

植物防疫

昭和六十二年七月二十五日印刷 第四十二卷 第八号

1988

8

VOL 42

特集 動物のモニタリング

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

パルノ・サーヴェイ 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

土壌調査, 植害テストおよび土壌・肥料・植物などの依頼分析

〈正確・迅速〉

● 土壌調査, 植害テスト

開発地などの土壌調査, 土壌図作成および
 汚泥など産業廃棄物の植害テスト

● 依頼分析

植栽地・緑地の土壌や客土の物理性・化学性分析
 農耕地やその他土壌の物理性・化学性分析
 および粘土鉱物の同定
 考古学分野における遺跡土壌の化学分析
 植物体の無機成分分析
 各種肥料の分析
 土壌汚染物質の分析
 水質および産業廃棄物の分析

● 花粉・微化石分析調査

古環境, 地質時代の解明に顕著な実績を
 あげています

● 岩石薄片作製・顕微鏡鑑定・X線回折

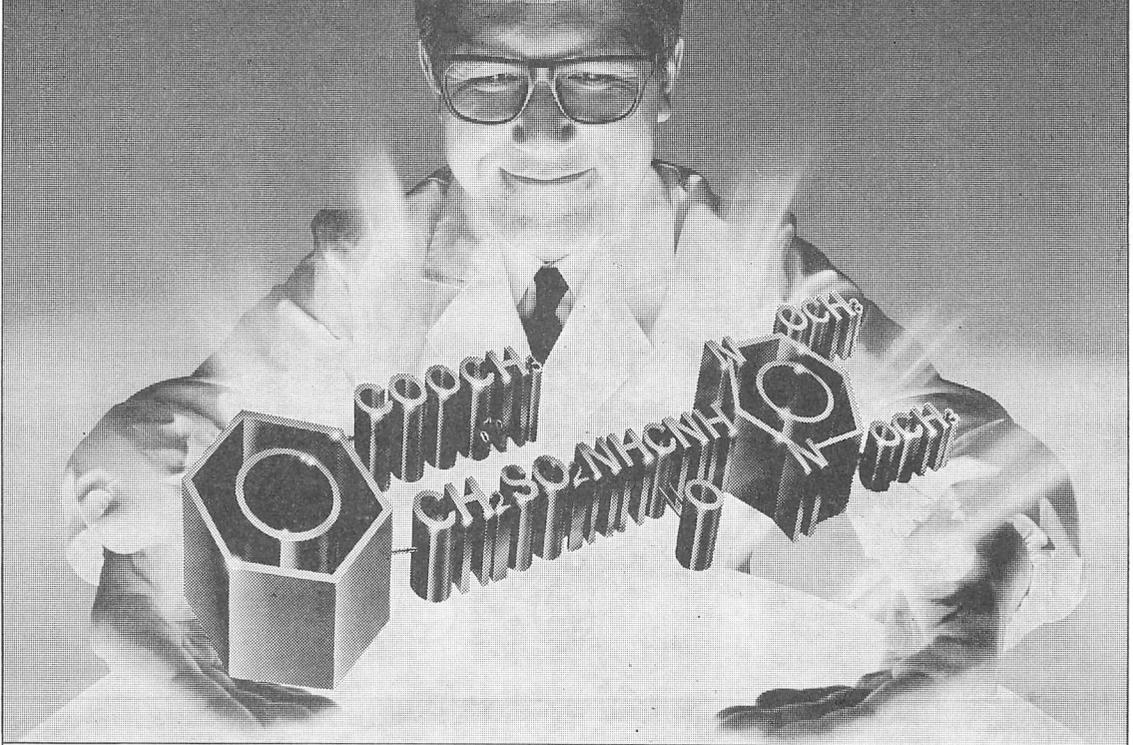
● 岩石切断・整形・特殊加工

パルノ・サーヴェイ株式会社

地質調査業者 質 0-982
 計量証明事業 群馬県 環 第17号

本 社 〒103 東京都中央区日本橋室町2-1 三井ビル本館増築部5F
 TEL 03-241-4566 FAX 03-241-4597
 研究所 〒375 群馬県藤岡市岡之郷戸崎559-3
 TEL 0274-42-8129 FAX 0274-42-7950

除草剤イノベーション。



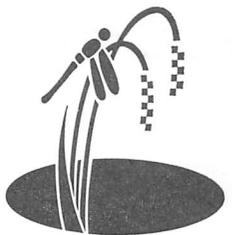
水田除草剤の歴史に新しい1ページがひらかれた。

デュポン社が開発した画期的な水田除草剤、スルホニル尿素系除草剤DPX-84*
をベースに、いま「プッシュ」「ウルフ」「ザーク」「ゴルボ」「フジガラス」誕生。

*DPX-84の一般名はベンスルフロンメチル。

新発売

(登録番号順)



水田除草、新時代。

プッシュ® 粒剤

ウルフ 粒剤

ザーク® 粒剤

ゴルボ® 粒剤

フジガラス® 粒剤

- 豊富な適用雑草
- 散布に余裕もてる広い処理適期幅
- 長期間にわたる抑草効果
- 水稲、環境に高い安全性

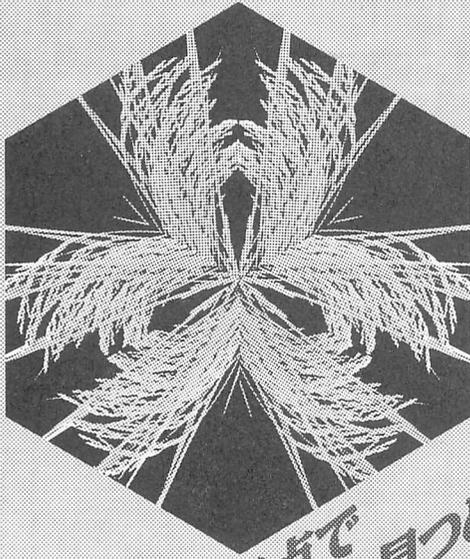
デュポン ジャパン



デュポン ジャパン リミテッド 農業事業部

〒107 東京都港区赤坂1丁目11番39号 第2興和ビル TEL.(03)585-9101

農薬会社は、日本農業の発展を願い、安全で効果の高い農薬を創りおとどけています。



いろいろな視点で
収穫を見つめて。

ホクコーの主要いもち防除剤

カスラフサイド 粉剤DL
粒剤

オリゼメート 粒剤

紋枯病やっばり決め手の

バリダシン 粉剤DL
粒剤
エア

いもち病・籾枯細菌病・ウンカ類・
カメムシ類防除に/

カスラフトレボン
混合粉剤DL

イネミズゾウムシ防除剤

シクロサル 粒剤2

水稲倒伏軽減剤

セリタード 粒剤

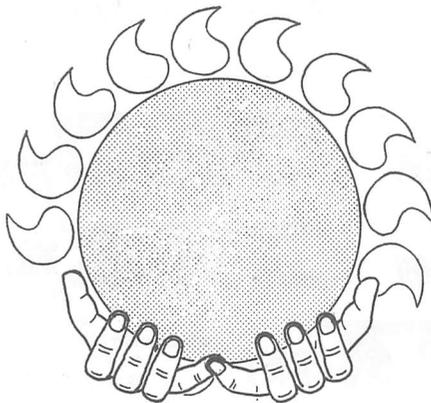


農協
経済連
全農



北興化学工業株式会社
東京都中央区日本橋本石町4-4-20

線虫剤と伴に30年



線虫剤の
トップブランド

テロン^{*}92



サンケイ化学株式会社

鹿児島・東京・大阪・福岡・宮崎

本社 鹿児島市郡元町880 TEL.0992(54)1161(代表)・東京事業所 千代田区神田司町2-1 TEL.03(294)6981(代表)

植物防疫

Shokubutsu bōeki
(Plant Protection)

第 42 卷 第 8 号

昭和 63 年 8 月 号

目 次

特集：動物のモニタリング

動物のモニタリング——現状と将来	中村 和雄	1	
移動性昆虫の追跡技術	日高 輝展・川崎建次郎・柳沢 善次	3	
ハーモニックレーダーによる地表性昆虫の行動解析	川崎建次郎	8	
鳥類の行動測定	安藤 滋	10	
哺乳類のためのテレメトリー法	土肥 昭夫	14	
テレメトリー法によるニホンカモシカの行動研究	奥村 栄朗	18	
エジプトにおけるイネいもち病の発生と防除	堀野 修	22	
有機スズ剤抵抗性カンザワハダニの生理・生態的特性	石黒 丈雄	27	
ショウガウイルス病の発生と防除	西野 敏勝・坂口 荘一・新須 利則	31	
エルゴステロール生合成阻害を作用点とする殺菌剤	高野 仁孝・加藤 寿郎	36	
ASEAN の「植物病害虫の移動と防除戦略」	持田 作	41	
植物防疫基礎講座			
花きに寄生するアザミウマ類の見分け方	采川 昌昭	46	
中央だより	46	学界だより	9
人事消息	40, 52	次号予告	52
出版部より	52		



「確かさ」で選ぶ…バイエルの農薬

<ul style="list-style-type: none"> ●いもち病に理想の複合剤 ヒノラフサイド® ●いもち病の予防・治療効果が高い ⑤ヒノザン ●いもち・穂枯れ・カメムシなどに ⑤ヒノバイジット ●いもち・穂枯れ・カメムシ・ウンカなどに ⑤ヒノラフバイバッサ ●紋枯病に効果の高い ⑤モンセレン ●いもち・穂枯れ・紋枯病などに ⑤ヒノラフモンセレン ●イネミス・カメムシ・メイチュウに ⑤バイジット ●イネミスソウムシ・メイチュウに ⑤バサジット® ●イネミス・ドロオイ・ウンカなどに ⑤サンサイド ●イネミス・ウンカ・ツマグロヨコバイに ⑤D.S. アイジストンサンサイド 	<ul style="list-style-type: none"> ●さび病・うどんこ病に ⑤バイレトシ ●灰色かび病に ⑤スーパーレン ●うどんこ病・オンシツコナジラミなどに ⑤モレスタン ●斑点落葉病・黒星病・黒斑病などに ⑤アントラコール ●もち病・網もち病・炭そ病などに ⑤バイエルホルドゥ (クストラヒットホルテ) ●コナガ・ヨトウ・アオムシ・ハマキムシ・スリップスに ⑤トクチオン ●ミナミキイロアザミウマに ⑤ホルスターール ●各種アブラムシに ⑤アリルメート ●ウンカ・ヨコバイ・アブラムシ・ネダニなどに ⑤タイジストン ●アスバラガス・馬鈴しよの雑草防除に ⑤センコル 	
---	--	--

®は登録商標

日本特殊農薬製造株式会社

東京都中央区日本橋本町2-7-1 ☎ 103

●農薬は正しく使いましょう！

微粒子が
効きめを
発揮！

バリダシン

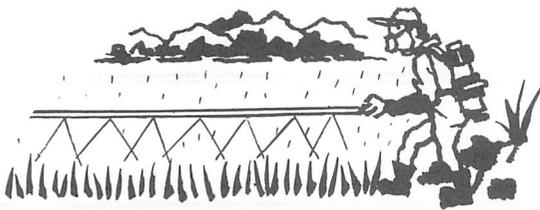
粉剤は



原体を微粒子に

揃えた
ことで

稲葉鞘部への付着性が向上し



紋枯病防除に
一段と優れた
効果を
発揮します。

紋枯病やっぱり決め手の



粉剤・粉剤DL



武田薬品工業株式会社 アグロ事業部 〒103 東京都中央区日本橋2丁目12番10号

特集：動物のモニタリング [1]

動物のモニタリング——現状と将来

農林水産省農業研究センター なか むら かず お
中 村 和 雄

動物は、一般に、餌や交尾の相手を求めて、生息地内を動き回ったり、あるいは繁殖場所や越冬場所を探して、生息地間を移動する。害虫や有害鳥獣による被害を予測したり、防除ないしは被害回避を行うためには、対象とする動物種個体群についてできる限りの情報を得る必要がある。特に、有害動物の生息密度をわれわれが望むレベルに管理しようとするとき、個体群の状態とその動きについて知ることは、欠かすことのできないものである。

とりわけ最も基本的な情報としてほしいものは、対象種（ないしは個体群）が、現在どこにどれだけ存在しており、今後、どこにどれだけ個体が現れるか、ということであろう。いいかえると、現時点における生息場所ごとの生息密度と将来の予測である。それに加えて、動物の行動（採食中か休息中かなど）についても知りたいことが多い。

しかし、植生内や土壌中、あるいは空中や水中といった場所に存在する動物を見つけ出し、その密度を知ることが容易なことではない。動物の生息密度を知るための最も普通の方法は、生息地から動物をサンプリングして、その個体数から密度を推定するものである。もし抽出率が何らかの手段によって与えられると、その生息地に生息する全個体数を推定することができる。このために広く用いられているものは、動物にマークを施して放し、再捕獲するものである。PETERSEN (1894) や LINCOLN (1930) によって、再捕獲率を基に個体数の推定が試みられて以来、この方法は理論的にも発展し、現在では確率論モデルに基づいて、個体数以外にも出生率と死亡率の推定も可能となった。

鳥や哺乳類では、一定の地域を観察者が移動して見かけた個体や鳴き声によって個体数を数えるラインセンサス法や、なわぼりを形成している鳥の行動範囲を地図上にプロットしていくテリトリー・マッピング法が多く使われている。しかし、これらの方法は、労力がかかるうえに、様々の要因によって検出できる個体数が変動する欠点を持つ。

Present Status and Prospect of Monitoring Methods for Animal Populations and Behavior.
By Kazuo NAKAMURA

一方、動物の移動についての情報を得るには、移動個体を捕獲するか観察によるほか、捕獲した個体にマークをつけて放し、その動きを追跡するのが普通である。ウソカ類をはじめ昆虫の移動の多くは、前者によっている。この方法では当然のことながら、移動個体（群）がどこから、どういう経路でやって来たかについては、直接の情報は得られない。

鳥の移動を知るために足輪をつけて放す方法は、ヨーロッパやカナダで前世紀の末から今世紀の初めにかけて行われた。この標識調査は、その後非常に盛んに行われるようになり、例えば、アメリカとカナダでは今までに約 600 種、千数百万羽の鳥が放たれ、100 万羽以上が回収されているという。これによって多くの渡り鳥の繁殖地と越冬地が判明してきた。しかし、再捕獲率の低い種では十分な情報が得られないのは当然で、ヒヨドリでは渡りの群れが多く場所を観察されているのに、それらの群れがどこから来てどこへ行くのかは全くわからないのが現状である。また、移動経路が地図上に描かれているものでも、数羽の再捕獲の結果に基づいているものが意外に多いのである。

戦後の科学技術の発達には、今まで肉眼でみるか捕獲するしかなかった手段に、大きな変化をもたらした。さらに、最近の目覚ましい科学技術の発展は、今まで不可能であったものを可能にしつつある。

その一つは、動物に装着させた発信機から発信される電波を受信して動物の行動を知るもので、いわゆるテレメトリー法である。この方法は、比較的大型の鳥や哺乳類では現在広く用いられている。その使用目的は大部分が位置決定や移動追跡である。この方法によって、今まで不可能であった茂みの中や空中にある動物の動きを知ることができるようになった。

しかし、テレメトリー法は単に位置決定だけに使われるものではない。体温や心拍数、あるいは活動状況を検出するセンサーを取り付け、その情報を発信させれば、今まで実験室内でしか知り得なかったこれらの情報を、彼らが生活する自然条件下で知ることができるのである。

現在の発信機の重量は、数 g が限度である。これに、少なくとも半年の寿命を持つ電池を取り付け、動物に装

着するためのハーネスを加えると、満足に適用できる動物は、体重が 100g 以上のものになってしまう。ムクドリ、ヒヨドリからスズメにも装着可能で、半年以上の寿命を持つ送受信システムの開発が当面の課題である。

直進する電波を受信するためには、発信源から見通せる位置に受信機を持って行く必要がある。このため、起伏の多い地形でテレメトリー法を行うには、飛行船や航空機から受信することも考えられるし、さらに人工衛星の利用も考えられよう。これらは既に実用化されつつあるもので、今後の改良が望まれる。

テレメトリー法の優れた点は、個体の動きや活動状況を正確に追跡できることである。しかし、それはあくまでも個体の情報であって、群れあるいは個体群全体のものではない。それに対して、レーダーによるモニタリングは、動物の群れの動きをとらえることができる。

レーダーの画像面に現れて、その正体が不明であった“angel echo”の一部が、鳥によるものであることが証明されたのは 1950 年代の後半であった。それ以来、ロンドン周辺におけるホシムクドリのねぐら群の行動や、北アメリカの北部から中央アメリカへ渡るムナグロやアメリカムククイの移動経路の解明など、多くの成果が挙げられてきた。昆虫においても、移動中のトビバッタやトウヒノシントメハマキの移動の追跡に用いられて

いる。

わが国におけるこの分野の研究は、最近昆虫を対象に、農業環境技術研究所昆虫行動研究室と日本気象協会の共同研究により実施され、オーストラリアの CSIRO の協力も得たが、諸外国のレベルにはまだ達していない。空中を飛行する昆虫及び鳥に対して、レーダーはその移動状況を知るのに有力な武器である。動物の研究者が自由に扱うことのできる自前のレーダーを持ち、昆虫・鳥の移動解析のための組織だった研究が、すぐにも始まらなければならない。トラップに捕獲される数だけで、動物の移動を把握するのは決して十分ではないからである。

現在、用いられているレーダー以外にも、レーザー光線を利用したレーダーも、空中にある動物の検出に利用できると考えられる。また、音波の利用によって土壌中や水中の動物の動きを検出することも可能かもしれない。蚕糸試験場桑虫害研究室では、樹冠内における昆虫の行動検出のための研究が進められている。これらの手法の開発には、工学や電子技術の研究者の協力に依存するところが大きい。学際的な研究が強調される今日、幅広い分野の研究者間の協力があって初めて、これら動物をモニタリングする新しい手法が、現実のものとなるであろう。

本会発行図書

作物保護の新分野

理化学研究所 見里朝正 編

A 5 判 235 ページ 定価 2,200 円 送料 250 円

昭和 56 年から始まった理化学研究所主催のシンポジウム「科学的総合防除」の講演内容を加筆してとりまとめた好著。我が国の先端に行く研究者が化学的、生物的防除はもちろん、光・音・遺伝子工学等を駆使して作物保護の新分野にいどむ最新技術を紹介する。

内容目次

I. 「科学的総合防除」とは

II. 光の利用

光の昆虫誘引作用の利用／光の昆虫忌避作用の利用／紫外線除去フィルムによる植物病原糸状菌の胞子形成阻害／雑草防除における光質の活用

III. 環境制御

湿度環境制御によるハウス野菜病害の防除／環境制御による雑草防除／太陽熱利用による土壌消毒／水の利用による病害防除

IV. 音の利用

音と昆虫／鳥と音／動物と音／魚と音

V. 生物的防除

作物病害の生物的防除／生物的防除と害虫管理／雑草の多様性とその生物的防除／生物的防除への遺伝子工学応用の可能性

VI. ソフト農薬の開発

ソフト農薬開発の現状／大豆レシチン・重曹農薬の開発／過酸化カルシウム剤の開発／フェロモンの利用・開発

VII. 外国の現状

ヨーロッパにおける科学的総合防除／ソビエトの現状／東南アジアにおける作物保護の現状／アメリカにおける病害虫の総合防除の現状

特集：動物のモニタリング〔2〕

移動性昆虫の追跡技術

農林水産省農業環境技術研究所 ^{ひだか}日高 ^{てるのぶ}輝展*・^{かわさきけんじろう}川崎建次郎

日本気象協会 ^{やなぎ}柳 ^{さわ}沢 ^{ぜん}善 ^じ次

はじめに

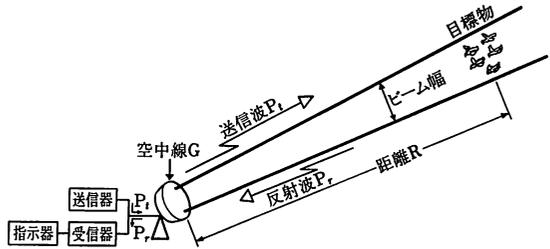
わが国の農作物害虫の中には、日本国内では越冬できず、毎年 6~7 月の梅雨期にかけて中国大陸などから海を渡りわが国に侵入すると考えられる、セジロウシカ、トビイロウシカ、コブノメイガなどがある。これら昆虫の長距離移動を実証する方法には航空機、船舶、高山でのネットトラップなどによる捕獲、標識虫の放飼・再捕獲、レーダーによる追跡がある。

昭和 58~62 年にかけて、農林水産技術会議の一般別枠研究「長距離移動性害虫の移動予知技術の開発」に関する研究が実施された。その中で、「レーダーによる移動性昆虫の追跡技術に関する研究」が、農業環境技術研究所昆虫行動研究室及び日本気象協会との共同研究として昭和 59 年から開始された。本研究は空中を移動する昆虫の種の判別、飛行方向、高度、速度、個体群密度をレーダーにより調査し、飛来侵入する昆虫の発生予察を確立することを目的とした。

本文では、レーダーの原理、海外での研究動向、筆者らの行った国内での研究成果などについて述べる。本研究の実施にあたり、オーストラリア連邦科学産業研究機構 (CSIRO) のドレイク博士、沖縄県農林水産部ミバエ対策事業所、日本無線株式会社三鷹営業所、気象研究所の関係各位に対し心から厚くお礼申し上げる。

I レーダーの原理

レーダーは、周波数 3,000MHz 以上 (波長は 10cm 以下) の電波を用い、目標物の位置や動きなどを知るための無線装置である。普通のレーダーは、パルスレーダーと呼ばれ、高い周波数の電波をパルス状に次々と空中線から発射し、目標物に当たって帰ってきた反射波を同じ空中線で受信し、指示器などに表示する。目標物の方向は、空中線の向きで知ることができ、距離は、パルス



第 1 図 レーダーの基本原理

が目標物に当たって帰ってくるまでの時間を測ればわかる。第 1 図にレーダーの基本原理を示した。

いま、レーダーの空中線から発射された電波の強さを P_t とすると、距離 R のところにある目標物に到達したときの電波の強さ P は、 $P = P_t \cdot G / 4\pi R^2$ となる。ここで、 G は空中線の利得である。この電波は、反射断面積 σ の目標物に当たって反射し、空中線に帰ってきて受信される。この受信電力を P_r 、電波の波長を λ とすると、レーダー方程式は次式のようになる。

$$P_r = \frac{P_t \cdot G^2 \cdot \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \cdot \sigma$$

この式に装置の各値を入れてやれば、目視では観測できない遠方の目標物の位置、大きさ、数などを知ることができる。また、レーダー指示器上の画面の変化を測ることによって、目標物の動きがわかる。

II 昆虫の反射断面積

反射断面積とは、空中線から発射された電波が、目標物に当たって反射するときの反射波の強さを決める定数で、目標物の形状、大きさ、数、電気的性質に関係する。

レーダー観測やレーダーの設計を行うような場合には、まず最初に、目標物の反射断面積を正しく評価することが最も重要となる。しかし、昆虫などは形状が複雑で、かつ、誘電率も一定ではないので、反射断面積を理論式から求めることは難しい。したがって、このような目標物の反射断面積を評価するときは、平均的な値を用いる方法がとられる。

* 現在 農林水産省熱帯農業研究センター

Tracking Method of the Air Born Insects.

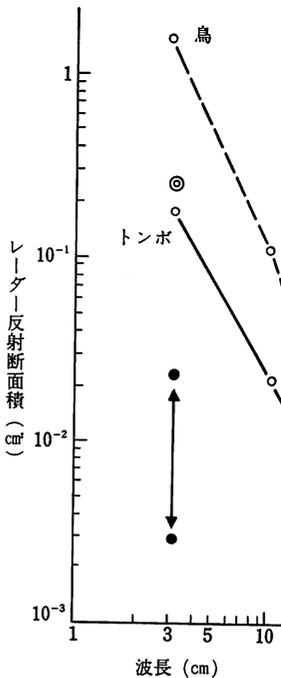
By Terunobu HIDAKA, Kenjiro KAWASAKI and Zenji YANAGISAWA

目標物を球とした場合、レーダー波長に比べて大きいものは、反射断面積が実際の断面積に等しく、 $\sigma = \pi r^2$ となる。球が波長に比べて小さいときには（昆虫の場合に相当する）、近似的に次式となる。

$$\sigma = 9\alpha^4 (\pi D^2 / 4)$$

ここで、 $\alpha = \pi D / \lambda$ 、 $D = 2r$ ：球の直径。

いま、昆虫胴長を 15mm、太さを 2mm とすると、同じ断面積の球の直径は 6.2mm となる。昆虫の含水量を 60% とすると、 $\lambda = 3\text{cm}$ では、 $\sigma = 10^{-1}\text{cm}^2$ 程度となる。この値は、目標物を球と仮定しているため、実際の値に比べて多少大きい。アメリカで行われたレーダー観測によると、トンボ、ミツバチなどは 10^{-1}cm^2 程度の値になっている。第 2 図に波長別の反射断面積の値を示した。この図には、筆者らが得たハスモンヨトウでの値も示してある。先に得られた計算値は、ドップラーレーダーのこの観測値に比べて、一けた大きいのが、レーダー方程式に補正係数などを導入することによって観測値に近づけることができる。さらに、昆虫などからの反射は、レーダービームに対する体の向きによって変わるので、扁平度による補正なども考慮する必要がある。



第 2 図 レーダー観測結果から計算された鳥、昆虫の波長別反射断面積

●：筆者らの観測値（ハスモンヨトウ），○：アメリカでの観測値，◎：理論式からの計算値。

III レーダーの探知能力

レーダー観測で最も重要なことは、使用しているレーダーがどの程度の探知能力を持っているかを知ることである。前にも述べたように、レーダーの探知能力は、レーダーの性能と目標物の反射断面積で決まる。

そこで、現在使用可能な各種レーダーの探知能力の比較を行ってみた（第 1 表）。このときの目標物の反射断面積は、前の観測値（約 10^{-2}cm^2 、第 2 図）を用い、空中にハスモンヨトウを 100 頭放虫したとして σ は 1cm^2 とした。比較の結果は最大探知距離の値で示した。

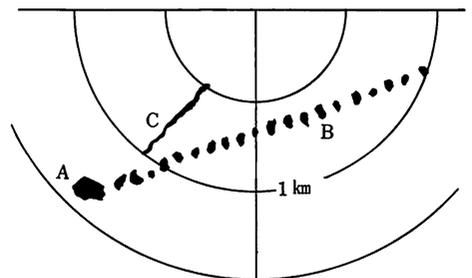
第 3 図はミツモンキンウワバを船舶用レーダーで観測した例で、このときの最大探知距離は 1.2km 程度であった。放飼した個体数を考慮すると、この値は計算値より小さい。しかし、ビーム高度と飛行高度との関係、補正係数、最小受信感度値などを考慮すると計算値は観測値とほぼ一致することがわかった。

レーダーの探知能力を上げる最も簡単な方法は、空中線を大きくすることである。しかし、空中線を大きくするとビーム幅は狭くなり、空中での目標物の広がり小さい場合には、空中線走査に伴う検出確率が低下する。

第 1 表 各種レーダーの比較

	波長 (cm)	出力 (kw)	空 中 線			最小受信感度 (dBm)	最大探知距離 (km)
			直径 (m)	ビーム幅 (度)	利得 (dB)		
船舶用	3.2	10	水平 1.2	垂直 25	29	-100	1.4
探鳥用	10.0	10	水平 2.6	垂直 30	25	-100	1.5
気象用	3.1	50	2	1.1	43	-107	17
測雲用	0.86	30	3	0.2	57	-100	22
気象用	5.7	250	3	1.4	43	-113	35

* 最大探知距離は、ハスモンヨトウ 100 頭（反射断面積 $\sigma = 1\text{cm}^2$ ）に対する値で示した。



第 3 図 船舶用レーダーで観測されたミツモンキンウワバのエコー（昭和 62 年 7 月 23 日）

A：砂利採船のエコー，B：実験用飛行機の移動を示すエコー（45 秒間），C：放飼虫の移動を示すエコー（55 秒間）。

したがって、実験観測の段階では、多少探知能力を犠牲にしても、ビーム幅の広いレーダーを使用するほうが有利となる。

IV 海外における研究動向

海外で昆虫観測に実際に用いられているレーダーは、Xバンドと呼ばれている、波長が 3.2cm 程度のものがほとんどであるが、8mm や 1.87cm の波長のものも使われている。そのほかに 5cm や 10cm 以上、また mm 単位の波長を持つミリ波のものも試験的に用いられているが、今のところ一般的ではない。この原因は船舶用のレーダーが Xバンドで入手しやすいことと、ヤガ類やバッタの観測には適した波長のためと思われる。

Xバンドレーダーを用いて昆虫の移動を観察する研究は、イギリス、オーストラリア、カナダ、アメリカにおいて行われているが、イギリスの場合は実際にはアフリカなどで昆虫の追跡を行っている。いずれの場合にも出力は 20~25kw で 1.5~1.8m のパラボラアンテナを用いてビームを 1.4~1.45° にしばって観測を行っている(第2表)。また移動式にするために、レーダーを車両に取り付けたり、乗せたりするようにしている。

対象昆虫は直翅目のバッタ類、鱗翅目のヤガ類、ハマキガの一種などが取り上げられている(第2表)。また、最近 8mm の波長のレーダーを用いてウンカ類を観測する試みがイギリスのグループによってフィリピンで行われている。これらの昆虫は大発生をして集団移動するために対象となっているが、同程度の大きさの昆虫は

同じようにレーダーで写ることになる。また、昆虫のはばたきの周波数はその体長との相関が高いが、レーダーによってははばたきの周期も検出可能のため、種の推定もある程度はできる。

レーダーに昆虫が写るかどうかは、その波長と昆虫の大きさによって決まるので、波長と比べて小さい昆虫の場合には集団になっていないと写らない。この点からいえば波長の短いレーダーのほうが有利のようであるが、機器自体があまり一般的ではないことからまだあまり用いられていないようである。また、地表面近くの対象物は、地面からの反射があるため検出が難しい。

以下にいくつかの観測例について紹介する。

1 オーストラリアトビバッタの移動の観測

オーストラリアではオーストラリアトビバッタ (*Chortoicetes terminifera*) が大発生し、移動をしている。この種は夜間に飛しょうするため直接的な移動の追跡・観察はできなかったが、レーダー(第2表参照)を用いることによって観測が可能となった(DRAKE and FARROW, 1983)。バッタの空中密度は日没後に急に増加し、125~195m の高度では 10 万 m³ 当たり 13 頭に達し、その後徐々に密度は減少した。また、飛行高度は 100~200m が中心であった。バッタは風に流されて移動するため、風の流れとレーダーエコーの移動方向から、バッタが飛び立った場所はレーダーから 150~200 km 離れたところであると推定された。また、観測を行った6日間の合計で、地上面 1m 当たり 10,000 頭が通過したことがわかった。

第2表 昆虫観測・移動追跡用レーダーとその対象昆虫

国名	波長 (cm)	出力 (KW)	アンテナ直径 (m)	ビーム幅	パルス長 (μs)	対象昆虫
イギリス	3.2	20	1.5	1.45°	0.1, 1.0	Orthoptera: <i>Scistocerca gregaria</i> , <i>Oedaleus senegalensis</i> , <i>Catantops axillaris</i> , <i>Acrotylus longipes</i> , <i>Aiolopus simulatrix</i> , <i>Ochrilidia</i> spp., <i>Trilophidia</i> spp.
イギリス	0.8	35		0.4°		Lepidoptera: <i>Spodoptera exempta</i>
オーストラリア	3.2	25	1.8	1.4°	0.05, 0.25, 1.0	Homoptera: <i>Nilaparvata lugens</i> Orthoptera: <i>Chortoicetes terminifera</i> Lepidoptera: <i>Heliothis punctiger</i> , <i>Persentania ewingii</i> , <i>Agrotis munda</i> , <i>Agrotis infusa</i> , <i>Chrysodexis argentifera</i>
カナダ	3.18 3cm 波 ^{a)}	25	1.5	1.45°	0.1	Lepidoptera: <i>Choristoneura fumiferana</i>
アメリカ	3			3.5°, 2.4°		Lepidoptera: <i>Heliothis virescens</i>
アメリカ	1.87	50			0.25	Diptera: <i>Psorophara ciliata</i> , <i>Aedes nigromaculis</i> , <i>Aedes sollicitans</i> , <i>Culex pipiens</i>
中国	3	10	1.5	1.5°	0.08 ~1.2	Lepidoptera: <i>Pseudaletia separata</i>

a) 航空機からの観測

この表以外に実験的に行われたものとして、次の種が対象とされている。

Lepidoptera: *Manduca sexta*, Hymenoptera: *Apis merifera*

2 アフリカヨトウの移動の観測

アフリカヨトウ (*Spodoptera exempta*) はアフリカで大発生をし、相変異を起こすことが知られている。本種のレーダー (第2表参照) による観測がケニアにおいて行われた (RELEY et al., 1983)。赤外線を利用した検出機による観察と、肉眼による直接観察も、レーダーの観測と同時になされた。その結果、飛び立ちは羽化日の夜にみられる場合と翌日の日没とともに起こる場合があった。移動飛しょうは地上から 200m を中心として平均最高高度は 600m であった。飛しょう速度は風の条件によって異なって 2~3m/s、対地速度は 9m/s 以下であった。風が強い日にはガは風に流されるが、弱いときには風上に向かったり、風を横切る飛しょうが観測された。また、移動飛しょうをしている群れは 20km 以上の広がりを持つと推定された。

3 トウヒノシントメハマキの観測

カナダの森林のトウヒノシントメハマキ (*Choristoneura furumiferana*) は大発生し、移動をすることが知られている。しかし、その移動個体群の発生源や移動方向、移動距離、そして移動個体が次の大発生の要因になるのかどうかはわかっていなかった。そこで、レーダーを用いて移動実態の解明が行われた (GREENBANK et al., 1980)。レーダー (第2表参照) はニューブルンスピックの森林地帯の開けた地点に設置され、観測が行われた。そのほかに小型の船舶用レーダー (3cm 波、ビーム幅 2.4 または 3.5°) を飛行機に積んで上空から地面方向の観測が行われ、虫の垂直、水平分布が調べられた。その結果、レーダーから 500~1,300m の間では1頭のガの検出が可能であること、移動飛しょうは日没後すぐに始まり、100~500m の高度に分布し、空中密度は 1,000,000m³ 当たり最高 1,000 頭を超えること、飛しょう速度は風による移動を除いて約 2m/s であることなどがわかった。さらに、虫の空中分布と気象条件との関係についても、前線面に虫が集中することが確かめられた。

4 フィリピンにおけるトビロウソウの観測

ウソウ類は小型であるため、一般に用いられているレーダーでは検出が難しい。そこでミリ波と呼ばれる 8mm の波長のレーダー (第2表参照) を用いた観測が、イギリスのグループによってなされた (RELEY et al., 1987)。1頭のウソウを観測できる距離が 3cm のレーダーでは 300m であるのに対し、8mm 波では少なくとも 1,000m 離れた地点から観測が可能となる。このレーダーによる観測と同時に、3m² のキャノピートラップ、11m の高さに設置した JHONSON-TAILOR

トラップ、75m の高さに上げた直径 1m のネットトラップによって昆虫の種構成を調査した。その結果、時刻ごとの昆虫の空中密度の変化と高度分布を得ることができ、飛しょうは日没と夜明けの 30 分間に起こり、高度は 400m 以下がほとんどであった。日没時の昆虫の種構成は、ネットトラップデータからメクラカメムシの一種が主であり (56%)、ヨコバイ (8%)、ウンカ (6%) 類がこれに次いだ。夜明け時にはメクラカメムシは飛行せず、ウンカ・ヨコバイ類の構成比率は 54% に達した。このように目的以外の種が多数混在していると、種の識別ができないために全体的な昆虫の動きの調査となってしまう。

V わが国における最近の研究成果

最初に述べたように、筆者らは、移動性昆虫をレーダーによって追跡することを目的とした研究を行っている。以下に、その成果の概略を紹介する。

1 調査方法

使用したレーダーはドップラーレーダー (波長 3.1cm, 送信出力 50kw, パラボラアンテナ直径 2m, 信号処理範囲 64km) 及び船舶用レーダー (波長 3.2cm, 送信出力 10kw, アンテナ長さ 1.8m, 信号処理範囲 115km) の2機種である。

ドップラーレーダーによる調査は、茨城県つくば市長峰 (A 地点)、埼玉県庄和町江戸川堤防 (B 地点)、及び沖縄県那覇市崎山町 (C 地点) の3か所で行った。A 及び B 地点ではレーダーから 1~3km 離れた場所で、係留気球 (長さ 5.0m, 幅 1.4m, 体積 3.8m³, ヘリウムガス充てん) を 300m の高度に浮揚させた。レーダーによる係留気球の所在の確認及びレーダー感度の較正のため、気球にアルミ箔球 (直径 1m, ヘリウムガス充てん) を取り付けた。また、供試昆虫 (ハスモンヨトウ、ミツモンキンウワバ雄成虫) を空中に放飼するための放飼器を気球につるした。放飼器内の供試昆虫は地上からのリモートコントロールにより放飼器の底ぶたを開放し、空中へ放飼した。また、大きいビニル袋の中にハスモンヨトウを入れたものを気球につるし、個体数をかえてレーダーによる観測を行った。気球浮揚場所とレーダー観測地間の放飼時刻及びレーダー観測状況などについての連絡は、トランシーバーを用いた。

係留気球は、A 地点では、つくば市研究交流センター東側広場、B では千葉県野田市尾崎において浮揚し観測した。

供試昆虫は、農業環境技術研究所昆虫管理科のインセクトロムで人工飼料により飼育した個体群の中から選び

使用した。1987年度の沖縄県那覇市における調査では、沖縄県農林水産部ミバエ対策事業所の協力を得て、ウリミバエ不妊虫放飼による防除作業に従事中的ヘリコプタより空中へ放飼されたウリミバエの飛しょう追跡調査を行った。

船舶レーダーによる観測場所は茨城県美浦村大山の霞ヶ浦湖畔で行った。ここでは、セスナ機(速度 100 km/h, 高度 300m)よりミツモンキンウワバ雄成虫、野外で採集したコガネムシほか数種の昆虫を放飼し、レーダーによる追跡調査を実施した。

さらに、茨城県竜ヶ崎市半田の水田畦畔に同じレーダーを設置し、水田昆虫の薄暮から夜間にかけての飛び立ち行動を観測した。また、同時刻に捕虫網(直径 36cm)により、空中を飛しょう中の昆虫の種類と個体数などを調査した。

2 調査結果

ドップラーレーダーによる観測では、放飼器からハスモンヨトウ 1,000 頭を空中へ放飼した場合、反射波が明らかに観測された。放飼虫の落下速度は 70cm/s, 35 cm/s となり、このときの反射断面積 $\sigma = 1.7 \times 10^{-2} \text{cm}^2/\text{頭}$ であった。

ビニル袋に 1,000 または 600 頭のハスモンヨトウを入れ、レーダーから 1km 離れた地点で観測した結果、1,000 頭の場合反射断面積 $\sigma = 2.4 \times 10^{-2} \text{cm}^2/\text{頭}$, 600 頭は $\sigma = 3.0 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{頭}$ であった。平均値では 10^{-2}cm^2 と計算された。ビニル袋当たり 100 及び 50 頭でも反射波が認められたが、5 頭では反射波がなかった。この反射断面積は約 3km 先にハスモンヨトウが 1 頭いれば検出できることを示している。

那覇市における観測では、ウリミバエ放飼後西方向の距離 2km 付近に本虫の反射波が現れたが、約 30 秒程度で消滅した。

船舶用レーダーによる観測では、第 1 回放飼試験はカナブン及びシロテンハナムグリの合計 80 頭がレーダーの南 900m 付近で北北西方向に移動しているエコーとして観測された。エコーは 1 分以上追跡でき、プロット機能によって移動経路が明りょうに表示された。第 2 回放飼試験ではミツモンキンウワバ(320 頭)(第 3 図)及びタバコガ(661 頭)の飛行経路が観測された。第 3 図から求めた虫の飛行速度は 9m/s で、放飼高度の風向風速と一致した。今回使用した船舶用レーダーでは、100 頭程度の昆虫の観測が可能であることがわかった。

次に、夜間における水田からの昆虫の飛び立ちを船舶用レーダーを用いて観測したが、虫のエコーとして特定

できなかった。

VI 今後の問題点

ドップラーレーダーと船舶用レーダーを用い、3年間行ったレーダー観測の結果、いくつかの障害や問題点が明らかになった。

1) グランドエコー除去の問題: 距離 5km 以下の近距離でのレーダー観測では、グランドエコーが発生して、目標物からの反射との識別が難しく、観測上大きな障害となる。このグランドエコーを除去するためには、平坦な場所を選んで行るか、ドップラーレーダー、移動目標指示装置(MTI)の利用などが必要である。また、水田内での観測では、畦道などに茂っている草木が風によって揺れていると、ドップラーレーダーや MTI を用いても移動エコーとして観測することがあるので注意を要する。

2) ビーム幅の問題: 1987年度の観測では、船舶用レーダーを用いる機会に恵まれ、空中に放った虫を容易に観測することができた。これは、第 1 表に示したように、船舶用レーダーはドップラーレーダーに比較して、探知能力は低いが、ビームの領域は数 10 倍、空中線走査速度 4 倍と、サンプリング空間が大きいので、目標物の捕そく確率が高いためである。したがって、昆虫類の飛しょう特性の明らかなでない実験観測の段階では、感度とグランドエコーの問題が解決できればビーム幅の広いレーダーを用いたほうが有利である。

3) 空中線走査方式の問題: 昆虫類の飛しょう高度を知ることは、今後、レーダー観測を計画するうえでも非常に重要である。また、昆虫の飛び立ち、移動を調べるためにも、飛しょう高度の観測できる RHI レーダー、スロットアレー型空中線の垂直走査レーダーなどの利用を検討する必要がある。

また、昆虫の移動追跡機器開発のためには、高度の技術を要するから、官民協力が必要である。

引用文献

- 1) DRAKE, V. A. and R. A. FARROW (1983): Bull. Entomol. Res. 73: 567~585.
- 2) GLOVER, K. M. et al. (1966): Science 25: 967~972.
- 3) GREENBANK, D. O. et al. (1980): Memoirs of The Entomological Society of Canada No. 110: 1~49.
- 4) 岸野賢一・日高輝展(1987): 植物防疫 41: 11.
- 5) RELEY, J. R. et al. (1983): Ecol. Entomol. 8: 395~418.
- 6) ——— et al. (1987): Bull. Entomol. Res. 77: 145~169.

特集：動物のモニタリング〔3〕

ハーモニックレーダーによる地表性昆虫の行動解析

農林水産省農業環境技術研究所 かわ川 さき崎 けん建 じ次 ろう郎

はじめに

レーダーといえば、空に向けて飛行機を追跡したり、船に積んで障害物を避けるのに使う大がかりなものが連想される。本誌別項目で紹介されている昆虫の移動の観測に用いられているものも、この一般的なレーダーである。ここに紹介するハーモニックレーダーは、原理的には電波を送り、反射波をとらえるという点ではほぼ同じものといえるが、その使い方が全く異なる。

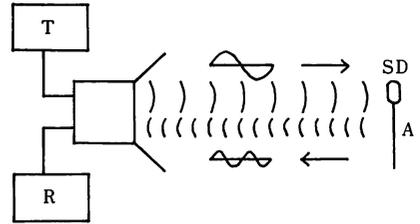
地上を動き回っている動物の動きを追う研究には、動物の体に発信機を取り付けて電波を出しておき、それを受信機によって検出してその位置を知るテレメトリーと呼ばれる方法が使われる（本誌別項目参照）。しかし、昆虫の場合にはその大きさによる制限からこの手法は使用することが難しいため、ほとんど使われてこなかった。このほかにラジオアイソトープでラベルした昆虫を放し、放射線を検出することによってその位置を知る方法もあるが、日本では野外では使うことはできない。

ここに紹介するハーモニックレーダーは、雪崩で生き埋めになった人を発見するために開発されたものであるが、いくつかの使用条件が満たされれば、地表性昆虫の追跡に有効な手段と思われる。しかし、新しい装置であるためにまだ本格的な昆虫の調査に用いた報告はないが、ここでは MASCANZONI and WALLIN (1986) の報告に従ってこの装置の紹介をする。装置は、スウェーデンの Recco AB 社の製品である。

I 原理と装置

ショットキ・ダイオード (Schottky diode) は、電波が当たるとその電波の倍の周波数の電波を放射する性質がある。原理としては、このダイオードを虫の背中にはり付け、小型の送・受信機を野外に持ち出して昆虫のいる場所を検出するものである。ここで用いられている発信機の周波数は 915MHz、出力は 5W であり、ダイオードは電波を受けると倍の周波数、1,830MHz の電波を放射する。この周波数成分を受信機で検知することにより、ノイズの影響の少ない高い検出感度を得ることが

Tracking of Ground-dwelling Insects by Harmonic Radar. By Kenjiro KAWASAKI

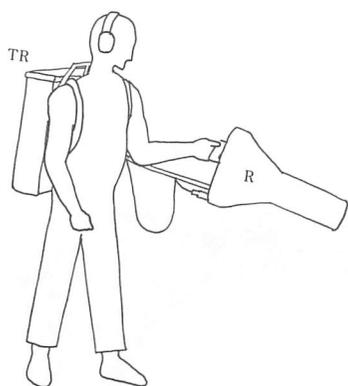


第1図 ハーモニックレーダーの原理

送信機 (T) から放射された電波 (915MHz) がアンテナの (A) ついたショットキ・ダイオード (SD) に当たるとダイオードは倍の周波数 (1830MHz) の電波を放射するので、それを受信機 (R) で検出する。

できる (第1図)。ショットキ・ダイオードは電子回路部品として広く使われており、いろいろな規格のものがあるようであるが、ここでは昆虫に取り付ける必要があるため、AA 119 (大きさ 3×7.5mm, 重さ 0.08g) 及び HP 2835 (大きさ 2×3.5mm, 重さ 0.03g) の2種が用いられている。また、このダイオードを複数結合すると電波の放射能力が高まるので、大型の昆虫には二つ背負わせている。ダイオードには短いアンテナを付ける必要があり、アンテナとして直径 0.2mm のエナメル線が用いられている。アンテナの長さは最大検出距離に影響し、ダイオードの種類によって異なるが、10~13cm の長さが最適である。しかし、これでは昆虫につけるには長すぎるので、2.5~5cm としている。また、そのままでは曲がってしまうため、折り曲げたものをよりあわせて使っている。このアンテナの付いたダイオードを昆虫の背中に瞬間接着剤で張り付ける。AA 119 に 5cm のアンテナを付けた場合の最大検出距離は、約 5m である。

送・受信機はコンパクトにまとめられており、第2図に示すように一人で操作できるようになっている。手に持っている部分がレーダー本体で、大きさは長さ 99cm、直径 35cm で 3kg の重量がある。そして、背負っている部分に送・受信機の本体と電池が収納されており、大きさは 21×42×86cm で重さは 12kg となっている。電源はニッケルカドミウム電池を用い、バッテリーパックを完全充電すると 1.5 時間動かすことができる。虫



第2図 ハーモニックレーダー装置 (MASCANZONI and WALLIN, 1986 より描く)

送・受信機 (TR) を背負い、レーダー部分 (R) を手に持つ。総重量 15kg で野外で一人で使用可能である。

に付けたダイオードからの放射される電波の検出は、ヘッドフォンに出力される音の変化によって知ることができる。雪崩の現場を探索する場合、Recco社指定の反射物 (130×30×3mm) を遭難者が身に付けている場合には、ヘリコプターにこの装置を積んで探索すると、100×100m を5分間で調査できるといふ。

II 野外試験

昆虫の追跡試験は、夜行性のオサムシ科の4種を対象としている。小型 (体長11~20mm) の種には AA 119 に 3cm のアンテナを、中型 (15~20mm) の種には AA 119 に 5cm のアンテナ、そして大型 (16~23mm) の種には AA 119 と HP 2835 を結合して 5cm のアンテナを付けて放している。その後、この装置で昆虫を

追跡したところ、一晩で平均 7.9m (最大 16.2m, 最小 3.9m), 8日間で平均 52m 移動することがわかった。穴を掘って 20~30cm の地中に潜っていた個体も検出することができた。また、植物や土が間にあっても検出力が落ちることはなかった。

調査時には昆虫は電波を受けるが、出力が 5W と弱いことと、さらされる時間が短時間であることから、この方法による死亡はなかった。また、アンテナの付いたダイオードを取り付けることによる障害も考えられるが、10m 平方の枠内にダイオードを取り付けた個体と、鞘翅に切り込みをいれてマークした個体を放して再捕率を比較したところ、両者に差はなく、影響はみられなかった。

このように、ハーモニックレーダーは、地表を歩行する昆虫の追跡に有効であることが報告されている。

おわりに

このように、ハーモニックレーダーはある程度以上の大きさがあり、ダイオードを背負わせても行動に影響が少ない昆虫を追跡する手段として有効である。この装置の価格は 14,000\$, 3~4 か月のレンタルでは 2,800\$ ということである (問い合わせ先は Recco AB 社, P. O. Box 27122, S-102 52 Stockholm, Sweden)。しかし、日本国内では電波を発信するためには免許があるので、使用を検討するのにあたっては、まず各地域の電気通信管理局に問い合わせをする必要がある。

引用文献

- 1) MASCANZONI, D. and H. WALLIN (1986): Ecol. Entomol. 11: 387~390.

後援: 科学技術庁 (予定)
 協賛: 関連学・協会 (予定)
 入場: 無料
 <プログラム>
 講演

- (1) 磁束量子パラメトロン超高度磁束計
 (情報科学研究所) 後藤 英一氏
- (2) 極限微生物
 (微生物生態学研究所) 堀越 弘毅氏
- (3) 星空を飾る超新星の爆発
 ——藤原定家とマゼランとケプラー——
 (理事長) 小田 稔氏



○理化学研究所設立 30 周年記念第 11 回科学講演会の開催

日時: 昭和 63 年 10 月 20 日 (木)
 会場: 虎ノ門バストラル 新館 1 階「鳳凰の間」
 東京都港区虎ノ門 4-1-1 Tel 03-432-7261
 ○科学講演会 12:50開場~16:30閉会
 ○展示会 11:00~18:00 「鳳凰の間」前ロビー
 主催: 理化学研究所

特集：動物のモニタリング〔4〕

鳥類の行動測定

愛知県立大学生物学教室 ^{あん}安 ^{どう}藤 ^{しげる}滋

I 視察と測定

鳥の行動を知るには、鳥を目でみるものが基本である。視察は簡便に多くの情報をもたらしてくれる。特殊な器械や装置を必要としないのもよい点である。

しかし、視察には欠点も伴う。それは主に次の3点である。

- a 長時間の連続視察は困難。
- b 視察者の主観が入り込む余地がある。
- c 行動に伴う視察不能の情報がある。

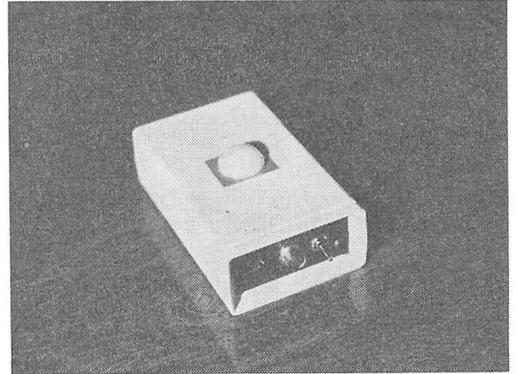
上記cについては、例えば体温や心拍数は行動と密接な関係にある。両者とも行動量の増加により上昇する。また行動の伏線ともなる生理的緊張度の指標にもなるものである。しかし、目で見ることではできない。

視察の欠点を補うのが器械を使う測定である。現状では動物行動のすべてを測定することはできないので、目的に応じて内容を限った行動測定が行われている。何を測定するかによって必要な器械は変わってくる。多くの内容を望めば望むほど器械装置は大型化する。以下では、測定内容ごとに分類して述べることにする。

II 接近の検出

特定場所への鳥の接近を検出して記録するのは、行動測定の中では扱う情報量が最も少なく容易にできることである。センサーと記録計があれば実施できる。記録計の代わりにカメラを接続すれば写真を撮ることができるし、カウンターを接続すれば接近の頻度を知ることができる。巣へ親鳥が入り出す回数、雛へ餌を運ぶ回数などはこの方法で測定できる。

センサーには、この数年来急速な発展を遂げた赤外線センサーを使用するのが最適である。鳥体から自然に放射されている赤外線を検出するのである。第1図に写真を示すが、このセンサーは、恒常的に入射する赤外線には反応せず、赤外線入射量の変化に対してだけ反応する。したがって、センサーの直前に鳥がいても静止している場合には検出することができない。これは不便な特性のように思われがちであるが、実際にはそれほど問題



第1図 赤外線センサー

になることではない。むしろ利用価値の高い特性である。この特性を利用すると、巣の中での鳥のアクトグラムを描くことができるのである。

第1図のセンサーは、突起部を別にして外形寸法 34×67×110mm、内蔵電池により1か月以上の期間にわたって連続動作する。鳥を検出できる距離は鳥の種類により、また環境に含まれる自然の赤外線量により変化する。ちなみに人体を対象とする場合の有効距離は、室内でおよそ5mであるが、小鳥を対象とする場合にはこれより大幅に短縮する。環境中の赤外線量は少ないほうが距離が伸びる。直射日光の下では太陽光中の赤外線により誤動作を起こすことがあるので注意が必要である。最も有効な使用法は夜間に使用するか、あるいは昼間であれば直射日光を避け、照ったり曇ったりによる赤外線量の変化が少ない場所で使用することである。

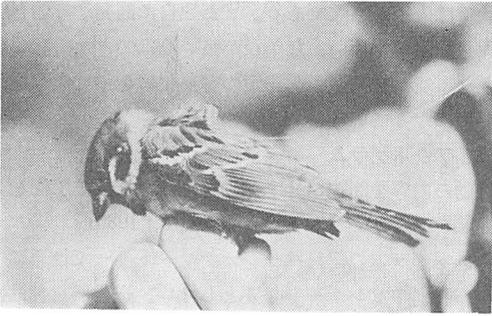
III 位置の測定

位置を測定するためには、接近を検出するより多くの情報量が必要である。装置も複雑化する。これには各種の方法があるが、その中から広く一般に行われているラジオテレメトリー法とレーダーを使用する方法について述べる。

1 ラジオテレメトリー

鳥体に装着した小型送信器が発射する電波を複数の地点で受信して、その到来する方位を測定したり、あるいは到来に要する時間差などを測定して、その結果から鳥

Telemetry of Avian Behavior. By Shigeru ANDO



第2図 送信器を装着したスズメ

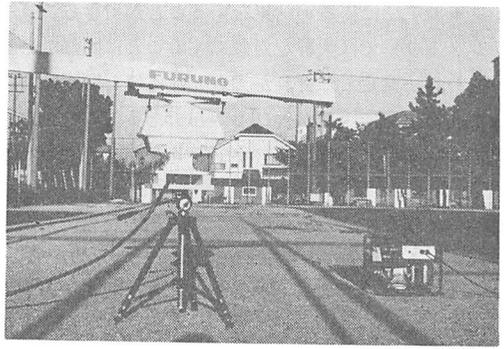
の位置を算出するのがラジオテレメトリーによる位置測定である (ANDO, 1977)。測定・算出・地図への記入を全自動化すれば装置は大型化するが、手動で行うのであれば小型ですむ。

ラジオテレメトリーの特徴は、個体識別ができることである。一方、いくつかの短所も共存する。捕獲しなければならない、小型の鳥では送信器重量に耐えられない、送信器の電池寿命に限りがある、などである。最軽量の送信器でも、実用性の高いものは、その重量(電池・送信アンテナを含む)はおおよそ 1.5g になる。これよりやや重い 1.8g の送信器をスズメに付けて位置測定をした経験では(第2図)、特別の異常行動はみられず幾日も正常行動が続いていた。この結果からすると、ラジオテレメトリーの対象になる最小の鳥はスズメ程度のものである。1.5g よりさらに軽量の送信器を作り、一層小型の鳥に適用することも不可能ではないが、送信出力の微弱化、電池寿命の短命化を伴うので、実用性は低下する。

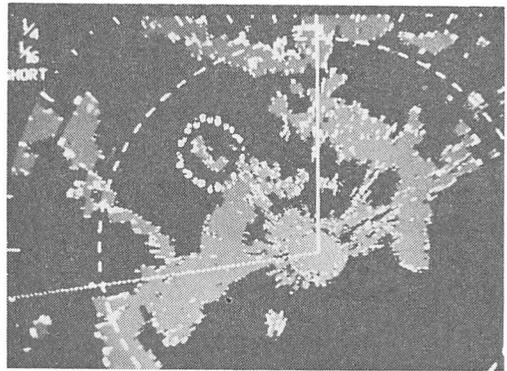
2 レーダーによる測定

レーダーは送信と受信を短い周期で繰り返し、発射した電波が対象物に当たって反射し、はね返ってくるとそれを受信する。そして発射してから受信するまでの時間により対象物までの距離を知る。これがレーダーの動作である。方位はパラボラ・アンテナやスリット・アンテナなど指向性の鋭いアンテナを回転させて使用し、その回転角から方位角を知るのである。

レーダー測定では鳥に送信器を付ける必要がないので捕獲する必要もない。これは大きな特徴である。一方、個体識別ができない、林間での使用は困難、などの制限を受ける。また鳥体は金属と比較すると電波の反射率が低い。大出力のレーダーを使用しても1羽の鳥を検出できる距離はあまり伸びない。レーダーによる検出可能距離は、対象物の反射率とレーダーからみた面積に比例し、レーダーと対象物間の距離の4乗に反比例する。



第3図 鳥類用に製作した可搬型レーダーの送受信部(左)と電源部(右)



第4図 カワウのレーダー写真(小さい点線のワク内)、地形像の中でカワウの像だけは移動するので識別は容易である。

レーダーには気象観測用などの山頂に設置して使用する大型のものもあるし、可搬型の小型のものもある。大出力の大型レーダーではそのカバーする観測範囲は広くなるが、移動することは全くできない。しかも、出力が10倍、100倍、1,000倍と増加しても、有効距離は1.78倍、3.16倍、5.62倍になるにすぎない。鳥の観測には大型レーダーよりむしろ小型の可搬型レーダーを使用し、それを目標とする鳥の行動域の中央部に設置するのがよい方法である。

第3図に鳥類観測用に製作したレーダーの写真を示す。このレーダーは出力 25kw の船舶用レーダーを改造したものである。主な改造点はアンテナの仰角を可変にしたこと、入力感度上昇のための前置増幅器を設けたこと、などである。第4図はこのレーダーによるカワウの記録である。カワウの編隊飛行が記録できている。1羽のカワウを検出できる最大距離は約 2km であった。群れを対象にする場合にはこの距離は伸長する。

レーダー測定は、前記のラジオテレメトリーと長短相補う性格を持っている。その長所を利用すると、ラジオ

テレメトリーでは得難い結果を得ることができる。ラジオテレメトリーでは大群を対象にすることは困難であるが、レーダー測定では群れが大きくなるほど測定は容易になる。検出可能距離が伸びるからである。この点を利用して大群の群れ全体のアクトグラムを描くことができる。

林間では樹木による反射像のために鳥の反射像がかき消されて、一般的にレーダー測定はできない。しかし、疎林であればコンピュータの利用によりある程度は測定が可能である。鳥がいないときの樹木だけの画像 (A) をあらかじめコンピュータに記憶させておき、鳥を含む画像 (B) との間で画像処理を行うのである。この場合の処理は B から A を引き算するのである。そうすると A, B 両方に共通する樹木の像は消去され、鳥の像だけが残る。

林間ではこのほかドップラーレーダーの利用が考えられる。ドップラーレーダーは動くものだけを検出するレーダーである。しかし、現在はまだ開発途上にあり、一般的とはいえない。そのうえ、林間には鳥以外に木の葉、小枝など動くものは多い。ドップラーレーダーもその効用は限定されたものになるであろう。

IV 行動内容の検出

直接に、あるいはテレビカメラなどを通して鳥の動きの細部をみることであれば多量の行動情報を収集することができ、行動を知るうえでは最善であろう。しかし、これはいつでも、鳥がどこにいてもできることではない。視察にかわる方法が必要になる理由もここにある。

視察以外の方法は、いずれも単位時間内の情報収集量は視察と比較すると大幅に少ない。そこで長時間の連続使用に耐え、全体として多量の情報を収集できる方法でないと意味をなさなくなる。

1羽の鳥の行動を形成している要素は、体の各部分それぞれの伸縮と回転である。すべての部分の伸縮と回転が測定できれば、そのデータをもとにしてアニメーション手法により行動を描き出すことができる。しかし、実際にはすべての体部の伸縮・回転を測定することはできないので、目的に応じて必要な少数の部位を測定することになる。例えば、キジ類の採食を検出する場合には首の下向傾斜を検出すればよいし、カワウの休息を検出する場合には背の傾斜角を測ればよい。カワウは飛しょう中は背が水平になり、枝に止まると垂直になるからである。

角度や伸縮を検出するセンサー類は一般用には各種の市販品もあるが、いずれも大型で鳥に使用できるものはない。行動センサーは研究者が独自に開発しない限り、

現状では入手が困難である。また独自に開発する場合でも大きな困難を伴い、なかなか良い物はできない。このような事情が鳥類の行動測定の普遍化にとって大きな阻害要因になっている。

1 アクトグラム

行動の内容を問題にせず、動きだけを検出して記録した曲線をアクトグラムという (ANDO, 1980)。

アクトグラムの記録はラジオテレメトリーで簡単にできる。特別のセンサーも必要としない。送信器を付けた鳥の動きにより送信アンテナと受信アンテナの位置関係が変化すると受信機入力に変化することを利用して、受信機の入力レベルを記録すれば、それがアクトグラムになる。センサーを必要としないので鳥の装着重量は軽く、小鳥にも適用できる。

2 傾斜の検出

傾斜の検出には水銀スイッチが使用できる。水銀スイッチは小さなガラスなどの容器中に水銀の1滴を電極と共に閉じ込めた物である。容器が傾斜して内部の水銀滴が転がり、2本の電極間を短絡して ON にしたり、あるいは OFF にしたりするのを利用して傾斜を検出するものである。

水銀スイッチの大きさは直径数 mm、長さ 1cm 以上が普通である。これ以上極端に小型化すると、水銀滴の動きが悪くなり実用性がなくなってしまう。そのため大型の鳥以外には利用できない。水銀の代わりに滴が一層転がりやすい液体を使用すると、さらに幾分は小型化することができる。第5図に水銀スイッチの構造を示す。

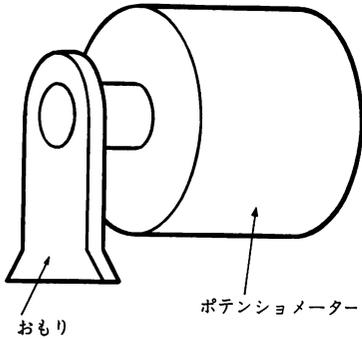


第5図 水銀スイッチの構造

3 傾斜角の測定

水銀スイッチでは角度を限定して、その角度以上の傾斜を検出することはできるが、傾斜角度が何度であるかを測定することはできない。傾斜角を測定する簡便な方法はポテンシオメーターの利用である。

ポテンシオメーターは、軸の回転角に比例して二つの端子間の電気抵抗が変化する。軸に振り子型のおもりを固定して使用すると、ポテンシオメーターが傾斜してもおもりは常に鉛直になり、端子間には傾斜角に比例した電気抵抗が得られる。この特性を利用して傾斜角を測定することができる。ポテンシオメーターは構造上小鳥に使用できるほど小型の物はできない。現在のところ大型の鳥に利用できる程度である。第6図にポテンシオメーターによる角度計の構造を示す。



第6図 ポテンシヨメーター角度計の構造

4 特殊な行動の検出

行動に伴う付随現象として特徴的な現象のみられる行動は、その付随現象を検出するほうが、直接的に行動を検出するより容易な場合がある。特殊な警戒音など音声を発する行動はこの好例である。このような行動は小型マイクロフォンを含む音声用送信器を鳥に装着し、ラジオテレメトリーで検出することができる。

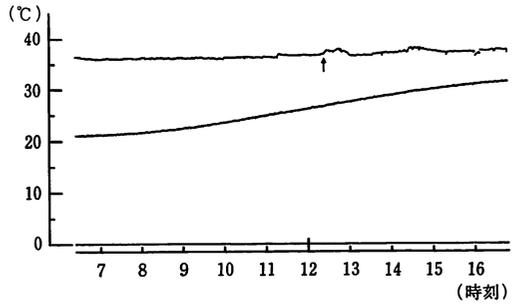
またこれとは別に、親と雛、雄と雌など特定の2羽相互の接近もラジオテレメトリーで検出できる。この場合は2羽の一方(A)に送信器、他方(B)に受信器付きの送信器を装着する。A、Bが接近したときBの受信器はAの発する電波を受信する。その結果Bの送信波に変調がかかるようにしておく。このようにすれば、2羽それぞれの位置測定の結果から近接距離を算出するより、高い精度で、確実にA、Bの近接を検出することができる。巣立ち後の親鳥による雛への給餌、雌雄の交尾はこの方法で検出できる。

V 行動に伴う生理情報の測定

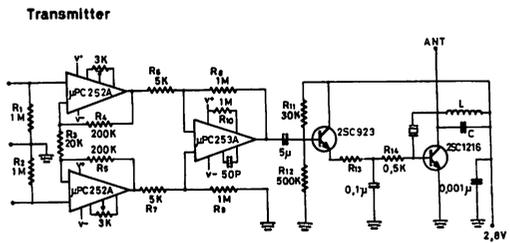
心拍数、体温などは行動に伴う、ときには行動に先行する生理情報である。飛しょう中は心拍数、体温ともに上昇する。実験室内のデータによると、人の接近により鳥が緊張すると逃避行動の起きる以前に鳥体の温度は上昇する(第7図)。このように行動のパロメーターとして、生理情報の測定は重要な意味を持つ。

第8図はラジオテレメトリーで心電図を測定するための送信器の回路である(Ando, 1980)。この回路の特徴は小型で電池寿命が長い点にある。使用する電池の大きさにもよるが、重量は10g程度にはなる。これは中型以上の鳥に使用できる重量である。

心電図や心拍数の測定で最大の問題点は、電極の装着である。長期にわたる装着は甚だ困難である。送信器の電池寿命が長くても、電極の装着寿命が短くは意味がない。早急によい装着方法の開発が望まれる。



第7図 ジュズカケバトの体温(上)と気温(下)
↑印は人の接近を示す。



第8図 ECG(心電図)用送信器の回路図

VI 将来の展望

赤外線センサーにしる、ラジオテレメトリーにしる、これまでの行動測定は一方通行であった。人間が鳥の情報を入力するだけで、人間から鳥への伝達は何もなかった。これでは片手落ちである。人間から鳥への情報伝達により、鳥の行動をコントロールできるようになれば利用価値は大いに高まる。

従来一方通行であった理由は、鳥に装着できるほど小型の受信器ができなかったことにある。鳥への情報伝達のためには、大音響で脅かすなどの場合を除くと、鳥が受信器を持つことが必須である。近年エレクトロニクスの発達により、従来にない小型受信器ができるようになってきた。そしてマイクロ化は今後も続く形勢である。大型の鳥から中型の鳥へ、そして最終的には小鳥にまで受信器を装着できるようになるであろう。

両方向通信により、鳥の行動が測定できると同時にコントロールできるようになることは、鳥の行動学だけではなく、自然保護、害鳥対策の面でも意義の大きいことである。

引用文献

- 1) ANDO, S. (1977): JIBP SYNTHESIS. Vol. 17, 東京大学出版会, pp. 183~212.
- 2) ——— (1980): 生体用テレメータ・電気刺激装置 (ME選書 11). コロナ社, pp. 297~315.
- 3) ——— (1980): Biotelemetry 5. Proceeding of the 5th international Symposium on Biotelemetry, pp. 33~36.

特集：動物のモニタリング〔5〕

哺乳類のためのテレメトリー法

九州大学理学部生物学教室 土 肥 昭 夫

はじめに

動物に発信機を装着して情報を得るテレメトリー法が野生動物の研究に導入されたのは、1960年代のはじめであった (COCHRAN and LORD, 1963)。わが国には約10年遅れて、1970年代のはじめに河合・安藤によって導入された。当時、彼らを中心に組織された動物テレメトリーグループは、この方法を多くの哺乳類に試行した (動物テレメトリーグループ, 1977)。それまでの哺乳類の主要な野外研究法は、ネズミなど小型哺乳類を対象としたトラップによる捕獲資料からの生息個体数やホームレンジの推定、サルやシカなど直接観察が容易な哺乳類を対象とした個体識別法による動物社会学的な研究であった。これら二つの方法を使うことができない森林棲、夜行性、単独性の哺乳類については、痕跡法 (糞分析、足跡など) などによる断片的な研究はなされていたが、みるべき研究成果はほとんどなかったといっていた。

動物テレメトリーグループによって試行から実用化の段階に入ったテレメトリー法は、その後10年も経たないうちに、ムササビ、キツネ、タヌキ、ノネコなどの夜行性哺乳類の研究成果によって、前述の二つの方法と並ぶ哺乳類野外研究法としての位置を占めるに至った (伊藤・村井, 1977; 東・江口, 1982)。しかしながら、わが国におけるテレメトリー法は、個人の研究者や個々のグループによって、機器の改善、使用法の改良が多少なされたにすぎない。1977年に動物テレメトリーグループによって指摘された技術的課題は、ラジオトラッキングの自動システムの開発 (土肥, 1985) を除けば、ほとんど達成されていないといっていた。

本稿では、テレメトリー法をその導入当初から、哺乳類の生態学的研究に使用してきた筆者らのグループのテレメトリー使用の現況を紹介し、現在の問題点の指摘と将来への若干の提言を行ってみたい。

I テレメトリー法を使う目的

Current Radio Tagging for Ecological Study of Mammals. By Teruo DOI

研究者がテレメトリー法を使う主な目的は次の二つである。

(1) 見えない動物の位置を知る。

個体の位置とその時間的な動きを追跡し、行動圏を明らかにする。個体の位置の分布から行動圏内の利用頻度を推定する。同時複数個体が追跡できれば、個体の行動圏の空間配置を知ることができる。さらに長期間追跡によって、社会構造を明らかにするための個体間関係 (雄と雌、親と仔、仔の分散など) の分析が可能となる。この動物の位置確認のためのテレメトリー法が最も一般的に行われている。最近では、この目的のためにだけテレメトリー法を用いたときには、後述のバイオテレメトリー法と明確に区別するために“ラジオトラッキング (Radio tracking)”法と呼ぶのが一般的になっている。

(2) 動物の生理的な情報 (体温、心拍数など) や行動パターンの情報 (活動、休止、摂食など) をモニターする。

動物に装着する発信機にセンサーを組み込んで情報を送る。この方法は“バイオテレメトリー (Bio-telemetry)”あるいは単に“ラジオテレメトリー (Radio telemetry)”と呼ばれている。この方法は、野外やケージ内での動物の活動リズム、日消費エネルギー量の推定など、個体や個体群の環境中 (もしくは行動圏内) の資源利用の生物経済学的な分析などを目的として使われる。

これら以外にもテレメトリー法は、単に個体のマークとして、直接観察の際の個体の確認や見失ったときの再発見のため、あるいは死体の回収などの目的で用いられる。

II テレメトリー法は最善の方法であるか?

研究者にとってテレメトリー法は、前に述べたような目的を達成するためには確かに有効な手段となる。しかしながら、対象とする動物の研究課題を達成するために、つねにテレメトリー法が最善の方法であるとは限らない。なぜなら、テレメトリー法を使うためには、調査地の設定、動物の捕獲、発信機の組み立てと装着、受信機やアンテナなど追跡機器の準備、追跡など、目的を達成するまでに多くの時間、労力、経費を投資する必要がある。

あるからである。また、テレメトリー法で得られる情報の質と量には限度がある。したがって当初の目的を果たすのに、投資量とのバランスがとれるときだけ、この方法は最善の方法となる。捕獲できる個体数は十分か、追跡する個体は種もしくは個体群の代表値となりうるか、時間、労力、経費に浪費はないかなどなど、使用する前に十分な検討が必要である。

筆者らのグループでは、テレメトリー法を使用するかどうかは調査地での聞き取り、痕跡などによる生息状況調査、環境調査、直接観察（餌付けなどの補助手段を一時的に行うこともある）など、ほかの方法で得られる資料を収集した後、検討することになっている。これらの資料は、捕獲作業などを含めてテレメトリー法を用いる際に、またテレメトリー法によって得られた資料を分析する際にも重要な意味を持ち、投資量（浪費量）を減じて本来の目的達成を助ける。

Ⅲ ラジオトラッキング

これまでにわが国で行われたテレメトリー法による哺乳類の研究例を第1表にまとめた。そのほとんどはラジオトラッキング法による行動圏の推定を目的としている。筆者らのグループは国内では、キツネ、タヌキ、チョウセンイタチ、ツシマテン、ノネコ、イリオモテヤマネコ、ツシマヤマネコ、ムササビ、シカ、国外では、マングース、シベット、ジュネット、ディクディク、ウォーターバック、エランドにこの方法を用いた。この間、種々の試行錯誤を繰り返し、現在は以下に述べる方法を使っている。また、ほかの研究者の現況も一部加えた。

1 移動方探によるラジオトラッキング

発信機の周波数については、後述するように現在重要な問題を含んでいるが、ほとんどの研究者は最初に安藤によって使われた 50MHz 帯を用いている。筆者らのグループも例外ではない。発信機の重量は対象動物の体重に応じて、その行動に悪影響を与えないと考えられる許容量がある。一般には体重の 5% を超えないという限度を目安にしているが、種の生活様式によっても異なり、できるだけ軽いほうがよい。発信機の回路は最近では部品の小型化が進み 1g 以下で組み立てられる。したがって、あとは用途に応じた電池寿命とそれによる電池の重量、包埋法、装着法が重量を左右する。しかしながら、最近では高性能の小型電池が多種類入手できるので、研究者が用途に応じたものをたやすく選べる。筆者らのグループも、安藤による回路（動物テレメトリーグループ、1977）に各種のリチウム電池を対象動物の大きさと用途別に分けて選び、発信機を組み立てている。後

第1表 テレメトリー法によるわが国の哺乳類研究

種名	文献
アカネズミ エゾヤチネズミ エゾリス ニホンリス タイワンリス ムササビ ノウサギ ヌートリア	西村・村上 (1977) 阿部ら (私信) 阿部・渡辺 (1977) 安藤・小笠原 (1977) 田村・宮下 (1987) 馬場ら (1982), 馬場 (私信) 鳥居 (私信) 三浦 (1977)
シカ エゾシカ カモシカ	安藤 (1977), 丸山ら (1978), 丸山 (1981), 土肥ら (未発表) 米田 (1987) カモシカ研究グループ (1980), 米田 (私信), 岸本 (私信), 阿部 (私信), 小金沢 (私信), 奥村ら (私信)
リュウキュウイノシシ	小野ら (1970)
ハクビシン ミンク ホンドイタチ チョウセンイタチ ツシマテン キツネ	鳥居 (1985) 北海道庁 (1985), 浦田・斎藤 (私信) 東ら (私信) 佐々木ら (私信), 渡辺ら (私信) 鱧ら (私信) 阿部 (1977), 江口ら (1977), 江口・中園 (1980), 中園 (私信) 池田 (1982), 池田 (私信)
タヌキ ノネコ イリオモテヤマネコ	伊澤ら (1982), 伊澤・小野 (1983) 環境庁 (1985), 伊澤ら (私信), 阪口 (私信)
ツシマヤマネコ	環境庁 (1988), 伊澤ら (私信)
ツキノワグマ	水野ら (1972), 羽澄ら (1981), 野崎・水野 (1983), 秋田県 (1986), 米田 (私信)
ヒグマ	北大ヒグマ研 (?), 米田ら (私信)
ニホンザル	河合ら (1968), 安藤 (1977), 金沢 (1986)

文献名は省略、筆者のリストに記入もれがあるかもしれない。

述の ART システム用の発信機（太洋無線機製）は、注文作製したものを購入している。最近では外国製の発信機を購入して使用している研究者もいる。

受信機は、初期にはほとんどの研究者が動物テレメトリー用に開発された MMB 型、MMBP 型（明星電気機製）を使用していたが（動物テレメトリーグループ、1977）、使用できる周波数が 5 チャンネルしかないこと、また価格が高いことからしだいに敬遠され、市販されているアマチュア無線用のトランシーバーで 50~54MHz をカバーする機種、例えば TR 1300, TS-600（トリオ機製）、FT 680（八重洲無線機製）が代用されるようになった。しかしこれらの機種も、外部電源が必要なことや携帯には重すぎるなどの欠点があった。その後 1982 年ごろに発売になった FT 690（八重洲無線機製）は軽量で、内部電源（単 2 乾電池）、内蔵アンテナもあり、ダイヤルによるチューニングで 30 個体程度は明りょう

に識別でき、10チャンネルのメモリー機能があることなど、ラジオトラッキング用の代用受信機としてはいいことづくめの名器?であった。このFT 690は筆者らのグループも含めて、現在わが国でテレメトリー法を使っている研究者にまたたく間に普及した。しかしながら、残念なことにメーカーが1987年にFT 690をモデルチェンジし、FT 690 mk IIという後継機種に変えてしまったので、現在では入手できない。FT 690 mk IIについては、筆者らのグループはまだテストしていない。将来は後述するように、テレメトリー研究用の発信機の周波数(周波数帯)の公的な認可を得たうえで、調査者の要求を満たす、専用の受信システムをわが国でも開発し、使用できる体制を作ることが最も望ましい。

ラジオトラッキングは、調査者が受信機とアンテナを持って移動しながら動物を追跡する、移動方探法を現在は主として用いている。指向性の強い大型のアンテナ、八木式三素子、八木式五素子などを調査地に設置して方探(対象動物のいる方位を決めること)作業を行った時期もあるが、アンテナが大きくて設置に時間がかかること、設置の場所を間違えると誤差が大きくなること、労力が多くいることなどから、現在はほとんど使用していない。

調査者は先述の受信機(FT 690)と指向性小型H-アドコックアンテナ(注文作製:福岡ハムセンター)とコンパスを用いて方探する。行動圏の狭い動物では、FT 690の内蔵アンテナを用いて徒歩でまず電波をとらえ、H-アドコックアンテナに変えて方位を求める。行動圏の大きな動物では、車にホイップアンテナ(市販のアマチュア無線用カーアンテナ)を取り付け、車を走らせながら電波をとらえ、車から離れてH-アドコックアンテナで方探を行う。いずれの場合も、対象動物にできるだけ接近し(行動を妨げない程度に)、短時間のうちに方位の交点が90度に近くなる2地点からの方探を行うと精度がよくなる。H-アドコックアンテナによる方位の決定も、FT 690の受信レベルメーターの針の振れが最大になる所で行うと最も良い。この移動方探方式でのラジオトラッキングは、熟練すれば少人数で同時複数個体の追跡も可能である。方探の間隔は対象とする動物の個体数、追跡する調査者の数、機器の数、調査目的によって適宜決める。

2 自動方探(ART)システム

移動方探方式では、方探間隔が1個体につき最低10分程度は必要であり、多数個体を同時に追跡する場合はさらに長くなる。また調査者の調査地での労力、資料整理の労力にも限度がある。筆者らのグループはこれらの

問題点を解決し、動物の行動軌跡を分刻みで追跡できる自動方探システム(Automatic Radio Tracking System)を開発し、実用化した(土肥, 1985)。

ARTシステムは、これまでの周波数50MHzを用いたのでアンテナが大型になり、調査地への輸送、設置に時間と労力を要する。しかし、いったん設置が完了すれば、調査者は定期的にバッテリー、記録計のチャート紙、データ記録用のバブルカセットの交換をするだけで長期、分刻みでの動物の動きを追跡することができる。またカセットに記録されたデータは、研究室に持ち帰り直接パソコンで処理できる。機器、使用法、精度などは土肥(1985)に詳しいので省略するが、このシステムは外国の最近のテレメトリー法の入門書(KENWARD, 1987)をみても例がない画期的なものである。これまでにチョウセンイタチで2回、ツシヤママネコで1回、イリオモテヤママネコで3回、シカで2回の試行を行って、良い結果を得ている。このシステムは使用する発信機の周波数を変えてアンテナを小型化することを含め、セットのコストダウンなどの改善の余地をまだ残しているが、ほとんどの研究機関にパソコンが普及している現在では、データの処理も含めて最も将来性のあるラジオトラッキングシステムであると考えている。

IV バイオテレメトリー

発信機に各種のセンサーを組み込んで、生理的な情報(体温、心拍数など)をモニターする本格的なバイオテレメトリーは、医学の分野で実用化されているが、野生動物については、安藤(私信)が独自に開発しているだけで、組織的な取り組みはこれまで一度も行われていない。

現在、動物の活動量については、ラジオトラッキングに用いている発信機のホイップアンテナの振れによる入力変化をレコーダーに書き出し(アクトグラム)、それを活動と休止の二つのパターンを判別する簡易法(安藤, 1972)が、筆者らのグループを含めた多くの研究者によって実用化されている。このアクトグラムの結果から、日周期活動と活動の周期性の検定ができる。アクトグラム用に筆者らが使用している機器は、調査地で対象とする個体の電波を、常時とらえられる場所に立てた無指向性のアンテナ(CAR用ホイップアンテナ)、受信機(FT 690)、記録計(TOA-EPR200A, TOA-EPR121A)である。先述のARTシステムでも、記録計を接続してアクトグラムが得られる。アクトグラムの波形は動物が休止していれば安定し、動けば乱れるので、この波形を読み取って活動と休止の二つの行動パターンを

区別するが、同時に ART システムや、間隔の短い方探結果があれば、動物の動きが、位置の移動を伴ったものか、同じ場所での動き（摂食やグルーミングなど）かの区別も可能となる。一方、直接観察と並行してアクトグラムをとり、波形と行動の対応の検討も行った。しかしながら、結果は確実性に欠け、アクトグラム波形解析による詳細な行動分析は不可能であった。このことから、直接観察で得られるような活動型をテレメトリー法でモニターするためには、センサーを組み込んだ新しい方式の発信機とそれを受信できるシステムの開発が必要である。この開発には野生動物研究者だけでなく、技術的な専門家を含めた開発組織を作ることが必要であり、また開発にかかる多額の資金をバックアップする体制も必要である。

V テレメトリー法の問題点と将来

哺乳類の社会生態学的研究は、最近 10 年間で著しい成果と発展がみられる。対象とされる種は大幅に拡大し、またその研究内容も多岐に渡り、資料のレベルは量的にも質的にも高度なものが要求されるようになってきている。特に、新しい理論の構築と展開には単なる発想や思いつきではなく、きめの細かい長期の資料の裏付けが必須となる。このような資料収集の技術として、個体の動きを長期連続してモニターすることのできるテレメトリー法は、将来さらに多くの研究者の需要があると考えられる。

移動方探によるラジオトラッキングは、機器も安価で入手でき、使用法も簡単であるので、哺乳類研究のために今後も重要な研究手段となる。方探の方法や精度については、親切な入門書もある (AMLANER and MACDONALD, 1980; DAVID, 1983; KENWARD, 1987)。同時多数個体を長期連続して追跡できる ART システムは、量的質的レベルの高い資料収集には将来最も有効なラジオトラッキングシステムとなることが予想される。また遅れているバイオテレメトリー法を開発して実用化することも必要である。しかし、これらの大型のプロジェクトは、小さな研究室単位では力不足である。電子機器に関しては、わが国は世界をリードしているのであるから、特にこの方面の専門家の協力が是非とも必要である。後述の周波数問題、テレメトリー法の開発も含めて、「動物モニタリングの技術開発と適用」を課題とした学際的な研究組織を早急に作る必要があると考えている。

ところで、現在わが国のテレメトリー法には、緊急な問題があり、それは将来の発展どころか、現行の方法すら使用できなくなるという重大なものである。先進諸外国では、生物の研究のためにテレメトリー法で使われる発信機の周波数（もしくは周波数帯）が、その国の法律で許可されているのが普通である。したがってその周波数での機器の改良は、研究者が自由に行うことができるし、ほかの用途で使われる電波からのノイズに対しても保護と配慮がなされている。一方、わが国では研究用に許可された周波数はなく、現状ではアマチュア無線の周波数帯のうちノイズの少ない所を使用し、また法律的には許可なしで使用できる微弱電波の範囲で使用してかろうじて違法行為を免れている。一部の研究者は研究用に周波数の使用許可を取っているが、現行法では、周波数許可であるので、装着した発信機の数だけの許可をとることになると聞いている。また、現在使用している発信機程度の微弱電波も許可なしでは使用できなくなる法改正が、近々あるという情報も得ている。

このような現状は、将来も含めたテレメトリー法の改良と開発のみならず、テレメトリー法を用いる研究のものにも重大な支障をきたすことが予想される。この問題も、研究者個人や機関単位では処理できない大きなものであるので、省庁や学会、学術会議などを動かすような研究組織を作って対処することが急務であると考えられる。しかし筆者を含めた野生動物研究者は、このような問題に関しては全く無知で、どういう方策があるのか見当もつかないのが実情である。紙面をお借りして読者諸兄にご教示とご意見をお願いしたい。

引用文献

- 1) 安藤 滋 (1972): 生物科学 23: 120~127.
- 2) AMLANER, Jr. C. J. and D. W. MACDONALD (1980): A handbook on biotelemetry and radio tracking. Pergamon Press, Oxford, 795pp.
- 3) COCHRAN, W. W. and R. D. LORD (1963): J. Wildl. Manage. 27: 9~24.
- 4) DAVID, M. L. (1983): Handbook of animal radio-tracking. Univ. Minesota Press, Mineapolis, 55pp.
- 5) 動物テレメトリーグループ (1977): 動物テレメトリーの現況. 科研. 総 (A) 報告書. 九州大学, 理学部, 62 pp.
- 6) 土肥昭夫 (1985): 個体群生態学会報 40: 35~41.
- 7) 東 和敬・江口和洋 (1982): 動物の相互作用研究法 1 種内関係. 共立出版, 東京, 219pp.
- 8) 伊藤嘉昭・村井 実 (1977): 動物生態学研究法. 古今書院, 東京, 480pp.
- 9) KENWARD, R. (1987): Wildlife radio tagging. Academic Press, London, 222pp.

特集：動物のモニタリング〔6〕

テレメトリー法によるニホンカモシカの行動研究

農林水産省林業試験場 ^{おく} 奥 ^{むら} 村 ^{ひで} 栄 ^お 朗

はじめに

野生動物の研究を行う場合、野外における自然状態での動物の動きや生理的な状態についての情報は、最も基礎的なものである。しかし、野生動物の多くは、人間が直接観察できない場所で、あるいは夜間に行動する。また彼らの多くは、人間の接近を鋭敏に感じ取って、彼ら自身の行動を変えてしまう。したがって、人間の影響のない状態で、個体や群れの行動を追跡し、観察・記録することは、非常に困難な作業である。まして、自然状態での生理的な情報を得ることはほとんど不可能である。

このような困難を解決するために、遠隔測定によっていろいろな情報を得ようとする技術を、総称して、テレメトリー法と呼ぶ。この技術は、1950年代末期からアメリカを中心として、盛んに研究されるようになり、野生動物の研究に大きな成果を生み出してきている。

筆者は、ニホンカモシカ (*Capricornis crispus crispus* TEMMINCK) の生態研究のために、テレメトリー法を用いているので、その一端を紹介しつつ、問題点や、今後の方向についても言及したい。

I テレメトリー (Telemetry) 法

テレメトリー法、あるいは広義のバイオテレメトリー (Biotelemetry) 法とは、「動物個体と、観測者の間に直接的な接続の不必要な、なんらかの伝送手段を用いて、動物個体に装着した送信機から、生物学的な情報の伝送を行い、それを解析する技術」と定義することができる。

テレメトリー法は、伝送手段によって、Radio-telemetry (電波)、Ultrasonic-telemetry (超音波) などに類別され、それぞれに適した環境に用いられる。

また、目的とする情報の種類によって、トラッキング (Tracking) と、(狭義の) バイオテレメトリーとに区別される。前者は動物の位置の追跡を目的とするもので、陸上動物では、電波を伝送媒体とする Radio-tracking が、主として用いられる。後者は、動物個体の身体的、生理的な情報 (活動量、体温、呼吸数、心拍数、脳波な

ど) や、環境情報 (外気温、照度など) を得ることを目的とするもので、センサーや送受信方法など、さまざまな技術開発が要求される。わが国では、まだ組織的な開発は行われておらず、欧米から完全に立ち遅れている。ただ、通常、アクトグラム (Actogram) と呼ばれる、簡易な活動状態調査方法が行われている。

1 Radio-tracking

Radio-tracking とは、送信機からの信号を受信して、その電波の方向を探る (これを“方探”と呼ぶ) ことによって、動物の位置を追跡することであり、その結果、ホーム・レンジ、環境の利用状況、いろいろな要因による移動や分散の経過などを明らかにすることができる。

ニホンカモシカなど、地形の複雑な山地の森林中に生息する動物を追跡するには、二通りの方法が考えられる。

一つの方法は、受信機を持った調査者が、方探しながら対象動物に接近し、対象動物と適度に距離を保ちながら追跡していく方法である。この方法では、もし調査者が、その調査地の地形に精通していれば、非常に正確なトレースが可能であり、さらに対象個体を直接目視できる距離にいる間は、行動記録も正確に行える。しかし、接近して追跡しているだけに、調査者が、動物の行動に影響を与える可能性が大きい。また、道もない山中を長時間 (24 時間とか 48 時間) 追跡するには、大変な労力が要求されるとともに、非常に危険でもある。そして、対象動物が、調査者の歩く速度より速く移動する場合には、当然のことながら、追跡しきれない。この方法の場合、大きなアンテナは持ち運べないため受信可能な距離が制約されるが、対象動物に接近していれば、小型アンテナや、受信機内蔵のロッド・アンテナでも十分である。

もう一つの方法は、道路上や、ピーク上など、地図上での位置の明確な複数の地点で同時に方探し、受信方位から、三角法の原理で、対象個体の位置を決定する方法である (この作業を“ロケーション”と呼ぶ)。この場合、調査者の対象動物への影響は考えなくてよいが、いろいろな原因による誤差は避けられない。また、地形の影響を受けるので、同一の場所で継続的に受信できると

Telemetric Study on the Behavior of Japanese Serow by Telemetry. By Hideo OKUMURA

は限らない。したがって地形を考慮したうえで、受信地点を3点以上設定し調査者を配置しておくか、またはそのときどきに受信可能な地点へ（自動車を使うなどして）すばやく移動しなければならない。しかし、条件がよければ、同時に複数の個体を追跡できる場合もある。対象個体との間に距離があるので、指向性の良いアンテナで正確に方位を出すことが必要であるが、道路上などであれば、かなり大きなアンテナを使うことができる。

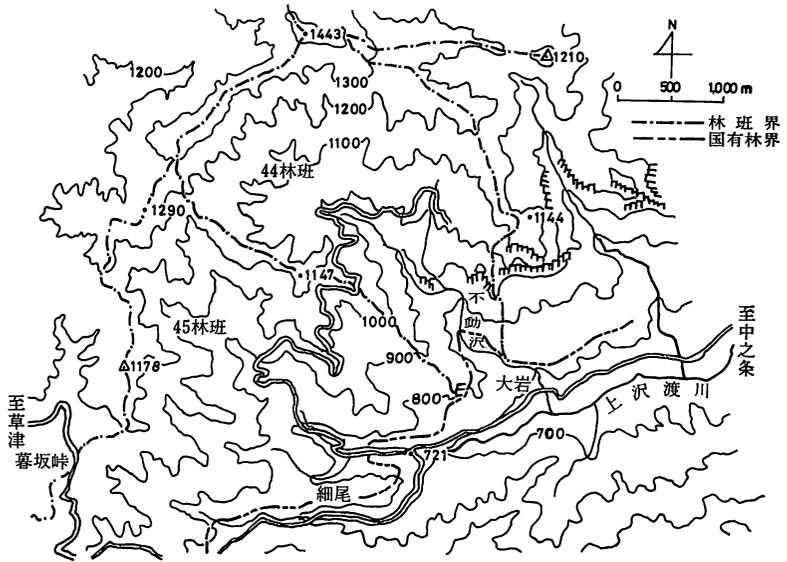
2 アクトグラム (Actogram)

Radio-tracking 用の送信機

は、一定の間隔で信号を送るように作られている。動物の体が静止しているときに、受信機を通して取り出した信号をペンレコーダに送ると、ペンレコーダは安定したパターンを描き出すが、動物の体が動くと、送信機のアンテナも揺れるため、電波の強さや偏波が不規則に変化して、ペンレコーダは不安定なパターンを描く。このパターン (Telemetric pattern) の変化によって、動物が活動状態 (active) であるか、非活動状態 (inactive) であるかの判別をしようというのが、アクトグラムである。その分析結果からは、活動の日周期性や、その季節的な変化を把握できる。また岩本 (1977) は、日消費エネルギーの計算法を示している。

3 ロケーションとアクトグラム

ロケーションによって得られる情報は、ある時点でのロケーション・ポイントであり、その集まりとして、個



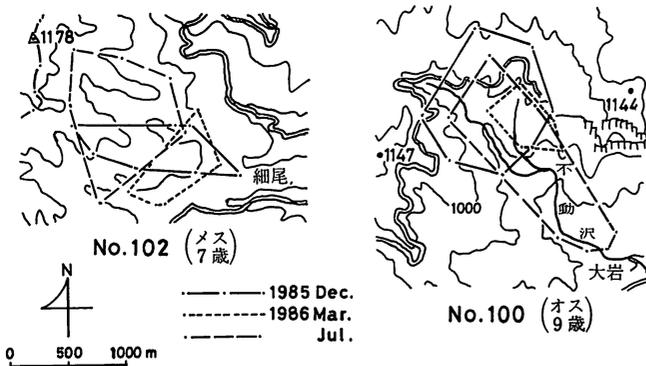
第1図 調査地地形図

体の行動域や、移動の経路などを知ることができる。しかし、ロケーションとロケーションの間に、対象個体が、ずっと活動していたか、あるいは大部分休息していたのか、ということとはわからない。一方、アクトグラムからは、個体の活動状態の変化を、連続的に知ることができる。したがって、inactive のときのポイントは休息場所と考えられ、また、ポイント間の距離と、その間の active の時間から、2点間での大まかな移動速度を知ることができる。ニホンカモシカの場合、採食場所では、狭い範囲をゆっくり動きながら採食するが、採食場所や休息場所の間を移動するときは、比較的速く歩いている。そこで、この大まかな移動速度から、active の時間を、採食中心の場合と移動中心の場合に分けることができ、その結果から、さらに詳しい日周活動や、採食場所、移動経路などを知ることができる。

第1表 調査地の林相別面積

林 相	伐採跡地	針 葉 樹 林 ^{a)}					針広混交林 ^{b)}		広 葉 樹 林 ^{c)}		面積計
		0	I 1~5	II 6~10	III~VI 11~30	VII~ 31~	~VI ~30	VII~ 31~	~VI ~30	VII~ 31~	
44 林 班 (ha)	36	44	3	31	17	5	39	9	113	297	
45 林 班 (ha)	0	21	73	60	24	5	112	8	15	318	
計 (ha)	36	65	76	91	41	10	151	17	128	615	

a) : 本数比で針葉樹が 70% を超える林分
 b) : 針葉樹、広葉樹ともに 70% を超えない林分
 c) : 広葉樹が 70% を超える林分



第2図 ロケーション・ポイントの最外郭線の比較

II 群馬県中之条町でのニホンカモシカの行動調査

1 調査地及び方法

調査地は、群馬県吾妻郡中之条町唐線原国有林の44, 45 林班の、面積約 6.5km²、標高 700~1,400m の山地である (第1図)。平均的には、さほど急峻ではないが、不動沢と、その左岸の通称大岩と呼ばれる岩山の周辺は、岩壁が連続して、非常に険しい。中之条町から暮坂峠を経て草津町へ至る県道が、調査地の南側を、上沢渡川に沿って走っており、また、林道が不動沢の奥へ延びている。県道に沿って、大岩と細尾の二つの集落があり、その周辺には、平たん地はほとんどないが、国有林との境界に沿った緩傾斜地には、桑畑が多い。

第1表は、調査地の林相別面積である。44 林班では針葉樹林の 94%、45 林班ではその 73% が、スギ・ヒノキ 70% 以上 (本数比) の人工林であり、その大部分はスギ林である。それ以外の針葉樹林は、大部分がカラマツ林である。広葉樹林は、ミズナラ、ブナを主とする天然林である。また、針広混交林の 7 割以上は、カラマツが 30~60% を占めている。1981年から 1986 年の 5 年間の伐採は、45 林班ではわずかしか行われていないが、44 林班では高齢級の針広混交林を中心に約 80ha が伐採された。

この 44, 45 林班を含む地域では、1982 年から 1986 年の 5 年間、林業試験場保護部鳥獣科がヘリコプターによるカモシカの密度調査を行っており (ABÉ and KITAHARA, 1987, 1988)、44, 45 林班では、およそ 5.5 頭/km² (未発表) の生息密度が確認されている。

この山中に生息するニホンカモシカに送信機付き首輪を装着し、I-3 で述べたような、ロケーションとアクトグラムを組み合わせた行動調査を行っている。送信機付

き首輪の重量は約 200~300g、寿命は 1 年半~2 年程度である。信号電波は 53MHz 帯を用い、受信機は、アマチュア無線用のトランシーバーを用いている。受信用アンテナは、道路上などの方採用には、指向性の強い 50MHz 用の 2 エレメント HB9CV アンテナ (大きさ約 0.8×3.0m、重量 850 g) を用いている。アクトグラム用には、HB9CV のほか、場合により、自動車用ホイップ・アンテナや、グラウンド・プレーン・アンテナなどの、無指向性のアンテナも用いている。

2 結果の一例

第2図に示したのは、2頭のニホンカモシカについて、1985 年 12 月、1986 年 3 月及び 7 月の 3 回調査を行った結果である (奥村ら、未発表)。各調査回ごとにおよそ 48 時間追跡し、この間のロケーション・ポイントの最外郭を結んで、それぞれの行動域として示したものである。No.100, No.102 とも、7 月の行動域が最も広く、3 月が最も狭い。No.102 の行動域は、7 月、12 月、3 月の順で、標高の高いところから低いところへ移っているが、No.100 では、そのような傾向は認められない。

第2表には、調査回ごとのアクトグラム採取時間 (読み取りができた時間) と、active, inactive に判別した内訳を示す。No.100 では、3 月に inactive の割合が 50% を超えているが、No.102 では 12 月と同じ割合で active のほうが多くなっている。また、No.100 の 12 月の active の割合はきわめて高い。しかし、No.102 では、各調査時の間でそれほどの差は認められなかった。

前述のように、この active には、採食が中心の移動

第2表 アクトグラム読み取り時間の内訳

	No.100			No.102		
	(h)	(m)	(%)	(h)	(m)	(%)
1985 年 12 月	25	24	(82.6)	28	27	(67.4)
A.	5	21	(17.4)	13	45	(32.6)
I.	30	45		42	12	
計						
1986 年 3 月	17	43	(40.4)	35	30	(67.4)
A.	26	9	(59.6)	17	10	(32.6)
I.	43	52		52	40	
計						
1986 年 7 月	19	58	(55.4)	19	11	(57.7)
A.	16	5	(44.6)	14	3	(42.3)
I.	36	3		33	14	
計						

A.=active (活動状態), I.=inactive (非活動状態)。

速度の遅いものと、採食を伴わない、速い移動とが含まれている。各調査回ごとの行動域の広さと、active の時間割合とから大まかな推定をすれば、7月 は採食時間が比較的短く、長い距離を速く移動することも多かったのに対して、12月、3月 は、狭い範囲で長い時間採食していると推定された。さらに、各ポイント間の移動速度から、active を2段階に分ければ、より詳しい検討が行えるのであるが、ここではこれ以上立ち入らないことにする。

3 現在の方法の問題点と発展方向

(1) ロケーション

ロケーションを行う場合には、誤差は避けられない。特に、地形が電波の進路に影響を与えることによる誤差と、三角法に伴う誤差とは、よく考慮する必要がある。

また、調査の精度を高めるためには、最低3か所の受信地点で、短い時間間隔で、しかも長時間にわたって方位を測定し続けなければならない。同時に複数の個体を追跡するためには、さらに多くの労力を必要とする。

土肥 (1985) は、自動方位測定機とコンピュータを中心とした自動方探システムの開発によって、多くの問題点の解決を試みている。今後、さらに実用的なシステムが開発され、広く利用できるようになることが望まれる。

(2) アクトグラム

アクトグラムの読み取り結果がどれくらい実際の行動に対応しているかという問題は、対象動物の直接目視が困難な場合が多いためもある。今まであまり検討されていなかった。例えば、MAITA (1987) は、筆者のいう active のパターンを、さらに2種類に分けて読み取っている。しかし、小金沢 (私信) によれば、inactive と2種類の active に判別した結果について直接目視との対応を調べたところ、inactive のパターンを示しているときには、常に坐止して休息していたが、短い休息や立って静止しているときには active のパターンを示すことが多く、また、2種類の active は、採食や移動など、目視による行動類型とは対応していなかった。つまり、active からは行動類型は推定できず、inactive で休息しているのがわかるというところが現在の方法の限界である。活動状態を確実に調べるためには、新たなセンサーと送信機の開発が必要である。

おわりに

この種の技術の開発と利用普及には、経済的な後押し

が必要であるが、日本では、動物生態のような研究分野に対する経済的な援助は乏しいのが実状である。また、アメリカでは、研究開発の初期から、技術的な解説書や、啓蒙的な印刷物が多数出版され、多くの情報が提供されている。さらに、こういった新しい技術の開発には、電気や通信技術の専門家との協力がよくなされている。しかし、日本では、専門家との協力も経済的な後押しも少なく、研究者間の私的な情報交換による断片的な情報を頼りに、動物研究者が不慣れな電気や電波と自分で格闘しているのが実状である。したがって、先輩研究者の少なからぬ努力はあったが、テレメトリー法は、日本では、まだアメリカほど、広く研究に利用されているとはいえない。

複雑な山地地形をもつ日本では、アメリカで開発された技術をそのまま適用することは困難である。しかし、継続的で組織的な技術開発と利用に対する援助が行われれば、現在の日本の技術力と経済力からいって、日本の地形に適用できる技術やバイオテレメトリー技術が開発され、それらが広く利用されるようになることは、それほど困難なことではないと、筆者は信じている。

栃木県立博物館の小金沢正昭氏には、本稿をまとめるにあたって、貴重な情報とご助言をいただいた。また、野生動物保護管理事務所の東英生氏、羽澄俊裕氏には、現地でのカモシカの捕獲と追跡調査を共同して行っていたことともに、常に有益な助言と励ましをいただいている。中之条営林署上沢渡担当区には、常に調査に便宜を図っていただいている。ここに厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- 1) ABÉ, M. T. and E. KITAHARA (1987): The Biology and Management of Capricornis and Related Mountain Antelopes (H. SOMA ed.), Croom Helm, London, pp.110~118.
- 2) ——— (1988): Bull. For. and Forest Prod. Res. Inst. (in press).
- 3) 土肥昭夫 (1985): 個体群生態学会報 40: 35~41.
- 4) 岩本俊孝 (1977): 動物テレメトリーの現況 (動物テレメトリーグループ編), 九州大学理学部生態学研究室, 福岡, pp.56~62.
- 5) MAITA, K. (1987): The Biology and Management of Capricornis and Related Mountain Antelopes (H. SOMA ed.), Croom Helm, London, pp.119~124.

エジプトにおけるイネいもち病の発生と防除

農林水産省東北農業試験場* ほりの野 おさむ 修

はじめに

国際協力事業団は、エジプトの食糧安全保障計画の一環である米の増産及び農村労働力不足に対処する中小規模の稲作機械化システムを確立するため、1981年から「米作機械化計画」にかかわる技術協力を実施している。機械化稲作は密植、多肥栽培を伴うため、1984年には約2万haの水田にイネいもち病が激発し、その後も毎年発生し続けており、減収要因の第一にイネいもち病による被害が挙げられている。以上のような背景のもとで、筆者は、1986年、1987年の2か年にわたり延べ6か月間、エジプトにおけるイネいもち病防除の技術指導を行うとともに、本病防除のための基礎資料を得る目的で、エジプトの米作機械化センターで、以下の試験を行う機会に恵まれた。

もとより、エジプトにおいてはイネの栽培法、作付体系などが複雑なうえ、短期間の滞在であったことからイネいもち病の発生要因を的確に把握することは困難であった。しかし、エジプト側の共同研究者の熱心な協力によって、本病発生に関する若干の知見が得られた。本稿では、エジプトのイネいもち病発生に及ぼす気象条件、イネいもち病菌レースの分布、薬剤によるイネいもち病防除効果など、滞在中に行った調査と試験の結果をとりまとめて紹介する。

I エジプトの農業、稲作

エジプトは国土の97%までが砂漠であり、人々はナイル川に沿って細長く伸びたわずかな耕地で生活している。ナイル川はアスワン・ダム(旧ダム)が完成するまで、定期的に氾濫を繰り返し毎年上流から肥沃な泥土を運んだ。ナイル川の氾濫によって泥土の堆積した場所は耕地となり、耕地面積は約300万haといわれている。農業地帯はナイル川流域と地中海に面したナイルデルタ地域に限られている。エジプトの気候は乾燥し、雨が少なく暑さが厳しい。降水量の比較的多い地中海沿岸地方でさえも、年間の降水量は200mm前後しかなく、首都カイロでは30mm程度である。有史以来、農業は

* 現在 京都府立大学農学部植物病理学研究室

Occurrence and Control of Rice Blast in Egypt.
By Osamu HORINO

すべてナイル川の水を利用して行われてきた。19世紀には急激な人口増加とともに農業の集約化が要求され、ダムの構築、運河の掘削など、水利施設が整備され周年

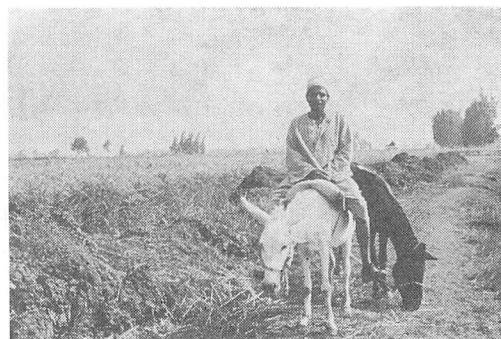
第1表 エジプトにおける主要水稻奨励品種 (1986年)

品 種 名	両 親 名
ギザ 171	Nahda/Calady 40
ギザ 172	Nahda/金南風
ギザ 173 (レイハウ)	西海 62号/綾錦
IR 36	IR 1561/IR 1737//CR 94
IR 50	IR 2153/IR 28//IR 36



第1図 エジプトの田植え風景

手植えも残っているが、現在では機械移植がかなり普及している。



第2図 エジプトの水田と農民

ロバのうしろの水田に家畜の堆きゅう肥が山積みされている。堆きゅう肥の過剰な施用はイネいもち病の発生を助長している。

かんがいが可能となった。その結果、耕作地からワタ、トモロコシを中心とした二毛作体系が確立され、土地利用率が著しく向上した(田中, 1986)。その後、さらにアスワン・ハイダムが 1972 年に完成したことにより、全耕地が周年かんがいできるようになったため、現在、夏作には、水稻、ワタ、トモロコシ、冬作にはコムギ、ベルシーム(エジブジャンクローバ)、ソラマメなどを組み合わせた3年または2年の輪作が行われている。

水稻は全耕地の 17% に当たる約 50 万 ha に栽培されており、水稻作付面積はほぼわが国の東北6県の稲作面積に相当する。栽培されている水稻の奨励品種はギザ 171, ギザ 172, ギザ 173, IR 36, IR 50 など数品種に限られている(第1表)。ギザ 171 とギザ 172 はいずれもジャポニカで、これら2品種の作付面積率は 80% 以上を占めている。インディカの IRRI 品種は主として輸出用に栽培されているが、ジャポニカはエジプト国内で消費されている。エジプト人のジャポニカに対する嗜好は東南アジア諸国の人々と異なり、日本人に似ており興味深い。米作機械化センターの試験結果によると、ギザ 171, ギザ 172, ギザ 173 の最適作期としては 5 月 30 日植えがいずれも最高収量(もみ重で 10t/ha)を示し、それ以前、以後とも作期から離れるに従って収量は漸減する(田中, 1985)。

II いもち病の発生状況と防除状況

エジプト側の共同研究者とカフルエルシェイク、ダカレア、ガルビア、ベヘイラの4州の稲作地帯を巡回し、最高分げつ期～幼穂形成期の葉いもち発生状況を調査した。75 地点を巡回調査した結果、発病程度の差はあったが、いずれの地点でも必ず葉いもち病斑が認められた。ギザ 173 を栽培している農家水田では、既に下葉はいもち病によって枯死し、部分的に完全なズリコミ症状を示している場合が多かった。第2表は米作機械化セ

ンターのあるカフルエルシェイク州で調査した農家水田の葉いもち発生程度を品種別にまとめた結果である。調査は、各品種とも約 10 筆の水田を任意に抽出して、浅賀(1981)の調査基準に従って行った。第2表に示したように、ギザ 171, ギザ 172, ギザ 173 の葉いもち発病程度の平均値はそれぞれ 2.1, 2.4, 4.5 であった。葉いもち圃場抵抗性は3品種の中でギザ 173 が最も弱く、ギザ 171 の圃場抵抗性は比較的強いと推定される。ギザ 173 は日本品種のレイホウであり、日本で行った畑苗代による検定結果では、葉いもち圃場抵抗性がやや弱であると報告されている(江塚ら, 1969)。エジプト農業省は 1973 年に 10 の日本品種を導入して、栽培法をはじめとする各種適応試験を行った。その結果、レイホウが耐病性、多収性などから最適であると認め、ギザ 173 と命名して 1982 年に一般農家に種子の提供を開始した。その後、ギザ 173 の作付面積は 10 万 ha まで増加したが、1984 年にいもち病に罹病化し多大の被害が生じた。このため農業省は現地新聞や人民会議からいもち病の対応策を迫られ、補償問題にまで発展した経緯がある。なお、農業省は現在、いもち病に罹病化したギザ 173 の作付け中止を決定している。一方、エジプトではいもち病の防除薬剤として既に EDDP 剤、トリシクラゾール剤、IBP 剤が使用されている。しかし、防除適期に薬剤を散布する指導が徹底していないために、十分な効果が得られていない。エジプトでは、農業省内に防除要否を決める査定委員会が設置されており、委員が巡回調査して防除要否を判定したのち、政府援助による防除薬剤を農家に提供している。

以上のように、いもち病はエジプトにおけるイネの最も重要な病害である。いもち病以外の病害としては心枯線虫病、小黑菌核病、ごま葉枯病が多発しており、かなりの被害を与えている。しかし、東南アジア各国の重要病害である紋枯病、白葉枯病の発生は滞在中に一度も確認できなかった。農業省と大学の病理関係者に紋枯病と白葉枯病の発生について確認したが、エジプトでは未発生ということであり、事実かどうか興味もたれる。

III いもち病発生に及ぼす気象要因

前述したように、エジプトの気候の特徴は降雨量がきわめて少なく、乾燥していることである。このような乾燥地でなぜ毎年いもち病が多発するのか、まずいもち病の発生に影響を与える気象要因を把握するため、温度、湿度及びイネ葉面の結露時間を連続的に測定した。測定はナイルデルタのほぼ中央に位置するカフルエルシェイク州の米作機械化センター試験圃場で、幼穂形成期から

第2表 エジプトのカフルエルシェイク州における主要品種の葉いもち発病程度(1986年8月)

品種名	抵抗性遺伝子	調査点数	調査時期	発病程度の平均値
ギザ 171	<i>Pi-a</i>	9	最高分げつ期	2.1 ^{a)}
ギザ 172	<i>Pi-a</i>	10	最高分げつ期	2.4
ギザ 173 (レイホウ)	<i>Pi-a Pi-ta₂</i>	9	穂ばらみ期	4.5

a) 各品種の発病程度は調査点当り 30 株について、浅賀(1981)の基準に従って調査し、平均値で示した。基準は 0: 罹病性病斑が無, 1: 少, 3: 中, 5: 多, 7: 甚, 9: 激甚, 10: 全株枯死

第3表 試験圃場で測定したイネ葉面結露時間、結露中の平均気温、最高湿度及び最高温度
(1986年8月29日～9月20日)

月 日	葉面結露時間 (開始-終了時刻)	結露中の平均温度 (最低-最高温度°C)	最高湿度 (%)	最高温度 (°C)
8.29-30	14.0 (7:30pm-9:30am)	22.5 (17-28)	96	32
// 30-31	14.0 (7:30pm-9:30am)	24.0 (19-29)	93	31
// 31-9.1	13.5 (7:30pm-9:00am)	24.0 (19-29)	97	31
9.1-2	13.0 (8:00pm-9:00am)	24.5 (20-29)	95	32
// 2-3	14.5 (7:00pm-9:30am)	24.5 (20-29)	95	32
// 3-4	13.5 (8:00pm-9:30am)	24.5 (21-28)	96	31
// 4-5	14.5 (7:30pm-10:00am)	23.5 (20-27)	97	30
// 5-6	13.5 (8:00pm-9:30am)	23.0 (19-27)	94	29
// 6-7	15.0 (7:00pm-10:00am)	22.5 (18-27)	96	30
// 7-8	14.5 (7:30pm-10:00am)	22.0 (18-26)	96	31
// 8-9	13.5 (8:00pm-9:30am)	22.0 (18-26)	96	30
// 9-10	14.0 (7:30pm-9:30am)	23.5 (20-27)	95	30
// 10-11	13.5 (8:00pm-9:30am)	23.5 (20-27)	95	29
// 11-12	13.5 (8:00pm-9:30am)	24.0 (21-27)	97	29
// 12-13	14.0 (7:30pm-9:30am)	25.5 (22-29)	97	29
// 13-14	14.5 (7:30pm-10:00am)	24.0 (21-27)	97	32
// 14-15	14.5 (7:00pm-9:30am)	24.5 (22-27)	97	33
// 15-16	15.5 (7:00pm-10:30am)	25.5 (23-28)	97	31
// 16-17	17.0 (6:30pm-11:30am)	26.5 (24-29)	97	31
// 17-18	16.0 (7:00pm-11:00am)	27.0 (24-30)	96	33
// 18-19	15.5 (7:00pm-10:30am)	26.5 (24-29)	97	32
// 19-20	15.5 (7:00pm-10:30am)	26.5 (24-29)	97	31

測定期間中降雨は全くなかった。

穂ばらみ期にあたる8月29日から9月20日まで行った。測定機器には電子式自記温湿度計(いすず製作所, 3-1125-01)と自記露検知器(英弘精機, MH-040)を使用した。

測定期間中の最高湿度は93~97%であり、夜間は無風状態になるので、最高湿度が日没から翌朝、日の出まで約12時間続く。湿度は日の出と同時に50~60%まで低下し、日中は低い湿度で経過する。一方、気温は水田地帯のため日中でも急激に上昇せず、最高温度は29~33°Cの範囲にある。砂漠気候のため最低温度は夜間20°C前後まで低下するので、昼夜の温度較差は10°Cと大きい。昼間の高温によってかんがい水が空気中に激しく蒸発するが、夜間の低温により細かい霧雨のように落下するので、葉面の結露はこのような夜露によってもたらされる。以上のような気象条件により、イネ葉面の結露量、溢流水は非常に多く、葉面の結露持続時間は予想以上に長く続く。測定期間中に降雨は全くなかったが、最短結露時間は13.5時間、最長結露時間は17時間で、連日14時間前後の結露時間が続いた。また、結露中の平均気温は約24°Cであった(第3表)。

いもち病菌の胞子形成は湿度89%から始まり、湿度が高いほど胞子形成もおお盛に行われ(逸見ら, 1939)、胞子形成に湿度が十分である場合は28°Cで胞子形成量が最高となる(加藤ら, 1974)。イネに付着した胞子の発芽適温は25~28°C、付着器の形成適温は25°C、イネ葉に対する侵入適温も25°Cである(鈴木, 1969)。



第3図 早朝の米作機械化センター試験圃場

もやが立ちこめ葉面結露時間が長いため、いもち病の発生に好適である。

また、いもち病菌のイネ葉に対する侵入と葉面結露時間及び温度との関係については、最適温度の約24°Cでは12時間の結露時間で葉面に付着した胞子の50%が侵入、定着を完了することが明らかにされている(吉野, 1979)。これら既往の報告から明らかのように、ナイルデルタの温度、湿度及び葉面結露時間は、いずれもいもち病菌の胞子形成、発芽、付着器形成、イネ葉に対する侵入にきわめて好適であり、上述した気象要因が本病の多発生に直接関与していると考えられる。

IV いもち病菌レースの分布

いもち病菌レースの分布調査は、どのようなレース

第4表 エジプト・ナイルデルタ地帯から分離されたいもち病菌レース (1987年)

州名	分離菌株数	いもち病菌レース								
		001	003	007	017	077	103	107	177	203
カフルエルシエイク	9	4				1		2		2
ダカレア	21	3	1	1	1	1	5	4	3	2
ガルビア	9			3	1			2	2	1
ペヘイラ	3				1				1	1
計	42	7	1	4	3	2	5	8	6	6

第5表 エジプトにおけるいもち病の薬剤による防除効果 (1987年)

供試薬剤	成分量 (%)	使用量/10a	葉いもち病斑数 ^{a)}	首いもち罹病穂数 ^{a)}
トリシクラゾール	20	1000倍, 30l	4.3 bc ^{b)}	4.3 bc
イソプロチオラン	12	粒剤, 3kg	7.3 bc	5.7 ab
EDDP	30	1000倍, 100l	9.0 b	5.2 ab
IBP	17	粒剤, 3kg	7.3 bc	6.7 a
フサライド・ネオアソジン	2.5	粒剤, 3kg	2.0 c	6.4 ab
プロベナゾール	8	粒剤, 3kg	5.0 bc	2.8 c
無散布	—	—	16.0 a	6.3 ab

a) 株当たり上位2葉の葉いもち病斑数, 株当たり首いもち罹病穂数, 1区10株を調査し, 3区の平均値で示した。

b) 表中の同一英小文字間には DUNCAN の多重検定 (5%) で差がない。

が, どのような頻度で, どのように分布しているかを知ることができるので, 今後の抵抗性品種の育成及び普及に役立つ。この観点から, ナイルデルタに分布しているいもち病菌のレースを明らかにするため, 四つの州の農家水田に発病した葉いもち病斑から42菌株を分離してレースの検定を行った。まず, 葉いもち病斑から孢子分離を行い, オートミール培地で多量の孢子を形成させた。次いで, 常法により 10^8 個/ml の孢子懸濁液を製し, 3.5葉期の日本レース判別9品種と参考品種 (BL1) に噴霧接種して, 接種後10日目に各判別品種の病斑型を調査してレースを判定した。

ナイルデルタに分布しているいもち病菌には明らかな病原性の分化が認められ, 42菌株のいもち病菌は病原性の異なる9種のレースに類別された。全体的にはレース107の分離頻度が最も高く, 次いでレース001, 177, 203, 103, 007, 017, 077, 003の順であった(第4表)。日本品種のギザ173(レイハウ)は現在栽培が禁止されているが, ギザ173を侵害できるレース203は四つの州に分布していることが明らかとなった。また, ギザ173(レイハウ)を侵害できるとされているレース103(YAMADA, 1985)は, 1984年までギザ173(レイハウ)の作付面積が最も多かったダカレア州にだけ分布しており, その分離率は約25%であった。YAMADA(1985)が行った日本全国調査の結果を参考にして, 日本とエジプトに分布しているいもち病菌レースの病原性を比較したところ, 両国には少なくとも001, 003, 007, 017,

103, 107の6種の共通レースが分布していることがわかった。

以上のように, 日本の判別品種体系を用いてエジプトにおけるいもち病菌の発生レースを調査した結果, 抵抗性遺伝子, *Pi-z1* を持つとりで1号と *Pi-b* を持つ BL1 を侵害できるレースは見いだされなかった。したがって, 今後エジプトでもいもち病に対する抵抗性品種を育成するにあたっては, 育種操作によって *Pi-z1*, *Pi-b* をはじめ数多くの抵抗性遺伝子を新品種に集積し, さらに真性抵抗性と圃場抵抗性の結合を図ることが有効であると考えられる。

V 薬剤によるいもち病防除

現在, エジプトではいもち病の防除対策として, 抵抗性品種の利用, 適期移植, 適正栽植密度など栽培法の改善と, 作付面積の一部で薬剤散布が行われている。エジプトでは, 日本で登録されている3種のいもち病防除薬剤が既に使用されているが, なお本病防除に困難をきたしているのが実情である。そこで, 日本で使用されている主要な薬剤によるいもち病防除効果を検討するため, 米作機械化センターの圃場で試験を行った。試験は栽植密度 24 株/ m^2 , 1区面積 $21m^2$, 3反復で行い, 本病を多発させるためギザ172を慣行の移植期より2週間遅く機械移植した。第5表に示した6種薬剤を, エジプト農業省で決められている散布基準に従って最高分げつ期に1回, 所定量を散布した。粉剤と粒剤は10a当た

り 3kg, トリシクラゾール水和剤 (1,000 倍) は 30%, EDDP 乳剤 (1,000 倍) は 100% を散布した。収穫直前に 1 区当たり 10 株を抽出し, 上位 2 葉 (止葉とその下位葉) の葉いもち病斑数と首いもち罹病穂数を調査して, 各薬剤の防除効果を判定した。

自然感染による葉いもち発生は中程度であったが, 6 種薬剤の散布区はいずれも無散布区に比べて有意な防除効果が認められた。特に, フサライド・ネオアソジン粉剤, トリシクラゾール水和剤, プロベナゾール粒剤の葉いもち防除効果が優れていた (第 5 表)。一方, 首いもちに対する薬剤の防除効果は葉いもちに対する防除効果に比較して明らかに低かった。その原因としては, 首いもちに対する防除効果は激発条件下で検討したので, 最高分けつ期の 1 回だけの薬剤散布では防除できなかったものと考えられる。しかし, 6 種薬剤の中で, プロベナゾール粒剤だけは葉いもちと同様, 首いもちに対しても高い防除効果を示した (第 5 表)。

以上のように, 日本で使用されているいもち病防除薬剤は, エジプトにおいても最高分けつ期の 1 回散布でも葉いもちに対して高い効果を示したことから, エジプトの葉いもち発生圃場における薬剤散布の有効性と必要性が確認された。首いもちに高い効果を示したプロベナゾール粒剤は, 稲体内に抗菌性物質を生成させ, 菌の増殖を阻止する作用があるといわれている。本剤は残効が長く, 葉いもちに対して卓効を示すことが知られているが, エジプトでは葉いもちだけでなく, 首いもちに対しても高い効果を示したことは注目される。なお, エジプ

トでの薬剤によるいもち病防除試験については, 今後さらに激発条件下での散布時期, 散布回数, 散布量について検討する必要がある。

おわりに

本稿では, エジプトの稲作栽培で最近, 最も大きな問題となっているいもち病について, その発生状況と防除状況, 発病に関与しているレースと気象条件, 薬剤による防除効果などについて記述した。エジプトにおける当面のいもち病防除対策としては, 以下の点が指摘される。①圃場抵抗性の強いイネ品種の早急な育成及び普及。②薬剤の適期散布の指導。③種子消毒の励行。④水田に家畜の堆きゅう肥を過剰に施用しない。⑤遅植えを止め, 6 月中旬までの適期移植を心がける。なお, 今後, よりの確かな本病防除対策を確立するためには, エジプトにおける本病の発生生態や発病環境を詳しく解明し, それらを土台として総合防除法を組み立てることが重要であると考えられる。

引用文献

- 1) 浅賀宏一 (1981): 農事試験報 35: 51~138.
- 2) 江塚昭典ら (1969): 中国農試報 E-4: 33~53.
- 3) 逸見武雄ら (1939): 日植病報 9: 147~156.
- 4) 加藤 肇ら (1974): 農技研報 C28: 1~61.
- 5) 鈴木穂積 (1969): 農業気象 24: 211~218.
- 6) 田中孝幸 (1985): エジプト米作機械化計画昭和 59 年度事業報告 3~8.
- 7) ——— (1986): 北陸農試ニュース 36: 7.
- 8) YAMADA, M. (1985): JARQ 19: 178~183.
- 9) 吉野嶺一 (1979): 北陸農試研報 22: 163~221.

中央だより

○検査対象重要病害虫特別対策事業検討会開催さる

検査対象重要病害虫特別対策事業検討会が, 5 月 11 日農水省農蚕園芸局会議室において, 山形県, 静岡県, 奈良県, 愛媛県などの事業実施 10 県の担当者及び植物防疫課, 果樹花き課, 横浜・名古屋・神戸・門司植物防疫所, 東北・関東・九州農政局担当官の計 33 名が参集し開催された。

本事業は, 諸外国が検査上の見地から輸入禁止の対象としている病害虫の新たな防除体系を確立し, その実証データを作成し, 輸出検査条件の整備を図ることを目的として昭和 62 年度から実施している。

米国向けうんしゅうみかんの輸出条件緩和対策については, 静岡県, 和歌山県, 広島県, 愛媛県, 佐賀県及び

熊本県が, 落葉果樹 (りんご, かき, ぶどう及び無袋なし) の新防除体系の確立については, 山形県, 群馬県, 山梨県及び奈良県が実施している。

○ミバエ類等特殊病害虫検討会開催さる

ミバエ類等特殊病害虫検討会が, 6 月 9~10 日農水省共用第 5 号会議室において, 鹿児島県, 沖縄県, 東京都, 農業環境技術研究所, 熱帯農業研究センター, 横浜・門司・那覇の各植物防疫所, 沖縄開発庁, 沖縄総合事務局, 国土庁, 同小笠原総合事務所, (株)農林水産航空協会及び植物防疫課の担当者が参集し開催された。

会議では, ①昭和 62 年度ミバエ類等防除事業の実施状況, ②昭和 63 年度ミバエ類防除事業の実施計画, ③アフリカマイマイの生態及び天敵の研究, ④アリモドキソウムシ根絶技術確立事業の進め方について検討が行われた。

有機スズ剤抵抗性カンザワハダニの生理・生態的特性

塩野義製薬株式会社油日ラボラトリーズ ^{いし}石 ^{くろ}黒 ^{たけ}丈 ^お雄

はじめに

ハダニ類の防除には、以前より有機リン剤や非有機リン剤の選択性殺ダニ剤が使用されてきたが、抵抗性の発達によって防除がしだいに困難となり、抵抗性問題の重要性が認識されるようになった。

抵抗性発達の理由として、ハダニの生活史が短く、年間世代数が多いこと、移動・分散性が低いこと、近親交配が行われやすいことなどの生態的特性のため、薬剤散布が頻繁に行われる条件下では抵抗性遺伝子の頻度の高まりが早く、結果的に抵抗性を発達させやすいと思われる。

これまで多くの殺ダニ剤が開発されたが、抵抗性が発達してわずか数年の間には使用できなくなる事例が多かったが、有機スズ剤は、従来の殺ダニ剤に抵抗性のハダニ類に対しても交差抵抗性がなく、その効果も高いことから、主要なハダニ防除剤として使用されてきた。有機スズ剤、特に、水酸化トリシクロヘキシルスズ（シヘキサチン、商品名：プリクトラン、以下、プリクトランと記す）は諸外国でも広く使用され、わが国では1972年に登録され、特に、チャのカンザワハダニの防除剤として広範に使用されていた。

プリクトランの開発後も、酸化フェンブタスズ（商品名：オサダン）が上市されており、現在でも有機スズ剤の開発は行われている。

しかし、有機スズ剤も、使用されるにつれて、ほかの殺ダニ剤と同様に抵抗性を示すハダニが認められはじめ、わが国ではカンザワハダニに対して1975年ごろより一部の地域で殺ダニ効果の減退が観察されてきている。

薬剤抵抗性の実態が全国的規模で検討されている果樹類のハダニ類（ミカンハダニ、リンゴハダニ、ナミハダニ）と異なり、カンザワハダニの薬剤抵抗性についてはあまり検討されていない。したがって、ミカンハダニやナミハダニの薬剤抵抗性に関する生態的・遺伝的研究の報文はよくみられるが、カンザワハダニに関してはその

研究は少なく、しかも有機スズ剤抵抗性カンザワハダニに関する報文は一層少ない。

本報では、筆者らが行った実験結果より、有機スズ剤、特にプリクトランに対するカンザワハダニの抵抗性に関する知見をまとめてみた。

なお、本文を書くにあたって材料として用いたプリクトランは、1987年末に登録が失効していることは周知のとおりである。

I プリクトラン抵抗性カンザワハダニの発育速度と増殖力について

害虫個体群の繁殖は、個体群の発育速度、産仔数や寿命などに支配されている。

筆者は抵抗性カンザワハダニの適応度を明らかにするには、ハダニの内的自然増加率を調べる必要があると考え、まず、プリクトラン抵抗性及び感受性系統を作出した。プリクトランの防除効果の低いといわれる静岡県榛原地域より採集した成虫を、DITTRICH (1972) の方法に従って選抜して抵抗性系統を作出した。一方、長期間薬剤無淘汰の滋賀県甲賀地域より採集し、継代飼育した成虫を個別別に産卵させ、前もって感受性検定して感受性の高い個体を抽出し、これを繰り返して感受性系統を作出した。この両系統の各温度条件下（20、25及び30°C）における雄及び雌の発育期間、寿命、産卵期間、産下卵数、性比及び産下卵のふ化率などを調べたが、温度条件の違いで差異は認められるものの、抵抗性及び感受性系統間で有意な差はなかった。しかし、産卵及び生存曲線における調査で、感受性系統の死虫率が高い傾向がみられた。これらの結果を用いて、個体群の増殖率を示すパラメーターである内的自然増加率を下記の式（BIRCH, 1948）により求めると（第1表）、25及び

第1表 プリクトラン感受性及び抵抗性カンザワハダニの増殖率

系 統	温度条件 (°C)	純繁殖率	世代期間	内的自然 増加率
感 受 性	20	21.48	40.62	0.076
	25	33.39	21.20	0.165
	30	35.19	16.13	0.221
抵 抗 性	20	37.30	39.09	0.093
	25	41.46	22.08	0.169
	30	42.53	16.55	0.227

Physiological and Ecological Characters in the Organotin-compounds Resistance Strains of *Tetranychus kanzawai* (KISHIDA). By Takeo ISHIGURO

30°C 条件下では両系統は類似した値を示すが、20°C 条件下では抵抗性系統の内的自然増加率は、感受性系統に比較して高い傾向が認められた。

$$\int_0^{\infty} e^{-rx} l_x m_x dx = 1$$

$r = l_n R_0 / T$ $T = \text{世代期間}$
 $x = \text{時間 (日)}$
 $l_x = \text{齢別生存率}$
 $m_x = \text{齢別出生率}$
 $R_0 = \text{純繁殖率}$

この高い値は、プリクトラン抵抗性の発達を早める一つの要因とも考えられる。しかし、この増殖率は限られた個体群について調査した値であり、カンザワハダニの増殖率とプリクトラン抵抗性が密接に関連しているか否かは、種々の地域から採集した個体群について増殖率を比較する必要がある。

浜村 (1985) や刑部 (1987) は、カンザワハダニのプリクトラン抵抗性の発達程度を感受性検定により地域別に調べ、同じ県内・地域内でも発達程度に明らかに差があり、プリクトランの散布歴の差異によるものと考えられるとしているが、野外の個体群においては抵抗性程度の異なる個体がいろいろの割合で混在しているので、各地域の個体群間の増殖率の差異が一因として作用しているのかもしれない。

II プリクトラン抵抗性の遺伝様式

ハダニ類の薬剤抵抗性の発達速度が薬剤によってかなり異なることは、圃場における薬剤感受性の変動や室内淘汰実験によりその事実が指摘されている。薬剤抵抗性の発達やその復元には様々な要因が関与している。すなわち、①個体群がその群内に保有している抵抗性遺伝子とその頻度、②自然淘汰に対する適応度、③淘汰圧の強度とその回数、④抵抗性の遺伝様式、などがある。そして、昆虫の抵抗性についてはその遺伝様式がきわめて重

要であるといわれている。

一般に、薬剤抵抗性が単一の優性の主働遺伝子に支配されている場合、薬剤淘汰により比較的速やかに抵抗性個体の割合が高まり、集団内の交雑によって抵抗性は発達する。一方、劣性の主働遺伝子に支配される場合、抵抗性の発達は概して遅いといわれている。すなわち、薬剤抵抗性が優性遺伝子に支配され、抵抗性個体の自然淘汰に対する適応度が感受性系統と比較して大差ない場合、劣性遺伝子に支配される薬剤より、抵抗性の発達は早いと考えられる。

ハダニ類の薬剤抵抗性に関する遺伝的研究は、ナミハダニを対象とした有機リン剤抵抗性が大部分であり、一般に有機リン剤抵抗性は優性または不完全優性遺伝であり、遺伝子分析の結果では単一の主働遺伝子により支配されていることが明らかにされている。一方、選択性殺ダニ剤に対する抵抗性については、ナミハダニにおけるテトラジホン抵抗性が単一の不完全優性の主働遺伝子により、また、ケルセン抵抗性はナミハダニやミカンハダニで不完全劣性の主働遺伝子によって支配されていることが示されている。

有機スズ剤に関しては、ナミハダニのプリクトラン抵抗性の遺伝様式には複数の遺伝子が関与し (CROFT et al., 1984), *Tetranychus pacificus* (MCGREGOR) のプリクトラン抵抗性は不完全劣性の主働遺伝子により支配されており、酸化フェンブタスズ抵抗性と交差抵抗性を示すことが指摘されている (HOY et al., 1988)。

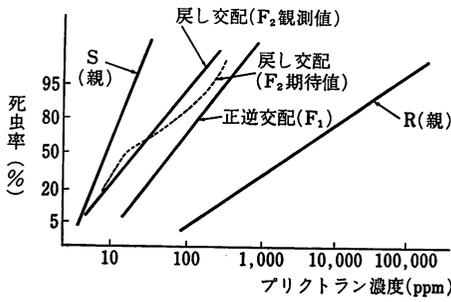
カンザワハダニの抵抗性遺伝様式については、桑原 (1984) はクロルフェナミジンと PAP 抵抗性は不完全優性の主働遺伝子により、また、ケルセンは常染色体上の単一の不完全劣性遺伝子によって支配されていることを明らかにしている。

有機スズ剤抵抗性カンザワハダニの遺伝様式に関する報文は見当たらず、筆者は前述の方法で作出したプリクトラン感受性及び抵抗性系統を用いて、プリクトラン抵

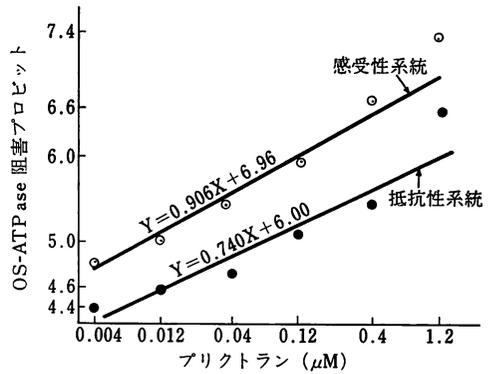
第2表 プリクトラン感受性及び抵抗性カンザワハダニ、正逆交配及び戻し交配して得たカンザワハダニに対するプリクトランの殺ダニ活性

系 統	供試個体数	半数致死濃度 (ppm)	回帰直線の傾き	抵抗性比
〈親〉				
S	2,343	10.21 (8.64-12.24)	4.39	—
R	1,873	2883.14 (-)	1.23	282.38
〈正逆交配〉				
S雌×R雄	2,306	66.42 (57.92-75.82)	2.19	6.5
R雌×S雄	2,441	79.43 (71.12-88.58)	2.24	7.8
〈戻し交配〉				
(S雌×R雄)×S雄	2,043	24.85 (20.67-29.12)	2.15	2.4
(R雌×S雄)×S雄	2,309	27.46 (21.22-33.56)	2.17	2.7

S：感受性，R：抵抗性



第1図 プリクトラン感受性(S)及び抵抗性(R)カンザワハダニ、正逆交配、戻し交配カンザワハダニに対するプリクトランの薬量・死虫率回帰直線



第2図 プリクトラン感受性及び抵抗性カンザワハダニから調製したオリゴマイシン感受性ATPase (Os-ATPase) と対するプリクトランの阻害活性

抗性の遺伝様式を調べてみた。すなわち、両系統のプリクトランに対する反応(感受性検定)を葉面散布法による室内試験で調べた結果(第2表)、感受性系統のLC-50値は10.2ppmであるのに対して、抵抗性系統のそれは2,800ppm以上であり、その抵抗性比は280以上という値が得られた。また、回帰直線の傾き(Slope)が感受性系統が4.39であるのに対して、抵抗性系統のそれは1.23であり、その値が大きく異なる。傾きが小さいということは、抵抗性系統がプリクトランの濃度の増加に対して反応の変異が大きいことを示している。これは抵抗性に関与する要因が複数であるか、または、単一の要因のプリクトランに対する反応の複雑性を反映しているのかもしれない。次に、感受性及び抵抗性系統を正逆交配したF₁雌成虫の薬量死虫率回帰直線(第1図)は、両系統の回帰直線の間よりかなり感受性系統によって示される回帰直線の側に寄っている。また、正逆交配によって得られたF₁雌成虫に対するプリクトランのLC-50値にはほとんど差が認められないことにより、プリクトラン抵抗性は両性によって遺伝するものであり、伴性遺伝によるものではないことを示している。さらに、F₁雌成虫を両系統の雄成虫に戻し交配したF₂雌成虫の回帰直線は、有意な直線性を示し、プリクトラン抵抗性が単一の遺伝子によって支配されていると仮定した場合に予想される薬量死虫率回帰曲線とは有意に異なる(P>0.05)。したがって、カンザワハダニのプリクトラン抵抗性は、複数の遺伝子により支配されていると考えられる。今回、観察された抵抗性遺伝様式はカンザワハダニのプリクトラン抵抗性の発達を遅延させる一要因であると考えられる。

一方、このプリクトラン抵抗性カンザワハダニは、開発中のある種の有機スズ化合物に対してプリクトランとは異なった反応を示す結果を得ている。すなわち、この

有機スズ化合物の感受性系統に対するLC-50値は、プリクトランとはほぼ同じ値を示すが、抵抗性系統に対しては明らかにプリクトランより低い値を示し、その抵抗性比は7.3であり、部分的にプリクトラン抵抗性と交差するものの、プリクトランの抵抗性比280以上とは明らかな差異が認められた。以上のように、同じ有機スズ剤においてもやや異なる遺伝様式が予想され、有機スズ剤の抵抗性はかなり複雑な面を有しているようである。

III プリクトランのATPaseに対する阻害活性

有機スズ化合物(例えば、トリアルキルスズやプリクトラン)は、エネルギー転移阻害剤として知られており、ATPaseに作用してエネルギーの転移を阻害し、呼吸と酸化的リン酸化を止める作用を有する。

プリクトランはナミハダニから調製したミトコンドリア中のオリゴマイシン感受性ATPaseを強く阻害することが報告されている(CARBONARD et al., 1986)。

筆者は前述の作出したプリクトラン感受性及び抵抗性カンザワハダニの磨砕液より、オリゴマイシン感受性ATPase(以下、Os-ATPase)をKoch(1969)の方法に従って調製し、プリクトランの両系統のOs-ATPaseに対する阻害活性を調べたところ(第2図)、感受性系統から調製したOs-ATPaseに対する50%阻害は6.9nM、これに対して、抵抗性系統からのOs-ATPaseに対するそれは45.2nMであり、この値は感受性系統のOs-ATPaseに対して約7倍である。この結果は前述のナミハダニのOs-ATPaseの活性値と類似しており、両種のハダニのプリクトラン抵抗性に関与する一つの共通した機構として、Os-ATPaseのプリクトランに対する感受性の低下が考えられる。

一方、先に示した開発中の有機スズ化合物の両系統からの Os-ATPase に対する阻害活性は、プリクトランで得られた値とほぼ同じである。しかしながら、抵抗性系統のカンザワハダニに対する殺ダニ活性がプリクトランと比較して LC-50 値で 40 倍異なる点からみると、Os-ATPase 阻害力と必ずしも相関しない。すなわち、この化合物はプリクトランと共通した Os-ATPase 阻害以外の異なった作用点を有するものか否かは、さらに進んだ実験が必要であろう。

おわりに

これまで主としてカンザワハダニのプリクトラン抵抗性に関して、内的自然増加率や遺伝様式などについて文献と比較して述べてきた。

有機スズ剤の抵抗性の発達は従来の有機リン剤や選択性殺ダニ剤と異なり、かなりゆっくり進む傾向にある。これは多分、有機スズ剤の抵抗性遺伝様式が他剤とは違うものと推察した。

多くの抵抗性発現事例があるにもかかわらず、有機スズ剤に関する作用機構や抵抗性機構に関する研究は他剤と比較して少ないが、今後の殺ダニ剤の重要性からみて、将来的に解明されるであろう。

本文に記載した実験は筆者の共同研究者である大羽克明、水谷 章及び宮園 稔各氏に協力を得たことに謝意を表したい。

引用文献

- 1) CARBONARD, M. A. et al. (1986): J. Econ. Entomol. 79 (3): 576~579.
- 2) CROFT, B. A. et al. (1984): ibid. 77 (3): 574~578.
- 3) 浜村徹三 (1985): 茶技研 No.62: 46~51.
- 4) HOY, M. A. et al. (1988): J. Econ. Entomol. 81 (1): 57~64.
- 5) 桑原雅彦 (1984): 農技研報告 C-39 号. カンザワハダニの薬剤抵抗性に関する研究
- 6) 水谷 章ら (1988): 応動昆雑誌 (投稿中)
- 7) 刑部 勝 (1987): 植物防疫 41: 282~285.

農薬に関する唯一の統計資料集! 登録のある全ての農薬名を掲載!

農 薬 要 覧

農林水産省農蚕園芸局植物防疫課監修

— 1987年版 —

B 6判 642 ページ オフセット印刷
4,100 円 送料 300 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
主要農薬原体生産数量 種類別会社別農薬生産・出荷数量など
- II 農薬の流通, 消費
県別農薬出荷金額 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
61年9月末現在の登録農薬一覧 農薬登録のしくみなど
- V 新農薬解説
- VI 関連資料
農作物作付(栽培)面積 空中散布実施状況など
- VII 付 録
農薬の毒性及び魚毒性一覧表 名簿 登録農薬索引など

—1986年版— 4,100円 送料300円

—1983年版— 3,200円 送料250円

—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, 84,
85年版—

品切絶版

お申込みは前金(現金・小為替・振替)で本会へ

シ ョ ウ ガ ウ イ ル ス 病 の 発 生 と 防 除

長崎県総合農林試験場 ^{にし の としかつ} 西野敏勝・^{さかぐちそういち} 坂口荘一*・^{しん すとしのり} 新須利則

はじめに

シ ョ ウ ガ の モザイク 症 状 は、1960 年 代 か ら 長 崎 県 内 の 産 地 で 認 め ら れ て い た が、被 害 が 問 題 に な る こ と は な か っ た。し か し、1977 年 南 高 来 郡 の 一 部 産 地 で 多 発 生 圃 場 が 確 認 さ れ た の に 続 い て、数 年 の 間 に 被 害 圃 場 は 急 速 に 拡 大 す る 傾 向 が み ら れ た。本 県 で 栽 培 さ れ る シ ョ ウ ガ の 用 途 は、青 果 あ る い は 加 工 用 だ け で は な く、種 シ ョ ウ ガ と し て の 比 率 も 高 い こ と か ら、本 症 状 の 発 生 は シ ョ ウ ガ の 生 産 安 定 上 大 き な 障 害 に な る こ と が 憂 慮 さ れ た。

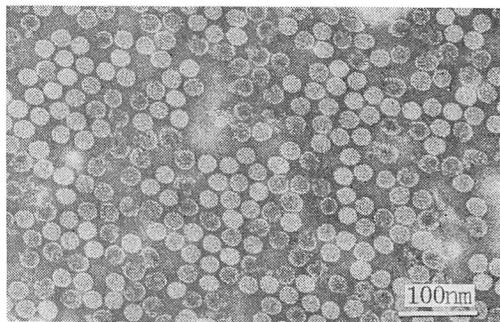
そ こ で、1979 年 に 県 内 シ ョ ウ ガ 産 地 に お け る 本 症 状 の 発 生 実 態 調 査 を 行 う と と も に、原 因 究 明、発 生 防 止 法 な ど に 関 す る 試 験 を 開 始 し た。そ の 結 果、本 症 状 は キ ュ ウ リ モザイク ウィルス (CMV) に よ る ウィルス 病 で あ り、マ ル チ 資 材 な ど を 用 い て は ほ ぼ 完 全 に 防 除 で き る こ と が 判 明 し た。以 下、そ の 概 要 を 紹 介 し、参 考 に 供 し た い。な お、ア ブ ラ ム シ の 同 定 は 農 林 水 産 省 蚕 糸 試 験 場 桑 害 虫 研 究 室 の 宮 崎 昌 久 室 長 に 依 頼 し た。厚 く お 礼 申 し 上 げ る。

I 病原ウイルスの確認と伝搬

本 症 状 は、被 害 の 様 相 か ら ウィルス 病 で あ る と 考 え ら れ た の で、病 原 ウィルス を 明 ら か に す る た め、植 物 検 定、血 清 反 応 な ら び に 電 子 顕 微 鏡 に よ る 観 察 を 行 っ た。

そ の 結 果、植 物 検 定 に よ り 病 原 ウィルス と し て CMV が 示 唆 さ れ、CMV の 抗 血 清 に 対 し て 陽 性 反 応 が 認 め ら れ た。さ ら に、電 子 顕 微 鏡 に よ る 観 察 で も CMV と み な さ れ る 直 径 30nm の 球 状 粒 子 が 多 量 に 観 察 さ れ た (第 1 図)。

わ が 国 の シ ョ ウ ガ で ウィルス 病 の 発 生 が 最 初 に 報 告 さ れ た の は 1954 年 で、河 合 (1954) は そ の 著 書 「園 芸 病 害 編」で 病 名 を 萎 縮 病、病 原 を Virus と し、キ ュ ウ リ バ イ ラ ス に よ っ て 発 病 す る と 記 し た。匠 原 ら (1978) は シ ョ ウ ガ の ウィルス が CMV で あ る こ と を 血 清 反 応 に よ り 確 認 し、大 木 ら (1980) も 追 認 し た。現 在、日 本 植 物 病 理 学 会 で は、シ ョ ウ ガ の ウィルス 病 に つ い て 大 木 ら



第 1 図 ウィルス 粒 子 の 電 頭 観 察 像

の 報 告 に 基 づ き、病 名 を ウィルス 病、病 原 ウィルス を CMV と し て い る。長 崎 県 で 発 生 し た モザイク 症 状 に つ い て、坂 口 ら (1983) が 調 査 し た 結 果 も こ れ ら の 報 告 内 容 と 一 致 し、本 症 状 を CMV に よ る ウィルス 病 と 判 定 し た。

本 病 の 圃 場 に お け る 伝 染 は ア ブ ラ ム シ に よ る も の と 推 察 さ れ る。そ こ で、ワ タ ア ブ ラ ム シ を 用 い て 発 病 株 か ら 健 全 株 へ の 伝 染 を 試 み た。そ の 結 果、一 葉 期 の シ ョ ウ ガ に 対 し て 保 毒 無 翅 成 虫 を 20 頭 接 種 し た 場 合 に 50%、3 葉 期 に 対 し て 20% の 伝 染 が 確 認 さ れ た。

II 発病株の症状と被害

発 病 株 の 症 状 は 大 き く 二 つ の グ ル ー プ に 分 け ら れ る。す な わ ち、萌 芽 時 か ら モザイク 症 状 を 呈 し、生 育 が 不 良 で 株 全 体 が 萎 縮 し て 収 穫 期 に は 枯 死 す る も の と、当 初 は 正 常 な 生 育 を 示 し、後 期 に 出 芽 し た 茎 に モザイク 症 状 が 発 現 す る 場 合 で あ る。お そ ら く、こ れ ら は ウィルス の 感 染 時 期 の 差 に よ る も の と 考 え ら れ、前 者 は 前 作 に 感 染 し た 株 か ら 採 種 し た 種 シ ョ ウ ガ に 由 来 し、後 者 は 生 育 途 中 の 当 代 感 染 に 由 来 す る も の と 推 察 さ れ る。

そ の 年 に 感 染 し た 発 病 株 の 多 く は、健 全 株 の 指 数 を 100 と し た 場 合、莖 数 60、莖 長 52、莖 葉 重 20、根 茎 重 32 で 収 量 が 68% 程 度 低 下 し た。早 期 発 病 株 で は 枯 死 す る 株 も 多 い。し か し、感 染 時 期 が 遅 く 発 病 程 度 の 軽 い 株 で は、根 茎 の 肥 大 が 健 全 株 と 差 が な い も の も あ り、収 穫 後 莖 葉 を 切 除 さ れ た 根 茎 で は、罹 病 根 茎 の 識 別 が 困 難 で あ る。

し た が っ て、翌 年 の 植 え 付 け 時 に 罹 病 根 茎 が 種 シ ョ ウ ガ と し て 利 用 さ れ る 恐 れ が あ り、種 シ ョ ウ ガ の 確 保 に あ

* 現 長 崎 県 病 害 虫 防 除 所

Occurrence of a Virus Disease of Ginger and its Control by Plastic Film Mulching. By Toshikatsu NISHINO, Soichi SAKAGUCHI and Toshinori SHINSU

第 1 表 ショウガ畑に飛来したアブラムシの種類 (1981~1983)

区 分	ア ブ ラ ム シ 名	学 名	略符号	
◎	※	マメアブラムシ	<i>Aphis craccivora</i> KOCH	Ac
◎	◎	ワタアブラムシ	<i>Aphis gossypii</i> GLOVER	Ag
◎	◎	オカボノアカアブラムシ	<i>Rhopalosiphum rufiabdominalis</i> (SASAKI)	Rr
◎	◎	※	<i>Rhopalosiphum maidis</i> (FITCH)	Rm
◎	◎	トウモロコシアブラムシ	<i>Hyalopterus pruni</i> (GEOFFROY)	Hp
◎	◎	モモコフキアブラムシ	<i>Aulacorthum solani</i> (KALTENBACH)	As
◎	◎	※	<i>Myzus persicae</i> SULZER	Mp
◎	◎	ジャガイモヒゲナガアブラムシ	<i>Acyrtosiphon pisum</i> (HARRIS)	Ap
◎	◎	※	<i>Brevicoryne brassicae</i> (LINNE)	Bb
◎	◎	モモアカアブラムシ	<i>Macrosiphum akebiae</i> SHINJI	Ma
◎	◎	※	<i>Takecallis arundicolens</i> (CLARKE)	Ta
◎	◎	エンドウヒゲナガアブラムシ	<i>Ceratovacuna japonica</i> TAKAHASHI	Cj
◎	◎	ダイコンアブラムシ		
◎	◎	※		
◎	◎	ムギヒゲナガアブラムシ		
◎	◎	タケヒゲナガブチアブラムシ		
◎	◎	ササコフキアブラムシ		

◎：ショウガに寄生した種 ○：畑内雑草にも寄生した種 ※：CMV の媒介種

第 2 表 ショウガに寄生したアブラムシの消長とウイルス病の発生状態 (島原市三会, 1983 年)

調査月日	有翅成虫	無翅成虫	幼 虫	合 計 ^{a)}	ショウガの 生育状況	ウイルス病発 病株率 (%)	アブラムシの種類名 ^{b)}
6. 1	17.6	0	3.5	21.1 (1.3)	萌芽始期	0	*Ag (93), Mp (7)
8	18.7	2.3	1.2	22.2 (1.3)	8cm, 2葉	0	*Ag
16	0.8	0.5	0	1.3 (1.4)	13~30cm	0	*Ag (84), Rr (16)
24	0.2	1.2	1.5	2.9 (1.0)	15~35	0	*Ag
7. 1	4.0	0	16.8	20.8 (1.4)	25~45	8.5	*Ag (88), Cj (12)
8	0	0	0.3	0.3 (1.0)	30~55	—	—
18	0.5	0	1.3	1.8 (1.0)	52	16.8	*Ag (50), *Rm (50)
8. 3	0.3	0	0.3	0.6 (1.0)	63	22.4	*Rm
24	0	0	0.5	0.5 (1.0)	74	24.4	—
9. 9	0.5	0	0	0.5 (1.0)	84	26.4	*Ag
10.13	0	0	0	0 (0)	95	—	—

a) 100 株当たり虫数で、カッコ内はアブラムシ寄生株の株当たり総虫数。

b) 種名の略符号は第 1 表参照 (*印は CMV の媒介種)、カッコ内は各調査日における虫数比。

たつてこの点を十分注意しなければならない。

III ショウガ畑におけるアブラムシの発生とウイルス病の発病推移

1 葉上でのアブラムシの確認

局所的に発生していたウイルス病が突如広域かつ高率にまん延した原因について、種ショウガによる伝搬のみでは説明し得ない現象が多く、CMV のアブラムシによる広域伝搬がその原因ではないかと推察された。

ショウガのアブラムシに関しては、田中 (1976) がニワトコヒゲナガアブラムシの寄生がごくまれにあることを記載しているが、ショウガ畑内の発生生態については十分把握されていなかった。また、ウイルス病が問題になった当初、栽培者の間にショウガではアブラムシの寄生は観察されないという意見が多かった。

そこで、筆者ら (1984) は 1981~83 年にかけてショウガの主産地数か所を選定し、アブラムシの発生の有無と種名ならびにその消長を調査した。その結果、いずれの調査地とも、有翅成虫が毎年ショウガの萌芽直後から多数飛来していることが判明した。10 月上旬までショウ

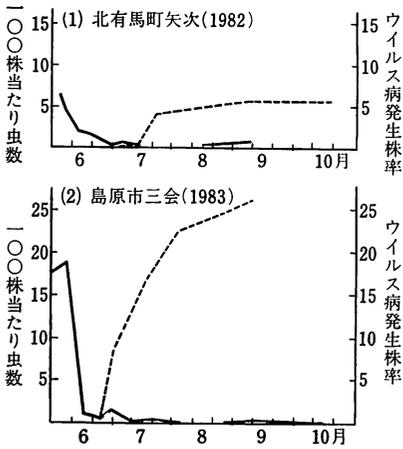
ガに飛来生息した種類は 3 年間で 12 種類が確認された (第 1 表)。

そのうち、CMV の媒介者は 8 種を数え、経時的に多かったのはワタアブラムシであった。

2 アブラムシの発生消長

1983 年の調査結果を第 2 表に示した。アブラムシの寄生は萌芽直後から 1~2 小葉の展開時までが最も多い。時期的にみれば、萌芽初めは 6 月上旬、1~2 小葉の展開は 6 月中旬であり、この間の寄生量は年間寄生量の 80% 以上を占めている。その後 7 月上旬までわずかながら寄生がみられたが、7 月中旬以降は著しく減少し、9 月上旬になって再び少量の寄生が認められた (第 2 図)。

ショウガ葉上で発見されるアブラムシは、ほとんどが有翅成虫であり、見取り調査を行っている間のわずかな時間でも、次々に株間を移動している状態が観察された。幼虫は、1983 年の調査でごく少量認められたが、いずれの時期も株当たり虫数が 2 頭を超えることはほとんどなく、コロニー状の幼虫も認められなかった (第 2 表)。寄生していた幼虫は、有翅成虫の滞在中たまたま産み落



第2図 アブラムシ成虫とウイルス病の発生推移
 実線：アブラムシ成虫数
 破線：ウイルス病の発生株率

とされたか、または昆虫などで運ばれた個体であり、成虫まで発育せずに死亡するものと推定される。無翅成虫も散見されたが、これは幼虫の寄生推移との関連が不明りょうであり、畑内雑草などから移動した個体であろう。

以上のことから、アブラムシはショウガ葉上では繁殖していないものと判断される。有翅成虫の種類別の推移をみると、連続的に飛来したのはワタアブラムシであり、量的にもほかの種類を圧倒していた。

3 畑内雑草でのアブラムシの発生状況

ショウガ畑の雑草は一般に多くはないが、第3表に示すとおり畑内雑草で多量のアブラムシの寄生が観察された。雑草の種類としてはハマスゲが多く、ツユクサ、イヌビユ、メヒシバなども生育していたが、いずれも多数のアブラムシが繁殖しており、CMVの媒介者が4種含まれていた。

アブラムシの飛来源としては、広面積に栽培されている春ジャガイモと思われるが、このほかに畑内雑草及び周辺雑草も無視できないようである。

第3表 畑内雑草におけるアブラムシの寄生状況（北有馬町矢次，1982年）

雑草名	6月7日			6月14日			6月21日		
	調査株数	成虫	幼虫	調査株数	成虫	幼虫	調査株数	成虫	幼虫
ハマスゲ	37	19	44	2	3	0	322	95	54
ツユクサ	1	13	220	—	—	—	—	—	—
メヒシバ	5	31	213	13	15	160	52	14	14
イヌビユ	5	5	127	—	—	—	—	—	—
アブラムシの種類名 ^{a)}	*Ag			*Ag, *Ma, *Rm			*Ag, *As, Rr		

a) 種名の略符号は第1表参照 (*印はCMVの媒介種)。

4 ウイルス病の発生推移

ウイルス病の発生推移は、2年間の結果をまとめて第2図に示した。ウイルス病株は、アブラムシの寄生ピークから25~30日経過したところに症状が目立ち始め、その後7月中旬から8月上旬にかけて急増したが、8月中旬以降はほぼ横ばい状態で病勢の進展はわずかであった。すなわち、大部分の病株は7月中旬から8月上旬までに発症したものである。一方、白色寒冷紗で7月3半旬まで覆った結果、無被覆の隣接列で多発している条件下でも、被覆区は全く発病しなかった。

アブラムシによる非永続性伝播の特徴は、ウイルス獲得と媒介可能時間が短いといわれている。また、飛しょう中のアブラムシは地上物の色に反応し、着陸するまでそれが好適な植物か否かの判断ができず、口針の探り挿入を行い、好適植物を求めて短時間の飛しょうを繰り返すといわれている。ショウガに寄生したアブラムシの個体数が少ないにもかかわらず、ウイルス病株の発生率が高いのは、このような理由によるものであろう。これまでの結果から、ウイルス病を防除するためには、萌芽始めから7月上旬までのアブラムシの飛来を防止することが非常に重要となる。

IV 防除対策

1 各種マルチ資材によるアブラムシの飛来防止とウイルス病の防除

ウイルス病の常発地において、1982~83年の2か年、萌芽前の5月中旬からアブラムシの飛来が顕著に減少する7月上旬までの間、各種資材を用いて畝全体にマルチ処理を行い、アブラムシの寄生状況とウイルス病の発生推移を無処理区と対比して調査した。マルチ処理にあたっては、萌芽に支障のないよう畝の中央に当たる部分をおよそ3cm間隔の30cm幅に切り、両端を畝溝で固定し、7月14日に除去した。調査結果を第4、5表に示した。

2年間に検討した6種類のマルチ処理のうち、最も効

第4表 アブラムシの飛来に及ぼすマルチ資材の影響(島原市, 1983年)

資材名	処理法	有翅成虫数(頭/100株)						
		6月				7月		合計
		日1	8	16	24	1	8	
シルバーストライプマルチ	全面	2.2	0.4	0.2	0	0	0	2.8
シルバーマルチ	//	2.2	0	0	0	0	0	2.2
透明ビニルマルチ	//	0	0.4	0	0	0.5	0	0.9
ポリフィルムマルチ	//	2.2	0	0	0	0	0	2.2
エチルチオメトン粒剤	10a 当たり 6kg 施用	17.4	10.0	0.5	0.3	2.0	0	30.2
サリチオン乳剤	500 倍液 6 回散布 (10a 当たり 200l)	0	9.2	0.2	0	1.0	0	10.4
無処理	—	37.0	20.8	0.7	0.3	4.0	0	63.8
飛来種 ^{a)}		*Ag	*Ag	*Ag	*Ag	*Ag	Cj	
		*Mp		Rr				

a) 種名の略符号は第1表参照(*印はCMVの媒介種).

第5表 マルチ処理におけるウイルス病の発生状況(島原市, 1983年)

資材名	処理法	発病株率(%)					
		7月		8月		9月	
		日1	18	3	24	9	9
シルバーストライプマルチ	全面	0.4	0.6	0.6	0.8	1.0	
シルバーマルチ	//	0	0.2	0.2	0.2	0.2	
透明ビニルマルチ	//	0.4	0.4	0.6	0.8	1.0	
ポリフィルムマルチ	//	0	0	0.2	0.2	0.6	
エチルチオメトン粒剤	10a 当たり 6kg 施用	4.8	11.5	13.0	14.7	20.1	
サリチオン乳剤	500 倍液 6 回散布 (10a 当たり 200l)	8.7	13.5	16.8	19.8	22.6	
無処理	—	8.5	16.8	22.4	24.4	26.4	

第6表 1畝おきマルチ処理におけるウイルス病の発生状況(1985年)

資材名	処理法	調査部位	発病株率(%)			
			北有馬町		島原市	
			月8	9	8	9
			日21	25	22	26
シルバーマルチ	全面	全畝	0.3	0.7	0.3	0.3
シルバーマルチ	1畝おき処理	設置畝 無設置畝	0 0.7	0.6 1.6	0.5 0.3	0.6 0.3
無処理	—	全畝	2.5	3.6	5.7	6.2

北有馬町は畝幅 65cm の 1 条植え, 島原市は畝幅 100cm の 2 条植え.

果の高かった資材は, シルバーマルチ, シルバーストライプマルチの全面処理で, 1条植えにおけるシルバーマルチの畝間処理がこれに次いだ. また, 前記の資材が比較的高価であることから, 経費節減のため透明ビニル, ポリフィルムマルチについても検討したが, 防除効果は高いものの地温上昇による萌芽障害と生育遅延がみられ, 実用性は乏しいものと思われる.

2 薬剤によるアブラムシの防除とウイルス病の防止効果

ショウガにはダイメイチュウ, アワノメイガなどの発生も多く, 薬剤散布が数回行われる. そこで, これら害虫とアブラムシの同時防除によるウイルス病防除効果について検討した.

その結果, 供試したエチルチオメトン粒剤, サリチオ

ン乳剤とも、アブラムシには若干の効果がみられたものの、ウイルス病に対しては全く効果を示さなかった(第4, 5表)。これは、アブラムシの飛来直後口針による探り挿入が行われることから、アブラムシが死亡する前にウイルスの伝染が完了しているためであろう。

3 マルチの省力化試験

マルチ資材とその設置労力の軽減を図る目的で、処理法の簡略化試験を実施した。マルチによる飛来防止は50%以上の被覆面積を要するといわれている。そこで、1畝おきのマルチ処理によってウイルス病が防除できないか検討した。その結果は第6表に示すように、畝幅65cmの1条植え、100cmの2条植えとも、シルバーマルチの1畝おき設置は、全面マルチにはやや劣るが、無処理に比較して高い防除効果が得られた。同一区内でもマルチを設置していない裸地状態の畝では、マルチを処理した畝に比べていくぶん効果が劣るようである。

お わ り に

これまでの調査結果から、シ ョ ウ ガ ウ イ ル ス 病 の 防 除

法として、シルバーマルチ、シルバーストライプマルチ、シルバーマルチの畝間処理及び1畝おき処理のいずれかを、シ ョ ウ ガ の 萌 芽 前 から 7 月 上 旬 まで 設 置 す る こ と に よ り、ウイラス病はほぼ完全に防止できるものと思われる。また、シルバーマルチの1畝おき処理は、全面被覆に比べると若干効果が落ちるので、その地域のウイラス病の発生状況に応じて選択する必要がある。

地域全体のウイラス病防除対策としては、無病種シ ョ ウ ガ の 確 保、上 記 有 効 マ ル チ の 活 用、畑 内 及 び 周 辺 雑 草 の 除 草 等、総 合 的 な 対 策 が 必 要 で あ る。

引 用 文 献

- 1) 河合一郎(1954):園芸病害編,養賢堂,東京,255 pp.
- 2) 大木 理(1980):植物防疫 34:277~280.
- 3) 坂口荘一ら(1983):九病虫研会報 29:21~23.
- 4) 匠原監一郎・井上忠男(1978):日植病報 44:619~625.
- 5) 田中 正(1976):野菜のアブラムシ,日植防,東京,220 pp.
- 6) 西野敏勝ら(1984):九病虫研会報 30:112~115.

本 会 発 行 図 書

土 壌 病 害 に 関 す る 国 内 文 献 集 (II)

北海道大学農学部 宇井格生 編

A 5判 166 ページ 1,200 円 送料 250 円

昭和41年に発行した同書(I)に続いて41年から50年までの10年間に主要学術雑誌などに掲載された文献をすべて網羅して1冊にまとめたもの。内容は、I ウイラス、II 細菌、III 菌類の各々による病害、IV 各種病害、V その他、VI 土壌処理、薬剤防除の分類によって掲載してある。

本 会 発 行 図 書

日 本 有 用 植 物 病 名 目 録

日本植物病理学会 編

第 3 巻 (果樹編)

B 6判 198 ページ

定価 2,300 円 送料 200 円

採録樹種:温帯果樹,熱帯果樹など43種

第 4 巻 (針葉樹編)

B 6判 232 ページ

定価 3,500 円 送料 250 円

採録樹種:林木,緑化樹,竹笹など112種

第 5 巻 (広葉樹編)

B 6判 512 ページ

定価 3,900 円 送料 300 円

採録樹種:林木,花木,緑化樹など387種

お申込みは前金(現金・振替・小為替)で本会へ

(なお,第1,2巻は日本植物病理学会で発行しております)

エルゴステロール生合成阻害を作用点とする殺菌剤

住友化学工業株式会社宝塚総合研究所農薬研究所

たか の ひろ たか
高 野 仁 孝

住友化学工業株式会社農薬化学品管理室

か とし ろう
加 藤 寿 郎

はじめに

エルゴステロール生合成阻害型の殺菌剤 (EBI 剤または SBI 剤) は、農業用ならびに医薬用として広く利用されている。農業用分野では、10 数年前からヨーロッパを中心に、うどんこ病をはじめとして各種病害の防除に用いられてきた。その間、殺菌活性や抗菌スペクトルの改善を目的に新規化合物の探索が続けられ、欧米で

は既に数多くの EBI 剤が実用化されている。これらの剤は、抗菌スペクトルが広く、特に各種作物のうどんこ病、さび病、リンゴ、ナシの黒星病などに卓効を示し、さらにベンズイミダゾール系殺菌剤に抵抗性となった病原菌に対しても効果を有するなど、いくつかの特徴を備えており、年々その使用量は増加している。近年、わが国においても果樹・野菜分野を中心に数種の EBI 剤が農業として登録され、また多くの剤が開発途上にある。

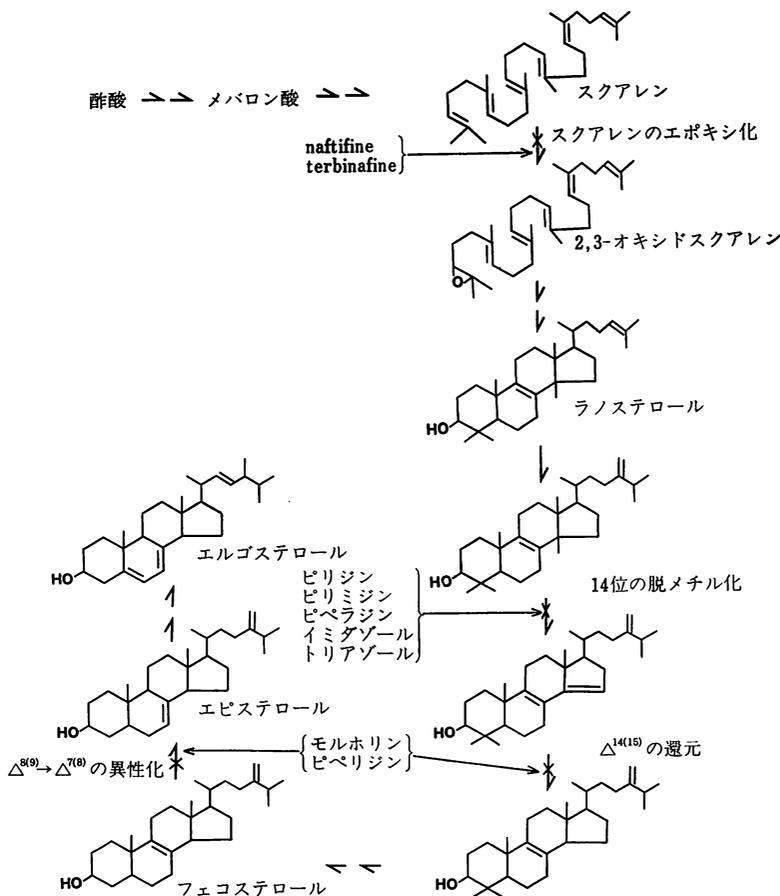
ここでは、EBI 剤の特性ならびに作用性を中心に述べてみたい。

I EBI 剤とは

ステロールは生物の細胞膜の重要な構成成分の一つであり、動物ではコレステロール、植物ではスチグマステロールやシトステロール、菌類ではエルゴステロールが主要な成分となっている。これらのステロールは、細胞膜中、リン脂質の二重層の間に存在し、細胞膜の強度や、透過性さらには各種の膜酵素の作用に影響を与えているといわれている。エルゴステロールは、酢酸からメバロン酸を経て第1図のような経路で生合成される。現在、一般にいわれる EBI 剤とは、スクアレン以降のいずれかの反応を特異的に阻害し抗菌活性を発揮する一連の化合物群を指す。

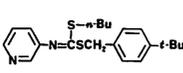
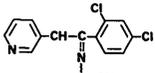
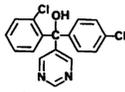
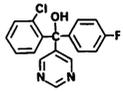
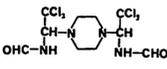
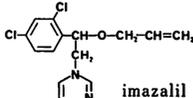
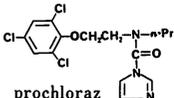
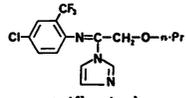
II EBI 剤の特徴

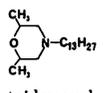
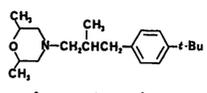
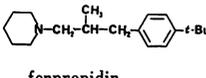
EBI 剤は、ステロールの生合成系を有しない藻菌類を除く、子のう菌、担子菌、不完全菌類などに幅広い抗菌スペクトルを有し、中でも各種作物のうどんこ病に卓効を有することが特徴である。化



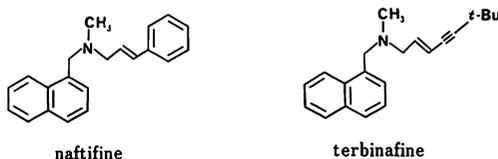
第1図 エルゴステロール生合成経路と EBI 剤の阻害部位

Ergosterol Biosynthetic Inhibitor for Agricultural Fungicide.
By Hiroataka TAKANO and Toshiro KATO

グループ	代表化合物	
ピリジン	 buthiobate	 pyrifenox
ピリミジン	 fenarimol	 nuarimol
ピペラジン	 triforine	
イミダゾール	 imazalil	 prochloraz
	 triflumizole	

グループ	代表化合物	
モルホリン	 tridemorph	 fenpropimorph
ピペリジン	 fenpropidid	

第3図 $\Delta^{8(9)} \rightarrow \Delta^{7(8)}$ 異性化反応, $\Delta^{14(15)}$ 還元反応阻害型 EBI 剤



第4図 スクアレンのエポキシ化反応阻害型 EBI 剤

また、EBI 剤は、植物体内への高い浸透移行性を有していることから、一般に発病前の予防的な薬剤散布のみならず、発病を認めてからの治療的な処理によっても高い防除効果を示す。構造的には、非常にバラエティーに富んでいるが(第2~4図)、作用点の面では3種類に分けられる。以下に作用点別に詳細に述べてみたい。

1 14 位脱メチル化反応阻害剤

RAGSDALE and SISLER (1972) は、ピリミジン系の殺菌剤、triarimol が、*Ustilago maydis* のエルゴステロール生合成を阻害することを見いだした。また、KATO ら (1974) は、ピリジン系の殺菌剤、buthiobate が同様に *Monilinia fructigena* のエルゴステロール生合成を阻害することを報告した。その後、相次いで同様の作用を有する化合物が発見され、現在実用化されているものや、開発中の EBI 剤のうちの大部分は、このグループに属する。EBI 剤のうち、この群のものを DMI (dimethylation inhibitor) 剤ともいう。化合物の系統としては、ピリジン、ピリミジン、ピペラジン、イミダゾール、トリアゾール系などがこれに含まれる(第2図)。これらの化合物は、ラノステロールの14位脱メチル化反応を特異的に阻害することによって、エルゴステロールの生合成を妨げるもので(第1図)、その結果、菌体内に14メチルステロールが蓄積し、最終的に菌糸の伸長が停止する。ラノステロールの14位脱メチル化反応は、チトクローム P-450 が関与した複合酵素系によって酸化的に起こり、これらピリジン系などの化合物は、チトクローム P-450 の活性中心に結合することによって酵素活性を阻害するものと考えられている

第2図 14 位脱メチル化反応阻害型 EBI 剤

化合物によっては、各種作物のさび病、リンゴヤナシの黒星病などにも既存剤に比べ、はるかに低薬量で高い効果を発揮する。これら化合物は、病原菌の孢子発芽は阻害しないが、発芽後の菌糸伸長を阻害する。EBI 剤で処理された菌糸は、分岐が多くなり、細胞の膨潤や細胞壁の厚化などの形態変化が認められる(KATO et al., 1975)。

(GADHER et al., 1983)。

ピリジン系では, *buthiobate* が初期に検討された薬剤であり, 野菜類のうどんこ病に有効である (KATO et al., 1975)。近年同系統の薬剤として開発された *pyrifeno* は, うどんこ病だけではなくリンゴの黒星病やラッカセイの褐斑病, 黒渋病などにも活性を有することが報告されている (ZOBRIST et al., 1986)。

ピリミジン系では, *fenarimol* や *nuarimol* などがある。前者は国内においても登録されており, 果樹, 野菜分野のうどんこ病や, リンゴ, ナンの黒星病, 赤星病などに有効である (BYRDE et al., 1984)。後者はムギ類のうどんこ病や, 種子処理による黒穂病, 斑葉病の防除に効果がある (CASANOVA et al., 1977)。

ピペラジン系では, *triforine* が唯一の薬剤である。本薬剤は, わが国において最も早く登録された EBI 剤であり, 各種作物のうどんこ病や, さび病, 果樹の黒星病, 赤星病などに高活性を示す (DRANDAREVSKI and SCHICKE, 1976)。

イミダゾール系では, *imazalil* が最も初期に開発された薬剤である。本剤はムギの種子処理分野で, 特に斑葉病に高活性を示すほか (GORDON et al., 1985), カンキツなどの貯蔵病害として重要な *Penicillium* 属菌の防除などにも有効である (BROWN, 1984)。prochloraz は, ムギ分野において, うどんこ病, 葉枯病, ふ枯病, 雲形病, 網斑病, 眼紋病に高活性を示すなど広いスペクトルを有するが (BIRCHMORE et al., 1977), ほかのアゾール系化合物と異なりさび病には活性を示さない。近年, ヨーロッパにおいてベンズイミダゾール系殺菌剤に対する耐性菌が問題となっている眼紋病に対しては, 本剤が重要な防除剤となっている。そのほか, イネのばか苗病などにも種子処理で高活性を示すことが報告されている。*triflumizole* は, 国内においても登録されており, 各種作物のうどんこ病, リンゴ, ナンの黒星病, 赤星病などに高活性を有する。さらに, 種子処理によりイネのばか苗病に対しても有効である。

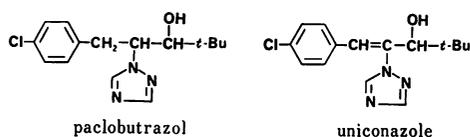
トリアゾール系では, *triadimefon* が最も初期に開発された薬剤の一つである。本剤は, 国内でも登録されており, ムギ類のうどんこ病, さび病, 果樹, 野菜のうどんこ病に卓効を有する。その後, 本化合物の類縁体として, *bitertanol*, *triadimenol* が相次いで開発され, 前者は, *triadimefon* に比べて抗菌スペクトルが広く, リンゴ, ナンのうどんこ病, 黒星病防除剤として, 国内でも登録されている。後者は, 主にムギのうどんこ病や, さび病, さらに種子処理で黒穂病や, 幼苗期のうどんこ病の防除に有効である。*propiconazole* は, *tria-*

dimefon に続いてムギ分野に導入された EBI 剤であり, 抗菌スペクトルが広く, うどんこ病, さび病, 葉枯病, ふ枯病, 雲形病, 網斑病などに高活性を有する (URECH et al., 1979)。*flutriafol* は, ムギ分野で *propiconazole* と同様の抗菌スペクトルを有し (SKIDMORE et al., 1983), さらに種子処理では, 黒穂病や斑葉病に有効である。*diniconazole* は, ムギのうどんこ病, さび病, リンゴ, ナンのうどんこ病, 黒星病, ラッカセイの褐斑病, 黒渋病などに活性を有し (TAKANO et al., 1986), さらに, ムギの種子処理では, 黒穂病に卓効を示す。*penconazole* と *hexaconazole* は, リンゴ, ナンのうどんこ病, 黒星病などに有効である (EBERLE et al., 1983; SHEPHARD et al., 1986)。*flusilazole* は, EBI 剤中唯一のケイ素を含む化合物で, リンゴ, ナンのうどんこ病, 黒星病などに高い効果を示す。また, ムギの分野では, うどんこ病や, さび病, 眼紋病などに有効である (FORT and MOBERG, 1984)。トリアゾール系化合物は, 上記以外にも多くの開発中の化合物があるが, それらの主要な開発分野として, ムギ, 果樹, 野菜類の茎葉病害, イネ, ムギなどの種子病害分野などがある。

2 C_{8,9}→C_{7,8} 位二重結合異性化反応, C_{14,15} 位二重結合還元反応阻害剤

KATO ら (1980) は, モルホリン系の化合物, *tridemorph* (第3図) が, ピリジン系の化合物である *buthiobate* と同様, 菌のエルゴステロール合成を阻害するものの, その作用点が, 後者の 14 位脱メチル化反応阻害と異なり, フェコステロールからエビステロールに至る過程, すなわち, C_{8,9} 位の二重結合の C_{7,8} 位への異性化反応阻害であることを, *Botrytis cinerea* を用いた実験系で明らかにした (第1図)。また, KERKENAAR ら (1981) は, *Ustilago maydis* を用いて, 同化合物が, ラノステロールの 14 位脱メチル化反応直後の C_{14,15} 位の二重結合の還元反応をも阻害することを報告した (第1図)。その後, 同じくモルホリン系化合物, *fenpropimorph* やピペリジン系化合物, *fenpropidin* が, 同様の作用点を有することが明らかとなった (第3図)。

これらは, 化合物によって上記2反応のどちらをより強く阻害するかが異なっており, *tridemorph* では, C_{8,9} 位の二重結合の C_{7,8} 位への異性化反応をより強く阻害し, *fenpropidin* では, C_{14,15} 位の二重結合の還元反応をより強く阻害する (BALDWIN and WIGGINS, 1987)。また, *fenpropimorph* は両反応をほぼ同程度阻害する。本系統の薬剤は, 先の 14 位脱メチル化反応



第5図 トリアゾール系植物生長調節剤

阻害剤に比べて、一般に抗菌スペクトルは狭い。tridemorph は、ムギのうどんこ病に有効で、fenpropimorph と、fenpropidin (BOHNEN et al., 1986) では、同うどんこ病、さび病などに有効である。

3 スクワレンのエポキシ化反応阻害剤

本系統の化合物は、エルゴステロール生合成系のスクアレンから、2, 3-オキシドスクアレンに至るエポキシ化反応を阻害する(第1図)。naftifine や, terbinafine など(第4図)が、このグループに属するが(RYDER, 1987), いずれも医薬用の抗真菌剤で、*Candida* 属や、*Trichophyton* 属の菌類に対して有効である。今後、この系統から農業用殺菌剤が開発される可能性がある。

III EBI 剤によるジベレリン生合成阻害

高濃度の EBI 剤を植物に処理すると、生育抑制や、葉の濃緑化などが観察される場合がある。EBI 剤のうち、14 位脱メチル化反応阻害剤は、高等植物ならびに *Gibberella fujikuroi* のジベレリン生合成系において、カウレンからカウレノールに至る反応を阻害することが知られている(COOLBAUGH et al., 1982 a, b)。逆に、paclobutrazol や uniconazole など(第5図)のように、そのような作用を利用して、植物生長調節剤として開発されているものもいくつかある。一方、多くのトリアゾール系化合物は、その化学構造中に不斉炭素原子を含み、光学異性体が存在する場合が多い。それらの異性体間で、抗菌活性と植物生長調節活性に、差が認められる場合がある。diniconazole には、R(-) 異性体と S(+) 異性体が存在するが、抗菌活性は前者で強く、後者では弱い。逆に、植物生長調節活性は、S(+) 異性体で強く、R(-) 異性体ではほとんど認められない(TAKANO et al., 1986)。また、triadimerol では、1S, 2R 異性体が最も抗菌活性が強く、逆に、植物生長調節活性は、1R, 2S 異性体で最も強いことが報告されている(BURDEN et al., 1987)。

近年、EBI 剤を果樹に散布した場合の花芽形成に及ぼす影響が注目されている。LATHAM ら(1985)は、数種の EBI 剤をリンゴに連続散布したところ、翌年、花芽の数が減少したと報告している。この作用が、ジベレリン生合成阻害によるものかは明らかではないが、そ

の後、同様の報告が HUTCHEON ら(1986)によってもなされた。現在、わが国において、EBI 剤の登録にあたっては、花芽への影響の有無を調べることが必要となっている。

IV EBI 剤に対する抵抗性問題

1981 年、イギリスにおいて、triadimenol に低感受性のムギうどんこ病菌が、圃場で初めて確認された(FLETCHER and WOLFE, 1981)。その後、ヨーロッパ各地でモニタリングが続けられ、同系統の EBI 剤が使用されている地方で、抵抗性菌の存在が確認されるとともに、圃場レベルでの防除効果の低下が認められている地方もある(De WAARD et al., 1986)。これらのうどんこ病菌は、EBI 剤の中でも、トリアゾール系を中心とした 14 位脱メチル化反応阻害剤に対しては、交差耐性を示す。しかし、モルホリン系や、ピペリジン系などの、同じ EBI 剤でも作用点の異なる化合物に対しては、交差耐性を示さないことから、ヨーロッパでは、ムギのうどんこ病に対して、両タイプの薬剤の混合散布や、交互散布が推奨されている。一方、ニュージーランドでは、オオムギの網斑病で(SHERIDAN and GRBAVAC, 1985)、また、オランダでは、キュウリのうどんこ病で(SCHEPERS, 1985) 耐性菌の存在が報告されている。さらに、フランスや、西ドイツでは、リンゴの黒星病においても、14 位脱メチル化反応阻害剤に対する抵抗性菌の存在が報告されている(THIND et al., 1986; STANIS and JONES, 1985)。幸い、わが国においては、まだそのような報告はない。上記のような耐性菌は、ベンズイミダゾール系殺菌剤に対する耐性菌の場合と異なり、耐性のレベルが比較的 low で、うどんこ病に対しては、モルホリン系薬剤との混合などによって、十分な防除効果が得られるため、実用場面において重大な問題とはなっていない。しかし、今後同系統の薬剤の使用が増えるにつれて、耐性レベルが上昇し、防除効果の大幅な低下をまねく可能性は否定できず、作用機作の異なる薬剤とうまく組み合わせて使っていく必要があると思われる。一方、同じ EBI 剤でも、モルホリン系については、感受性の低下は報告されていない。

おわりに

EBI 剤の発見は、ベンズイミダゾール系化合物の発見に次ぐ画期的なものである。その活性の強さや、抗菌スペクトルの広さなどは、ほかの系統の化合物には類をみない。エルゴステロールは、菌体内に必要不可欠のものであり、菌はその代謝系を阻害されることによって、

生育に致命的な影響を受ける。今後、エルゴステロール生合成系において、これまでに述べた以外の新たな阻害部位を有する化合物が発見される可能性も残されている。EBI 剤は、これまでの薬剤に比べ、多くの優れた特徴を有しており、それだけに乱用が懸念される。したがって、適切な使用方法を守り、EBI 剤の特徴をうまく利用した使い方をしていくことが必要である。

最後に、本稿の執筆にあたり、ご指導、ご助言をいただいた、住友化学工業株式会社宝塚総合研究所農薬研究所 藤浪 暉博士、鴨下克三博士、井上 悟博士に深く感謝致します。

引用文献

- 1) BALDWIN, B. C. and T. E. WIGGINS (1987) : Pestic. Sci. 21 : 307~309.
- 2) BIRCHMORE, R. J. et al. (1977) : Proc. Brit. Crop Prot. Conf., pp.593~598.
- 3) BOHNEN, K. et al. (1986) : *ibid.* pp.27~31.
- 4) BROWN, G. E. (1984) : Plant Disease 68 : 415~418.
- 5) BURDEN, R. S. et al. (1987) : Pestic. Sci. 21 : 253~267.
- 6) BYRDE, R. J. W. et al. (1984) : Proc. Brit. Crop Prot. Conf., pp.1143~1148.
- 7) CASANOVA, A. et al. (1977) : *ibid.* pp.1~7.
- 8) COOLBAUGH, R. C. et al. (1982-a) : Plant Physiol. 69 : 707~711.
- 9) COOLBAUGH, R. C. et al. (1982-b) : *ibid.* 69 : 712~716.
- 10) DE WAARD, M. A. et al. (1986) : Neth. J. Pl. Path. 92 : 21~32.
- 11) DRANDAREVSKI, C. A. and P. SCHICKE (1976) : Z. PflKrankh. PflSchutz 83 : 385~396.
- 12) EBERLE, J. et al. (1983) : Proc. 10th Int. Cong. Pl. Prot., pp.376~383.
- 13) FLETCHER, J. T. and M. S. WOLFE (1981) : Proc. Brit. Crop Prot. Conf., pp.633~640.
- 14) FORT, T. M. and W. K. MOBERG (1984) : *ibid.* pp.413~419.
- 15) GADHER, P. et al. (1983) : Pestic. Biochem. Physiol. 19 : 1~10.
- 16) GORDON, T. R. et al. (1985) : Plant Disease 69 : 474~477.
- 17) HUTCHEON, J. A. et al. (1986) : Plant Pathology 35 : 249~253.
- 18) KATO, T. et al. (1974) : Agr. Biol. Chem. 38(12) : 2377~2384.
- 19) ——— et al. (1975) : Ann. Phytopath. Soc. Japan 41 : 1~8.
- 20) ——— et al. (1980) : J. Pesticide Sci. 5 : 69~79.
- 21) KERKENAAR, A. et al. (1981) : Pestic. Biochem. Physiol. 16 : 97~104.
- 22) LATHAM, A. J. et al. (1985) : Plant Disease 69 : 776~778.
- 23) RAGSDALE, N. N. and H. D. SISLER (1972) : Biochem. Biophys. Res. Commun. 46 : 2048~2053.
- 24) RYDER, N. S. (1987) : Pestic. Sci. 21 : 281~288.
- 25) SCHEPERS, H. T. A. M. (1985) : Neth. J. Pl. Path. 91 : 105~118.
- 26) SHEPHARD, M. C. et al. (1986) : Proc. Brit. Crop Prot. Conf., pp.19~26.
- 27) SHERIDAN, J. E. and N. GRBAVAC (1985) : Plant Disease 69 : 77~80.
- 28) SKIDMORE, A. M. et al. (1983) : Proc. 10th Int. Cong. Pl. Prot., pp.368~375.
- 29) STANIS, V. F. and A. L. JONES (1985) : Phytopathology 75 : 1098~1101.
- 30) TAKANO, H. et al. (1986) : J. Pesticide Sci. 11 : 373~378.
- 31) THIND, T. S. et al (1986) : Proc. Brit. Crop Prot. Conf., pp.491~498.
- 32) URECH, P. A. et al. (1979) : *ibid.* pp.508~515.
- 33) ZOBRIST, P. et al. (1986) : *ibid.* pp.47~53.

人事消息

群馬県植物防疫協会は 4 月 1 日付けで事務所を下記へ移転した。

〒371 群馬県前橋市江木町 1251

病害虫防除所内

電話 0272-69-6451 (代表)

東京都では病害虫防除所 (都内 7 か所) を 5 月 17 日付けで統合し、東京都病害虫防除所として下記に設置した。

〒190 東京都立川市富士見町 3-8-1

電話 0425-25-8236

神奈川県では下記の異動があった。

高橋 基氏 (園芸試験場技術研究部長) は園芸試験場長に (4 月 1 日付)

平岡達也氏 (園芸試験場長) は退職 (3 月 31 日付)

三重県農業技術センターは、5 月 2 日付けで下記のとおり電話番号を変更した。

環境部 05984-2-6360

農業大学校 2-1260

病害虫防除所 2-6365

詳細については、総務部管理課 2-6354 までお問い合わせ下さい。

大阪府植物防疫協会では、4 月 1 日付けで下記のとおり電話番号を変更した。

06-942-7654 (府経済連肥料農薬課内)

住所は従来どおり。

岡山大学では組織改正 (4 月 8 日付) を行い、岡山大学農業生物研究所を岡山大学資源生物化学研究所とした。

日本イーライリリー株式会社は 5 月 30 日付けで事務所を下記に移転した。

〒108 東京都港区芝浦 2 丁目 13-7

宇田徳町ビル 5 階

電話 医薬品部東京営業所 03-769-8381

医薬開発部 (東京) 03-769-8381

エランコ事業部農薬部 03-769-8390

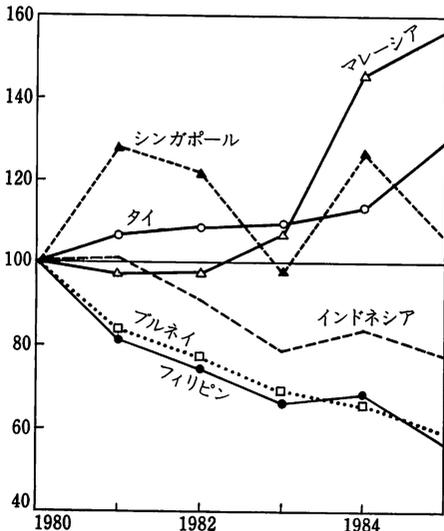
ファクシミリ番号 03-769-8398

ASEAN の「植物病害虫の移動と防除戦略」

農林水産省熱帯農業研究センター* もち だ をさむ
持 田 作

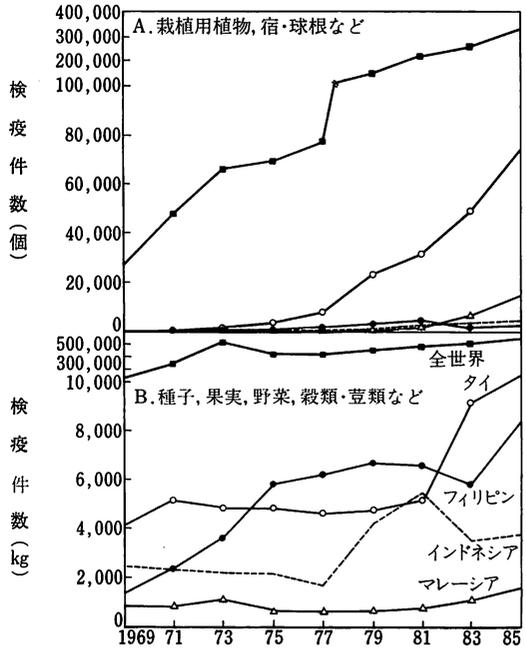
はじめに

ASEAN 諸国からの日本への全輸出額は、フィリピン及び石油輸出国（インドネシアとブルネイ）を除いて、最近増加傾向にある（第1図）。特にタイ、フィリピン、インドネシアからの農産物のわが国への輸出は、植物検疫件数の増加となつて、顕著に現れている（第2図）。熱帯の青果・切り花・観賞植物・飼料などのわが国への輸入は、単に検疫業務の強化を図るだけでなく、検疫業務を迅速・確実に実施するための新技術の開発、検疫現場に到着するまでの病害虫の発生の態の解明など、研究面での強化が要求されている。また農水省熱帯農業研究センター、国際協力事業団、民間企業などが、熱帯での植物病害虫の共同研究・技術協力や経済開発に関係する場



第1図 アセアン6か国の対日本全輸出金額

1980年の金額 (US\$) を100とした比較値。
 資料；アジア経研(1987), アジア・中東動向年報 1987年版；海外経協資(1987), 海外経済協力便覧 1987年版；東京書籍(1983), 最新世界各国要覧 1983年版。



第2図 各輸出国より日本へ輸入された農産物の年当たりの植物検疫検査件数

資料；横浜植防(1973~87), 植物検疫統計, 36~52号。

合、先方からの要望にいつでも受けて立てる態勢、場合によっては、こちらから先方へ指導的先べんを着けるような態勢を整えておく必要がある。したがって、ASEAN 諸国の植物防疫問題にも平素から注目しておく必要がある。

昨年12月16・17日、東南アジア諸国連合植物検疫センター・研修研究所(ASEAN Plant Quarantine Center and Training Institute; ASEAN Planti, マレーシア, セルダン)が主催して、表記の会議が、マレーシアの首都クワラルンプールで開かれた(第3図)。

日本からは、筆者が参加した。以下に、会議の内容と ASEAN Planti について紹介する。なぜなら、今後日本はこれら ASEAN 諸国と政治経済面でますます緊密な関係を保つことになるであろうし、これら諸国からのわが国への農産物の輸出は、品目数でもまた量的にも増加するであろう。したがって植物検疫上の問題も、一層煩雑化するものと考えられるからである。

* 現在 農林水産省農業研究センター
 Movement of Agricultural Pests and Control Strategies in ASEAN Countries. By Osamu MOCHIDA

I 植物病害虫の移動と防除戦略

シンガポールを除くアセアン5カ国とそのほか8カ国(日本・アメリカ・西独・オーストラリア・ニューゼaland・パプアニューギニア・ケニア・ベルギー)ならびに3国際機関(FAO 1名・IRRI 2名・ASEAN Planti 9名)から合計80名(マレーシアから37名)が参加した。検疫実務担当者・政府機関、MARDI・IRRIなどの研究機関、大学・会社などの人々だった。

会議では、検疫による規制、検疫上の病害虫、方法と技術、防除戦略に分けられて、32題の発表があった。

病害虫の移動: 熱帯の有用植物は、現地での主食・野菜・果実などの食用作物、農園作物、民間で利用される薬用植物、林木などまでを含めると、その種類はきわめて多い。したがって病害虫の発生移動を類型化することは、きわめて困難である。それを承知のうえで、現在問題となっている病害虫を、次の三つに分けてみた。

1) アセアン地域の内外で、現在発生・侵入しているきわめて重要な病害虫

① *Leucaena* (ギンネズなどのマメ科喬木) のキジラミ類 (*Heteropsylla* spp.)。中南米原産で少なくとも2種が混生しているらしく、太平洋諸島・フィリピン・インドネシア・タイ・日本(沖縄八重山群島)などに発生。寄主の落葉(特に乾期の)をもたらし、ときには枯死させる。直接の吸汁害のほかに、マイコプラズマ様病害を伝播するのではないかと推定される。

② *Cacao/Coco pod borer/cacao moth (Conopomorpha cramerella = Acrocercops cramerella*, ホソガ科)。東マレーシアのサバ・サラワク両州で発生し、半島には存在しないとされて、西(半島)と東マレーシア間に嚴重な植物検疫(Cacao生果の持ち込み禁止)が実施されてきた。しかし最近になって半島のランブータンに発生するのが、同一種であると認定された。系統があるかもしれないが、詳細は不明。1895年にジャワ島で発見されて以来、Talaur・Sangi・スラウェシ(インドネシア)・フィリピン・パプアニューギニアで発生している。

③ イネミズゾウムシ単為生殖系雌。日本全土。沖縄本島・北海道でその発生が85・86年に確認されて以来、東・東南アジアへの侵入は時間の問題とみなされている。

④ ラブラタスクミリンゴガイ類(*Pomacea* sp./spp.)。アルゼンチンから台湾へ食用として輸入されたが、逃げ出して野生化し、イネ幼苗・サトイモ・レンコ

ン・ヒシ・マコモ・クワイ・イグサ・カンコン(ヨウサイ)などの水生植物を食害。中国(台湾・広東・福建・浙江省)・韓国・フィリピン・日本・東マレーシアに発生。フィリピンには *P. canaliculata* 以外に *P. gigas*, *P. cuprina* も輸入されたといわれる。

⑤ 柑橘/ジャガイモ/コナツヤシなどのウイルス/マイコプラズマ様病害

⑥ トウモロコシのベト病

⑦ ジャガイモシストセンチュウ・キタネコブセンチュウなど。フィリピンの高地に発生。

⑧ コーヒーのさび病 (*Hemileia vastatrix*)。パプアニューギニアで発生。

2) アセアンからの農産物輸出を阻む原因となる病害虫

① 生果(特にマンゴー)のミバエ類。全域に発生。

② Mango seed weevil (*Sternochetus mangiferae*, ゾウムシ科)。マレーシア・フィリピンのほか、パキスタン・インド・バングラディシュ・スリランカ・ビルマ・ヴェトナム・オーストラリア・ニューカレドニア・ハワイに分布。

③ バナナの病害。特に日本向けバナナでは、厳しい基準が要求されている。

3) 侵入する可能性のある病害虫

A. 現在主としてアセアン地域外で発生しているもの

① Larger grain borer (*Prostephanus truncatus*, ナガシクイムシ科)。原産地は、米国以南南コロンビア・ペルーまで。中国(1889)・フランス(1889・1897)・イスラエル(1962)・イラク(1970)・タイ(1976)・西ドイツ(1985)で輸入トウモロコシで発見され、アフリカ各地(特にTanzania, Kenya, Burundi, Rwanda, Zaire, Togo, Benin)でトウモロコシに1981~86年大発生。

② コガネムシの一種 (*Costelytra zealandica*)。ニューゼalandのマメ科牧草に発生中。ただしパプアニューギニア・フィリピンにも分布するといわれている。

B. 種子や栄養繁殖の植物体・遺伝子源とともに侵入するもの

① ジャガイモ/柑橘/コナツヤシ/里イモ/観賞用植物などのウイルス/マイコプラズマ様病害

② ジャガイモ/サツマイモ/里イモなどのセンチュウ

③ 雑草種子(特に牧草の種子とともに)。

今回の発表にはなかったが、スマトラ(インドネシア)とTanjong地域(半島マレーシア)間のトビイロウン

カ；パラワン島（フィリピン）とサバ州（東マレーシア）間・タイ南部と半島マレーシア北部間・東マレーシアとカリマンタン（インドネシア）間のナンヨウイネクロカメムシ *Scotinophara coarctata* の移動の可能性は検討されねばならない問題であろう。マツノザイセンチュウ（？）による松林の枯死は、種子島やホンコンでも、最近急速に増えており、早急な対策が切望されているが、アセアンでも、Baguio（フィリピン）・Lembang（インドネシア）・Cameron Highland（マレーシア）などの松林の調査が実施される必要がある。きわめて種類が多いとされるミバエ類も、分類・種の簡易識別法・強力な誘引法の開発が将来進めば、アセアン地域内での生果の移動も検疫の対象にしなければならないことになるかも知れない。

検疫方法とその技術：西ドイツ技術協力計画（GTZ）による種子ジャガイモ検疫検定は、フィリピンで確実に成果を挙げている。また各国の電頭などの施設の充実に伴って、ASEAN Planti など で研修を完了した研究者・実務者が帰国して、成果を挙げる機会が増しているように見受けられた。ただしアセアン諸国の植物検疫機関は、独自で充実された研究調査施設を保有しているところはなく、各国内の植物防疫機関に付随して、調査業務を実施しているのが実情らしい。したがって、検疫に関する新技術を独自で開発するといった状態ではなく、一般に今まで先進諸国で受入れ実施されている技術を検疫の実務者クラスに、いかにして早く修得させるかを目標にしている。

そのほかの課題：EDB のアメリカ、次いで日本での使用禁止処置は、例えばマンゴーの日本への輸出に直接関係する大問題であり、熱処理によるマンゴーの処理技術は、日本からの情報・技術提供待ちの感がした。

農業の残留毒性（特に野菜の）問題は、各国の法令上の不備ばかりではなく、法令は完備しているもの（？）実際には機能しない状態にあって、人体への影響が大きいと推定されている。これはアセアン諸国（ほかの国からシンガポールへの）内部ばかりでなく、中国大陸・台湾・アセアン諸国から、ホンコンへの農産物（特に青果）の輸出にも関係する問題である。アセアンのある国からシンガポールへ輸出された野菜が、最近到着後シンガポールから「異常に高い農業の残留毒性」という理由で、受取り拒否が起るに及んで、やっと研究者・行政官の注意を招喚するに至った。この点を Singh 所長に指摘して日本政府の同研究所への技術援助・協力研究の可能性を探ったところ、Planti としては、農業残留と病害虫の農業抵抗性については、GTZ に対して施設の充

実・協力要請をすでに申し入れているとのことだった。ベルギー政府は農業・植物検疫技術に関する援助を、会議に出席した C. van Assche 教授を通して、強引に申し入れていた。Planti は日本に対して、ウイルス病研究のための電頭の無償供与とその共同研究を強く要請している。

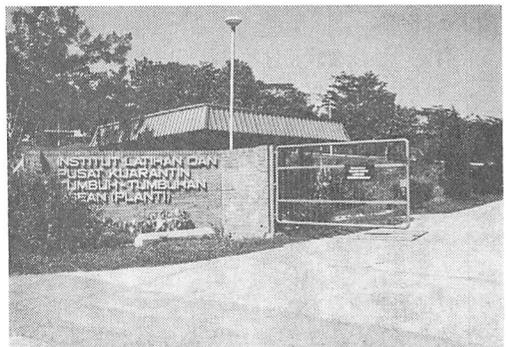
II ASEAN 植物検疫センター・研修研究所

研究所は、ASEAN 5 国が植物病害虫の侵略に挑戦すべきであるとして、80 年 9 月同意書を取り交わし、81 年 1 月クワラルンプール南方約 27km のセラシゴール州・セルダンに建てられた（第 4～6 図）。マレーシア農科大学（UPM）・マレーシア農業研究開発研究所（MARDI）などの農業研究機関が並立する敷地内にある。マレーシア政府が土地を（2 万 2 千ドル）、合衆国国際開発庁（USAID）が建物・機材・運営費など

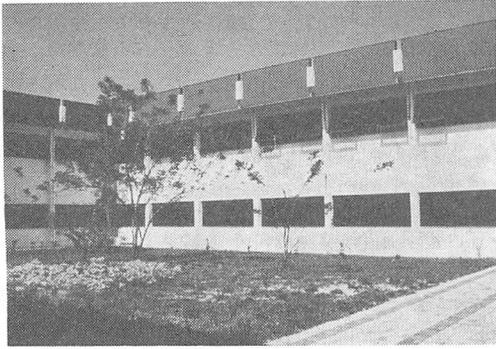


第 3 図 東南アジア諸国連合植物検疫センター・研修研究所（ASEAN PLANTI）会議の開会式（マレーシア、クワラルンプール）。

農業省政務次官 Yb. En MOHAD. Kassim B. Ahmed（左）、農業省官房長 Y. BHG. Dato Ahmad Badri Mohamed Basir（中央）、ASEAN PLANTI 所長、K. G. SINGH 博士（右）。



第 4 図 ASEAN PLANTI の正門



第5図 ASEAN PLANTI の研究本館



第6図 同じキャンパスにあるマレーシア農科大学

(620 万米ドル) を、第一期 5 年分として提供した。第二期分として USAID は 4 百万米ドルを供出することに 87 年 7 月同意している。

研究所は次のことを目標にしている。

- 1) ASEAN 参加国における植物検疫に関する活動 (国内検疫・関係基準法令の整備・研修) の補強
- 2) 第一次農産物の輸出促進
- 3) ASEAN 地域に関係する植物検疫・防除に関する情報収集と広報活動のためのセンターとしての役割
- 4) 植物検疫上重要な病害虫に対する適当な処置方法に関する研究
- 5) 特定の検疫を義務付けされている地域におけるコンサルタント・サービスの提供

職員は、定員 95 名に対し、87 年 12 月現在で 65 名 (所長 Dr. K. G. SINGH, 上級職員 10 名 (研究職 9, 事務職 1), その他 54), 3 研究部 (病理・昆虫/線虫・雑草) と文書部からなり、情報・広報活動は文書部に含まれる。

研修は、研究所の大きな活動の一つであって、大学卒業者を対象にした、5 か月・10 か月; 2 年間の修士号コース; 1 か月以内の短期 (例えば、くん蒸・主要作物

病害鑑定・果実病害虫などの 14 コース) 研修制度がある。

出版広報活動としては、年 1 回のシンポジウムの記録 (Proceedings), 植物検疫ニュース (PLANTI News), 重要病害虫に関する情報 (Pest Data Sheet, PDS) を出している。PDS は各病害虫につき、4~8 頁からなり、学名・生態・発生・防除・主要文献などが簡潔に要約されていて便利である。87 年 12 月現在で 15 号まで出版している。

65 名の職員の国籍は、マレーシア (特にインド系) 人が多いが、千葉大で修士・東北大の雑草で博士号を得た Dr. SOETIKINO S. Sastroutomo (インドネシア), マレーシア政府職員の Mr. Mohammed Azmi bin Abd. Rahim (上級線虫学者) らが、いずれも 2 年契約 (延長の可能性あり) で滞在している。

おわりに

現在日本へ輸入されている熱帯・亜熱帯性果実は、バナナ・マンゴー・ドリアン・アボガド・チェリモヤ・ライム・フェイジョア・グラナディオラ・パパコ・時計草・マンゴスチン・ランブータン・ピリンビン・パパイヤなど 20 種を超えている。原産地は、日本での病害虫の検疫上から、青果としては地域制限が厳しく、また冷凍処理したもの (例えばランブータン・マンゴスチン) が多い。

会議開会式のあと、マレーシア農業政務次官ならびに農業省官房長官に紹介され、日本人の嗜好に合いそうな熱帯果実で、日本への輸出の可能性が高い種類は何かと筆者の意見を聞かれた。日本国内のミカン・リンゴなどの価格保障・生産国での品質管理・恒常的出荷量の確保・流通問題などを別にすれば、検疫問題さえ技術的に解決すれば、マンゴは別にしても、パパイヤ・マンゴスチンなど日本人が好む熱帯果実は多いと思われる。

稲作害虫の移動発生について、トビイロウンカ・ツマグロヨコバイ類・イネノトゲトゲ (*Dicladispa armigera*) に関して、FAO (バンコック事務所) は、アジア 10 国 (バングラディシュ・中華人民共和国・インド・インドネシア・韓国・北朝鮮人民共和国・フィリピン・スリランカ・ヴェトナム・タイ) を招集して、85・87 年に会議を開いている。これに日本が参加したという話は、85 年インドネシアの JICA 専門家であった寒川氏がたまたま参加したのを除いて、聞いていない。これは、日本が招待に応じなかったのか、それとも彼らから無視されて招待状ももらえなかったのかのいずれかであろう。

日本の農産物輸出入に伴う植物検疫は、最近の空海両

路による荷物の量・品目の急速な増加に応じて、複雑多岐にわたっている。日本に未侵入の病虫害、例えばジャガイモ黄色わい化病(Potato yellow dwarf)、ジャガイモスピンドルチューバ(Potato spindle tuber)、イネ条斑細菌病(Bacterial leaf streak)、サトウキビフィージ病、オリーブクロソシカイガラムシ(*Parlatoria oleae*)、カンキツ黒星病、モモキバガ(*Anarsia linea-*

tella) など、東南アジア・近隣諸国で発生中のものに対し厳重な検疫が要求されている。日本の植物防疫・検疫の研究者・関係者が、もっと国際社会との交流を深め、その持てる成果を国際的、特に発展途上国の発展に役立てる努力をする必要があると同時に、我々自身も大きな視点に立ってスケールの大きな仕事を要求されていることを、強く感じた。

本会発行図書

植物防疫講座

病害編、害虫編、農薬・行政編 全3巻

B5判 各巻約 210 ページ 上製本 定価各 2,500 円 全3巻セット 7,000 円

植物防疫に関する専門的な知識を分かりやすく解説した指導書。講習会や研修会などのテキストとして最適な書。

各巻内容目次

病害編

I 総論

- 1 植物の病気
- 2 病原の種類と性質
- 3 病気の診断法
- 4 病気の発生生態
- 5 病気に対する作物の抵抗性
- 6 病気の防除

II 各論

- 1 水稻主要病害とその防除
- 2 果樹主要病害とその防除
- 3 野菜主要病害とその防除
- 4 チャ主要病害とその防除
- 5 クワ主要病害とその防除
- 6 畑作物主要病害とその防除

害虫編

I 総論

- 1 害虫とは何か
- 2 昆虫の形態と分類
- 3 害虫の生態
- 4 害虫の生理
- 5 害虫による作物の被害
- 6 害虫の発生予察
- 7 害虫の防除

II 各論

- 1 水稻主要害虫とその防除
- 2 畑作物主要害虫とその防除
- 3 果樹主要害虫とその防除
- 4 野菜主要害虫とその防除
- 5 茶樹主要害虫とその防除
- 6 桑樹主要害虫とその防除
- 7 有害線虫とその防除
- 8 野そとその防除

農薬・行政編

農薬編

I 総論

II 農薬の作用特性と利用

- 1 病害防除剤
- 2 害虫防除剤
- 3 雑草防除剤
- 4 その他の農薬

III 農薬の施用技術

- 1 農薬製剤と施用法
- 2 防除機

IV 農薬の安全使用

- 1 農薬の人畜に対する毒性
- 2 農薬の作物残留と安全使用
- 3 魚介類、有用昆虫に対する影響
- 4 作物に対する薬害と対策

行政編

I 植物検疫

II 農薬行政

III 防除組織

植物防疫基礎講座

花きに寄生するアザミウマ類の見分け方

慶應義塾高等学校 ^{さい} 采 ^{かわ} 川 ^{まさ} 昌 ^{あき} 昭

はじめに

主要な花き 13 科 20 種から採集記録があるアザミウマ類を、宮崎昌久・工藤 巖 (1988) からピックアップしてみたなら 3 科 16 属 29 種にも及んだ。本稿では、2 種以上の花きから採集記録がある 2 科 8 属 16 種 (第 1 表) について、その特徴と見分け方を述べる。第

2 表には、MOUND et al. (1976) による分類学的位置を示す。

アザミウマ亜目の特徴

①腹部末端は円錐形で、♀には鋸状の産卵管がある。②翅の表面には、無数の微毛が生えている。

アザミウマ科の特徴

①翅は幅が狭く、先端が尖っていて、前翅には縦脈がな

第 1 表 13 科 20 種の花きの 2 種以上から採集記録があるアザミウマ類 (0)

アザミウマ和名略称		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		ク ロ ト ン	チ ャ ノ キ イ ロ	ヒ ラ ズ ハ ナ	マ メ ハ ナ	コ ス モ ス	オ モ ト	ビ ワ ハ ナ	キ イ ロ ハ ナ	ク ロ サ ワ ハ ナ	ハ ナ	ミ ナ ミ キ イ ロ	ダ イ ズ ウ ス イ ロ	ネ ギ	イ ネ ク ダ	シ ナ ク ダ	ハ ナ ク ダ
1. ヒガンバナ科	スイセン			0												0	0
2. ツリガネソウ科	ハウセ				0						0		0		0		
3. カンナ科	カンナ			0							0						
4. ナデシコ科	カーネーション			0				0				0		0			
5. キク科	キク		0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0
	アザミ コスモス ダリア ヒマワリ		0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0
6. ヒルガオ科	アサガオ			0							0	0					
7. ツツジ科	ツツジ	0	0	0						0	0	0			0		
8. アヤメ科	グラジオラス アヤメ			0						0	0			0		0	
9. マメ科	フジ				0												
10. ユリ科	ヒヤシンス ユリ チューリップ			0	0							0		0			0
11. アオイ科	フヨウ			0				0			0	0					
12. サクラソウ科	シクラメン											0					
13. パラ科	バラ	0	0	0	0			0	0		0	0				0	0

Identification of the Flowering Plants Infesting Thrips. By Masaaki SAIKAWA

第2表 アザミウマ類の分類学的位置

Order Thysanoptera	アザミウマ目 (総翅目)
Suborder Terebrantia	アザミウマ亜目 (穿孔亜目)
Family Thripidae	アザミウマ科
Subfamily Panchaetothripinae	アミメアザミウマ亜科
1. <i>Heliothrips haemorrhoidalis</i>	1. クロトンアザミウマ
Subfamily Thripinae	アザミウマ亜科
Tribe Sericothripini	セリコアザミウマ族
2. <i>Scirtothrips dorsalis</i>	2. チャノキイロアザミウマ
Tribe Thripini	アザミウマ族
3. <i>Frankliniella intonsa</i>	3. ヒラズハナアザミウマ
4. <i>Megalurothrips distalis</i>	4. マメハナアザミウマ
5. <i>Microcephalothrips abdominalis</i>	5. コスモスアザミウマ
6. <i>Taeniothrips eucharis</i>	6. オモトアザミウマ
7. <i>Thrips coloratus</i>	7. ヒワハナアザミウマ
8. <i>T. flavus</i>	8. キイロハナアザミウマ
9. <i>T. floreus</i>	9. クロサワハナアザミウマ (新称)
10. <i>T. hawaiiensis</i>	10. ハナアザミウマ
11. <i>T. palumi</i>	11. ミナミキイロアザミウマ
12. <i>T. setosus</i>	12. ダイズウスイロアザミウマ
13. <i>T. tabaci</i>	13. ネギアザミウマ
Suborder Tubulifera	クダアザミウマ亜目 (有管亜目)
Family Phlaeothripidae	クダアザミウマ科
Subfamily Phlaeothripinae	クダアザミウマ亜科
Tribe Haplothripini	ハプロクダアザミウマ族
14. <i>Haplothrips aculeatus</i>	14. イネクダアザミウマ
15. <i>H. chinensis</i>	15. シナクダアザミウマ
16. <i>H. kurdjumovi</i>	16. ハナクダアザミウマ

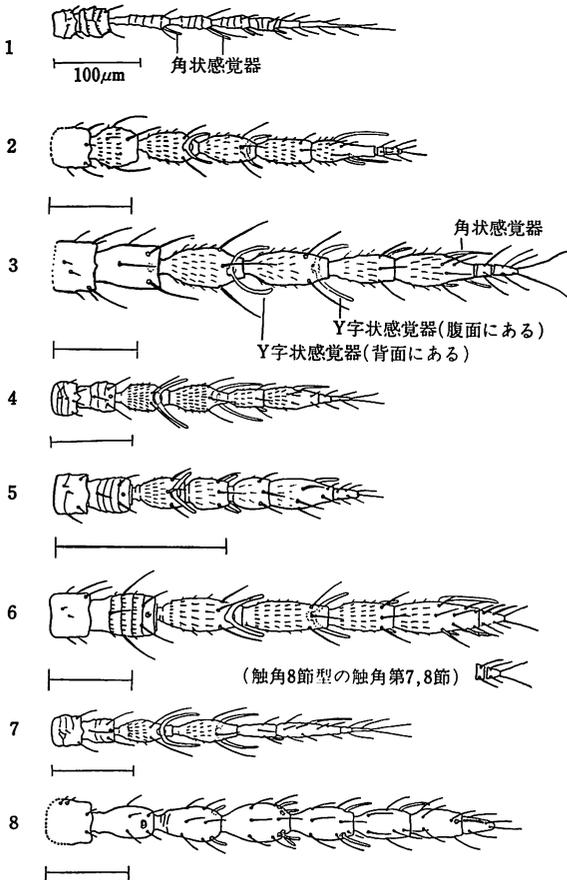


図-1~8: 右触角の形態(♀) 1: クロトンアザミウマ 2: チャノキイロアザミウマ 3: ヒラズハナアザミウマ 4: マメハナアザミウマ 5: コスモスアザミウマ 6: ハナアザミウマ 7: オモトアザミウマ 8: イネクダアザミウマ

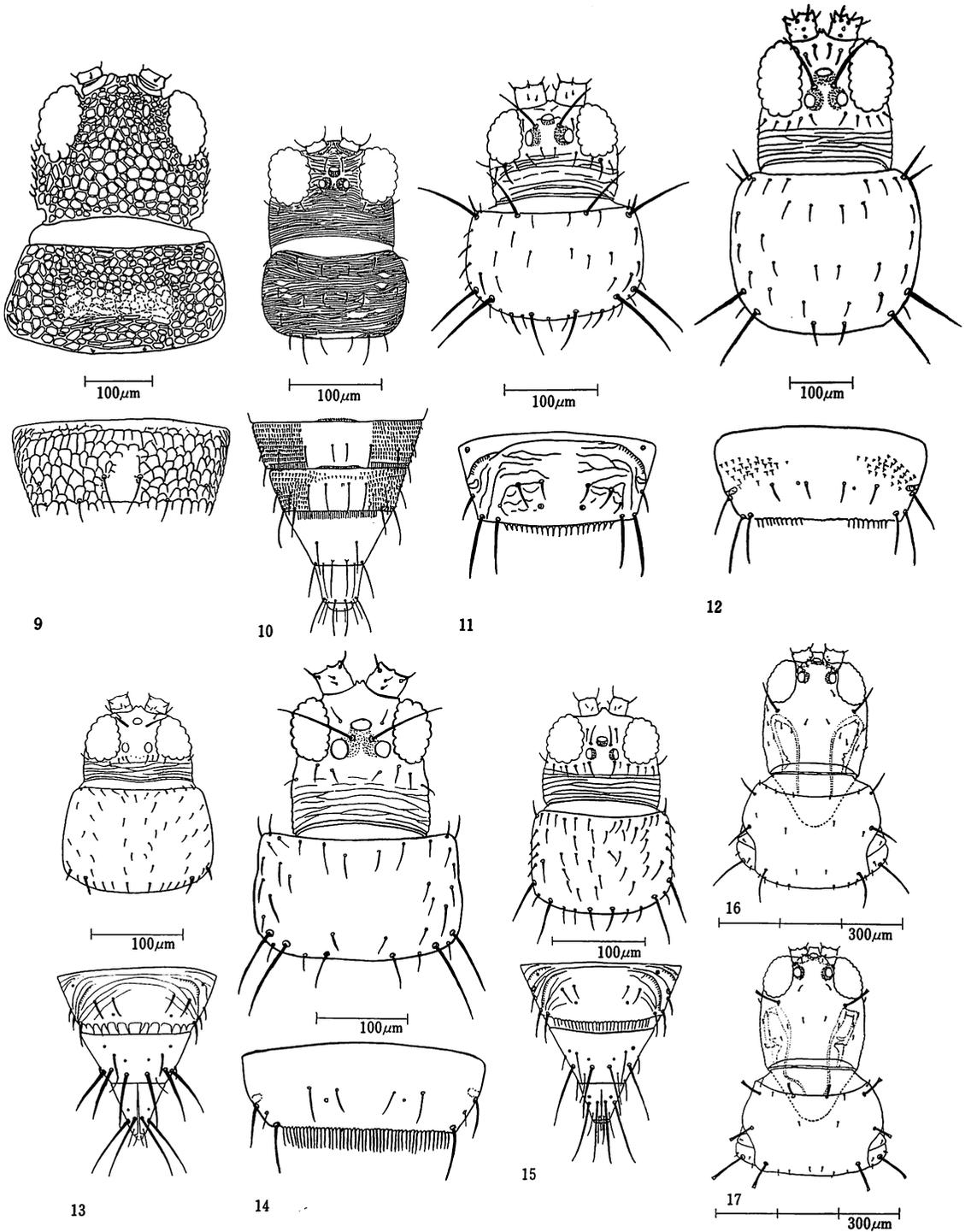


図-9, 11, 12, 14: 頭部・前胸部と腹部第8節背面の形態 (♀)

図-10, 13, 15: 頭部・前胸部と腹部末端背面の形態 (♀)

図-16, 17: 頭部と前胸部背面の形態 (♀)

9: クロトニアザミウマ 10: チャノキイロアザミウマ 11: ヒラズハナアザミウマ 12: マメハナアザミウマ 13: コスモスアザミウマ 14: オモトアザミウマ 15: ビワハナアザミウマ 16: イネクダアザミウマ 17: シナクダアザミウマ

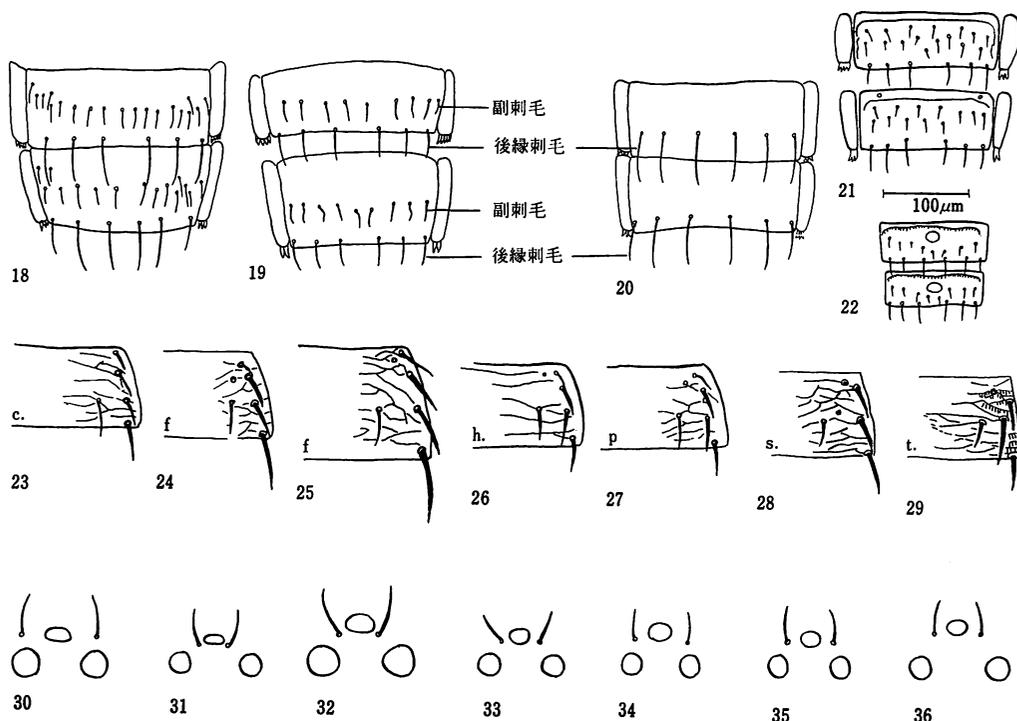


図-18~22：腹部第 6, 7 節腹面の形態

18：ピワハナアザミウマ(♀) 19：ハナアザミウマ(♀) 20：キイロハナアザミウマ(♀) 21：コスモアザミウマ(♀) 22：コスモアザミウマ(♂)

図-23~29：腹部第 2 節背板右端側の形態

23：ピワハナアザミウマ 24：キイロハナアザミウマ 25：クロサワハナアザミウマ 26：ハナアザミウマ 27：ミナミキイロアザミウマ 28：ダイズウスイロアザミウマ 29：ネギアザミウマ

図-30~36：単眼と単眼間刺毛との位置関係の図

30：ピワハナアザミウマ 31：キイロハナアザミウマ 32：クロサワハナアザミウマ 33：ハナアザミウマ 34：ミナミキイロアザミウマ 35：ダイズウスイロアザミウマ 36：ネギアザミウマ

い。②♀の鋸状の産卵管は良く発達しており、下方に湾曲している。③触角には角状かY字状の感覚器がある。

アミアアザミウマ亜科の特徴

①体の表面には明りょうな網目状の刻紋がある(図-9)。
②触角の末節は、特に細長い尖節になっている(図-1)。

Heliothrips 属の特徴

①触角は 8 節から成る。②前翅の先端は円く、翅の前縁及び翅脈上には顕著な刺毛がない。

1 クロトンアザミウマ(図-1, 9)

♀の体長は 1.5~1.7mm。全体暗褐色で腹部末端は橙黄色。触角第 1, 2 節全体と 6 節の先端 3/4 は褐色で、3~8 節は黄色から淡褐色。脚は全体が黄色。♂は日本未記録。

アザミウマ亜科の特徴

①体の表面には、明りょうな網目状の刻紋がなく、一般には横縞がある。

セリオアザミウマ族の特徴

①腹部には、側方の 2/3 ぐらいに、無数の微毛が生えている(図-10)。

Scirtothrips 属の特徴

①触角は 8 節で、先端の 2 節は尖節になっている(図-2)。
②前胸には、明りょうな横走る刻紋(しわ)がある(図-10)。

2 チャノキイロアザミウマ(図-2, 10)

♀は 0.7~0.9mm, ♂は 0.5~0.7mm の小型種で、♀の体は黄色。♂は淡黄色。♀の腹部各節の前縁には、褐色の横縞があり、その後方中央も褐色に曇ってみえる。

アザミウマ族の特徴

①腹部には、無数の微毛は生えていない。②頭部は、複眼の前方に、大きく突出することはない。

Frankliniella 属の特徴

第3表 アザミウマ族の5属の特徴

性別	主な特徴	属名				
		<i>Frankliniella</i> 属	<i>Megalurothrips</i> 属	<i>Microcephalothrips</i> 属	<i>Taeniothrips</i> 属	<i>Thrips</i> 属
♀♂	触角第3, 4節の感覚器はY字状『0』	0	0	0	0	0
♀♂	触角は何節から成るか	8	8	7	8	7(8)
♀♂	単眼刺毛は何対あるか	3	3	2	2	2
♀♂	前胸背板の長い刺毛は何対あるか	4	2	2	2	2
♀♂	腹部腹板の副刺毛の有『0』無『×』		0	0	×	
♀♂	腹部背板の微櫛歯状突起の有『0』無『×』	0			×	0
♀♂	単眼間刺毛(単眼第3刺毛)は他の単眼間刺毛(単眼第1, 2刺毛)より著しく長い『0』かほぼ同長『×』	×	0	×	0	×

①触角は8節。②単眼刺毛は3対。③前胸背板の顕著な刺毛は前縁に1対, 前縁角に1対, 後縁角に2対, 合計4対ある(図-11)。④前翅の前・後両翅脈とも, 基部から先端まで一様に刺毛を備えている。

3 ヒラズハナアザミウマ(図-3, 11)

♀の体長は1.2~1.8mm, 頭長は0.13mm。触角第3節の長さは幅の2.5倍。体は褐色。腹部第8節の背板の櫛歯状突起は完全無欠。♂は0.9~1.2mm。体は全体が淡黄色から黄色。

Megalurothrips 属の特徴

①触角は8節。②単眼刺毛は3対。③前胸背板の顕著な刺毛は, 後縁角に2対ある(図-12)。④腹部腹板には副刺毛がない。⑤単眼間刺毛(単眼第3刺毛)は, ほかの2対の単眼刺毛よりも著しく長い。

4 マメハナアザミウマ(図-4, 12)

♀の体長は1.5~1.9mm。全体黒褐色から濃褐色。脚の前脛節の一部と全跗節は黄色。前翅は褐色で基部に1白帯がある。腹部第8節背板の, 櫛歯状突起は中央部分が欠けている。♂は1.0~1.2mm。体は淡黄色から橙黄色。触角は褐色。

Microcephalothrips 属の特徴

①触角は7節(図-5)。②単眼刺毛は2対。③前胸背板の顕著な刺毛は, 後縁角に2対あるが短い(図-13)。④腹部腹板には♀♂ともに副刺毛がある(図-21, 22)。⑥腹部第2~7節背板の後縁には, 明りょうな鋸歯状突起がある。

5 コスモスアザミウマ(図-5, 13, 21, 22)

♀の体長は1.0mm内外。♂は0.7mm内外。♀♂ともに全体濃褐色。触角は濃褐色で, 第3節はやや明るい。前翅は全体褐色。♀♂ともに腹部第3~7節腹板に副刺毛がある。

Taeniothrips 属の特徴

①触角は8節。②単眼刺毛は2対。③前胸背板の顕著な刺毛は, 後縁角に2対ある(図-14)。④腹部腹板には副刺毛がない。⑥単眼間刺毛(単眼第3刺毛)は, 単眼第2刺毛よりも著しく長い。

6 オモトアザミウマ(図-7, 14)

♀の体長は1.6mm内外。体は褐色。触角は褐色で, 第4, 5節の先端は明るい。前翅も褐色で基部は明るい。脚も褐色で全脛節の先端と全跗節は黄色。♂の体長は1.3mm内外。全体に♀と同色。腹部第8節背板の櫛歯状突起は完全無欠で, 第9節の鐘状感覚器は明りょうに2対ある。

Thrips 属の特徴

①触角は7節または8節(図-6)。②単眼刺毛は2対で単眼前方刺毛(単眼第2刺毛)は単眼間刺毛より長いことはない。③前胸背板の顕著な刺毛は2対で後縁角にある(図-15)。④腹部腹板には副刺毛がある種とない種がいる(図-18, 19, 20)。

7 ビワハナアザミウマ(図-15, 18, 23, 30)

♀の体長は1.2~1.5mm。体は全体に橙黄色で, 腹部背面中央と腹部第9, 10腹節全体は褐色。触角第1~3

節は黄色で、3節はやや橙黄色。第4~7節は褐色。前翅は全体淡褐色で基部は明るい。単眼間刺毛は互いに離れている。♂は0.9~1.1mm。体は一樣に黄色。触角第1~3節は黄色で、第4~7節は褐色。

8 キイロハナアザミウマ (図-20, 24, 30)

♀の体長は1.1~1.4mm。体は全体に淡黄色から黄色。触角第1~3節は体色と同じで、4~7節(8節ある個体は8節も)は褐色で、第3~5節の基部は淡黄色。前翅は全体淡黄色。単眼間刺毛の間隔は狭い。♂は0.8~1.0mm。体は一樣に淡黄色から黄色。ほかは♀とほぼ同色。

9 クロサワハナアザミウマ (図-25, 32)

♀の体長は1.4mm内外。体は暗褐色で胸部はやや明るい。触角第3節は黄色で他は暗褐色。脚は全体に暗褐色で、前脛節は褐色で全跗節は黄色。前翅は褐色で基部1/3は明るい。♂は不明。

10 ハナアザミウマ (図-19, 26, 33)

♀の体長は1.2~1.5mm。体は一樣に褐色または頭・胸部のみ橙黄色となる個体もある。触角第1, 2節は褐色で、第3節は黄色、第4~7節(8節ある個体は8節も)は褐色で、第4, 5節の基部は黄色。前翅は暗褐色で基部は明るい。♂は0.9~1.1mm。体は一樣に黄色。触角第1~3節は黄色で、第4~7節(8節ある個体は8節も)は褐色で、個体により第4~6節の基部は黄色。

11 ミナミキイロアザミウマ (図-27, 34)

♀の体長は1.0~1.4mm。体は全体に淡黄色から橙黄色。触角第1, 2節は淡黄色、3節は黄色、4~7節は褐色で6節は濃い。単眼間刺毛は互いに離れている。♂は0.8~1.0mm。体色は♀とほぼ同色。腹部第8節背板の櫛歯状突起は完全に明りょう。

12 ダイズウスイロアザミウマ (図-28, 35)

♀の体長は1.1~1.4mm。体は全体に褐色。触角第1, 2, 6, 7節は黄褐色、第3~5節は黄色で第4, 5節の先端は曇る。前翅は褐色で基部は明るい。♂は0.8~1.0mm。体は一樣に淡黄色から黄色。触角第1~3節は体色と同じで、第4~7節(8節ある個体は8節も)は褐色で、個体により第5, 6節の基部は淡黄色から黄色。

13 ネギアザミウマ (図-29, 36)

♀の体長は1.0~1.4mm。体は全体に淡褐色から褐色。触角第1節は淡褐色、第2~7節は褐色で第3~5節の基部は明るい。前翅は全体淡褐色。

♂は0.7~1.0mm。体は一樣に淡黄色から黄色。触角第1~3節は黄色で、第5~7節は褐色で、第4, 5節

の基部は黄色。

クダアザミウマ亜目

クダアザミウマ亜目はクダアザミウマ科のみから構成されている。

クダアザミウマ科の特徴

①腹部末端は管状で、♀には鋸状の産卵管がない。②翅の表面には微毛はなく、前翅には前縁の亜基部以外には刺毛はない。

クダアザミウマ亜科の特徴

①小腮刺針(maxillary stylets)は細長く、幅は狭い(2~3 μ m)。

ハプロクダアザミウマ族の特徴

①触角は8節(図-8)。②前翅は、中央で幅が狭まり、鞋底を細長くした形をしている。③口部の先端は丸くなっている(図-16, 17)。

Haplothrips 属の特徴

①頭長は頭幅よりやや長く、頬はほぼ平行。②腹部第3~7節背板には、良く発達した2対の留翅刺毛がある。

14 イネクダアザミウマ (図-16)

♀の体長は1.8mm内外。♂は1.5mm内外。♀♂ほぼ同色で全体に黄褐色から濃褐色。触角第1, 2, 7, 8節は濃褐色で、第3~6節は褐色で4~6節の先端は濃い。触角第3節は左右非相称型で、2本の角状感覚器があり、第4節には4本の角状感覚器がある。複眼後刺毛と前胸の長刺毛は先端が尖る。

15 シナクダアザミウマ (図-17)

♀の体長は1.8mm内外。♂は1.5mm内外。♀♂ほぼ同色で褐色、または赤い色素が点在していて、触角と脚以外は赤褐色の個体もある。触角第1, 2節と第6~8節は褐色で、第3~5節は黄色。触角第3節は左右非相称型で、2本の角状感覚器があり、第4節には4本の角状感覚器がある。複眼後刺毛と前胸の長刺毛は先端が尖らず、開いた形をしている。複眼後刺毛は短く40~50 μ m。

16 ハナクダアザミウマ

第1表のように採集記録はあるが、資料不足のため、説明は黒沢三樹男(1963)による。

♀の体長は1.8mm内外。体は黄褐色から暗褐色。触角第1, 2, 7, 8節は体と同色、3節は黄色で4~6節は淡褐色。複眼後刺毛は長く約70 μ m。

引用文献

- 1) MOUND, L. A. et al. (1976): *Thysanoptera*, Royal Entomological Society of London. pp. 79.
- 2) 宮崎昌久・工藤 巖(1988): 農環研資(3): 95~204.
- 3) 黒沢三樹男(1963): 農業研究 8(3): 70~71.

人事消息

(6月1日付)

湯原 巖氏(横浜植物防疫所調査研究部害虫課長)は退職

一戸文彦氏(横浜植物防疫所調査研究部害虫課防疫管理官)は調査研究部害虫課長に

(6月21日付)

渡辺 武氏(環境庁水質保全局長)は食品流通局長に
谷野 陽氏(食品流通局長)は農林水産技術会議事務局長に

海野研一氏(水産庁海洋漁業部長)は経済局統計情報部長に

清田安孝氏(農蚕園芸局農産課長)は大臣官房審議官併任に

赤保谷明正氏(大臣官房審議官兼農蚕園芸局)は水産庁海洋漁業部長に

渡辺好明氏(通商産業省貿易局農水産課長)は農蚕園芸局企画課長に

武政邦夫氏(農蚕園芸局畑作振興課長)は農蚕園芸局農産課長に

上杉 健氏(農林水産技術会議事務局国際研究課長)は農蚕園芸局畑作振興課長に

岩崎充利氏(経済局統計情報部長)は環境庁出向(水質保全局長に)

(6月30日付)

堀野 修氏(東北農業試験場栽培第一部病害1研究室長)は退職〔京都府立大学農学部教授に〕

○出版部より

6月分の新規登録はありませんので、「新しく登録された農業」は休載いたします。

【職員募集】

勤務場所 事務局(東京都駒込)又は研究所・試験農場(茨城県牛久市, 高知県野市町, 宮崎県佐土原町)

募集人員 短大卒以上 応用昆虫学専攻(若干名)
短大卒以上 植物病理学専攻(若干名)

給 与 国家公務員行政職(一)表に準ずる。通勤手当(全額), 住宅手当等支給。

提出書類 1. 履歴書(写真添付) 2. 卒業(見込)証明書 3. 成績証明書 4. 身体検査書 5. 担任教官の推せん書 6. 作文(400字詰原稿用紙2枚, 課題: 本会を希望した理由)

締 切 昭和63年9月9日(金) ※郵送の場合は簡易書留とすること

提出先 社団法人日本植物防疫協会 総務部
〒170 豊島区駒込 1-43-11
TEL 03-944-1561

選 考 第1次 書類選考(結果を本人に通知)
第2次 面接及び筆記試験
〔試験日 9月22日(木)〕

内 定 昭和63年10月中旬本人に通知

次号予告

次9月号は下記原稿を掲載する予定です。

特集: 害虫・線虫と病害

土壌害虫および線虫が媒介する病害 三井 康

線虫および土壌害虫が媒介するウイルス病 亀谷 満朗

植物寄生線虫とパーティシリウム病 百田 洋二

キュウリの病害——最近の研究動向 善林 六朗

北海道において野菜類を加害するコナダニ類の発生 中尾 弘志

被害実態

セイヨウナシの接ぎ木伝染病害, くぼみ果病(新称)の発生

大沼幸男・野口協一・遠藤幸子・鈴木千代吉
ハダニ類の摂食方法の走査電顕による解明

建石 繁明

トビロウソカ防除におけるパイプダスター散布の

問題点 半川 義行・香口 哲行

農薬の製剤法と薬害 千葉 馨

定期購読者以外のお申込みは至急前金で本会へ

定価 1部 500円 送料 50円

植物防疫

第42巻 昭和63年7月25日印刷
第8号 昭和63年8月1日発行

定価 500円 送料 50円 1か年 6,100円 (送料共概算)

昭和63年

8月号

(毎月1回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) 廣 濟 堂

東京都港区芝3-24-5

— 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

== 禁 転 載 ==

増収を約束する

日曹の農薬



果樹の黒星病・赤星病に、
野菜のうどんこ病に、
稲・麦類の種子消毒に
—新タイプの強力殺菌剤—



トリブミン® 水和剤

果樹・野菜の広範囲の病害防除に

トップジンM®
水和剤

べと病の専門薬!

アリエツテイ
水和剤

果樹・野菜の広範囲の害虫防除に

日曹 **スカウト** フロアブル
乳剤

果樹・いちごのハダニ防除に

ニッソラン®
水和剤

畑作イネ科雑草の除草に
—生育期処理除草剤—

ナブ® 乳剤

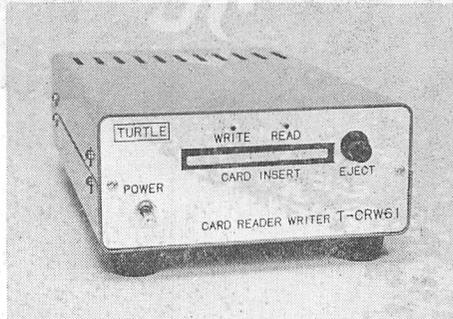


日本曹達株式会社

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・東京・名古屋・福岡・四国・高岡

タートル工業の実験用センサー、計測システムを御存知でしょうか。

大量のデータが小さな薄いカード1枚で
安全に運べる時代になりました。
最大1Mバイトまで格納出来ます。
例えばICメモリーカード・リーダライ
タ付のデータロガー等と組み合わせると遙
が彼方の大量の情報を御自分の研究室で
コンピュータ、データ処理することが出
来ます。
用途は無限にあると思います。



TURTLE
TURTLE INDUSTRY Co., Ltd.

株式会社 **タートル工業**

コンピュータシステムの
ハード・ソフト、計測、
制御、通信、エレクトロ
ニクス、メカトロニクス
応用機器の開発、設計・
製作販売。

学園営業所 〒305 茨城県つくば市東新井18-12
グローバルマンション206
TEL 0298-52-0730(代)
FAX 0298-51-9477
本社 〒300 茨城県土浦市小松ヶ丘町3-11
東京営業所 〒151 東京都渋谷区笹塚2-22-2
サングローバル
TEL 03-373-7497(代)



おかげさまで60年

紋枯病に効きめが長く、使いやすい

モンカット®粒剤



特長

- ① 粒剤なので手軽で省力的です。
- ② 残効性が長く、散布回数が軽減できます。
- ③ 天候に左右されず、余裕をもって使えます。
- ④ ドリフトがなく、安全性の高い薬剤です。

●使用量：10アール当り4kg ●使用適期：出穂20日前中心に使用

いもち・紋枯病が同時に防げる粒剤

姉妹品＝

フジワンモンカット®粒剤

®：「モンカット」「フジワン」は日本農薬株式会社の登録商標

「新発売」

手い？
まに登場
紋枯病が
防げる
粒剤



日本農薬株式会社 東京都中央区日本橋1丁目2番5号

きれいな空気吸いたいですね

農薬散布作業に 涼風が気持ちいい シゲマツのPAPR

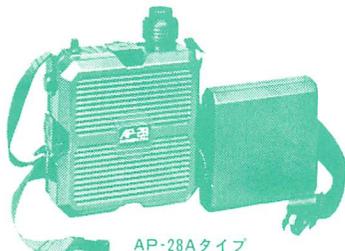
PAPR〈電動ファン付呼吸用保護具〉は、農薬散布作業におけるダスト・ミスト・臭いのある空気を、浄化し爽やかな風にして、スッポリかぶったフードの中に送り込みます。だから、作業は安全そして快適です。

EBフード

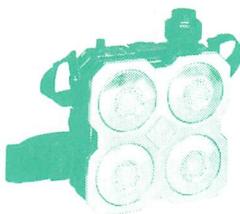


クールバル

送風空気を冷却する器具です。高温・高温作業での使用に適しています。



AP-28Aタイプ
送気ユニット・バッテリー



AP-28Cタイプ送気ユニット



- くん蒸作業には防毒マスクGM-131をお使いください。
- 詳細については、カタログを御請求ください。



株式会社 重松製作所

本社 〒101-91 東京都千代田区外神田3-13-8
☎ 03 (255) 0255 (代表) FAX.03 (255) 1030

“殺虫剤の革命”

- 1ヵ月以上の長い効き目。他の殺虫剤に抵抗性の害虫にも効く。人畜・有益昆虫に安全。薬害の心配がない。殆どの薬剤と混用出来る。(ボルドーにも混ぜられます。)

- 各種ハダニの卵・幼虫・成虫に有効でボルドー液にも混用できるシャープな効きめのダニ剤。

バイデン 乳剤

- 速効的に効くりんご・梨の落果防止剤。伊予柑のへた落ち防止剤。

マデック 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

新発売

害虫の脱皮阻害剤

デミリン 水和剤

- 花・タバコ・桑の土壤消毒剤。刺激臭がなく安心して使えます。

パスアミド 微粒剤

- ボルドー液の幅広い効果に安全性がプラスされた果樹・野菜の殺菌剤。

キノンドー 水和剤 80・40

- ヨモギ・ギンギシ・スギナ等にもよく効く、手まきのできる果樹園・桑園の除草剤。

カソロン 粒剤 6.7 4.5



アグロ・カネショウ株式会社

東京都千代田区丸の内2-4-1



農協・経済連・全農

明日を見つめて…。



年々、稲作をとりまく環境が厳しさを増し、低コストで高品質の産米をという時代が到来しています。

私たちは、これらの問題の解決策の一つとなりうると信じ、新農薬の創製に日夜努力してまいりました。

“自然に学び、自然を守る”をモットーに、美しい自然と豊かな実りを求め、明日を拓いていきたいと思ひます。

●目をみはる効きめ もんがれ病特効薬

バンタック 粉剤 DL
水と剤75%
※ゾル

●もんがれ病・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・コブノメイガ・ニカメイチュウ・イネツトムシ・カメムシ類に

バンランガードハッサ粉剤 DL

●猛烈な低コスト防除で勝負する もんがれ病特効薬

ネオアソジン 粉剤 DL・液剤



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



土と野菜とハタクリン

気になる土壤病害に

ハタクリン粉剤10

適用病害

作物名	適用病害名	作物名	適用病害名
ハクサイ	根こぶ病	カブ	根くびれ病
キャベツ		ダイコン	亀裂褐変症*
カブ		サヤエンドウ	根腐病*
ノザワナ		ジャガイモ	そうか病・粉状そうか病
ナバナ(ナタネ)			

播種または移植前に土壌混和して用います。 *はアフアノミセス菌

特長

- ①連作障害で問題になる適用病害に卓効。
- ②人畜毒性が低く、土壌残留・作物残留の問題がありません。
- ③根こぶ病では石灰類との併用で、効果が增强されます。
- ④適用作物に葉害の心配がなく、またほとんどの作物と輪作ができ、連作障害を緩和できます。

ハタクリン粉剤普及会

事務局 日本化薬株式会社 〒100 東京都千代田区丸の内1-2-1