の段階に入ることとなった。また、農林水産省は昭和58年度からの新規事業として、“生物利用防除技術導入事業”を発足させ、各県と協力して全国的な規模で2種の寄生蜂を大量増殖して配布し、天敵を利用した総合防除技術の確立を推進することになった。

ここでは、主として静岡柑試における調査研究を中心にして、2種の寄生蜂の特性、生態とヤノネカイガラムシに対する防除効果などについて述べることにした。

I ヤノネキイロコバチ *Aphytis yanonensis* DeBACH et ROSEN

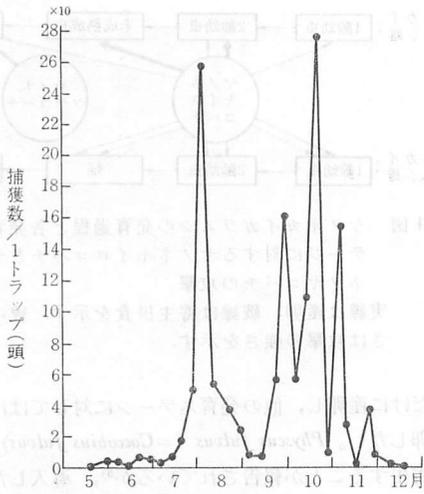
1 種の同定

導入した *Aphytis* sp. の乾燥標本および生体の蛹をカリフォルニア大学の P. DeBACH 博士とヘブライ大学の D. ROSEN 博士に送り同定を依頼した。両者による同定の結果、本種は、未記録の新種であると確認され、*Aphytis yanonensis* DeBACH et ROSEN と命名された²⁾。和名については、筆者らと高木一夫氏とで“ヤノネキイロコバチ”と命名した。

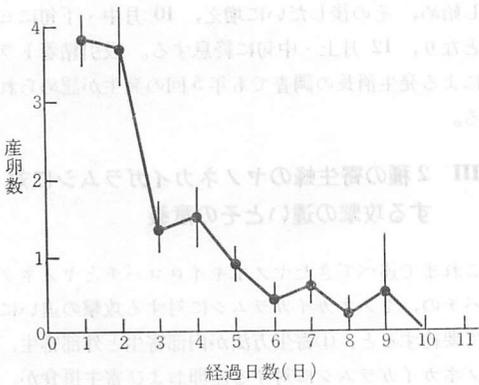
2 発生生態

卵から成虫までの発育は、25°C で約15日間である。実験室内で得られた発育速度から発育零点は10.3°C、有効積算温度は、237日度となる⁴⁾。発育零点と有効積算温度および成虫の年間における発生消長などから、年間の発生世代数は、10～12世代と推定されている^{4,14)}。ヤノネカイガラムシの年間の世代数は2～3世代である

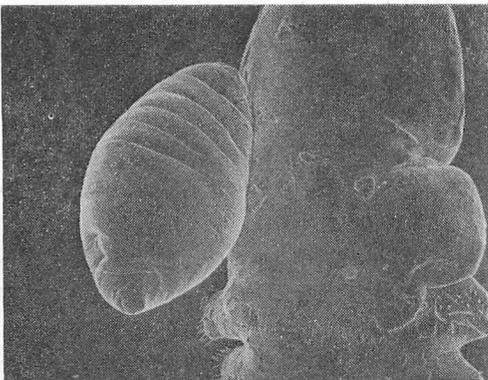
Introduced Natural Enemies of the Arrowhead Scale, *Unaspis yanonensis* KUWANA, and Its Control Effects. By Kaichi FURUHASHI and Misao NISHINO



第1図 吸引トラップにおけるヤノネカイコロバチの発生消長⁴⁾



第2図 ヤノネカイコロバチの羽化後の産卵消長⁴⁾



第3図 ヤノネカイコロバチの幼虫(左)とその寄生により変形し始めたヤノネカイガラムシの虫体(右)

ので、その 4~5 倍の世代数である。

Aphytis 属に属する種の約 25% は単性生殖をされるとされているが⁸⁾、このヤノネカイコロバチも産雌性単性生殖である。ほ場における吸引粘着トラップなどでも捕獲される成虫は、雌が大部分で、雄はまれである。

成虫の発生は、第1図に示したように、4月下旬~5月上旬から発生し始めるが、7月上・中旬ころまでは、ヤノネカイコロバチの産卵に適した发育ステージのヤノネカイガラムシが少ないため、トラップでの捕獲数は少なめに推移する。しかし、7月中旬ころから急激に増加する。これはヤノネカイガラムシの越冬成虫が5月中旬ころから1齢幼虫を発生し、これらの成虫が6月下旬ころからヤノネカイコロバチの産卵に適した未成熟成虫の发育ステージに发育してくるからである。その後の発生量も寄主の量によって推移するが、10月中・下旬ころにピークとなり、12月中旬ころ終息する。成虫はカイガラに直径約 0.15 mm の穴を開けて脱出してくる。成虫のヤノネカイガラムシに対する産卵数は、第2図に示したように羽化後の 2~3 日間でその大部分を産卵する。成虫 1頭当たりの産卵数は、25°C の温度条件で 17.3 個となっている⁴⁾。しかし、シロマルカイガラムシ *Aspidiotus hederae* VALLOT へ産卵させた場合、約 60 個(カリフォルニア大、ROSE, M. からの私信)産卵することであり、飼育条件や寄主の種類により、産卵数は異なるようである。

ヤノネカイガラムシへの産卵は、カイガラの上から産卵管を刺し込んで、カイガラムシの虫体上に産卵する外部寄生である⁴⁾。卵からふ化した幼虫は、カイガラムシ虫体の腹部に移動し寄生するが、まれには背部に寄生していることもある。幼虫が发育するにつれて、カイガラムシの虫体は体液を吸収されるために変形し(第3図)、しぼむようになり、終齢幼虫に发育するころにはカイガラムシの虫体は、完全に干からびて死亡している。1頭のヤノネカイガラムシに産み付ける卵数は普通 1個で単寄生であるが、2個産み付けられている場合もある。これらのカイガラムシの虫体は、1個の場合の虫体よりも大きく、1虫体への2個以上の産卵は、寄主の大きさが関係しているようである⁴⁾。

3 寄主摂食効果 (Host feeding effects)

Aphytis 属の成虫は甘露や花蜜を餌としているが、同時に寄主の若齢幼虫からその体液を摂取し、重要な栄養源としており、この行動を Host feeding (寄主体液摂取)と呼び、またその結果、寄主が死亡し寄主密度を左右することを、Host feeding effects (寄主摂食効果)と言っている⁸⁾。ヤノネカイコロバチの寄主摂食は、他の

第1表 ヤノネキイロコバチによるヤノネカイガラムシ 2 齢幼虫への寄主摂食とその死亡率

試験区	項目	供試虫数 ^{a)}	生虫数 ^{a)}	死虫数 ^{a)}	死亡率 ^{b)}	
					\bar{x}	S. D
放飼区		151	92	59	45.0%	14.7
無放飼区		126	107	19	16.7	4.7

a) 5 区の合計虫数, b) 5 区の平均値
放飼区は、ケージ内の寄主に対して寄生蜂成虫を48 時間放飼した。死亡率は2 週間後におけるもの。

Aphytis と同じく、雌成虫がヤノネカイガラムシの若齢幼虫に産卵管を刺し込んで穴を開け、その穴から体液を吸収する。このため、寄主摂食されたヤノネカイガラムシは死んでしまう。*Aphytis* によるこの寄主摂食効果は、寄主の密度抑制に強く働いているとされている¹⁾。ヤノネキイロコバチも、その寄主摂食効果は大きい(第1表)。ヤノネキイロコバチの生息密度が高くなると、雌2 齢幼虫は、ヤノネキイロコバチの寄主摂食によって死亡し、未成熟成虫や成虫へ発育する個体は減少する。本虫のヤノネカイガラムシに対する防除効果を検討する場合、ヤノネカイガラムシに対する寄生率だけの評価では、本虫の防除効果を過小評価することになるので、寄主摂食効果も加味して評価すべきであろう。

II ヤノネツヤコバチ *Coccobius fulvus*

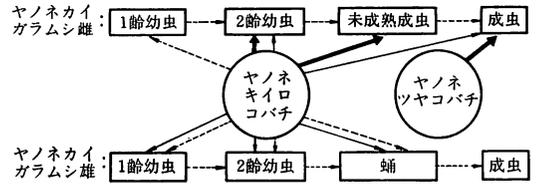
COMPERE et ANNECKE

1 種の同定

導入した *Physcus* sp. については、乾燥標本を愛媛大学の立川哲三郎博士に送り同定を依頼した結果、*Physcus fulvus* COMPERE et ANNECKE と同定され^{12,13)}、和名はヤノネツヤコバチと命名された。その後、HAYAT, M. (1983)⁶⁾ によって属の変更が行われ、*Physcus* 属は *Coccobius* 属と同一属であるので、*Coccobius* 属に統一されることとなり、*Physcus fulvus* は *Coccobius fulvus* となった。

2 発生生態

卵から成虫までの発育所要日数は、25°C では 25 日、20°C では 33 日で⁴⁾、年間の世代数は約 5 世代と推定されている^{4,14)}。生殖方法は産雌性単性生殖で^{4,14)}、雌は雄と交尾しなくとも産卵するが、それらの卵はすべて雄となる。ヤノネカイガラムシに対する寄生方法は、内部寄生で、ヤノネカイガラムシのカイガラの上から産卵管を刺し込み、ヤノネカイガラムシの虫体内に卵を1 個産み付ける単寄生である。ヤノネカイガラムシへの産卵は雌



第4図 ヤノネカイガラムシの発育過程と各発育ステージに対するヤノネキイロコバチとヤノネツヤコバチの攻撃

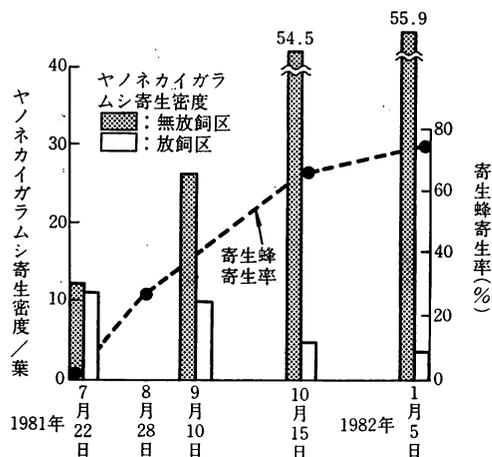
実線は産卵、破線は寄主摂食を示す。線の太さは攻撃の強さを示す。

成虫だけに産卵し、他の発育ステージに対してはほとんど産卵しない。*Physcus fulvus* (= *Coccobius fulvus*) は、同胞寄生することが報告されているが⁹⁾、導入したヤノネツヤコバチは、産雌性単性生殖はするものの同胞寄生はしない。

成虫の発生は、5月中旬ころから越冬世代の成虫が発生し始め、その後しだいに増え、10 月中・下旬にピークとなり、12 月上・中旬に終息する。吸引粘着トラップによる発消長の調査でも年5 回の発生が認められている。

III 2 種の寄生蜂のヤノネカイガラムシに対する攻撃の違いとその意義

これまで述べてきたヤノネキイロコバチとヤノネツヤコバチの、ヤノネカイガラムシに対する攻撃の違いについて要約すると、①寄生方法が内部寄生と外部寄生、②ヤノネカイガラムシに対する産卵および寄主摂食が、第4図に示したように、両寄生蜂間でほとんど競合しない。すなわち、ヤノネカイガラムシの成虫から発生した1, 2 齢幼虫は、まず、ヤノネキイロコバチの寄主摂食による攻撃を受け、この攻撃から免れて未成熟成虫に発育した個体は、産卵による攻撃を受けることになる。この未成熟成虫期にヤノネキイロコバチの攻撃から免れた個体は、成虫に発育するが、この成虫に対してはヤノネツヤコバチが産卵し、攻撃する。このように、2 種の寄生蜂が存在する条件下では、ヤノネカイガラムシは1 齢幼虫から成虫に発育するまでの全期間にわたって、いずれかの寄生蜂の攻撃を受けることになる。しかし、寄生蜂間の競合関係が生じる可能性も考えられるので、1 種だけの寄生蜂や2 種の寄生蜂を同時に放飼した場合などのヤノネカイガラムシに対する防除効果について、検討を行っている。



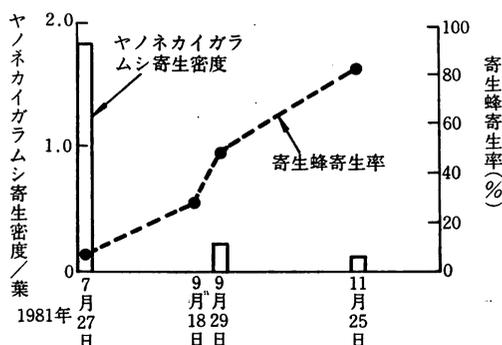
第5図 2種の寄生蜂放飼区と無放飼区におけるヤノネカイガラムシの寄生密度と寄生蜂寄生率の推移

IV 2種の寄生蜂のわが国への定着

導入天敵による生物防除が成功するかどうかは、導入した天敵が新しい土地の環境条件に適応し、定着できるかどうかにかかっている。2種の寄生蜂とも1981年6月から静岡県内に放飼されているが、放飼したいずれの地点でも、越冬し、定着が確認されている⁴⁾。高木¹⁴⁾も長崎県において、両寄生蜂放飼後のヤノネカイガラムシに対する寄生率などの追跡調査を実施し、その定着を確認している。静岡県は、カンキツ類の経済的栽培が可能な最北端に位置しており、寄生蜂を採集した四川省重慶市より、冬季の気温は低い。したがって、静岡県で越冬し、定着できることは、それより南にカンキツ栽培地帯を持つわが国での定着は可能と考えられる。

V ヤノネカイガラムシに対する防除効果

1981年から、寄生蜂のヤノネカイガラムシに対する防除効果試験が実施されている。第5図は、ヤノネカイロコバチとヤノネツヤコバチの2種の寄生蜂が生息している場合(放飼区)と生息していない場合(無放飼区)の、2種の寄生蜂の寄生率(ヤノネカイロコバチとヤノネツヤコバチの合計寄生率)とヤノネカイガラムシの寄生密度の推移について示したものである⁴⁾。1981年7月22日から1982年1月5日までに、無放飼区はヤノネカイガラムシの寄生密度が約5.5倍に増加したのに対し、放飼区では約1/5に減少した。ヤノネカイガラムシに対する両寄生蜂の寄生率は、1982年1月5日の調査で、放飼区では合計で75%となっており、放飼区のヤノネカイガラムシ寄生密度の減少は、寄生蜂の寄生によ



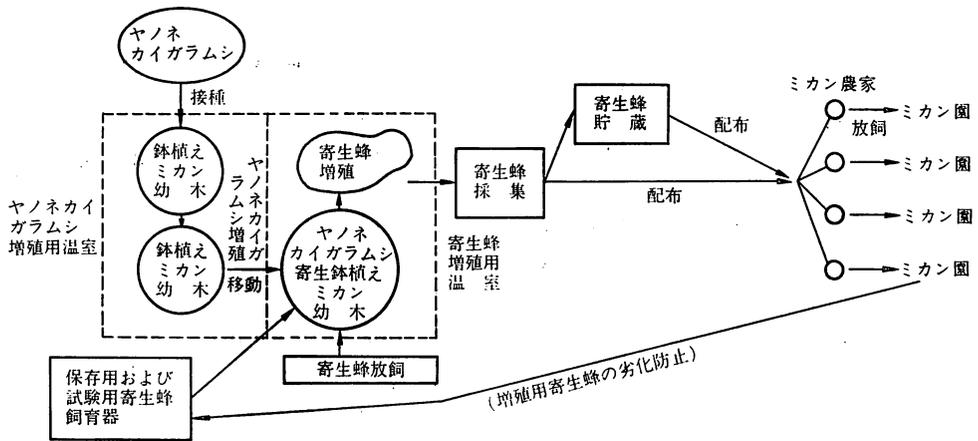
第6図 ミカン園におけるヤノネカイロコバチ放飼後のヤノネカイガラムシ寄生密度と寄生蜂の寄生率の推移(沼津市西浦)

る死亡や、寄生摂食によりもたらされたものと考えられよう。

第6図は、沼津市西浦のミカン園にヤノネカイロコバチだけを放飼した場合の、ヤノネカイガラムシに対する寄生蜂の寄生率とヤノネカイガラムシの寄生密度について示したものである⁴⁾。1981年6月24日と7月27日に、1樹当たり各100頭のヤノネカイロコバチを放飼した。7月27日の調査で、寄生蜂の寄生が認められるようになり、11月25日の調査では、80.3%の寄生率となった。ヤノネカイガラムシの寄生密度は、1葉当たり1.8頭だったのが0.2頭となり、約1/10に減少した。ヤノネカイガラムシは、有力な天敵がいなかったために、その増殖率に大きな変動はなく、7月末から12月末までの増殖率は、6~7倍である。両試験とも寄生蜂放飼区のヤノネカイガラムシ寄生密度は減少しており、寄生蜂のヤノネカイガラムシに対する防除効果は高い。

おわりに

今までに述べてきたように、1980年中国から導入したヤノネカイロコバチとヤノネツヤコバチはわが国の環境条件に適応し、定着できることやヤノネカイガラムシに対する防除効果も高いことが明らかとなった。農林水産省では、2種の寄生蜂を大量増殖して配布するための事業(生物利用防除技術導入事業)を昭和58年から開始した(第7図)。研究面で検討しなければならない点は数多くあるが、カンキツ産業の現在の低迷状態を考えた場合、コストダウンにつながる寄生蜂の大量増殖とその配布は、早急に進めていく必要がある。研究面での検討課題は、実用化を進めていくうえで生じる問題点とともに、解決していけばよいと考えている。



第6図 ヤノネキヒロコバチ, ヤノネツヤコバチの大量増殖方法模式図

引用文献

- 1) DEBACH, P. (1969) : Proc. 1st Internat. Citrus Symp. 2 : 801~822.
- 2) ——— and D. ROSEN (1982) : Kontyu 50 (4) : 626~634.
- 3) FLANDERS, S. E. (1953) : Boll. Lab. Zool. F. Silvestri, Portici 33 : 10~28.
- 4) FURUHASHI, K. and M. NISHINO (1983) : Entomophaga 28(3) : 277~286.
- 5) HAYAT, M. (1983) : Systematic Entomology 8 : 63~102.
- 6) 石井 悌 (1931) : 応用動物 3(5) : 295~300.
- 7) 西野 操・高木一夫 (1981) : 植物防疫 35(6) : 15~18.
- 8) ROSEN, D. and P. DEBACH (1979) : Species of *Aphytis* of the world, Dr. W. JUNK BV Publ., Hague, Boston & London, pp. 801.
- 9) 立川哲三郎 (1960) : 植物防疫 14(11) : 491~493.
- 10) ——— (1963) : 同上 17(8) : 309.
- 11) ——— (1964) : 農及園 39(10) : 1591~1592.
- 12) TACHIKAWA, T. (1981) : Trans. Shikoku Ent. 15 (3, 4) : 179~181.
- 13) 立川哲三郎 (1981) : 農及園 56(12) : 1522~1524.
- 14) 高木一夫 (1983) : 果樹試験報告 D5号 : 93~110.
- 15) TANAKA, M. and K. ENOUE (1977) : Bull. Fruits Tree. Res. Stn. D1, 69~85.
- 16) 安松京三 (1960) : 植物防疫 14(11) : 467~470.

中央だより

—農林水産省—

○病害虫発生予察事業特殊調査成績検討及び計画打ち合わせ会開催さる

昭和58年度病害虫発生予察事業特殊調査成績検討会が次のとおり開催された。

果樹カメムシ類の発生予察方法の確立に関する特殊調査

- (1) 日時：昭和59年3月30日 13~17時
- (2) 場所：農林水産省農蚕園芸局第1会議室
- (3) 出席者：担当県(福島, 千葉, 長野, 奈良, 鳥取, 福岡), 香川, 果樹試, 同興津支場, 植物防疫課

昭和58年度病害虫発生予察事業特殊調査成績検討会及び59年度事業計画打ち合わせ会が次のとおり開催された。

フェロモントラップによる発生予察法に関する特殊調査

- (1) 日時：昭和59年4月5日 10~17時
- (2) 場所：農林水産省農蚕園芸局第1会議室
- (3) 出席者：担当県(青森, 群馬, 長野, 静岡, 岐阜, 島根, 岡山, 長崎, 大分), 農環研, 果樹試, 野菜試, 技術会議事務局, 植物防疫課

人事消息

(4月12日付)
井上 平氏(農研センター企連室連絡調整科長)は中国農業試験場企企連絡室連絡1科長に
(5月1日付)
村井敏信氏(環境研環境管理部資源生態管理科環境情報管理室主任研究官)は茶業試験場製茶部製茶第1研究室長に
堀野 修氏(北陸農試環境部病害1研主任研究官)は東北農業試験場栽培第一部病害第1研究室長に
本田雄一氏(東北農試環境部病害研主任研究官)は野菜試験場盛岡支場病害研究室主任研究官に
鬼木正臣氏(環境研環境生物部微生物管理科土壌微生物分類研主任研究官)は茶業試験場栽培部病害研究室主任研究官に
梅川 学氏(野菜試盛岡支場病害研主任研究官)は農林水産技術会議事務局研究調査官に

特集：導入天敵〔3〕

オンシツコナジラミ防除へのオンシツツヤコバチ (仮称)* の利用

九州大学農学部生物的防除研究施設 か
じ
梶 た
田 ひろ
泰 し
司

はじめに

施設園芸作物害虫 オンシツコナジラミ *Trialeurodes vaporariorum* (WESTWOOD) の発生がわが国で初めて確認されてから、10年が経過しようとしている。本種の被害は主として農業により抑えられているが、施設の病虫害防除が農業に大きく依存することは望ましいことではない。そこには安全性や薬剤抵抗性の発達などの問題が生じる。欧米で市販されているオンシツコナジラミの有力天敵 オンシツツヤコバチ (仮称) *Encarsia formosa* GAHAN は、1975年に農林水産省中国農業試験場によりイギリスの温室作物研究所から輸入され、その後同省地域農業試験場、同省野菜試験場、静岡県農業試験場、九州大学などで基礎応用研究が行われてきたが、いまだに実用段階に達していない。この蜂を利用したオンシツコナジラミの生物的防除については、本誌第33巻第11号に矢野(1979)が詳細に論じているので、ここでは技術的観点からヨーロッパにおける実用化の経過と現状を紹介し、わが国における実用化の阻止要因を考えてみたい。

I 発見の経過

オンシツツヤコバチは1924年にアメリカ・アイダホ州で採集された標本により新種として発表された単寄生性の内部寄生蜂で、幼虫と蛹を寄生と host feeding により死亡させ、雌だけで繁殖が可能である。命名者の GAHAN (1924) によると、この寄生蜂はその当時オハイオ州やワシントン州の温室でオンシツコナジラミに多数寄生していた。イギリスでは、*Encarsia partenopea* MASI が1914年以降オンシツコナジラミの天敵として注目され、1926年には栽培者に配布されたが、定着しなかった。このような経験があったため、同年7月にオンシツツヤコバチがイギリスの温室で発見されたとき、Che-

shunt 試験場はわずか雌3頭から約2,500頭に増殖して放飼試験を行い、有望な天敵であることを確認できた。同試験場は1930年には同寄生蜂を150万頭も生産して国内栽培者に配布したばかりでなく、国外にも大量に発送した。しかし有機合成殺虫剤 DDT の普及により、約30年続いた同寄生蜂の生産は1954年に打ち切れ、同試験場は新設の温室作物研究所に移管された。このように、オンシツツヤコバチは伝統的生物的防除法に従い、オンシツコナジラミの原産地とみられる北アメリカの西部や南西部 (RUSSELL, 1948) から導入された天敵ではない。

II 再登場と利用の拡大

現在のヨーロッパに見られるオンシツツヤコバチの普及は、ナミハダニ *Tetranychus urticae* KOCH とオンシツコナジラミの薬剤抵抗性の発達によるところが大きい。ナミハダニの抵抗性は1950年代にヨーロッパで知られていたが、1960年代に深刻化した。イギリスの温室作物研究所は1961年にオランダの温室作物試験場ですでに有効性が明らかにされていたチリカブリダニ *Phytoseiulus persimilis* ATHIAS-HENRIOT を輸入して利用方法を開発し、実用化しようとした。ところがこのハダニの有力天敵は、オンシツコナジラミの防除に使用する農業により簡単に死亡した。そのため1964年から総合防除の研究が行われるようになり、オンシツツヤコバチをオンシツコナジラミの防除に再び利用することが決定された。その後オンシツコナジラミも薬剤抵抗性を発達させていることが判明し (WARDLOW et al., 1972)、オンシツツヤコバチはチリカブリダニとともに、施設害虫の重要天敵とみなされるようになった。

施設トマトにおけるオンシツツヤコバチの利用は1970年にイングランドで始まり、1971年にオランダ、1973年にベルギー、デンマーク、ポーランド、ノルウェー、1974年にオーストリア、スコットランド、1975年にスウェーデン、フィンランド、アイルランドと急速に進み、1981年現在その利用国はブルガリア、ルーマニア、ソ連、西ドイツ、カナダ、アメリカを含め、15か

* 本誌編集委員会の要望により、*Encarsia formosa* についてこの和名を仮に用いることにした。

Biocontrol of the Greenhouse Whitefly by *Encarsia formosa*. By Hiroshi KAJITA

国に及んでいる。その利用面積はキュウリやピーマンなどを合わせて 1976 年には約 900 ha, 1981 年には約 1,200 ha に達している。

オンシツツヤコバチがイギリスで実用化されたとき、その生産はイギリスの温室作物研究所とカナダの Harrow 試験場の 2 か所に限られていた。カナダの試験場は現在も生産配布を続けているが、ヨーロッパでは東欧諸国を除き、国の試験研究機関は栽培者向けのオンシツツヤコバチの生産は行っていない。オンシツツヤコバチは 1982 年現在 6 か国 10 社の民間会社で生産されている。そのうちの 7 社はヨーロッパの会社であり、イギリスには 4 社もある。オランダの Koppert 社は 1969 年にチリカブリダニの生産を開始したヨーロッパ最初の本格的な天敵生産会社であり、1971 年からオンシツツヤコバチを生産し、現在オランダ、イギリス、ベルギー、西ドイツ、スイス、フィンランド、スウェーデンなどで販売している。配布は多くの国で生産者が行っているが、スウェーデンでは民間会社が生産と施用方法の助言を担当し、配布は生産販売組合が担当している。なおヨーロッパ以外では、カナダの年間約 25 ha 利用が最高である。カナダのオンシツツヤコバチは民間会社、生産者組合および試験場で生産されているが、アメリカ合衆国と同様に大規模な施設に供給するほど大量生産のできる設備はない。

III 生産方法と施用方法

オンシツコナジラミをオンシツツヤコバチでうまく防除するためには、良質の同寄生蜂を必要量供給することと施用方法の適切な実地指導が必要不可欠である。一般に天敵生産には寄主植物の栽培、寄主の飼育、天敵の飼育、天敵の保存といった過程がある。イギリスの温室作物研究所は 1975 年に二つの大量生産方法を紹介している (ANON., 1975)。そのうちの一つは Cheshunt 試験場で考案された方法であり、その第一の特徴は、1 棟の施設の中で寄主のコナジラミの飼育からオンシツツヤコバチの飼育までを行うことである。第二の特徴は鉢植えの寄主植物のタバコの摘心を行わずに長期間にわたり使用し、オンシツツヤコバチが蛹化して寄主のコナジラミが黒色に変化した葉から順次摘葉することである。コナジラミやオンシツツヤコバチの異常発生が起こらない限り、人為的操作はできるだけ施さない。このような方法は同一葉上のコナジラミの発育を不ぞろいにし、オンシツツヤコバチの羽化時期を不均一にするであろう (NECHOLS and TAUBER, 1977)。そのうえ産卵能力の小さい成虫の生産される恐れがあり、質量ともに計画生産は豊

富な経験がないと難しい。もう一つの生産方法は温室作物研究所の考案した方法であり、寄主植物の栽培、コナジラミの接種、コナジラミの飼育、オンシツツヤコバチの接種と飼育、オンシツツヤコバチと健全なコナジラミとの分離をそれぞれ独立した施設で行う。そのうえタバコ葉の枚数とコナジラミの密度がほぼ決められており、隣の施設へ寄主植物のタバコを移す場合にはコナジラミやオンシツツヤコバチの成虫を殺虫剤で殺して発育をそろえるように配慮されている。この方法に従えばタバコ葉 1 枚当たり 2,000~3,000 頭、株当たり約 15,000 頭の良質なオンシツツヤコバチを生産することが可能であろう。しかしオンシツツヤコバチの天敵としての欠点は長期にわたり施設を使用しなければならぬことである。そのため後者の生産方法に忠実に従うことは生産費を上昇させることになる。したがって民間会社は上記の 2 法のいずれか一つを基本にして施設の数を適度に加減し、太陽熱を有効に利用するなど、いろいろ創意を凝らしている。

オンシツツヤコバチの自家生産者数は正確につかみ難いが、利用面積の 5~10% にも達するという推測もある (VAN LENTEREN et al., 1980)。最近注目されているのはカナダの一地方で約 10 年に及ぶオンシツツヤコバチの利用の結果、同寄生蜂が定着したことである。同寄生蜂は夏季には施設から野外に出て生息し、秋季には自ら施設に入ってくる。栽培者は施設に定着する数が少ない場合に野外の同寄生蜂を導入している。

天敵利用の欠点は天敵、害虫、農薬、栽培法などに関する知識が要求され、農作業が勝手にできないことである。ヨーロッパでは生物的防除や総合防除の専門家が試験場や普及機関に配属されており、天敵の施用方法、使用不可能な農薬、農薬の残留期間などの疑問に答えてくれる。大きな天敵会社は天敵専門の社員や防除の教育訓練を受けた代理店員による実地指導の料金を天敵の価格に含めている。天敵会社が栽培者の多い地域に設置されているのは天敵の輸送の問題だけでなく、実地指導がきわめて重要なためである。それは天敵会社が大会社に成長し難い一因ともなっている。

オランダの施設野菜栽培地帯は約 1 ha の大型連棟の多いことで有名であるが、作物や品種は 1 種類でないことなどのために、ほとんどすべての施設にオンシツコナジラミが発生する。これに対して施設の分散しているような国ではコナジラミの発生も少ないようである。イギリスでオンシツツヤコバチの利用が再開されたころ、同寄生蜂はチリカブリダニと同様に“pest in first”法により放飼された。これはオンシツツヤコバチの放飼に先立

ちオンシツコナジラミを放飼する方法であり、コナジラミの発生が少なく、オンシツツヤコバチの定着が難しくな施設に適している。民間会社は成功率の高いこの方法を好んだが、栽培者はコナジラミの放飼を嫌った。現在ヨーロッパでは多回放飼法が採用されている。これは例えば、施設でコナジラミ成虫を最初に見つけたとき、直ちに第1回のオンシツツヤコバチの放飼を行い、その後隔週間隔で数回放飼する方法であり、各回の放飼数は1m²当たり約2頭である。しかしこの施用方法は国により異なる。放飼方法は、多くの国が例えば50株ごとに100頭ずつ放飼する均一放飼であるが、フィンランドではコナジラミの多発する地点にだけ放飼し、スウェーデンでは均一放飼とコナジラミの多い地点の放飼を併用している。これはコナジラミの発生量の問題よりも施設における分布による。フィンランドやスウェーデンの施設では大部分のトマト苗にコナジラミが発生しているというようなことはなく、施設の入口や周辺に発生する場が多いようである。放飼回数はイギリスや西ドイツは4~5回でもっとも多く、イギリスは株当たり合計9頭、西ドイツは8頭放飼する。一方フィンランド、スウェーデンおよびデンマークの放飼回数は2回以内である。フィンランドでは1回で1m²当たり合計6頭放飼されることもあるが、成功率はほぼ100%である。その他の国の放飼回数は3~4回である。オランダでは株当たり合計約8頭放飼するが、これはコナジラミの1世代の間に少なくとも2回放飼するよう計算されている(WOETS, 1978)。トマトの株数を1ha当たり30,000株とすると、1ha当たりの放飼数は合計約240,000頭になる。

放飼するオンシツツヤコバチの発育状態は蛹である。現在でも一部の会社は約50年前と同様にその蛹の入っている黒色のコナジラミの死体の付着したタバコ葉を栽培者に販売している。しかしKoppert社はタバコ葉からコナジラミを機械を使用してはがして集め、上記の黒色のコナジラミを約100頭ずつ厚紙のりではり付けて販売している。栽培者から天敵生産者に転身した同社は十分過ぎるほどの広大な施設を有するが、チリカブリダニも寄主植物の葉から離してふすまやナミハダニと一緒にポリ容器に入れて販売している。こうした方法は栽培者の葉を短冊形に切る手間が省けるといったことのほか、病害虫を施設に持ち込む心配がなく、省力化につながるなど利点が多い。一方生産者にとっては栽培者に対する実地指導が容易になった意義は大きい。

IV 施設の温湿度条件

オンシツツヤコバチは熱帯原産の昆虫であり、高温条

件でしか利用できないものと長い間信じられてきた。そのため低温は単純に同寄生蜂の働きを低下させる要因といわれていた。その一因となったBURNETT(1949)の実験によると、オンシツツヤコバチは15°Cから産卵可能であり、その産卵数は24°Cでは33卵に増加するが、27°Cでは31卵に減少している。このBURNETT(1949)の実験では確かに高温で産卵数は多いが、18~27°Cの間で約4卵の差しか認められず、産卵抑制が起こった可能性が大きい。わが国に導入されたオンシツツヤコバチの産卵数はいくぶん産卵抑制のおそれのある実験条件においても20°Cで約90卵であり、以下15, 25, 30, 35°Cの順に減少し、産卵は40°Cまで認められている(梶田, 1979)。オンシツツヤコバチの性質が約50年の間に变化したことも予想されることから、オランダ、ニュージーランド、アメリカ合衆国および日本の同寄生蜂の低温条件における卵巣卵の発育や産卵数などが調査されたが、いずれも約10°Cが産卵限界温度であった(VAN LENTEREN et al., 1981; KAJITA and VAN LENTEREN, 1982; KAJITA, 1983)。ところでオランダの施設トマトは冬季夜間19~20°C、昼間24°Cで栽培されている。このような施設では恒温条件の実験結果が参考になる。しかし晴天が多く、また日中高温になるわが国の施設は温度較差が大きい。そのため日最低温度が約5°C、最高温度が約30°Cの施設で防除効果の調査を行ったが、予想どおり良好な成績が得られた(KAJITA, 1982)。それはオンシツツヤコバチの卵巣卵が10°C以上の温度で簡単に成熟するためである。なお最高の平均産卵数は442卵である(ARAKAWA, 1982)。

チリカブリダニとオンシツツヤコバチは南欧では利用されていない。これは高温と乾燥により天敵が利用できないためである。オンシツツヤコバチの産卵には約75%の湿度条件が適していると推察されており(梶田, 1979)、スウェーデンの施設における放飼試験は平均湿度が70%を下回る施設で成功している(EKBOM, 1977)。一般にヨーロッパの施設は乾燥しているが、キュウリ栽培はトマトよりも高湿になるためにオンシツツヤコバチの利用は少ない(EKBOM, 1977)。オランダではキュウリ葉上の毛がオンシツツヤコバチの寄主探索行動を阻害することなどの理由で、同寄生蜂はキュウリで利用されなかったが、最近では1週間隔で1m²当たり2頭放飼を5回繰り返すという新しい方法で普及している(RAVENSBURG et al., 1983)。同寄生蜂はコナジラミの増殖が良好で、葉の大きいキュウリではトマトよりもあまり移動しないかもしれない。一方、近年ヨーロッパで普及しているビートバッグ、ロックウール、NFTといった土

を使わない栽培法の普及は施設を乾燥させ、低温と重なることでチリカブリダニやオンシツツヤコバチの利用を困難にしている。

わが国の施設は照度不足によりオンシツツヤコバチの効果が大きく低下するほど劣悪な気象条件には設置されていない。しかしヨーロッパでは照度不足が問題にされる (McDEVITT, 1973)。またヨーロッパではトマトは下位葉から摘葉が行われており、同寄生蜂の寄生しているコナジラミが葉と一緒に施設から持ち出されることが警戒されている。

V 新しい天敵の登場

オンシツツヤコバチはすでに述べたように、オンシツコナジラミの原産地で発見された天敵ではない。先進利用国のイギリスやオランダにおける同寄生蜂の成功率は90%以上ではあるが、それでも成功率が100%でないことに対する不満は大きい。そのため土着の *Encarsia* 属の寄生蜂の産卵数や発育日数などがアメリカ合衆国西部 (VET and VAN LENTEREN, 1981), ヨーロッパ (VAN LENTEREN and VAN DER SCHAAL, 1981), 日本 (KAJITA, 1981) で調査されたが、オンシツツヤコバチに勝る寄生蜂は発見できなかった。

ところが最近、糸状菌 *Verticillium lecanii* (ZIMM.) VIÉGAS がオンシツコナジラミの天敵としてイギリスで発売された。この糸状菌は高温条件に適しており、わが国のような高温の施設における利用が期待されている。ヨーロッパの施設はすでに述べたように、乾燥が進行しており、低温条件に適した天敵として糸状菌 *Aschersonia aleyrodis* WEBBER がオランダで研究されている。オンシツツヤコバチは約50年間大量飼育の行われてきた数少ない天敵であるが、産雌単為生殖を行うためか、いまだに防除効果の低下した報告はないようである。これに対して糸状菌は一般に人工培地で増産すると殺虫力が低下するといわれている。それを点検することは不可能でないとしても、オンシツツヤコバチのように栽培者が生産することは困難であり、民間会社向きの天敵といえよう。ここで糸状菌の利用が注目されるのは、その単独利用で十分な効果が発揮できない場合でも、オンシツツヤコバチと併用することで満足な効果が得られるという期待があるためである。もう一つの理由は、*V. lecanii* のよう

に同時にワタアブラムシ *Aphis gossypii* GLOVER の防除も可能になるかもしれないからである。

オンシツツヤコバチの利用国は年々増加の傾向にある。しかし利用面積は1977年以降ほとんど増加していない。この主因はヨーロッパにおける新しい害虫の発生である。例えばそのころからトマトにナスハモグリバエ *Liriomyza bryoniae* KALT., キュウリにネギアザミウマ *Thrips tabaci* LINDEMAN が多発し、それらの防除に使用する農薬のために同寄生蜂の利用を困難にしている。これらの害虫は土を使わない栽培法が一因となっており、オランダの一部の施設はそれらの防除に天敵を利用してはいるが、多くは農薬に依存している。しかし現在農業で防除している病害虫についても将来は天敵、トラップ、抵抗性品種などの代替手段の可能性が検討されている。病害虫の種類が多いわが国では、農薬の影響を無視して天敵を利用することは不可能な現状にあり、オンシツツヤコバチの利用は作物別の総合防除体系に組み込まれない限り実現し難いものと考えられる。

おわりに

わが国のオンシツツヤコバチは一昨年農林水産省野菜試験場に大量増殖施設が完成したことによりようやく放飼試験が可能になった段階である。放飼方法と関連の深い移動分散、変温条件下の発育、個体群変動などわが国に必要な資料は現在蓄積されているところである。利用作物を病害虫の種類が少ないトマトからその他の主要野菜や切り花へ拡大するには残留期間の短い農薬使用はもちろんのこと、ミナミキイロアザミウマ *T. palmi* KARNY, アブラムシ類、ハダニ類などに対する天敵利用も合わせて検討されねばならない。栽培者や消費者に対する啓蒙がこれらの研究とともに進み、やがて実用生産供給体制が確立されることを期待したい。

主な引用文献

- 1) ANON. (1975) : Growers' Bulletin No. 2, Glasshouse Crops Research Institute, Littlehampton, England.
- 2) BURNETT, T. (1949) : Ecology 30 : 113~134.
- 3) 梶田泰司 (1979) : 九州病虫研報 25 : 112~113.
- 4) NECHOLS, J. R. and M. J. TAUBER (1977) : Environ. Entomol. 6 : 143~149.
- 5) VAN LENTEREN, J. C. et al. (1980) : Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 45 : 537~544.
- 6) 矢野榮二 (1979) : 植物防疫 33 : 490~497.

特集：導入天敵〔4〕

導入天敵の利用による施設園芸害虫の総合防除

農林水産省野菜試験場 **矢野 栄二**

はじめに

わが国の施設園芸害虫の防除は、これまでほとんど農薬に依存してきた。しかし、施設園芸の主要害虫は薬剤抵抗性が発達しやすく、農薬安全使用上の制限もあり、薬剤防除は困難となっている。また、生鮮野菜生産の立場からも、農薬施用は必要最少限にとどめるのが望ましい。

施設園芸の先進国である西ヨーロッパ諸国では、このような農薬施用に伴う問題に対処するため、導入天敵の利用を進めてきた。天敵の利用で、大幅に農薬の使用量、頻度を減らすことにより、薬剤抵抗性問題の回避と、より安全な野菜生産が可能となった。現在、チリカブリダニ (*Phytoseiulus persimilis*) および *Encarsia formosa* が広範に利用され、さらに数種の天敵についても、実用化を旨として試験研究が進められている。

ところで、天敵の実用化に際しては、ある害虫を天敵で防除する場合、他の害虫に対する防除手段を天敵利用とうまく調和させることが前提条件となる。もっとも天敵の実用化が進んでいるオランダ、イギリスでは、天敵と農薬施用を調和させた総合防除体系が、各作物について確立されている。

わが国が施設園芸大国となった今、農薬の多用に伴う種々の問題を回避するために、より安全で安定した防除効果の得られる害虫防除技術を確立する必要がある。天敵の利用は、そのための有力な手段を提供することになるものと考えられる。

筆者は、1983年9月に、オランダ、イギリス両国で、施設園芸害虫に対する天敵利用の実状を視察する機会を得た。本稿では、その際の見聞に基づき、世界各国、特にヨーロッパにおける施設園芸害虫に対する天敵利用および天敵による総合防除の現状を紹介し、わが国における天敵利用の実用化の展望について述べる。

I 世界各国で施設園芸害虫の防除に利用されている天敵

1 チリカブリダニおよび *Encarsia formosa*

現在、チリカブリダニが主としてキュウリのナミハダ

Integrated Control of Greenhouse Pests Based on the Use of Introduced Natural Enemies. By Eizi YANO

ニを対象として、ツヤコバチ科の寄生蜂である *Encarsia formosa* がトマトのオンシツコナジラミを対象として、ヨーロッパ、カナダを中心に広範に利用されている^{3,4)} (第1, 2表)。その生活史、利用法、大量増殖法については、すでに紹介されているのでここでは省略する^{14, 15, 21, 38)}。

チリカブリダニの利用に関する最近の注目すべき成果としては、薬剤抵抗性系統の利用が挙げられる。イギリスでは、ダイアジノン抵抗性系統の利用を組み込んだキクの総合防除体系が提案されている³⁵⁾。

E. formosa に関して、従来 18°C 以下の低温条件下における有効性の低下が指摘されていたが⁶⁾、オランダにおける最近の一連の研究の結果、夜間 7°C 程度の低温でも、昼間の温度が 17°C 以上であれば、かなりの防

第1表 チリカブリダニの利用の現状 (STING No. 5, 1982 より抜粋)

作物名	国名	温室面積 (ha)	施用面積 (ha)
キュウリ	オランダ	710	460
	イギリス	220	170
	デンマーク	55	50
	フィンランド	53	45
	スウェーデン	50	30
トマト	カナダ西部	35	26
	イギリス	550	75
	ノルウェー	50	15
	オランダ	2,020	12
	スイス	105	10
ピーマン	オランダ	220	40
	ソ連	60	14
イチゴ	日	8,850	3

注 1981年現在

第2表 *Encarsia formosa* の利用の現状 (STING No. 5, 1982)

作物名	国名	温室面積 (ha)	施用面積 (ha)
トマト	オランダ	2,020	540
	イギリス	550	210
	デンマーク	115	100
	ベルギー	—	60
	スウェーデン	90	30
	フィンランド	175	20
	ブルガリア	—	12
キュウリ	スイス	105	10
	イギリス	170	100
	オランダ	460	16
	カナダ西部	35	16

注 1981年現在

除効果が期待できることが明らかとなった¹⁹⁾。 *E. formosa* は、これまで主としてトマトに寄生する オンシツコナジラミを対象として利用されてきたが、最近ではキュウリ、ナスのオンシツコナジラミを対象とした防除試験でも良好な成果が得られている^{23,24,31)}。

2 寄生菌類

イギリスで *Verticillium lecanii*^{8,9,16)} がアブラムシ類、オンシツコナジラミ、オランダで *Aschersonia aleyrodis*²⁸⁾ がオンシツコナジラミの防除を目的として研究が進められている。 *V. lecanii* は、すでに生物農薬として商品化されている。アブラムシ寄生性の系統とオンシツコナジラミ寄生性の系統の2系統があり、前者は特にモモアカアブラムシに対し卓効を示す。いずれも水で希釈し、葉面に散布して用いる。しかし防除効果はかなり温湿度条件に左右され、スペクトルの広い殺菌剤との併用は不可能であることが多い。 *A. aleyrodis* は、まだ研究段階であるが、 *V. lecanii* に比べその防除効果が湿度条件に左右されないことが報告されており、実用化が期待されている。

3 アブラムシ類の天敵

アブラバチの1種 *Aphidius matricariae* およびショクガタマバエの1種 *Aphidoletes aphidimyza* が、モモアカアブラムシの防除に利用されている。 *A. matricariae*¹⁾ はイギリスで大量増殖法が確立され、キク栽培農家で一部利用されている。 *A. aphidimyza* は、最初ソ連でその増殖法、利用法が確立され^{4,5)}、現在ではフィンランドにおいても、トマト、キュウリ温室で実用化されている²⁰⁾。

4 アザミウマ類の天敵

現在オランダでは、キュウリ、ピーマンを加害するネギアザミウマの防除にカブリダニの仲間である *Amblyseius mckenziei* と *Amblyseius cucumeris* の実用化が図られている²⁸⁾。両種とも、ふすまで容易に繁殖するコナダニの1種 *Acarus farris* を代用寄主として、きわめて安価な大量増殖が可能である²⁹⁾。したがって、導入方法として、チリカブリダニや *E. formosa* のように、害虫が低密度のうちに少数の個体を導入する方法 (inoculative release) だけではなく、一度に大量の個体を導入する方法 (inundative release) も検討されている。比較的寄主範囲が広く、ナミハダニも捕食することが明らかとなっている。

5 ハモグリバエ類の天敵

ハモグリバエ類は、ヨーロッパでチリカブリダニや *E. formosa* が実用化されたのち、薬剤散布を手控えるようになったため重要害虫となったと言われている。主要種としては、トマトを加害する *Liriomyza bryoniae*, キ

クを加害する *Phytomyza syngenesiae* および両方を加害する *L. trifolii* が挙げられるが、オランダ、イギリスでは、コマユバチ科の *Dacnusa* 属、 *Opius* 属やヒメコマユバチ科の *Chrysocharis* 属、 *Diglyphus* 属の寄生蜂が一部のキクやトマトの温室で利用されている^{7,11,36,38)}。

II 世界各国の天敵利用による総合防除の現状および問題点

1 天敵の大量増殖および配布

世界各国の施設園芸害虫の天敵生産業者のリストを第3表に示した³⁵⁾。ヨーロッパ最大の生産業者はオランダの Koppert B. V. で、年産1億頭近い天敵を生産し、ヨーロッパ十数か国へ輸出している。スウェーデンの Anticimex AB とフィンランドの Kemira Oy は、本来農業会社である。第3表には示されていないが、 *V. lecanii* の生産、販売はイギリスの Tate & Lyle 社および Koppert B. V. が行っている。天敵の配布は、農家に園芸資材を供給している業者や機関を通じて行われている。

2 天敵と他の防除手段との併用

ある作物を加害する種々の害虫をすべて天敵で防除しない限り、天敵利用と他害虫に対する防除手段との調和が実用化のための必須条件となる。

もっとも問題となるのは農業施用との両立である。まず天敵に影響の少ない、選択性殺虫剤の利用が考えられ

第3表 海外における天敵の生産業者 (STING No. 6, 1983)

国名	生産業者名	天敵
イギリス	Bunting & Sons	<i>P. p.</i> , <i>E. f.</i>
	English Woodlands	<i>P. p.</i> , <i>E. f.</i> , <i>A. mat.</i>
オランダ	Humber Growers	<i>P. p.</i> , <i>E. f.</i>
	Natural Pest Control	<i>P. p.</i> , <i>E. f.</i>
	Koppert B. V.	<i>P. p.</i> , <i>E. f.</i> , <i>A. m.</i>
フィンランド	Kemira Oy	<i>P. p.</i> , <i>A. a.</i>
スウェーデン	Anticimex AB	<i>P. p.</i> , <i>E. f.</i>
ノルウェー	L. O. G.	<i>E. f.</i>
フランス	C. T. I. F. L./S. A. P.	<i>E. f.</i>
カナダ	Applied Bionomics	<i>P. p.</i> , <i>E. f.</i>
	Better Yield Insects	<i>P. p.</i> , <i>E. f.</i>
オーストラリア	Biocontrol	<i>P. p.</i>
アメリカ合衆国	Biotactics AB	<i>P. p.</i>
	Whitefly Control Co.	<i>E. f.</i>
	Entomol. Engineering	<i>E. f.</i>
	Org. Pest Control Nat.	<i>P. p.</i> , <i>E. f.</i>
	Biol. Control Insect	<i>P. p.</i>

注 *P. p.* : *Phytoseiulus persimilis* (チリカブリダニ), *E. f.* : *Encarsia formosa*, *A. m.* : *Amblyseius mckenziei*, *A. mat.* : *Aphidius matricariae*, *A. a.* : *Aphidoletes aphidimyza*.

る。イギリス、西ドイツ¹⁰⁾をはじめ、世界各国で天敵に対する農薬の毒性や残効性が調べられているが、天敵に影響の少ない殺虫剤は少数しか見いだされていない。そして、現在のイギリス、オランダにおける総合防除体系には、それらの選択性殺虫剤の利用が組み込まれている。トマト、キュウリのアブラムシ類に施用されるピリミカーブ剤、ナミハダニに施用される酸化フェンブタスズ剤、アザミウマ類に施用される CVMP 剤は、チリカブリダニ、*E. formosa* の両種に比較的影響が少ないことが知られている(第4表)³⁰⁾。その他、BT 剤、ジフルベンズロン、bioresmethrin がチリカブリダニ、*E. formosa* の両種に、NAC 剤がチリカブリダニに、ニコチン剤、デリス剤、ロテノン、レスメトリン、heptenophos、パーメスリンが *E. formosa* に比較的安全なことが報告されている (LEDIEU and HELYER, 私信)。

総合防除体系の中で、農薬と天敵の調和を図るには、選択性殺虫剤の利用だけではなく、農薬と天敵を時間的もしくは空間的に隔離することの重要性が指摘されている¹²⁾。具体的例として、イギリスのガンジー島では、トマトのオンシツコナジラミの防除対策として、*E. formosa* の効果が低い早春にはオキサミル、aldicarb などの浸透性殺虫剤を利用し、その効果が消失してから *E. formosa* を導入する方法が推奨されている¹³⁾。ダイアジノンやオキサミルの粒剤を土壌施用した場合、地上部の作物上に存在するチリカブリダニの成虫や *E. formosa* の蛹に影響が少ないことが報告されているが、空間的な隔離の例と考えられる。また最近、イギリスではアザミウマやハモグリバエの防除方法として、地面にビニシートを敷いて、それに殺虫剤(デルタメスリン)と粘着剤を混ぜたものを塗付して、蛹化のため地面に降下する幼虫を捕殺する方法が考案された²⁵⁾(Thripstick という商品名で市販されている)。この場合も、地上部の天敵には影響が少なく、農薬と天敵は隔離されている。

農薬以外の防除手段で、天敵と併用して防除効果を上げた例としては、まだ試験段階ではあるが、カリフォルニアにおける *E. formosa* と黄色粘着トラップの併用が挙げられる³³⁾。またイスラエルでは、*E. formosa* の防除効果を高めるために、オンシツコナジラミの増殖能力の低いトマトの系統の選抜が試みられている^{2,3)}。

3 天敵利用に基づく総合防除体系

現在、世界で施設園芸害虫に対する天敵利用がもっとも進んでいる国は、イギリスとオランダであるが、両者の総合防除の体系化の考えかたには基本的な差異が見られる。イギリスにおいては、天敵利用と薬剤施用はうまく調和させなければならないという立場に基づき研究が

第4表 オランダにおける施設園芸害虫の総合防除体系 (RAVENSBERG et al., 1983 一部改変)

(1) トマトにおける防除体系

害虫	現在の防除法	開発中の防除法
オンシツコナジラミ	<i>Encarsia formosa</i> 青酸ガスくん蒸	<i>E. formosa</i> <i>Aschersonia aleyrodinis</i> <i>Verticillium lecanii</i>
アブラムシ類	殺虫剤(ピリミカーブ ^{a)})	<i>V. lecanii</i> <i>Aphidius matricariae</i> <i>Aphidoletes aphidimyza</i>
ナミハダニ	殺ダニ剤(酸化フェンブタスズ剤 ^{a)}) チリカブリダニ	チリカブリダニ
ハモグリバエ類	殺虫剤(DEP ^{b)})	<i>Chrysocharis parksi</i>
ヤガ類幼虫	BT 剤	BT 剤

(2) キュウリにおける防除体系

害虫	現在の防除法	開発中の防除法
オンシツコナジラミ	<i>E. formosa</i> 青酸ガスくん蒸	<i>E. formosa</i> <i>A. aleyrodinis</i> <i>V. lecanii</i>
アブラムシ類	殺虫剤(ピリミカーブ ^{a)})	<i>A. matricariae</i> <i>A. aphidimyza</i> <i>V. lecanii</i>
ナミハダニ	チリカブリダニ	チリカブリダニ
アザミウマ類	殺虫剤(CVMP 剤 ^{a)} , ダイアジノン ^{b)})	Thripstick <i>A. mckenziei</i>
ヤガ類幼虫	BT 剤	BT 剤

注 a) 天敵に影響の少ない選択性薬剤
b) 天敵に有害でありあまり使わないほうがよい薬剤

第5表 イギリスにおけるキクの害虫の総合防除 (CROSS et al., 1983)

定植後の日数	対象害虫	防除法
5	ハモグリバエ	1,000 株当たり 3 頭の <i>Dacnusa</i> sp. を導入
10	アザミウマ	NAC 剤散布
14	アブラムシ	<i>V. lecanii</i> 散布
28	ハダニ	10 株当たり 1 頭のチリカブリダニを導入
28~42	鱗翅目幼虫	BT 剤散布
42	ハモグリバエ	1,000 株当たり 3 頭の <i>Diglyphus</i> sp. を導入

進められている。したがって、選択性殺虫剤の選抜や、天敵に影響の少ない薬剤施用法の検討に、現在では研究の力点が置かれている。一方、オランダでは、結局のところ、天敵利用と農薬施用は両立しないという考えかたに基づき、天敵利用のみによる害虫防除体系の確立を窮

第6表 化学的防除と生物的防除との防除経費の比較 (RAMAKERS, 1980)

(1) トマトにおけるオンシツコナジラミの防除経費 (円/10 a)

	化学的防除	生物的防除 (<i>E. formosa</i>)
薬剤費または天敵費 労 賃	1,000 3,000	5,000 0
防除1回当たりの経費	4,000	5,000
1作当たりの防除回数	10	4
1作当たりの防除経費	40,000	20,000

注 *E. formosa* の価格は推定1頭 2.5 円 (アトバイス料を含む)

(2) キュウリにおけるナミハダニの防除経費 (円/10 a)

	化学的防除	生物的防除 (チリカブリダニ)
薬剤費または天敵費 労 賃	2,000 3,000	16,000 0
防除1回当たりの経費	5,000	16,000
1作当たりの防除回数	6~10	1
1作当たりの防除経費	40,000	16,000

注 チリカブリダニの価格は推定1頭 20 円 (アトバイス料を含む)

極の目標としている。第4表に見られるように、オランダの総合防除体系は、現行では選択性殺虫剤を利用しているが、開発中の防除体系では、すべての主要害虫を天敵で防除することを目ざしている³⁷⁾。第4表にオランダにおける温室トマト、キュウリの総合防除体系³⁸⁾、第5表にイギリスで考案されたキクの害虫の総合防除体系を示した²⁹⁾。考えかたの違いにもかかわらず、いずれも現行の防除体系は、天敵利用と選択性殺虫剤の施用を組み合わせたものである。

西ヨーロッパでは、天敵を利用する理由として、薬剤抵抗性の発達および農薬の残留^{12, 32)}の回避、省力化のほかに、天敵利用の経済性が挙げられている。第6表に示すように、オランダにおいては薬剤散布の約半額程度の防除経費で済んでいる²⁶⁾。天敵利用による副次的な恩恵として、収穫物の1, 2割もの増収がもたらされた³²⁾。これは農薬による葉害がなくなったためと考えられている。

天敵利用の実用化後、もっとも問題となったのは、ハモグリバエ類、アザミウマ類、ヤガ類などの主要害虫化である¹⁸⁾。これらは、以前は薬剤散布により低密度に抑えられていたが、天敵利用により農薬施用を大幅に手控えたため、重要害虫として顕在化した。現在これらの害虫に対し、天敵による防除技術、もしくはチリカブリダニや *E. formosa* の利用と矛盾しない防除技術の開発が

急がれている。アブラムシに対する選択性殺虫剤であるピリミカブ剤に対する薬剤抵抗性の発達が最近報告され¹⁸⁾、アブラムシ類の天敵の実用化にも力が入られている。天敵の利用により害虫防除のやりかたが複雑化したことも、天敵利用の実用上の問題点として指摘されている¹⁸⁾。

III わが国における天敵利用の現状と問題点

1 チリカブリダニの利用の現状と問題点

チリカブリダニは、1966年、カリフォルニア大学から北海道大学に導入された。1968年からはその利用に関する研究会が発足し、以後1976年まで研究が進められ、わが国におけるチリカブリダニの利用法、利用できる範囲が明らかにされた²¹⁾。現在、国の天敵利用促進事業の一環として、兵庫、和歌山、高知の各県で、増殖施設が建てられ配布事業が行われている。主として施設栽培のイチゴ、スイカのハダニ類に対して利用されているが、その放飼面積はまだきわめて小規模である。

和歌山県農業試験場での最近の配布事例では、その防除の成功率は約40%である。その原因としては、農薬の残効、低温の影響、導入の遅れなどが指摘されている⁴⁰⁾。結局のところ、農家が天敵の特性やその防除効果を発揮させるための条件について十分理解していないために、防除効果が不安定となり、防除手段としての信用が得られていないことが普及の妨げになっているものと思われる。今後とも地道な啓蒙、普及活動を続けていけば、徐々に利用の拡大することが期待される。また1頭当たりの生産コストは約2.5円となっているが、10a当たり20,000頭の通常の放飼密度では、約5万円防除に要することになり、かなり割高となっている。和歌山県農業試験場で最近試みられた pest in first 法 (最初に少数のハダニを放飼した後で、チリカブリダニを導入する方法) による成功例では、放飼密度が10a当たり2,000~3,000頭と格段に低くなっているのが注目される。この場合は、10a当たりの防除コストは5,000~7,500円であり、実用的に見て許容できる金額になっている。

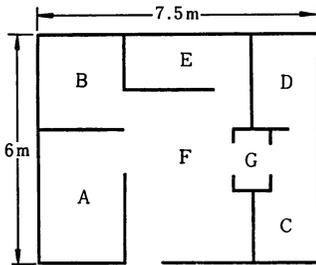
2 *Encarsia formosa* の研究の現状と展望

Encarsia formosa は、オンシツコナジラミの侵入が確認された翌年、1975年にイギリスの温室作物研究所から中国農業試験場へ導入された。のちに研究は野菜試験場へ引き継がれ、現在では野菜試験場、静岡県農業試験場において、*E. formosa* 利用のための大量増殖法、施用法、農薬の影響などについて基礎研究が行われている。

E. formosa の大量増殖法は、イギリスの温室作物研究

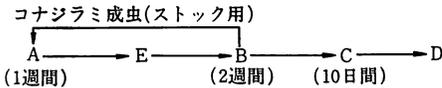
第7表 *Encarsia formosa* に対する殺虫剤の影響 (野菜試験場久留米支場, 1981)

薬 剤 名	供試濃度(倍)	供試虫数	死亡虫数	補正死亡率(%)
CYAP 乳剤	1,000	41	41	100
MEP 乳剤	700	37	37	100
ダイアジノン乳剤	1,000	32	30	93.5
ピリダフェンチオン乳剤	1,000	28	18	62.9
ESP 乳剤	1,000	41	41	100
PAP 乳剤	1,000	37	36	97.2
ジメトエート乳剤	800	39	24	60.0
チオメトン乳剤	1,000	30	30	100
DMTP 水和剤	1,000	51	51	100
DDVP 乳剤	1,000	38	38	100
BRP 乳剤	1,000	41	40	97.5
DEP 乳剤	500	38	38	100
EPN 乳剤	1,000	35	35	100
NAC 水和剤	800	46	38	81.9
BPMC 乳剤	1,500	43	42	97.6
ピリミカーブ水和剤	2,000	26	9	32.0
デリス乳剤	450	25	23	91.7
硫酸ニコチン剤	800	56	24	40.6
メソミル水和剤	1,000	35	30	85.2
ケルセン乳剤	1,500	21	15	70.3
クロルベンジレート乳剤	1,000	24	9	35.0
フェニソプロモレート乳剤	1,500	17	4	20.5
BINAPACRYL 水和剤	1,000	47	23	46.9
水	—	53	2	—



エンカルシアマミー大量増殖施設見取り図

A: コナジラミ接種・飼育室, B: コナジラミ飼育・保存室, C: エンカルシア接種・飼育室, D: エンカルシアマミー保存室, E: 農薬施用室, F: 準備室, G: エアーカーテン



コナジラミ産卵: DDVP 散布, コナジラミ成虫除去
 コナジラミ幼虫: コナジラミ飼育・保存
 エンカルシア産卵・採取: エンカルシアマミー保存
 エンカルシアマミー飼育

エンカルシアマミーの増殖手順(A, B, C, D, E)は増殖施設の各部屋を示す)

第1図 *Encarsia formosa* の大量増殖 (野菜試験場, 1982)

増殖試験を行った。オンシツコナジラミの寄主植物として鉢植えのタバコを用いて、第1図に示す手順でエンカルシアマミー (*E. formosa* の寄生により黒化したオンシツコナジラミの蛹で、この状態で温室内に導入する) を大量生産したところ、タバコ1鉢につき、5,000~10,000個のエンカルシアマミーを生産することができた。マミー1個当たりの生産コストは0.08円となり、10a当たりトマト1作分の放飼数に相当する24,000個で約2,000円である。これは、オンシツコナジラミの防除に通常散布されるDMTP水和剤の3回分の薬価約3,000円より3割程度安価である。

促成, 半促成栽培のハウストマト (秋に定植して翌年の春収穫する) を対象とした防除試験では、冬季の夜間管理温度が5°Cという低温条件下でも、*E. formosa* は十分生存し、オンシツコナジラミの増殖を抑えることが証明された²⁹⁾。導入方法としては、コナジラミ成虫の初期密度が株当たり0.5頭以下の場合、2週間間隔で3回 (各回エンカルシアマミーとして1頭/株) 導入すればよい。

わが国の施設栽培で通常使用される殺虫剤、殺ダニ剤の *E. formosa* に対する影響を第7表に示した。殺ダニ剤およびピリミカーブ水和剤と硫酸ニコチン剤が影響の少ないことが注目される。

わが国のハウストマトの場合、主要害虫はオンシツコナジラミのみであり、当面トマトで *E. formosa* の実用化を図るのが適当と思われるが、最近の一連の成果が

所において一応確立されている¹⁾。野菜試験場では、その増殖手順を参考にして大量増殖施設を建設し、モデル

ら、トマトにおける *E. formosa* の利用はきわめて有望となった。キュウリ、ナスなどに対する本種の利用は、ミナミキイロアザミウマの防除法と、本種の利用と両立できる方法（例えば天敵の利用）が確立されない限り、まだ当面は困難と思われる。

IV わが国における天敵利用に基づく総合防除

1 天敵利用の実用化上の問題点と展望

施設園芸害虫に対して用いられる天敵は、すべて人為的に外部から施設内に持ち込まれる導入天敵であり、その利用法は、一時的な防除効果を主眼とした生物農薬的利用である。したがって、天敵は必要時には大量生産され、配布を受けた農家がみずから天敵を施設内に導入しなければならない。しかし日本の農家は天敵の利用については、ほとんどしろうとであるのが実状であろう。

このような事情から、天敵利用の普及のためには、まず農家に天敵がどのような性質のものか、天敵を利用することの意義を周知させることが先決となるであろう。天敵は農薬と異なり遅効性であり、害虫を絶滅させるものではないこと、天敵を利用する場合には、天敵に影響が出ないように農薬の施用には細心の注意を払うことなどは特に重要なポイントである。もう一つ重要なことは、天敵を利用する場合の害虫の許容密度である。通常の農薬で防除する場合は、ほとんどいるかいないか程度の密度に抑えることが防除の目標となるが、天敵を利用する場合は、被害は出ないものの、農薬による防除の場合に比べ、かなり高い密度で推移することが多い。このような農家に対する啓蒙を徹底した後で、はじめて天敵利用の実用化がスムーズに進むであろう。

流通に関する問題として、天敵で害虫を防除して生産された生産物が、市場で受け入れられ、かつ通常の薬剤防除による生産物と価格面で十分対抗できるようにすることも重要である。

大量生産についても、最初は、県の農業試験場のような配布と同時に指導もできるような機関で担当し、根気強く天敵利用の拡大を図ることが肝要であろう。ある程度普及して、供給量が不足するようになれば、民間における大量増殖に移行させればよい。民間で大量生産され生物農薬として販売されるようになれば、当然天敵を利用した場合の防除コストが農薬施用と比べ許容できる程度であることが必要となる。そのためには、安価で効率的な大量増殖法と、少数の導入でも十分効果の上がる導入方法の開発が期待される。

研究機関の側でも、潜在的な害虫や侵入害虫が発生した場合の対応や天敵に対する農薬の影響の把握に努めね

ばならないものと思われる。また専門的天敵の研究機関において、有力な天敵の探索、導入、天敵の有効性の評価、天敵と農薬との併用に関する基礎研究などを担当することが望ましい。

今後、わが国で天敵の実用化を進めるためには、アブラムシ類とミナミキイロアザミウマに対して、天敵利用と両立可能な防除技術の開発が必要となる。現在イギリスで実用化されている *Verticillium lecanii* や *Aphidius matricariae* などのアブラムシ類の天敵やオランダで開発中のネギアザミウマの捕食性天敵 *Amblyseius mckenziei*, *A. cucumeris* は、導入してわが国のアブラムシ類やミナミキイロアザミウマに対する有効性を検討する価値はあるものと思われる。また、わが国の温室の多湿な環境条件は、昆虫寄生菌類の利用に有利な条件と考えられ、今後この方面の研究の発展が期待される。

2 天敵利用に基づく総合防除体系

わが国で天敵利用に基づく総合防除体系を考える場合、新しい天敵の実用化をすぐに図れるような体制ではないため、使える天敵をまず利用して、他害虫の防除手段との調和を図るイギリス流の考えかたのほうが適当と思われる。当然農薬と天敵の両立が問題となるが、前述したように、そのためには選択性殺虫剤の利用および天敵利用と農薬施用の時間的、空間的隔離が考えられる。選択性殺虫剤は、ヨーロッパの総合防除体系でいくつか利用されているが、イギリスにおいてピリミカーブに対してモモアアカアブラムシの抵抗性の発達が認められたように、選択性殺虫剤はもともと種類が少ないので、多用を慎まないと、抵抗性の発達を促す危険性がある。したがって、農薬と天敵の利用の時期をずらすとか、土壌施用剤をうまく利用して、天敵が農薬に直接接触しないようにするような方法も追求するべきであろう。

わが国では、トマト、ナス、キュウリのように収穫期間の長期にわたるものは、収穫開始後の薬剤散布は大幅に制限されている。イチゴでは授粉昆虫の導入が必要であり、その導入後は薬剤散布はできない。天敵は、このような作物を対象に、当面積極的な利用を図るのが適当であろう。また天敵との同時利用が可能な浸透性殺虫剤の土壌施用についての検討も期待される。

最近、わが国では紫外線除去フィルム²²⁾、有色粘着テープ¹⁷⁾などが施設園芸害虫の防除技術として注目され、実用化されつつある。特に紫外線除去フィルムは、ハウスなどの被覆資材として利用すると、ミナミキイロアザミウマ、オンシツコナジラミ、ワタアブラムシなどの侵入を抑制し、高い防除効果を示す。天敵利用との併用は比較的容易と考えられるが、紫外線除去フィルムによる

第8表 施設園芸における収穫開始後の害虫防除体系の試案

作物	害虫名	防除手段
トマト	オンシツコナジラミ アブラムシ類	紫外線除去フィルムによる被覆 黄色粘着トラップの配置 <i>Encarsia formosa</i> の導入 薬剤施用 (ピリミカープ水和剤散布, DDVP くん蒸) 天敵導入
キュウリ	オンシツコナジラミ ハダニ類 アブラムシ類 ミナミキイロアザミウマ	紫外線除去フィルムによる被覆 黄色粘着トラップの配置 <i>Encarsia formosa</i> の導入 チリカブリダニの導入 薬剤施用 (ピリミカープ水和剤散布) 天敵導入 紫外線除去フィルムによる被覆 青色粘着トラップの配置 天敵導入
ピーマン	アブラムシ類 ミナミキイロアザミウマ	薬剤施用, 天敵導入 紫外線除去フィルムによる被覆 青色粘着トラップの配置 薬剤施用, 天敵導入

紫外線の除去が、天敵の行動、増殖にどのような影響を及ぼすかは今後の検討課題である。

収穫期間の長い作物の防除体系を考えるにあたっては、育苗期、定植から収穫期まで、収穫開始後の三つの時期に分けて考えるのが適当と思われる。育苗期は周囲からの侵入防止と薬剤散布、定植後収穫開始までは薬剤土壌施用や物理的防除法（有色粘着テープ、紫外線除去フィルムによる被覆）、侵入防止などで収穫時までできるだけ低密度に害虫密度を保っておく。また、ここまでの時期は、潜在的な害虫の防除に留意し、スペクトルの広い薬剤の利用も可能である。収穫開始後は、天敵を導入し、選択性殺虫剤の施用、物理的防除法、侵入防止などを併用して薬剤散布をできるだけ避ける。やむをえない場合は、残効の短い薬剤を少数回散布する。第8表にトマト、キュウリ、ピーマンについて収穫開始後の防除体系の試案を示した。キュウリ、ピーマンについては、天敵利用と両立可能なミナミキイロアザミウマの防除技術が確立されない限り非現実的であるが、トマトについては、ミナミキイロアザミウマが寄生しないため、この体系に従って防除することは可能と思われる。これらを一応の目安として総合防除技術の確立に向け、今後活発な試験研究の進展が期待される。

筆を置くにあたり、原稿を御批判いただいた腰原達雄虫害第1研究室長、田中 清虫害第2研究室長に心から御礼申し上げる。

引用文献

1) ANON. (1975) : Growers' Bulletin No. 2. Glasshouse Crops Research Institute, Littlehampton, Sussex.
2) BERLINGER, M. J. (1980) : Bull. OILB/SROP 1980/

III/3 : 17~24.
3) ——— et al. (1983) : *ibid.* 1983/VI/3 : 172~176.
4) BONDARENKO, N. V. (1975) : VIII Int. Pl. Prot. Congr., Moscow, 1975, III : 24~29.
5) ——— and B. P. ASYAKIN (1975) : *Zashchita Rastenii* 1975 8 : 42~43.
6) BURNETT, T. (1949) : *Ecology* 30 : 113~134.
7) CROSS, J. V. et al. (1983) : Bull. OILB/SROP 1983/VI/3 : 181~185.
8) HALL, R. A. and H. D. BURGESS (1979) : *Ann. appl. Biol.* 93 : 235~246.
9) ——— (1982) : *ibid.* 101 : 1~11.
10) HASSAN, S. A. (1982) : Tests on the side effects of pesticides carried out by the group "Pesticides and Beneficial Arthropods". Bull. OILB/SROP 1982/V/2.
11) HENDRIKSE, A. et al. (1980) : *ibid.* 1983/III/3 : 83~98.
12) HUSSEY, N. W. (1983) : Proc. 7th British Insecticide and Fungicide Conference. : 851~856.
13) ——— (1983) : Bull. OILB/SROP 1983/VI/3 : 194~195.
14) ——— and N. E. A. SCOPES (1977) *Biological Control by Augmentation of Natural Enemies*. Ed. R. L. RIDGWAY and S. B. VINSON, Plenum Press, New York : 349~377.
15) 梶田泰司 (1983) : 今月の農薬 27(10) : 38~45.
16) KANAGARATNAM, P. et al. (1982) : *Ann. appl. Biol.* 100 : 213~219.
17) 北方節夫・吉田 守 (1982) : 植物防疫 36 : 478~481.
18) LEDIEU, M. (1980) : Bull. OILB/SROP 1980/III/3 : 113~118.
19) LENTEREN, J. C. VAN and P. M. HULSPAS-JORDAAN (1983) : *ibid.* 1983/VI/3 : 54~70.
20) MARKKULA, M. and K. TITTANEN (1980) : *ibid.* 1980/III/3 : 127~133.
21) 森 樊須・真槻徳純 (編) (1977) : チリカブリダニによるハダニ類の生物的防除, 日本植物防疫協会, 東京, pp. 89.
22) 永井清文・野中耕次 (1982) : 植物防疫 36 : 466~468.
23) NEDSTAM, B. (1980) : Bull. OILB/SROP 1980/III/3 : 145~154.
24) ONILLON, J. C. et al. (1980) : *ibid.* 1980/III/3 : 155.
25) PICKFORD, R. J. J. (1983) : *ibid.* 1983/VI/3 : 177~

180.
26) RAMAKERS, P. M. J. (1980) : Integrated Crop Protection. Ed. Ph GRAFFIN, A. A. Bulkema, Rotterdam : 265~270.
27) ——— (1983) : Bull. OILB/SROP 1983/VI/3 : 167~171.
28) ——— (1983) : ibid. 1983/VI/3 : 203~206.
29) ——— and M. J. VAN LIEBURG (1982) : Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 47 : 541~545.
30) RAVENSBERG, W. J. et al. (1983) : Bull. OILB/SROP 1983/VI/3 : 36~48.
31) STENSETH, C. and I. AASE (1983) : Entomophaga 28 : 17~25.
32) TAUBER, M. J. (1977) : Proc. Symp. XV Int. Congr. Ent., ARS-NE-85 : 95~96.
33) WEBB, R. E. and E. F. SMITH (1980) : Bull. OILB/SROP 1980/III/3 : 235~246.
34) WOETS, J. and J. C. VAN LENTEREN (1982) : STING No. 5 September 1982.
35) ——— (1983) : ibid No. 6 September 1983.
36) ——— and A. VAN DER LINDEN (1983) : Bull. OILB/SROP 1983/VI/3 : 134~141.
37) ——— et al. (1980) : ibid. 1980/III/3 : 247~257.
38) 矢野栄二 (1979) : 植物防疫 33 : 490~497.
39) YANO, E. (1983) : Bull. OILB/SROP 1983/VI/3 : 49~53.
40) 矢野貞彦・東勝千代 (1982) : 植物防疫 36 : 217~220.

新しく登録された農薬 (59.4.1~4.30)

掲載は、種類名、有効成分及び含有量、商品名(登録年月日)、登録番号[登録業者(会社)名]、対象作物:象対害虫:使用時期及び回数などの順。ただし除草剤については、適用雑草:適用地帯を記載。(…日…回は、収穫何日前まで何日以内散布の略。)(登録番号 15722~15758 まで計 37 件)

なお、アンダーラインのついた種類名は新規のもので [] 内は試験段階時の薬剤名である。

『殺虫剤』

エトリムホス乳剤 [SAN-197, SI-7315]

エトリムホス 40.0%

エカメット乳剤 (59. 4. 9)

15722(日産化学工業), 15723(三共), 15724(九州三共),
15725(サンド薬品)

キャベツ・はくさい:アオムシ・コナガ・ヨトウムシ:
7日4回

エトリムホス粉剤 [SAN-197, SI-7315]

エトリムホス 3.0%

エカメット粉剤 (59. 4. 9)

15726(日産化学工業), 15727(三共), 15728(九州三共),
15729(サンド薬品)

きゅうり:タネバエ:は種時1回, だいこん:ネキリムシ:
は種時1回, いちご:コガネムシ類(幼虫):仮植時1回:土壌混和

ベンダイオカルブ粒剤 [KNT]

ベンダイオカルブ 5.0%

タト粒剤 (59. 4. 9)

15730(クミアイ化学工業), 15731(日本農業)

水稻(箱育苗):ツマグロヨコバイ・イネドロオウムシ・
イネミズゾウムシ:移植当日1回

ホサロン・NAC 水和剤

ホサロン 20.0%, NAC 40.0%

ゾリノック水和剤 (59. 4. 9)

15745(塩野義製薬), 15746(ローヌ・ブーランジャン)
かんきつ:コアオハナムグリ・ケンキスイ類:開花期但し
収穫 100 日前まで2回, 茶:チャノキイロアザミウマ・
チャノホソガ・チャノミドリヒメヨコバイ:摘採 20 日前まで1回

ダイアジノン・ピリダフェンチオン・XMC 粉剤

ダイアジノン 3.0%, ピリダフェンチオン 2.0%, XMC 2.0%

オフジノンマク粉剤 DL (59. 4. 9)

15749(三笠化学工業), 15750(保土谷化学工業), 15751
(日本化薬)

稲:ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・コ
ブノメイガ:21日3回

マラソン乳剤

マラソン 50.0%

マラソン乳剤 (59. 4. 9)

15752(北興産業)

りんご:ハダニ類・ワタムシ・アブラムシ類・ナンシメ
シンクイ・ハマキムシ類・カイガラムシ類・モモンク
イガ:収穫7日前まで, なし:ハダニ類・アブラム
シ類・ナンシメシンクイ・ハマキムシ類・カイガラム
シ類:収穫7日前まで, もも:ハダニ類・アブラムシ
類・ナンシメシンクイ・カイガラムシ類・モモンク
イガ:収穫7日前まで, かき:ハマキムシ類・カイガ
ラムシ類・イラガ類:30日4回, かんきつ:ハダニ
類・アブラムシ類・カイガラムシ類・ハマキムシ類・
ヤノネカイガラムシ(若令)・アオバハゴロモ:収穫
14 日前まで, ぶどう:ハダニ類・アブラムシ類・ハ
マキムシ類・カイガラムシ類:収穫7日前まで, おう
とう:ハマキムシ類・ハダニ類・アブラムシ類:収穫
7 日前まで, びわ:アブラムシ類:収穫7日前まで,
うめ:アブラムシ類・ハマキムシ類・カイガラムシ類
:収穫7日前まで, いちご:ハダニ類・アブラムシ類
:収穫3 日前まで, キャベツ・はくさい・はなやさい
:アブラムシ類・スリップス・カブラハバチ・アオム
シ:収穫3 日前まで, だいこん:アブラムシ類・ハモ
グリバエ・カブラハバチ・アオムシ:7日6回, かぶ
:アブラムシ類・ハモグリバエ・カブラハバチ・アオ
ムシ:7日4回, セルリー・レタス:アブラムシ類:
収穫3 日前まで, ほうれんそう:アブラムシ類:14 日
(29 ページへ続く)

最近多発しているチャ輪斑病の発生生態と防除

静岡県茶業試験場 堀 川 知 廣

チャ輪斑病は *Pestalotia theae* SAWADA により起こるとされていたが、従来、一般の茶園に発生することはきわめてまれであり、防除対象病害とされていなかった。しかし、1970年代の初めより、静岡県西部地方の浜松市と袋井市の茶園で輪斑病の激しく発生する茶園が見られるようになり、その後静岡県をはじめ、各地で輪斑病が多発するようになった。輪斑病の発生が確認されている地域は、1983年現在で、静岡、愛知、三重、鹿児島、宮崎、熊本などの各県であり、発生面積は全茶園面積の20%程度に達するものと考えられる。特に、早くから発生している静岡県では、チャの主要病害である炭そ病をしのぐ被害が発生する茶園も多い。

輪斑病は、最近発生が多くなった病害であるため、過去の研究例はほとんどなく、発生生態、防除法などについての研究は最近始められたばかりである。しかし、本病はいままでの発生地域の拡大傾向から推察して、今後全国的な病害になるものと考えられる。そこで、現在までに得られている知見をとりまとめ、今後の研究の問題点について述べてみたい。

I 病原菌

輪斑病の病原菌としては、前述したように *P. theae* が知られているが、1979、1980年に静岡県下の輪斑病多発園161ほ場より、1ほ場当たり約20葉病葉を採集し、病原菌の分離を試みたところ、第1表に示したように、*P. theae* 以外に *P. longiseta* SPEGAZZINI¹⁾ および未

第1表 静岡県下の輪斑病発生園の病葉より分離された菌の種類と分離頻度

調査年	調査ほ場数	調査病葉数	分離数		
			<i>Pestalotia longiseta</i>	<i>P. theae</i>	<i>Pestalotia</i> sp.
1979	74	1,422	1,419	1	2
1980	87	1,405	1,381	24	0
計	161	2,827	2,800	25	2
比率 (%)			99.0	0.9	0.1



第1図 *Pestalotia longiseta* SPEG. の分生胞子

同定菌1種が分離された。分離頻度は、*P. longiseta* が圧倒的に高く、この菌が現在多発している輪斑病の病原菌であると考えられた。*P. longiseta* の分生胞子は5胞に分かれ、褐色の中央3室のうち上2胞が下の1胞より濃色、大きさは平均 $24.5 \times 7.6 \mu\text{m}$ 、頂部の付属毛は通常3本で平均長は $25.9 \mu\text{m}$ 、根もとが太く先にいくに従って細くなり、比較的まっすぐ伸びているのが特徴であった。基部の付属毛は平均 $7.1 \mu\text{m}$ であった(第1図)。*P. longiseta* はチャ以外の植物ではカキ、イヌマキ、ココヤシに病原性を示したが、チャの近縁種であるツバキ、サザンカには病斑を形成させることができなかった。

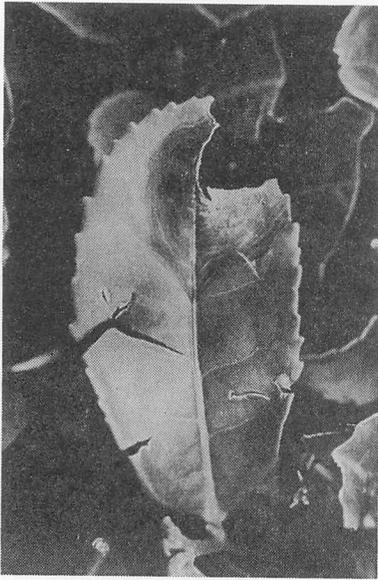
P. theae の分離率はきわめて低く、*P. theae* は最近流行している輪斑病の発生には関与していないものと考えられた。また、未同定菌 *Pestalotia* sp. も輪斑病の流行に関与していないと考えられた。*Pestalotia* sp. については GUBA (1961) の検索表²⁾ に一致する種が見当たらず、チャに対する病原力は弱いものの分類学的には興味ある種と考えられた。

II 病徴

輪斑病菌は、摘採(チャ新芽の収穫)または整枝(チャ新芽の生育を均整化し摘採を容易にするため樹冠面を切りそろえること)時に生じる葉や茎の傷口より感染する。

葉では、濃淡のある褐色の紋様が、感染部位を中心に同心円状に生じ、病斑は徐々に拡大する。病斑上に生じた分生胞子層の大きさは約 $150 \mu\text{m}$ 、黒色で病斑の紋様に沿って同心円状に並ぶ。葉の中肋が病斑中に含まれる

Occurrence of Tea Gray Blight Caused by *Pestalotia longiseta* SPEG. and Its Control.
By Tomohiro HORIKAWA



第2図 輪斑病病徴

ときは、中助部での病斑の進展が早いいため、中助部を頂点とした丸みを帯びた三角形となり、実際の茶園ではこのような病徴を示すものが多い(第2図)。発病葉は落葉しやすく、発病後 20~30 日後には大半の病葉は落葉する。

茎での発病は木化していない緑色をしている部分に限られるが、摘採などにより切断された部分より発病した茎は、黒褐色に下方へ徐々に枯れ込んでいき、木化していない部分はすべて枯死する。発病枝上には黒色の分生孢子層が多数密生する。発病枝は、発病葉のように落葉することなく樹冠面にとどまるため、発病枝上で生産される分生孢子は次世代の感染源として重要となる。発病

葉数と枯死枝率は相関が高く、激しく発病すると大部分の枝が枯死してしまうこともある。枝が枯死すると、枯死枝上に発生した次の茶期の芽も枯死するため、芽立ちが著しく悪化し、収量減となるばかりでなく樹勢も悪くなる。

III 発 生 生 態

1 摘採方法と発病程度

輪斑病菌は物理的に生じた傷口がないと感染できないことから、茶園では摘採、整枝時が主な感染時期である。そこで摘採方法と発病との関係を接種試験により調べた。その結果は第2表に示したとおりとなった。現在摘採にもっとも多く使用されている機種は大型で作業能率の高い可搬型摘採機であるが、可搬型摘採機は一人用の小型摘採機や手ばさみなどに比べ発病を助長した。刃型の違いによる発病程度の差では、水平回転刃および往復動刃型(バリカン型)はシリンダー刃に比べ発病を助長する傾向にあった。可搬型の中でもっともよく用いられている刃型は往復動刃型であり、最近の輪斑病の多発はこの摘採機の普及による点が大きいと考えられた。また、摘採機には、摘採した生葉を収容するため、布製の袋を装着する。このため、この袋が感染の助長にどの程度関与しているかを知るため、袋を取り付けずに摘採したところ第2表に示したように明らかに発病葉数は減少した。このことから、摘採機の刃や底に付着していた分生孢子が切断された組織に付き、さらに生葉収容袋が傷口をこすることにより、袋に付着していた分生孢子が傷口に付き感染の機会を多くしていると考えられた。

2 発生時期

第3表は、静岡県内でも輪斑病が比較的多発している小笠郡菊川町内の茶園における輪斑病の発生消長を調べ

第2表 摘採に使用した機械と発病程度

摘採に用いた機種	刃型	試験 1 ^{a)}		試験 2 ^{b)}	
		平均発病葉数 (葉/m ²)	有意性 ^{d)}	平均発病葉数 (葉/m ²)	有意性 ^{d)}
可搬型摘採機	水平回転刃	254	a	259	a
	往復動刃	246	a	239	a b
	シリンダー刃	212	a	182	b c
一人用摘採機	シリンダー刃	98	b	100	c d
手ばさみ	—	82	b	61	d
手摘み	—	68	b	41	d
可搬型摘採機 ^{c)}	往復動刃			163	c

a) 接種した分生孢子の濃度 : 3.2×10^3 個/茶株面 1 cm²

b) " : 4.0×10^3 個/茶株面 1 cm²

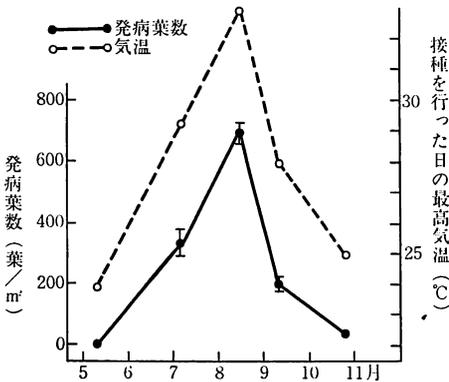
c) 生葉収容用の袋を摘採機に装着しないで摘採

d) それぞれの試験において同文字間に有意差なし

第3表 輪斑病の発生長 (1980)

調査時期	調査は場数	発病の見られたは場数	発病は場率 (%)	発病の見られたは場での平均発病葉数 (葉/m ²)	もっとも発病の多かったは場の発病葉数 (葉/m ²)
5月下旬	156	22	14.1	5.8	38.4
6月	175	36	20.6	6.9	39.2
7月	178	79	44.4	18.9	188.8
8月	172	76	44.2	14.6	218.4
9月	160	25	15.6	6.0	29.6
10月	157	22	14.0	4.2	11.2

注 静岡県小笠郡菊川町内の茶園で調査



第3図 *Pestalotia longiseta* の分生胞子を接種した時期と輪斑病発病葉数

接種は午後0時ごろ行い、いずれの日もその数時間後に最高気温を記録した。

第4表 輪斑病の品種間差異

品 種	発病葉数/m ²	指 数
やぶきた	98	100
さやまみどり	88	90
あさつゆ	62	63
やまかい	28	29
ふじみどり	20	20
くらすわ	12	12
べにふじ	36	37
するがわせ	18	18
ただにしき	18	18
からべ	12	12
かやほ	10	10
べにほまれ	6	6
ほうりょく	6	6
かなやみどり	6	6
べにひかり	4	4
はつもみじ	2	2

注 試験は分生胞子を 4,500 個/茶株面 1cm² の濃度で接種して調査した。

たものである。この地域の摘採時期は、一番茶が4月下旬～5月上旬、二番茶が6月下旬～7月上旬、三番茶が7月下旬～8月上旬、四番茶(秋整枝)が10月上旬であり、輪斑病の感染時期はこれらの年4回と考えられる。輪斑病の潜伏期間は7～10日であるから、感染には二、三番茶期が適していると考えられた。

輪斑病菌をは場で接種し、接種時期と発病程度を調べたところ第3図のような結果が得られた。接種時の気温が低かった5月上旬、10月下旬には発病程度は低かったが、気温の高い夏期には高率に発病が見られた。

また、同一茶園を用いて、気温の比較的高かった5月14日(1980年)と、低かった5月17日に、接種胞子濃度をほぼ同程度にして同一方法で茶園に接種して発病程度を調べた結果、接種条件がほぼ同じであっても接種時の気温が高いほうが発病数が多くなった。

これらの調査結果から、輪斑病の発病程度は、接種時すなわち摘採時の気温の高低が大きく関与しており、摘採時の気温が高い二、三番茶摘採後の発病が多くなり、

二番茶摘採時と三番茶摘採時ではより気温の高い後者のほうがより感染発病しやすいものと考えられた。また、同じ茶期内であっても、気温の低い日に摘採したほうが発病数は少なくなるものと考えられた。

3 品種間差異

輪斑病はチャの品種によって発病程度が異なった。第4表は品種見本園として各品種が一つの茶園に植えられているは場を用いて、*P. longiseta* 分生胞子を人工接種した時の発病程度を見たものである。やぶきたは調査した16品種の中ではもっとも発病しやすく、次いでさやまみどりに発病が多く見られた。あさつゆ、やまかい、ふじみどり、くらすわ、べにふじはやぶきたの約30%の発病程度を示し、するがわせ、ただにしき、からべに、かやほ、べにほまれ、ほうりょく、かなやみどり、べにひかり、はつもみじでは発病程度はきわめて低かった。発病程度の低かった品種では、病斑も小さく、摘採による傷口の付近に幅数 mm 程度の病斑しか形成しないものが多かった。

P. theae による品種間差異については詳しく調査した例が少ないが、たまみどり、なつみどりが罹病性であるとされている⁹⁾。このため、*P. longiseta*, *P. theae* の両種をやぶきたおよびたまみどりに接種してみたところ、*P. longiseta* はやぶきた、たまみどりの両者に病斑を形成したが、*P. theae* はたまみどりに病斑を形成したもののやぶきたでは病斑を形成できなかった。

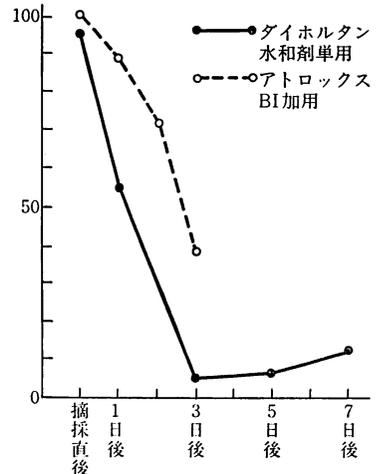
やぶきた種は、現在もっとも多く栽培されている品種である。静岡県で品種化されている茶園は総茶園面積の68.7% (1982年) であるが、このうちやぶきたの栽培面積は93.6% となっており、最近の急激な輪斑病の発生地域の拡大には、*P. longiseta* に罹病性のやぶきたの普及も大きく関与しているものと考えられた。

IV 防除方法

一般的に病害の防除は、感染初期に薬剤が病原菌に作用するようにするのが効果が高い場合が多い。このため、輪斑病の感染時期にあたる摘採直後に各種薬剤を散布し効果を調査してみた⁹⁾。その結果効果の見られた薬剤のうち、現在チャ病害防除剤として登録のあるものは、チオファネートメチル水和剤、ベノミル水和剤、TPN 水和剤、ダイホルタン水和剤の4種類であった。登録のない薬剤で効果の認められたものは、銅・カスガマイシン水和剤、フルオルイミド水和剤、キャプタン水和剤、スルフェン酸系水和剤などがあった。*P. longiseta* 以外の *Pestalotia* 属菌の起こすチャ以外の作物の病害に対し、効果があるとされている場合の多いボルドー液や各種銅水和剤はまったく効果が認められなかった。また、ジチアノン水和剤、ポリカーバメート水和剤、石灰硫黄合剤、トリアジメホン水和剤なども効果が認められなかった。

効果のある薬剤のうち、チオファネートメチル水和剤、ベノミル水和剤、ダイホルタン水和剤、TPN 水和剤について摘採直後散布における希釈倍率と防除効果を調べたところ、チオファネートメチル水和剤は2,000倍、ベノミル水和剤は3,000倍で散布すればほぼ100%の防除効果が認められ、ダイホルタン水和剤は2,000倍、TPN 水和剤は600~800倍で実用的な効果が認められた。

これらのことから摘採直後に散布すれば、一応輪斑病の防除が可能であることが明らかとなったが、摘採直後の散布作業は、労働配分の点および隣接して未摘採園がある場合には散布薬液の飛散が懸念される点からも問題がある。このため、チオファネートメチル水和剤、ダイホルタン水和剤、TPN 水和剤について、防除時期を摘



第4図 チャ輪斑病に対するダイホルタン水和剤2,000倍の効果およびアトロックスBI加用の効果

採から何日遅らせることができるか、および浸透性を付加すると言われている2,3の展着剤の混合効果について調査した⁹⁾。その結果、チオファネートメチル水和剤では、単用でも摘採3日後までに散布すれば実用的な効果が得られたが、浸透性を付加するとされている展着剤アトロックスBIを500倍で加用しても防除効果を向上させることはできなかった。

ダイホルタン水和剤2,000倍液は、摘採直後に散布すれば単用でも十分な防除効果が得られたが、1日後に散布すると防除率は約55%と実用的な効果を得ることができなかった。しかし、ダイホルタン水和剤2,000倍にアトロックスBI500倍を混用すると摘採1日後においても約90%の防除効果を得ることができ、防除効果は向上することが明らかとなった(第4図)。この場合、摘採2日後、3日後散布とも、単用に比べ効果の向上が見られたが、実用的な効果は得られなかった。

TPN 水和剤800倍は展着剤を混用しなかった場合、摘採直後では約86%の防除効果が見られたが、摘採1日後以降はまったく効果が認められなかった。TPN 水和剤800倍にアトロックスBIを500倍で混用すると摘採直後~摘採3日後のいずれの散布時期においても防除効果は向上した。しかし、この組み合わせでは摘採直後散布以外に実用的な効果を得ることはできなかった。また、TPN 水和剤については別の調査で600倍液のほうが800倍液よりも効果の高いことが明らかとなった。

浸透性を付加する効果があるとされている展着剤について、アトロックスBI以外にトクエース1,000倍、マ

シン油乳剤 500 倍についても同じ調査をしたところ、アトロックス BI と同様の効果が認められた。アトロックス BI については 1,000 倍で用いてもほぼ同様の効果が認められた。

以上の防除試験の結果より、輪斑病を防除するには、チオファネートメチル水和剤 2,000 倍、ペノミル水和剤 3,000 倍を用いる場合には摘採後 3 日以内、ダイホルタン水和剤 2,000 倍を用いる場合には、上記展着剤のいずれかを混用して摘採後 1 日以内、TPN 水和剤は 600 倍希釈液を用い、展着剤を加用しても摘採当日中に散布する必要があると考えられた。

おわりに

多発している輪斑病の主要な病原菌となっていることがわかった *P. longiseta* はカキに葉枯病を起こす病原菌とされており、静岡県内のカキからも普通に分離される菌である。現在までのところ、カキの *P. longiseta* が、現在多発している輪斑病の病原菌となったか否かについてはわかっていないが、やぶぎたに強い病原性を持つ *P. longiseta* の系統が、静岡県西部地方の浜松市あるいは袋井市の茶園で出現したことが現在の輪斑病の流行を起こしているものと考えられる。

輪斑病の防除についてはもっとも効果の高いチオファネートメチル水和剤、ペノミル水和剤に耐性の菌が出現

し、静岡県では 1981 年時点で 64.7% のほ場で耐性菌の存在が確認されている。このため、静岡県では輪斑病に対し、これらの薬剤の使用をやめるよう指導しているが、耐性菌の検出率は減少傾向にはない。このことは、輪斑病の防除をいっそう難しくしており、現場では、本病を難防除病害と位置付けている地域も多い。

このため、輪斑病に対する今後の防除は、薬剤散布に頼るだけでなく、耕種的防除法の開発が急務であると考えられる。チャでは、樹型の維持、芽ぞろいを良くするため整枝作業を行う。整枝作業はチャに傷を付けるため輪斑病の感染する時期でもあるが、茶葉、枝を切り落とすため、感染源を除去するチャンスでもある。整枝時期は摘採期とずれているため、この時期の薬剤散布は、労働配分、衛生面から見ても問題点は少ないだろうと想像される。そこで現在、輪斑病菌のは場における生態的特性をさらに調査し、摘採・整枝・薬剤を組み合わせた防除法について検討している。

引用文献

- 1) 浜屋悦次・堀川知廣 (1982): 茶業技術研究 62: 21~28.
- 2) GUBA, E. M. (1961): Monograph of *Monochaetia* and *Pestalotia*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- 3) 木伏秀夫ら (1974): 茶研報 41: 37~43.
- 4) 堀川知廣 (1982): 同上 56: 45~56.
- 5) ———ら (1982): 同上 57: 18~25.

(24 ページより続く)

4 回、ねぎ・たまねぎ: アブラムシ類・スリップス類・ハモグリバエ: 7 日 6 回、トマト・なす・ピーマン: 収穫前日まで、きゅうり・すいか・メロン・しろうり・かぼちゃ: ハダニ類・アブラムシ類・ウリハムシ: 収穫前日まで、豆類: ハダニ類・アブラムシ類・スリップス類・コガネムシ類・マメシクイガ・ハモグリバエ: 7 日 3 回、にんじん: アブラムシ類: 14 日 4 回、ごぼう: アブラムシ類: 7 日 5 回、花き: ハダニ類・アブラムシ類、たばこ: アブラムシ類・ヤサイゾウムシ

PAP・BPMC 乳剤

PAP 45.0%, BPMC 30.0%

エルサンバッサ乳剤 (59. 4. 9)

15753(北興化学工業)

稲: ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・カメムシ類・ウンカ類 (8 倍); ツマグロヨコバイ, ウンカ類 (30 倍)
: 7 日 4 回: 空中散布

MEP 乳剤

MEP 50%

スミチオン乳剤 (59. 4. 9)

15754(北興産業)

りんご: アブラムシ類・ナンヒメシクイ・モモンクイ・ハマキムシ類・ナシグンバイムシ・クワコナカイ

ガラムシ・アメリカシロヒトリ: 14 日 5 回、西洋なし・日本なし(有袋栽培): アブラムシ類・シンクイムシ類・ハマキムシ類・ナシグンバイムシ・ナンノカワモグリ・ナンチビガ・カメムシ類・クワコナカイガラムシ・アメリカシロヒトリ: 7 日 6 回、日本なし(無袋栽培): アブラムシ類・シンクイムシ類・ハマキムシ類・ナシグンバイムシ・ナンノカワモグリ・ナンチビガ・カメムシ類・クワコナカイガラムシ・アメリカシロヒトリ: 21 日 6 回、もも: アブラムシ類・モモハモグリガ・ナンヒメシクイ(心折防止)・モモンクイ・ハマキムシ類・クワシロカイガラムシ・カメムシ類・クワコナカイガラムシ: 3 日前、なす・ピーマン: アブラムシ類・テントウムシダマシ類: 3 日前、きゅうり(露地): アブラムシ類・スリップス類: 前日、きゅうり(施設)・すいか・メロン・しろうり: アブラムシ類・スリップス類: 3 日前、かぼちゃ: アブラムシ類・スリップス類: 前日、にんじん・ごぼう: アブラムシ類: 30 日 2 回、豆類: アブラムシ類・マメシクイガ・シロイチモジマダラメイガ・ダイズサヤタマバエ・カメムシ類・マメヒメサヤムシガ: 21 日 4 回、小豆: フキノメイガ: 21 日 4 回、かき: ハマキムシ類・カキミガ・カキホソガ・フジコナカイガラムシ・オオワタコナカイガラムシ・カメムシ類・イラ
(43 ページへ続く)

セイヨウナシ胴枯病の発生生態と防除

岩手県園芸試験場 仲谷房治

はじめに

セイヨウナシは東北地方を中心に栽培されているが、近年、胴枯病が多発生し、大きな被害を受けている。

セイヨウナシ胴枯病に関しては、1924年、中島ら²⁾による記載が最初であり、*Phomopsis* 菌によって、開花期に多数の枝枯れが引き起こされることが報告されている。その後、1934年、田中⁶⁾が本病の病徴および発病消長を詳しく観察するとともに、病原菌の完全時代を発見し、*Diaporthe ambigua* (Sacc.) NITSCHKE と同定した。この時点で、開花期における枝枯れ、6月中旬における柄胞子の噴出、秋期における子のう胞子の形成など生活環のうえて重要な現象が明らかにされたが、これらがどのように関連し、生活環が形成されるかは不明であった。

セイヨウナシ胴枯病菌は、無傷接種で発病させることができなかったため、傷み寄生すると推定されてきた。しかし、有傷接種で自然発病と同様の病徴を再現させた例はなく、また、発病部位の観察からも侵入門戸となる傷口は認められないなど、感染・発病について多くのこ

とが不明であった。そこで、発生生態、伝染環および防除法について検討を行ったので、その結果の概要を参考に供したい。

I 病徴および発病消長

本病は枝枯れ症状を呈し、多発樹では1樹に100本を超える枝が発病する。また、激発樹では若い枝が次々と枯れるため、結実しなくなるばかりでなく、樹勢が衰え、ついには主枝を残すだけとなる。本病の症状は短果枝群の萎ちょう枯死、枝枯れ、および小黒点病斑に大別される。

短果枝群の萎ちょう枯死および枝枯れは、早い場合4月に発生するが、通常は開花始め(5月上・中旬)ころより認められ、開花が進むにつれて発生量が増加する。発病盛期は5月中・下旬で、その後だいに減少し、6月中旬に終息する。まれに、7月になって枝枯れが認められることもある。

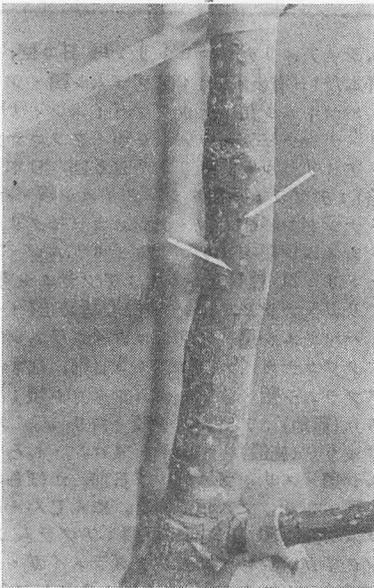
短果枝群の萎ちょう枯死は、一見花腐れ症状を呈し、その症状が火傷病と類似するために誤診されやすい⁵⁾。しかし、胴枯病は果台部および結果枝基部の枝に存在する小黒点病斑が拡大進展し、枝枯れになるため、花そうが萎ちょう枯死することで区別される。

枝枯れは2~3年生枝の若い枝で発生する。小黒点病斑が拡大進展して、枝の周囲を取り囲むと、その先端部が萎ちょう枯死し、結果的に多くの花そうが枯死してしまふ。病斑の拡大進展できる期間は短く、枝の一部分だけが発病し、枝枯れにならないものが多い。

小黒点病斑は初期病斑であり、黒~黒紫色を呈し、直径約1mmの円形であり、表面がやや隆起する。主として1年生枝上に散在あるいは群がって存在する(第1図)。病斑の多くは比較的明瞭であるが、存在する枝の樹皮の色調によって目立たない場合がある。これは枝齡および品種によって異なる。病斑部の解剖的観察によれば、周皮細胞の褐変が認められる。この小黒点病斑の状態で越冬し、多くは翌春において病斑が進展し、その結果、枝枯れおよび短果枝群の萎ちょう枯死が発生する。

II 病原菌

胴枯病菌については、すでに田中⁶⁾によって詳細な研究が行われ、*Diaporthe ambigua* と命名されていた。しか



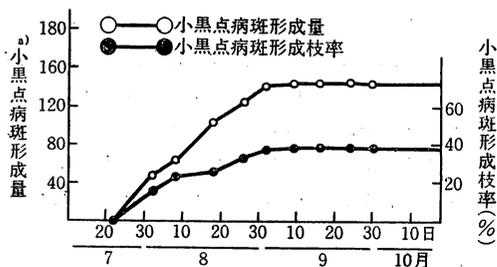
第1図 小黒点病斑

The Canker of Pear Caused by *Diaporthe tanakae*
KOBAYASHI et SAKUMA and Its Control.
By Fusaharu NAKATANI

第1表 小黒点病斑の枝齢別分布

枝 齢	調 査 数	1枝当たり小黒点病斑数の頻度分布							
		0	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~100	101以上
新 梢	95	95	0	0	0	0	0	0	0
1年生枝	91	8	35	18	9	4	3	5	9
2年生枝	42	29	12	1	0	0	0	0	0
3年生枝	16	16	0	0	0	0	0	0	0

品種：バートレット



第2図 小黒点病斑の形成時期 (1980)

a) 調査枝 40 本当たり

し、本病の一症状である短果枝群の萎ちよう枯死に関する記載はなかったために、病害の診断に混乱をきたしていた。そこで種々の発病部位から病原菌の分離を試みた。その結果、いずれも *Phomopsis* 菌が分離され、秋期に認めた子のう胞子からの分離菌と比較すると、菌そりの性状、培地上の生育が不良であることおよび培地上で形成される柄胞子の大きさ等がきわめて類似し、完全時代および不完全時代の形態の特徴から、田中の記載した *D. ambigua* と同一菌と判断した⁹⁾。なお、*D. ambigua* はタイプ標本の再吟味により、*Diaporthe eres* NIT. の異名とされており、その形態とは明らかに異なることから、小林¹⁾によって検討され、新たに *Diaporthe tanakae* KOBAYASHI et SAKUMA と命名記載された。

III 発生生態

1. 小黒点病斑の形成

小黒点病斑の形成についてはすでに明らかにしているが⁴⁾、1年生枝上に形成される小黒点病斑の形成は8月第1半旬に認められた。その後1か月にわたり、発病枝および病斑数が増加した(第2図)。なお形成時期の年次変動は少ない。病斑は最初きわめて小さい褐色の点であるが、しだいに黒色あるいは黒紫色の円形病斑となり、秋末には直径が約1mmの小黒点になる。

形成部位を枝齢別に調査すると、小黒点病斑は新梢ではなく、1年生枝に多数認められた(第1表)。2年生枝においても認められたが、その多くは直径が2~3mm

と大きく、その性状は前年に形成された病斑が拡大進展できなかった病斑に類似した。短果枝群についても同様の結果が得られた。当年に生じた部分には存在せず、前年に生じた部分に小黒点病斑が認められた。2年前に生じた部分においても低率であるが存在した。その後の調査によると、小黒点病斑は特定の品種 (ÉMILE DHE-YST) では秋期になって新梢において形成され、また、広く栽培されているバートレットにもまれに存在することが明らかになった。

2 病斑進展

小黒点病斑1個で形成される進展病斑長は小さいため(平均値 1.9 cm)、1年生枝に形成される小黒点病斑数が10個以下の場合には枝枯れにならない。しかし、多数集合すると大きな病斑となり、枝枯れが発生し、柄胞子が多量に噴出される。

小黒点病斑が進展できる期間は短く、主に5月に限定されている。この期間に進展できなかった病斑は翌年の同時期にまで、場合によっては2年後まで未進展のまま推移した後、拡大進展することがある。

3 柄胞子の噴出消長

柄胞子は胞子角を形成し、噴出してくる。岩手県における柄胞子の噴出は早い場合で5月第5半旬に一部の枝で認められるが、通常は5月第6半旬に始まる。噴出盛期は年次変動が少なく、6月第2半旬あるいは6月第3半旬に見られる。終期は年次によって異なった。1979年および1980年は6月第6半旬であったが、1981年および1982年は7月第4半旬まで続いた。1980年の噴出期には降雨がなく気温が高めに経過したため、噴出した柄胞子は分散することなく、胞子角がくも巣のように風にたなびく現象が観察された。しかし、その後の降雨によって溶解し、胞子は一気に分散した。一方、1981年のように低温多雨条件が続くと胞子は長期間にわたって噴出し7月中旬まで続いた。

胞子角の噴出は大部分が当年に拡大進展した病斑部で観察されるが、一部で古い病斑部においても認められた。これは病斑部において新たに形成された柄子殻から

噴出した胞子であり、早い時期 (5月第5半旬) から認められた。短果枝群で形成された病斑部においても胞子角の噴出は認められたが、まれであり、噴出量もきわめて少なかった。

Phomopsis 菌の柄胞子には発芽能力を有する α 胞子とその能力を欠く β 胞子の存在が知られている。初期に噴出される胞子はほとんど α 胞子だけであり、噴出量が多い6月上・中旬も α 胞子が主体であった。6月下旬以降になると β 胞子の割合が多い胞子角が噴出されるようになり、 β 胞子だけのものも観察された。古い病斑部から噴出される胞子角は α 胞子だけが含まれ、 β 胞子は認められなかった (第2表)。

4 子のう胞子の噴出消長

子のう胞子は秋期に形成され、越冬後の4月において存在することが知られていたが^{a)}、分散に関する研究はなかった。子のう殻中の子のう胞子の充満状況を観察した結果、6月下旬～8月上旬において噴出が認められた。噴出開始前の6月中旬までは多量の降雨に遭遇しても噴出が認められないが、6月下旬以降の降雨 (約 10

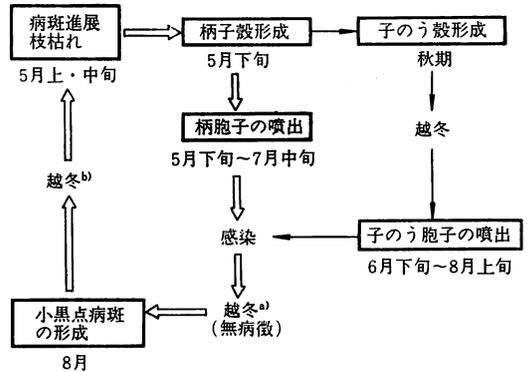
mm以上の降水量)によって、子のう殻の頸部の周囲に子のう胞子が噴出し、数回の降雨でほとんどの子のう殻が中空になる。

5 感染と発病

本病は、子のう胞子がまったく存在しない園地やきわめて少ない園地でも多発していることや、柄胞子が多量に噴出されることから、柄胞子が主な伝染源と考えられた。そこでいくつかの方法で柄胞子を無傷接種した結果、自然発病と同じ病徴および病斑進展経過を再現することができた。その一例を第3表に示した。接種年の11月に新梢の一部の枝において、微小斑点状の小黒点病斑が形成された。これは自然発病でまれに新梢上に形成される小黒点病斑の症状と類似した。多くの枝は接種の翌年に小黒点病斑が多量形成された。その状態で越冬し、接種2年後に病斑が進展し、枝枯れや胞子角の噴出が観

第2表 柄胞子調査

採集月日	調査胞子角数	α 胞子のみ	$\alpha \cdot \beta$ 胞子混在		β 胞子のみ
			主に α 胞子	主に β 胞子	
1980年					
5月31日	50	50	0	0	0
6月7日	50	29	19	2	0
6月14日	50	32	16	2	0
6月21日	50	26	15	3	6
1981年					
6月4日	50	49	1	0	0
6月11日	50	45	3	2	0
6月19日	36	27	4	4	1
6月27日	50	15	21	11	3
7月3日	50	37	12	1	0
7月15日	24	13	6	5	0



第3図 伝染環

- a) 潜伏期間が短い場合は越冬せず、秋期に小黒点病斑が形成される。
- b) 小黒点病斑が進展でず、さらに越冬を1～2回繰り返した後、病斑進展することがある。

第3表 無傷接種^{a)}による接種時枝齡と発病

接種時枝齡	接種枝数	1980年11月	1981年5月	1981年8～11月	1982年5～6月		1983年5～6月	
		小黒点病斑形成枝数	病斑進展枯死枝数	小黒点病斑形成枝数 ^{b)}	病斑進展枯死枝数 ^{c)}	胞子角噴出枝数 ^{d)}	病斑進展枯死枝数 ^{e)}	胞子角噴出枝数 ^{d)}
新梢	10	6	4	4/6	3/4	3/3	3/3	2/3
1年生枝	10	6	0	9/10	7/9	7/7	2/3	2/2
2年生枝	10	2	0	4/10	3/4	3/3	4/7	1/4
3年生枝	10	0	0	0	0	0	3/10	1/3

- a) 胞子懸濁液を含ませた脱脂綿をパラフィルムで包む。接種年月日：1980年6月13日、湿潤期間：30日、接種柄胞子濃度： $1.9 \times 10^8/ml$ 、品種：パートレット
- b) 小黒点病斑形成枝/残存枝数
- c) 病斑進展枯死枝数/小黒点病斑形成枝数
- d) 胞子角噴出枝数/病斑進展枯死枝数
- e) 病斑進展枯死枝数/残存枝数

第4表 柄胞子の噴出期における薬剤散布試験^{a)}

供試薬剤 (含有量, %)	希釈倍数 (倍)	翌年の発病 (1982年10月)	
		小黑点病斑形成率 (%)	発病度 ^{b)}
チオファネートメチル水和剤 (70)	1,500	36.0	18.8
有機銅水和剤 (40)	600	38.5	19.0
有機銅・チオファネートメチル水和剤 (40, 35)	1,000	27.0	10.7
キャプタン・ペノミル水和剤 (60, 10)	600	31.0	13.3
ダイホルタン水和剤 (80)	1,500	14.5	5.7
トリホリン水和剤 (7.5)	500	52.0	30.0
ボルドー液	4-12式	16.5	6.7
無散布		71.5	49.3

a) 散布年月日: 1981年5月26日, 6月4日, 6月11日, 6月19日. 品種: パートレット

b) 発病度 = $\frac{\sum \text{指数} \times \text{該当数}}{3N} \times 100$ 指数 1: 小黑点病斑数1~10個/枝, 2: 同 11~30個/枝, 3: 同 31個以上/枝

察された。また、新梢がもっとも感染しやすく、枝齢が増加するにつれ、発病しにくくなった。

6 伝染環

は場観察および接種試験の結果から、第3図で示される伝染環が考えられる。潜伏期間が長く、病斑進展期間が限られるため、伝染環の一巡には通常で2年を要するが、短い場合で1年、長い場合で4年に及ぶことがある。このことは、いったん感染すると長年にわたり生存できることを意味し、病原菌の根絶が難しいことを示唆している。

IV 防除対策

これまでに明らかになった発生生態と防除試験から、次の防除対策が考えられる。

① 剪定する際、小黑点病斑が多数認められる枝は除去し、残さないようにする。特に、2~3年生枝に注意して行う。

② 多発生樹では枝枯れを予想し、2~3年生枝を多めに残し、枝枯れ後に仕上げの剪定を行う。

③ 剪定した枝も小黑点病斑が形成されていることが多いので、焼却処分する。

④ 開花期ころから2~3回定期的に巡回し、発病枝を見つけたら剪除焼却する。柄胞子噴出前(5月期)に除去することが大切であるが、6月以降も行き、子のう殻が形成される病斑を残さないようにする。また、比較的太い枝の場合は早期に病患部を削り取り、焼却する。

⑤ 柄胞子の噴出期に当たる5月下旬~7月中旬に薬剤を予防散布する。中でも6月上・中旬は噴出盛期であるため、もっとも重要な防除時期である。なお、防除効果は2年後に現れる。

⑥ 子のう胞子の噴出期に当たる6月下旬~8月上旬はセイヨウナシの主要病害である輪紋病の感染時期に相当するので、同時防除を図る。

これらの対策の中で、もっとも実際的でかつ有効な手段は⑥の柄胞子の感染防止をねらいとした薬剤散布が挙げられる。薬剤は菌そう生育抑制効果や柄胞子発芽抑制効果の優れたものを選び、これらの薬剤を中心には場試験を行った。その結果、ダイホルタン水和剤(1,500倍)、ボルドー液(4-12式)がもっとも優れ、次いで有機銅・チオファネートメチル水和剤(1,000倍)、キャプタン・ペノミル水和剤(600倍)が優れた(第4表)。次に、多発園では②の方法が有効である。これを実施すると枝枯れが多発しても結実数が確保され、被害が回避される。この場合、残す枝の量はあらかじめ秋期に1年生枝上における小黑点病斑の形成量を調査し、枝枯れ量を予測して決定するとよい。

①~⑥の防除対策を実施すれば、胴枯病の被害は軽減されるが、防除効果が現れるまで年数を要し、また、単年度だけの防除では病原菌の根絶が困難であるので、毎年継続して対策を実施する必要がある。

おわりに

これまでの研究により、セイヨウナシ胴枯病の発生生態および防除法の全ぼうが明らかになった。本病の大きな特徴に、感染から小黑点病斑形成まで無病徴のまま長期間潜伏することおよび病斑進展期間が春期に限定されることが挙げられる。これらがどのような機構によって制御されているかは明らかになっていない。これを解明することは本病の研究上重要であるが、胴枯性病害の共通的な問題点でもあり、興味ある課題と思われる。

引用文献

- 1) KOBAYASHI, T. and T. SAKUMA (1982): Trans. mycol. Soc. Japan 23: 37~40.
- 2) 中島友輔・滝元清透 (1924): 病虫雑 11: 415~421.
- 3) 仲谷房治ら (1980): 北日本病虫研報 31: 93~94.
- 4) ———ら (1981): 同上 32: 141~143.
- 5) SAKUMA, T. et al. (1982): Bull. Fruit Tree Res. Stn., Japan, Ser. C 9: 79~89.
- 6) 田中一郎 (1934): 北海道農試報 .31: 85~122.

雪腐小粒菌核病菌の種生態学

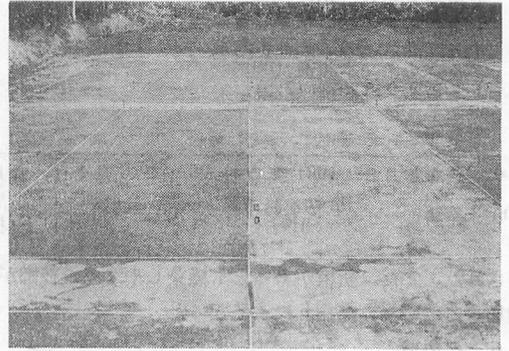
農林水産省北海道農業試験場 まつ松もと なお直 ゆき幸

はじめに

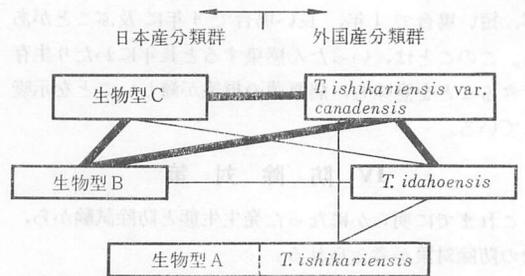
1975年、北海道東部を中心に発生したオーチャードグラスなどの雪腐病による被害は非常に深刻であった²⁾。これを契機に富山²³⁾以来ほとんどだえていた雪腐病の研究が再開された。この年の被害は主として雪腐大粒菌核病によるものであり、その後病原菌 *Sclerotinia borealis* の生態¹⁹⁾や抵抗性要因⁹⁾について有意義な知見が得られた。*Typhula incarnata* と *T. ishikariensis* による雪腐小粒菌核病は雪腐大粒菌核病のように年次により大発生することはなく、むしろ潜在的、慢性的に被害を起こす。本病原菌が宿主植物を枯死させることはまれで、春の萌芽不良が病原菌のせいであることにさえ気づかないことが多い。被害をもっとも鮮明に示す例はゴルフ場のグリーンである(第1図)。薬剤防除により芝生は融雪直後から青々としている。また、小松らのアルファルファの実態調査⁸⁾から、十勝地方における栽培上の最大の障害は寡雪地方における断根ではなく、多雪地帯における *T. ishikariensis* 生物型Aによる被害であることも明らかになった。雪腐小粒菌核病菌の発生生態についてはすでに他の機会¹⁵⁾で述べてあるので、ここではより生態学的な面を強調したい。

I 分類

わが国では雪腐褐色小粒菌核病菌 *T. incarnata* と雪腐黒色小粒菌核病菌 *T. ishikariensis* の2種が従来知られていた。*T. ishikariensis* は2, 3の分類群よりなり、これらの分類学的位置づけについては研究者により見解が異なる⁴⁻⁶⁾。筆者ら¹²⁾は今まで一つの分類群とみなされていた日本産 *T. ishikariensis* にも複数の菌群が存在することを明らかにし、これらを生物型 A, B, C とした。これらと外国の分類群との遺伝的関係¹⁶⁾を第2図に示した。遺伝的関係は交配の起こる頻度を基準にした。生物型Aはアメリカの *T. ishikariensis* とのみ交配可能で、両者の間には共通な交配不和合性因子も検出された。生物型BとCは互いに、あるいはアメリカの *T. idahoensis* やカナダの *T. ishikariensis* var. *canadensis* と交配可能であったが、交配の成否は不和合性因子と独立であっ



第1図 雪腐小粒菌核病による芝草の被害
中央左の区画：薬剤防除区，中央右の区画：無防除区



第2図 *Typhula ishikariensis* 複合体を構成する分類群間の遺伝的関係

注 太線は遺伝的関係が強く、細線は弱い。また、線で結ばれていない分類群間には遺伝的関係がない。

た。以上のことから、日本だけに限ると生物型Aは生物型 B, C と遺伝的に完全に隔絶し、またその他の特徴からも別種とみなしうるほど異なっているが、アメリカの *T. ishikariensis* を介して他の分類群と遺伝的に関連し、結局、*T. ishikariensis* は複数の分類群よりなる複合体 (complex) であると解釈された。

このような例は多くの糸状菌で知られており、いずれの種も複数の相互不稔群 (intersterility group) よりなる。この不和合性現象は菌糸融合が妨げられることに起因し、最近では体細胞的不和合性、ヘテロカリオン不和合性あるいは heterogenic incompatibility と呼ばれる。

II 各分類群の比較と生態的地位の分化

T. incarnata と *T. ishikariensis* 生物型 A, B, C の形

Autecology of *Typhula incarnata* and *T. ishikariensis*. By Naoyuki MATSUMOTO

態的、生理生態的特徴についての相異点を第1, 2表にまとめた。これらの四つの分類群は形態的に異なり、罹病植物体上の菌核によってさえ識別可能である。また、各分類群は生理生態的特徴をも異にし、それらが相互に関連しておのおの生態的地位が積雪下という一見単純そうな生息場所において確立していることがわかった。

生物が本来的、遺伝的に持つ能力（あるいは基本的生態的地位 fundamental niche）は自然条件下で観察されるもの（あるいは実現生態的地位 realized niche）と異なることが多く、これは主として生物的要因による。雪腐病菌は普通積雪下でまん延し周囲はほぼ 0°C であるが、その培養適温は 10°C 前後である。後述のように、雪腐小粒菌核病菌と土壌由来の腐生菌の競争関係は温度で逆転する。すなわち雪腐小粒菌核病菌は最適温度条件下では競争力が弱く、他の菌が低温ストレスで不活発な積雪下を生息場所として選び、しかも生きた植物という未利用でほとんど無競争の資源を利用しているといえる。強力な競争相手から逃れ、より不適当な環境下で活動する

糸状菌はほかにもいくつか知られ²⁰⁾、これらは GRIME⁷⁾ のいうストレス耐性者の範ちゅうに入る。

T. incarnata は競争者⁷⁾ としても能力があることは野外の情況証拠や実験結果¹³⁾ から明らかである。Cambridge 法によって競争的腐生能力を調べた。*T. incarnata* は 0°C と 10°C においてオートクレープで殺菌した葉片に頻繁に定着し、土壌由来の腐生菌は 10°C では *T. incarnata* と対等に競争したが、0°C では劣勢であった。*T. ishikariensis* は 10°C では腐生菌と競争できず、0°C では腐生菌と同頻度に定着した。多くの微生物が定着している枯死植物片を基質として 0°C で用いた場合でも、*T. incarnata* はよく定着したが *T. ishikariensis* はあまり定着しなかった。*T. incarnata* はまた雑草的な性質も持ち合わせており、その担子胞子は感染源として十分機能している。野外で担子胞子由来と考えられるモノカリオンが分離されたり¹¹⁾、無接種対照区を汚染したり、イネの切り株に定着し、さらに1年目の転換畑秋播きコムギに被害を与えるなどの情況証拠がある。また *T. incarnata* は人工条件下での子実体形成が容易で、野外においても早くから子実体が形成され²³⁾、伝播のうへで担子胞子に依存する程度は *T. ishikariensis* よりも高い。すなわち、担子胞子により未利用の生息場所に定着できることから、*T. incarnata* は ruderal な戦略者^{7, 20)} (すなわち攪乱耐性者あるいは r 戦略者) ともいえる。*T. incarnata* の培地上での生育温度範囲は広く、低温 (0°C) では *T. ishikariensis* と同等に、高温 (20°C) では腐生性 *Typhula* spp. と同等に生育できる (松本、未発表)。また *T. incarnata* は病原菌と腐生菌の両方の生活方法を持っている。以上のように、本菌は種々の性質について特殊化しておらず、むしろ何でも屋 generalist としての性質

第1表 *Typhula incarnata* と *T. ishikariensis* の形態的特徴の比較

	菌核	子実体	培地上の 気中菌糸
<i>T. incarnata</i>	大・不定型 赤褐色	大 桃色	少
<i>T. ishikariensis</i> 生物型 A	中・球型 褐色	【中】 白色	少～中
生物型 B	中・球型 黒色	中 白色	中～多
生物型 C	小・球型 ^{a)} 黒色	小 白色	多

a) 培地上では同心円状でなく放射状に形成される

第2表 *Typhula incarnata* と *T. ishikariensis* の生理生態的特徴の比較

	培地での 生育温度 範囲	子実体形成 時期・能力	競争的 腐生能力	単子葉植物 に対する 病原性	宿主範囲	分 布	互いの 競争力
<i>T. incarnata</i>	広	早・高	高	弱	単子葉植物 双子葉植物	広 寡雪～多雪地帯 ^{a)} 山口～北海道	中
<i>T. ishikariensis</i> 生物型 A	狭	晩・中	低	中	単子葉植物 双子葉植物	狭 多雪地帯	強
生物型 B	狭	—・中	低	強	単子葉植物	中 寡雪地帯	弱
生物型 C	狭	—・低	低	強	単子葉植物	栃木・東北～北海道 同上 ^{b)}	弱

a) 多雪地帯とは 50cm 以上の積雪が年間 60 日以上続く地帯をここではさし、多雪地帯は山岳地帯を除けば北海道以外にはない。

b) 多雪地帯にも分布するが低頻度である。

mycetes)⁹⁾ や *T. incarnata*, *T. ishikariensis*³⁾ に特有で, *S. borealis* や *Fusarium nivale* 紅色雪腐病菌では見られない³⁾。この拮抗の生態的意義について特に考察はされていない。類似の現象は多くの木材腐朽担子菌で見られる。木材中に存在する複数の菌株は互いに拮抗し, 腐朽の進んでいない境界線 (demarcation line) で仕切られていることから, TODD と RAYNER²²⁾ は糸状菌においても「個体」という概念が適用でき, その生態学的有用性を説いている。この境界線は培地上においても常に再現されるが, 雪腐小粒菌核病菌では菌そうは混じり合わないもの, *T. incarnata* や生物型Aで不明瞭な境界線が見られるにすぎない (松本, 未発表)。しかし, 雪腐小粒菌核病菌では数菌株を混合接種した植物の発病度の低下で拮抗を評価できることを筆者ら¹⁷⁾ は再確認し, その意義を考察した。

積雪下という環境では宿主植物という資源が増加せず, いわゆる環境収容力が限定された生息場所である。また雪が積もってしまえば菌の移動は不可能となる。*(T. incarnata* は根雪前に担子孢子によって移動しうる)。移動能力の低い病原菌は宿主を完全に枯死させることなく, 宿主-寄生菌相互関係を長期間にわたって維持しようとする。雪腐小粒菌核病菌はこうした条件下で多数の「個体」が拮抗しながらおのおのの分け前を占有しつつ共存するK戦略者である。多数の「個体」を必要とする理由は, 担子菌が本質的に異系交配者で, 異なる遺伝子型間の有性生殖をいまだに行っている²¹⁾ ためである。こうした雪腐小粒菌核病菌の生態的特徴は同じ雪腐病を起こす *S. borealis* や *F. nivale* がむしろr戦略的であるのと対照的で, 積雪下ということでは同じ生息場所において2通りの生活方法が生じていることになり, 興味深い。

おわりに

雪腐小粒菌核病菌の生態的特徴がある程度明らかになったが, 生物防除を試みるには基礎的な知見があまりにも乏しい。雪腐小粒菌核病菌は積雪下で植物を侵害する活動相と菌核の形で越冬する休眠相の二つの生活相を持ち, この両方について生物防除が考えられる。活動相での適用は病原菌と競争しその活動を抑えるような腐生菌を利用することであり, 競争の機作を解明することも重要である。休眠相での適用とは菌核数を減少させることであり, そのためには越冬中の生存菌核の推移を調べ生命表のようなものを作ることが必要であり, いずれも今後の課題である。

本研究結果から, 動物や植物でよく用いられる生態学的概念が雪腐小粒菌核病菌には比較的通用することが明

らかになった。それは糸状菌を生態学の研究材料として使ううえで致命的ともいえる大きな障害を雪腐小粒菌核病菌が持たないためである。これらの障害とは, ①個体性がなく数えにくい, ②世代が不明である, ③ある生物群集中に存在するすべての種を検出できない, の3点である。雪腐小粒菌核病菌では, ①「個体」が存在し, しかも交配不和合性因子というマーカーがあるので理論的には「個体」の識別が可能で, さらに「個体」の大きさを菌核数で表すことができる。②積雪下のみで活動し, それ以外は菌核で休眠するので, ひと冬を一世代として明確に区別できる, ③移動性が少ないので野外での数世代にわたる観察が行えるなどの利点が考えられる。また, 糸状菌一般の利点とされる実験的扱いやすさも具備している。すなわち, ①生理的能力を簡単に評価できるため基本的生態的地位の理解が容易で, また②遺伝, ③種間・種内競争についての知見が得やすい。このような点から, McNAUGHTON¹⁸⁾ は糸状菌の生態学的研究が生態学の理論の構築に役だつてであろうと述べている。

引用文献

- 1) 天野洋一・尾関幸夫(1981): 道立農試集報 46: 12~21.
- 2) 荒木隆男(1975): 植物防疫 29: 484~488.
- 3) ÅRSVOLL, K. (1976): Meld. Norg. LandbrHøøgsk 55(19): pp. 6.
- 4) ——— and J. D. SMITH (1978): Can. J. Bot. 56: 348~364.
- 5) BRUEHL, G. W. and B. M. CUNFER (1975): Phytopathology 65: 755~760.
- 6) ——— et al. (1975): ibid. 65: 1108~1114.
- 7) GRIME, J. P. (1977): Amer. Natur. 111: 1169~1194.
- 8) 小松輝行(1983): 十勝農学談話会誌 24: 92~101.
- 9) LEBEAU, J. B. (1975): Phytopathology 65: 877~880.
- 10) LEVITT, J. (1972): Responses of Plants to Environmental Stresses, Academic Press, New York and London, pp. 75~167.
- 11) MATSUMOTO, N. and T. ARAKI (1982): Res. Bull. Hokkaido Natl. Agric. Exp. Stn. 135: 1~10.
- 12) ——— et al. (1982): Ann. Phytopath. Soc. Japan 48: 275~280.
- 13) ——— and T. SATO (1982): ibid. 48: 419~424.
- 14) ——— (1983): ibid. 49: 293~298.
- 15) 松本直幸(1983): 北海道畑作物の土壌病害, 北海道畑作物の土壌病害刊行会, 札幌, pp. 301~311.
- 16) MATSUMOTO, N. et al. (1983): Trans. mycol. Soc. Japan 24: 313~318.
- 17) ——— and A. TAJIMI(1983): ibid. 24
- 18) McNAUGHTON, S. J. (1981): The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem, Dekker, New York and Basel, pp. 79~88.
- 19) 尾崎政春(1979): 道立農試集報 46: 12~21.
- 20) PUGH, G. J. F. (1980): Trans. Br. mycol. Soc. 75: 1~14.
- 21) STAMBERG, J. and Y. KOLTIN (1981): The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem, Dekker, New York and Basel, pp. 157~170.
- 22) TODD, N. K. and A. D. M. RAYNER (1980): Sci. Prog., Oxf. 66: 331~354.
- 23) 富山宏平(1955): 北海道農試報告 47: pp.234.

さび病菌研究——最近の話題

筑波大学農林学系 佐 藤 昭 二

さび病菌類はサビキン目 (Uredinales) に属し担子菌亜門 (Basidiomycotina) の中の大きな一群の植物寄生菌である。世界で約 5,000~6,000 種, 約 300 属が知られ (LAUNDON, 1965), 日本において約 700 種の分布が明らかにされている (HIRATSUKA, 1960, 65, 70)。さび病菌は北半球の温暖な地域, オーストラリア, ニュージーランドなど世界各地に分布しているが, 特に南アメリカ, アフリカや東南アジアなど熱帯・亜熱帯地域に分布するさび病菌類については未解明の分野が多い。さび病菌はシダ植物をはじめ裸子植物および被子植物に寄生し, 国際的にも重要な植物病原菌の 1 群とされている。コムギ黒さび病菌 (*Puccinia graminis* PERS.), コムギ赤さび病菌 (*Puccinia recondita* ROB. ex DESM.), トウモロコシさび病菌 (*Puccinia sorghi* SCHW., *Puccinia polysora* UNDERW.), ストローマツ発しんさび病菌 (*Cronartium ribicola* J. C. FISCHER ex RAHB.), コーヒーの葉さび病菌 (*Hemileia vastatrix* BERK. et BR.) などはその例である。

さび病菌は多形性で繁殖器管として次の五つの異なった孢子型を持つ。すなわち, 精子 (Spermatia), さび孢子 (Aeciospores), 夏孢子 (Urediniospores), 冬孢子 (Teliospores) および担子孢子 (Basidiospores) である。しかし, 1 種のさび病菌が一生活環を完了するとき, これら五つの孢子型をすべて形成することもあるが, 精子, さび孢子, 冬孢子を形成し夏孢子を欠く種類, 精子, 夏孢子, 冬孢子を形成しさび孢子を欠く種類あるいは冬孢子のみを形成する種類など, 生活環中に生ずる孢子型はさび病菌の種類により異なっている。そして, それぞれの各孢子は, 精子器 (spermatogonium), さび孢子堆 (aecium), 夏孢子堆 (uredinium), 冬孢子堆 (telium) および担子のう (basidium) に形成される。

このようにさび病菌類は異なった孢子型を持ちさらに生活環において同種寄生性, 異種寄生性さび病菌があり, 同一植物に異種のさび病菌が寄生するなど, 形態, 生態的にも非常に複雑である。一方, さび病菌類は人工培地上では培養できない絶対寄生菌として取り扱われてきたが, HOTSON and CUTTER (1951) によるリンゴ赤星病菌 (*Gymnosporangium juniperi-virginianae*) の感染して

いる *Juniperus virginiana* よりの人工培養, WILLIAMS et al. (1966) のコムギ黒さび病菌 (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) の無菌的夏孢子よりの人工培養の成功以来さび病菌の人工培養に関する研究が活発になり, 一方, 精子器やさび孢子の形態的研究が新しい角度より行われ新しい知見が加えられるに至った。したがって, さび病菌に対する見かたもいろいろと考慮する点が多くなってきた。今回さび孢子の表面微細構造, 精子器の形態, 人工培養基上に形成された夏孢子・冬孢子の形態などの研究を紹介し, さらにさび病菌の分類について話題を提供したい。

I さび孢子の表面微細構造

さび孢子の表面構造については, 古くから光学顕微鏡観察によりさび孢子表面に分布するいぼよりも大型の突起があることが, *Puccinia* 属のさび病菌や *Gymnosporangium myricatum* で知られ, DODGE (1924) はこれに “pore plugs” と名づけ, さび孢子の自動的飛散に役だつとした。しかし, その機能について SAVILE (1954) は自動的飛散の機能には関係ないとし, HOLM (1966) は pore plugs は *Puccinia* および *Uromyces* 属さび病菌の多くのさび孢子に存在し, 分類学的意義があることを述べた。その後 1973 年, SAVILE はカヤツリグサ科, イネ科, イグサ科に寄生する *Puccinia* および *Uromyces* 属のさび孢子表面構造についての詳細な観察研究に基づき pore plugs の性状により 5 型に類別した。近年走査型電子顕微鏡によるさび孢子表面微細構造の研究が行われ, 1970 年 HOLM らは *Puccinia graminis*, *Gymnosporangium cornutum* のさび孢子表面構造のいぼの様子について報告し, HIRATSUKA (1971) は 5 種の *Cronartium* 属菌のさび孢子を観察し *C. comandrae* 以外の 4 種は annulate 状突起および平滑部で覆われ, 突起の形態により 5 種の *Cronartium* 属菌が区別できるとした。Coleosporium 属について HOFSTEN and HOLM (1968) は *C. tussilaginis* のさび孢子についてその表面に約 5 層の “annulate” 状突起の存在を明らかにし, HIRATSUKA and KANEKO (1975) は 4 種の *Coleosporium* 属菌について *C. phellodendron* は他の 3 種と異なり同一種のさび孢子と夏孢子の表面構造は部分的に類似していることを指摘した。その他 *Puccinia* (HOLM and TIBELL, 1974 ;

KAKISHIMA and SATO, 1980), *Cronartium* (ANTONOPoulos and CHAPMAN, 1976), *Gymnosporangium* (高橋, 1978), *Phragmidium* (HENDERSON et al., 1973), *Acidium* (HENDERSON, 1973; 佐藤, 1975), *Caecoma* (SHAW, 1976), *Uraecium* (平塚・佐藤, 1976) などの各属についての研究がある。しかし、これらは個々の属または種についての研究でありサビキン目全般について行われたものではなかった。

1982年, SATO, T. and S. SATO はさび病菌類 30 属 72 種のさび胞子を供試し, その表面構造を走査型電子顕微鏡により観察した。その結果, さび胞子表面はすべて突起を有しており, その表面構造は種内で安定した形質であることを明らかにし, その突起の形状により次の 8 型に類別した。

① いぼ型 (Verrucose type) : 先端の丸い円すい形, 円柱形, 半球形ないし頭状形の突起を有す。 *Melampsora*, *Phakopsora*, *Cerotelium*, *Ochropsora*, *Tranzschelia*, *Leucotelium*, *Gymnoconia*, *Miyagia*, *Uromyces*, *Puccinia*, *Caecoma*, *Acidium* の各属で観察。

② 細刺型 (Aciculate type) : 細長くとがった刺毛状の突起を有す。 *Caecoma* 属で観察。

③ 釘頭型 (Nailheaded type) : 円柱もしくは円すい形の頂部が円板状に広がった形の突起を有す。 *Phakopsora* 属で観察。

④ 刺型 (Echinulate type) : 円すい形の刺状突起を有す。 *Thekopsora*, *Xenodochnus*, *Phragmidium* の各属で観察。

⑤ 王冠型 (Cornate type) : 先端が分岐した突起を有す。 *Gymnosporangium* 属で観察。

⑥ 管型 (Tubulate type) : 肉厚の短い管形の突起を有す。 *Pucciniostele* 属で観察。

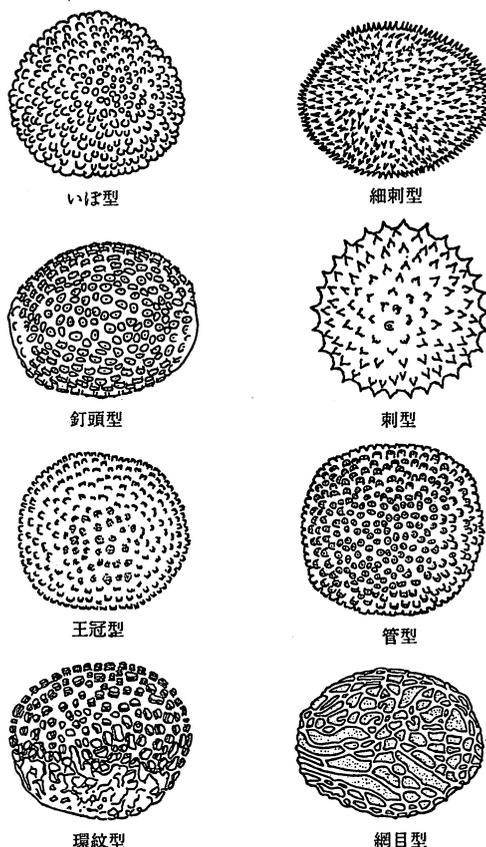
⑦ 環紋型 (Annulate type) : 板状構造が 2 層以上積み重なった形の突起を有す。 *Uredinopsis*, *Pucciniastrum*, *Cronartium*, *Chrysoomyxa*, *Coleosporium*, *Milesina*, *Hyalospora*, *Melampsoridium*, *Melampsorella*, *Thekopsora*, *Calyptospora* の各属で観察。

⑧ 網目型 (Reticulate type) : 堤防形のうねが互いに接合し網目状突起を有す。 *Zaghouania* 属で観察。

これら 8 型を図示すれば第 1 図のようである。

以上, 詳細な観察研究の結果供試した *Pucciniastrum* 3 種はすべて環紋型, *Melampsora* 6 種はすべていぼ型, *Cronartium* 5 種はすべて環紋型などのように一般に同一属内の種類は同型のさび胞子表面構造であることを明らかにした。

SAVILA (1976) はサビキン目を 5 科に分類し, そのう



第 1 図 さび胞子の表面構造タイプ (SATO, T. and S. SATO, 1982 より)

ち *Pucciniastraceae* 科に属する *Uredinopsis*, *Milesina*, *Hyalospora*, *Melampsoridium*, *Melampsorella*, *Thekopsora*, *Pucciniastrum*, *Calyptospora* 各属のさび胞子表面構造は環紋型である。また, *Phragmidiaceae* に属し, とともにバラ科植物に寄生する *Phragmidium*, *Xenodochnus* の両属は刺型のさび胞子表面構造を有することなど, さび胞子表面構造とさび病菌の科・属との関連性がうかがえる。

さらに, 1984 年に SATO, T. and S. SATO はさび胞子を形成するさび胞子堆について胞子形成法, 子実層の形状, 寄主植物内の子実層の位置, 介在細胞の有無, 護膜の有無と層数, 周辺糸状体の有無, 胞子の表面構造, 胞子の発芽孔の有無などによりさび胞子堆を 14 の型に類別し, さび病菌属とさび胞子堆の型はお互いに関連性のあることを推論した。

II 精子器の形態について

さび病菌の分類において, 冬胞子の形態的性質が重要

な特徴とされている。*Puccinia* 属, *Uromyces* 属はさび病菌類の中で多くの種類を持ち, 冬孢子2胞が *Puccinia*, 単胞が *Uromyces* というようにこの両属は冬孢子の形態がその区別点の大きな一つとされている。しかし, *Puccinia* 属の種類の中には単胞の冬孢子が混在したり, また *Uromyces* 属の種類の中には2胞の冬孢子が混在することもある。このようなことから冬孢子の形態のみで科, 属を決めることはきわめて困難をきたす場合がある。1963年 HIRATSUKA and CUMMINS はさび病菌の多くの材料を用い各種さび病菌の精子器の形態比較研究を行い, 精子器を11のタイプに類別し, さらに1980年 HIRATSUKA, Y. and N. HIRATSUKA は精子器のタイプに新しく1タイプを加え12タイプとし, さらにこれら12タイプを精子器の寄主植物体内の形成位置, 形態, 生育のようすにより次の六つのグループに大別した。すなわち,

グループ I : タイプ 1, 2, 3, グループ II : タイプ 9, グループ III : タイプ 12, グループ IV : タイプ 6, 8, 10, 11, グループ V : タイプ 4, グループ VI : タイプ 5, 7, である。

さび病菌の科について, 現在 Melampsoraceae, Pucciniaceae の2科が多くの研究者により採用されている。(DIETEL, 1928; ARTHUR, 1934; BESSEY, 1950; HIRATSUKA, 1955, ほか)。また, GAEMANN (1949) は Pucciniastraceae, Cronartiaceae, Chrysomyxaceae, Coleosporiaceae, Melampsoraceae, Pucciniaceae の5科に, WILSON and HENDERSON (1966) は Coleosporiaceae, Melampsoraceae, Pucciniaceae の3科に分類した。これらはいずれも冬孢子世代の特徴に重きを置いたものである。しかし精子器世代についても重要視すべきであるとの観点より1983年 CUMMINS and Y. HIRATSUKA は科を14科に分類し公表した(第1表)。

以上, さび病菌の精子器について最近の話題を紹介したが, さび病菌の分類には冬孢子世代のみでなく精子器世代についても分類に加味すべきであることより CUMMINS and Y. HIRATSUKA が精子器の形質をさび病菌の分類に導入したことは, 従来のさび病菌の分類方式に再検討への大きな示唆を与えたものである。

なお, さび病菌夏孢子堆の形態については KENNEY (1970)の研究がある。同氏はさび病菌65属112種の夏孢子堆の徒手切片を作製し比較形態学的検討を行い, 付属物, 護膜, 糸状体などの有無, 形態, 夏孢子堆および夏孢子的形成状態などを詳細に観察研究し14のタイプに類別した。これら夏孢子世代に関する研究は非常に少なく, さらに今後の研究が期待される。

さび病菌はすでに述べたように繁殖器官として異なった孢子型を持つことより, すべての孢子型を詳細に観察することが大変重要なことである。スノキ属植物に寄生する *Thekopsora* 属菌において夏孢子, 冬孢子では形態的差異がほとんどないが, 同菌のさび孢子世代の寄主植物であるツガ, コメツガ上のさび孢子堆, さび孢子はまったく異なった形態を持つこともある(平塚・佐藤, 1979)。したがって, さび病菌の種の検討については, 多くの材料を基にし, 各孢子型について詳細な観察を行い, さび病菌の種を同定することが大変肝要である。

III 人工培地上に形成された各種器官

絶対寄生菌として取り扱われてきたさび病菌類は, 1951年の HOTSON and CUTTER, WILLIAMS et al. の研究以来人工培地上での生育が数多くの研究者により報告されてきた。勝屋ら(1978)はエンバク冠さび病菌(*Puccinia coronata* f. sp. *avenae*)およびコムギ赤さび病菌(*P. recondita* f. sp. *tritici*)の人工培養に関する研究について, 両菌のコロニーを培地上に形成させた。夏孢子堆を培地上に接種約1.5~2か月後にコロニーの一部は白色から褐色に変化した。この変色した部分に子座の形成を認め, 子座の一部に夏孢子および冬孢子様の器官を観察している。培地上に形成されたコムギ赤さび病菌の冬孢子様器官は, 寄主植物上の冬孢子と形態的に類似していたが, エンバク冠さび病菌の培地上に形成された冬孢子様器官は, 寄主植物に形成される冬孢子とは形態的に異なり, エンバク冠さび病菌の特徴である冬孢子的先端の角状突起が観察されなかった。このことは, 冬孢子的先端の角状突起は人工培地上で培養した場合, 寄主植物上に形成される冬孢子和形態的に異なる可能性を示唆した。さらに, 安藤・勝屋(1979)はコムギ赤さび病菌を人工培地上で培養中, 培地上に静置した夏孢子感染コムギ葉上に二つの異なった夏孢子堆を観察した。一つは寄主植物であるコムギ上で形成される本菌の夏孢子堆と同一であるが, 他は棒状および頭状糸状体のある夏孢子堆であった。さらに培養を続け, 培地上に形成されたコロニー内の夏孢子形成子座内にも糸状体様器官を観察している。また, 培地上に形成したコロニー内に無色の夏孢子, 長だ円形夏孢子, 3室の冬孢子, 両性孢子など通常寄主植物上では観察されない孢子の形成を認めた。コムギ赤さび病菌は従来, 夏孢子堆内には, 糸状体, 両性孢子が未確認であったが, 人工培養中両者が形成したことは, エンバク冠さび病菌の人工培養中に形成した冬孢子様器官に角状突起が認められなかったこととともに, 今後さび病菌研究に考慮の必要性を示唆している。1982年安藤・

第1表 サビキン目の科と属

科名	属名	精子器タイプ	精子器グループ
Pucciniastraceae (ARTH.) GÆUMANN	<i>Hyalopsora, Melampsorella, Melampsoridium, Milesina, Pucciniastrum, Uredinopsis</i>	1, 2, 3	I
Coleosporiaceae DIETEL	<i>Chrysomyxa, Coleosporium</i>	2	I
Cronartiaceae DIETEL	<i>Cronartium, Endocronartium</i>	9	II
Micronegeriaceae CUMM. and Y. HIRAT.	<i>Mikronegeria</i>	12	III
Melamporaceae SCHROETER	<i>Melampsora</i>	2 または 3	I
Phakopsoraceae (ARTH.) CUMM. and Y. HIRAT.	<i>Arthuria, Cerotelium, Crossopsora, Dasturella, Nothoravenelia, Phakopsora, Phragmidiella, Physopella, Pucciniostele, Uredopeltis, Monosporidium</i>	5, 7	VI
Chaconiaceae CUMM. and Y. HIRAT.	<i>Achrotelium, Aplopsora, Botryorhiza, Ceropsora, Chaconia, Chrysocelis, Goplana, Maravalia, Ochropsora, Olivea</i>	5, 7	VI
Uropyxidaceae (ARTH.) CUMM. and Y. HIRAT.	<i>Dasyspora, Didymopsorella, Dipyxis, Macrurpyxis, Newinia, Phragmopyxis, Porotenus, Prospodium, Sorataea, Tranzschelia, Uropyxis</i>	5, 7	VI
Pileolariaceae (ARTH.) CUMM. and Y. HIRAT.	<i>Atelocauda, Pileolaria, Uromycladium</i>	5, 7	VI
Raveneliaceae (ARTH.) LEPPIK	<i>Anthomyces, Anthomycetella, Apra, Cystomyces, Diabole, Dicheirinia, Diorchidiella, Diorchidium, Kernkampella, Lipocystis, Ravenelia, Sphenospora, Spumula, Ypsilospora</i>	5, 7	VI
Phragmidiaceae CORDA	<i>Arthuriomyces, Frommeëlla, Gerwasia, Hamaspora, Joerstadia, Kuehneola, Phragmidium, Trachyspora, Xenodoctus, Gymnoconia</i>	6, 8, 10, 11	IV
Sphaerophragmiaceae CUMM. and Y. HIRAT.	<i>Cumminsina, Hapalophragmium, Nysopsora, Sphaerophragmium, Triphragmiopsis, Triphragmium</i>	5, 7, (11)	(IV) VI
Pucciniaceae CHEVALIER	<i>Chrysellia, Chrysocyclus, Chrysoptora, Cleptomycetes, Corbulopsora, Cumminsella, Gymnosporangium, Kernella, Miyagia, Polioma, Puccinia, Stereostatum, Uromyces, Zaghouania, Endophyllum</i>	4	V
Puccinosiraceae (DIET.) CUMM. et Y. HIRAT.	<i>Alveolaria, Baeodromus, Chardonella, Cionothrix, Didymopsora, Dietelia, Puccinosira, Trichopsora</i>	4	V

注 CUMMINS, G. B. and Y. HIRATSUKA, 1983 より

勝屋はさらにエンバク冠さび病菌の人工培養における孢子形成に関する研究において、感染エンバク葉片を人工培地上に静置し、エンバク葉組織内菌糸に由来する白色の腐生生長コロニーを得、これを培養中、コロニー生長を停止し淡褐色化したコロニー上に2細胞で先端が厚膜化した冬孢子を観察し、先端に“crown”と思われる突起の存在を認めている。また近年、ヤナギ属植物に寄

生する *Melampsora* 属菌の人工培養に関する研究において、培地上に形成された夏孢子は種類により形、被膜の厚さ、大きさの範囲が寄主植物上と比較して異なることを報告した (YAMAOKA and KATSUYA, 1982, 83)。

一方、1981年 TETSUKA and KATSUYA によりナンシ赤星病菌 (*Gymnosporangium asiaticum* MIYABE ex YAMADA) の単一担子孢子由来の精子器を有するナンシ罹病葉

を表面殺菌後、培地上に静置し、20°C、無照明下で組織培養した結果形成されたカルス上に菌糸生長および精子器の形成を認めた。この精子器は形態的に2型あり、一つは寄主植物上に形成される扁球形と同じで、他の一つは平板型の精子器である。この型はナン赤星病菌寄主植物葉上では今日まで観察されていないものである。

以上最近のさび病菌の人工培養に関する研究において、各種さび病菌の培養コロニー内に寄主植物上で観察されていない形態の胞子や糸状体様器官が混在して形成されていることが報告されている。このようなことは人工培養に関する研究において初めて明らかにされたもので、さび病菌の分類に検討を加えるとき非常に大きな課題を提供したものである。さび病菌は、従来人工培地上での生育が可能でなかったため、寄主植物体上に形成されるさび病菌の冬胞子堆の寄主植物体内形成部位、冬胞子の細胞数、担子のうの形成法などの特徴は科や属の分類基準として用いられ、さらに冬胞子、夏胞子の大きさ、形、色、夏胞子堆内の糸状体、両性胞子、口縁護膜細胞の有無および形態などは種の分類上重要な形質とされている。コムギ赤さび病菌の人工培地上コロニー内に冬胞子が2室のほかに1室または3室が観察されたが、同様なことがキクの白さび病菌 (*Puccinia horiana* HENNINGS) のキクカルス組織上における生長でも報告されている (ANDO et al., 1979)。コムギ赤さび病菌、キク白さび病菌は *Puccinia* 属菌であり、冬胞子は2室とされている。また、コロニー内に形成した夏胞子の被膜の色、大きさ、形などは寄主植物上での形質より幅広い差異を示した。また、コムギ赤さび病菌は寄主植物上では両性胞子と夏胞子堆内での糸状体とを形成した報告はないが、培養コロニー内に両性胞子の形成、夏胞子堆内での糸状体の出現を観察した。これらのことは、さび病菌類の分類に用いられてきた形質が、生育する基質とその他の環境条件により変化を示すことをうかがわせる。さび病菌類の分類において安定した形質が分類基準として用いられるべきであり、不安定な形質は用いられるべきではないと考える。安定した形質を探し求めることは困難であるが、今後現在まで寄主植物上でのさび病菌の諸形質と人工培地上に形成された諸器官の形質との関連性についての諸問題を解決することは、さび病菌の性質をより理解し、系統分類の確立に近づくものと思われる。

IV 胞子形成様式

さび病菌の胞子形成様式については、寄主植物上において1926年 Mossの研究がある。彼は *Pucciniastreae* 亜科の夏胞子形成過程を観察し有柄であるとし、Hug-

HES(1970)もまた有柄であるとした。一般にさび病菌の夏胞子は有柄であるとしたが、McGINNIS (1977)は *Hyalopsora polypodii* の夏胞子形成について一般には有柄であるが無柄のこともあるとした。

人工培地上のコロニー内における胞子形成については BOSE and SHAW (1971) の報告がある。同氏らはコムギ黒さび病菌夏胞子の形成について研究し柄上に形成すると述べている。ANDO and KATSUYA (1981) はコムギ赤さび病菌夏胞子の形成様式について、二つの胞子形成様式があることを明らかにした。一つは有柄型で菌糸先端が分化し胞子形成細胞より伸びた柄上に単生する場合であり、もう一つは胞子形成細胞より柄を生ずることなく直接形成する無柄型である。

さび病菌胞子の形成機構に関する研究は非常に少ないが、Hyphomycetesなどの分生子形成機構に基づく分類体系の確立などのこともあり、さび病菌類においても今後胞子形成機構についてさらに研究をする必要がある。

V 寄生関係と生活環

さび病菌は寄生特異性の強い菌類であるが、同一植物に複数の種類が寄生することもあり、よく調べないと混同することがある。例えば近年 SATO, T. and KAKISHIMA (1980) はオカトラノオに寄生するさび病菌について研究し、同一植物上に銹子腔型胞子堆を形成するさび病菌が、一つは *Puccinia dieteliana* であり、一つは *Puccinia miscanthi* であるが、*P. dieteliana* はオカトラノオ上に銹子腔のほか銹子腔夏胞子堆および冬胞子堆を形成する同種寄生種であり、*P. miscanthi* はオオバコ、オカトラノオ上に銹子腔を形成し、ススキ上に夏・冬胞子堆を形成する異種寄生種であることを明らかにした。これらは以前は1種と思われていたものである。このように同一植物に生活環のまったく異なった2種のさび病菌の寄生することがあり、さび病菌の生活環についても今後さらに研究を進めていくことが大切である。

以上、最近のさび病菌研究についてのいくつかの話題を紹介したが、これらは現在までに調査が比較的よく行われている地帯(北米、ヨーロッパ、日本、ニュージーランド、オーストラリア)からの種で行われたものであり、調査・研究が不十分な熱帯、亜熱帯、特に南米、東南アジア、中国大陸西南部の調査研究が進められ新しい知見がさらに得られるならば、さらにさまざまな興味ある問題が提供されると思われる。

本文を紹介するにあたり、カナダ北方森林研究所平塚保之先生、筑波大学農林学系勝屋敬三先生はじめ植物病

理学および菌学研究室の皆さんに多くの御指導御援助をいただいたことを厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) ANDO, K. and K. KATSUYA (1979) : Trans. mycol. Soc. Japan 20 : 159~165.
- 2) ——— (1979) : Can. J. Bot. 57 : 2162~2166.
- 3) ——— (1981) : Proc. Japan Acad. 57 Ser. B : 129~134.
- 4) ——— (1982) : Trans. mycol. Soc. Japan 23 : 95~100.
- 5) ANTONOPOULOS, A. A. and R. L. CHAPMAN (1976) : Bot. Gaz. 137 : 285~289.
- 6) ARTHUR, J. C. (1934) : Manual of the rust in United States and Canada, Purdue Research Foundation, Lafayette.
- 7) BESSEY, E. A. (1950) : Morphology and Taxonomy of the Fungi Blakiston Co.
- 8) BOSE, A. and M. SHAW (1971) : Can. J. Bot. 49 : 1961~1964.
- 9) CUMMINS, G. B. and Y. HIRATSUKA (1983) : Illustrated Genera of Rust Fung. (revised edition). St. Paul, Minnesota.
- 10) DIETEL, P. (1928) : Engler u. Prantl. Natürl. Pflanzenfam. II 4 : 24~28.
- 11) DODGE, B. O. (1924) : J. Agric. Res. 27 : 749~756.
- 12) HENDERSON, D. M. et al. (1972) : Pollen et spores. 14 : 17~24.
- 13) 平塚直秀 (1955) : 植物銹菌学研究, 笠井出版, 東京.
- 14) HIRATSUKA, N. (1960) : Sci. Bull. Div. Agric. Home Econ. and Engin. Univ. Ryukyus 7 : 189~314.
- 15) ——— (1965) : Trans. mycol. Soc. Japan 6 : 47~51.
- 16) ——— (1970) : Rept. Tottori Mycol. Inst. 8 : 45~51.
- 17) ——— and S. KANEKO (1975) : ibid. 12 : 1~13.
- 18) HIRATSUKA, Y. (1971) : Can. J. Bot. 49 : 371~372.
- 19) ——— and G. B. CUMMINS (1963) : Mycologia 55 : 487~507.
- 20) ——— and N. HIRATSUKA (1980) : Rept. Tottori Mycol. Inst. 18 : 257~268.
- 21) 平塚保之・佐藤昭二 (1976) : 日菌報 17 : 543~548.
- 22) HIRATSUKA, Y. and S. SATO (1982) : Morphology and taxonomy of rust fungi. In : "The Rust Fungi" Ed. K. SCOTT, Academic Press.
- 23) HOFSTEN, VON A. and L. HOLM (1968) : Grana Paly-nologica 8 : 235~251.
- 24) HOLM, L. (1966) : Sv. Bot. Tidskr. 60 : 23~32.
- 25) ——— et al. (1970) : ibid. 64 : 380~382.
- 26) ——— and L. TIBELL (1974) : ibid. 68 : 136~152.
- 27) HOTSON, H. H. and V. M. Jr. CUTTER (1951) : Proc. N. A. S. 37 : 400~403.
- 28) HUGHES, S. J. (1970) : Can. J. Bot. 48 : 2147~2157.
- 29) KATSUYA, K. et al. (1978) : Ann. Phytopath. Soc. Japan 44 (5) : 606~611.
- 30) KAKISHIMA, M. and S. SATO (1980) : Trans. mycol. Soc. Japan 21 : 35~45.
- 31) KENNEY, M. J. (1970) : Ph. D. thesis, Purdue Univ.
- 32) MCGINNIS, M. R. (1977) : Mycologia 69 : 509~513.
- 33) MOSS, E. H. (1926) : Ann. Bot. 15 : 813~841.
- 34) 佐藤昭二 (1975) : 日菌報 16 : 86~89.
- 35) SATO, T. and M. KAKISHIMA (1982) : Trans. mycol. Soc. Japan 23 : 293~300.
- 36) ——— and S. SATO (1982) : ibid. 23 : 51~63.
- 37) ——— (1984) : Abstr. IMC 3, pp. 275.
- 38) SATO, S. and K. KATSUYA (1979) : Trans. mycol. Soc. Japan 20 : 1~4.
- 39) SAVILE, D. B. O. (1954) : Mycologia 46 : 736~761.
- 40) ——— (1973) : Rept. Tottori Mycol. Inst. 10 : 225~241.
- 41) ——— (1976) : Ecol. Biol. 9 : 137~207.
- 42) SHAW, C. G. (1976) : Trans. Br. mycol. Soc. 67 : 506~509.
- 43) 高橋広治ら (1978) : 農事試験報 27 : 93~155.
- 44) TETSUKA, Y. et al. (1981) : Ann. Phytopath. Soc. Japan 47 : 680~684.
- 45) 山岡裕一・勝屋敬三 (1982) : 日菌学会第 26 回大会講要集, p. 63.
- 46) ——— (1983) : 日植病報 49 : 399.
- 47) YAMAOKA, Y. and K. KATSUYA (1983) : Abstr. IMC 3, p. 708.
- 48) WILLIAMS, P. G. et al. (1966) : Phytopathology 56 : 1418~1419.
- 49) WILSON, M. and D. M. HENDERSON (1966) : British Rust Fungi. Cambridge Univ. Press, London and New York.

(29 ページより続く)

ガ類・アメリカシロヒトリ・ミノガ類(若令幼虫) : 30日3回, かんきつ : アブラムシ類・ハマキムシ類・サンホーゼカイガラムシ・スリップス類・カメムシ類・カナタタキ・ミカンツボミタマバエ・ケンキスイ類・コアオハナムグリ : 14 日前, ぶどう : アブラムシ類・フタテンヒメヨコバイ・ブドウスカンパ・ブドウトリバ・ハマキムシ類・ブドウトラカミキリ・クワコナカイガラムシ : 21 日2回, おうとう : アブラムシ類・ハマキムシ類・ナシグンバイムシ・アメリカシロヒトリ : 14 日2回, びわ : アブラムシ類 : 3 日前, うめ : アブラムシ類・アメリカシロヒトリ・ハマキムシ類 : 21 日2回, いちご(露地) : アブラムシ類 : 7 日4回, セルリー : アブラムシ類 : 14 日2回, ほうれんそう : アブラムシ類 : 21 日2回, ねぎ : アブラムシ類・スリップス類 : 14 日2回, たまねぎ : アブラムシ類・スリップス類 : 21 日2回, トマト : アブラムシ類・テントウムシダマシ類 : 7 日3回, 茶 : コカクモンハマキ・チャノホソガ : 摘採 20 日前まで2回,

一般樹木 : アメリカシロヒトリ, マメ科・イネ科牧草 : ヨコバイ類・アブラムシ類・ウンカ類・ウリハムシモドキ, ばら・きく : アブラムシ類, つつじ : グンバイムシ類, カーネーション : スリップス類, 芝 : コガネムシ類・シバトコガ・スジキヨトウ

レスメトリン・MEP エアゾル

レスメトリン 0.13%, MEP 0.50%

サンキングR (59. 4. 9)

15758(キング化学)

樹木 : モンクロジャチホコ・マツカレハ(マツケムシ)・オビカレハ・アメリカシロヒトリ・ウメケムシ : 噴射

『殺菌剤』

メタスルホカルブ粉剤 [NK-191]

メタスルホカルブ 10.0%

カヤベスト粉剤 10 (59. 4. 9)

15743(日本化薬)

水稻(箱育苗) : 苗立枯病 (リゾープス菌・フザリウム菌) (48 ページへ続く)

農薬に関する GLP 制度

—農薬の毒性試験の適正実施に関する基準—

農林水産省農蚕園芸局植物防疫課 ^{なが} ^お ^{ゆう} ^{いち} ^{ろう}
長 尾 雄 一 郎

はじめに

近年の農業行政における主要な課題の一つに GLP 制度の導入がある。GLP とは Good Laboratory Practice の頭文字をとったものであって、「試験の適正実施に関する基準」と和訳されている（和訳は少々長いので、以下 GLP と略する）。本制度のねらいは、以下詳述するように毒性試験成績の信頼性確保にある。例えば農薬の効き目というような話題は、効き目が目につきやすいこともあり、また本誌の主要なテーマでもあって、読者諸賢のもっともなじみとする分野であろう。他方農薬の毒性面はきわめて重要であるもののなじみが薄い分野であって、そのため GLP 制度にとつきにくい印象を持たれる読者もおられるかと思う。本稿では本制度につき紹介の意味を込めその概要について述べることにする。

I 農薬の安全性評価とは

農薬は、病虫害防除や雑草防除のため意図して農作物に散布されるものである。さらに近年開発された農薬の中には、特定の病虫害に対して選択的な作用特性を有するものが多くなっているとはいえ、農薬が本質的に生理活性物質である以上、病虫害、雑草以外の他の生物種に対して何ら作用がないといいきることはできない。これらのことを踏まえて、農薬については他の化学物質以上に厳しい安全性評価が要請されている。

農薬の安全性評価には、残留農薬にかかわるもの、農薬使用時にかかわるもの、および環境保全にかかわるものがあるが、いずれの安全性評価においても、その基本的な考えかたは同じである。すなわち安全性評価とは、どのくらいの量の農薬を摂取、ないしどのくらいの量の農薬に曝露されると、どのような内容の毒作用が発現してくるのかをまず明確化し、この明確化された知見を踏まえ安全性確保のために講ずべき方策をきちんと定立することをいう。

このような安全性評価を行うためには、その基礎として実験動物を用いた毒性試験成績が欠かせない。これらの試験成績からどのくらいの量の農薬でどのような内容

の毒作用が発現するかを明確化するのである。（最大無作用量、最小中毒量が確定できない毒性試験は失敗だといわれるゆえんがここにある）。

現在、農薬の登録申請時に毒性試験成績の提出が義務づけられているが、どのような種類の毒性試験を提出しなければならないのか、またそれぞれの種類の試験についてどのような内容の検査等を実施しなければならないのか（例えばどのくらいの頻度で血液学的検査を行うかなど）を規定したものが、いわゆる毒性試験のガイドラインである。農薬については、少なくとも次のような毒性試験成績が提出されている。

急性経口毒性試験、急性経皮毒性試験、眼一次刺激性試験、皮膚一次刺激性試験、皮膚感作性試験、（急性遅発性神経毒性試験）、（急性吸入毒性試験）、亜急性経口毒性試験、（亜急性経皮毒性試験）、（亜急性吸入毒性試験）、（亜急性遅発性神経毒性試験）、慢性毒性試験、発がん性試験、繁殖試験、催奇形性試験、変異原性試験、生体内運命試験、生体の機能に及ぼす影響に関する試験

（注：（ ）は農薬により、またその用途に応じて当該試験成績の提出を義務づけている。）

これらの膨大な量の試験成績から得られた各種の知見を総合したうえで、安全性確保の観点から適正な農薬の使用方法を定めているわけである。なお、安全性評価にあたっては、上記の試験成績のほか作物残留性試験成績、土壌残留性試験成績、魚介類に及ぼす影響に関する試験成績等が欠かせないものであることはいうまでもないが、以下本稿においては動物を用いた毒性試験成績に論点を絞っていきたい。

II データの信頼性とは

I では、安全性評価が行われるには、その基礎として、各種の試験成績（以下「データ」という）が欠かせないことが述べられた。しかしながら、さらに的確な安全性評価が行われるには、その大前提として当該データが信頼性の確保されたものでなければならないことをここで指摘しなければならない。この信頼性の確保には、試験における各種の作業が適正に行われていないために、例えば検査結果の記載ミスのような小さなものから、実験動物の取り扱いにおける混同、動物に投与する

Good Laboratory Practice System for Toxicological Tests on Agricultural Chemicals. By Yuichiro NAGAO

被験物質の取り扱いにおける混同のような許容しがたい事態がいっさい発生することのないことをいう。信頼性に瑕疵のあるデータでもって、いくら毒性学等の専門家の英知を結集し安全性評価を行っても、当該評価は偏りのあるものになってしまい、場合によっては無効なものになることもありうる。

III GLP 制度のねらい

このように、データの信頼性は、的確な安全性評価のためのヴァイタルポイントともいうべききわめて重要不可欠な前提であるが、このデータの信頼性確保のための手段として、GLP 制度がきわめて有効である。従来、データの信頼性は、試験を実施する試験担当者の実験者としての基本的姿勢や常識によっていたところ、本制度により、より客観的な基準に基づきデータの信頼性を確保することができるようになった。すなわち、

①試験機関内における試験の実施のありかたに関する基準の明確化とその遵守

②試験機関内に監査部門を設け当該基準への遵守性を自己監査すること

③監督官庁による立入検査

により、データの信頼性を確保しようというものである。

IV GLP 制度を巡る経過

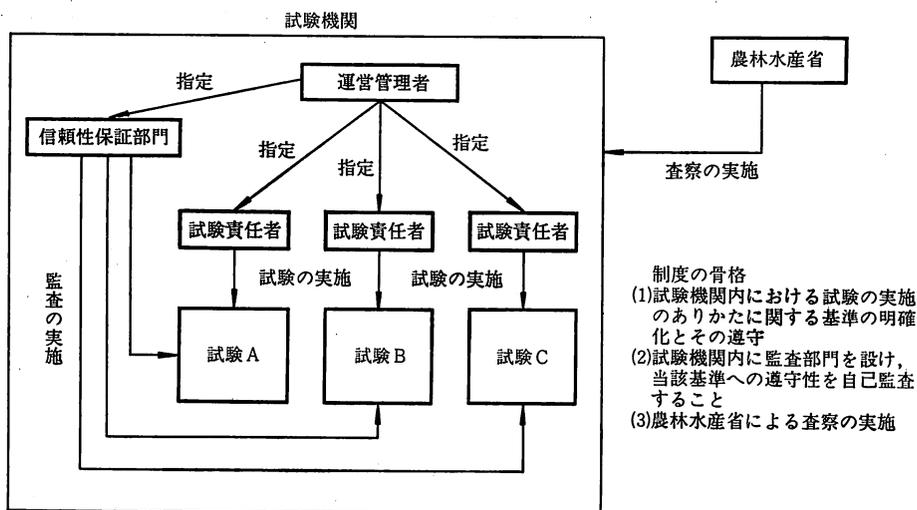
アメリカ FDA は、1978 年 12 月 22 日、医薬品を対象とする GLP を公示し、このものは 1979 年 6 月 20 日から発効となった(米国官報 43 FR 59986)。この

FDA の動きに刺激され、わが国も含め各国において GLP 導入の気運が強まった。ところで、データの信頼性確保という本制度のねらいの中に内在する次のような反射的利益が世界各国において強く認識されてきた。各国ともデータの信頼性確保という視点から、試験実施主体に関する要件を明示化の程度の差はあるにしても定めており、当該要件が各国で異なっていたため、一国で受け入れられたデータが他国では拒否されるという事態が現実にあった。GLP 制度は、客観的な基準に基づきデータの信頼性を確保するものであるため、本制度で信頼性が担保されたものである限りにおいて、当該データが安全性評価のためのデータとして、広範な世界各国で受け入れられる途が開かれてきた。これは、化学物質の国際貿易の促進に資するものであって、また毒性試験の重複実施を避けることができるという意味において経済的な視点からも有益なことであり、OECD (経済協力開発機構) は、この可能性を追求して世界各国の GLP に国際的な共通性を持たせるための原則を定めた(1981 年 5 月 12 日 OECD 理事会決定)。

農業については、特にその開発がますます困難になっていること、優秀な農薬を国際的に広く導入し各国農業生産の発展に資する必要があることなどから、本制度を導入し、データの国際流通力を増進させるとともに、各国当局による的確な安全性評価の実施が強く要請されてきた。このような背景の中で、わが国としても農業の安全性評価をよりの確に実施するため、本制度導入の検討を進めてきた。具体的には昭和 55 年度から財団法人残留農薬研究所において広範にわたる国内の毒性試験機関

第 1 表 現在までの主たる GLP 一覧表

国	日 本	外 国			
		ア メ リ カ	西 ド イ ツ	O E C D	
主 務 官 庁	厚 生 省	F D A	E P A	青年・家族・保健省 (環境委員会)	
適 用 対 象	医薬品を対象とする GLP	医薬品を対象とする GLP	農薬を対象とする GLP	化学品(農・医薬を含む)を対象とする GLP	化学物質一般を対象とする GLP
公 示 日	昭和57年(1982)3月31日 (薬発第313号)	1978年12月22日 (連邦官報 43 FR 59986)	1983年11月29日 (連邦官報 48 FR 53946)	1983年3月2日 (ドイツ連邦公報 第42号)	1981年5月12日 理事会決定 (C(81)30(Final))
実 施 日	昭和58年(1983)4月1日	1979年6月20日	未 定	1983年2月4日	—
規 制 の 性 格	薬事法施行規則第18条第2項に根拠を置くガイドライン	連邦食品医薬品化粧品法に根拠を置く連邦規制(21 CFR Part 58)	連邦殺虫剤殺菌剤殺そ剤法に根拠を置く連邦規制(40 CFR Part 160)	連邦政府公告	加盟各国への勧告



第1図 農業にかかわる GLP 制度の構成

等に対し実態調査を行い、これらの実態等を踏まえ農薬の GLP 制度のありかたについて検討してきた。なお、第1表に農薬をも含めた各種化学品にかかわる GLP 導入の国際的な状況を示した。

V GLP 制度の構成

第1図に農業にかかわる GLP 制度の構成を示した。これは農薬に限らず、医薬品や一般化学品等の GLP についても共通している。

1 試験機関内における試験の実施のありかたに関する基準 (GLP 基準) について

次の各項目につき、そのありかたについて GLP 基準として規定することになる。

- ①職員および組織
- ②施設
- ③機器
- ④操作 (標準操作手順書)
- ⑤被験物質および対照物質
- ⑥試験計画書および試験の実施
- ⑦報告および記録

このことからわかるように、GLP 基準は試験実施に関するソフト面およびハード面にわたって規定するものであり、具体的には②の施設および③の機器がハード面にかかわる基準であり、それ以外の①、④から⑦がソフト面にかかわる基準である。

このうちハード面の基準については、試験機関により、例えば建物設計が千差万別であることから詳細にわたる一律的な規定は不適切であり、むしろ各試験機関に

おける適正な試験実施を旨とする創意くふうを図ることができるよう、弾力的かつ抽象的な規定にとどめている。

ソフト面にかかわる基準が GLP 基準の最大の眼目であり、例えば④の標準操作手順書とは、いわゆるマニュアル書であって、データの信頼性を保証するのに十分かつ適切な程度に個別操作を具体的に記載した文書をいう。このような文書が必ず作業現場に利用されやすいように設置され、かつ実験者は一律にこれに従うことが義務づけられる。また⑥の「被験物質および対照物質」では、これらの物質の品質が劣化しないよう、これらの物質の取り扱いにおいて混同が生じないよう等、各種の視点から詳細にわたる規定がなされている。

①の「職員および組織」により、本制度のもっとも特徴的な部分である人的組織機構について規定される。

2 人的組織機構について

GLP 基準においては、信頼性のあるデータの作成にかかわる責任の所在が明確化できるような人的組織機構を、各試験機関において整備することを求めている。しかも当該責任の所在を一層鮮明にするため、責任を一点に集中させることを求めている。具体的には各試験機関にひとりの運営管理者、各試験ごとにひとりの試験責任者の設置を義務づけている。

(1) 運営管理者

運営管理者は、試験機関全般の管理運営の責任者であって、また対外的に一切の責任を負う者である。

(2) 試験責任者

運営管理者が各試験ごとに指定した者であって、試験管理の中心となり、試験の技術的な指導、結果の解析お

よび解釈、ならびに試験の記録および報告に関する全般的な責任者である。

試験責任者は、試験計画書および標準操作手順書に従うことをはじめとして、GLP 基準を遵守してその担当にかかわる試験を実施しなければならない。この遵守性が確保されている限りにおいて当該試験データの信頼性には問題がないはずであるが、この遵守性を担保するものとして設置しなければならないのが信頼性保証部門である。

(3) 信頼性保証部門

運営管理者が各試験ごとに指定した者であって、進行中の試験について定期的に検閲し、試験が GLP 基準に従って行われていることを確認し、必要に応じて問題点を指摘することを主たる任務とする。また最終報告書を検閲し、試験の方法が正確に記載され、かつ試験結果が生データを正確に反映していることを確認することも重要な任務である。このような任務の性格上、信頼性保証部門は当該試験に従事する職員以外の者の中から指定されることが必要である。また責任関係については、信頼性保証部門は、その業務遂行上の責任を運営管理者に対して負うことと明確化してある。

この信頼性保証部門による一般職員の試験の実施ぶりに対する監視という考えかたは、日本ではなかなか生じにくい考えかたであったかもしれないが、例えば製造工場内におかれる品質管理部門とのアナロジーで信頼性保証部門の位置づけをとらえると、受け入れられやすくなるものと考ええる。

3 農林水産省による査察について

以上、GLP 制度の試験機関サイドについて論じてきたが、農林水産省による査察があって本制度は完結した

ものとなる。この査察は、試験機関が GLP 基準の要請する機能を十分に有しているか、またその機能が現実には果たされているかということを確認するためのものである。当該査察の結果、試験データの信頼性に瑕疵のあることが見いだされた場合には、当該データを登録用のデータとして使用することはできない。

VI 今後の課題

GLP 制度の運用を円滑に進めるためには、当面次の課題が解決されなければならない。

1 外国への査察について

本制度導入のねらいの一つとして、データの国際流通力の増進ということがあるが、外国データを受け入れるためには当該外国試験機関への査察が欠かせない。わが国当局による外国への査察の実施にはしかるべき体制の整備が必要であり、また何よりも遠隔地にあることから人的にも財的にも多大の負担が生じることは避けられない。これらのことを踏まえて、わが国および外国との間に査察に関する双務協定締結への可能性を追求する必要がある。なお、厚生省の医薬品に関する GLP 制度については、わが国とアメリカ、イギリス等の間でこの種の協定がすでに締結されている。この協定のねらいは、相手国に対しその主権下にある試験機関への査察を要請することにより、徹底したかつ機動力のある査察を確保することにある。

2 経過措置について

GLP 制度の導入は、試験実施主体にかかわる要件に大きな変更をもたらすものであるため、現場に無用の混乱をきたすことのないよう経過措置に大きな配慮を加える必要があるのはいうまでもない。

次 号 予 告

次7月号は下記原稿を掲載する予定です。

ラッカセイそうか病の発生生態と防除 長井 雄治
 ニカメイガの多発と少発の要因 杉浦 哲也
 ビワにおける灰色かび病の発生 森田 昭
 カキクダアザミウマの生態・被害と防除対策 逸見 尚・橋本修二
 抗植物ウイルス剤の実用性と研究の現状 下村 徹
 ハダニ類の薬剤抵抗性 桑原 雅彦
 植物防疫研究への核磁気共鳴の利用—現状と将来— 吉田 充

アワヨトウ成虫の行列移動の観察 川谷正次郎
 都道府県の植物防疫体制とその活動
 岩手県：果樹共同防除組織と密着した病虫害発生
 予察法の試み 及川 良直
 群馬県：統合病虫害防除所における病虫害発生予
 察と防除活動の現況 木暮 幹夫
 植物防疫基礎講座
 植物病原細菌同定のための細菌学的性質の調べか
 た(1) 後藤正夫・瀧川雄一
 定期購読者以外の申込みは至急前金で本会へ
 定価 1部 500円 送料 50円

(43 ページより続く)

ピシウム菌・トリコデルマ菌)・根の生育促進・移植時の発根及び活着促進・ムレ苗防止: 播種前1回床土混和

銅・カスガマイシン水和剤

銅として 45.0%, カスガマイシンとして 5.0%
 カッパーシン水和剤 (59. 4. 9)

15744 (明治製菓)

きゅうり: 斑点細菌病・うどんこ病・べと病: 前日まで5回, トマト: 葉かび病・輪紋病・疫病: 前日まで5回, てんさい: 褐斑病: 30日5回, かんきつ: かいよう病: 7日5回

『除草剤』

プレチラクロール粒剤 [CG-113]

プレチラクロール 2.0%

ソルネット粒剤 (59. 4. 9)

15732 (日本チバガイギー), 15733 (クミアイ化学工業),
 15734 (武田薬品工業)

移植水稻: 水田一年生雑草及びマツバイ・ホタルイ・ヘラオモダカ・ミズガヤツリ: 移植直後~移植後10日〔九州・南四国の暖地を除く全域の普通期及び早期栽培地帯〕, 水田一年生雑草及びマツバイ・ホタルイ・ミズガヤツリ: 移植直後~移植後7日〔九州・南四国の暖地の普通期及び早期栽培地帯〕

ナプロアニリド・プレチラクロール粒剤 [MT-CG①]

ナプロアニリド 7.0%, プレチラクロール 2.0%

ヨートル粒剤 (59. 4. 9)

15735 (武田薬品工業), 15736 (三井東圧化学), 15737 (日本チバガイギー)

移植水稻: 水田一年生雑草及びマツバイ・ホルタイ・ヘラオモダカ・ウリカワ・ミズガヤツリ: 移植後3~10日〔九州・南四国の暖地を除く全域の普通期及び早期栽培地帯〕; 移植後3~7日〔九州・南四国の暖地の普通期及び早期栽培地帯〕

ピラゾレート・プレチラクロール粒剤 [CG-SW①]

ピラゾレート 6.0%, プレチラクロール 1.5%

クサホープ粒剤 (59. 4. 9)

15738 (三共), 15739 (北海三共), 15740 (九州三共),
 15741 (日本チバガイギー), 15742 (クミアイ化学工業)

移植水稻: 水田一年生雑草及びマツバイ・ホタルイ・ウリカワ・ヘラオモダカ・ミズガヤツリ・ヒルムシロ: 移植直後~移植後10日〔近畿以西の普通期を除く全域の普通期及び早期栽培地帯〕; 移植直後~移植後7

日〔近畿以西の普通期栽培地帯〕

プロマシル・DCMU 水和剤

プロマシル 40.0%, DCMU 40.0%

ハイバー KD (59. 4. 9)

15747 (デュポン・ジャパン)

温州みかん: 畑地一年生雑草及び多年生雑草: 雑草発生前~生育期 (草丈 50 cm まで), 公園・庭園・堤とう・駐車場・道路・運動場・宅地等: 一年生雑草: 雑草発生前~生育期; 多年生雑草: 雑草生育初期~中期

トリクロピル液剤

トリクロピル 0.50%

ザイトロンアミンスプレー液剤 (59. 4. 9)

15748 (保土谷化学工業)

日本芝 (こうらいしば・のしば): 公園・庭園・堤とう・駐車場・道路・運動場・宅地・のり面等: 1年生及び多年生広葉雑草: 雑草生育期

アシュラム・DPA 水溶剤

アシュラム 15.0%, DPA 45.0%

ロレボックス水溶剤 (59. 4. 9)

15755 (ローズ・プーラン・ジャパン), 15756 (石原産業),
 15757 (塩野義製薬)

鉄道・公園・庭園・堤とう・駐車場・運動場・宅地・道路・のり面等: 1年生雑草: 雑草発生前~生育期; 多年生広葉雑草・多年生イネ科雑草: 生育初期 (草丈 50 cm 以下)

人事消息

高橋慶一氏 (岩手県園芸試験場長) は同県農業試験場長に

千葉明氏 (同上県農業試験場環境部長) は同上県園芸試験場長に

白旗秀雄氏 (同上部土壤改良課長) は同部長兼土壤改良課長に

古沢典夫氏 (同上県農業試験場長) は同県農業短期大学校副校長に

高橋重郎氏 (宮城県古川農業試験場長) は同県農業センター長に

佐藤昭介氏 (同上県築館農林事務所長) は同県古川農業試験場長に

黒沢謙氏 (同上県農業試験場長) は退職 (3月31日付)

若松幸雄氏 (山形県酒田農業改良普及所長) は同県農業試験場長に

梅本俊成氏 (同上県砂丘地農業試験場副場長) は同場長に

植物防疫

昭和 59 年

6 月号

(毎月 1 回 1 日発行)

— 禁 転 載 —

第 38 巻 昭和 59 年 5 月 25 日印刷

第 6 号 昭和 59 年 6 月 1 日発行

編集人 植物防疫編集委員会

発行人 遠藤武雄

印刷所 株式会社 双文社印刷所

東京都板橋区旗野町 13-11

定価 500 円 送料 50 円 1 か年 6,150 円 (送料共概算)

— 発行所 —

東京都豊島区駒込 1 丁目 43 番 11 号 郵便番号 170

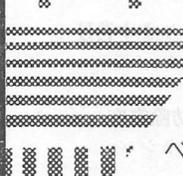
社団法人 日本植物防疫協会

電話 東京 (03) 944-1561~6番

振替 東京 1-177867 番



果樹・野菜の
病害防除に **トップジンM** 水和剤



灰色かび病・
菌核病の防除に **日曹ロニオン** 水和剤

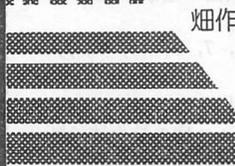
大豆の諸害虫・紫斑
病の同時防除に

日曹スミトップM 粉剤

増収を約束する
日曹の農薬



果樹・野菜の
害虫防除に **ホスピット75** 乳剤



畑作イネ科雑草の
除草に **クサガード** 水溶剤

りんごの収穫前
落果防止に **ビーナイン** 水溶剤



日本曹達株式会社

本社 〒100 東京都千代田区大手町2-2-1
支店 〒541 大阪市東区北浜2-90
営業所 札幌・仙台・信越・名古屋・福岡・四国・高岡

いもち病・白葉枯病・粃枯細菌病に…

サッとひとまき強い力がなが〜くつづく

オリゼメート粒剤



- 抜群の防除効果を発揮する
- 根からすみやかに吸収され、
長期間(約45日)効果が持続する。
- 1回の散布で通常の散布剤の2~
3回分の効果に匹敵する。



明治製薬株式会社
104東京都中央区京橋2-4-16

雑誌「植物防疫」バックナンバーのお知らせ

月の後は特集号の題名、価額は各1部（送料とも）の値段

購読者各位よりたびたびバックナンバーのお問い合わせがありますので、現在在庫しております巻号をお知らせいたします。欠号をこの機会にお取り揃え下さい。

13 巻 (34 年) 4 月 105円	5 月：カンキツの病害虫	8 月：害虫の要防除密度
14 巻 (35 年) 6, 7, 9, 10, 12 月 105円	25 巻 (46 年) 1, 2, 4, 6, 7, 9, 10, 12 月 225円	10 月：マイコトキシン
15 巻 (36 年) 11, 12 月 125円	11 月 245円	33 巻 (54 年) 1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 12 月 445円
11 月：植物検疫	11 月：沖縄の病害虫	3, 5, 8, 10 月 495円
16 巻 (37 年) 1~12 月 125円	26 巻 (47 年) 2, 4, 6, 7, 9, 11, 12 月 225円	3 月：畑作物の病害虫
1 月：新農薬	27 巻 (48 年) 2, 4, 5, 7, 9, 11, 12 月 225円	5 月：ウンカ・ヨコバイ類
3 月：ヘリコプタによる農薬の空中散布	8, 10 月 245円	8 月：農薬の作用機構
6 月：果樹のウイルス病	8 月：スプリンクラによる防除	10 月：糸状菌の胞子形成
10 月：農薬の作用機作	10 月：農薬残留	34 巻 (55 年) 1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 12 月 445円
17 巻 (38 年) 1~5 月 125円	28 巻 (49 年) 5, 8, 10 月 365円	3, 5, 10 月 495円
7, 12 月 145円	5 月：微生物源農薬	3 月：ウイルス病の抗血清診断
1 月：病害虫研究の展望	8 月：生体外培養	5 月：昆虫の行動制御物質
3 月：農薬空中散布の新技術	10 月：作物の耐病虫性	10 月：天敵ウイルス
4 月：土壌施薬	29 巻 (50 年) 5, 8, 10 月 365円	35 巻 (56 年) 1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 12 月 445円
7 月：省力栽培と病害虫防除	6 月 305円	3, 5, 8, 10 月 495円
18 巻 (39 年) 11, 12 月 145円	5 月：薬剤耐性菌	3 月：土壌伝染病
19 巻 (40 年) 1~6, 8~12 月 145円	8 月：緑化樹木の病害	5 月：昆虫の大量増殖
3 月：農薬の混用	10 月：種子伝染性病害	8 月：捕食性天敵
5 月：農薬の安全使用	30 巻 (51 年) 3 月 365円	10 月：疫病
10 月：果樹共同防除の実態と防除施設	5, 8 月 445円	36 巻 (57 年) 1, 2, 4~9, 11, 12 月 550円
20 巻 (41 年) 7 月 145円	3 月：線虫	3, 10 月 600円
21 巻 (42 年) 1~5, 7, 9, 11, 12 月 175円	5 月：土壌伝染性ウイルス	3 月：変色米
4 月：いもち病	8 月：農薬の環境動態	10 月：物理的防除法
22 巻 (43 年) 1, 2, 4, 7, 9, 12 月 175円	31 巻 (52 年) 3, 5, 8, 10 月 445円	37 巻 (58 年) 1, 2, 4~9, 11, 12 月 550円
23 巻 (44 年) 3 月 195円	4, 6, 7, 9, 11, 12 月 345円	3, 10 月 600円
3 月：リンゴ病害虫防除	3 月：農薬の施用技術	3 月：作物のパーティンリウム病
24 巻 (45 年) 1, 2, 4, 6, 7, 9, 10, 12 月 175円	5 月：露地野菜の病害虫	10 月：発生子察の新技術
5 月 195円	8 月：昆虫のホルモン	38 巻 (59 年) 1~12月 (年間前納) 6,000円
	10 月：果樹のウイルス病	
	32 巻 (53 年) 1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 12 月 345円	
	3, 5, 8, 10 月 445円	
	3 月：農薬の安全性	
	5 月：作物の細菌病抵抗性	

在庫僅少のものもありますので、御希望の方はお早目に振替・小為替・現金など（切手でも結構です）で直接本会へお申込み下さい。

56年1月20日よりの郵便料金改訂に伴い、本誌の郵便料金が1部45円、第36巻(57年)1月号からはページが増えたため1部50円になりました。雑誌には旧郵便料金が印刷されているものもありますが、お含みおき下さい。

イモチ病の発生予察に新しい結露計が開発されました。

自記露検知器 MH-O40型

新発売



- 霧困気(風・塵埃等)の影響を受けずに長時間安定した測定が可能。
- 稲の生育にともない、センサーの高さ、向きを自由にかえることができます。
- 小型・軽量のため、電源のない所にも簡単に設置できます。
- 記録計は入力を6点有しているため、多点測定及び結露に密接な関係をもつ他の気象因子(温度・湿度・日射量等)も同時記録することができます。

仕様

〔センサー部〕

- ・測定方式 電気伝導方式
- ・耐用期間 約6ヶ月

〔記録計部〕

- ・方式 電子平衡式記録計(6打点)
- ・記録紙 折りたたみ式 有効巾 60mm
全長 10m

- ・指示記録速度 5、10、20、40mm/h可変
- ・連続記録日数 20~24日
(指示記録速度5mm/hの場合)
- ・電源(記録計) DC12V
(センサー) DC2.7V(水銀電池)

EKO 英弘精機産業株式会社

本社/東京都渋谷区幡ヶ谷1-21-8 ☎03-469-4511-6
笹塚分室(展示室)/渋谷区笹塚2-1-11(東亜ビル1F) ☎03-376-1951
大阪/大阪市東区豊後町5(メディカルビル) ☎06-943-7588-9



Fujinの登録商標マークです。

壁040・HM 器械針露5詰自

さめ来い穂いもち、ひとヒネリだ!



穂いもち、フジワン、まぜ予防。

- 散布適期巾が広く、散布にゆとりがもてます。
- すぐれた効果が長期間(約6週間)持続します。
- 粉剤2~3回分に相当する効果を発揮します。
- 稲や他作物に薬害を起こす心配がありません。
- 人畜、魚介類に安全性が高く安心して使えます。

フジワン[®]粒剤

④は日本農薬の登録商標です。

〈本田穂いもち防除〉

使用薬量：10アール当り4kg

使用時期：出穂10~30日前(20日前を中心に)

あなたの稲を守る《フジワン》グループ

フジワン粒剤・粉剤DL・乳剤・AV
 フジワンブラエス粉剤・粉剤DL
 フジワンカヤフォス粒剤
 フジワンダイアジノン粒剤

フジワンエルサルバンバッサ粉剤・粉剤DL
 フジワンズミチオン粉剤・粉剤DL・乳剤
 フジワンズマズミ粉剤・粉剤400L
 フジワンズミバッサ粉剤500L

フジワンND粉剤・粉剤30DL
 フジワンツマサイド粉剤・粉剤DL
 フジワンバッサ粉剤DL



日本農薬株式会社

〒108 東京都中央区日本橋1-2-5 栄大樓ビル

実験以前のこ

— 農学研究序論 —

農学博士 小野小三郎著 農業技術協会発行

B 6 判 304 頁 定価 1,600 円 ㊦ 250 円

本書は、「農業技術」に延べ 32 回にわたって連載したものを一括取りまとめたものです。

国立農試で作物の病害研究に専念し、ついで企業の研究所長として新農薬創製の研究管理に当たり、さらに植物病理学会会長を務めた著者が、長い研究ならびに研究管理生活を通じて、苦しみ、悩みながら研究を進めてきた体験にもとづき、創造的研究とは何か、創造的研究の過程はどう分けられるか、各過程における問題点は何か、それらの処し方はどうすればよいかなどを整理し、提示したものです。

農学・生物学についての研究方法論としては唯一のなものであり、文献も豊富に載せられているので、これらの関係の研究者およびその方面に進まれる人達にとって貴重な指針になるばかりでなく、一般読者にとっても科

学的なもののお考え方などを知るうえに、少なからず参考になるものです。

— 主な目次 —

第一部 実験以前のこ / I 研究における創造性
II 構想への準備期 III 啓示期 IV 研究計画期 V
実験期 VI 実験周辺の諸問題

第二部 続・実験以前のこ / I 研究における個性
論 II 研究における偶然的役割 III 研究における技
術の問題 IV 研究における科学史の意義 V 研究に
おける明部と暗部

注文は農業技術協会 [㊦ 114 東京都北区西ヶ原 1-26-3
Tel 03-910-3787 振替 東京 8-176531] または最寄り
の書店経由でお願いします。

— 連作障害を抑え健康な土壌をつくる! —

花・タバコ・桑の土壌消毒剤

パスアミド

微粒剤

❖いやな刺激臭がなく、民家の近くでも安心して使えます。

❖広範囲の土壌病害、線虫に高い効果があります。

●安全性が確認された使い易い殺虫剤

❖作物の初期生育が旺盛になります。

❖粒剤なので簡単に散布できます。

●ポルドー液に混用できるダニ剤

ブデン

 乳剤

●澄んだ水が太陽の光をまねく /
水田の中期除草剤

モゲブロン

 粒剤

マリックス

 乳剤
水和剤

●ポルドーの幅広い効果に安全性がプラスされた有機銅殺菌剤

キノンドー

 水和剤80
水和剤40

兼商株式会社

東京都千代田区丸の内 2-4-1

未来を拓く 技術と創造の



農協・経済連・全農

クミカの農薬

● 稲もみがれ病・園芸・畑作難防除病害に

バンシタック[®]
粉剤DL、粉剤、水和剤75、ゾル

● 浸透持続型いもち防除剤

ビーム[®] ビームジン
粉剤DL、粉剤、水和剤 粉剤DL、粉剤、ゾル

安全性・経済性・高い信頼

● 水田除草剤

サターンS 粒剤
サターンM 粒剤
クミリードSM 粒剤

★いま、新しい結論。水田初期除草剤(新発売)

クミアイ **ソルネット** 粒剤

★確かな一発

初期水田一発処理除草剤(新発売)

クミアイ **クサホープ** 粒剤

★初期一発でも体系使用でも幅広く使える

グラノック 粒剤

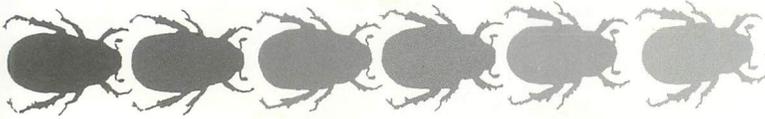
★稲に安全 一発処理剤のホープ

シルベノン 粒剤

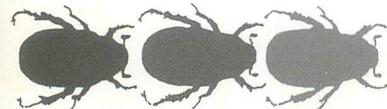
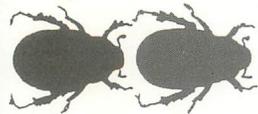
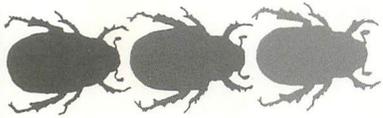
自然に学び 自然を守る



クミアイ化学工業株式会社
本社 東京都台東区池之端1-4-26 〒110 91



ほおっておけない畑のゲリラ。



広く使える土壌害虫防除剤

ダイアジン[®] 粒剤

- コガネムシ類をはじめ多くの土壌害虫にすぐれた殺虫効果を発揮します。
- 適用作物の範囲が広く、使いやすい薬剤です。
- いろいろな処理方法で使えます。
- 土壌中の残留が少なく、作物に安全です。
- 葉害がなく、安心して散布できます。

普及会事務局 **日本化薬株式会社**

東京都千代田区富士見1-11-2
TEL. 03-237-5185

昭和五十九年
九月九日
発行
三行
種月
郵便
便回
一物
日
認
行

定価
五〇〇円
(送料
五〇円)