

ISSN 0037-4091

# 植物防疫

昭和  
六十  
四年  
七月  
二十  
五日  
發行  
第三  
十九  
卷  
第  
七  
号

1985  
**7**  
VOL 39

# りんごの病害防除に!

\*適用拡大になりました。

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

## ピルノックス 水和剤



大内新興化学工業株式会社  
 〒103 東京都中央区日本橋小舟町7-4

## 農薬要覧

農林水産省農蚕園芸局植物防疫課監修

好評発売中! 御注文はお早目に!

— 1984年版 —

B6判 659ページ タイプオフセット印刷  
 3,900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  
 58年9月末現在の登録農薬一覧 農薬登録のしくみ
- V 新農薬解説
- VI 関連資料  
 農作物作付(栽培)面積 空中散布実施状況
- VII 付録  
 法律 名簿 登録農薬索引

—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年版—

品切絶版

お申込みは前金(現金・小為替・振替)で本会へ

# 育てる心、大切に。デュポン農薬



## 豊かな収穫に貢献するデュポン農薬

長い時をかけ、額に汗して育てあげる。

そんな苦勞を無駄にできません。

よりよい品質を…

よりたくさんの農作物を…

デュポンジャパンはみなさまの収穫を技術で支えます。

殺菌剤 —— ベンレート\*/ベンレート\*-T/ダコレート/スパグリン

殺虫剤 —— ランネット\*45/ホスクリン/バイデート\*

除草剤 —— ロロックス\*/レナパック/ハイバー\*X/ゾーバー\*

デュポン ジャパン リミテッド 農薬事業部

〒107 東京都港区赤坂1丁目11番39号 第2興和ビル



●デュポン農薬のお問い合わせは……

Tel.(03)585-9101

## デュポン ジャパン



確かな明日の  
技術とともに...

# サンケイ化学の誘引剤

## ミバエ用誘引剤

## 適用害虫

サンケイ <b>プロテイン20</b>	ミバエ類
<b>ガードベイト水和剤</b>	ミカンコミバエ
<b>ユーケ"サイド"</b>	ミカンコミバエ
<b>ユーゲサイドD</b>	ミカンコミバエ
<b>キュウラルアD8</b>	ウリミバエ

## 侵入警戒用誘引剤

<b>ユーゲルアD8</b>	ミカンコミバエ・ウリミバエ
サンケイ <b>ゴドリングコール</b>	コドリシガ
<b>メドフライコール</b>	チチュウカイミバエ

## ベイト剤

## 適用害虫

サンケイ  
**デナボン5%ベイト** ネキリムシ・ダンゴムシ・コオロギ

## ナメクジ・カタツムリ用誘引剤

**ナメトックス** ナメクジ・カタツムリ類  
アフリカマイマイ

**スネール粉剤** ウスカワマイマイ・ナメクジ類

## ナメクジ・カタツムリ誘引剤兼ベイト剤

**クリーンベイト** ネキリムシ・ダンゴムシ・コオロギ・ナメクジ・カタツムリ類

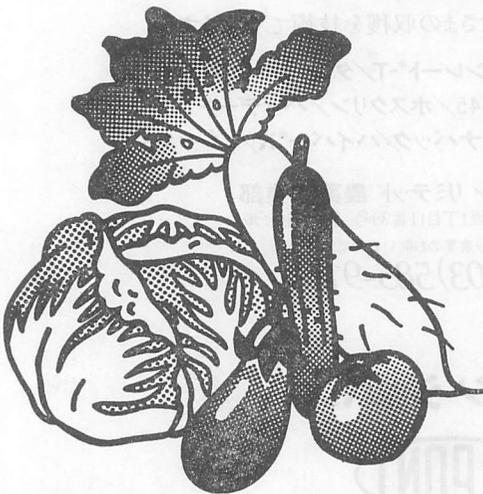


## サンケイ化学株式会社

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)

# ホクコーの野菜農薬



●灰色かび・菌核病に卓効

**スミレックス**®水和剤  
FD くん煙顆粒

●うどんこ・さび病に卓効

® **バイレトン** 水和剤5

●細菌性病害に卓効

**カスミンボルドー**  
水和剤・FD

●効きめの長い低毒性殺虫剤

**オルトラン**®水和剤  
粒剤

●合成ピレスロイド含有新殺虫剤

**ハクザップ**®水和剤

●コナガ・アブラムシ類に新しいタイプの殺虫剤

**オルトランナック**  
水和剤



取扱い  
農協・経済連・全農



北興化学工業株式会社  
〒103東京都中央区日本橋本石町4-2

お近くの農協でお求めください。

# 植物防疫

Shokubutsu bōeki  
(Plant Protection)

第 39 卷 第 7 号  
昭和 60 年 7 月号

目次

昭和 59 年における稲作病害虫の発生と防除の特徴

—山形県の実績—	菊地市郎・三浦春夫	1
—静岡県の実績—	牧野秋雄・伊藤善文・沢木忠雄・佐藤允通	4
—広島県の実績—	本実 慈朗	7
経済的被害許容水準 (EIL) の定義—総括と理論的解析—	足立 礎・中筋房夫	11
果樹における薬剤耐性菌の現状と問題点	石井 英夫	18
東海地方におけるアオマツムシの分布拡大とカキおよびナシの被害	武田 享	24
<i>Streptomyces</i> 属菌による病原性の発現機構—病徴発現毒素の追求—	酒井隆太郎・美濃羊輔	28
水田転換畑のヤマトイモに発生するケラの食害と防除	松浦 博	34
ウンシウミカンの施設栽培における病害虫防除	渡辺 豊	37
植物防疫基礎講座		
イネ紋枯病の新しい発生予測法	羽柴 輝良	42
昆虫行動解析法 (6)		
筋電位と神経放電の記録法	小松 明	49
新しく登録された農薬 (60.5.1~5.31)		33
中央日より	10, 17	人事消息 36, 41, 48, 52
次号予告	23	



## 「確かさ」で選ぶ… バイエルの農薬

●さび病・うどんこ病に

® **バイレトン**

●灰色かび病に

® **ユーパレン**

●うどんこ病・オンシツコナジラミなどに

® **モレストン**

●斑点落葉病・黒星病・黒斑病などに

® **アントラコール**

●もち病・網もち病・炭そ病などに

® **バイエルホルドウ**  
[クスラヒットホルテ]

●アスバラガス・馬鈴しょの雑草防除に

® **センコル**

●コナガ・ヨトウ・アオムシ・アブラムシ・ハマキムシ・スリップスに

® **トクチオン**

●各種アブラムシに

® **アリルメート**

●アブラムシ・ネダニ・キスジノミハムシなどに

® **ダイシストン**



®は登録商標

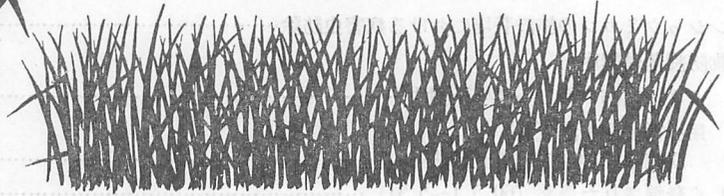
日本特殊農薬製造株式会社

東京都中央区日本橋本町 2-4 ☎ 103

農薬は正しく使いましょう！



# ●いもち・紋枯病と 稲害虫の防除に一！



●いもち病・紋枯病の同時防除に

**ビームバリダシン<sup>®</sup>粉剤**

●いもち病と稲害虫の防除に

**パダンサイドビーム<sup>®</sup>粉剤**

●紋枯病と稲害虫の防除に

**パダンバツサバリダシン<sup>®</sup>粉剤**

**パダンサイドバリダシン<sup>®</sup>粉剤**

**パダンナックバリダシン<sup>®</sup>粉剤**

●いもち病・紋枯病と稲害虫の同時防除に

**パダンバリダビーム<sup>®</sup>粉剤**

**ラフサイドパダンバリダシン<sup>®</sup>粉剤**

各種の病害虫を同時防除するためにパダン・バリダシンを基剤とした混合剤・DL剤が多数用意されています。発生病害虫の防除適期に合った混合剤をお選び下さい。

# 昭和 59 年における稲作病害虫の発生と防除の特徴

## — 山 形 県 の 実 績 —

山形県村山最上病害虫防除所 <sup>ま</sup>く <sup>ら</sup> <sup>いち</sup> <sup>ろう</sup>  
<sup>み</sup> <sup>う</sup> <sup>は</sup> <sup>お</sup>  
 山形県立農業試験場 <sup>三</sup> <sup>浦</sup> <sup>春</sup> <sup>夫</sup>

### はじめに

「107, 608 kg, 85%」これが昭和 59 年度の山形県における水稻の作柄を表した数字で、作況指数、単収、1 等米比率である。昭和 50 年度に次ぐ県史上第 2 位の高位収量と品質の良かった 58 年度並の高い 1 等米比率であり、量、質ともに高水準の豊作年であった。

このような好結果を得たのは、気象変動に適合した的確な技術の実践、農家の生産意欲の向上と組織的な指導活動の成果と見られる。

なかでも、病害虫の発生は結果的に過去 5 年間に比べ非常に少なく、被害率で 0.7%、被害量で 3,803 t にとどまった。

そこで、作柄に外的マイナス因子としてきわめて大きな影響を与える主要病害虫の被害がなぜこのように少なくなるとどまったのか、その発生動向および防除実施状況などから探ってみた。

### I 病害虫防除への取り組み

昭和 59 年の稲作は、記録的な豪雪と融雪遅延および不順天候予想、加えて、55 年以来の不作で米の需給関係がひっ迫する基調のなかで農家の生産意欲はきわめて高まった。

このような状態を背景に、県、農業団体および生産農家が一体となって、地区・地域ぐるみの生産性向上を目指した対策の指導を強力に展開した。

#### 1 組織的活動の活発化

県の「良質米低コスト生産向上運動」をはじめ、各農業団体が提唱する米づくり運動が展開され、稲作指導者が結集した地域別の活発な指導活動により、農家の的確な技術の実践推進にあたった。

特に病害虫防除では、県内 3 か所の病害虫防除所がそれぞれの地域別に設置した米づくり運動組織内で、防除組織の再編成や防除技術の組み立ておよび適期防除のた

めの発生予察情報の作成と提供などで中心的な役割を担った。

#### 2 時代に合った防除の推進

農家の営農および就労形態などが変化するなかで、県稲作の柱である「うまい米・ササニシキ」の安定生産と品質向上を旨として病害虫防除体制の整備にあたってきた。

特に、ヘリコプター利用による航空防除は、県内陸部の果樹、野菜との複合地域で実施が増加し、年間 5~6 回散布の通年防除法が定着して、59 年は前年の 1.6 倍にあたる 73,400 ha で計画実施された。

一方、県の穀倉地帯である日本海側の庄内地域では、地上大型防除機を利用した共同防除組織の活性化を図り、適期に効果的かつ安全な防除の推進にあたった。

## II 病害の発生と防除

### 1 いもち病の発生と防除

葉いもちの初発は 6 月 20~21 日で平年並であったが、県内各地で一斉に認められ多発の様相が見られた。これら初発地はいずれも補植用の置苗周辺での発生で、ここ数年と同じ条件下での発生であった。

このように県内各地で初発が確認されたことおよび 6 月 4 半月の最低気温が高く経過したので、6 月 21 日に県下全域を対象に注意報を発表し、早期防除を呼びかけた。7 月に入り病勢の進展は一時緩慢となったが、各病害虫防除所の 7 月上旬の巡回調査の結果、過去の多発年次と同様に多くの調査地点で発病が認められた。その後 7 月中旬まで発生面積は拡大したが、下旬より増加が緩慢となりその後の拡大が認められなかった。特に、葉いもちは、7 月下旬にまん延終息が見られたために、止葉および次葉での発病が少なかった。

発生面積は 22,910 ha で平年の 61% と少なかったが、防除面積は 134,300 ha で平年並の防除が実施された(第 1 表)。

穂いもちは、出穂が平年より 3~7 日早まったが、初発は平年並の 8 月 14 日であり、県内各地で発生が認められるようになったのは 8 月 20 日ごろからであった。

第1表 いもち病、紋枯病の発生面積および防除面積 (山形県農林水産部, 1985) (ha)

病害名	年次	程度別発生面積					防除面積	
		甚	多	中	少	計	実	延
葉いもち	本年	2	19	1,170	21,700	22,900	90,500	134,300
	平年	44	500	3,210	33,600	37,400	88,000	133,900
穂いもち	本年	3	8	57	3,840	3,910	90,500	249,000
	平年	135	448	2,230	19,400	22,200	94,000	269,200
紋枯病	本年	0	0	12	13,800	13,800	71,000	113,300
	平年	(0)	44	1,140	18,100	19,300	64,300	94,500

59年の作付面積は91,800ha, 平年は前10か年の平均。

( ) は発生したが面積に達しない場合。

その後も病勢の進展は非常に緩慢であり, 9月上旬の降雨によってわずかに発生面積は増加したが, 最終的には3,910haで平年の18%と非常に少なかった。防除面積は249,000haで平年の92%と平年並の防除が実施された。

このように, いもち病の発生が非常に少なかった要因としては, 次の点が挙げられよう。

- ① 補植育苗の早期除去 (数年前から指導)
- ② 葉いもちに対する6月後半からの適切な防除 (6月21日付け注意報発表など防除指導) および穂いもちに対する出穂直前からの適正防除の励行 (7月26日付け注意報発表など適正防除の指導)
- ③ 出穂直前の7月6半旬から8月4~6半旬まで高温乾燥で経過したうへ, 出穂・登熟が早まった。

いもち病の防除指導は先に述べたように, 補植苗の早期除去および適正防除の徹底を呼びかけた結果, 近年になくこれら防除対応がよく行われた。特に, 葉いもちに対するプロペナゾール粒剤 (多発地帯中心に水田面積の約35%で使用) が適期, 適正に使用された。さらに, 薬剤防除の結果は, 気象にも恵まれたため非常に高い防除効果を発揮した年次といえよう。

このように, いもち病の発生が少なかったため, いもち病による被害量は約2,790tと推定される。もしも, 本年が前5か年程度の被害を受けていたと仮定すれば, いもち病による被害量は約11,700tと推定される (第2表)。

また, 本病は量的被害だけでなく, 質的被害も大きいので, 等級の低下を招き農家経済に与える影響も少なかったものと考えられる。

## 2 紋枯病の発生と防除

本病は, 7月4日に平年よりやや遅く初発が見られた

第2表 水稻主要被害量と推定被害量

区分	本年の被害量 <sup>a)</sup> (t)	被害率 <sup>b)</sup> (%)		推定被害量 <sup>c)</sup> (t)
		本年	前5か年平均	
被害合計	11,800	2.3	11.5	64,200
気象被害	7,850	1.5	8.8	49,100
病害被害	3,270	0.6	2.5	14,000
うちいもち病害 <sup>d)</sup>	2,790	0.5	2.1	11,700
虫害	533	0.1	0.2	1,100

59年の収穫量: 558,100t<sup>a)</sup>

a), b): 東北農政局山形統計情報事務所 (1984)

b): 被害率 = 被害量 ÷ 平年収量 × 100

c): 前5か年平均被害発生を仮定した推定被害量

d): 病虫害別被害率 (山形県, 1968) より算出し, 59年の病虫害発生状況より補正

が, 7月2半旬には県内各地で発生が認められ, その地点数も最近になく多かった。また, 7月末の発生面積も6,400haと57年(280ha), 58年(4,100ha)より多かった。

さらに, 各病虫害防除所の7月後半の巡回調査の結果では, 置賜地方を除く県内全域に発病基率が高く, 上位進展の早いほ場も見られたので, 7月26日に県下全般を対象に注意報を発表し防除の徹底を指導した。8月に入ると発病株率の増加および上位進展が鈍り, 中山間, 山間地のごく一部のほ場を除き, 発病程度も軽く, 発生面積も13,800haと平年比72%と少ない発生にとどまった。特に, 中以上の発生程度は平年比1%と少なかった。防除は113,300haで平年比120%とよく行われ (第2表), 特に庄内地方では7月中の防除が増えた。

このように, 7月までは多発の様相を示したが, 最終的に少発生になった要因としては, 次の点が挙げられよう。

- ① 7月までのイネの生育は長草多けつ型であり, さ

らに7月上・中旬の降雨が発病を助長した

- ② 早期に広く病斑が見られたので防除が徹底した
- ③ 7月6半旬から8月4～6半旬まで高温乾燥が続いたため、出穂期以降の上位進展が抑制された。

ここ数年、本病の発生は少ないながらも増加傾向にあったので、多発は場での2回防除(7月中旬と出穂直前)および中山間、山間での適正防除を指導するとともに、注意報を発表した。その結果、前述のように防除がよく行われ、顕著な防除効果が見られた。

このように、中程度以上の本病の発生がきわめて少なかったため、本病による被害は非常に少なかった。

### III 虫害の発生と防除

59年の害虫の発生は、侵入害虫イネミズゾウムシの発生拡大を除いては全般に平年並～やや少なく経過し、被害も少なかった。ここでは、遠距離飛来性害虫であるセジロウンカおよび多発したフタオビコヤガの発生と防除について述べる。

#### 1 セジロウンカの発生と防除

発生の初確認は、庄内地域の日本海沿岸水田で6月18日に平年より17日早く見つかった。これは近年でもっとも早い初確認で発生の多かった56年の6月20日より早いため、特殊報を6月21日付けて発表し、発生動向に注意するよう喚起した。その後、全県的な発生は認められたが、飛来波数および飛来量も少なく経過した。しかし、9月上旬の飛来波で密度が増加し、生育の遅い中山間や飛来量の多かった海岸寄り水田で茎葉、穂にすす病の発生が認められた。全般には、出穂前後の薬剤防除も順調に実施され、殺虫殺菌混合剤の効果が高く、本虫単独の防除の必要はなく、また、9月の密度が増加した時期には刈り取り期で大事には至らなかった。

#### 2 フタオビコヤガの発生と防除

53年以来の多発生した害虫である。特に、6月下旬から7月中旬にかけて発生した第二世代幼虫による食害葉が全県的に多く見られた。この発生要因として、5月下旬後半から6月中旬にかけて高温多照の天候により第一世代幼虫の生存率を高めたこと、第二世代幼虫期の6月下旬から7月中旬までは、他病害虫の発生が少なく薬剤防除対策の谷間となっており、突発的な発生になったものと考えられる。

その後の第三世代幼虫期の7月下旬～8月中旬は、穂ばらみ期から出穂期にかかるイネのもっとも重要な時期にあたることから、第二世代幼虫の生存率が高く第3回

成虫の発生盛期がやや早くなることが判明したので、生育の遅れている中山間および前世代の発生が目だった村山、最上地域を対象に病害虫防除所で地区報を発表して防除の徹底を呼びかけた。その結果、7月下旬からの穂いもち、紋枯病、ニカメイチュウ第二世代およびカメムシ類などの殺虫殺菌混合剤による同時防除が実施され、本虫の生息に好適条件の天候であったが、防除効果は顕著で被害はほとんど認められなかった。

このようなことから、発生面積は23,600haで平年の2.3倍と多い発生となったが、これは第二世代幼虫期の発生で、イネの生育のおう盛な時期であったため、分けつ抑制や生育遅延などは見られず、実質的な収量および品質の低下要因とはならなかった。

### IV その他病害虫の発生と防除

57年に初発生を見たイネミズゾウムシは24市町村、4,348haに拡大し、越冬後成虫の発生密度中以上の面積も3,486haと増加した。しかし、水面施用剤による防除は延べ3,374haで実施され、その効果が発揮されたため本虫による生育、収量に大きく影響するような被害は見られなかった。その他、育苗期の立枯病、イネヒメハモグリバエ、イネドロオイムシの被害も少なかった。

このように、初期病害虫の未然防止が、本年の豊作の一因となったと言えよう。

### おわりに

これまで述べたように、本年の病害虫の発生は多発の様相が見られた病害虫も少なくなかったが、早期防除によって多発生を未然に防止し、豊作の要因となった。

しかし、ばか苗病が全県的に漸増しており、その原因は塩水選、消毒後の風乾などの不徹底と見られるが、ベノミル耐性菌が県内全域に分布(分布率11%)していることも気がかりである。当面、所定の塩水選と適正な種子消毒で実用上問題なく防除が可能と考えられるが、新たな種子消毒剤の実用化も期待したい。

さらに、全国的に問題になりつつある紋枯類似症(本県では褐色菌核病、赤色菌核病)およびもみ枯細菌病の発生生態、被害の解明および効率的な防除法の確立が緊急を要する課題と考えられる。

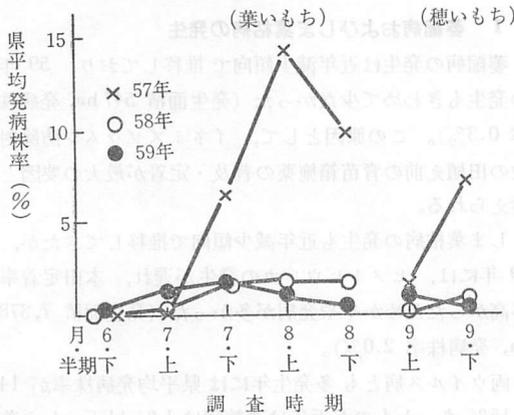
### 引用文献

- 東北農政局山形統計情報事務所(1984):農林水産速報59-46(作統-6):2-4.
- 山形県農林水産部(1985):59年度植物防疫関係資料,pp.1-47.





第 2 図 県内各地に設置された生産改善モデル田



第 3 図 いもち病の発生経過

(第 2 図)。

4 巡回指導

稲作安定推進会議主催による水稲総合指導を目的とした主要稲作地帯の巡回指導 (年 3 回) および各農林事務所による管内の巡回指導 (月 2 回, 年 10 回) 時に病虫害の防除についても適宜指導した。

II 病害の発生と防除

1 いもち病の発生と防除

(1) 発生状況と発生原因

第 3 図に示したとおり, 59 年は葉いもち, 穂いもちとも過去 3 か年で最低の発生量であった。この理由として, 葉いもちでは, 梅雨期が多照, 少雨に経過したこと, 夏期が高温, 多照, 少雨に経過したこと, が挙げられる。また, 穂いもちでは, 葉いもちが少なく伝染源の少なかったこと, 出穂期が多照であったこと, 薬剤防除の徹底などが挙げられる。

(2) 防除指導および防除

59 年には, いもち病について 5 病虫害防除所で延べ 19 回の発生予察地区情報を 発表した。内容は東部病害

虫防除所で 6 月と 8 月に発生程度を「中」としたほかはすべて「少」で, 防除の必要度も 5~30 であった。この情報を受けて農協指導員を主体とする農業技術者連絡協議会や, 市町村防除委員会などが, 地域内の発生状況調査を行い, 必要に応じて病虫害防除所からも参加・指導をした。この結果は農協有線放送, 農協会報紙, 部農会組織を通じて農家に伝えられた。

この結果, 葉いもちでは実防除面積 7,901 ha (前 4 年平均比: 52%) と少なかったが, 穂いもちでは一部で葉いもちの多発生が見られたこともあって, 18,267 ha (同 106%) で防除が実施された。また, 葉いもちの最多発生時の平均発病株率は 1.7% (平年: 4.8%), 穂いもちでは 0.8% (平年: 5.3%) であり, これから推測される減収率は 0.1% 以下となり, 本病による減収は認められなかった。さらに, 農薬の使用が少なかった分だけ米作のコストを低下させた。

2 紋枯病

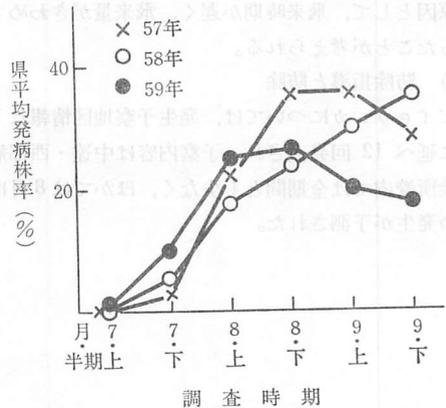
(1) 発生状況と発生原因

第 4 図に示したとおり, 59 年は初発生は早く, 8 月上半期にかけて急増したが, その後は増加が緩慢となり, 8 月下半期以降は減少傾向を示し, 出穂期以降の増加は見られなかった。この理由として, 本病は近年多発傾向にあり伝染源の越冬菌量が多かったと思われること, 本田初期の茎数が多かったこと, 8 月に入ってからの横ばいないし減少は夏期の降水量が少なく, 乾燥ぎみに経過したこと, 注意報などの発表により適期防除が励行されたこと, などが挙げられる。

(2) 防除指導および防除

本病については, 病虫害防除所が発生予察地区情報を延べ 15 回と, 県が 7 月 31 日に注意報を発表した。

情報発表後の対応は, いもち病について前述したこと



第 4 図 紋枯病の発生経過

第1表 紋枯病の地区別予報内容

防除所 予報時期	賀茂		東部		中部		中遠		西部	
	中	一	多	90	中	50	少	10	中	60
7月	多	80	多	90	多	80	多	90	多	80
8月	多	50	多	20	中	30	少	30	多	60

多, 中, 少は発生程度, 数字は防除の必要度.

とほぼ同様であったが, 重点は本病に置かれた。59年には本病の実防除面積は 20,488 ha (前4年平均比: 118%), 延べ防除面積 30,248 ha (同: 147%) と本病の防除はきわめて広範に実施された。

本病の発生は8月下半期に平均発病株率 26.8% (平年: 20.5%) に達したが, 薬剤散布による防除効率を 0.7 として, 前述の防除が実施されなかった場合の平均発病株率を推測すると 60.9% となる。この両平均発病株率から減収率を求めると, 59年には 2.1%, 無防除のときには 10.6% となり, 本病の防除によって 8.5% が減収を免れ, 全県では 10,000 t 余, 金額で 32 億円余の増収になったと推算された。

### III 虫害の発生と防除

#### 1 ウンカ類

##### (1) 発生状況と発生原因

トビロウソカの発生は, 57, 58 年と多発生年が続いたが, 59 年はごく少発生にとどまった (発生面積 5,049 ha, 株当たり最高寄生虫数の平均 0.82 頭)。予察灯での誘殺は7月に入って散発的に見られたのみで, 本田でも少なく推移し, 出穂後の坪枯れの被害もごくまれに認めた程度であった。セジロウソカも過去3か年で最低の発生量であった (発生面積 15,646 ha, 株当たり最高寄生虫数の平均 4.82 頭)。両種ウンカの発生量の少なかった原因として, 飛来時期が遅く, 飛来量がきわめて少なかったことが考えられる。

##### (2) 防除指導と防除

トビロウソカについては, 発生予察地区情報は7~9月に延べ12回発表され, 予察内容は中遠・西部病害虫防除所管内では全期間とも少なく, ほかでは8月に中程度の発生が予測された。

防除は少発生であったため積極的には指導されなかったが, 58年にトビロウソカの被害を経験していた農家の防除意欲は高く, 実防除面積で 16,962 ha (前4年平均比: 95%) に達した。本害虫は, 8月下半期に平均株当たり最高寄生虫数 0.8 頭でピークとなり, 本害虫による減収はなかった。

セジロウソカについても発生予察地区情報は7~8月に延べ9回発表され, 実防除面積 17,947 ha (前4年平均比: 131%) に達し, 徹底防除が行われた。その結果, 本害虫についても減収はなかった。

### IV その他病害虫の発生と防除

#### 1 萎縮病およびしま葉枯病の発生

萎縮病の発生は近年減少傾向で推移しており, 59年の発生もきわめて少なかった (発生面積 547 ha, 発病株率 0.3%)。この原因として, イネミズゾウムシ防除対象の田植え前の育苗箱施薬の普及・定着が最大の要因と考えられる。

しま葉枯病の発生も近年減少傾向で推移してきたが, 59年には, ヒメトビウソカの発生が遅れ, 本田定着率が高かったためかやや発病が多かった (発生面積 7,378 ha, 発病株率 2.0%)。

両ウイルス病とも多発生年には県平均発病株率が 14~15% あったものが近年は萎縮病は 1% 以下, しま葉枯病は 1% 前後におさまっているが, これは防除技術の進歩もさることながら, 地区予察員などが長年にわたって, 発生予察事業の特殊調査として両ウイルス病の生態の解明や予察に鋭意取り組んだ成果の現れも一因と解される。

### おわりに

病害虫の発生は, 気象的要因などにより種類, 発生量などに大きな年次変動がある。安定した稲作を推進するためには, 病害虫の発生動向を的確に把握し, 精度の高い発生予察情報を適切かつ迅速に利用者に伝達し, 発生量に対応した防除を強力に推進する必要がある。このためには, 植物防疫陣営の最先端にある病害虫防除所と病害虫防除員の活躍が今後とも大きく期待される。

# 昭和 59 年における稲作病害虫の発生と防除の特徴

## —広島県の実績—

広島県農政部農産課 <sup>ほん</sup>本 <sup>ざね</sup>実 <sup>し</sup>慈 <sup>ろう</sup>朗

### はじめに

昭和 59 年の稲作期間における天候は、全国的に「北冷西並」と予測されていたが、広島地方は台風の上陸もなく高温多照に経過し、本県の作況指数は 108, 10 a 当たり収量は史上最高の 509 kg を記録した。

本県では昭和 58 年度から米づくり運動を実施中で、病害虫防除対策においても、この運動に呼応した活動を展開している。ここでは、59 年度におけるイネ病害虫の発生と防除の特徴について概観し、病害虫防除所と農業試験場の活動状況を紹介する。

## I 稲作と病害虫防除対策

### 1 稲作の概況

広島県の稲作は、沿岸島しょ部のカンキツおよび畑作地域を除く全域で営まれ、昭和 59 年は総農家戸数の 71.4% に当たる 90,790 戸で、42,300 ha が栽培されている。58 年産米の粗生産額は 60,381 百万円で、県下の農業粗生産額の 39.4% を占め、地域農業の基幹作物となっている。1 戸当たり作付面積は 46 a (全国 64 a) で零細な規模である。山間棚田が多く、水田 200 ha 以上の団地割合は 11% (全国 57%) である。さらに水田は瀬戸内海沿岸から標高 800m にかけて散在し、標高 400m 以上の高冷地は 16% を占めている。

このような諸条件下での病害虫の発生は、きわめて複雑であり、西日本各県と同様に海外飛来害虫の影響も受けやすく、年次変動も激しい発生様相を呈し、合理的な防除の推進を困難なものにしている。さらに、農村労働力の高齢化の進行と兼業化の中で零細経営規模にある稲作は、病害虫防除対策の側面からも、安定でかつ低コストの米づくりが強く求められている。

### 2 米づくり運動と防除対策

この運動は、「良質米を低コストで安定生産を行う」ことを目標に推進されている。

良質米の生産上、斑点米、黒点米および黒点症状米の

防除がきわめて重要であり、地域ごとに着色原因を見きわめた防除が必要である。本県の農業費と防除作業時間数は全国に比較的高く、これらの節減は、本県の地勢による複雑な病害虫の発生などの諸条件もあり、きわめて困難な課題であるが、発生予察情報を活用して適期防除を行い、防除回数の減少に努める必要がある。病害虫による減収は、イネクビホソハマシやイネミズゾウムシなどの分けつ阻害、穂いもち、紋枯病およびコブノメイガなどによる登熟不良が挙げられ、稲作全期間にわたって、病害虫の発生程度に応じ適期に合理的な防除の推進が大切となる。

以上のように、米づくり運動に対処した防除対策を推進するため、次のとおり五つの合理的防除方針を定め、この啓蒙に努めている。

- ① 地域ごとに病害虫の位置付けを明確にする。
- ② 発生予察情報の活用を促進する。
- ③ 要防除密度を目安に防除要否を判断する。
- ④ 防除法の改善を図るため、防除効果の評価に努める。
- ⑤ 防除組織の活動を促進する。

## II 主要病害虫の発生と防除

### 1 いもち病

本県では病害虫のうちで本病の加害力がもっとも強く、重要病害として対処している。最近、葉いもちは 10 年前に比較し発生時期が早くなり、発生量も増加している。葉いもちに連続して発生する穂いもちは、県中北部を中心に恒常的に発生している。昭和 55 年の大発生を契機に耐性菌対策を行うとともに、発生予察情報に基づく適期防除を推進しているところであるが、59 年は空梅雨で、8~9 月も高温多照に経過したため、いもち病の発生はきわめて少なかった。55 年の大発生年には防除回数が 3.2 回に及んだが、59 年は 1.8 回にとどまった。主要病害虫の防除は慣行化し過剰防除の傾向になりやすいが、的確な発生予察情報によって合理的な防除が実施されたものと評価している (第 1 表)。

### 2 紋枯病

近年、田植えの早期化と密植栽培によって早くから過

第1表 昭和59年度イネ主要病害虫の発生と防除状況 (広島県)

	発生面積 (ha)	発生面積率 (%)			発生程度中以上の割合 (%)			防除回数 (回)	
		本年	平年	前年	本年	平年	前年	本年	前年
葉いもち	9,474	22.7	54.5	25.3	3.2	6.9	0.9	0.5	0.6
穂いもち	11,258	26.9	67.5	41.6	0.8	13.6	2.3	1.3	1.5
紋枯病	35,657	85.3	86.4	88.8	16.7	15.2	24.5	0.8	0.7
しま葉枯病(後)	7,721	18.5	9.5	8.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
シカメイガ(I)	638	1.5	6.7	3.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
シカメイガ(II)	638	1.5	6.6	1.5	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1
セジロウンカ	24,810	59.3	33.2	68.1	0.0	0.7	3.3	0.6	1.7
トビロウンカ	17,340	41.5	54.6	93.7	0.0	2.2	10.6	0.5	2.3
ヒメトビウンカ	38,266	91.5	76.1	67.9	12.1	4.1	1.9	—	—
イネクビソハムシ	14,903	35.6	59.9	40.0	15.9	35.9	18.4	0.3	0.4
コブノメイガ	7,195	17.2	—	61.0	0.8	—	35.2	0.1	0.3

繁茂となり、発生面積は増加している。しかし、下位葉での発病が多く上位葉への進展が少ない傾向が続いている。これは稲作の機械化により草丈が短く、本病の上位葉への進展に必要な株間湿度が低下しているものと考えられる。ところが、昭和58~59年はイネの生育が徒長ぎみとなって株間湿度が高まり、稲作期間中の高温の影響もあり、2年連続して本病が多発生した。59年は6月第3半旬に初発生し、7月下旬には80.8%(前年72.8%)の発生地点率を示した。このため、農業試験場は7月21日付けで予報第3号を発表し、穂ばらみ期の防除を促した。防除回数は0.8回に及び、例年の約2倍の防除が行われ、収穫期には発生面積および発生程度とも平年並にとどめることができた(第1表)。

3 しま葉枯病

近年、本病は少発生傾向が続いていた。59年は県中西部と南部を中心にして多発生し、おのおの27%と43%の発生地点率を示した。発病茎率の高いほ場が認められ、また、6月におけるヒメトビウンカの保毒率も上昇していることもあったので、両地帯を重点に、発生実態調査を濃密的に実施し、次年度の要防除地域を明らかにした。

しま葉枯病は昭和30年代後半から40年代前半に大発生した経緯があり、それ以降発生面積と保毒率の調査を継続していた。今回、多発生の徴候を察知することを得、次年度対策を緊急に実施することができ、経常的な調査活動の蓄積が必要であることを再認識させられた(第1表)。

4 セジロウンカ、トビロウンカ

両種の発生の多少は、主に梅雨期の成虫飛来量で決定される。飛来量の年次変動は大きいものの、近年は多発生する年が増加している。昭和58年の大発生年には注意報や警報を発表し、近年にない防除を展開したところである。

59年は梅雨前線の活動が小さく、両種の飛来回数および飛来量とも少なかった。しかし、セジロウンカは7~8月の高温多照によって増殖し、県南部と中西部で多発生したので、この地帯に限り防除を推進した。発生面積率は平年を上回ったが、実害の発生は認められなかった。トビロウンカについては、飛来規模が小さいものの7~9月の高温多照による増殖を警戒していた。飛来規模が絶対的に少ないことと、セジロウンカの防除で併殺されたことなどによって、平年に比し発生面積率および程度とも少なく、また、防除回数は前年の1/5にとどまった(第1表)。

両種の子察調査は、予察灯、予察田および巡回ほ場において実施しているが、多発生年には要防除区域を設定するため、巡回調査を追加濃密調査を実施することを常としている。59年9月におけるトビロウンカの発生子察については、前年に大発生したことや7~8月が高温で増殖しやすい条件下にあったので、濃密調査を行いその子察に努め、前述のような合理的な防除を果たすことができた。

5 イネミズゾウムシ

昭和57年には隣接県の岡山県で発生し、侵入警戒に努めていたところ、昭和58年5月に三次病害虫防除所が、県中部の三次市で発見した。58~59年の発生と防除状況は第2表のとおりであり、市町村、農業団体および病害虫防除員などで「防除推進班」を編成し、発生調

第2表 イネミズゾウムシの発生と防除状況 (広島県)

年度	発生市町村数	発生調査筆数(筆)	発生ほ場数(筆)	発生面積(ha)	防除面積(ha)	うち特別防除面積(ha)
58	10	9,305	371	657.0	507.0	504.7
59	42	7,899	1,350	4,866.2	1,930.0	1,019.2

第 3 表 昭和 59 年度イネ病虫害防除対策協議会の開催状況 (広島県)

開催年月日	協 議 会 名	参集員数	主 な 協 議 課 題
59. 4. 26	病虫害発生予察事業実施協議会	27人	事業計画検討
59. 5. 18	水稲病虫害防除対策会議	45	イネミズゾウムシ防除対策
59. 6. 20	病虫害発生予察協議会	32	葉いもち防除対策
59. 7. 17	〃	31	ウンカ類防除対策
a) 59. 7. 11	稲作中間検討会	110	後半の技術対策の検討
a) 59. 7. 24	〃	125	〃
59. 8. 8	水稲後期病虫害防除対策会議	47	穂いもち防除対策
59. 9. 7	病虫害発生予察協議会	27	トビイロウンカ防除対策
59. 10. 11	水稲主要病虫害防除対策会議	27	斑点米発生対策
59. 12. 3	病虫害発生予察成績検討会	27	事業実績の検討
59. 12. 20	病虫害防除基準等説明会	43	農薬使用法の説明

農産課主催, a) については米づくり運動協議会が開催.

査と防除指導を実施した。この調査は、発生確認のための一斉調査と確認後の精密調査を行うこととし、特に、後者の精密調査は要防除区域の線引きが行えるよう精細に実施した。病虫害防除所はこの推進班の指導機関として、また、一構成員となり率先して活動した。一方、農業試験場は、先進県の防除技術などを解析し要防除密度を設定するとともに、「被害軽減」を主眼にした防除方針を策定した。このように病虫害防除所と農業試験場が一体となった活動によって、発生程度に応じた合理的な防除が推進された。

なお、昭和 58 年度から開始された米づくり運動と本虫の侵入時期が一致したこともあり、市町村などの防除活動が活発に行われ、防除技術の定着が図られている。

### III 防除活動の状況

発生予察情報を活用し、合理的な防除を進めるためには、防除指導組織と防除実践組織の活動を促進する必要がある。

昭和 59 年度の県段階における防除対策協議会の開催状況は、第 3 表のとおりであり、イネミズゾウムシ防除協議会や米づくり運動の一環として行われた稲作中間検討会などに積極的に取り組んだ。また、病虫害防除所などは第 4 表に示すとおり、発生予察情報の提供に努めてきた。

県下 87 市町村のうち、75 市町村は米づくり推進本部を整備しており、市町村防除協議会はこの推進組織の

第 4 表 昭和 59 年度イネ病虫害発生予察情報の提供 (広島県)

情報の種類	情 報 源 (主催者)	発表回数 (開催回数)	提供回数 (参集人員)
予 報	農 業 試 験 場	5 (回)	(部, 回人) 4, 100
地 区 報	病 害 虫 防 除 所 8 所	41	2, 687
テ レ ホ ン サ ー ビ ス	〃 8 所, 8 台	89	6, 434
協 議 会 開 催	(病虫害防除所)	(34)	(566)

下で機能を発揮し、有線放送などの広報活動や現地懇談会などが実施された。なお、市町村防除協議会の活動にあたっては、構成員の活動分担を明確にするよう指導に努めた。

米の生産組合や農家は、生産調整下での米づくりの方向を十分に理解して、新害虫イネミズゾウムシや異常発生した紋枯病などの防除が実施された。このように、米づくり運動に呼応した防除活動が実施され、好天候と相まって昭和 59 年度は史上最高の豊作を記録することができたと考えている。

### おわりに

昭和 59 年度における防除対策の中で、農業試験場および病虫害防除所など植物防疫関係機関は、一体化して

イネミズゾウムシの防除法の改善, しま葉枯病発生調査および紋枯病異常発生対策などを推進した。特に, 病害虫防除所は, 市町村および農業団体などと連携を密にして, 地域の実情に応じた主要病害虫防除対策に努めた。

農林統計による 59 年産米の本県での被害量は, 3, 270 t (総生産量 215, 300 t) であった。この被害量は, 冷夏長雨の 55 年の被害量 38, 600 t, 平年の被害量 16, 378 t に比較しきわめて少なく, 昭和 25 年以降最小の被害であった。これは, イネの生育が高温多照の天候に恵まれたことや, 前述した防除対策をはじめとする栽培技術が的確に駆使された成果と言える。

## 中央だより

### —農林水産省—

#### ○昭和 60 年度病害虫発生予報第 2 号発表さる

農林水産省農蚕園芸局は昭和 60 年 5 月 24 日, 昭和 60 年度病害虫発生予報第 2 号 (60 農蚕 3085 号) を発表した。

内容は次のとおり

向こう約 1 か月間の病害虫の発生動向は次のように予想され, 特に稲の縞葉枯病, イネミズゾウムシ, かんきつ類, 茶のハダニ類, 野菜のアブラムシ類等が多目と見込まれます。都道府県が発表する発生予察情報にも留意し, 的確な防除の実施に努めて下さい。

稲：ヒメトビウンカの縞葉枯ウイルスの保毒虫率は, 関東, 東海, 近畿, 中国の一部でやや高くなっており, 北海道ではヒメトビウンカの越冬量が多くなっています。今後, これらの地域では縞葉枯病の発生がやや多いと予想されますので, 育苗中の地域では箱施薬を, 田植が終了した地域では発生状況に応じて薬剤散布を実施して下さい。

イネミズゾウムシは全般的に前年より多い発生となっていますので, 育苗箱施薬, 水面施用等による防除の徹底を図って下さい。

本田の葉いもちの発生は平年並と予想されますが, 気象の推移に留意して早期発見, 早期防除に努めて下さい。

ツマグロヨコバイの発生は平年並, 萎縮病, ニカメイチュウの発生はやや少ないと予想されます。

麦類：赤かび病の発生は好天により全般的に平年並以下と予想されますが, 降雨が続いた場合には, 「当面の麦作の技術指導について」(昭和 60 年 4 月 1 日付け 60-3 農林水産省農蚕園芸局農産課長, 植物防疫課長通達) に基づいて防除を実施して下さい。

ばれいしょ：疫病の発生は平年並以下と予想されます。

パインアップル：パインアップルコナカイガラムシの発生

今後とも, 変動の激しい自然的社会的諸条件下で防除対策を推進するためには, 長年にわたって蓄積してきた発生予察調査成績を活用するとともに, 適時的確な発生予察活動を実施する必要があります。また, 発生予察を効率的に実施するため, 電子計算機利用などをいっそう推進し, さらに, アメダス利用による防除要否予測技術を緊急に実用化させることが大切である。

一方, 新病害虫の侵入や病害虫の異常発生に対処するため, 病害虫防除所を中心にした地域の防除指導体制を整備・強化する必要があります。

は少ないと予想されます。

かんきつ類：ミカンハダニの発生量は全般的にやや多く, 今後もやや多いと予想されます。

チャノキイロアザミウマ, 黒点病の発生は平年並ないしやや多いと予想されます。

りんご：黒星病の発生は北海道で平年並ないしやや多いと予想されます。

うどんこ病, 斑点落葉病の発生は平年並以下と予想されます。

なし：ハダニ類の発生は一部地域でやや多いほかは, 平年並と予想されます。

黒斑病の葉での発生は平年並ないしやや多いと予想されます。

黒星病の発生は関東の一部でやや多いほかは平年並以下と予想されます。

もも：モモハモグリガの発生は, 中国, 四国の一部でやや多く, その他の地域ではやや少ないと予想されます。

せん孔細菌病, 灰星病の発生は平年並以下と予想されます。

ぶどう：黒とう病の発生は少ないと予想されます。

かき：うどんこ病の発生は, 近畿, 四国の一部でやや多いと予想されます。

落葉病の発生は一部地域でやや多いと予想されます。

果樹共通：カメムシ類の発生は西日本を中心としてやや多く, 今後も同様の傾向と考えられます。

茶：カンザワハダニの発生は全般的にやや多いと予想されます。

チャノミドリヒメヨコバイの発生は平年並ないしやや多いと予想されます。

チャノコカクモンハマキ, チャノホソガの発生は一部地域でやや多いと予想されます。

野菜：トマト, ナス, スイカ等のアブラムシ類の発生は平年並ないしやや多いと予想されます。

キャベツのコナガの発生は一部地域を除き平年並以下と予想されます。

ミナミキイロアザミウマは各地の施設栽培で発生が認められています。今後は施設から露地への分散防止に努めて下さい。

# 経済的被害許容水準 (EIL) の定義

— 総括と理論的解析 —

農水省果樹試験場 あ だ い い  
足 立 礎  
 岡山大学農学部応用昆虫学教室 な す み お  
中 筋 房 夫

## はじめに

第二次世界大戦後病虫害防除に農薬が広範に使用されるようになり、過剰な散布によるさまざまな弊害が顕在化した。そのため使用量を可能なかぎり減らす必要性が認識され、耕種的手段や、天敵、抵抗性品種を利用した生物的手段を組み合わせ、さらにコスト・ベネフィット関係に基づく経済的過程も考慮した総合的害虫管理 (Integrated Pest Management: IPM) の考えかたが提案された。

IPM では、害虫密度をどのレベルに制御すべきかを決定することが、主要な要素の一つとなる。これには、防除行為によって経済的利益が得られると期待される害虫密度の範囲を決定すること、および害虫がその範囲内のある密度にあるとき、最大の防除利益をもたらすであろう防除の強度とそれに伴う害虫密度の関係を決定すること、の二つの過程が含まれる。前者に関しては、一つの基準値を与えるものとして経済的被害許容水準 (Economic Injury Level: EIL) という概念が提出された (STERN et al., 1959)。これは現在、IPM における中心的概念の一つとなっている。しかし、その重要性にもかかわらず、EIL の概念が厳密に定義されているとは言い難い。

そこで本稿では、EIL という概念の総括を試みた。そして、実際の研究の中で示されているいくつかの EIL の定義や求めかたのパターンを、純収益曲線による解析方法の中に位置づけて検討し、筆者らによる定義を述べたいと思う。

## I EIL のことばによる定義

EIL のことばによる定義について重要なものをまとめると、次のようになる。

### (1) STERN ら (1959) による定義

経済的損害をもたらす最低の害虫密度。経済的損害

Definition of Economic Injury Level —Review and Theoretical Analysis—. By Ishizue ADACHI and Fusao NAKASUJI

とは防除費用に見合うだけの被害量。

### (2) National Academy of Science (1969) による定義

害虫によってもたらされる損害額が防除費用と等しくなる臨界的な密度。

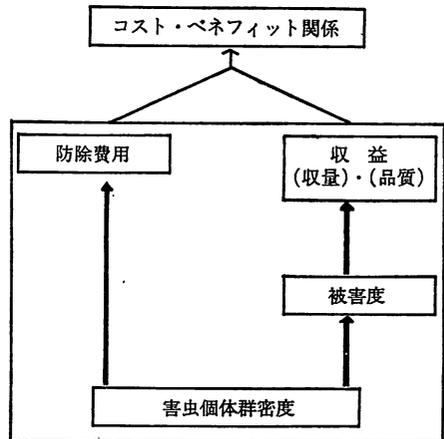
### (3) HEADLEY (1972) による定義

損害を防ぐのに必要な費用と等しい損害増加量をもたらす害虫個体群 (密度)。

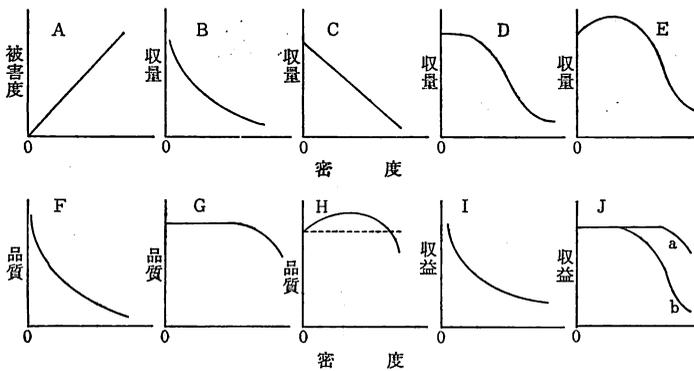
これらは共通して、「害虫による損害」=「防除費用」、言い換えれば「防除による収益増加量」=「防除費用」を満たす害虫密度を EIL と定義している。しかし、これらの定義は具体的にどのような状況を想定すればよいか必ずしも明確ではなく、後述するように、EIL についていろいろな解釈を生じさせている原因になっている。

## II EIL 決定にかかわる基本的要因

EIL の意味を考えるために、まず EIL 決定にかかわる基本的な要因を見ておく (第 1 図)。害虫個体群は作物に被害を与えるが、害虫密度 (pest density) が変化すればそれに伴って被害度 (injury level) も変化する。被害度は収穫物の収量 (yield) と品質 (quality)、それらを複合させた収益 (revenue) に影響する。また害



第 1 図 EIL 決定にかかわる基本的要因



第2図 各要因の相互関係

A: 密度—被害度関係, B~E: 密度—収量関係,  
F~H: 密度—品質関係, I~J: 密度—収益関係

虫密度を防除によって減少させるためには、防除費用 (control cost) がかかる。このように害虫密度は収益と防除費用という二つの要因にかかわっており、これらの間にコスト・ベネフィット関係が生じている。前節で見たように、EILはこのコスト・ベネフィット関係の一つの臨界状態である。

### III 各要因の相互関係

ここで、前節で述べた各要因の相互関係を見ておく。ただしこれは害虫の加害様式によって異なった関係を示すので、まず害虫の加害様式を区別しておく必要がある。それは、収穫物を直接加害する場合と、収穫物以外を加害するが間接的に収益を減少させる場合とに区別でき、ここでは前者を直接的加害、後者を間接的加害と呼ぶことにする。

**密度—被害度関係:** 害虫密度と被害度の関係を第2図のAに示した。直接的加害の場合 (MINER, 1966) でも間接的加害の場合 (JONES and NIRULA, 1963; DAVIDSON, 1969; WILSON et al., 1969; SITCHAWAT, 1974) でも、直線関係になる。つまり、被害度は害虫密度に比例して変動する。このことにより、被害度と他の要因との関係は、密度と他の要因との関係に直接置き換えて考えることができる。

**密度—収量関係:** 害虫密度と収量の関係を第2図のB~Eに示した。図のBは直接的加害の場合で、わずかの害虫密度でも収量が大きく減少する (PEACHEY et al., 1963; LLOYD and MERKL, 1966; WAY, 1967; TEETS and RANDOLPH, 1971)。図のCからEは間接的加害の場合で、POSTONら(1983)によってそれぞれ感受的の反応 (susceptible response), 耐性的の反応 (tolerant response), 補償的の反応 (overcompensatory response) と名づけられて

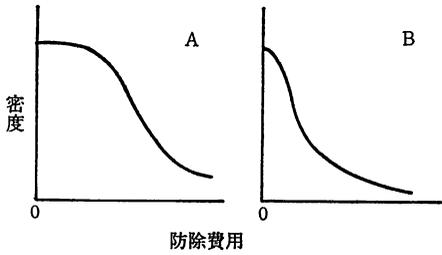
いる。感受的の反応は、害虫密度の増加に伴って収量が徐々に減少する場合である (OGUNLANA and PEDIGO, 1974)。耐性的の反応は、害虫密度がある値に達してから収量減少となるため、シグモイド型を呈する場合である (JONES, 1953; TAMMES, 1961; SEINHORST, 1965; TANSKII, 1969; MISTRIC, 1969; JESSOP, 1969; BULLEN, 1970; DIXON, 1971; BARDNER and FLETCHER, 1974)。補償的の反応は、低い害虫密度のとき収量がかえって増加する場合である (GOUGH, 1964; TAYLOR and

BARDNER, 1968; BARDNER et al., 1969; KINGADE et al., 1970)。これらの反応のうち、耐性的の反応がもっとも一般的であることが、TAMMES (1961) や SOUTHWOOD と NORTON (1973) などによって指摘されている。

**密度—品質関係:** 害虫密度と品質の関係を第2図のF~Hに示した。この場合、品質の尺度は市場価格としてある。品質を決定する要因は、主に外形 (大きさ, 形), 外見 (色, 傷の有無), 収穫物内部における害虫の有無などのいわゆる品位 (cosmetic effect) である。図のFは直接的加害の場合であり、わずかの害虫密度でも損害が起こる (DAUGHERTY et al., 1964)。図のG, Hは間接的加害の場合である。害虫密度が低いとき、Gでは耐性的の反応が見られ (WRIGHT and ASHBY, 1964), Hでは補償的の反応が見られる (KALTON et al., 1949)。このうち、Gの耐性的の反応がもっとも一般的である (SOUTHWOOD and NORTON, 1973)。

**密度—収益関係:** 密度—収量および密度—品質関係を組み合わせることによって、密度—収益関係を求めることができる。それを示したのが第2図のI, Jである。Iは直接的加害, Jは間接的加害の場合である。J中のaはKOGAN (1976), bはSOUTHWOOD と NORTON (1973) によって示されたパターンであるが、基本的にはどちらもシグモイド型を呈していると考えられる。

**防除費用—密度関係:** ある費用をかけた防除行為によって害虫密度をどの程度減少できるのかを表す、防除費用—密度関係を第3図に示した。防除費用は農薬の散布量または散布回数に比例した値としてとらえており、例えば多量の農薬を購入して使用すれば農薬単価が安くなるなどの商業上の取り扱いが含まれていない。図のAはシグモイド型になる場合 (TATE and GATES, 1945;



第3図 防除費用—密度関係

SNAPP, 1947; MATTEWS and TANSTALL, 1968) である。BULLEN (1970) や SOUTHWOOD と NORTON (1973) は、農薬散布量 (dosage) と害虫の死亡率との関係からこのようなシグモイド型がもっとも一般的であろうと推測している。一方、TURNIPSEED ら (1974) の実験では、図のBに示したような関係が得られた。これは、低い害虫密度で防除を始めたため、図のAのシグモイド曲線の右のほうの部分が表示されたものと考えられる。

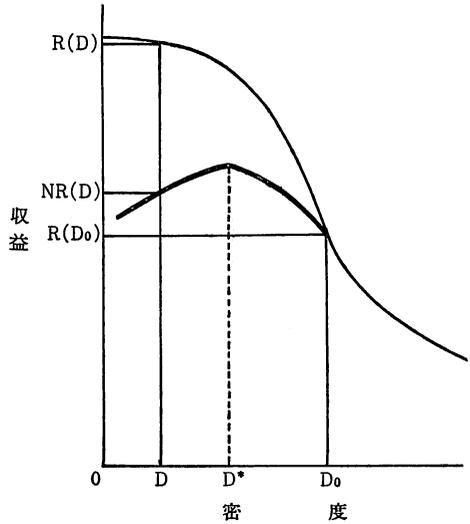
IV 純収益曲線による解析

ここでは害虫密度、防除費用、収益の三つの要因を同時にグラフ化することを試みる。ただし、密度—収益関係および防除費用—密度関係のいずれも、前節でもっとも一般的と考えられたシグモイド型のパターンに従うものとする。

害虫がある密度で存在するとき得られる収益を粗収益 (gross revenue) とすれば、それから防除費用 (control cost) を引いたものが純収益 (net revenue) となる。この関係をいろいろな害虫密度に対してプロットしていけば一つの曲線が得られ、これを純収益曲線 (net revenue curve) と呼ぶことにする。

第4図を見てみよう。横軸に害虫密度、縦軸に収益がとってある。いま害虫の初期密度 (防除の対象となるときの密度) が  $D_0$  であったとしよう。このとき次の二つの場合を考えてみる。①もし防除しなければ、密度は  $D_0$  のまま (簡単化のため初期密度から増減はないとする) であり、そのときの純収益は防除費用がゼロであるため粗収益と等しく、 $R(D_0)$  である。②もし防除することによって初期密度を  $D$  まで減少させたとすると、粗収益は  $R(D)$  まで増加する。しかしこのとき防除費用がかかっており、それを減じたものが純収益  $NR(D)$  となる。第4図では、 $\{R(D) - NR(D)\}$  が防除費用に相当する。このようにして  $NR(D)$  の点を結んでいけば、太い実線で示したような純収益曲線が得られる。

ところで、防除費用 (C) — 密度 (D) 関係が  $f=C(D)$  という一つの関数に従うとき、密度を  $D_0$  から  $D$  まで減



第4図 純収益曲線

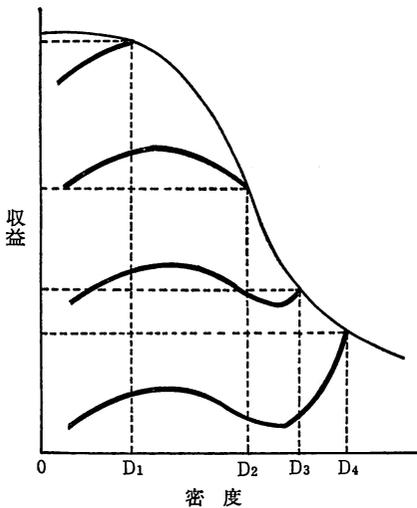
小さめるのに必要な防除費用は  $C(D) - C(D_0)$  と表せる。したがって、初期密度  $D_0$  の害虫を  $D$  の密度まで減少させたときの純収益、あるいは  $D$  を変数としたときの純収益曲線の関数は次のように表すことができる。

$$NR(D) = R(D) - \{C(D) - C(D_0)\} \quad (1)$$

なお、第4図からもわかるように、 $NR(D) \geq R(D_0)$  ならば防除することによって利益があり、 $NR(D) < R(D_0)$  ならば防除することによってかえって経済的な損害を受けることになる。また、純収益曲線はコスト・ベネフィット関係をそのまま表現できる利点があり、第4図でいえば、害虫初期密度が  $D_0$  であるときは密度を  $D^*$  (最適値) まで減少させることが最適防除目標となる。

さて次に、害虫初期密度が変化した場合、純収益曲線がどのように変化するかを見てみよう。それは第5図に示されている。例えば、害虫初期密度が  $D_1$  のときには、いかなる防除によっても経済的利益はもたらされない、 $D_2$  のときは防除によってほとんど確実に利益が得られる、 $D_3$  のときは最適な防除法を行えば利益を得られるが、そうでない場合には損害を被ることもある、 $D_4$  のときはいかなる防除によっても利益は得られない。このように、害虫初期密度が異なれば防除による経済的効果もまったく異なってくる。

ここで、注意すべき点が二つある。一つは、純収益曲線の形そのものは害虫初期密度が変わっても変化せず、ただその位置が縦軸方向に沿って平行移動されているにすぎない、ということである。二つめは、いかなる防除を講じようとも経済的利益が得られないような害虫初期密度が存在し、それは二つの閾値によって分けられてい



第5図 異なる害虫初期密度に対する純収益曲線

る, ということである。

まず前者の注意点であるが, これは (1) 式から容易に理解できる。(1)式を書き直せば,  $NR(D) = \{R(D) - C(D)\} + C(D_0)$  であるから, ある害虫密度  $D$  における純収益  $NR(D)$  は既知の密度-収益関係および防除費用-密度関係によって定まる収益  $R(D)$  と防除費用  $C(D)$  の差に定数  $C(D_0)$  を加えたものとなり, 害虫初期密度  $D_0$  の変化に伴う  $C(D_0)$  の変化は単に  $NR(D)$  を縦軸方向に沿って平行移動させる効果しかない。

ところでこのことは, 純収益曲線がどのような位置にあっても, その極値を与える密度  $D$  の値は変化しないということを意味している。極値を与える  $D$  の値は  $dNR(D)/dD=0$ , すなわち  $dR(D)/dD=dC(D)/dD$  を解くことによって得られるが,  $R(D)$  曲線および  $C(D)$  曲線がシグモイド型に従う場合それは通常2個存在する。このことは第5図でも示されているが, 重要な点なので簡単な例を用いて確かめておく。シグモイド型の一つの形であるロジスティック型を考えてみよう。収益と密度, および密度と防除費用の関係は,

$$R(D) = A \left( 1 - \frac{1}{1 + e^{\alpha - \beta AD}} \right),$$

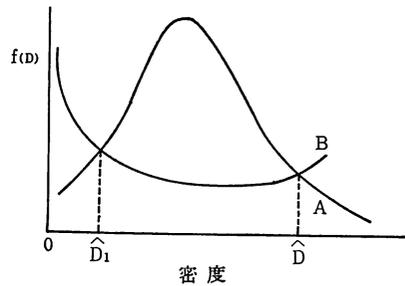
$$D = B \left( 1 - \frac{1}{1 + e^{\gamma - \delta BC(D)}} \right)$$

とそれぞれ表せる。ここで,  $A, B, \alpha, \beta, \gamma, \delta$  は定数である。すると

$$\left| \frac{dR(D)}{dD} \right| = \beta A^2 \frac{e^{\alpha - \beta AD}}{(1 + e^{\alpha - \beta AD})^2},$$

$$\left| \frac{dC(D)}{dD} \right| = \frac{1}{\delta D} \left( \frac{1}{D} - \frac{1}{B-D} \right)$$

となる (ここで絶対値をとったのは,  $dR(D)/dD$  と

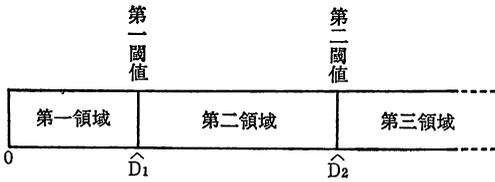


第6図 密度と (A)  $f(D) = \left| \frac{dR}{dD} \right|$ , および (B)  $f(D) = \left| \frac{dC}{dD} \right|$  の関係  
 $D$  は密度,  $R$  は収益,  $C$  は防除費用を示す。

$dC(D)/dD$  が共に負となるからである)。これらと密度との関係を図示すると (第6図),  $|dR(D)/dD| = |dC(D)/dD|$  を満たす  $D$  の値は確かに二つ存在する。これらの解のうち, 小さい値のほうを  $\hat{D}_1$ , 大きい値のほうを  $\hat{D}$  とすれば,  $NR(\hat{D}_1)$  が極大値,  $NR(\hat{D})$  が極小値となる。なお防除費用-密度関係がシグモイド型に従わない場合でも, 極値を与える密度は通常2個存在し, 上述した方法で  $\hat{D}_1$  および  $\hat{D}$  を求めることができる。

さて次に, 二つめの注意点, すなわちいかなる防除を講じようとも経済的利益が得られないような害虫初期密度が存在し, それは二つの閾値によって分けられている, ということをさらに考えよう。前述したように,  $\hat{D}_1$  において純収益は極大となるから, もし害虫初期密度が  $\hat{D}_1$  以下ならば, その密度を減らしても純収益は単調に減少するだけである。したがって, この場合いかなる防除によっても利益は得られない。すなわち,  $\hat{D}_1$  が閾値の一つとなる。これを第一閾値と呼ぶことにする。また, 純収益の極大値  $NR(\hat{D}_1)$  が害虫初期密度  $\hat{D}_2$  における無防除の収益  $R(\hat{D}_2)$  を越えないならば, このときもいかなる防除を行おうとも利益を得ることはできない。すなわち  $\hat{D}_2$  がもう一つの閾値となり, これを第二閾値と呼ぶことにする。この  $\hat{D}_2$  は,  $NR(\hat{D}_1) = R(\hat{D}_2)$  すなわち  $\{R(\hat{D}_2) - R(\hat{D}_1)\} - \{C(\hat{D}_2) - C(\hat{D}_1)\} = 0$  を満たす値である。

以上をまとめて第7図に示す。害虫初期密度がゼロから第一閾値  $\hat{D}_1$  の範囲内 (これを第一領域と名づける) および第二閾値  $\hat{D}_2$  以上の範囲内 (第三領域) にあるときは, いかなる防除によっても無防除時以上の利益を得ることはできない。一方, 害虫初期密度が  $\hat{D}_1$  と  $\hat{D}_2$  の間の範囲内 (第二領域) にあるときは, 無防除時以上の利益を得ることができる最適防除法が存在し, それは害



第7図 害虫密度と防除利益の関係

虫密度を  $\hat{D}_1$  に制御することである。実際の防除行為の観点からすれば、次のように言い換えることができる。害虫密度が第一および第二領域にあるときは積極的に取り入れるべき最適防除法が存在し、それは第一領域ではまったく防除行為を行わないこと、第二領域では害虫密度を  $\hat{D}_1$  に制御することである。一方、害虫密度が第三領域に至ってしまうと、もはや手の施しようがなく放置しておかざるをえない状況になる。ここで、 $\hat{D}_1$  は  $dR(D)/dD = dC(D)/dD$  の解のうち小さいほうの値であり、 $\hat{D}_2$  は  $\{R(D) - R(\hat{D}_1)\} - \{C(D) - C(\hat{D}_1)\} = 0$  の解である。

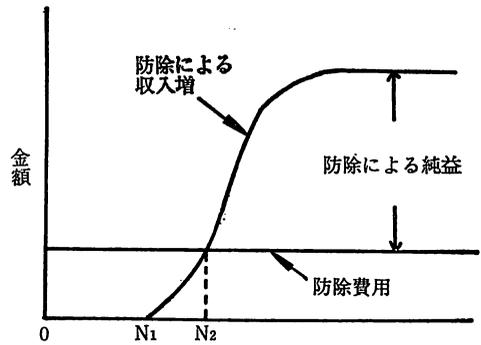
V EIL の意味

これまでに何人かの研究者が EIL の定義を定量的に示す試みを行っている。ここではその実例を紹介し、それぞれの意味と問題点をさきの純収益曲線による解析で得られた結果と対比させながら考察する。そして最後に、筆者らの EIL に対する定義を示したい。

1 SOUTHWOOD と NORTON の定義

SOUTHWOOD と NORTON (1973) は、EIL を次のように定義している。「可能な最低レベルの防除行為  $a$  に対し、方程式  $C(a) = Y(s(a)) \cdot P(s(a)) - Y(s) \cdot P(s)$  を満たす害虫個体群  $s$  の最低値」。ここで、 $Y(s)$  と  $P(s)$  はそれぞれ害虫密度が  $s$  のときの収量と単価。 $Y(s(a))$  と  $P(s(a))$  は、初めの害虫密度  $s$  を  $a$  だけの防除行為によって  $s(a)$  まで減少させたときの収量と単価。 $C(a)$  は  $a$  の防除行為に必要な費用である。この方程式で、左辺が防除費用の増加量、右辺が収益の増加量を意味していること、および可能な最低レベルの  $a$  ということが密度の微小な変化を意味していることに注目すれば、この式の意味は前述した  $dR(D)/dD = dC(D)/dD$  の解を求めることとまったく同じである。このような密度が通常二つ存在することは前に述べたとおりであるが、このうちの最低値ということであるから、まさに第7図の第一閾値  $\hat{D}_1$  に相当する。

ところで、IPM の中心的概念に要防除密度 (STERN et al. (1959) により Economic Threshold, CHANT



第8図 防除の経済的意義(城所・桐谷, 1982より)  
 $N_1$ : 減収開始密度,  $N_2$ : EIL

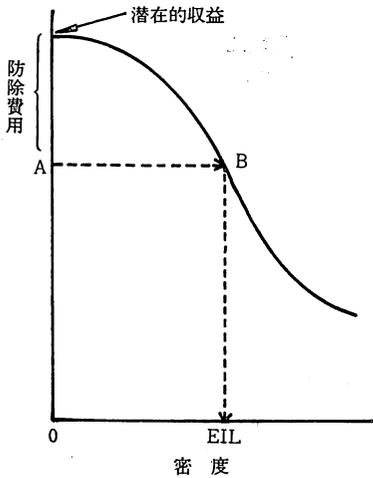
(1966) により Action Threshold, SYLVÉN (1968) により Control Threshold と名づけられている) というものがあり、STERN ら (1959) により「害虫個体群の増加が EIL に達することを防ぐために、防除手段を講ずべき密度」と定義されている (要防除密度の定義にも混乱が見られ、HEADLEY (1972) や GUTIERREZ et al.(1979) も参照されたい)。この定義に従えば、「害虫密度が EIL を越えてしまうともはや防除手段を講ずる意味がない」と解釈できる。

SOUTHWOOD と NORTON が示した閾値は、純収益曲線の解析から、その閾値を越えてもまだ利益をもたらす防除法が存在しているわけだから、STERN らの要防除密度の定義に示された EIL の意味と矛盾することになる。したがって SOUTHWOOD と NORTON が示した閾値、 $\hat{D}_1$  を EIL と定めることは妥当ではないと考えられる。

2 城所と桐谷の定義

城所と桐谷 (1982) は第8図に示したような図で EIL を説明している。密度が0から  $N_1$  までは防除しても収入増がなく (彼らは言及していないが、この範囲で収益の耐性的反応を考えているのであろう)、 $N_1$  を越えてから防除による収入増が始まり、 $N_2$  のときその収入増と防除費用が等しくなる。この  $N_2$  を EIL と定義しようということである。

ところが、この解釈には二つの問題点がある。一つは、ある害虫密度における防除による収入増を、その密度での無防除時収益と密度ゼロのときの潜在的収益との差によって常に表現できるという前提、言い換えれば、第8図に示された一定の防除費用でもっていかなる害虫密度も常にゼロにできるという前提が含まれていることである。ここでは防除費用—密度関係に基づくコスト・ベネフィット関係が考慮されていない。二つめの問題点



第9図 STONE と PEDIGO (1972) による EIL 決定の手順

は、第8図から「EIL を越えた害虫密度でも防除による利益がある」ということが導かれる点である。これは1の場合と同じ理由により、不適当な定義であると結論できよう。

### 3 STONE と PEDIGO の定義

STONE と PEDIGO (1972) は利得閾 (Gain Threshold) という考えかたを用いて EIL を定義しようとした (この利得閾については、加藤 (1985) に詳しく紹介されている)。利得閾とは、防除費用を収穫物の単価で割って、収穫物の個数あるいは重さに換算したものである。つまり、防除費用を収穫物の減収に見立てて、その減収分を引き起こすであろう害虫密度を EIL と定めようという考えかたである。これを純収益曲線によって説明すれば第9図のようになる。まず最初に潜在的収益から防除費用を差し引いたところに点Aをとる。点Aから真横に引いた線が収益曲線と交わった点をBとする。点Bから真下に線を引き、横軸と交わったところを EIL と定めようというのである。

しかし、この考えかたにも二つの問題点が指摘できる。まず第一に、与えられた防除費用によって過不足なく、必ず害虫密度をゼロにできるという前提が含まれていることである。二つめは、所与の防除費用がどのような根拠のもとに定められたのか不明な点である。IPM の考えに従った場合、防除費用はコスト・ベネフィット関係に基づいて導かれるべきであるが、利得閾の考えの中ではその点が考慮されているのか否か、不明である。

### 4 RUESINK の定義

RUESINK (1975) によって示されたモデルでは、(害虫

密度がDのときの粗収益) = (潜在的収益) - (防除費用) を成り立たせる密度Dを求めて、それを EIL と定めている。これは3の考えかたと同じものである。そしてこのモデルでも防除費用を既知の定数と置いている。既知の定数と置く以上、ちょうどその費用分の防除で過不足なく害虫密度をゼロにできることが前提条件であるが、その根拠はまったく示されていない。

以上述べてきた1~4が、STERN らによって初めて提出された EIL の定義をどのように解釈していたかをもう一度まとめておく。1では「ある害虫密度を微小に変化させたとき、収益増加量=防除費用となっている密度の最低値」を EIL と呼んだ。ここで、防除費用-密度関係が考慮されていることは評価できたが、「最低値」とした点は問題であると考えられた。2~4では、「ある害虫密度における収益と潜在的収益とを比較したとき、収益増加量=防除費用となっている密度」を EIL と呼んだ。この場合、防除費用を既知の値として与え、ちょうどその費用分の防除で害虫密度を過不足なくゼロにできると仮定している根拠が不明な点、言い換えれば防除費用-密度関係が無視されている点に問題があると考えられた。

これらの問題点を考慮したうえで、筆者らは第7図に示した第二閾値  $\hat{D}_2$  を EIL と定義することを提案する。すなわち、「ある害虫密度をコスト・ベネフィット関係に基づいて最適に防除したとき、収益増加量=防除費用となっている密度の最大値」が EIL である。ここで最適な防除は害虫密度を  $\hat{D}_1$  に制御することである。

## おわりに

コスト・ベネフィット関係に基づく IPM の基本理念に則しながら、EIL の定義を厳密化してきたが、今後考慮していかなければならないいくつかの課題を指摘しておきたい。

(1) 防除費用-密度関係が実際に測定された例はきわめて少ないが、これは IPM による防除計画作製のうえで不可欠な情報であるから、今後いろいろな害虫密度に対する防除効果を克明に調べる必要がある。なお、コストとして防除費用だけでなく、農業残留や天敵相の破壊といったリスクを含めていくことが必要になってくるであろう。

(2) KOGAN (1976) など多くの研究者が指摘するように、EIL は作物の生育ステージや害虫の加害時期によって変化するから、動的な EIL 決定を行っていく必要がある。

(3) 防除は一般に加害時期に行われず、例えば5齢

幼虫の加害に対しては、それに先立つ若齢幼虫などの密度を目標として防除を行うことが一般的である。こうした場合、害虫個体群の個体数変動を的確にモニタリングし、さらに予測可能なモデルを作製することが必要となるであろう (例えば久野 (1981) を参照)。したがって、EIL に対応する要防除密度を問題にする場合、純収益曲線の解析に用いた密度-収益平面に時間軸を加えた三次元空間のモデルが必要となろう。

主な引用文献

1) GUTIERREZ, A. P. et al. (1979) : Environ. Entomol. 8: 101~107.  
 2) HEADLEY, J. C. (1972) : Ann. Rev. Ent. 17: 273~

286.  
 3) 加藤 勉 (1985) : 植物防疫 39(1) : 2~7.  
 4) 城所 隆・桐谷圭治 (1982) : 植物防疫 36(1) : 5~10.  
 5) KOGAN, M. (1976) : World Soybean Research (ed. L. D. HILL), Danville, pp. 514~533.  
 6) 久野英二 (1981) : 昆虫学最近の進歩 (石井象二郎編), 東京大学出版会, pp. 221~235.  
 7) POSTON, F. L. et al. (1983) : Bulletin of the ESA 29 : 49~53.  
 8) RUESINK, W. G. (1975) : Introduction to Insect Pest Management (ed. R. L. METCALF and W. H. LUCKMANN), John Wiley & Sons, pp. 353~376.  
 9) SOUTHWOOD, T. R. E. and G. A. NORTON (1973) : Mem. Ecol. Soc. Australia 1 : 168~184.  
 10) STERN, V. M. et al. (1959) : Hilgardia 29 : 81~101.  
 11) STONE, J. D. and L. T. PEDIGO (1972) : J. Econ. Ent. 65 : 197~201.

中央だより

—農林水産省—

○特殊病害虫防除に関する打合せ会開催さる

特殊病害虫防除に関する打合せ会が、5月8~9日横浜植物防疫所会議室において、鹿児島県、沖縄県、東京都、果樹試験場、横浜・門司・那覇の各植物防疫所、沖縄開発庁、国土庁、沖縄総合事務局、九州農政局、(社)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、各都県から、①昭和59年度特殊病害虫特別防除事業の実施状況、②昭和60年度特殊病害虫特別防除事業の実施計画、について説明があり、喜界島及び宮古群島におけるウリミバエの不妊虫放飼を中心に検討が行われた。

なお、この会議後、沖縄県が制作した「沖縄県におけるウリミバエの根絶防除」及び東京都が制作した「小笠原諸島におけるミカンコミバエの根絶」の記録映画が上映された。

○ジャンボタニシの防除対策検討会開催さる

ジャンボタニシの防除対策検討会が、5月10日農林水産省会議室において、静岡、三重、福岡、熊本、宮崎、鹿児島、沖縄各県、水産庁、農業検査所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近年における被害発生状況、②防除対策、③薬剤防除試験等の検討が行われた。

○土壌くん蒸安全推進緊急特別対策事業打合せ会議開催さる

昭和60年度土壌くん蒸安全推進緊急特別対策事業打合せ会議が、5月16日農林水産省会議室において、岩手、山形、茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、静岡、新潟、愛知、兵庫、奈良、徳島、高知、福岡、長崎、熊本、大分、宮崎、鹿児島各県、日本農業機械工業会、日本くん蒸技術協会、植物防疫課の担当者が参集し開催された。

会議は、①昭和60年度新防除技術確立事業の実施計画、②昭和60年度新防除技術確立事業実施上の問題点、等の検討を行った。

○防除要否予測技術導入事業打合せ会開催さる

昭和60年度防除要否予測技術導入事業打合せ会が次のとおり開催された。

- (1) 日時：昭和60年5月17日10時~17時
- (2) 場所：農林水産省共用第5号会議室(全体会議、水稲分科会)及び農蚕園芸局第2会議室(カンキツ分科会)
- (3) 出席者：北海道、青森、岩手、宮城、茨城、埼玉、長野、福井、岐阜、広島、山口、愛媛、福岡、佐賀、長崎各県、農業研究センター、果樹試験場、地方農政局、植物防疫課、(財)気象協会

# 果樹における薬剤耐性菌の現状と問題点

農林水産省果樹試験場 いし  
井  
英  
夫

## はじめに

わが国の果樹園で薬剤耐性菌が初めて見いだされてからすでに14年が経過した。これまでに発生が認められた耐性菌と薬剤の組み合わせを第1表に示したが、ナン黒斑病菌のポリオキシン耐性をはじめ、ナン黒星病菌やブドウ灰色かび病菌のベンゾイミダゾール系薬剤耐性など、耐性菌の出現による薬剤の防除効果の低下を数多く経験し、今日に至っている。果樹園の多くでは現在、耐性菌による被害を懸念して問題の薬剤の使用が制限されており、関係者の経験的知識の蓄積とも相まって、2, 3の例を除けば耐性菌問題は一応小康状態にあるといえる。そこで、これまでに明らかになった事からをひとまず整理し、海外における耐性菌発生の動向なども参考にしながら、今後の耐性菌対策を考えてみたい。

## I 耐性菌の発生消長

### 1 耐性菌の出現

薬剤が耐性を誘導するという可能性も否定はできないが、一般には、菌の母集団の遺伝子プール中には薬剤の使用とは無関係に、耐性を支配する遺伝子が低頻度で存在すると考えられている。事実、ナン黒星病菌では薬剤無散布園からも約1%の割合でチオファネートメチル耐性菌が検出されている<sup>20)</sup>。また、カンキツ青かび病菌や緑かび病菌の分生孢子懸濁液をチオファネートメチルまたはペノミルを添加した培地で混和して培養すると、 $2.9 \times 10^{-8} \sim 2 \times 10^{-9}$ の頻度で耐性菌が出現した<sup>29)</sup>。一方、灰色かび病菌でも、薬剤無散布のミカンや雑草からかなり高率にチオファネートメチル耐性菌が見いだされている<sup>30)</sup>。この菌が多犯性であること、また *Alternaria* 属菌などと同様、分生孢子が主として空気伝搬することなどから、薬剤が使用された他の地域から耐性菌が伝搬した可能性もあるが、あるいは遺伝的浮動やヘテロカリオシスのような原因によるものかもしれない。

大沼は、ポリオキシンと他の殺菌剤との使用経歴によって、ポリオキシンの「使い方指数」を求め、これとリンゴ斑点落葉病の発生との関係を調べた<sup>45)</sup>。それによる

と、「使い方指数」が高い園では耐性菌の検出率が高く、発病も多い傾向を示した。ナン黒星病菌でも、ベンゾイミダゾール系薬剤の散布回数と耐性菌の出現および発病程度との間には密接な関係があると考えられた<sup>55)</sup>。このことはほ場におけるモデル試験の結果からも明らかであり<sup>19)</sup>、薬剤の使用回数の増加に伴って、耐性の強さが菌の集団中で上昇するとともに薬剤の効果も低下した。すなわち、薬剤による方向性淘汰 (directional selection) が菌集団の薬剤耐性化という小進化を導いたと考えられた。

ほ場から分離された菌の耐性を室内で検定すると、耐性の強さが菌株によって種々異なることがあり、この例として、ポリオキシン耐性のナン黒斑病菌<sup>40)</sup>、ベンゾイミダゾール系薬剤耐性のナン黒星病菌<sup>1, 56)</sup> およびオウトウ灰星病菌<sup>45)</sup>などが挙げられる。第2表は、チオファネートメチルの防除効果に及ぼすナン黒星病菌の中等度耐性菌や弱耐性菌の影響を接種試験によって調べたもので、接種源中の耐性菌比率の上昇につれて防除価の低下が見られた。このように、耐性のレベルの比較的低い菌でも条件によっては実用上問題になることが予想されるが<sup>13)</sup>、同様のことはオウトウ灰星病菌でも指摘されている<sup>45)</sup>。

チャ炭そ病菌 (*Gloeosporium theae-sinensis*) のベンゾイミダゾール系薬剤耐性の例では<sup>42)</sup>、ほ場によって中等度耐性菌または高度耐性菌の一方のみが検出される場合と、両耐性菌が混在して検出される場合とがある。中等度耐性菌が単独に存在するほ場では、チオファネートメチルの使用によって中等度耐性菌の検出率が高まった。一方、中等度耐性菌が高度耐性菌と混在する場合、薬剤の使用による検出率の上昇は高度耐性菌にのみ認められたという。

### 2 耐性菌の衰退

耐性菌がほ場内に広がった後、問題の薬剤の使用を中止すれば菌の集団中で耐性菌の衰退が起こるかどうかは重要な問題の一つである。1971年に、ポリオキシン耐性菌によってナン黒斑病が多発した鳥取県では、それ以後数年間この薬剤の使用を中止し、ダイホルタンや有機銅を主体とする防除体系が組まれた。またその間、鳥取県果樹試験場と鳥取大学の共同で耐性菌分布の追跡調査

第1表 わが国の果樹園で発生が認められた薬剤耐性菌 (1985年現在)

病原菌	病名	薬剤	文献
<i>Alternaria alternata</i> apple pathotype (= <i>A. mali</i> ) <i>A. alternata</i> Japanese pear pathotype (= <i>A. kikuchiana</i> ) <i>Botrytis cinerea</i>	リンゴ斑点落葉病	ポリオキシシン ジカルボキシイミド系薬剤	44) 50)
	ナシ黒斑病	ポリオキシシン	39)
	ブドウ灰色かび病	ベンゾイミダゾール系薬剤 ジカルボキシイミド系薬剤	52) 2)
	カンキツ灰色かび病 カキ灰色かび病 ウメ灰色かび病	ベンゾイミダゾール系薬剤 〃 〃	51) 58)
<i>Monilinia fructicola</i> <i>Penicillium digitatum</i> および <i>P. italicum</i> <i>Pestalotia menezesiana</i> <i>Pestalotiopsis funerea</i> <i>Phyllactinia kagicola</i> <i>Valsa ceratosperma</i> <i>Venturia inaequalis</i> <i>V. nashicola</i> <i>V. pirina</i> <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>citri</i> <i>X. campestris</i> pv. <i>pruni</i>	核果類灰星病	〃	46)
	カンキツ緑かび病 および青かび病	〃	28), 57)
	ブドウベスタロチアつる枯病	〃	37)
	ピワ灰斑病	〃	21)
	カキうどんこ病	〃	34)
	リンゴ腐らん病	〃	8)
	リンゴ黒星病	〃	38)
	ナシ黒星病	〃	12)
	セイヨウナシ黒星病	〃	14)
	カンキツかいよう病	ストレプトマイシン	27)
モモせん孔細菌病	〃	53)	

第2表 チオファネートメチル剤 (467 ppm) を散布したナシ葉にナシ黒星病菌の耐性菌と感性菌を混合接種して得られる防除価と接種源中の耐性菌比率との関係 (石井ら, 1983)

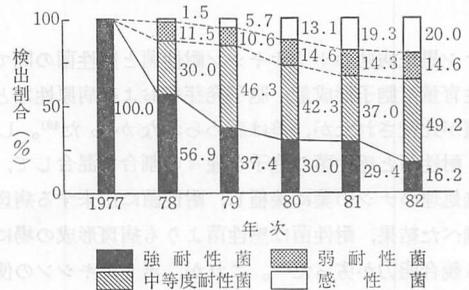
比率	防 除 価 <sup>a)</sup>	
	中等度耐性菌 : 感性菌	弱耐性菌 : 感性菌
1 : 0	-62	-11
3 : 1	-20	39
1 : 1	21	35
1 : 3	20	45
0 : 1		100

薬剤無散布区の発病率率  
- 薬剤散布区の発病率率

$$a) \text{ 防除価} = \frac{\text{薬剤無散布区の発病率率}}{\text{薬剤散布区の発病率率}} \times 100$$

が進められた<sup>54)</sup>。1971年には場内の黒斑病菌の約60%を占めた高度耐性菌の比率は漸減し、10年後の1981年には検出されなくなった。その一方で、ポリオキシシンの使用中止に伴って当初見られなかった中等度耐性菌が顕在化している。

同様の調査はベンゾイミダゾール系薬剤耐性のナシ黒星病菌についても行われた<sup>19)</sup>。第1図に示すは場では、1977年にベンゾイミダゾール系薬剤の効果著しく低下し、黒星病が激発した。このため直ちにこれらの薬剤の使用を中止し、有機銅・キャプタン、ダイホルタン、ポリカーバメートなどの代替薬剤に切り換えた。その結果、1978年以降、発病率は著しく低下したが、耐性菌の検出割合は問題の薬剤の使用中止後5年が経過した



第1図 ベンゾイミダゾール系薬剤の使用を中止したは場におけるナシ黒星病菌の耐性菌検出割合の推移 (石井ら, 1985)

1982年に至ってもなお80%を占めた。このように、耐性菌がいったんは場にまん延すると、薬剤による selection pressure が取り除かれても耐性菌の衰退は急速には起こらなかった。ただし、耐性菌の中で、強耐性菌の割合は比較的速やかに減少し、これに代わって中等度耐性菌や弱耐性菌が検出されるようになってきている。これは、は場生態系における genetic homeostasis の典型的な例であり、なんらかの原因で強耐性を支配する遺伝子の頻度が菌の集団中で低下しているものと思われた。一方、石崎らも<sup>20)</sup>、チオファネートメチル使用中止後の耐性菌検出率の年次変動を5か年間にわたって調べているが、この場合、第1図で見られたような中等度耐性菌や弱耐性菌の顕在化はほとんど起こらず、強耐性菌が90%以上の高率で残存していた。

ベイズイミダゾール系薬剤耐性菌の検出率の変動に及ぼす薬剤散布の影響がチャ炭そ病菌でも調べられている<sup>41)</sup>。当初の耐性菌検出率が高い園では、ベンゾイミダゾール系薬剤の散布により速やかに検出率が高まり、その後 TPN に切り換えても耐性菌率は低下しなかった。これに対して、当初の検出率が低い園では、ベイズイミダゾール系薬剤の使用によって耐性菌率がいったん上昇しても、その後 TPN を使用することによって耐性菌検出率は大きく低下した。

露地栽培ブドウの灰色かび病菌では、ベンゾイミダゾール系薬剤耐性菌が 86.2% 検出された地域でこれらの薬剤の使用を中止したところ、1年後には 44.2%、2年後には 12% にまで検出率が低下した<sup>6)</sup>。

## II 耐性菌の競合能力および fitness (適応度)

耐性菌はほ場生態系の中では感性菌や他種の微生物群とともにマイクロフローラを構成している。したがって、これらに対する競合能力や環境に対する fitness は当然、ほ場における耐性菌の出現や衰退と密接なかかわりを持つ。

ナン黒斑病菌のポリオキシン耐性菌と感性菌の間で菌糸生育量、孢子形成量、孢子発芽率および病原性などの性質が比較されたが、差は認められなかった<sup>40)</sup>。しかし、耐性菌と感性菌の孢子を種々の割合で混合して、薬剤無処理のナンの葉に接種し、耐性菌に由来する病斑数を調べた結果、耐性菌は感性菌よりも病斑形成の場における競合能力が劣った<sup>25)</sup>。これが、ポリオキシンの使用中止に伴って耐性菌の検出率が漸減した原因の一つではないかと考えられている。

SHABI および KATAN<sup>48)</sup> はセイヨウナン黒星病に関して、ベンゾイミダゾール系薬剤耐性菌の検出率が 100% のほ場では、同薬剤の使用を中止して4年経過しても耐性菌検出率は低下しなかったと述べている。また、耐性菌と感性菌の分生孢子を等量混合して、セイヨウナンの葉への継代接種を繰り返したところ、耐性菌は感性菌と同等もしくはそれ以上の競合能力を示し、これが、薬剤による selection pressure を除いた後も耐性菌が衰退しない要因の一つとみなされた。

ほ場における耐性菌の競合能力や fitness を把握することは方法論の問題もあって容易ではない。しかし、突然変異体である耐性菌が通常 less fit であるという当初の考えはしばしば変更を余儀なくされている。なぜならば、薬剤による selection pressure が働く条件下では、耐性菌の fitness が増強される可能性があるからである。

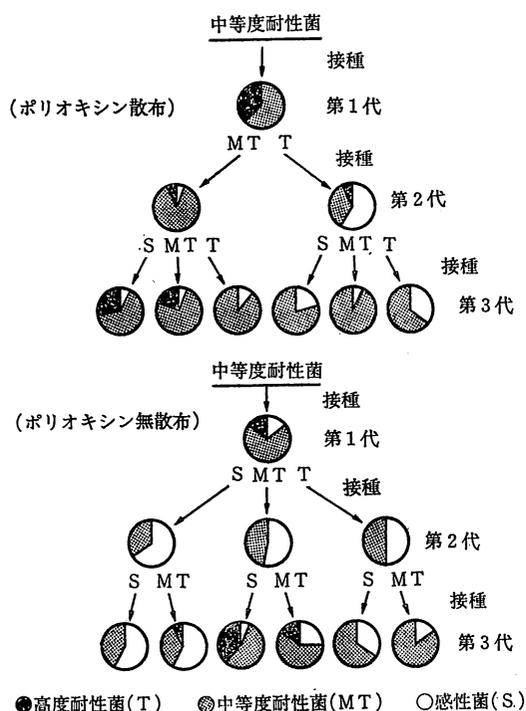
カンキツ青かび病菌や緑かび病菌によるウンシュウミカン果実の病斑進展度には、ベノミル高度耐性菌、中等度耐性菌および感性菌をそれぞれ接種した区で差がなかった<sup>26)</sup>。また、ベノミルを処理したオレンジの果実に緑かび病菌を接種した場合、耐性菌単独よりも耐性菌を感性菌と混合して接種したほうが感染率が高かった<sup>60)</sup>。すなわち、耐性菌の感染に感性菌が協力的に働いたという。

カンキツかいよう病菌では、ストレプトマイシン耐性菌を感性菌と等量混合して薬剤無散布のナツミカンの苗に3回継代接種したところ、1年後には耐性菌の比率が約 1/50 に、また1年7か月後には約 1/500 に低下した<sup>27)</sup>。

## III 耐性の遺伝

ナン黒星病菌では、落葉中の偽子のう殻内に形成された子のう孢子にもベノミル耐性菌が見いだされ、耐性が遺伝すると考えられた<sup>56)</sup>。また、ほ場で採集した子のう孢子的ベイズイミダゾール系薬剤感受性を順不同四分分子分析により調べると、耐性と感性が 1:1 に分離した<sup>15)</sup>。次に、この菌を種々の組み合わせで人工交雑し、ランダム子のう孢子分析を行った結果<sup>16)</sup>、耐性は主働遺伝子支配であると推定された。また強耐性、中等度耐性、弱耐性は単一遺伝子の変異によるものであり、異なる耐性程度を支配するこれらの遺伝子群は同一遺伝子座を占める複対立遺伝子ではないかと思われた。これと同様の結果はリンゴ黒星病菌に関してでも得られている。KATAN ら<sup>22)</sup>は、ベンゾイミダゾール系薬剤耐性のレベルを low, moderate, high および very high の四つに類別し、これらがそれぞれ同一遺伝子座上の複対立遺伝子の一つによって支配されていると結論した。

ナン黒斑病菌やリンゴ斑点落葉病菌などの *Alternaria* 属菌は完全時代未発見であり、また人工交雑にも成功していないので、ポリオキシン耐性の遺伝様式は明らかでない。しかし、これらの菌と近縁のタバコ赤星病菌 *A. alternata tobacco pathotype* (= *A. longipes*) では heterokaryotic vigor によるポリオキシン耐性の獲得が示唆されている<sup>7)</sup>。また、第2図に示すように、ナン黒斑病菌の中等度耐性菌をナンの葉に継代接種すると、薬剤による selection pressure の有無にかかわらず、中等度耐性菌のほかにも高度耐性菌や感性菌も検出された<sup>54)</sup>。これは先に触れた鳥取県のナン園で、ポリオキシンの使用中止後に中等度耐性菌が顕在化したことと関連して興味ある現象といえよう。この菌は多核でヘテロカリオンであるとされ、このために多形性を示すと考えられている



第2図 ポリオキシシン耐性ナン黒斑病菌のナン葉への継代接種による耐性菌率の変動 (宇田川ら, 1983)

が、他の菌でも類似の現象が見いだされている。例えば、ブドウ灰色かび病菌は分生孢子や菌糸が多核であるため、ジカルボキシイミド系薬剤に対する耐性が不安定であったという<sup>48)</sup>。LORENZ らは耐性菌を用いて、単孢子による継代を繰り返した。その結果、resensitizationによる耐性菌率の低下などが起こり、後代の耐性菌率には大きなバラツキが観察されている。

ナンヤリンゴの fire blight (病原菌: *Erwinia amylovora*) はわが国では存在が未確認であるが、オキシテトラサイクリン耐性に関与するプラスミドが *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* から *E. amylovora* に植物体上で移ったという報告がある<sup>50)</sup>。

#### IV 耐性菌の防除対策

リンゴ斑点落葉病では、ポリオキシシンの使用方法を変えて、発病と耐性菌分布の推移とが調べられている<sup>10)</sup>。ポリオキシシン連用区およびポリオキシシンとキャプタンの交互使用区では、散布回数増加によって耐性菌の割合が急激に上昇し、罹病葉率も高くなって、ポリオキシシンの防除効果が低下した。一方、ポリオキシシンとキャプタンの混合剤を連用した区では、耐性菌率は比較的低く、

薬剤の防除効果も得られている。このことから、混合剤を防除体系に導入するのが適当であると考えられた。

アウトウ灰星病菌のベンゾイミダゾール系薬剤耐性菌の場合、ベノミルとキャプタンの混用による連続散布では、防除効果は高いが、耐性菌検出率もやや高く、ベノミルとキャプタンの交互散布では、防除効果はやや劣るが耐性菌検出率は低かった<sup>45)</sup>。一方、ベノミルやチオファネートメチルをキャプタンと混用し、しかも他の薬剤を交互に採り入れた防除体系では、防除効果が高く耐性菌の検出率も低かった。

しかし、最近 STAUB らも指摘しているとおり<sup>49)</sup>、薬剤の混用あるいは交互使用の耐性菌対策上の役割については実証データがまだまだ不十分であり、なお議論の分かれるところである。

OGAWA<sup>48)</sup>は、モモ灰星病に関して、ベノミルとキャプタンの混合剤がベノミル耐性菌のほ場における出現を必ずしも遅らせるものではないと述べている。また後で触れるように、ブドウべと病菌 (*Plasmopara viticola*) のメトラキシル耐性は、当初から混合剤を使用していたフランスで現実の問題となっている。したがって、混合剤といえども、その安易な使用は慎むべきであろう。

このような事情に加えて、耐性菌のほ場における出現や衰退のパターンは一様ではない。多くの場合、ほ場には耐性の強さが異なる菌が様々な割合で混在し、菌の絶対量も異なる。また、ほ場の立地条件や、そこでの気象条件、栽培条件あるいはマイクロフローラなどがそれぞれ複雑に異なることから、耐性菌の fitness にもほ場による違いがあると思われる。このため、耐性菌の検出率と薬剤防除効果との間に一定の傾向が見られないこともあり<sup>11)</sup>、これがリスクの推定ひいては耐性菌対策の確立を困難にする要因となっている。

ところで、耐性菌対策の一つとして現在、負相関交差耐性の利用に関心が寄せられている。LEROUX ら<sup>31)</sup>は、灰色かび病菌や *Penicillium expansum* のベンゾイミダゾール系薬剤耐性菌の一部が、N-フェニルカーバメート系除草剤のパーバンや CIPC などに負相関交差耐性を示すことを見いだした。その後、加藤ら<sup>23, 24)</sup>は、同系統の薬剤であるメチル N-(3,5-ジクロロフェニル)カーバメート (MDPC) やイソプロピル N-(3,4-ジエトキシフェニル)カーバメートに対して、灰色かび病菌やキュウリうどんこ病菌などのベンゾイミダゾール系薬剤耐性菌が負相関交差耐性を示すことを報告しており、ほ場試験でも有望な結果が得られている<sup>36)</sup>。しかし、ナン黒星病菌を用いた筆者らの室内試験では、これらの新規薬剤に対する負相関交差耐性はベンゾイミダゾール系薬剤

強耐性菌についてのみ認められ、中等度耐性菌や弱耐性菌には認められなかった<sup>18,19)</sup>。したがって、これらの薬剤の実用性を論じるためには、は場試験によるデータの収集のほか、負相関交差耐性の遺伝様式や生化学的メカニズムの解明が必要であろう。なお、ベイゾイミダゾール系薬剤に耐性の *P. expansum* がジフェニルアミンに負相関交差耐性を示すことが ROSENBERGER ら<sup>47)</sup>によって報告されているが、ナン黒星病菌ではこのような現象は認められなかった。

## V 諸外国における耐性菌の現状

詳細については他の資料<sup>17)</sup>に譲るとして、ここでは、果樹における 2, 3 の問題を紹介したい。

イプロジオン、ビクロロリン、プロシミドンなどのジカルボキシイミド系薬剤に対する耐性菌は、わが国でも主として野菜類の灰色かび病で見いだされているが、フランスでは現在、ブドウ灰色かび病で問題になっている。LEROUX ら<sup>32)</sup>によれば、中部フランスやアルザス地方では耐性菌の検出率は 20~30% であり、薬剤の効果も約 30% に低下している。事態がもっとも深刻なのはシャンパーニュ地方で、ここでは耐性菌の検出率は 65% に達し、すでに薬剤の効果がないために、問題の薬剤の使用を中止しているという。また同地方では、ジカルボキシイミド系薬剤とベンゾイミダゾール系薬剤の両方に耐性を示す多剤耐性菌の検出率も高くなっている。

メタラキシルに代表されるアシルアラニン系薬剤に対する耐性はジャガイモ疫病菌 (*Phytophthora infestans*) やキュウリべと病菌 (*Pseudoperonospora cubensis*) などで知られているが、フランスのコニャック、ボルドーの両地方ではブドウべと病でも問題になっている<sup>4)</sup>。現在これらの地方には耐性菌がきわめて高率で分布しており、メタラキシルを含む薬剤の使用制限が呼びかけられている。

最近、糸状菌病に対するエルゴステロール合成阻害剤の開発が進められ、わが国においても、トリアジメホンやトリホリンが一部の果樹病害にも登録されている。ヨーロッパではこれらの薬剤はかなり以前から使用されており、一般には耐性菌出現のスピードは遅いと考えられている。しかし最近、オオムギうどんこ病 (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) やキュウリうどんこ病 (*Sphaerotheca fuliginea*) などで菌の薬剤感受性の低下がイギリスやオランダなどで見られ、一部では防除効果の低下も起こっている。果樹に関しては、フェナリモルやビテルタノールなどもヨーロッパでは使用されているが、耐性菌によって防除効果が劣った例はまだ確認されてい

い。

マンゼブやチウラムなどのジチオカーバメート系薬剤は多作用点阻害剤とみなされ、耐性菌が実用上の問題になる可能性は少ないと考えられてきたが、最近、少数例ではあるが、これらの薬剤の効力低下に触れた報告がある。トルコの施設野菜から分離された灰色かび病菌や *Cladosporium* 属菌の中に、室内試験でマンゼブやチウラムに対する感受性が低下した菌株が見いだされており<sup>5)</sup>、これらの薬剤の使用をすでに中止した施設もあるという。しかし、薬剤の効力低下における耐性菌の役割を立証するためには、耐性の検定方法の検討や薬剤の効力低下の再現試験などが今後さらに必要であろう。昨年、わが国のいくつかの県でナン黒斑病が多発し、ダイホルタンの効力不足も指摘された。これらの地域からは薬剤感受性のやや低い菌が低率ながら室内試験で検出されている<sup>26)</sup>。このような菌が薬剤散布下のナン園で果たした役割についてはまだ明らかでないが、ダイホルタンのような多作用点阻害剤であっても、特殊条件下では耐性菌問題が起こる可能性も否定できないので、今後注意深く事態の推移を見守る必要がある。

このほか、わが国では未報告であるが、外国では次のような薬剤耐性菌も知られている。アメリカのフロリダ州ではベノミル耐性のカンキツかいよう病菌 (*Elsinoë fawcetti*) が見いだされ<sup>50)</sup>、ここでは薬剤の防除効果も低下したという。また、ジョージア州の試験ほ場からはベノミル耐性のモモ黒星病菌 (*Cladosporium carpophilum*) も検出されている<sup>5)</sup>。一方、オーストラリアやニュージーランドでは、カンキツの貯蔵中に発生する青かび病、緑かび病防除に使用されるグアザチンの効力が劣ったという例があり、耐性菌も見いだされている<sup>9,61)</sup>。

## おわりに

以上、果樹園における薬剤耐性菌の問題を述べてきた。これまで、薬剤の効力低下が起こって初めて耐性菌を確認するというケースが少なくなかったが、耐性菌による被害を未然に防止するのが最終目標であることはいままでもない。このためには、内外の関係者間の情報交換と研究、普及活動のいっそうの推進が必要である。

また、果樹病害の防除が必ずしも薬剤のみで達成されるものではないこともしばしば経験されることである。将来は、病原菌の発生生態の解明と予察方法の確立、病害抵抗性品種の育成、導入あるいは栽培条件の適正化などを通じて、disease pressure 自体を低下させることが必要であろう。それが、より安全な果実を求める消費者の声にこたえることになると同時に、薬剤耐性菌に対す

る selection pressure を弱め、結果的には薬剤の有用性を持続させることにもなると思えるからである。

## 引用文献

- 1) 青野信男 (1977) : 神奈川果園試成績概要, p. 17~18.
- 2) ———・村越重雄 (1985) : 落葉果樹試験研究成績概要集 (病害), p. 151~152.
- 3) CHANDLER, W. A. et al. (1978) : Plant Dis. Reprtr. 62 : 783~786.
- 4) CLERJEAU, M. et al. (1984) : Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent. 49/2a : 179~184.
- 5) DELEN, N. et al. (1984) : ibid. : 153~161.
- 6) 深谷雅子 (1979) : 秋田果試研報 11 : 33~37.
- 7) 福田陸勇 (1970) : 日植病報 36 : 168~169.
- 8) 福島千万男ら (1981) : 寒冷地果樹試験研究打合せ会議資料 (病害), p. 75~78.
- 9) HARTILL, W. F. T. et al. (1983) : New Zealand J. Agric. Res. 26 : 261~269.
- 10) 林 重昭・落合政文 (1979) : 日植病報 45 : 551~552.
- 11) 広間勝巳・尾沢 賢 (1980) : 関東病虫研報 27 : 85~87.
- 12) 石井英夫・山口 昭 (1976) : 日植病報 42 : 373.
- 13) ISHII, H. and A. YAMAGUCHI (1981) : Ann. Phytopathol. Soc. Japan 47 : 528~533.
- 14) 石井英夫・柳瀬春夫 (1982) : 落葉果樹に関する試験研究打合せ会議資料 (病害), p. 175.
- 15) ISHII, H. and H. YANASE (1983) : Ann. Phytopathol. Soc. Japan 49 : 153~159.
- 16) ——— et al. (1984) : Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent. 49/2a : 163~172.
- 17) 石井英夫 (1985) : 農業生物活性研究会シンポジウム資料, p. 27~33.
- 18) ———ら (1985) : 病理学会大会講要, p. 246.
- 19) ISHII, H. et al. (1985) : Plant Pathology : In press.
- 20) 石崎 寛ら (1983) : 日植病報 49 : 347~351.
- 21) 鹿兒島果試病虫研 (1985) : 常緑果樹試験研究成績概要集 (病害), p. 92~93.
- 22) KATAN, T. et al. (1983) : Phytopathology 73 : 600~603.
- 23) KATO, T. et al. (1984) : J. Pesticide Sci. 9 : 489~495.
- 24) 加藤寿郎ら (1985) : 農薬学会大会講要, p. 108.
- 25) 甲元啓介 (1975) : 植物病理化学談話会資料, p. 51~61.
- 26) ———ら (1985) : 病理学会大会講要, p. 256.
- 27) 小泉銘冊・山田峻一 (1972) : 園試報 B12 : 245~256.
- 28) 倉本 孟 (1976) : 日植病報 42 : 373~374.
- 29) ——— (1981) : 果樹試報 B8 : 69~138.
- 30) LACY, G. H. et al. (1984) : Can. J. Plant Pathol. 6 : 33~39.
- 31) LEROUX, P. and M. GREDT (1979) : C. R. Acad. Sc. Paris D289 : 691~693.
- 32) ——— and B. BESSELAT (1984) : Phytoma 359 (Juin) : 25~31.
- 33) LORENZ, D. H. and K. W. EICHHORN (1982) : EPPO Bull. 12 : 125~129.
- 34) 松本恭昌 (1981) : 関西病害虫研報 23 : 89.
- 35) 宮本久美・湯川良夫 (1984) : 和歌山果試研報 8 : 43~59.
- 36) 長井雄治・竹内妙子 (1984) : 関東病虫研報 31 : 39~40.
- 37) 中臣康範・宮川正通 (1984) : 新潟園試試験成績書, p. 11~12.
- 38) 西田 勉・馬場徹代 (1975) : 日植病報 41 : 127.
- 39) 西村正暲ら (1971) : 同上 37 : 388.
- 40) NISHIMURA, S. et al. (1976) : Rev. Plant Protec. Res. 9 : 47~57.
- 41) 野中寿之 (1979) : 九病虫研会報 25 : 61~63.
- 42) ——— (1982) : 同上 28 : 100~102.
- 43) OGAWA, J. M. (1983) : Proceedings of the 10th International Congress of Plant Protection, p. 616~623.
- 44) 大沼幸男ら (1973) : 北日本病虫研報 24 : 70.
- 45) ——— (1979) : 薬剤耐性菌に関するシンポジウム講要, p. 18~26.
- 46) ———ら (1980) : 日植病報 46 : 407.
- 47) ROSENBERGER, D. A. and F. W. MEYER (1985) : Phytopathology 75 : 74~79.
- 48) SHABI, E. and T. KATAN (1980) : ibid. 70 : 1172~1174.
- 49) STAUB, T. and D. SOZZI (1984) : Plant Disease 68 : 1026~1031.
- 50) 鈴木宣建・瀬川一衛 (1982) : 日植病報 48 : 99.
- 51) 橋 泰直ら (1980) : 同上 46 : 407~408.
- 52) 高梨和雄 (1976) : 同上 42 : 65.
- 53) ——— (1979) : 同上 45 : 552.
- 54) UDAGAWA, H. et al. (1983) : J. Fac. Agric., Tottori Univ. 18 : 9~17.
- 55) 梅本清作・長井雄治 (1977) : 日植病報 43 : 358~359.
- 56) ——— (1979) : 同上 45 : 430~435.
- 57) 牛山欽司 (1976) : 同上 42 : 374.
- 58) 和歌山県 (1980) : 植物防疫課農業耐性菌検定事業検討会資料.
- 59) WHITESIDE, J. O. (1980) : Plant Disease 64 : 871~872.
- 60) WILD, B. L. and J. W. ECKERT (1982) : Phytopathology 72 : 1329~1332.
- 61) ——— (1983) : Ann. appl. Biol. 103 : 237~241.

## 次号予告

次8月号は下記原稿を掲載する予定です。

## 特集：ウイルス

ウイルス感染症研究の現状 高橋 壮  
 ウイルスの複製機構 飯 哲夫  
 リンゴさび果から検出されるウイルス 小金沢碩城  
 ブドウから検出されるウイルス

佐野輝男・四方英四郎

カンキツエキソコーティスウイルスの生物学的性質 加納 健

ホップわい化病とその防除 佐々木真津生  
 北陸地方における異常気象とツマグロヨコバイの発生 成瀬 博行  
 異常気象とイネ葉しょう褐変病の発生 宮島 邦之  
 農薬の公定検査法解説 (5) 農林水産省農薬検査所  
 植物防疫基礎講座/昆虫行動解析法 (7)  
 昆虫視覚機能の解析法 三村 圭一

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

# 東海地方におけるアオマツムシの分布拡大と カキおよびナシの被害

岐阜大学農学部昆虫学教室 **たけ だ** **すずむ 享**

## はじめに

80~90年前東京で発見されたアオマツムシ *Calopteryx hibionis* MATSUMURA (直翅目コオロギ科)が、なぜか近年各地で爆発的に増殖し、分布拡大傾向にあるといわれる。東海地方でも1950年代の初めまでは、2, 3の地域で生息が確認されていたにすぎなかったが、1970年代の終わりごろから急激な分布拡大が報じられるようになった。これは発見後急速に分布拡大を見せたイネミズゾウムシとは対比的である。

一方、カキやナシの害虫としても注目されている。すなわち、東海地方における本種の分布拡大が顕著になったのとはほぼ同じころ、岐阜県美濃加茂市と愛知県犬山市の果樹園でカキの果実を加害することが、わが国で初めて明らかにされ、その後ナンでも同様な被害果が確認された(石川ら, 1981)。

このようなことから果樹害虫としても注目され、東海地方では1980年ごろから本種の分布、生態、カキやナシの被害などについて調査・研究されているので、これまでに得られた知見を簡単に紹介したい。

本文に先立ち、1979年の岐阜県における本種の生息確認より今日までご指導いただいております、かつ本稿のご校閲をお願いした三重大学名誉教授山下善平先生に厚くお礼申し上げます。また未発表の貴重な資料を提供くださった岐阜、愛知、三重、静岡各県の関係者各位にもお礼申し上げます。

## I 生 態

### 1 生活史

岐阜市周辺における生活史を示すと以下のようである。年1回の発生で、越冬は卵態、ふ化期は5月下旬から6月中旬までである。成虫の羽化期は、8月下旬から9月下旬の約1か月にわたり、12月上旬ころまで生存する個体もある。

25°C 下でモモの葉を与えた飼育実験によると、幼虫

は大部分が8齢を経て80~90日で羽化した。一部には7齢または9齢を経過するものもあった。幼虫の齢期間は、第1齢と第7, 8齢が13~15日でもっとも長く、第3齢が約7日でもっとも短かった。幼虫の発育零点は約10°Cで、有効積算温度は約1,300日度であった。

### 2 生活圏と食性

本種は、各発育態とも樹上で過ごす樹上生活者であるが、成虫が9月上旬ころから隣接したダイズ畑や1年生の雑草上に一時的に移動する例も知られている。

成虫が14種の植物葉を摂食することはすでにわかっており(石川ら, 1981a)、幼虫もモモやヒイラギナンテンの葉のみで発育を完了することが確かめられた。こうした食植性の食性は、本種の樹上生活および後で述べる果実食にも関連するものと思われる。なおヒイラギナンテンを与えた場合、1~2齢の若齢幼虫は主にその果実を、3齢以後は葉をそれぞれ摂食した。

### 3 成虫の発音行動

雄成虫の鳴き声は、本種の生息を確認するうえで有力な手段である。気温の高い時期には、日没から夜間遅くまで鳴き声が聞かれ、都市部では“騒音”として問題になることもある。しかし、気温の低下とともにその発音開始時刻は早まり、11~12月には昼間でも鳴き声を聞くことがある(杉浦, 1980)。

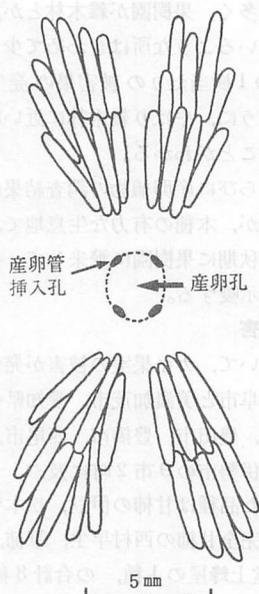
### 4 産卵および産卵植物

産卵時期は9月上旬から10月下旬にわたり、そのピークは9月中~下旬である。

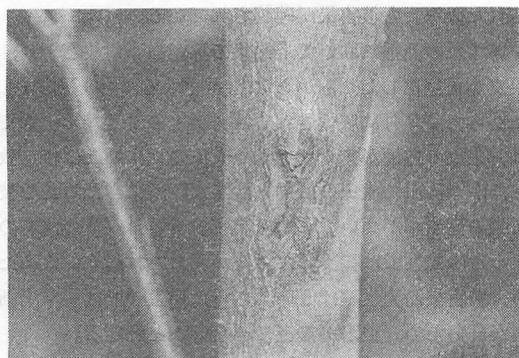
雌成虫はまず口器によって樹皮に4×3mmくらいのだ円形の産卵孔を作り、ここから産卵管を木質部に挿入して産卵する。産卵状態の1例を樹皮と木質部の一部を除いて示すと第1図のように、産卵孔を中心として対角線状の4か所に産卵される場合がもっとも多い(約50%)。2か所に産卵される場合がこれに次ぎ(約40%)、3か所あるいは1か所への産卵は少ない。卵粒数は、1か所当たり6~10卵で、産卵孔より上部にやや多い(約60%)傾向がある。卵はべっ甲色で、細長い卵形(長さ約4mm、幅約0.5mm)をしている。

ところで、樹上に残る産卵痕(第2図)、すなわち産卵孔と産卵部位の植物組織の隆起は、産卵植物の確認上

Spread of Distribution of the Green Tree Cricket in Tokai District and Injury to the Fruits of Persimmon and Pear. By Susumu TAKADA



第1図 アオマツムシの産卵状態



第2図 ヒサカキ上の産卵痕 (幼虫脱出後1年以上経過)

有力な手がかりである。後者の隆起は初春の2~3月ごろから始まり、幼虫の脱出1年後には、はっきりしたX状を呈するようになる。

このような産卵痕によって庭園樹、街路樹、雑木林、苗木センターなどで調査を行ったところ、1985年3月現在、29科68種の樹木に産卵を確認した。その主なものを第1表に示す。全産卵植物のうち広葉樹が66種、針葉樹が2種と広葉樹が多く、その内訳は落葉樹が39種、常緑樹が27種であった。庭園樹にもよく産卵しており、産卵を確認した28種のうち18種は常緑樹であった。岐阜市周辺と愛知県愛岐丘陵地帯の雑木林の樹木約40種のうち25種に産卵が認められ、またこれらの雑木林内における産卵植物の分布を見ると、道路や空地

第1表 アオマツムシの産卵が確認された主な樹種

科名	種名(和名)
ブナ科	コナラ、○シラカシ、クリ
メギ科	○ヒイラギナンテン、○ナンテン
バラ科	サクラ、スモモ、ウメ、○カナメモチ、カリン、ナシ
トウダイグサ科	アカメガシワ
モチノキ科	アオハダ、○ソヨゴ、○モチノキ
ニシキギ科	ツルウメモドキ、○マサキ
カエデ科	カエデ類
ツバキ科	○ツバキ、○サザンカ、○ヒサカキ
ミズキ科	○アオキ
ツツジ科	○サツキ類、○ツツジ類、○シャジャンボ
カキノキ科	カキ
モクセイ科	○キンモクセイ、○ヒイラギ

○：常緑樹

第2表 果樹の剪定枝における産卵状況

樹種	調査枝数(本)	産卵枝数(本)	産卵率(%)
スモモ	77	7	9.1
ナシ	7,817	326	4.2
カキ	3,920	13	0.3

に面した林縁部に多く、林内には少ない傾向を示した。なお針葉樹のイチイとアスナロの2種に、産卵のため樹皮をかじったと見られる産卵孔が確認されたが、はたして産卵されているか、産卵されている場合ふ化できるかは興味を持たれる。

産卵の垂直分布は樹高とともに上下し、例えば樹高約10mのアオハダの最高産卵位置は約9mに達したのに、約1.5mのヒサカキの最低産卵位置は地上約20cmにとどまった。このように本種は、垂直的にはかなり広い範囲にわたって産卵するように思われる。

ナシ、スモモおよびカキの剪定枝について12~1月に産卵状況を調査したところ、第2表に示すようにカキへの産卵は少ないが、ナシとスモモへの産卵は多かった。この傾向は、剪定枝のみでなく全樹枝についても共通であった。なお、野外に置かれた剪定枝上の卵はすべて死亡した。このことは剪定作業による本種の密度低下の可能性を示唆するものである。

## II 果樹の被害

### 1 果樹害虫としての特性(果樹園における発生源)

すでに述べたように、幼・成虫とも果樹の葉を食害するが、被害として問題になるのは、後でも触れるように成虫による果実への加害である。

慣行栽培のナシ園の場合、樹枝上によく産卵されているにもかかわらず、5~8月には幼虫がまったく認められない。しかし、9月以降に成虫の出現している事実

は、放任ナン園で年間発育各態が確認されている点から見て、慣行栽培のナン園では農薬散布により幼虫は死亡し、成虫は園外から飛来があったことをうかがわせる。慣行栽培のカキ園では産卵が少ないのに成虫による果実の被害が多いことも、他からの成虫の侵入を裏づけている。このような点から見ると、アオマツムシは、吸蛾類やカメムシ類と同じような性格を持った害虫とみなすことができよう。

ところで、岐阜、愛知、三重3県においてアオマツムシの加害による被害果が発生しているカキ園およびナン園は、一般に雑木林に隣接した山麓地帯に多い。さらに、カキ果実の被害が初めて確認され、かつ他地域よりも被害が多い岐阜県美濃加茂市山之上町の約130haの果樹園の中から五つのカキ園を選び、1園当たり約1,000果の富有について被害果を調べたところ、クスギ、コナラ、アオハダ、ヒサカキなどの自生する雑木林に隣接したカキ園では5~6%の被害であったのに、雑木林から約100m離れたカキ園では0.2~0.4%と1/10以下に低下し、また前年約5%の被害果が発生したカキ園でも、隣接した雑木林を伐倒したところ、1.5%に減少したことを認めた。一方、岐阜県におけるカキの主産地は、岐阜市西部、本巣郡の糸貫町、真正町、巣南町、揖斐郡大野町の約1,000haであるが、1984年10月現在アオマツムシによる被害は特に問題となっていない。これらの地域はいわゆる平地に属し、水田あるいは畑地に

開園したものが多く、果樹園が雑木林とか庭園樹、街路樹などに接しているような所はきわめて少ない。

次に、カキの1樹当たりの被害果の発生状況を見ると、第3図のように、やはり雑木林に近い樹で被害率が高い傾向にあることがわかる。

以上の事例ならびに産卵植物の調査結果は、果樹園に隣接した雑木林が、本種の有力な生息地であり、そこで羽化した成虫が秋期に果樹園に飛来して、果実の加害を誘起することを示唆する。

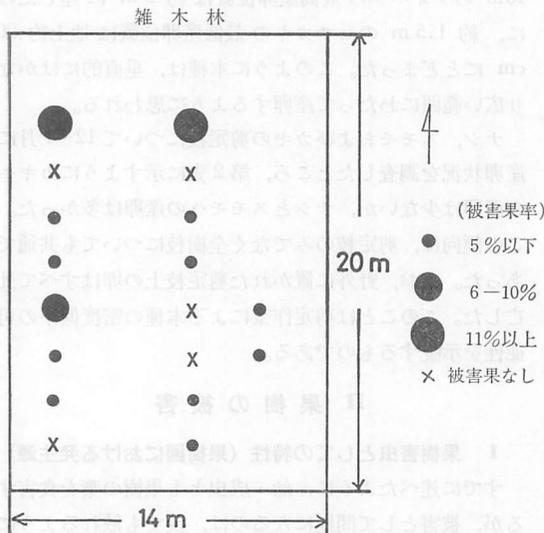
2 カキの被害

東海地方において、カキ果実の被害が発生しているのは、岐阜県の岐阜市と美濃加茂市、愛知県の犬山市、小牧市、春日井市、豊田市、豊橋市、西尾市、幸田町、吉良町、三重県の伊勢市の9市2町に及ぶ。

被害を確認した品種は甘柿の伊豆、松本早生、次郎、富有の4種、不完全甘柿の西村早生、筆柿、蓮台寺柿の3種、渋柿の堂上蜂屋の1種、の合計8種に上り、甘柿、渋柿に関係なく加害することを示している。なお、岐阜市と岡崎市の新興住宅団地では、庭園樹として植栽されたカキでも被害果が確認されている。

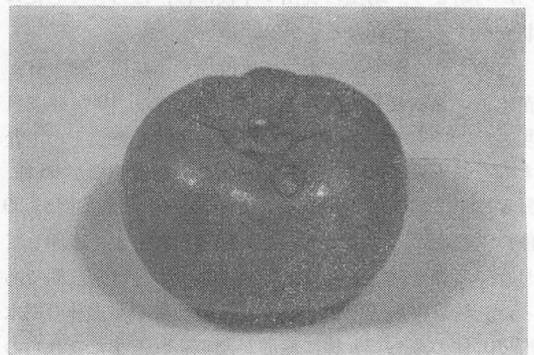
いずれの品種においても熟果のみが加害対象となり、果皮が黄色化したところから加害を受ける(第4図)。したがって、9月に収穫される西村早生のような早生種では、果実の熟期がアオマツムシ成虫の羽化期とほぼ一致し、かつ高温で成虫の活動も活発な時期に当たるため被害果の発生率が高い。これに対し、11月収穫の富有のような晩生種ではこうした条件が満たされにくくなるため、被害果の発生率は低い。さらに早生種では、市場価格が高いため、被害が無視できないこととなる。

西村早生や富有のような扁円形の果実の場合、食害部位はへた部が70~80%ともっとも多く、赤道部が約20%でこれに次ぎ、果頂部は5%内外でもっとも少ない傾向が見られた。また食痕の形状は、ほぼ半球形のく



第3図 雑木林に隣接したカキ園(西村早生)の被害状況

(果実数 1,670, 被害果数 46, 被害率 2.8%)



第4図 カキ(富有)の被害果

ぼみで、その直径は 1 mm から 13 mm にわたるが、2 mm から 8 mm までのものが約 90% を占めた。なお、食痕は食害後数日で黒色化した。

### 3 ナシの被害

現在、東海地方でナシの被害が発生しているのは、岐阜県の各務原市と可児市、愛知県の豊田市であり、いずれも無袋栽培の長十郎が主であるが、カキよりも被害は軽微である。

### 4 その他の果樹の被害

1984 年 9 月下旬、予備的にリンゴの果実への加害の有無を調べたところ、紅玉とレッドゴールドでは加害され、陸奥では加害されなかった。果皮が赤色のものが加害され、黄色のものは加害されなかったが、いずれも熟果であることから、色彩に対する反応の差異とも考えられるがはっきりしない。リンゴ栽培地帯にまで分布を拡大した場合、被害の発生が懸念される。

このほかミカン、ブドウについても調査されたが、いずれも加害されなかった。

## III 分布拡大の様相

東海地方における分布拡大の地域別の様相は別の機会に詳しく触れることとし、ここでは共通的な様相について述べることにする。

第一の点は、主要幹線道路沿いの街路樹を中心に分布域が拡大しているという事実である。本種の成虫は正の走光性を持ち、街灯、屋内の電灯、水田の誘殺灯などにも飛来するから、交通量の増大に伴って自動車などの交通機関に付着して移動したり、虫自身の飛しょうによって連続的に分布を拡大するものと考えられる。

第二の点は、産卵されている苗木の持ち込みによると推定される分布拡大である。岐阜県の場合、本種が多数生息している主要道路から 2~3 km 離れた山中の神社、鉱山、観光施設などで不連続的な生息を確認している。この場合、途中には非食性のスギ、ヒノキ、マツなどの針葉樹を主とする未分布地帯が存在するにもかかわらず、これらの山中の施設に生息しているのは、施設内に植栽されているサクラ、ニセアカシアなどの緑化樹木が原因と考えられる。これらには本種の産卵植物も含まれていることから、緑化樹木の苗木による卵の持ち込みも無視できないものといえよう。なお三重県の離島でも、

苗木による移入としか考えられない生息地域が存在することである(村井俊郎、私信)。

第三の点は、上述の二点とも密接に関連するが、分布拡大が市街地、住宅地、果樹園などの人為的環境下で特に顕著であるということである。この点では、アメリカシロヒトリ、イネミズゾウムシとも共通するが、アメリカシロヒトリが森林地帯に侵入しえなかったのに比べ、アオマツムシが局部的とはいえ雑木林に侵入・定着していることは注目すべき現象といえよう。

このような分布拡大・勢力増大を可能にしたものとして、次のような要因が挙げられる。一つは、東海地方において樹上性のコオロギと考えられるのは、クサヒバリ、カネタタキ、マツムシモドキ程度で競合種が少ないこと、産卵植物が落葉樹から常緑樹にまで及び、生活圏を広げたという生物的要因、である。これに劣らないものとして、高速道路をはじめとする各種道路の新設・整備とこれに伴う植栽、市街地や住宅地における緑化事業の推進・普及といった社会的すう勢も関与しているものといえよう。

## おわりに

アオマツムシは東海地方においても、市街地、住宅地、果樹園などの人為的環境を中心に分布拡大傾向にあり、森林地帯の一部にも侵入している。このような傾向が近年特に顕著になっているのは、天敵や競合種が少ないことのほか、道路網の新設・整備、緑化事業の推進ということも少なからず関与していると見られ、今後の解明に待つべき点が少なくない。

農業上からは、カキやナシの果実を食害するため問題となるが、リンゴ栽培地帯にまで分布を広げた場合、リンゴでも害虫化することが懸念される。本種は吸蛾類やカメムシ類と同じく、果樹園に隣接した樹木に生息し、成虫が収穫期を迎えた果樹園に飛来して加害するため、防除にあたってはきめの細かい対策が必要となる。

## 引用文献

- 1) 石川千秋ら (1981): 植物防疫 35: 73~75.
- 2) ————ら (1981a): 関西病虫研報 (23): 79.
- 3) 杉浦邦彦 (1980): 伊勢神宮境内 昆虫調査報告書, 493~524.

# Streptomyces 属菌による病原性の発現機構

## — 病徴発現毒素の追求 —

帯広畜産大学畜産学部環境植物学教室 さか い りゆうたろう み の よう すけ  
酒 井 隆太郎・美 濃 羊 輔

### はじめに

1976 年ごろ、北海道の東部畑作地帯(斜里町, 清里町および訓子府町)のテンサイほ場に、従来わが国では発見が見られなかったテンサイのそうか症状株が発見された。本症状は古くから欧米で発生しているテンサイそうか病 (Beet scab, Mangel scab, Red beet scab) に類似し、わが国での発生は認められていなかった。道立北見農業試験場の阿部らは、テンサイ罹病株の病斑から病原菌を分離し形態および培養的性質を詳細に検討した結果、本症状は *Streptomyces* 属菌による病害であることを確かめ、テンサイそうか病と総称した<sup>1)</sup>。LUTMAN and JOHNSON らは、テンサイそうか病は前年ジャガイモを栽培したほ場に発生することなどから、テンサイそうか病およびジャガイモそうか病の病原菌は、ほとんど共通することを報告している<sup>2)</sup>。一方、道東におけるテンサイの本病の発生もジャガイモそうか病に由来したと考えられる。それは、ジャガイモの遊離土(デンプン工場で大量集荷したジャガイモの塊茎の表面に付着した土壌が落下し堆積したもので塊茎表皮片などを含む)を育苗土として、ペーパーポットで育成した苗を移植したほ場に本病が多発生したからである。本道ではジャガイモおよびテンサイは輪作体系の中核となっているが、近年ジャガイモそうか病の発生が急増し、またテンサイそうか病の発生分布の増大が報じられ、本病に対する防除対策の確立が望まれている。

従来、テンサイそうか病は、*Streptomyces scabies* および *S. tumuli* により引き起こされると報告されていたが、これはすでに 1980 年に発行された Approved Lists of Bacterial Names から除外され無効種となっている<sup>3)</sup>。したがって両作物のそうか病の防除法の確立のためには、病原菌の分類学的所属、本病の発生生態および病原性の発現機構などの基礎研究が必須である。本稿では、主としてテンサイ罹病株より分離した菌株を供試して、病徴発現に関与すると思われる毒素を追求した<sup>2,3</sup>の結

果について報告する。なお本道に発生するジャガイモそうか病の発生生態および病原菌の分類学的所属に関する調査を平行して行っているが、これに関しては別に報告する予定である。

### I 供試菌

道立北見農試より分譲を受けた *Streptomyces* sp. S-20, S-15, S-21 および S-150 を使用した。これらの菌株の形態および病原性は第 1 表および第 2 表に示すとおりである。これらの菌株は、孢子柄がらせん状型 (Sp 型) および直〜波状型 (RF 型) に分けられる。また本病の病斑はその外形から凸型、凹型およびコブ型に分けられるが、凸型病斑からは Sp 型と RF 型の両菌株が、コブ型病斑からは RF 型のみが、また凹型病斑からは Sp 型が多く分離された。なお菌株 S-12 は S-150 と各種の性質はほぼ一致し、これらは従来の *S. scabies* (IFO-13767) と同じ性質を持っている。

### II 病斑型とその形成過程

テンサイおよびジャガイモそうか病の病斑の形成に関しては、ADAMS and LAPWOOD をはじめとする多くの報告がある<sup>4,7)</sup>。本道に発生したテンサイそうか病の収穫時の病斑の形は、凸型、凹型およびコブ型に分けられる(第 1 図)。一般にテンサイではジャガイモに比べ大型の病斑を示す。阿部らによると、凹型病斑は深さ 1~3 mm, 幅 5~15 mm, 長さ 5~20 mm の暗褐色で周囲はやや隆起する。凸型病斑は高さ 2~7 mm, 幅 5~20 mm, 長さ 5~30 mm の暗褐色隆起する病斑で、個々の病斑が融合して根部の全部を覆う場合もある。またコブ型は高さ 10~30 mm, 直径 10~40 mm のコブ状暗褐色

第 1 表 発病株から分離された *Streptomyces* 属菌の形態 (阿部ら, 1979)

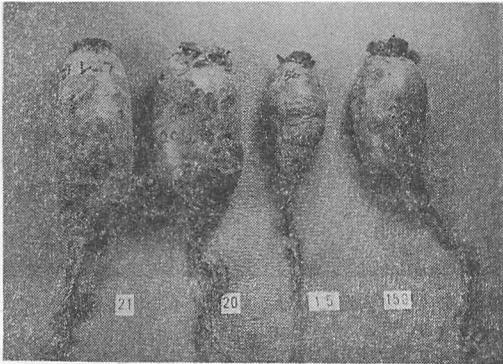
分離材料 病斑型	分離 菌株数	孢子柄形態別株数		孢子形態	孢子表面 構造
		S p 型	R F 型		
凸型	33	21	12	全株円柱形	全株平滑
コブ型	2	0	2	〃	〃
凹型	15	15	0	〃	〃

Isolation of Toxins from *Streptomyces* spp. as Determinants of Pathogenicity. By Ryutaro SAKAI and Yōsuke MINO

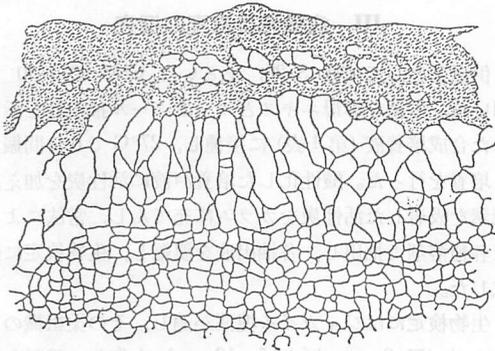
第2表 分離菌株の病原性と形成された病斑型<sup>1)</sup> (阿部ら, 1979)

供試菌株			テンサイ	フダンソウ	シロザ	ジャガイモ		ダイコン		カブ	ニンジン	アオビユ
No.	病斑型	孢子柄				男爵薯	紅丸	ハツカダイコン	トキナシダイコン			
S-20	凸	S p型	凸	凸, 凹凸	— <sup>a)</sup>	凹, 凹凸	凹凸	凸	凸(横しま)	凸	凸(横しま)	凸
S-15	凸	R F型	凸	凸, 凹凸	—	凸, 凹凸	凸	凸 <sup>a)</sup>	凸	凸	凸	凸
S-21	コブ	R F型	コブ	凸	—	凸, 凹凸	凸	コブ	コブ	コブ	凸	凸
S-12	凹	S p型	凹, 凸	凹凸	—	凹凸	凹凸	凹凸	凸(横しま)	—	凸	凸
IFO-13767( <i>S. scabies</i> )			凹, 凸	—	—	凹凸	凸	凹凸	凸(横しま)	—	—	凸
IFO-13492( <i>S. tumuli</i> )			—	—	—	—	—	—	—	—	—	凸

a) — : 病斑を認めず。



第1図 供試4菌株 (S-21, S-20, S-15, S-150) による病斑型の比較(テーブルビート, 品種: レック)



第2図 テーブルビート凸型病斑組織細胞の肥大

の病斑を示す。なおこれらの病斑型が同一個体に混在する場合がよく見られる。筆者らのテーブルビートを用いた接種試験では、凸型、凹型病斑は移植後 30 日目ごろに認められるが、一方、コブ型病斑は生育の進んだ移植後 80 日目ごろに形成される。これはコブ型病斑の形成機構に関連するようになると思われる。また接種により生じたジャガイモ、ハツカダイコン、トキナシダイコン、カブおよびテーブルビートの病斑部組織の cross section を検鏡した結果は第3表のとおりである。一般に凸型、凹

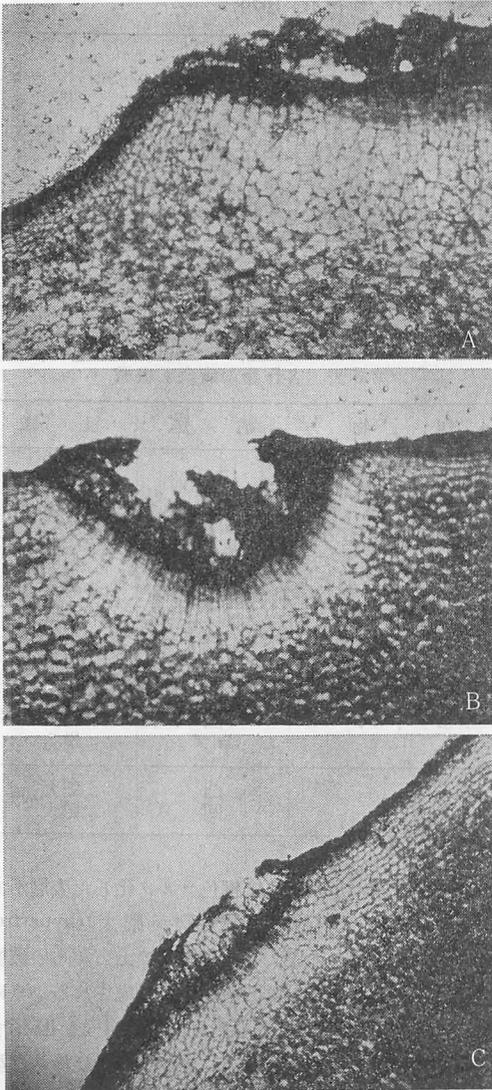
第3表 各作物の病斑と組織

作物	病斑	組織
テーブルビート	コブ 凸 凹	増生 肥大 肥大
トキナシダイコン	凸 横しま	増生 増生
カブ	凸 横しま	肥大 増生
ハツカダイコン	凸 凹 コブ	肥大 肥大 増生
ジャガイモ	凸 凹	肥大 肥大

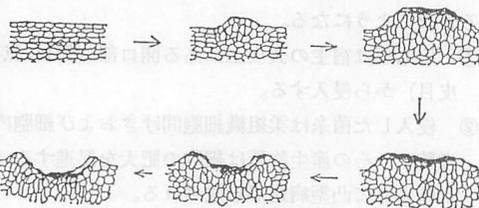
型病斑は第2図に示すように褐色コルク化した表層があり、その下部 5~6 層の柔組織細胞が肥大 (hypertrophy) する。これらの肥大した細胞群の上方からの破壊程度によって凸型あるいは凹型病斑が形成されるようになると思われる(第3図)。それらの病斑の形成過程を図示すると第4図のようになる。一方、コブ型および横しま型病斑では凸凹型病斑とは形成機構が異なり、病斑表皮下の柔組織細胞に増生 (hyperplasy) が起こり、小型の細胞の顕著な増加が起こり、コブ型となる。

これらの観察に基づいて、そうか病の病斑形成を想定すると次のようになる。

- ① 病原菌は宿主の表皮上にある開口部(傷口, 気孔, 皮目)から侵入する。
- ② 侵入した菌糸は柔組織細胞間げきおよび細胞内で増殖し、その産生物質は細胞の肥大を促進する。それによって凸型病斑が形成される。
- ③ 肥大した細胞群はなんらかの傷害を受ける。そのためその下層部にコルク化した防衛層が形成される。異常肥大細胞群の破壊に伴って凹型病斑が形成されるようになる。



第3図 ジャガイモそうか病病斑の cross section  
A: 凸型病斑 (隆起型), B: 凹型病斑 (かん没型), C: 凹型病斑 (通常型)



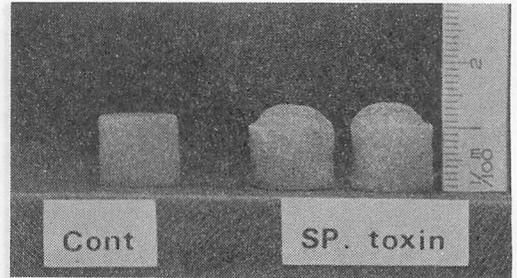
第4図 病斑形成過程模式図 (テーブルビート)

④ またコルク層下に病原菌が侵入すると、再び柔組織細胞の肥大とその傷害が起こり、さらにその下に

第4表 供試菌の基本合成培養液

$\text{KH}_2\text{PO}_4$	100 mg
KCl	100 mg
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	100 mg
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	100 mg
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10 mg
Yeast extract	0.1 g
Oatmeal extract	50 ml
Starch	5 g
Water	1,000 ml

Adjusted to pH 6.2~6.5



第5図 生物検定におけるジャガイモ塊茎組織の肥大

コルク層の形成が繰り返され、次々とコルク層が重層して、そうか病独特のかさぶた状の病斑を形成すると思われる。また塊根の生長肥大に伴って病斑のコルク層に亀裂を生ずるようになる。

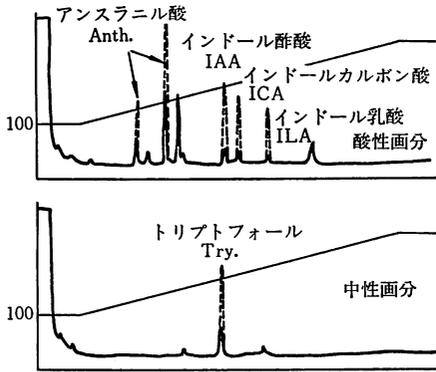
### III 病徴発現毒素の探究

供試菌として菌株 S-20, あるいは SNS-8011-30 を用いた。本菌を酵母エキスとオートミール抽出液を添加した合成培養液 (第4表) に接種し、27°C で6日間振とう培養を行った。酸性化した培養液に活性炭を加え、毒素を吸着した活性炭をカラムに充てんし、常法によって各種溶剤で抽出し、各抽出液を濃縮し、生物検定に供試した。

生物検定にはジャガイモ塊茎が適し、その柔組織のディスク (径 8 mm, 厚さ 5~10 mm) を作り、試料を滴下した径 5 mm の沓紙片を乗せ、20°C に保ち一定時間ごとに観察した。

活性炭カラムからのエーテル抽出部に褐片誘導物質が存在している。一方、酢酸エチル抽出部には、ジャガイモ柔組織細胞の肥大細胞およびデンプン粒の消失を引き起こす物質の存在が認められる (第5図)。

この活性物質はセルロース透析膜を通過する。これらの作用物質はそうか病病斑の形成に密接に関連するよう考えられる。以下、細胞組織の肥大および褐変誘導に関与する物質を追求した。



第6図 培養液中の代謝産物のガスクロマトグラム

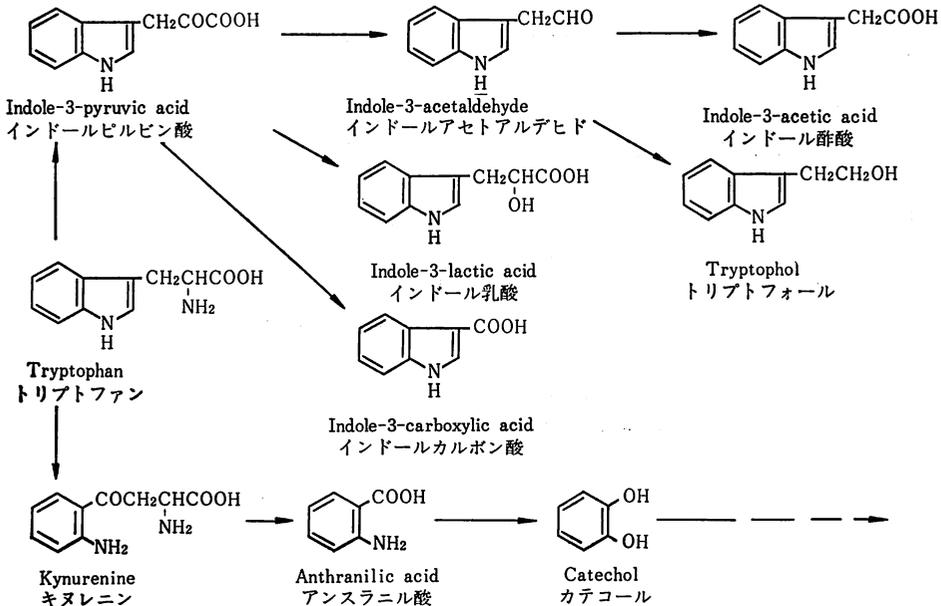
1 細胞組織肥大作用

前述の処理活性炭より溶出した酢酸エチル画分には、エーリッヒ指示薬に反応する多くの spot が薄層クロマトグラフィー (TLC) 上に検出された。これらは TLC およびガスクロマトグラフィーによる分析の結果、窒素源としてトリプトファン (Try.) を与えた培地にインドール酢酸 (IAA) をはじめとする多くのインドール化合物が生産されることが明らかとなった。その結果を第6図に示す。菌が Try. を窒素源にした場合、transamination によりインドールピルビン酸を生ずること、インドールアセトアルデヒドからトリプトフォールおよび

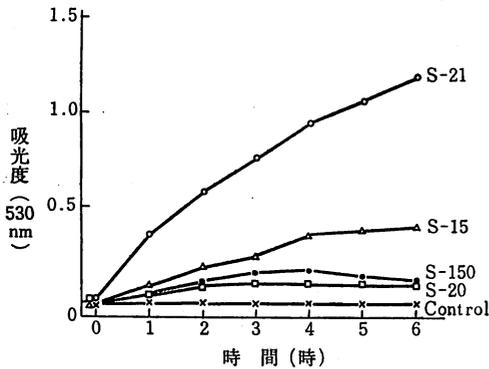
IAA をよく生産すること、キヌレニンからアンスラニル酸 (Anth.) を生ずること、Anth. で誘導した菌体 (Anth. induced cells) にカテコールを添加すると呼吸が増大することなどから、本菌による Try. は第7図の経路により代謝されると考えられる。

植物の生長制御物質、特に内生ホルモンとしての IAA の量的変化により、植物の組織細胞が異常生長を起こすことは、crown gall の形成をはじめとして多くの例で報告されている。本病原菌による病斑形成には IAA をはじめとするオーキシンが関与していることが考えられる。このことはテンサイにコブ型病斑を形成する菌株 S-21 が他の3菌株に比べて Try. からインドール化合物を生産する能力が高いことから推測される(第8図)。しかし本物質が直接作用して前述のような活性を示すのか、あるいはなんらかの代謝の促進、もしくは抑制の引き金になっているのか、実際のは場での病斑形成時における内生オーキシン量の動態を含めた物質レベルでの検討が今後の問題である。

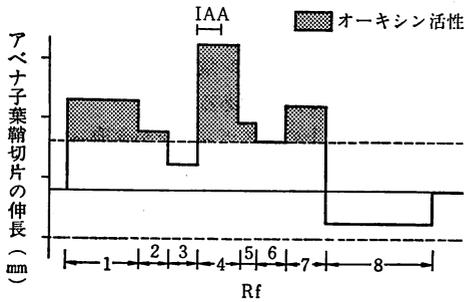
一方、TLC 上の各スポットをかき取って抽出した物質について生物検定すると Anth. とほぼ同じ Rf 値に細胞肥大活性が認められる。Anth. はビタミンの一種で、本菌では Try. からキヌレニンを経て生成することが確かめられている。しかし Anth. にはジャガイモに対する活性は認められない。また窒素源としてグルタミン酸を用いると Anth. は産出されないが、それと同じ



第7図 Streptomyces sp. によるトリプトファンの代謝経路



第8図 4菌株 (*Streptomyces* spp.) によるトリプトファンからのサルコフスキー試薬陽性物質の産生量の経時的変化



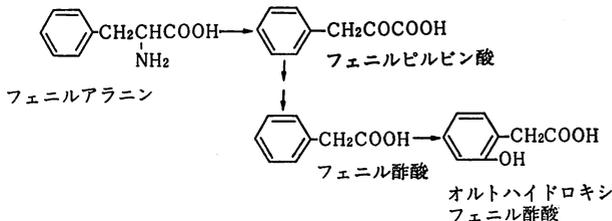
Fraction No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Hypertrophic response	-	-	-	-	+	-	-	-

溶出溶媒 クロロホルム：酢酸(95：5, V/V)

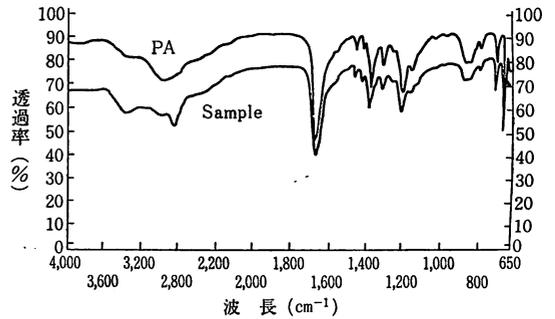
第9図 薄層クロマト上におけるオーキシンおよび細胞肥大活性

Rf 値付近にジャガイモ柔組織細胞の肥大を引き起こす物質の存在が確かめられた。本物質は紫外線の照射で蛍光を示す。目下本物質の同定を行っている。

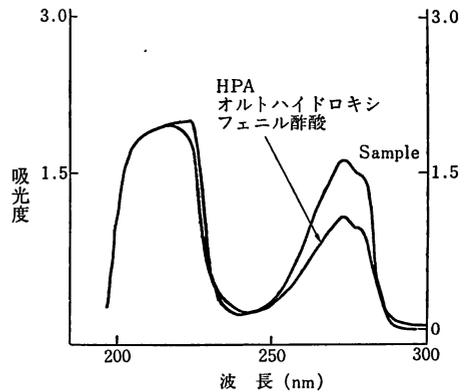
また TLC より抽出した各画分の抽出物のオーキシンおよび細胞肥大活性を測定した結果、第9図に示すように IAA の活性画分と細胞肥大画分は異なり、細胞肥大物質は IAA ではないことが示された。



第10図 *Streptomyces* sp. SNS-8011-30 によるフェニルアラニンの代謝経路



第11図 フェニル酢酸と試料の赤外線吸収スペクトル (KBr フィルム)



第12図 オルトヒドロキシフェニル酢酸と試料の紫外線吸収スペクトル

## 2 褐変誘導作用

供試菌 SNS-8011-30 の培養液のユーテル抽出部に褐変誘導物質の存在を確認した。各種アミノ酸のうち、フェニルアラニン (Phe.) を窒素源とする培地で作用物質の生産は顕著である。これより本作用物質が Phe. に由来する物質であり、ジャガイモ塊茎柔組織細胞の褐変を誘導することが推定された。本菌により Phe. は Phenylpyruvic acid, Phenylacetic acid (PA), o-hydroxyphenylacetic acid (HPA) と順次代謝される

ことが示された (第10図)。またシリカゲルカラムクロマトまた TLC で PA および HPA の画分に相当する部分のみが褐変を誘導し、さらに TLC, ガスクロマトグラフィーおよび赤外線吸収スペクトルにより、ジャガイモ塊茎柔組織細胞に傷害を与える物質は、PA ならびに HPA であることが明らかになった (第11, 12図)。なお罹病したそうか病斑部組織より抽出した

抽出物質中の褐変誘導物質の TLC 上の RF 値は、PA および HPA とほぼ一致した。

### おわりに

上記の結果より、テンサイそうか病に関与する 2~3 の病原菌 (*Streptomyces* spp.) がテンサイ根およびジャガイモ塊茎の病斑部の褐変誘導および肥大誘起物質を生産することが明らかになった。しかし、本物質は培養液中に見いだされたものであり、実際にこれらの物質が本菌の感染によりテンサイ根上で生産され、かつそれらが褐変および肥大作用に関与しているかどうかは、明らかにされていない。したがって、これらの物質が病斑部に存在するかどうかを明らかにすることは、今後に残された重要な課題であろう。また菌株の種類によって病斑の形態が異なることも、すでに述べたとおりであるが、それらの差異がいかなる機構に基づくかを、毒素生産能との関連において解明することも必要であろう。このようにテンサイそうか病に関して、菌体が生産する物質の面からの研究はやっとその緒に付いたばかりであるが、本稿がこの方面のさらなる発展にいささかでも資するな

らば、筆者としては望外の喜びである。

本研究にあたって、菌株を分譲していただいた道立農業試験場阿部技官(中央)、谷井技官(十勝)ならびに機器分析で御協力いただいた東日本学園大学高橋教授に深く感謝の意を表す。また本研究にあたっていろいろ手伝っていただいた当研究室の戸塚、伊藤および古橋の諸氏に感謝の意を表す。

### 引用文献

- 1) 阿部秀夫・石川治徳 (1979) : てん菜研究会報 21 : 17~30.
- 2) ADAMS, M. J. and D. H. LAPWOOD (1976) : Pl. Path. 25 : 147~151.
- 3) HOFFMANN, G. M. (1958) : Phytopath. Z. 34 : 1~56.
- 4) LAPWOOD, D. H. and M. J. ADAMS (1976) : Pl. Path. 25 : 31~33.
- 5) LUTMAN, B. F. and H. F. JOHNSON (1915) : Phytopathol. 5 : 30~34.
- 6) MILLARD, W. A. and F. BEELEY (1927) : Ann. Appl. Biol. 14 : 296~311.
- 7) RAYMOND, H. (1960) : Sugar Beet Diseases, London Her Majesty's Stationary Office.
- 8) SKERMAN, V. B. D., et al. (1980) : Int. J. Syst. Bacteriol.

## 新しく登録された農薬 (60.5.1~5.31)

掲載は、種類名、有効成分及び含有量、商品名(登録年月日)、登録番号〔登録業者(会社)名〕、対象作物:対象害虫:使用時期及び回数などの順。ただし、除草剤については、適用雑草:使用方法を記載。(…日…回は収穫何日前まで何回以内散布の略。)(登録番号 16044~16054 まで計 11 件)

### 『殺虫剤』

#### CVP 乳剤

CVP 24.0%

ビニコート乳剤 (60.5.18)

16044(理研グリーン)

芝:スジキリヨトウ・シバツトガ

#### ホサロン・マシ油乳剤

ホサロン 5%, マシ油 55.0%

ルビトックスオイル乳剤 (60.5.18)

16046(塩野義製薬), 16047(ロース・プーランジャパン),

16048(三明ケミカル)

かんきつ:ハダニ類・ヤノネカイガラムシ:100 日 2 回,

りんご・なし:ハダニ類:45 日 2 回

### 『殺菌剤』

#### EDDP・ポリオキシシン粉剤

EDDP 2.5%, ポリオキシシンD亜鉛塩 0.23%

ヒノポリH粉剤 DL (60.5.18)

16049(クミアイ化学工業), 16050(日本特殊農薬製造),

16051(科研製薬), 16052(日本農薬)

稲:いもち病・紋枯病・穂枯れ(ごま葉枯病菌)・変色米(カーブラリア菌・アルタナリア菌):21 日 3 回

### 『殺虫殺菌剤』

#### MPP・EDDP・フサライド粉剤

MPP 2.0%, EDDP 2.0%, フサライド 1.5%

ヒノラブパイジット粉剤 35(60.5.18)

16045(三笠化学工業)

稲:いもち病・穂枯れ(ごま葉枯病菌)・ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類:21 日 4 回

### 『除草剤』

#### グルホシネート液剤

グルホシネート 18.5%

バスタ液剤(60.5.18)

16053(日本農薬), 16054(石原産業)

桑:一年生雑草:春期萌芽前及び夏切後萌芽前(雑草生育期), 鉄道・公園・庭園・堤とう等:一年生雑草・多年生雑草:雑草生育期

## 水田転換畑のヤマトイモに発生する ケラの食害と防除

農林水産省農業研究センター まつ 松 うら 浦 ひろ 博 いち 一

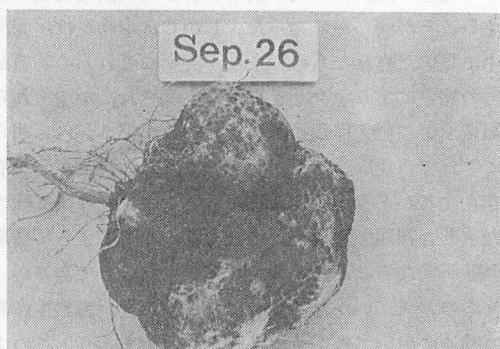
一般に「ヤマノイモ」*Dioscorea opposita* と呼ばれる栽培種は、ナガイモ品種群、ヤマトイモ品種群、イチョウイモ品種群の三つに大別される。ヤマトイモ品種群に属する石川県特産の「加賀丸いも」は水田利用再編対策の目玉品の一つと目され、生産の拡大が進められている。加賀丸いもは過湿、過乾に非常に弱く、それが品質に大きく影響するので、排水性に富みしかも水利の便がよい砂壤土水田地帯に産地が形成されている。しかし、このいもには連作障害が見られ、同一ほ場では2作が限度でその後3～4年間は休栽が必要であるため、次々とほ場を替えねばならない。栽培面積の拡大に伴い、産地内においても、環境条件が必ずしも好適とは言えないほ場で栽培せざるをえない場面も見受けられるようになった。さらに、水田利用再編により、ダイズやムギ類が栽培される水田転換畑も増え、加賀丸いも栽培地帯での環境が従来とは少しずつ異なってきているように思われる。

こうした栽培環境の変化と対応するかのごとく、昭和55年ごろから「食害痕」と推測される原因不明の被害いもが発生するようになり、商品価値の著しい低下を余儀なくされている。ヤマトイモ品種群には、「伊勢いも」や「丹波やまのいも」など著名な品種が多いが、これらの品種にはこうした被害が発生したという報告は見当たらない。

筆者は昭和57～58年にかけて、発生実態調査から加害種と推測された土壌害虫類を用いて症状再現試験を実施し、さらにそれらを対象とした薬剤防除試験を行い、その結果、ケラを加害種と判断することができたので(松浦ら, 1985)、その過程について報告する。

### I 被害症状と発生様相

被害いもを第1図に示したが、被害部の形状や発生部位はさまざまで一定の傾向が認められない。形状からは土壌害虫の食害痕と推測されるが、いもの形そのものが凸凹しているのと大部分が黒褐色に腐敗しているため、一見病害的症状でもある。被害いもの茎は地際部から上部3cmほどが褐変しているのが特徴的であるが、枯死



第1図 加賀丸いもの被害症状

することはない。無被害の茎にはこうした症状が見られないので、褐変部の病理学的解析を依頼したが植物病原菌に由来すると考えられる知見は得られず、被害いもと茎部褐変の因果関係はいまだ不明である。

いもの肥大期に当たる8月下旬から掘り起こして被害の発生状況を観察したところ、9月上旬から被害が散見され、その後徐々に多くなった。被害いもの分布は、同一畝上に広がるというよりむしろ溝をはさんだ両隣の畝に広がっているケースが多かった。

被害が発生する9月上旬から10月上旬にかけてほ場内で生息を確認した土壌害虫類のうち、被害部の形状から加害種と推測しうるのは、ケラとコガネムシ幼虫であった。いもの肥大は9月上旬から急速に進み、下旬にはいもの大きさが決まってしまうが、いもの着生部位が地表下5～6cmと浅いため肥大に伴って土面が押し上げられ、株もとの土壌がひび割れ膨軟化していく。畝上にケラが通ったと思われる痕跡が目につくようになったのはちょうどこの時期で、「被害の初発時期」、「株もと土壌の膨軟化」、「ケラの活動盛期」という現象が1本のラインで結び付いているように考えられた。9月下旬には偶然にもケラが通ったと思われる坑道が被害部に続いている株を発見し、ケラが株もと土壌の膨軟化によっていもの着生部位に潜入しやすくなるため、被害もこの時期から発生してくるのであろうと推定した。

Damage on Chinese Yam by the African Mole Cricket and Its Control. By Hiroichi MATSUURA

## II 被害症状の再現

9月上旬に用水路から採集したケラの中～老齢幼虫とほ場内で採集した活動状態にあるコガネムシ幼虫（未同定）を用いて、加賀丸いもに対する食害性を調べた。その結果、5反復中の1例にすぎないがケラによる食害痕を認めた。コガネムシ幼虫の場合はまったく食害痕が発生せず、本虫が加害種である可能性は非常に低いと考えられた。ケラの食害痕は被害いものそれと比べると異なるようであったが、実験条件などが摂食行動に微妙に影響したとも考えられる。

ケラは幼植物を食害するばかりでなく、サツマイモやジャガイモの地下部をも食害する事例（福居・小林, 1957; 野口・谷本, 1976）もあり、再現は十分ではなかったがケラが加害種である可能性が高いことが示された。

## III 薬剤による被害防止効果

現地ほ場において、ケラとコガネムシ幼虫を対象とした薬剤試験を行って被害防止効果がでるかどうかを検討した。ほ場内でのケラの発生動態がわからず、防除適期が推測できなかったため、越冬世代を対象とした植え付け時（3月下旬）の畝内土壌混和と新世代を対象とした8月上・中旬からの時期別土面散布を組み合わせた防除区を設定した。ケラに有効なイソキサチオン粉剤ならびに微粒剤を用い、畝内処理、土面処理とも9kg/10a量施用した。ケラに有効な殺虫粉剤を米ぬかと混合して散布すると、粉剤単独の場合より高い殺虫効果を示すことが報告されている（浅利・石原, 1972; 呉羽ら, 1974）。そこで、イソキサチオン粉剤は米ぬかと重量比で1:1に混和し、毒餌的に使用した。コガネムシ幼虫に対しては、MPP粒剤9kg/10aの植え付け時畝内処理と7月下旬のダイアジノン粒剤9kg/10aの土面散布を行っ

た。

その結果（第1表）、コガネムシ幼虫の防除をねらった薬剤散布区での被害発生量は無処理区のそれと有意な差が認められず、薬剤試験からもコガネムシ幼虫が加害種と考えられるデータは得られなかった。

ケラをねらった防除区のうち、春の植え付け時に畝内処理し、その後9月上旬と下旬の2回にわたって土面散布した区がもっとも被害が少なかった。コガネムシ幼虫をねらった薬剤散布区で被害防止効果がなく、ケラの防除をねらった散布区で効果が見られたことは、ケラを加害種と判断するうえで貴重な知見と考えられた。

9月下旬にケラが通ったと思われる坑道が被害部に続いている株を発見したこと、被害症状再現試験でケラがいもを食害すること、および上記の薬剤試験の結果から、本被害はケラの食害に起因するものと判断した。

野口・谷本（1976）によると、ケラが土中に深く潜って活動するのは亜成虫期以降であるという。畝上にケラが通ったと思われる痕跡が多数観察されるようになったのは9月上旬以降であったが、これはケラ個体群中に占める亜成虫～成虫の割合がこのころから高くなったためなのか、あるいはいもの肥大に伴う株もと土面のひび割れがケラの潜入を助長したためなのか判断としない。

## IV 対応策

上記の薬剤試験成績を整理してみると、植え付け時の畝内処理には一定の被害防止効果が認められるが、これだけでは不十分であり、土面散布で新世代の食害をカバーしなければならない。各区の被害防止効果を相互に比較してみると、8月に行った土面散布は被害防止に役立っておらず、土面散布の適期は9月上旬と考えられる。

植え付け時の畝内処理を行わず、9月上旬以降の土面散布だけで対応できるかどうかのデータはとれなかったが、植え付け時に畝内処理し、その後9月上旬と下旬の

第1表 薬剤による被害防止効果（松浦ら, 1985）

薬剤の処理時期（月・日）						収穫時の食害 <sup>6)</sup> いも率（%）
3. 23	7. 27	8. 11	8. 26	9. 9	9. 26	
M粒剤 <sup>a)</sup>	D粒剤 <sup>b)</sup>	—	—	—	—	7.3 a b
無処理	—	—	—	—	—	9.3 a
K粉剤 <sup>c)</sup>	—	—	—	—	—	6.3 b c
K微粒剤 <sup>d)</sup>	—	K微粒剤	K微粒剤	—	—	5.7 b c
K微粒剤	—	—	K微粒剤	K微粒剤	—	4.3 c d
K粉剤	—	K粉剤	K粉剤	K粉剤	K粉剤	2.7 d

a) : MPP粒剤, b) : ダイアジノン粒剤, c) : イソキサチオン粉剤, d) : イソキサチオン微粒剤, e) : 同一英文字を含む平均値間にはダンカンの多重比較による有意差（5%）がないことを示す。

各薬剤は9kg/10a量処理し、粉剤は米ぬかと重量比で1:1に混和して使用した。3月23日の処理は植え付け前の土壌混和、7月27日以降の処理は畝上土面散布である。

2回にわたって土面散布した防除区でも被害いも率で2.7%の発生を見ている。ちなみに、無処理区の被害いも率が9.3%という少発は場であったことを考慮すると、植え付け時畝内処理に9月上旬の土面散布を組み合わせた体系防除が当面必要と思われる。

10a 当たりの平均収量が約4,500個、粗収入が775,000円前後と言われるから、1個のいもが170円くらいの勘定になる。したがって、1%の食害いも率でも10a 当たり7,500円程度の損害が生じる計算となり、体系防除を行っても収支はなんとか合いそうに思われる。

ケラの老齢幼虫に対するイソキサチオンの $LC_{50}$ 値を試算した結果(第2表)、24時間後で約3ppm、48時間後で約2ppmとなった。便宜上24時間後の値を有効殺虫濃度とし、これを尺度として上記薬剤試験区の残効期間を推定すると次のようになる。春期に行った畝内

第2表 薬剤試験区のイソキサチオン残留消長  
(松浦ら, 1985)

処理法と剤型	処理後の経過日数						
	直後	1日	7日	8日	14日	15日	30日
土散 面布	微粒剤区(3%) 粉剤区(2%)	60.77 —	— 7.09	— 0.64	3.45 —	1.56 —	— —
土混 壤和	微粒剤区(3%) 粉剤区(2%)	15.72 9.29	— —	— —	— —	4.69 2.63	3.46 2.06

単位: ppm

処理の微粒剤区は約1か月、粉剤区は2週間前後、秋期に行った土面散布の微粒剤区は約1週間、粉剤区はわずか2~3日と推定された。もっとも被害防止効果が高かった区でも被害いも率で2.7%の発生があったのは、残効の短い粉剤を毒餌的に土面散布したことに起因するようにも考えられる。丸いもほ場でのケラの移出入が判明していない現段階では、残効性の長い微粒剤を使用したい。

## おわりに

以上のように、ヤマトイモ品種群の「加賀丸いも」に発生する原因不明の被害は、9月ごろのケラの食害に起因するものと判断したが、ケラの食害だけでは説明しきれないような面も残っている。収穫時に見られる被害いもの多くは、半分以上の組織がスポンジ状となって死んでおり、ケラの食害部から植物寄生性の土壌病原菌が侵入して形成される一種の病徴であるようにも思われる。案外に植物病原菌が被害の主役であり、ケラの食害はその多発生を助長するわき役であるかもしれない。今後、植物病理学的側面からも詳しく検討する必要がある。

## 引用文献

- 浅利 覚・石原敏郎 (1972): 関東東山病虫研報 19: 121.  
 福井文男・小林幸男 (1957): 北日本農業研報 6: 71~72.  
 呉羽好三ら (1974): 関東東山病虫研報 21: 192~197.  
 松浦博一ら (1985): 応動昆 29: 36~41.  
 野口義弘・谷本温暉 (1976): 四国植防 11: 23~28.

## 人事消息

(4月1日付)

西田井章氏(神戸植物防疫所業務部国際第二課輸入第1係)は中国四国農政局生産流通部農産普及課植物防疫係長に

(5月1日付)

松本省平氏(技術会議事務局研究管理官)は熱研センター企画連絡室長に

坂 齊氏(環境研環境生物部植生管理科植物生態系研主任研究官)は生資研機能開発部生理活性物質研究室長に

君ヶ袋尚志氏(熱研センター企画連絡室研修科長)は草地試環境部病理研究室長に

佐藤 徹氏(草地試環境部病理研究室長)は北海道農試企画連絡室連絡科長に

青森県では下記の異動があった。

(4月1日付)

坂岡 明氏(農林部農業指導課改良普及班)は同課防疫機械班へ

米田 豊氏(同上課防疫機械班)は中南農林事務所へ  
 千葉末作氏(農業試験場次長)は同場長に

香川 寛氏(農業試験場長)は退職

及川 健氏(採用)は農業試験場環境部病理科技師に  
 成田俊明氏(鯉ヶ沢地区農業改良普及所)はりんご試験場病虫部昆虫科技師に

会津博作氏(りんご試験場病虫部昆虫科技師)は畑作園芸試験場りんご科技師に

山形県では下記の異動があった。

(4月1日付)

佐藤利也氏(村山最上病害虫防除所専門防除員)は農林水産部蚕糸農産課植物防疫係長に

菊地市郎氏(農林水産部蚕糸農産課植物防疫係長)は村山最上病害虫防除所主任専門防除員に

庄司 敬氏(農業試験場病理昆虫部主任専門研究員)は農林水産部農業技術課主任専門技術員に

平山成一氏(農林水産部農業技術課主任専門技術員)は農業試験場畑作部長に

藤田靖久氏(同上部園芸特産課野菜花き係長)は同上試病理昆虫部主任専門研究員に

佐藤政太郎氏(農業試験場庄内支場環境部主任専門研究員)は庄内病害虫防除所主任専門防除員に

(48 ページへ続く)

# ウンシュウミカンの施設栽培における病害虫防除

大分県柑橘試験場 <sup>わた</sup>渡 <sup>なべ</sup>辺 <sup>ゆたか</sup>豊

## はじめに

昭和 60 年 2 月 13, 14 日に農林水産省果樹試験場主催の昭和 59 年度果樹課題別研究会が行われ、「ウンシュウミカンの施設栽培について」という課題で討議された。病害虫防除についても三重、愛媛、大分の 3 県からそれぞれの県の施設栽培における病害虫の発生と防除の現状について発表と討論がなされた。また、この問題について、全国のカンキツに関する試験研究を実施している試験場に対するアンケート調査が実施され、その取りまとめも同時に行われた。

施設栽培は露地栽培と異なり、外部からの影響を受けにくい独立した環境となる。その特徴としては、風が弱く、高温、多湿となり、雨の影響をまったく受けない。また、この状況が長期間保持されることが多い。このため、ハウス内で発生する病害虫の種類がおのずと限定され、発生した病害虫は、概して発生および増殖速度が速いので注意を怠ると思わぬ被害を被ることになる。また、特異的な環境で栽培されるカンキツの生育も枝葉、果皮などが軟弱なものとなり傷つきやすく、したがって薬害も発生しやすい。

施設栽培で発生する病害、虫害、薬害などについて解説する。

## I 各種病害虫の発生および防除状況

### 1 灰色かび病

花卉で増殖した菌糸が果実表面に侵入し、その防御反応としての傷い組織ができた結果、傷害果の発生として現れるものである。このほか多発時には幼果が黄変し、多量の早期落果を生じることがある。

施設栽培では無風状態で降雨もなく、花卉の離脱が悪く長く残存し高湿条件が長期にわたるため、病原菌の繁殖が助長されるので感染期間が長期化する。無加温ハウスや地中熱交換ハウスは暖房ハウスに比べ夜冷による相対湿度が高まりやすいので、発生が多い。

露地栽培ではこれら諸条件が一致する場合だけに多発する非常発型であるが、施設栽培では多発の危険性は常

発型と見てよく、以下に述べる防除の良否により、発病制御に著しく差を生じることになる。

防除は、これらのことから花卉の離脱を促すために樹をゆすったり、晴天の日を見計らって樹上散水を行って花卉を洗い落とす。さらに、開花～落弁期にかん水を控え内張りに結露しにくいビニールフィルムを使用するなどして湿度の低下を図り、少発条件に導く耕種の防除が行われている。個々のハウスの立地条件、耕種の防除の良否により灰色かび病の発生はかなり異なっているようである。

薬剤はチオファネートメチル水和剤 1,000～1,500 倍、ペノミル水和剤 2,000～2,500 倍、マンネブ・チオファネートメチル水和剤 500 倍などが使用されてきたが、現地では前 2 者の耐性菌出現による効力低下が確認され(愛媛県)、イプロジオン水和剤 1,500 倍、プロシドロン水和剤 1,500 倍などが使用されるようになってきている。また、これらのくん煙剤も漸次導入されつつある。愛知、大分両県でも耐性菌出現は未確認であるが同様の傾向が見られている。散布時期は満開期～落弁期に第 1 回散布を行い、10～14 日後に第 2 回散布を行うのが主体となっている。

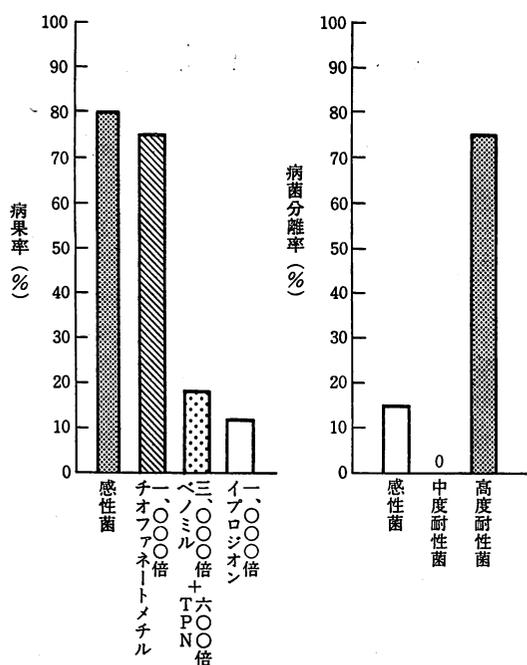
### 2 黒点病

天井、側面のビニール寄せや、除去後の降雨の影響、水滴の落下の多い側面、樹上散水などによって発病し、果面の汚れがかなり目だつ場合もあり、果径 35 mm 程度の時点と 6 月中旬ごろチャノキイロアザミウマの防除を兼ねてマンゼブ水和剤、マンネブ水和剤各 600～800 倍が使用されている。これら薬剤は単用、混用または他剤の近接散布で薬害を生じやすく、また、最近では天井ビニールを収穫終了後までそのまま維持するハウスが増え、黒点病よりも薬害発生のほうが商品価値に悪影響を及ぼすことが多い場合も見られる。このため大分県ではこれら薬剤散布を行わず、黒点病については耕種の防除を基本とする方向に向かっている。

### 3 褐色腐敗病

ハウス栽培が始まった初期のころ、場所により多発した。

かん水時の土のはね返り、葉面散水で着色促進や肥大促進を図る場合の水などが原因と思われ、早期加温型で



第1図 耐性菌が高率に検出されたハウスでの防除試験 (愛媛県)

は4月下旬から、後期加温型では6月上旬から発生する。

防除は敷わら、枝のつり上げ、谷川の水を使用しない、天井からの水滴の落下を少なくするなどの耕種的防除を行う。発生時には次亜塩素酸カルシウムを水に溶かして地面に散水する方法もとられ、樹冠にはダイホルタン水和剤 1,000 倍、有機銅・キャプタン水和剤 500 倍などを散布するが、予防的散布のほうが効果が高い。なお、発病果が発見された場合は早急に園外に持ち出して処分する必要がある。最近では発病条件を少なくする耕種的防除でほとんど発病を見ない県もある。

4 その他の病害

1) 菌核病：(病原菌未同定)、愛媛県の一部で確認さ

れている。発病すると新梢の枯れ込みが促進され、着花が阻害される。高温ハウス、特に排水不良園に発生することがある。ウンシュウミカン以外にアンコールでも観察されている。発生園では応急的にチオファネートメチル水和剤 1,500 倍、イプロジオン水和剤 1,500 倍が散布され、一応の発病防止効果を得ている。

2) 生理病・欠乏症：(日焼け、裂果)、着果量が水なく果皮の厚いものに日焼け、逆の場合に裂果が発生する傾向がある。以前、収穫前にビニールを取り除いた直後多発したが、現在は収穫が終わるまで被覆を続けるハウスがほとんどであり、また、省エネ対策としての二重、三重被覆もかなり普及しているので発生は少ない。

5 ミカンハダニ

高温乾燥状態が継続し、風雨の影響をほとんど受けないため越冬成虫は加温と同時に活動し始める。また、天敵類は閉鎖的空間の中で薬剤散布を繰り返し行うことによってきわめて低い密度に維持される。この結果、ミカンハダニの増殖速度は露地に比べて著しく速い。このため施設栽培でもっとも防除困難な害虫の一つであり、薬剤散布回数も多い。

防除の基本は被覆前の越冬虫を根絶することが第一の要点である。以前は被覆約1か月前にマシン油乳剤 100~150 倍を散布するところもあったが、被覆後の樹体への悪影響(落葉、着花不良など)を懸念して散布を行わない産地もある。最近では比較的残効の長い水酸化トリシクロヘキシルスズ水和剤 2,000 倍を被覆直前または直後に散布する産地が多い。大分県の例では平均散布量 1,000 l 程度の園に 1,500~2,000 l を散布することにより長期間ミカンハダニの発生を抑えることができる。長い場合は8月(収穫期)まで発生しない例も見られている。増殖抑制期間は散布量の多少と関係が深いようで、散布量が少ないものほど発生が早まる傾向が見られている。

生育期に散布される薬剤はアミトラズ乳剤 1,000 倍、酸化フェンブタスズ水和剤 2,000 倍、ケルセン水和剤、

第1表 早生ウンシュウハウスのミカンハダニに対する発芽前散布試験 (大分県)

供試薬剤	濃度	2月14日 散布前	2月17日 3日後	4月15日 60日後	4月25日 70日後	5月4日 80日後	5月16日 92日後	5月25日 101日後	6月4日 111日後	6月14日 121日後
水酸化トリシクロヘキシルスズ水和剤	2,000倍	19	0	0	0	0	1	10	48	244
	3,000倍	15	0	0	0	0	2	22	102	397
マシン油乳剤	80	9	2	0	0	0	11	71	190	493
酸化フェンブタスズ水和剤	2,000	73	71	93	20	0	0	0	2	10

酸化フェンブタスズ水和剤区は、4月15日にヘキシチアゾクス水和剤 3,000 倍を散布。

乳剤 1,500 倍, キノキサリン系水和剤 1,000 倍などが使用されている。また, 収穫・被覆除去後に BPPS 水和剤 800 倍を使用している産地もある。生育期におけるマシン油乳剤散布は葉斑を発生することがあるので使用されていない。なお, 酸化フェンブタズ水和剤の効力低下がうんぬんされているが, 薬剤抵抗性の発達に関する試験例はほとんどない。散布時の密度, 気象条件などの影響によるものと思われる。

## 6 コナカイガラシ類

一般に露地より発生が多く, 年間 3~4 回ぐらいの発生があると思われるが, その生態については詳しい調査がなく不明な点が多い。生理落果のころより寄生密度が高まり収穫期まで続く。幼果期に多数の寄生を受けると寄生部位が日ぶくれ状に軽く変形し, 収穫期まで被害痕が残る。また, すず病を誘発して葉や果実を黒く汚す。

2 齢幼虫の最多寄生期にサリチオン水和剤, 乳剤 1,000 倍, DMTP 水和剤, 乳剤 1,500 倍, PAP 乳剤 1,000 倍などで防除してきたが, 樹冠が拡大したものが多く, 虫体に対する薬剤の到達, 浸透が不良になることが多いためか, 根絶が困難である。

## 7 アブラムシ類

早生ウンシュウの施設栽培ではマーコット, アンコールに比べて問題は少ないが, 年により多発しハウス内では増殖が早くまん延しやすい。生息密度の高い場合は, 薬剤散布後の再発も早く, 根絶が難しい。薬剤はバミドチオン液剤 2,000 倍, ESP 乳剤 2,000 倍などが使用されているが, 大分県ではこれら薬剤の効力低下が見られている。他の害虫に使用するサリチオン乳剤, ジメトエート・フェンバレレート乳剤での同時防除もできる。

## 8 チャノホコリダニ

施設栽培で特に発生が多く重要害虫の一つである。果実では落果直後の幼果期に被害が多いが, 収穫期まで発生して加害する。加害された果実は銀白色のコルク状傷害果となり, 果実の外観を著しく損なう。新芽にも寄生し, 新梢が萎縮したり, 新葉がロゼット状になる。発生は局所的であり, ハウス全体に及ぶことは少ない。曇天が多く, 換気扇の作動する回数が少なく多湿状態になりやすい年に多発するようである。

防除は発生初期にケルセン乳剤, 水和剤 1,500 倍を散布する。

## 9 ミカンネコナカイガラシ

土の乾燥, 敷わらの多用などで, 好適な発生条件となり露地に比べて発生が多い。被害樹は葉色があせ, 落葉して樹勢が落ちる。また, Cu 欠乏などの要素欠乏症を引き起こすこともある。

ダイアジノン粒剤, エチルチオメトン粒剤などを使用しているが, 有効な薬剤が少なく, 中耕, 石灰施用などの耕種的防除も併用している。いずれも的確な効果があがらず, 防除に苦慮している害虫の一つである。

## 10 チャノキイロアザミウマ

最近発生が増加して問題となっている。生息密度の少ないわりに被害が大きい。

このため発生を見逃しやすく, 防除が手遅れになりがちである。三重県では果実の生育後期における加害痕から亀裂が生じ, これが原因となって果実の腐敗, 落果を招く場合が見られており, 現場で問題になっている。

薬剤散布は, 被害を認めてから実施されているので, 今後ハウス内における発生消長をさらに検討し, 適正防除が実施されなければならない。マンゼブ水和剤 600~800 倍, アセフェート水和剤 1,500 倍, ジメトエート・フェンバレレート乳剤 2,000 倍などが使用されている。

## 11 その他の害虫類

1) ミカンハモグリガ: 結果母枝となる夏枝を加害するため, 夏枝を主要な結果母枝とする栽培型をとる場合注意を要する。PMP 水和剤 1,000 倍加用硫酸ニコチン 700 倍, ジメトエート・フェンバレレート乳剤 3,000 倍などが使用されている。

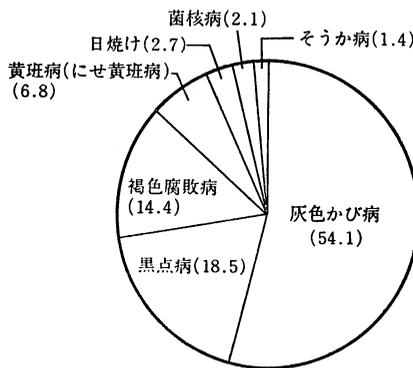
2) カメムシ類: 成熟期の 7 月下旬から 8 月下旬にかけて吸汁加害する。被害果は吸汁口を中心にして腐敗落果する。防虫網, 蛍光灯の設置, 飛来初期からの MEP 水和剤の散布などが行われている。

## 12 薬害

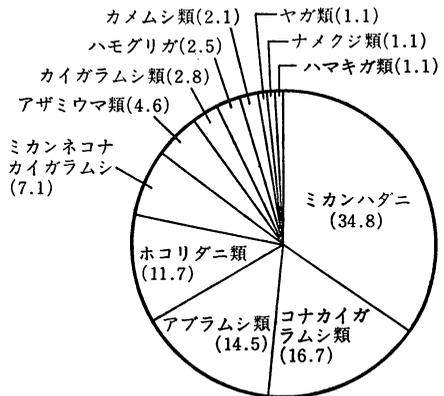
露地では発生しないような薬害でも, 施設栽培では発生する場合がある。薬害の発生しやすい条件として, ①高温時 (32~33°C 以上で特に多い), ②散布された薬剤が乾きにくい条件, ③混用または近接散布, などが挙げられる。したがって薬害防止対策としては, ①曇雨天夕刻の散布を行わず, 晴天の午前中 (低温, 低湿時) に換気扇を回しながら行う。②剤型はなるべく水和剤を使用し, 混用散布を避ける。③花卉の付着した部分にも発生しやすいので, なるべく花ぶるいを行う, などである。混用または近接散布ではマンゼブ, マンネブ剤と殺虫剤とでもっとも多く, 殺虫剤と殺ダニ剤の混用でも単用に比し著しく多く発生している。単用でも薬害を生じた事例として, 大分県ではケルセン乳剤, 水和剤, DMTP 乳剤, NAC 水和剤, マンゼブ水和剤, マンネブ水和剤, ジメトエート・フェンバレレート乳剤, PAP 乳剤, 夏期マシン油乳剤, ESP 乳剤などがある。単用散布で薬害発生事例のない薬剤はチオファネートメチル水和剤, ベノミル水和剤, イプロジオン水和剤, アミトラズ乳

第2表 ハウスミカン防除体系例 (大分県)

時期(月)	加温日数	生育	対象病虫害	防除薬剤	備考
11		被覆	ミカンハダニ	水酸化トリシクロヘキシルスズ水和剤 2,000倍	10a 当たり 1,000 l 以上散布のこと
12	15日	発芽出蕾	灰色かび病	マンネブ・チオファネートメチル水和剤 500倍またはイプロジオン水和剤 1,500倍またはくん煙剤 30g/100m <sup>3</sup> 1~2回, ケルセン水和剤 1,500倍	銅欠乏圏は有機銅 1,000 ppm を散布
1	45日	開花始 満開 一次落果始	チャノホコリダニ		
2	75日	二次落果始	コナカイガラムシ類	サリチオン乳剤 1,000倍	枝つり, 枯枝切り ミカンハダニ発生の場合にはアミトラズ乳剤 1,000倍, 酸化フェンブタスズ水和剤 2,000倍などを発生初期に散布
3	105日	2.1cm 落果終 3.3cm	チャノキイロ アザミウマ	アセフェート水和剤 1,500倍	
4	135日	糖 8.0 酸 3.00 4.5cm	日焼け病 黒点病	炭酸カルシウム 50倍	
5	165日	5.4cm	腐敗防止	ペノミル水和剤 5,000倍 炭酸カルシウム 100倍	
6	195日	6.1cm 糖 11.0 酸 1.00			
7 ~ 10					収穫終 被覆除去後 BPPS 水和剤 800倍を散布



第2図 重要度順に見た病害の発生状況



第3図 重要度順に見た虫害の発生状況

剤, 酸化フェンブタスズ水和剤, サリチオン乳剤などがある。同一成分を持った薬剤が両方に挙げられているものもあるが, 散布時期その他の諸条件により左右されるものと思われ, 他剤についても同様のことが起こりうるものと思われる。

13 Cu 欠乏症

加温時期が早まるにつれて古葉の落葉時期にずれを生じたり, ミカンネコナカイガラムシの加害で細根量が減少したりして樹勢に影響した場合などに発生している。大分県では, 有機銅剤 1,000 ppm を散布することにより効果をあげている。

II 防除方法上の問題点

樹冠がうっ閉し, 薬剤散布量も 1,000 l/10a と多く, 高温時に閉鎖的環境下での薬剤散布は重労働であり, 人体に及ぼす悪影響を無視できない。煙霧剤, フローダスト, 無人防除機などについて検討する必要がある。また, 非常に薬害を生じやすいので薬害発生の少ない薬剤, 剤型の開発が望まれる。

III アンケート調査結果のとりまとめ

関係 20 県からの回答について, 発生する病虫害の重



植物防疫基礎講座

# イネ紋枯病の新しい発生予測法

農林水産省農業環境技術研究所 **は** **し** **ば** **て** **る** **よ** **し**  
**羽** **柴** **輝** **良**

## はじめに

イネ紋枯病は 1910 年に三宅によってその存在が認められて以来、年々発生面積が増加し、最近では平年のいもち病の発生面積を超えて 120 万 ha にも達し、発生面積からすればもっとも大きいイネの病害となっている。

紋枯病の発生は気温が高く、また湿度が高いときに多く、高気温の日が続いても乾燥しすぎると発病が少ないとされている。したがって、紋枯病はその年の天候のぐあいやイネの栽培方法によって、このような環境条件がそろうと発生することになる。

もちろん、温・湿度条件が満たされないと紋枯病は発生しないが、これに拍車をかける要因として稲作技術が取り上げられる。すなわち、機械移植栽培導入による栽培時期の早期化によって田植え時期が 30 年前よりも半月以上も早まったこと、さらに、コンバインの導入によって品種の作付面積にも変化が現れ、近年多肥栽培しても倒伏せず、機械化による刈り取り脱穀作業に適した短稈・多けつ型品種が徐々に普及したこと、これによって施肥方法にも変化が現れ、元肥重点から分肥に移ってきており、ことに倒伏しにくいことから、穂肥、実肥などの後期追肥回数が多く、追肥量も多くなっている。追肥によって当然茎葉は繁茂し、株間湿度も高まる。このようにいずれの稲作技術も紋枯病が発生しやすい方向に変わっているように思われる。

紋枯病の発生程度と被害との関係については数々の被害度算出式<sup>1)</sup>が案出されている。これらの算出式のうち、吉村の方式による被害度算出式が紋枯病の薬剤効果試験および被害度予測などにしばしば用いられているが、すでに算出式が作られてから 30 年を経過し、この間に上記のように稲作技術にも著しい変遷が見られた。

このような背景の下で、堀<sup>2,3)</sup>は本病の発生予察技術を確立するための研究に着手し、越冬菌核の密度、幼穂伸長期の発病程度、気象要因のそれぞれを指標とした発生予察方法および被害予察方法の四つに分けて本病の予察技術を検討した。筆者も堀の四つの部分からなる発生

予察方法を数式化することの重要性を認め研究に着手した。

ここでは、イネ紋枯病の病斑高率から被害度を求める算出式を作成し、吉村の被害度算出式<sup>1)</sup>の簡便化を試み、さらに本式を基準にして、紋枯病の発生予測方法を数式化し、それを用いて被害度の予測を試みた。なお、被害度予測のシミュレーションモデルも作成し、イネ紋枯病の新しい予測方法を確立するに至ったので、その方法を述べる<sup>1-6,9,10)</sup>。

## I イネ紋枯病の病斑高率を用いた被害度の算出法

外国稲 1,429 品種、日本稲 277 品種を供試し、紋枯病斑の上位進展について、最上位病斑高、病斑高率{(最上位病斑高/草丈)×100} および被害度(吉村の方式)の相互関係を検討し、被害度算出式を作成した。

被害度と病斑高率との関係は  $Y=1.62X-32.4$  ( $Y$  は被害度,  $X$  は病斑高率) として示され、本方式は病斑高率 20~82% の範囲であれば草丈と最上位病斑高の調査によって被害度を算出することができる(第1図(1))。病斑高率が 20% 以下では被害度は 0~10% と低い値となり、実質的な被害を生じるに至らない。病斑高率 82% 以上では被害度 100% とみなすことができるが、

$$\begin{aligned}
 & \text{被害度算出式} \\
 Y &= \frac{3n_1 + 2n_2 + 1n_3 + 0n_4}{3N} \times 100 \quad (\text{吉村の方式}) \\
 \parallel \\
 Y &= 1.62X - 32.4 \dots \dots \dots (1) \\
 & \text{病斑高率 (\%)} \\
 & \quad \rightarrow \frac{\text{最上位病斑高 (cm)}}{\text{草丈 (cm)}} \times 100 \\
 \text{全体の被害度 (D)} &= (1.62X - 32.4) \times \frac{A}{100} \downarrow \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{発病株率} \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \dots \dots \dots (2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{減収量} \\
 L &= (1.62X - 32.4) \times \frac{A}{100} \times 8.5 \times 300 \text{ g} \dots \dots (3) \\
 &= (41.31X - 826.2) \times \frac{A}{1,000} \text{ kg} \dots \dots \dots (4)
 \end{aligned}$$

第1図 病斑高率と発病株率から被害度および減収量の算出

New Forecasting Model of Yield Loss by Rice Sheath Blight Disease. By Teruyoshi HASHIBA

一般は場ではかなり激発した場合でも被害度が100%となることはまれで、被害度70%以下が実際に利用される範囲である。

吉村の方式による被害度の調査では、15~20株を選び、各株の全茎葉についてその発病程度を調査しなければならないため、これに要する時間は本方式による100株の病斑高と草丈の調査時間の約5倍を要することからも、本方式は簡便であり、能率的である。

### II イネ紋枯病の病斑高率と発病株率による減収量の算出法

病斑高率から被害度を求める算出法を基準にして、病斑高率と発病株率から10a当たりの減収量を算出する式を作成した。

紋枯病の全体の被害度(D)は病斑高率より求めた発病株の被害度(Y)に発病株率(A)を乗じることによって  $D = (1.62X - 32.4) \cdot A / 100$  (Xは病斑高率, Aは発病株率)として表すことができる(第1図(2))。3.3m<sup>2</sup>当たりのイネ紋枯病による減収量(l)は全体の被害度(D)が1%増加するごとに8.5gずつ精玄米重が減少することから、全体の被害度に8.5gを乗じることによって算出できる。すなわち、減収量(l)は  $l = (1.62X - 32.4) \cdot A / 100 \cdot 8.5$  として表される。10a当たりに換算すると、本式に300を乗じて、減収量(L)は  $L = (1.62X - 32.4) \cdot A / 100 \cdot 8.5 \cdot 300$  となり、減収量(L)と病斑高率(X)および発病株率(A)の間には  $L = (41.31X - 826.2) \cdot A / 1,000$  kgの関係が成り立つ。すなわち、イネ紋枯病による減収量(L)は病斑高率(X)と発病株率(A)によって表すことができる(第1図(3,4))。この減収量算出式によると、多数の被害調査を短時間で処理することが可能であり、しかも病斑高率と発病株率の調査だけでイネ紋枯病の被害を減収量によって示すことができる利点がある。

紋枯病による減収率は品種や栽培法によっても違ってくる。このことは当然減収量にも違いが生じると思われるので、本方式を適用する場合には品種、栽培様式に応じて地域ごとに精玄米重と被害度との関係式を求めて使用することが望ましい。

### III イネ紋枯病の発病調査に必要な標本数とサンプリング法

上記方式を用いて本病の発生や減収量を実際に予測する場合には、予測値の精度によってその後の防除要否の対応も異なることから、調査値の精度を高めることが発生予測上重要になる。ここでは1は場内または1地域内

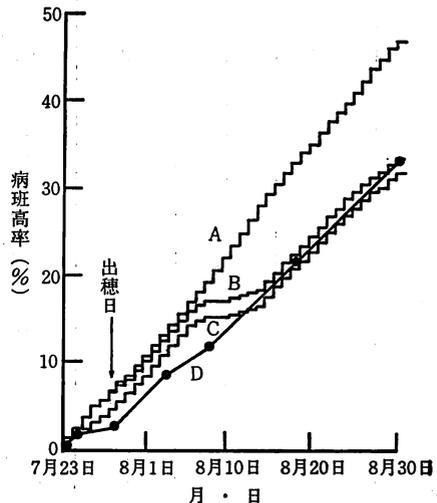
の紋枯病の発生状況を調査するにあたって、簡単であり実用的に満足できる精度を有する標本数とその抽出方法を示す。

紋枯病の発病株率の調査にはほ場内の任意のa条から15株おきに20株、次にb, c, d, eの各条からも同様に合計100株抽出する方法が妥当である。一方、病斑高率の調査に必要な標本数は発病株の病斑高の変動が小さいので10株以内で妥当と考える。また地域の発病調査に必要な標本数は水田面積1,500haに対し、20筆が妥当であった。

1か月先の予測はコンピューターやパソコンの力を借

第1表 相対湿度100%下における日平均気温と病斑の進展との関係

気温 (°C)	1日当たりの病斑の進展 (cm/day)	気温 (°C)	1日当たりの病斑の進展 (cm/day)
19.0	0.27	25.0	1.35
19.5	0.40	25.5	1.39
20.0	0.48	26.0	1.43
20.5	0.64	26.5	1.47
21.0	0.70	27.0	1.51
21.5	0.81	27.5	1.55
22.0	0.91	28.0	1.58
22.5	1.02	28.5	1.56
23.0	1.13	29.0	1.55
23.5	1.18	29.5	1.53
24.0	1.24	30.0	1.50
24.5	1.29		



第2図 病斑の上位進展のモデル曲線の作成

- A: 日平均気温別に1日当たりの病斑の進展を第1表から読み取る
- B: 日平均気温から算出したモデル値を湿度によって補正する
- C: イネ体の感受性による補正
- D: 実測値

りなければならぬが、現時点での紋枯病の被害あるいは減収がどれほどであるかは先の式、 $D = (1.62X - 32.4) \cdot A / 100$  を用いて被害度を、 $L = (41.3X - 826.2) \cdot A / 1,000 \text{ kg}$  を用いて減収量を算出することができる。すなわち、未知数  $X$  (病斑高率) と  $A$  (発病株率) をは場に入って調査し、前式に代入すると  $D$  あるいは  $L$  が求められる。

IV 病斑の上位進展のモデル曲線の作成

さらに、変数  $X$  (病斑高率) は株間温・湿度およびイネ体の感受性の三つの要因を組み合わせ、1日ごとの病斑の上位進展のモデル曲線を作成して求めることができる。すなわち、日平均気温別に1日当たりの病斑の進展を示した病斑進展表(第1表)から、その日の1日当たりの病斑の進展を読み取る(第2図の線A)。次に湿度100% 下で進展するものとして第1表から読みとった病

斑進展のモデル値を第2表を用いて湿度補正を行う(第2図の線B)。実際には露場湿度から水稻群落内の任意の高さの株間湿度を水稻の生育程度に応じて推定する表(第3表)を用いて病斑進展の割合を直接読み取る。本表は株間湿度の垂直分布図(略)と各湿度条件下における病斑進展の割合を示す第2表とを用いて作成した。

第2表 株間湿度と病斑の進展との関係

相対湿度 (%)	病斑進展指数	相対湿度 (%)	病斑進展指数
84	0.10	93	0.94
85	0.24	94	0.95
86	0.38	95	0.96
87	0.52	96	0.97
88	0.66	97	0.98
89	0.77	98	0.99
90	0.87	99	1.00
91	0.89	100	1.00
92	0.91		

第3表 露場湿度より病斑進展の割合を直接読み取る表

相対湿度	7月 1~25日		7月 26~31日		8月 1~10日		8月 11~20日		8月 21~31日	
	A 株間湿度 (%)	B 病斑進展指数	A (%)	B	A (%)	B	A (%)	B	A (%)	B
65	85	0.24	—	0.00	—	0.00	—	0.00	—	0.00
66	85	0.24	—	0.00	—	0.00	—	0.00	—	0.00
67	86	0.38	84	0.10	84	0.10	—	0.00	—	0.00
68	86	0.38	85	0.24	84	0.10	—	0.00	—	0.00
69	86	0.38	86	0.38	85	0.24	84	0.10	—	0.00
70	87	0.52	88	0.66	86	0.38	84	0.10	—	0.00
71	87	0.52	88	0.66	87	0.52	85	0.24	—	0.00
72	87	0.52	89	0.77	88	0.66	85	0.24	—	0.00
73	88	0.66	90	0.87	89	0.77	86	0.38	84	0.10
74	88	0.66	91	0.89	89	0.77	86	0.38	85	0.24
75	88	0.66	91	0.89	89	0.77	86	0.38	86	0.38
76	88	0.66	91	0.89	89	0.77	86	0.38	86	0.38
77	88	0.66	92	0.91	89	0.77	86	0.38	86	0.38
78	89	0.77	92	0.91	90	0.87	87	0.52	87	0.52
79	90	0.87	93	0.94	90	0.87	87	0.52	87	0.52
80	91	0.89	93	0.94	91	0.89	88	0.66	88	0.66
81	92	0.91	94	0.95	91	0.89	88	0.66	88	0.66
82	93	0.94	94	0.95	92	0.91	89	0.77	89	0.77
83	94	0.95	95	0.96	92	0.91	89	0.77	89	0.77
84	94	0.95	95	0.96	93	0.94	90	0.87	90	0.87
85	94	0.95	95	0.96	93	0.94	90	0.87	90	0.87
86	95	0.96	95	0.96	93	0.94	90	0.87	90	0.87
87	95	0.96	95	0.96	94	0.95	90	0.87	91	0.89
88	96	0.97	96	0.97	94	0.95	91	0.89	91	0.89
89	96	0.97	96	0.97	94	0.95	91	0.89	92	0.91
90	96	0.97	96	0.97	94	0.95	92	0.91	92	0.91
91	96	0.97	96	0.97	95	0.96	93	0.94	93	0.94
92	97	0.98	97	0.98	95	0.96	94	0.95	93	0.94
93	97	0.98	97	0.98	96	0.97	95	0.96	94	0.95
94	98	0.99	98	0.99	96	0.97	95	0.96	95	0.96
95	98	0.99	98	0.99	96	0.97	95	0.96	95	0.96
96	98	0.99	98	0.99	97	0.98	96	0.97	96	0.97
97	99	1.00	99	1.00	98	0.99	97	0.98	97	0.98
98	99	1.00	99	1.00	98	0.99	98	0.99	98	0.99
99	100	1.00	100	1.00	99	1.00	99	1.00	99	1.00
100	100	1.00	100	1.00	100	1.00	100	1.00	100	1.00

第4表 イネ体の感受性の変化と病斑の進展

出穂後の日数	病斑の進展 (cm)	出穂後の日数	病斑の進展 (cm)
-5	0.71	17	1.56
-4	0.74	18	1.56
-3	0.76	19	1.56
-2	0.79	20	1.56
-1	0.84	21	1.56
0	0.86	22	1.56
1	0.95	23	1.56
2	1.12	24	1.56
3	1.19	25	1.52
4	1.25	26	1.47
5	1.32	27	1.43
6	1.38	28	1.38
7	1.45	29	1.34
8	1.54	30	1.29
9	1.62	31	1.25
10	1.71	32	1.20
11	1.69	33	1.16
12	1.66	34	1.11
13	1.64	35	1.07
14	1.61	36	1.02
15	1.59	36	1.02
16	1.56		

株間温・湿度から算出した病斑進展のモデル値が、最適温・湿度条件下でイネ体の感受性の実験から求めた病斑進展の値よりも大きい場合には、イネ体の感受性から求めた病斑進展値よりも大きい値を理論的に取りえなないと考え、その値(第4表)を病斑進展の上限值として補正する(第2図の線C)。

上記の順序で計算した1日ごとの病斑進展を順次積算することにより、病斑の上位進展すなわち病斑高が得られ、この値を草丈で割ると病斑高率(X)が得られる。第2図Cの階段状の実線は温・湿度と感受性の要因を加味して作成した病斑進展のモデル曲線であり、は場調査結果Dとはほぼ同傾向の病斑進展を示した。

V 水平進展(発病株率)のモデル曲線の作成

一方、変数A(発病株率)は株間温・湿度および菌核数の三つの要因を組み合わせて、1日ごとの水平進展のモデル曲線を作成して求める。

すなわち、発病株率は株間温度23°C以上、株間湿度96%以上のときに増加することを基本にして、地上5cmの株間湿度が96%以上、株間温度が23°C以上の両者を満足する日の、1日当たりの病斑伸長の長さを水平進展度として置き代える方法を採用した。実際には地上5cmの株間温・湿度を測定できなかったことから、地上20cmの株間湿度が92%以上あれば、地上5cmの株間湿度は96%以上あるものと推定した。このことから、地上20cmの株間湿度が92%以上で、株間温度が23°C以上の両者を満足した日について、その日の

第5表 露場湿度より地上20cmの株間湿度読み取り表(穂数指数110以下の場合)

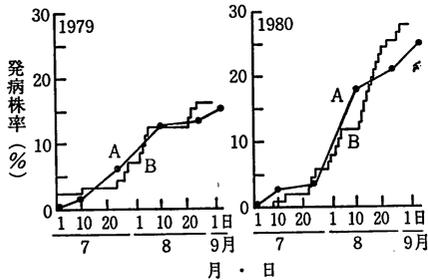
相対湿度 (%)	株間湿度				
	7月1~25日	7月26~31日	8月1~10日	8月11~20日	8月21~31日
75	88	91	90	87	89
76	88	91	90	87	89
77	89	92	91	88	90
78	89	92	91	88	90
79	90	92	91	90	90
80	90	93	92	90	90
81	91	93	92	90	90
82	91	93	92	91	91
83	92	94	93	91	91
84	92	94	93	92	91
85	93	95	94	93	92
86	93	95	94	93	92
87	93	95	94	93	93
88	94	95	94	93	93
89	94	95	94	94	93
90	94	96	95	94	94
91	94	96	95	94	94
92	95	96	95	95	94
93	95	96	95	95	95
94	95	96	95	95	95
95	96	97	96	96	96
96	98	98	97	97	97
97	99	99	98	98	98
98	99	99	99	99	99
99	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100

第6表 露場湿度より地上20cmの株間湿度読み取り表(穂数指数111以上の場合)

相対湿度 (%)	株間湿度				
	7月1~25日	7月26~31日	8月1~10日	8月11~20日	8月21~31日
75	88	91	90	88	90
76	88	91	90	88	90
77	89	92	91	89	90
78	89	92	92	90	91
79	90	92	92	91	91
80	90	93	92	92	91
81	91	93	92	92	92
82	91	93	93	93	92
83	92	94	93	93	93
84	92	94	94	93	93
85	93	95	94	93	93
86	93	95	94	94	93
87	93	95	94	94	93
88	94	95	95	94	94
89	94	95	95	94	94
90	94	96	95	95	95
91	94	96	95	95	95
92	95	96	96	95	95
93	95	96	96	95	95
94	95	96	96	95	95
95	96	97	96	96	95
96	98	98	97	97	97
97	99	99	98	98	98
98	99	99	99	99	99
99	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100

第 7 表 菌核数と発病株率との関係

10 a 当たりの菌核数	5	10	20	30	40	50 万個
水平進展指数 (5万個のときを1) とする	1.0	1.4	2.3	3.2	4.1	4.9



第 3 図 水平進展 (発病株率) のモデル曲線の作成  
A : 実測値, B : 計算値

平均株間温度より 1 日当たりの病斑伸長の長さを第 5, 6 表から求め、その値を水平進展度として置き代える。この場合に、有効穂数の多少によって水平進展度が左右されるので、7 月 1 日現在の有効穂数が 370 本/m<sup>2</sup> を 100 として、指数 110 以下のときには第 5 表を、また 111 以上のときは第 6 表を用いて水平進展度を求める。例えば、日平均株間温度が 27°C、株間湿度が 97% を示し、7 月 1 日現在の有効穂数の指数が 103 であった日の水平進展度は第 1 表から 1.51 と読み取る。

次に、それぞれのほ場の菌核数に応じて、第 7 表に示す補正値を乗じ菌核数による補正を行う。

上記の順序に従って算出した数値を 1 日ごとに順次積算すると発病株率 (A) が得られる (第 3 図)。

VI 本予測方法によって計算した被害度と実際の被害度との比較

上記の操作によって求めた病斑高率 (X) と発病株率 (A) を第 1 図(2)の式、 $D = (1.62X - 32.4) \cdot A / 100$  に代入して被害度を計算する。

第 8 表は 1976~80 年の 5 か年間の紋枯病による実際の被害度および本予測法によって計算した被害度との関係である。1976 年度の紋枯病による実際の被害度は 6.9%、また計算による値は 6.3%、1977 年度は 10.5% と 11.6%、1978 年度は 3.9% と 2.4%、1979 年度は 6.7% と 6.4%、1980 年度は 11.2% と 11.5% であり、計算によって求めた被害度と実際の被害度はほぼ一致した。

また、上記の操作によって求めた病斑高率 (X) と発

第 8 表 本予測法によって計算した被害度と実際の被害度との比較

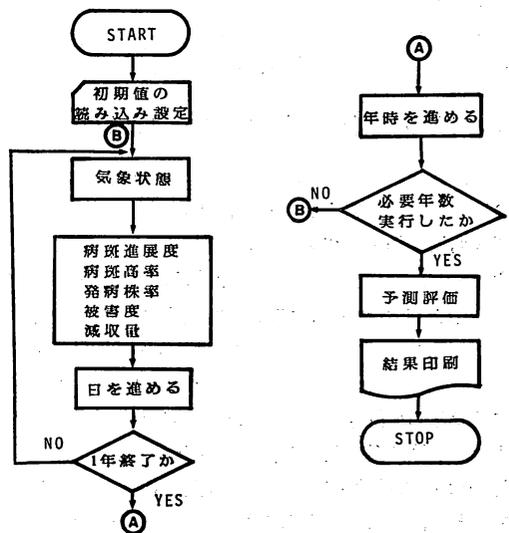
年	1: 実測値 2: 理論値	病斑高率 (X)	発病株率 (A)	被害度 (D)
1976	1	45.0(%)	17.0(%)	6.9(%)
	2	42.3	22.6	6.3
1977	1	48.2	23.0	10.5
	2	51.6	31.7	11.6
1978	1	37.1	14.0	3.9
	2	34.0	9.3	2.4
1979	1	46.0	16.0	6.7
	2	43.7	19.3	6.4
1980	1	47.0	25.6	11.2
	2	51.0	26.4	11.5

病株率 (A) を第 1 図(4)の式、 $L = (41.31X - 826.2) \cdot A / 1,000 \text{ kg}$  に代入して減収量も同様に計算できる。

VII パソコンによるイネ紋枯病の予測

イネ紋枯病の病斑高率および発病株率から作成した被害度の算出式を基にして被害度予測のシミュレーションモデルの作成を行った。

本モデルは、初めに地域、品種、出穂期などのパラメータを入力として与え、時間を軸とした固定増分法によるモデル構成とし、1 日ごとのシステムの状態を表示できるようにした。演算の手順はまず日時を設定し、その日の気象状態 (日平均気温、株間湿度) を求め、これを用いて病斑進展度の算出およびイネ体の感受性からの進展度の補正を行った。次に草丈より病斑高率を算出する。さらに発病株率を求め、最後にそれらの値を用いて被害度を試算し、日を進める。このように 1 日ごとの計



第 4 図 イネ紋枯病の被害度予測モデルのフローチャート

算を繰り返し、1年終了すれば結果を印刷し、さらに必要年数に達するまで同じ手順を繰り返す。イネ紋枯病の被害度予測モデルのフローチャートは第4図に示した。モデルのプログラミングは、FORTRAN 言語を用い、サブルーチンを多用してユニット組み立て方式をとっている。これによって、サブシステムごとのモデル変更、修正が容易に行えることをねらいとしている。プログラムの詳細については割愛させていただき、三菱マルチ16用に開発したイネ紋枯病発生予測プログラムの操作手順を次に示す。

### 1 起動方法

① 周辺装置（ディスプレイ装置・ディスク装置）の電源スイッチを ON にする。

② 日本語 CP/M-86 ディスク・シートをドライブ A に挿入し、本体電源スイッチを ON にする（すでに電源 ON の場合は、リセット・スイッチを押します）。

③ しばらくして、ディスプレイ画面に「A>」と表示されます。

④ 紋枯病ディスク・シートをドライブ B に挿入します。

⑤ 次のようにキー入力して下さい（下線部を入力します）。 A>B:

### 2 紋枯病プログラム操作手順

① B>RUN MAIN

② ファイル……データディスク・シートをドライブ B に挿入 1

③ UNIT 6 ?

プリンターに出力 LST : } どちらかを選ぶ  
画面に出力 CON : }

④ 年月日を入力（例えば 1985 8 1）

7月1日から8月31日まで実際のデータで計算する場合は 19XX 9 1 と入力する。

8月4日から以後の発生を予測する場合は 19XX 8 4 と入力する。

⑤ 過去30年間の気象データ（ディスク・ファイル）を使う場合 0

気象データをキー入力する場合 1

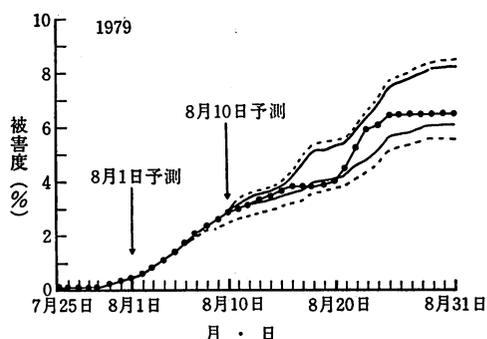
表示に従って入力（例えば8月2日温度 24.5, 湿度 83% のときは 8 2 24.5 83 と順次入力する）。

⑥ 経過すると予測される気象パターン、表示に従って 0~4 を入力する。0: 平年, 1: 高温, 高湿, 2: 高温, 低湿, 3: 低温, 高湿, 4: 低温, 低湿。

⑦ 草丈をキー入力 1

⑧ 病斑高率、発病株率を補正する場合 1

⑨ 各種基礎データを入力する場合 1



第5図 イネ紋枯病の被害度のパソコンによる予測

●—●: 実際の気象データを入力して計算した値

### ⑩ 穂数による修正

7月1日現在の穂数 370 本/m<sup>2</sup> を指数 100 として 110 以上のとき 0, 111 以下のとき 1

⑪ 各種基礎データを出力する場合 1

⑫ 予測値を出力する場合 1

第5図は1979年度新潟県上越地区におけるイネ紋枯病の被害度を本予測法によって計算し、作成したものである。図中の実線(●—●)は実際の気象データを入力して計算した値である。さらに、8月1日時点で以後の発生を予測したときの予測値は破線と破線に囲まれた領域に存在し、8月10日時点で以後の発生を予測したときの予測値は実線と実線に囲まれた領域に存在する。実際の気象データを入力して計算した被害度の計算値の推移が予測値の推移とほぼ一致したことから、本モデルの妥当性が確認できた。

先のパソコンによる予測曲線を作るには過去30年間の気象データを用いて、温・湿度の分布を計算して、パターンを決める。次に、パターンに用いた平均値と標準偏差値を使った正規乱数表から予想される温・湿度を取り出す。この操作を10回繰り返して、大きい値、および小さい値によって幅をもたせて作ったものである。しかし、本予測値の計算に使用した気象観測値は新潟県高田測候所のデータを入力して用いたものであり、実際に本予測プログラムを使用する場合には各地区ごとに測候所のデータを入力しておく必要がある。これらの気象データは農林水産研究計算センターのコンピューターに入力されており、利用される方には紋枯予測用に気象データを変換してディスク・シートを作成し、提供いたします。

### おわりに

イネ紋枯病の病斑高率および発病株率を用いて本病の

発生を予測する方法を検討し、モデル化した。本法はまだ多くの問題点が残されており、どの地域でも直ちに適用できるとは考え難い。しかし、現時点で紋枯病の被害がどれほどであるかを知るには、先に示した複雑な進展計算によらなくとも、未知数  $X$  (病斑高率) と  $A$  (発病株率) をほ場に入って調査し、前式に代入すると簡単に求められるので活用していただきたい。

一方、病斑高率は1日ごとの病斑進展のモデル曲線から、また発病株率は1日ごとの水平進展のモデル曲線から間接的に求めることも可能になった。しかし、実際に本法を適用して被害度あるいは減収量を予測する場合には、定期的には場調査を行い、直接病斑高率と発病株率を求めて計算値を補正することが望ましい。

本予測プログラムには薬剤効果の要因は入力されていない。しかし、病害の進展状況あるいは被害状況に対する防除適期の問題、薬剤散布後の病勢進展状況の変化については特に重要であり、現在検討中である。

さらに露場観測値からの予測法は、精度の点で株間温・湿度の実測値から求めた予測値よりも不正確であるが、この方法でも紋枯病の発生予測が可能になった。しかし、ほ場で直接株間温・湿度を測定し、測定された値が直ちにパソコンに入力できる方法が見つければさらに予測値の精度も上がるものと思われる。

イネ紋枯病発生予測方法は今までに得られた本病の生活環を中心にして作成したモデルである。すなわち、イネ紋枯病の生態に関し、詳細な知見が得られるほど予測モデルの精度も上がることは確かである。本法にはまだ多くの問題点が残されているが、今後本モデルを活用し、不足部分を補い、さらに精度の高い予測モデルにするよう検討中である。

おわりに臨み、本予測法の確立に有益な助言と惜しみない協力をしてくださった多数の方々に衷心より厚く感謝の意を表す。なお、イネ紋枯病発生予測プログラムを快く作成してくださった中国農業試験場 井尻 勉技官に衷心から感謝申し上げる。

### 引用文献

- 1) 羽柴輝良ら (1977): 日植病報 4: 1~8.
- 2) ——— (1981): 同上 47: 194~198.
- 3) ——— (1982): 同上 48: 499~505.
- 4) ——— (1983): 同上 49: 143~149.
- 5) ——— (1984): 北陸農試報告 26: 115~164.
- 6) HASHIBA, T. (1984): JARQ 18: 20~26.
- 7) HORI, M. (1969): Rev. Plant Protec. Res. 2: 70~73.
- 8) 堀 真雄・安楽又純 (1971): 農林省指定試験 11: 1~138.
- 9) 井尻 勉 (1982): 日植病報 48: 345.
- 10) 小池賢治ら (1984): 同上 51: 92~93.
- 11) 吉村彰治 (1954): 同上 19: 58~60.

(36 ページより続く)

真田輝夫氏 (農林水産部蚕糸農産課長) は園芸試験場長に  
 木村和夫氏 (蚕糸試験場長) は農林水産部蚕糸農産課長に  
 三浦孝雄氏 (園芸試験場長) は同上部園芸特産課長に  
 福島県では下記の異動があった。  
 (4月1日付)  
 中村紘夫氏 (田島農業改良事務所農産課長) は農政部農業改良課主任主査兼植物防疫係長に  
 遠藤真司氏 (農政部農業改良課生産指導係) は同課植物防疫係主査に  
 小野寺正二氏 (同上課主任主査兼植物防疫係長) は農業経済課主任主査兼農業共済係長に  
 堀下和良氏 (同上課同上係) は同課企画普及班へ  
 角間文雄氏 (農業試験場病理昆虫部主任専門研究員) は退職  
 遠藤忠光氏 (同上部専門研究員) は同試相馬支場長に  
 武地誠一氏 (会津農業センター技師) は農試病理昆虫部副主任研究員に  
 徳永友三氏 (農試相馬支場主任専門研究員兼支場長) は退職  
 熊倉正昭氏 (農政部農業改良課主幹) は果樹試験場長に

佐藤良二氏 (果樹試験場副場長兼病理昆虫部長) は退職  
 落合政文氏 (同上部専門研究員) は同部長に  
 尾形 正氏 (たばこ試験場副主任研究員) は同上部副主任研究員に  
 原田良平氏 (果樹試験場長) は退職  
 高橋昌一氏 (いわき農業改良普及所長) はたばこ試験場長に  
 鈴木平喜氏 (たばこ試験場長) は退職  
 新潟県では下記の異動があった。  
 (4月1日付)

大島松夫氏 (西頸城農業改良普及所) は農林水産部農産普及課農業機械防除係へ  
 細川平太郎氏 (農林水産部農産普及課普及教育係) は同上課同上係へ  
 田中徳司氏 (新潟農業改良普及所長) は園芸試験場長に  
 幸田達治氏 (園芸試験場環境課専門研究員) は同課長に  
 中臣康範氏 (同上場同上課長) は同試花き課長に  
 井上孝良氏 (同上場長) は退職

植物防疫基礎講座

昆虫行動解析法(6)

## 筋電位と神経放電の記録法

東京女子医科大学第一生理学教室 小松 明

## はじめに

昆虫の行動を電気生理学的な手法で解析しようとする場合のアプローチには二つある。一つは入力側(感覚系)からの解析であり、もう一つは出力側(運動系)からの解析である。ここで扱うのはそのうち後者の出力側からの解析ということになる。運動系を解析するときの研究項目を挙げると次のようになろう。①行動そのものの分析、②骨格—筋肉—神経系の形態学、③運動の記録(メカノグラム)、④筋電位(EMG)、⑤筋線維の細胞内記録、⑥神経放電の記録、⑦中枢のニューロンの細胞内記録。

筋電位は細胞内誘導と異なり自由運動をしている昆虫から誘導することも容易であり、電気生理学的な行動解析に際しては運動の記録と組み合わせてまず初めに記録すべきであろう。また神経放電の記録は記録用電極が異なるだけで実験セットは筋電位の記録と共通であり、筋電位と同様に容易に記録することができる。そこでこれらのことを考慮してここでは筋電位と神経放電の記録法を述べる。本題に入る前に昆虫の筋肉の神経支配様式について簡単に触れておく。

## I 昆虫筋の神経支配様式

昆虫の運動系では末しょう統合が重要な役割をしている。多くの筋では1本の筋線維に性質の異なるニューロンが組み合わさって分布する多ニューロン支配(poly-neuronal innervation)が行われており、筋収縮の調節に重要な役割を演じている。昆虫の運動ニューロンは接合部電位(筋線維の細胞内誘導によって記録される)の性質によって速ニューロン(fast neuron)、遅ニューロン(slow neuron)および抑制性ニューロン(inhibitory neuron)の3種類に区別される。速ニューロンと遅ニューロンは筋線維に興奮性接合部電位(excitatory junction potential, EJP)をもたらす、抑制性ニューロンは抑制性接合部電位(inhibitory junction potential,

IJP)をもたらす。速ニューロンのEJPは40~50mVの大きさであり、しばしばオーバーシュート(細胞内電位が外よりプラスになった状態。静止状態では細胞内はマイナスである)を示し、強い単収縮を引き起こす。遅ニューロンのEJPは3~9mVであり、加重(summation)と促進(facilitation)が認められ、繰り返し発火によって緩収縮が生じる。速ニューロンは主にジャンプや飛しょうといった速くて強い力を必要とする運動に、一方、遅ニューロンは歩行などの遅い運動や姿勢保持などに関与している。IJPは普通数mVの過分極性の電位変化(細胞内が静止電位よりさらにマイナス側になる)として記録され、IJPにEJPが重なるとEJPが抑制されて収縮力が減少する。

筋電位はこれら運動ニューロンの接合部電位を細胞外的に記録したものである。したがって筋電位の記録にも各運動ニューロンの接合部電位の違いが反映されることになる。例えば筋電位のスパイク成分を波高値で分けることによって支配ニューロンのユニットをある程度分離することができる。

一方神経についてみると、一つの筋肉を支配する神経束に含まれる神経線維の数は昆虫では数本から十数本程度である。また速ニューロンの軸索は太く、神経束の細胞外誘導では大きな電位変化が記録されるのに対し、遅ニューロンや抑制性ニューロンの軸索は細く、小さな電位変化が記録される。したがって筋線維の細胞内記録と対応づけることによって神経放電の細胞外誘導から個々のユニットをかなり正確に同定することができる。

## II 単極導出、双極導出および不関電極

必要とされる実験設備・装置はシールドボックス、オシロスコープ、前置増幅器、連続撮影装置、およびコンピューター類である。これらについてはすでに前回(5)で述べられているのでここでは省略し、直接の入力段である前置増幅器についてのみ述べる。

筋電位や神経放電の記録される電位の大きさは数十 $\mu$ V~数mVしかない。したがって高感度の生体電気用前置増幅器を用いて記録する。導出法には大きく分けて単極導出(一つの電極で記録)と双極導出(二つの電極

Techniques in Insect Behavior Analysis (6).  
Recording of Electromyogram and Nerve Spikes.  
By Akira KOMATSU

で記録)の二つの方法がある。一方、増幅器には不平衡入力型と平衡入力型がある。前者では単極導出しかできないが現在の増幅器はほとんど平衡入力型となっており、双極導出が可能である。いずれも入力にアース端子(E)があり、これを動物体に刺入した不関電極(基準電極)と接続する。細胞外誘導では電極の分極(金属と電解液—ここでは体液カリンゲル液—の接触面に生じる電位)はあまり気にする必要はないので、動物の固定に金属針を用いているような場合にはこの針を不関電極として利用できる。これがない場合には別途に不関電極(裸の金属線など)を動物体に刺入する。

平衡入力型の増幅器を使用する場合、単極導出では記録電極を入力のプラス端子に接続し、マイナス端子はアース端子に短絡する。双極導出では2本の記録電極をそれぞれプラス、マイナス両端子に接続する。単極導出は一点の電位変化を記録できるという利点があるが、交流電源などからのノイズを拾いやすい。双極導出では差動増幅するので両方の電極にかかるノイズが互いに打ち消し合ってきれいな記録が得られる。

### III 筋電位の記録法

#### 1 被覆金属線電極

基本的には先端のみを露出し、周囲に絶縁塗料を塗った細い金属線を筋肉に刺入し、金属線他端をリード線を介して生体電気用増幅器に接続すれば筋電位が誘導できる。もっとも簡単な方法は直径20~100 $\mu\text{m}$ のエナメル銅線やポリエステル・ステンレス鋼線などの被覆金属線の一端を切断し、他端の被覆をピンセットなどではがし、これにリード線をハンダ付けすればよい。ステンレス鋼線であれば多くの昆虫ではピンセットでつまんで直接クチクラを貫いて筋に刺入できる。クチクラが堅くて刺入しにくいときには縫い針を三角錐のきり状に油砥石で研磨したものでクチクラに穴を開けてから金属線を刺入する。適当な大きさの穴を開ければこれだけで記録電極を固定できるが、記録電極が刺入部位から抜けやすいときには瞬間接着剤やコロフォニウム・ワックス(松やにと蜜蝋の混合物)などで固定する。

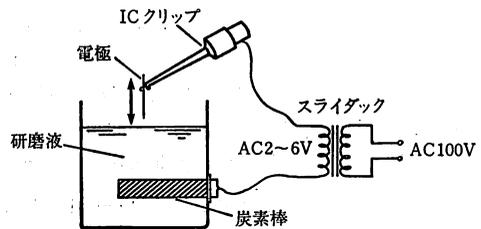
自由に動いている動物の筋電位を誘導するときには動物の動きを妨げないように、また記録電極が抜け出ないようにくふうする必要がある。脚から筋電位を誘導するような場合、金属線に少し遊びを持たせてからいったん胸部背板などに固定し、これを中空に設置したコネクタに導く。このようにすれば金属線の届く範囲内で動物は自由に動くことができる。

#### 2 金属針電極

被覆金属線では先端が太すぎるときには金属線を電解研磨し、絶縁塗料を塗って針状の電極とする。針電極の材料にはステンレス鋼、タングステン、白金-イリジウム合金、エルジロイ(Ni, Co, Feの合金。歯科材料)などの金属線がよく用いられる。後二者では溶ダー・ガラスで被覆絶縁するので重量が増し、昆虫での実験には不向きであろう。タングステン線を用いた針電極については前回(5)および文献<sup>9)</sup>に紹介されているので、ここではステンレス鋼線を用いた針電極について述べる。

直径200~300 $\mu\text{m}$ のステンレス鋼線を1巻購入してもよいが昆虫針の微針(志賀昆虫, 直径200 $\mu\text{m}$ )が入手しやすい。微針でもそのままでは先端が太すぎるのでまず電解研磨する。研磨用の電解液としては98% $\text{H}_2\text{SO}_4$  34ml, 85% $\text{H}_3\text{PO}_4$  42mlに水を加えて全量を100mlとした溶液を用いる。第1図のように微針をICクリップではさんで電源に接続し、炭素棒または白金線を電源の他端に接続して通電する。電源はAC100Vの商用電源をスライダックでAC2~6Vに落として用いる。スライダックとして顕微鏡用光源の電源が利用できる。直流電源(乾電池など)を用いる場合には微針側をマイナス、他極をプラスに接続し、DC6Vの電源に可変抵抗(数k $\Omega$ のボリューム)を直列に接続して電流量を調整する。このようにして電流を流しながら電極を研磨液から出し入れして電極先端が適当な形になるまで研磨する。電極先端の形状は出し入れのしかたやかける電圧によって変わる。

こうして電解研磨した電極は蒸留水→アルコール→アセトン→エーテルの順に短時間浸して洗浄・脱脂し、絶縁塗料を塗る。絶縁塗料にはラッカー、エナメル、Insl-X(成茂科学KKで入手可)、カシューストロン(#200, カシューKK)などが用いられる。エナメルはマニキュアとしても入手できる。塗布するには筆塗りと浸漬の2法がある。浸漬法では電極を塗料内に浸してからまっすぐにゆっくりと引き出す。塗料の濃度(薄め液で調整)と



第1図 針電極の電解研磨法

引き出すスピードによって絶縁塗料の厚みが決まる。引き出したら手早く電極先端を上に向け、室温で1日、または60°Cのオーブンに1晩置いて乾燥させる（それぞれの絶縁塗料の使用法を参照されたい）。このままでは電極先端まで絶縁されているので先端のみ塗料をはがす。太い電極では電極先端を昆虫のクチクラやプラスチックの板にあててはがしてもよいが、細い電極では先端を傷める恐れがある。このような場合には電解液に浸して短時間多めに電流を流すと先端の膜が破れ、そこに気泡が生じる。気泡の大きさで先端の状態が推定できる。

このようにして作った針電極に直径50~100 $\mu\text{m}$ の銀線や銅線を巻き、さらに導電性接着剤（ドータイト、藤倉化成KK）やワックスで外れないように固定し、これをリード線に接続する。虫体への刺入などは被覆金属線電極と同様である。

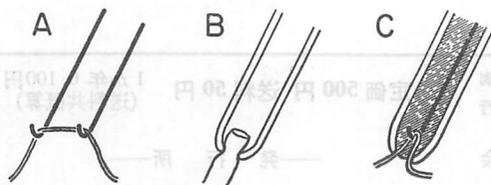
#### IV 神経放電の記録法

神経束からインパルス放電を誘導する方法には第2図に示すように双極フック電極、吸引電極およびフック-オイル電極（グリース電極）の三つの方法がある。フック電極は神経を液面から持ち上げる必要があるが、吸引電極とフック-オイル電極は神経を溶液内に置いたまま記録できる。また吸引電極法では神経断端からの記録であるのに対して、フック電極とフック-オイル電極では神経を切断する必要はない。

##### 1 双極フック電極

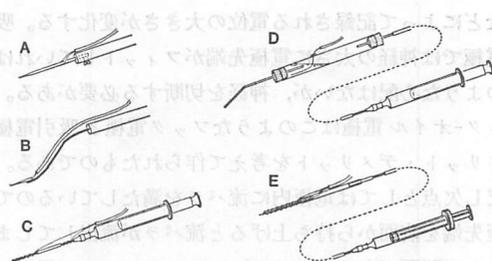
単極でもかまわないが、普通はノイズを打ち消すために双極で用いる。要はフック状に曲げた金属線の上に神経を乗せて電極ごと液面から持ち上げ、不導体である空气中にさらせば記録がとれるわけである。ただしそのままでは神経が乾燥してしまうので短時間の記録でない限り乾燥を防ぐ手だてがいる。これにはワセリンと流動パラフィン（流パラ）を1対1に混合したものを少量針先につけて電極ごと神経を覆ってやる。

電極に用いる金属線としては50~200 $\mu\text{m}$ の銀線が良



第2図 神経放電記録の3法

A: 双極フック電極, B: 吸引電極,  
C: フック-オイル電極



第3図 神経放電記録用のいろいろな電極

A, B: 双極フック電極, C, D: 吸引電極  
E: フック-オイル電極

い。筆者は60 $\mu\text{m}$ の銀線をつまようじにアラルダイトで接着し、銀線の先をハサミで切りそろえてから実体顕微鏡下で銀線の先端から0.5~1mmのところのカミソリの峰（フェザーS両刃の内溝のどっぴりを使う）を当て、銀線の先端のカミソリの刃先で持ち上げてフック状に整形している。銀線をつけたつまようじを真ちゅう棒などにビス止めすれば電極先端を傷めてもすぐに交換できる（第3図A）。小さい昆虫を扱うような場合で数本の電極をセットすると標本の近くが電極で込み合ってくる。このようなときには途中で銅線を用いてフレキシブルに曲げられるようにしておくとう便利である（第3図B）。

##### 2 吸引電極

ガラスやビニールチューブなどに神経切断端を吸引・密着させて内外の電位差を記録する方法である。昆虫の神経は細いので普通ガラス管を用いる。ガラス管は微小電極用の硬質ガラスキャピラリー（外径1~1.5mmのものが成茂科学KKから売り出されている）を用い、これを微小電極作製器（electrode puller）で加熱急伸展するかガスバーナーで手引きする。先端の適当なところにアンブルカッターで傷つけて折り、切断端をアルコールランプやマイクロバーナーなどであぶって丸め、記録する神経束の大きさに合った内径にする。このガラス管を第3図C, Dのように適当なアダプターを介して注射器に接続する。第3図Cではノイズを少なくするためにガラス管に銀線を巻いてガラス管に挿入された注射針との間で双極導出しているが、第3図Dに見られるように単極導出でもかまわない。なお吸引電極では先端の内径が神経断端の太さに合わないとうまく吸引密着できないので、先端内径の違った電極を何本も用意しておく必要がある。

##### 3 フック-オイル電極

フック電極では神経を液面から持ち上げる必要があるので液面の上下やワセリン-流パラの付着のしかたの変

化などによって記録される電位の大きさが変化する。吸引電極では神経の太さに電極先端がフィットしていればこのような心配はないが、神経を切断する必要がある。フック-オイル電極はこのようなフック電極と吸引電極のメリット・デメリットを考慮して作られたものである。ただし欠点としては電極内に流パラを満たしているのに電極先端を液面から持ち上げると流パラが流出してしまうという問題がある。したがってフック-オイル電極は溶液中に入れた状態で使う必要がある。

第3図Eは簡単なフック-オイル電極である。筆者はプラスチック管に沈降用毛细管(β-リポタンバク測定用, 株式会社ヤトロン)を用い, その内径に合ったガラス管(外径0.8mm)を挿入して用いている。フック-オイル電極ではセットするときに流パラの出し入れを細かく調節し, 誘導中は流パラの動きを止める必要がある。そのため筆者はディスポの注射器(テルモシリンジ, 1ml)を次のように改造して用いている。注射器の外筒のつばに雌ねじを切った真ちゅう棒をビス止めし, 内筒

に雄ねじを切る(第4図の注射器部分を参照)。このようにすると内筒を回転することによって流パラを出し入れでき, またねじで内筒が固定されているので圧変化などによって内筒が動くことがない。第4図はこのような改造注射器に電極部分を直接つけて一体化したものである。いずれもフックに神経を乗せてからガラス管をピンセットで引き出してかぶせ, 流パラを先端から少し押し出した状態で止めて記録する。

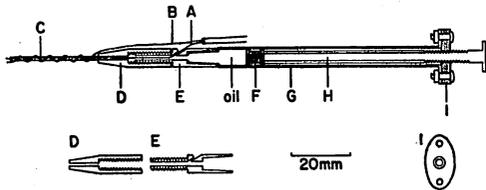
おわりに

実験装置のセットを組んでしまえば記録をとること自体は本来それほど難しいことではない。問題はむしろ材料の小ささによる困難や実験下で行動を引き起こさせることの難しさにある。これらの困難さえ克服できれば昆虫は種類数も豊富であり, 行動もバラエティーに富んでいるので, 電気生理学的な手段を用いて行動解析する対象としては実におもしろい相手である。それぞれの実験材料を相手に各自くふうをして挑戦されたい。

ここでは筋電位と神経放電の記録法について記録電極を中心に述べた。具体的な記録例やその解釈については対象とする材料とテーマによって異なるので適当な研究報告を見つけて調べられたい。またここでは触れられなかった一般的な事項やさまざまな記録法は文献<sup>1)2)</sup>を参照されたい。

引用文献

- 1) 平本幸男ら (1982): 実験生物学講座5, 電気的測定法, 丸善, 東京, pp. 341.
- 2) MILLER, T. A. (1979): Insect Neurophysiological Techniques, Springer, New York, pp. 308.
- 3) 山岡景行・小松 明 (1980): 吉武成美他編, 昆虫実験法一研究編, 学会出版センター, 東京, pp. 211~230.



第4図 注射筒一体型のフック-オイル電極

A, B: 銀線, C: ガラス管, D, E: アクリル棒を加工したもの, F: ゴムキャップ, G: 外筒, H: 雄ねじを切った内筒, I: 雌ねじを切った真ちゅう板

人事消息

広島県では下記の異動があった。

(4月1日付)

平田則明氏(農政部農業経済課長)は同部農産課長に  
滝広徳男氏(農業者大学校長)は農業試験場長に  
藤原昭雄氏(農試病害虫部長)は同試次長に

中沢啓一氏(農試病害虫部主任研究員)は同部長に  
貞井慶三氏(果樹試験場環境部長)は同場長に  
西田和男氏(同上部主任研究員)は同部長に  
中村啓二氏(農業試験場長)は退職(3月31日付)  
木村義典氏(果樹試験場長)は退職( " )

<p><b>植物防疫</b></p> <p>昭和60年 7月号 (毎月1回1日発行)</p> <p>—禁転載—</p>	<p>第39巻 昭和60年6月25日印刷 第7号 昭和60年7月1日発行</p> <p>編集人 植物防疫編集委員会</p> <p>発行人 遠藤武雄</p> <p>印刷所 株式会社 双文社印刷所 東京都板橋区熊野町13-11</p>	<p>定価 500円 送料 50円 1か年 6,100円 (送料共概算)</p> <p>—発行所—</p> <p>東京都豊島区駒込1丁目43番11号 郵便番号 170</p> <p>社団法人 日本植物防疫協会</p> <p>電話 東京(03)944-1561~6番 扱替 東京1-177867番</p>
---	---	---

増収を約束する

**日曹の農薬**

果樹・野菜の広範囲の病害防除に

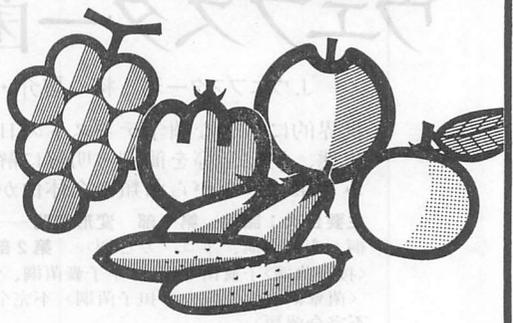
**トップジンM** 水和剤

灰色かび病・菌核病の防除に

**日曹ロニラン** 水和剤

きゅうり・しゅんぎくのべと病防除に

**アリエツテイ** 水和剤



ぶどうのべと病防除に

**日曹アリエツテイC** 水和剤

畑作のイネ科雑草除草に

**クサガード** 水溶剤

果樹・野菜の害虫防除に

**ホスピット75** 乳剤

なす・茶・果樹・花のハダニ類防除に

**日曹トルピラン** 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・名古屋・福岡・四国・高岡

**豊かな収穫が見えてくる。**



使って安心・三共の農薬

**三 共 の 農 薬**



●土壌センチュウ・ミナミキイロアザミウマの防除に  
しん透移行性殺虫剤

**バイデート** 粒剤\*

●茶・柿の諸害虫に

**三共エビセクト** 水和剤

●土壌害虫防除の決定版

**カルホス** 粉剤  
微粒剤F



**三共株式会社** 北海道三共株式会社  
九州三共株式会社

# ウェブスター菌類概論 〈新刊〉

J.ウェブスター著 榎 啓介・三浦宏一郎・山本昌木訳 A5・664頁・定価12,000円

世界的に著名な菌学テキストの日本語版。平易な語り口で菌類の分類、形態、生理、生態、生化学等を簡潔・明解に解説。著者自らの手になる図と写真を豊富に駆使し、みて楽しみながら菌類の全体像が理解できるよう配慮した。

**主要目次：**諸論 第1部 変形菌門——変形菌類および類以外の生物群〈アクラシス綱、水生変形菌綱、変形菌綱、ネコブカビ綱〉 第2部 真菌門 鞭毛菌亜門〈ツボカビ綱、卵菌綱〉接合菌亜門〈接合菌綱〉子囊菌亜門、〈半子囊菌綱、不整子囊菌綱、核菌綱、盤菌綱、小房子囊菌綱〉担子菌亜門〈菌萼綱、腹菌綱、半担子菌綱〉不完全菌亜門〈水生不完全菌類、肉食性不完全菌類、種子伝染性不完全菌類〉

# 植物病理学実験法

佐藤昭二・後藤正夫・土居養二編 A5・240頁・定価3,300円

植物の病気を理解するには病原菌そのものの性質、その菌により生ずる植物の病徴そして両者の関係を知る必要がある。本書は身近な材料でこれらの実験を行えるよう配慮された。学生のみならず研究者にとっても待望の書。

**主要目次：**菌類病編 菌類病の病徴と採集・標本作製法／培地の作製法／病原菌の分離・培養／病原菌の接種ほか 細菌病編 細菌病の病徴と診断／細菌の分離・培養／細菌の接種／生菌数の測定ほか ウィルス病編 ウィルス病の病徴観察／ウィルスの接種と伝搬試験／ウィルスの電子顕微鏡観察／ウィルスの精製と定量ほか 殺菌剤の生物検定 胞子発芽試験法／幼苗接種試験法／阻止円法(水平拡散法)

# 植物特許と種苗法

中山信弘監修 池谷・久保田・湯本・坂田著 B6・200頁・定価1,800円

新食糧戦争の中核をなす、多収穫、短期成長を目的とした品種改良競争の中で、改良の方法と品種の権利を保護する有力な武器となる特許法と種苗法の主旨および両者の関係、相違を世界の情勢を含めて解説する。UPOV条約訳文収載。

**主要目次：**新品種保護制度／種苗法はなにを守るか／特許法は役に立つのか／微生物と保護制度／植物と保護制度／現行制度の問題と今後の育種保護

# 資源植物学 — 研究方法への手引き —

小山鐵夫著 A5・210頁・定価3,500円

産業界の熱い注目を浴びる資源としての植物の扱いを、初めて系統的に記述した本格的教科書。植物学科、農学の研究者、学生はもとより、各種産業界や行政の担当者にも好個の手引きとなる。

**主要目次：**植物資源 資源植物／遺伝子と遺伝子プールほか 資源植物のインベントリー研究 栽培植物起原論的研究法／未開発および開発中の有用植物の探求ほか 資源植物の保存 植物の保存法の概略／植物の生育地保存——自然保護ほか 未開発および開発中有用植物の例 種粒植物／種粒以外のテンゲン植物ほか

**菌類図鑑(上・下)** B5・上=784頁・15,000円・下= 556頁・12,000円・上製・箱入り

宇田川俊一・榎 啓介・堀江義一・三浦宏一郎・箕浦久兵衛・山崎幹夫・横山竜夫・渡辺昌平共著

**ウイルス図鑑**

保坂康弘・川瀬茂実・松井千秋編 B5・776頁・カラー8頁・19,000円

イモチ病の発生予察に新しい結露計が開発されました。

## 自記露検知器 MH-040型

新発売



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

### 仕様

#### [センサー部]

- ・測定方式 電気伝導方式
- ・耐用期間 約6ヶ月

#### [記録計部]

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

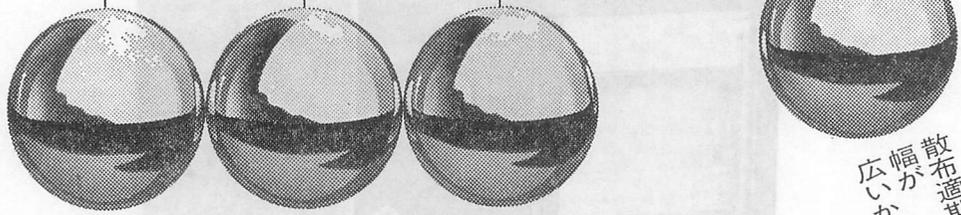
- ・指示記録速度 5、10、20、40m/h可変
- ・連続記録日数 20~24日  
(指示記録速度5mm/hの場合)
- ・電源(記録計) DC12V  
(センサー) DC2.7V(水銀電池)

**EKO** 英弘精機産業株式会社

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

。ゴJまはち英欄水信露謀ノ」摩コ器千主袋の南キチト  
 壁040-HM 器状針露5信自

売發販



他病害虫との  
同時防除が  
やりやすい。

最も  
タイムリーに  
散布できる。

防除プランが  
たてやすい。

散布適期の  
幅が  
広いから…

# 幅を効かせて、新登場。

モンカットは、日本農薬の研究所から生まれた、最新の紋枯病防除剤です。治療・予防の両効果とも優れ、しかも残効性が長い。特に、散布適期の幅が広く、安全性の面でも優れているので、使い易さは抜群。単剤には、粉剤・水和剤・顆粒水和剤、いもち病や各種害虫の同時防除の混合粉剤など豊富に揃えました。高い効果・長い残効性・広い散布適期幅と、紋枯病防除に“文句ナシ”の効きめで、いま颯爽の登場です。

- 混合粉剤●モンカットラブサイド／フジワンモンカット／アプロードバッサモンカット／アプロードダイアモンカット／モンカットラブサイドスミ／フジワンモンカットスミ

紋枯病にモン句なし。  
**モンカット®**



モンカットのシンボルマークです。

Ⓔ：「モンカット」は日本農薬(株)の登録商標です。



日本農薬株式会社  
 〒103 東京都中央区日本橋1-2-5栄太楼ビル

連作障害を抑え健康な土壌をつくる!

花・タバコ・桑の土壌消毒剤

# バスアミド<sup>®</sup>

微粒剤

- ❖いやな刺激臭がなく、民家の近くでも安心して使えます。
- ❖広範囲の土壌病害、線虫に高い効果があります。
- 安全性が確認された使い易い殺虫剤

- ❖作物の初期生育が旺盛になります。
- ❖粒剤なので簡単に散布できます。
- ボルドー液に混用できるダニ剤

**マリックス** 乳剤  
水和剤

**ブデン**<sup>®</sup> 乳剤

- ボルドーの幅広い効果に安全性がプラスされた有機銅殺菌剤

- 澄んだ水が太陽の光をまねく/  
水田の中期除草剤

**キノドール**<sup>®</sup> 水和剤80  
水和剤40

**モゲブロン**<sup>®</sup> 粒剤



アグロ・カネショウ株式会社

(旧社名：兼商株式会社)

東京都千代田区丸の内2-4-1

## 農業技術

B5判 定価400円(〒45円)  
(1年〒共4,800円)

昭和21年創刊 農業技術の月刊総合雑誌

## 農林水産研究とコンピュータ

斎尾乾二郎他編著 A5判上製 定価3,800円 〒300円

農林水産研究の各分野におけるコンピュータ利用の現状と展望、およびコンピュータ利用技法についての解説

## 新編農作物品種解説

川嶋良一監修 A5判上製 定価3,000円 〒300円

全国の精鋭育種家92氏が、普通作物・工芸作物の延べ529品種について、来歴・普及状況・特性の概要・適地および栽培上の注意等を詳しく解説

## 作物試験法(復刻版)

## 続作物試験法(復刻版)

戸蒔義次他編 A5判上製 定価各4,700円 〒350円

本書は昭和38年に第6版で絶版になっていたが、各方面からの要望が多いため原本のまま復刻したものである。作物に関する試験研究方法を各項目別に当時の第一線研究者24氏が解説した最高の手引書として現在も類書がない

## 実験以前のこと—農学研究序論

小野小三郎著 B6判 定価1,600円 〒250円

創造的研究とは何か、創造的研究の取り組み方と問題点等を述べた、農学・生物学についての唯一の研究方法论

## 作物品種名雑考

農業技術協会編 B6判 定価1,800円 〒250円

普通作物・工芸作物の品種名の由来、命名の裏話等を、育種専攻19氏が解説した品種改良の裏面史

## 果樹品種名雑考

農業技術協会編 B6判 定価1,800円 〒250円

わが国の主要果樹の品種名の由来、命名裏話、あわせて各樹種の起源、渡来と定着の状況を果樹育種専攻14氏が解説

## 作物—その形態と機能<上・下巻>

北條良夫・星川清親編 A5判上製 定価上巻3,200円  
下巻2,700円 〒上下巻とも300円

作物の一生を、新しい作物学の主張のもとに、種子・花成・栄養体とその形成・生産過程・登熟・生育障害に分けて論述したもので、作物の研究発展と食糧生産に新生面を拓く道標

クミカの  
水稲 殺菌剤・殺虫剤



## 稲も病気に なりたくない。

水田に、はびこりだしたら、  
しつこい病害。  
軽いうちに見つけだすか、  
予防するかが、防除のポイント。  
稲も病気には、  
なりたくないのです。



●稲もんがれ病特効薬

**バンタック** 粉剤DL、粉剤、  
水和剤75、ゾル

●浸透持続型いもち防除剤

**ビーム** ビームジン  
粉剤DL、粉剤、ゾル 粉剤DL、粉剤、  
水和剤、粒剤 ソル

●いもち、もんがれの二大病害防除に

**ビーム** **バンタック** 粉剤  
DL

●葉いもち、穂いもちに

するどい切れ味  
**コラトックス** 粒剤5

●いもち防除と良質米作りに

**キタジン**P粒剤

●もんがれ病と害虫仕上げ防除に

**レルダン** **バシバッサ** 粉剤  
DL

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

いもち病・白葉枯病・粃枯細菌病に…  
サッとひとまき強い力がなが〜くつづく

# オリゼメート粒剤



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



**明治製菓株式会社**  
104東京都中央区京橋2-4-16

昭和  
和利  
二十  
四年  
九七  
月  
九一  
日日  
第  
三  
行  
種  
月  
郵  
便  
回  
物  
認  
行

定  
価  
五  
〇  
〇  
円  
(送  
料  
五  
〇  
円)