

ISSN 0037-4091

# 植物防疫

昭和六十年六月二十五日  
印刷  
第三十九卷 第六号  
（每月一回、日発行）

1985

6

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

# 植物防疫

Shokubutsu bōeki  
(Plant Protection)

第 39 卷 第 6 号  
昭和 60 年 6 月号

## 目次

箱育苗におけるイネ褐条病とその防除対策	矢尾板恒雄	1
アワヨトウの産卵習性とそれを利用した耕種の防除法	神田 健一	6
コンニャク腐敗病の発生生態と防除	林 宣夫	10
茶園における薬剤抵抗性ケナガカブリダニの働き	浜村 徹三	14
連作障害の実態に関する統計解析	門間敏幸・大畑貫一	20
マイマイ類の生殖と行動	武田 直邦	26
土壌病害に対する発病抑止土壌の存在とその抑止機構	小林 紀彦	33
農薬の公定検査法解説 (4)	農林水産省農薬検査所	42
植物防疫基礎講座/昆虫行動解析法 (5)		
触角電図と単一嗅受容細胞活動の記録法	井濃内 順	47
新しく登録された農薬 (60.4.1~4.30)		51
中央だより	人事消息	5, 13, 19, 32, 41
次号予告		46



## 「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

® **モレスタン**

●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

**バイエルボルドウ**  
〔クズラビットホルテ〕

●アスバラガス・馬鈴しよの雑草防除に

® **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

® **タイシストン**



®は登録商標

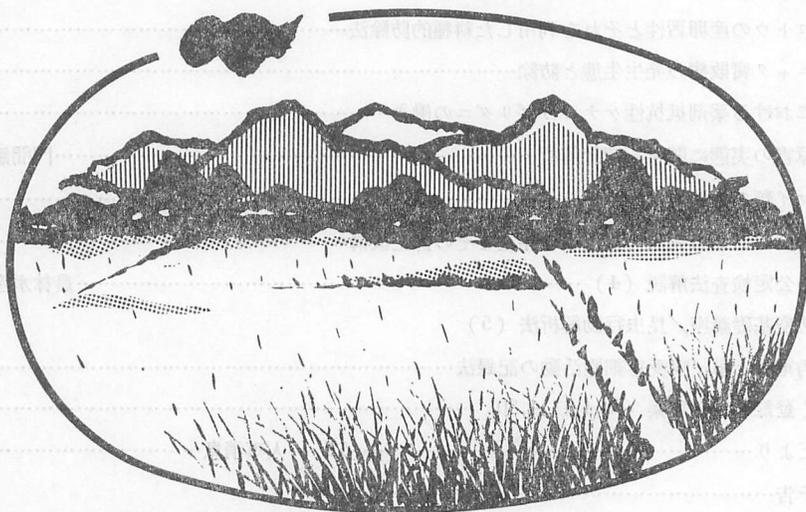
日本特殊農薬製造株式会社  
東京都中央区日本橋本町2-4 ☎ 103

農薬は正しく使しましょう！



タケダ

● 的確な水稲病害虫防除に



イネミズゾウムシの本田防除剤

● イネミズゾウムシ・ツトムシ・コブノメイガなどの同時防除に

**パダン®バツザ®粒剤**

● 稲害虫といもち病・紋枯病の同時防除に

**パダン®バリダ®ビーム®粉剤**

**ラフサイド®パダン®バリダシン®粉剤**

● 稲害虫と紋枯病の同時防除に

**パダン®バツザ®バリダシン®粉剤**

**パダン®サイド®バリダシン®粉剤**

**パダン®ナック®バリダシン®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。

# 箱育苗におけるイネ褐条病とその防除対策

新潟県農業試験場 矢尾板 恒 雄

## はじめに

イネ褐条病は水苗代のイネ苗の病害として知られていたが、昭和52年、新潟県北魚沼郡広神村の農協育苗センターにおいて、箱育苗のイネ苗にも発生していることが初めて確認<sup>8)</sup>された。その後、昭和55年ころから魚沼地域を中心に本病の発生がしだいに増加する傾向を示し、昭和59年には佐渡郡でも発生し、ほぼ全県で確認されるようになった。一方、佐藤ら<sup>7)</sup>は、東北から九州地方にわたる6県の水稲種子について本病原細菌の保菌率を調査し、本病は全国各地で広く発生する可能性があることを示唆した。

本病が発生すると、育苗箱内で苗立枯れや苗質の劣化を生ずるので、多発生した場合は栽培上の大きな障害となる。したがって、本病が多発した地区では緊急な防除対策が求められたが、防除に関する既往の研究は皆無であり、積極的な対応ができなかった。このような背景から、筆者らは早急に防除対策の試験に着手し、シャワー式催芽機（商品名：ハトムネ自動催芽機、以下、催芽機）における催芽時の防除方法を一応確立することができた。さらに、現地試験を行い本防除法の効果を立証した。

本報では、本病の病原細菌、発生と被害、本病が急増した原因、ならびに防除対策の現況について筆者の知見を紹介したい。

なお、防除対策の研究にあたり前新潟大学農学部富永時任教授、前新潟県農業試験場青柳和雄科長には種々指導いただいた。また、農林水産省農業環境技術研究所佐藤善司室長、同省北陸農業試験場大内昭室長にはご助言と供試菌株をいただいた。記して感謝の意を表する。

## I 病原細菌と伝染経路

イネ褐条病は、*Pseudomonas avenae* MANN 1909 によって引き起こされる。本菌はエンバクを侵す細菌として初めて報告され、その後イネ科植物に広く寄生することが明らかにされた<sup>3)</sup>。イネでは後藤ら<sup>1)</sup>により水苗代および畑苗代における本病の発生が報告されたが、育苗箱

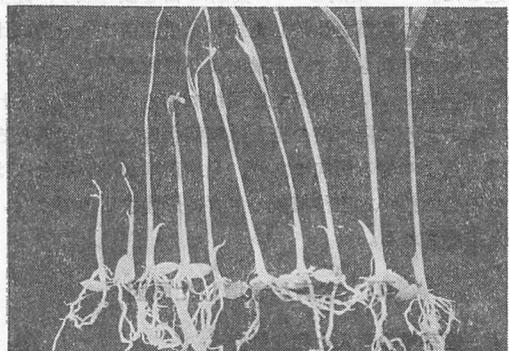
での発生については富永ら<sup>8)</sup>の報告が最初である。*Ps. avenae* の細菌学的性状については、富永ら<sup>9)</sup>、土屋ら<sup>10)</sup> および門田ら<sup>3)</sup>の報告があるので参照されたい。

本病原細菌の育苗箱への伝染経路については、保菌種もみとその第一次伝染源となることが明らかにされている<sup>3,7)</sup>。その他育苗資材も伝染源として指摘されているが、明らかでない。伝染環については、本田期間における症状が認められていないため、不明なままである。軽症の罹病苗は本田移植後も生育を続け、病徴はやがて消失するが、もみには再び病原細菌が存在することから、水田中あるいはイネ体のどこかで生存し続けているものと推定される。

## II 発生と被害

イネ褐条病は、育苗箱全面にほぼ平均的に散在して発生する特徴があり、イネもみ枯細菌病による苗腐敗症のように坪枯れ状に発生することはない。これは本病の病原細菌の伝染力が育苗期間中では弱いことに起因すると推定される。

本病の病徴は、激しい場合には出芽直後の1cm程度に伸長したしょう葉に淡褐～暗褐色の不規則な水浸状条斑として現れ、これがしだいに苗全身に拡大するため苗の生育は停止し、淡褐色に変色して早期に腐敗・枯死する。また、緑化期から第1葉抽出期にかけ葉しょうに形成された幅1mm以下の褐色条斑は、ときとして苗の生育とともに上位へ進展し、苗は第1葉が展開しないまま



第1図 罹病苗と健全苗の苗質の比較

Occurrence and Control of Bacterial Brown Stripe of Rice in Nursery Box. By Tsuneo YAGITA

第1表 新潟県におけるイネ褐条病の発生動向

年次	発生範囲	発生箱数・程度	発生特徴・防除対応
昭和52年	北魚沼郡広神村	希発生	稚苗育苗で初発見
〃 54〃	〃 堀之内町	〃	〃
〃 55〃	2市2町	3万余箱・少～甚発生	共同育苗施設2か所を含む シャワー式催芽機使用
〃 56〃	3市4町2村	2万3千箱・少～多発生	同上
〃 57〃	2市2町1村	7千箱・少～中発生	共同育苗施設・シャワー式催芽機の使用中止と催芽方法の切り替え
〃 58〃	1市3町1村	7千箱・少～多発生	同上・ガスガマイシン剤による防除法の検討を開始
〃 59〃	3市6町2村	9千箱・少～多発生	新発生地増加・ガスガマイシン剤による防除現地実証

病害虫防除所の聞き取り調査を含む。

棒状に立枯れすることもある。比較的軽症な場合には、第1葉期から第2葉期にかけ褐色条斑が不完全葉や第1葉しょうに現れる。この条斑は不完全葉または第1葉しょうにとどまる場合と、第1葉身および第2葉しょうから第2葉身へと進展する場合とがある。このほか、特徴的な病徴として出芽直後にしょう葉が湾曲して腰曲がり症状を示す例も認められた<sup>2,3,7)</sup>。なお、罹病苗中で病原細菌の増殖が盛んなときには、しょう葉および第1葉の先端や葉縁に菌泥が観察できる。

本病の育苗箱内における被害としては、苗立枯れや苗質の劣化が挙げられている<sup>2,7,11)</sup> (第1図)。筆者はこの点を検討するため15～25°Cの稚苗育苗で、2葉期の発病苗率が24%となった条件下での本病の発生経過と罹病苗の苗質の調査をした。その結果、初発は出芽そらい2日後であり、罹病苗数はごく少数であった。しかし、5日後の1葉期には、罹病苗は箱全面に認められるほど急増し、この増加傾向は11日後の1.8葉期まで続いた。この間、苗立枯れは1葉期の比較的早期に生じたが、これは初発時に罹病していた苗のみであった。苗立枯れが顕著になったのは1.8葉期以降で、症状の重いものからしだいに枯死し、最終的には罹病苗中の24%にも達した。1.7葉期と2.0葉期に苗を抜き取り、健全苗と罹病苗の苗質を比較した結果、重症苗は健全苗に比べいずれの時期も草丈、葉齢および根数が著しく劣り、中・軽症苗も1.7葉期では同様に劣る傾向が認められた。このように罹病苗の苗質は罹病程度によって異なるが健全苗より劣る傾向にあり、発病苗率が高い場合にはこの苗質の差が本田移植後の生育に影響するのではないかと推測される。

### III 本病が急増した原因

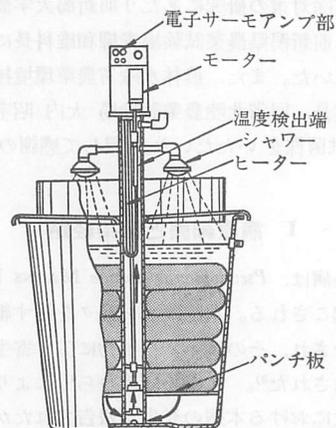
#### 1 催芽機の導入と発生動向

新潟県におけるイネ褐条病の発生動向は第1表に示すとおりである。本病は昭和52年に初確認されて以来、同55年、56年に急増し、発生箱数は最高3万箱を超え

た。昭和57年以降は、多発した育苗施設への防除対応により発生は減少したが、同59年にはこれまで未発生であった地域の数か所で発生が認められ、依然として多発状態が続いている。

本病が多発した原因として、高温多湿条件下での箱育苗による育苗法が挙げられている。しかし、箱育苗が普及に移されてから14年も経過しているので、比較的近年になって本病が急増した原因を育苗方法だけで説明することはできない。筆者らは、新潟県内で本病が多発した育苗施設や農家において発生実態調査を進めるうちに、そのほとんどがシャワー循環式催芽機を使用している事実をつかむことができた。昭和51年ころから導入が開始されたこの催芽機は、年平均500台の割合で増加を続け、同59年には4,500台に達した。この導入経過と本病の発生動向とは一致している。

このように催芽機が急増してきた背景には、慣行の催芽方式に比べ、多量の種もみを短時間で均一に催芽するという利点がある。本機は第2図<sup>4)</sup>に示したように循環ポンプ筒内にサーモスタット付きヒーターを内蔵しており、催芽中はシャワー循環を続けるので酸素が絶えず

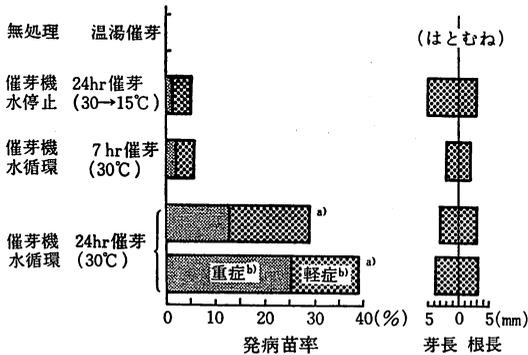


第2図 シャワー式催芽機 (商品名:ハトムネ 自動催芽機) の構造

第2表 催芽方法とイネ褐条病の発生  
(1~4区平均)

催芽時使用水	発病苗数 (箱当たり)			
	催芽機		風呂湯催芽	
簡易水道水 井戸水	本	%	本	%
	238	(4.0)	0	(0)
	98	(1.6)	14	(0.2)

多発生地における自然発生



第3図 シャワー式催芽機における水の循環の有無・長短とイネ褐条病発生との関係

- a) 同処理中を芽長で二分し播種
- b) 発病程度, 軽症: 苗の第2葉しょうまで病徴を認めるもの  
重症: 苗の全身に病徴を認めるか, 立枯れたもの

供給され, 催芽適温がよく保持できるように設計されている。

### 2 催芽機の使用と発病

本病の発生は催芽機の使用と深く関係するように考えられたので, この点を明らかにするため, 催芽機を使用した場合と風呂湯で催芽した場合の発病の違いを自然発生条件下で検討した。その結果(第2表), 発病苗率は催芽機使用が4.0%であったのに対し, 風呂湯催芽は0.2%であった。次に, 催芽機の水循環の有無および循環時間の長短の違いによる発病への影響を, 後述する方法による接種試験で検討した。その結果は第3図に示すように, 水を循環させた場合に発病が増加し, また, 水循環時間の経過に伴って発病苗率と重症苗の比率が高まった。

以上の実験結果と上述した催芽機の特性を考えた場合, 催芽機内の催芽条件は本病病原細菌の増殖に好適であると推定され, 保菌した種もみが催芽機内に投入された場合には健全種もみにも病原細菌が感染し, 多発の原因につながるものと考えられた。また, 催芽機内での病

原細菌の増殖は, 接種したファージの対数的増加からもうかがわれた。

以上, 本病の急増した原因として催芽機の使用を挙げた。しかし, これを本病のすべての発生原因とするにはその導入台数から考えて, 現状の発生量は少なすぎる。したがって, 催芽機を同一の条件で操作しても本病の発生に差があると考えられ, これらの原因としては種もみの保菌程度, 使用した種子消毒剤および浸種水の差などが想定されるので, これらの点について現在検討を進めている。

## IV 防除対策

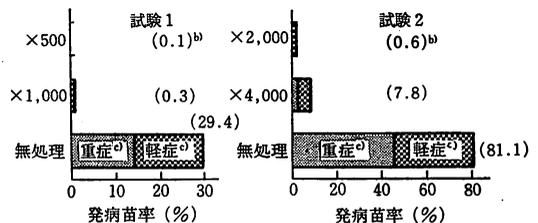
### 1 耕種的防除

イネ褐条病の発生は, 品種, 床土の種類, 催芽方法および出芽温度などによって左右されるとの指摘<sup>7,10)</sup>がある。防除は, これらの発病を抑制する条件をじょうずに利用することであるが, 当面, 有効と考えられる方法としては, 次の2点が挙げられる。①種もみは十分に浸種したのち, 無催芽で播種する。ただし無催芽で播種すると, 発芽性に難のあるコシヒカリやトドロキワセなどは苗立ちが不ぞろいになる恐れがあるので注意する。②無加温育苗にする。出芽温度を32°Cで行った場合, 発病苗率は24%であったのに, 無加温育苗の場合はわずか3%にすぎない事例を得ている。また, 管理上の注意としては, 育苗緑化室やハウス内の採光を十分にし, 換気を良くして健苗の育成を図ることも大切である。今後, さらに検討を重ね, よりよい防除法の確立が望まれる。

### 2 薬剤防除

#### (1) 催芽機における催芽時の薬剤防除<sup>12,13)</sup>

イネ褐条病は, 催芽機で種もみを催芽すると発病が多



第4図 カスガイシン剤の催芽時(接種)加用<sup>a)</sup>によるイネ褐条病の防除効果

- a) シャワー式催芽機
- b) 発病苗率 (%)
- c) 発病程度, 軽症: 苗の第2葉しょうまで病徴を認めるもの  
重症: 苗の全身に病徴を認めるか, 立枯れたもの

くなることは前述した。そこで、催芽時の浸種水に薬剤を加用することにより、病原細菌の増殖を抑え、種もみへの感染を防止することを目的として、次の検討を行った。

試験方法としてタンク容量 300 l の催芽機を用いて、浸種水中に *Ps. avenae* (NR 8201) を  $10^3 \sim 10^4$  個程度の濃度となるように懸濁し、30°C 恒温状態で水を循環させた。その後、浸種水にカスガマイシン 2% 液剤を加え、同時にあらかじめ浸種した種もみを入れて水を循環しながら催芽した。カスガマイシン剤の濃度段階は 4 段階、供試温度は 2 段階に設定し、効果の判定は稚育苗苗して 2 葉期の発病苗率による。

結果は第 4 図に示すように、カスガマイシン剤無加用区の発病苗率は、水温を 28°C にした場合は 29.4%、30°C の場合は 81.8% となり、多〜基発生の条件が得られた。このような条件下でカスガマイシン剤加用区では 2,000 倍液まで発病苗率がきわめて低く有効であり、4,000 倍液では効果はやや低下した。薬害症状は認められなかった。

次に、上記の実験値の実用性を、本病が多発生している農協育苗センターと農家の育苗施設において、自然発生条件下で試験した結果を第 3 表に示した。試験条件としてタンク容量 500 l と 300 l の催芽機を用い、種もみ量はそれぞれ約 200 kg、120 kg とした。また、浸種水には 1,000 倍液となるようカスガマイシン剤を加えた。

農協育苗センターでは、無処理区の発病苗率は 0.6~2.3% と低い条件であったが、薬剤処理区はまったく発病を認めなかった。また、農家の育苗施設では、無処理区の発病苗率が 7.0~9.9% であったが、薬剤処理区の発病苗率は 0~0.2% で、きわめて高い効果が得られた。いずれの試験でも薬剤処理区の出芽は均一で、育苗時における生育の異常も認められなかった。

以上の結果から、箱育苗に発生するイネ褐条病の防除法として催芽機の浸種水にカスガマイシン液剤を 1,000 倍液となるよう加用する方法がきわめて有効である。この浸漬処理する方法はすでに登録されており、また、防除作業として催芽時の作業工程に簡単に組み込めること、防除経費が箱当たり 0.5 円程度と低廉であることなどの利点がある。ただし、この方法はカスガマイシン液剤を単独で使用すると浸種水のシャワー循環によって激しく泡立つので、消泡剤（有機ケイ素化合物、市販品）を水 100 l 当たり 7 ml 添加する必要がある。

なお、ストレプトマイシン剤は、本病病原細菌に対してカスガマイシン剤と同等の抗菌力を示すが、催芽機に加用すると苗は出芽直後から激しい白化現象を起し、薬害の点から実用化できない。

#### (2) その他の薬剤防除

本病は催芽機を使用した以外に多発した事例は、本県ではまだ 2 例にすぎない。しかし、催芽機を使用しなかった場合の発病や、イネもみ枯細菌病との同時防除を想

第 3 表 カスガマイシン液剤<sup>1)</sup>の催芽時加用<sup>2)</sup>によるイネ褐条病の防除効果

場 所	品 種	区 分	調査苗数 (本)	発病程度別本数 <sup>3)</sup> (本)				発病苗率 (%)	防除価
				軽〜中	重	甚	計		
北魚沼郡小出町農 協育苗センター	コンヒカリ	消 毒 無 処 理	6,000 666	0.8 2.0	0 2.0	0 0	0.8 4.0	0.0 0.6	99 (0)
	こがねもち	消 毒 無 処 理	6,000 658	0.8 2.0	0 4.0	0 9.0	0.8 15.0	0.0 2.3	99 (0)
北魚沼郡小出町農 家	新潟早生	消 毒 無 処 理	6,000 453	9.0 28.0	0 7.0	0 10.0	9.0 45.0	0.2 9.9	98 (0)
	トドロキワセ	消 毒 無 処 理	6,000 441	1.0 17.0	0 11.0	0 3.0	1.0 31.0	0.0 7.0	100 (0)
	コンヒカリ	消 毒 無 処 理	6,000 541	3.5 30.0	0 9.0	0 6.0	3.5 45.0	0.1 8.3	99 (0)

1) カスガマイシン液剤 1,000 倍液

2) シャワー式催芽機

3) 発病程度 軽…第 1 葉しょうにのみ病徴を認めるもの  
中…第 2 葉しょうまで病徴を認めるもの  
重…第 1 葉が未展開で全身に病徴を認めるもの  
甚…立枯れを生じたか、立枯れ直前のもの

定し、いくつかの防除法の検討が農水省北陸農業試験場<sup>6)</sup>、福井県農業試験場<sup>5)</sup>、新潟県農業試験場<sup>5,6,11)</sup>などで行われている。いずれも目下開発段階であり供試している薬剤の使用法が未登録であるので、結果の概要の紹介にとどめたい。

現在有効と考えられている方法は、カスガマイシン粒剤の育苗床土処理と同液剤のかん注処理である。カスガマイシン粒剤は 20~30 g の床土混和で高い防除効果を示すが、20 g 処理では多発条件下においてやや効果が劣る事例もある。また、カスガマイシン液剤のかん注処理では、500~1,000 倍液を箱当たり 500 ml、播種時と出芽そろい時の 2 回処理することにより高い効果を得ている。本処理法は、多発条件下においては未検討であり問題が残るが、処理濃度および時期の検討により、優れた効果が期待できそうである。

### おわりに

イネ箱育苗の目的は、機械植にに適した健苗を育成することであるが、イネ褐条病の発生は他の苗立枯病と同様に、均一な健苗を得るうえで大きな障害となっている。特に最近では、箱当たりの播種量を少量に押さえる薄播化の傾向が進んでいるので、本病の防除はいっそう

重要である。また、共同育苗施設や専業農家で生産された苗は、農家に供給される際には商品であり、罹病苗の混在は商品価値を低下させる。前述したように、本病の発生を促進する催芽機使用時の防除技術が確立できたので、昭和 60 年より新潟県では本病の常発地を中心に、この技術を普及することにした。本技術の開発により、催芽管理に好適な催芽機を使用しても、イネ褐条病発生の恐れは解消したといえよう。

### 引用文献

- 1) GOTO, K. and K. OHATA (1961): Spec. Public. Coll. Agr. Taiwan Univ. 10: 49~57.
- 2) 北陸農業試験場ニュース (1984): No. 31.
- 3) 門田育生・大内 昭 (1983): 日植病報 49: 561~564.
- 4) 農文協編 (1981): 稲作全書 イネ II, 305 pp.
- 5) 日本植物防疫協会 (1983): 昭和 58 年度農業委託試験成績: 287~290.
- 6) ——— (1984): 昭和 59 年度農業委託試験成績: 297~300.
- 7) 佐藤善司ら (1983): 農技研報 C 38: 149~159.
- 8) 富永時任ら (1981): 日植病報 47: 92 (講要).
- 9) ———ら (1983): 同上 49: 463~466.
- 10) 土屋行夫ら (1983): 農技研報 C 38: 161~168.
- 11) 矢尾板恒雄・藤巻雄一 (1984): 今月の農薬 28(2): 20~50.
- 12) ———ら (1984): 日植病報 50: 426 (講要).
- 13) ———ら (1984): 北陸病虫研報 32: 86~90.

### 人 事 消 息

○植物防疫所 (4月1日付) 新 職 名

#### ☆横浜植物防疫所

高橋 順三氏	本所総務部長
柳澤よし子氏	〃 〃 会計課予算決算係主任
小野間倉三氏	〃 〃 業務部国際第一課防疫管理官
池知 宏氏	〃 〃 〃 第4係長
鈴木 悦子氏	〃 〃 〃 〃 主任
和田 英男氏	〃 〃 〃 〃
戸谷 研二氏	〃 〃 〃 〃
中田 大介氏	〃 〃 〃 〃
川上 清隆氏	〃 〃 国際第二課防疫管理官
青地 茂夫氏	〃 〃 〃 第1係長
元島 俊治氏	〃 〃 〃 第2係長
高山 陸雄氏	〃 〃 〃 〃
松浦 克浩氏	〃 〃 国内課
出口 和夫氏	〃 〃 〃 〃
李 雅雄氏	〃 〃 調査研究部調査課化学係長
天野 貴美子氏	〃 〃 〃 調査課
釵持 秀禎氏	〃 〃 〃 害虫課防疫管理官
田中 健治氏	〃 〃 〃 〃
諸星 達雄氏	〃 〃 川崎出張所
夏井 勉氏	〃 〃 横須賀出張所併任
斉藤 範彦氏	〃 〃 大和ほ場駐在
伊藤善太郎氏	〃 〃 札幌支所長

旧 職 名

農林水産大臣官房地方課課長補佐 (会計班担当)
横浜植物防疫所業務部国際第一課第4係主任
〃 〃 東京支所大井出張所長
〃 〃 業務部国際第二課第2係長
〃 〃 総務部会計課経理係主任兼調研部調査課
〃 〃 東京支所晴海出張所
〃 〃 調査研究部害虫課
東北農業試験場栽培第二部
農蚕園芸局植物防疫課検疫第一班調整係長
横浜植物防疫所成田支所業務第二課
〃 〃 業務部国際第二課第1係長
〃 〃 調査研究部病菌課
〃 〃 業務部国際第一課
名古屋植物防疫所南部出張所
横浜植物防疫所業務部国際第二課
〃 〃 総務部会計課
〃 〃 新潟支所秋田出張所長
那覇植物防疫事務所国内課
横浜植物防疫所業務部国際第一課
〃 〃 〃 〃
〃 〃 〃 〃
〃 〃 国内課
〃 〃 東京支所晴海出張所長

(13 ページに続く)

# アワヨトウの産卵習性とそれを利用した 耕種的防除法

農林水産省草地試験場 かん だ けん いち  
神 田 健 一

## はじめに

アワヨトウは長距離を飛行できる移動性害虫とされており、イネ科の飼料作物をはじめ各種の農作物に突発的に大発生して大きな被害を与える。したがって発生をあらかじめ予測することはきわめて困難で、これまで適切な発生防止対策は見つかっていない。また、いったん飼料作物畑に発生した場合は家畜に対する農薬残留の問題が未解決のため、薬剤防除は推奨されていない。

筆者は飼料作物におけるアワヨトウの耕種的、生態的な防除法を研究している中で、雑草の多いほ場に限って

本種が多発する事実をつかんだ。そして室内実験でもアワヨトウの産卵が飼料作物ではなく、雑草に好んで行われることから、産卵場所である雑草を除去すれば発生を未然に防止できるのではないかということが示唆され、ほ場試験の結果、そのことを実証することができた(神田・内藤, 1982)。

近年、飼料用トウモロコシ、ソルガムの栽培が増加し、両者合わせて 153,100 ha (トウモロコシ 116,200 ha) に達しているが、こうしたなかで、アワヨトウの多発例が多くなった。この防除法は、除草というごくありふれた耕種作業によって有効に防除できるので、ここに研究の概要を記し、大方の参考に供したい。

## I アワヨトウの多発事例

1978年8月に栃木県北部の各地でアワヨトウの多発生があったが、実態調査した結果、除草の行き届いた畑での発生は少なかった(第1表)。一方、アワヨトウの多発した畑は、いずれもメヒシバを主体としたイネ科雑草が繁茂していた(第1図)。また、1983年9月に埼玉県大里郡花園村で約 23a のトウモロコシ畑にアワヨトウ

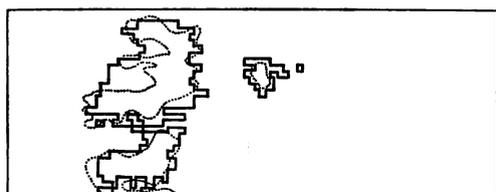
第1表 那須地方におけるアワヨトウの発生ほ場と雑草の程度(昭和53年)(神田・内藤, 1982)

調査地点	アワヨトウの発生状況	雑草の程度
湯津上村中の原	1	多
〃	2	多
西那須野町南赤田	1	多
〃 東赤田	1	多
〃	2	多
〃 関根	1	多
塩原町日の出	1	多
〃	2	多
〃	3	中
〃	4	多
黒磯市青木1区	1	多
〃 2区	1	多
〃 4区	1	多
〃	2	多
湯津上村中の原	3	極少
塩原町日の出	5	少
〃	6	極少
黒磯市青木1区	2	少
〃 戸田	1	極少
〃 高林	1	極少



第1図 アワヨトウによるトウモロコシの被害ほ場イネ科雑草が繁茂している。

The Oviposition Habit of the Armyworm, *Mythimna separata* WALKER, and a Cultural Control Method Based on It. By Kenichi KANDA



□ 茎と中肋を残して完全に食い尽くされた  
トウモロコシの範囲  
○ メヒシバが見られた範囲

第2図 埼玉県花園村のトウモロコシ畑での  
アワヨトウの被害見取図

の多発生があった。第2図に示したように、被害はメヒシバの茎が残っていた部分を中心に激しかった。4m 道路を隔ててこの畑に隣接する 9.3a のトウモロコシ畑は除草が完全で、アワヨトウの加害は認められなかった。

## II アワヨトウの産卵場所

アワヨトウがトウモロコシや雑草のどの部分に産卵するか知るために、トウモロコシ畑に除草区(除草剤散布区)と雑草区(放任区)を設け、トウモロコシに 50×50×75 cm の網を掛け、内部に雌成虫を放飼し、産卵場所と産卵数を調査した(第2表)。2葉期のトウモロコシの未展開葉は産卵場所として一応好適で、小さな容器内では未展開葉のすきまに多くの産卵が行われるが、場に設置した 2×2×2m の網室での観察では、成虫が

トウモロコシに直接に飛来し、産卵することはほとんどなく、地面に降りて歩き回り、たまたまトウモロコシに出会った場合にのみ産卵行動を示すにすぎないことから、実際に畑で産卵が行われることはまずないと考えられる。また、4葉期以後のトウモロコシへの産卵は非常に少なかった。アワヨトウがイネ科植物の枯葉に産卵することはよく知られているが(奥山・富岡, 1963; 巖, 1964)、通常の栽培ならば、トウモロコシは 16 葉期ごろまでは枯葉の発生はきわめて少ない。

畑にメヒシバ(那須地方の優占雑草)が発生した場合、メヒシバの未展開葉の細長いすきまが絶好の産卵対象となり、トウモロコシに比べ無数の産卵場所を提供することになる。実際、雑草区の産卵数は除草区に比較して多く、9葉期に約 6.4 倍、13~14 葉期に約 4.5 倍で、ほとんどはメヒシバに産卵されていた(第2表)。

網室でアワヨトウの産卵行動を観察したところ、枯葉のないトウモロコシでは、葉先のみ産卵行動を示すが、産卵まで至らずに飛び去る雌が多かった。一方、トウモロコシとメヒシバが同じ場所に存在する場合には、トウモロコシに産卵行動を示すことは少なく、直接メヒシバに移動し、産卵する。メヒシバで1回の産卵を終えた雌は歩行して次の産卵場所を探すことが多く、卵の分布は集中する傾向にある。

トウモロコシ畑の除草区と雑草区に雌成虫を放飼し、翌日に産卵を調査したところ、除草区では産卵がなかつ

第2表 トウモロコシ畑の雑草区と除草区におけるアワヨトウの産卵数と産卵場所 (6~7 反復)  
(神田・内藤, 1982)

実験	区の種類	雑草の種類	トウモロコシ			雑草株数/枠	産卵数 x̄±SD	産卵場所 (%)			
			葉期	高さ (cm)	枯葉数			トウモロコシ生葉	トウモロコシ枯葉	雑草	網
1	除草区	—	7	25	2.3±2.0	0	411±374	0.0	40.2	—	59.8
	雑草区	広葉	7	27	1.5±1.2	36±12	452±268	0.9	0.0	7.1	92.0
	雑草区	メヒシバ	7	26	2.3±1.3	128±47	478±221	0.0	10.2	89.8	0.0
2	除草区	—	9	42	1.3±1.1	0	158±94	53.0	23.9	—	23.1
	雑草区	メヒシバ	9	45	2.0±1.3	104±82	1,014±325 <sup>a)</sup>	0.0	0.0	100.0	0.0
3	除草区	—	13	76	0.7±1.1	0	177±106	10.2	11.0	—	78.8
	雑草区	メヒシバ	14	82	1.3±1.1	134±52	794±328 <sup>a)</sup>	0.0	4.5	94.5	1.0

a) 除草区と雑草区の間で 1% の危険率で有意差あり。

第3表 アワヨトウ成虫を放飼した場合の除草区と雑草区における産卵数 (神田・内藤, 1982)

	放飼時のトウモロコシ			放飼虫数	卵塊数	産卵数	産卵場所
	葉期	高さ(cm)	枯葉の数				
除草区	9	50	1~2	105	0	0	—
雑草区	9	50	1~2	105	97	8,496	メヒシバ(未展開葉)

第 4 表 アワヨトウ成虫を放飼した除草区と雑草区のトウモロコシの被害株率 (神田・内藤, 1982)

	調査畦数	調査株数	放飼虫数	トウモロコシの葉期		被害株率 (%)
				放飼時	調査時	
除草区	30	12,390	250	11	17	4.6±2.1
雑草区	30	12,121	250	11	17	28.1±2.3 <sup>a)</sup>

a) 除草区と雑草区の間で 1% の危険率で有意差あり。

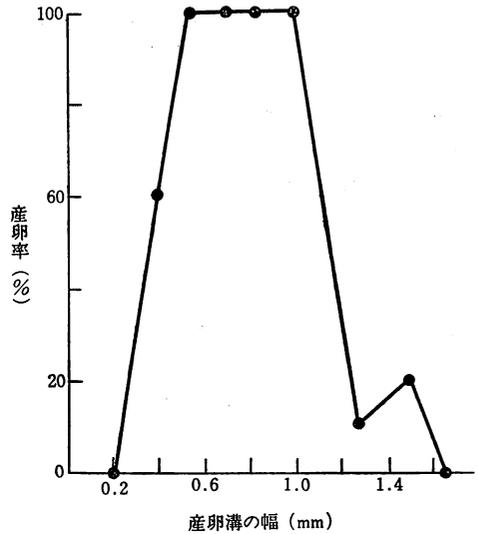
たのに対し、雑草区では卵塊数は 97、産卵数は 8,496 が確認された。これらの卵はすべてメヒシバへの産卵であった(第 3 表)。また、雑草区では雌成虫がメヒシバの間に生息しているのが観察された。

農家は場において、除草の行き届いた畑と、それに隣接するメヒシバの繁茂した畑にそれぞれ雌成虫を放飼し、その後のアワヨトウによるトウモロコシの被害株率を調査したところ、除草の行き届いた畑は 4.6% にすぎなかったのに対し、雑草が繁茂した畑では 28.1% で 6 倍近く被害が多かった(第 4 表)。以上のように、アワヨトウはトウモロコシにほとんど産卵しないのに対し、メヒシバに多数の産卵を行う。

III メヒシバに産卵の多い理由

アワヨトウは、メヒシバの未展開葉の細長いすきまに好んで産卵し、トウモロコシでは重なり合った狭いすきまや、枯葉のしわになった溝の間に産卵し、葉の表面には通常産卵しない。これらのことは、産卵対象の形態、すなわち産卵管の挿入に適した溝の有無が、アワヨトウの産卵の可否を決定する重要な要因であることを示唆している。第 3 図に示したように、産卵に好適な溝幅は 0.5~1.0mm で、0.2mm 以下および 1.6mm 以上になると正常な産卵は行われない。このことから、同じ雑草でも、タデやシロザなどの広葉植物は、メヒシバと異なり、産卵管の挿入可能な部分がほとんどないため、アワヨトウの産卵対象とならない(第 2 表の実験 1)。

産卵場所の有無による産卵数、卵塊数、1 回の産卵継続時間などの違いを第 5 表に示した。プラスチック容器内で、産卵場所として折り畳んだパラフィン紙を与えて



第 3 図 産卵溝の幅と産卵率の関係 (神田・内藤, 1982)  
産卵率は産卵した雌の割合

実験した。その結果、興味あることに産卵場所を与えなかったときの産卵数は、与えた場合の約半数にとどまった。また産卵場所を与えたほうが卵塊の大きさは数倍大きかった。1 回の産卵継続時間は産卵場所を与えた場合が約 30 分であったのに対し、産卵場所を与えない場合には、約 3~4 分間で、産卵後には飛しょう行動が頻繁に観察された。雌成虫の寿命は産卵場所の有無に関係なく、ほぼ同じであった。産卵場所として折り畳んだパラフィン紙を与えた場合、成虫は卵を紙のすきまに 3~4 列に並べ正常に産卵したが、産卵場所を与えなかった場

第 5 表 プラスチック容器内における産卵場所の有無とアワヨトウの産卵 (神田・内藤, 1982)

産卵場所	産卵数 $\bar{x} \pm SD$	卵塊数/日 $\bar{x} \pm SD$	卵塊当たり卵数 $\bar{x} \pm SD$	産卵時間 (分) $\bar{x} \pm SD$	
				1 日目	2 日目
有	1,255±297 <sup>a)</sup>	2.7±1.3	99.8±61.5 <sup>a)</sup>	30.2±20.3 <sup>a)</sup>	32.1±20.2 <sup>a)</sup>
無	644±293	13.7±10.5 <sup>a)</sup>	9.2±8.6	3.0±2.5	3.8±4.6

a) 産卵場所を与えた場合と与えない場合の間で 1% の危険率で有意差あり。

第6表 アワヨトウ幼虫のトウモロコシとメヒシバの摂食面積比率 (神田・内藤, 1982)

幼虫齢期	1容器当たり 供試虫数 (頭)	反復数	供試時間	供試前メヒシバで飼育		供試前トウモロコシで飼育	
				トウモロコシ	メヒシバ	トウモロコシ	メヒシバ
1	20	30	17	1	3.60	—	—
2	20	30	17	1	3.70	1	4.93
3	1	40	24	1	0.97	1	0.84
4	1	40	24	1	0.95	1	0.86
5	1	40	6	1	1.07	1	0.31
6	1	40	2	1	0.71	1	0.56

1 齢はふ化幼虫で供試前に無摂食, また摂食面積でなく摂食している虫数。

第7表 トウモロコシ畑の除草区と雑草区におけるアワヨトウ幼虫の生存数 (神田・内藤, 1982)

実験	区	トウモロコシの葉期		接種卵数/m <sup>2</sup>	生存虫数	メヒシバの生育時期
		卵接種時	調査時			
1	除草区 雑草区	12	16	500	31±16	—
		12	16	500	124±49 <sup>a)</sup>	栄養生長期
2	除草区 雑草区	雄穂抽出期	—	500	23±9	—
		雌穂抽出期	—	500	57±35 <sup>a)</sup>	出穂期

a) 除草区と雑草区の間で1%の危険率で有意差あり。

合は、容器の表面に不規則に産卵した。このように、適当な産卵場所の有無はアワヨトウの産卵数や産卵行動に少なからぬ影響を及ぼすことがわかる。

### 1 メヒシバとアワヨトウ幼虫との関係

メヒシバに産卵があっても、幼虫が終始メヒシバを好んで摂食するならば、トウモロコシへの加害は少なくてすむと思われる。ところが、幼虫の摂食嗜好性を調査したところ、若齢幼虫はメヒシバを好むが、中齢幼虫では差がなくなり、老齢になるとかえってトウモロコシを好むようになる(第6表)。しかも摂食量は齢期が進むに従って急激に増大する(田中・脇門, 1974)。ふ化幼虫の食いつきはトウモロコシの12葉期以後、葉期とともに悪化した。メヒシバでは良好であった。また幼虫の生育は5齢までは、トウモロコシよりもメヒシバで良好であった。このように、メヒシバに産卵された卵からふ化した幼虫は、まず食いつきが容易で、かつ若齢時の発育が良好なメヒシバで育ち、トウモロコシに移行する。これは栄養要求と摂食嗜好性の変化からくるものと考えられる。除草区と雑草区にふ化幼虫を放飼し、その後の生存虫数を調査した結果でも、雑草区での生存虫数が多く、トウモロコシ畑におけるメヒシバの存在はアワヨトウにとって好つごうであることを示している(第7表)。

## IV 除草による防除

以上のことから、トウモロコシ畑のメヒシバの繁茂は

アワヨトウの多発生の条件になること、他方、除草畑では、産卵数および幼虫生存数は共に少なく、除草を完全に行うことで、アワヨトウの多発生を防ぎうると考えられる。

除草には各種の方法があるが、アワヨトウの防除を考えると播種直後の除草剤散布によりの確な除草効果をあげることが必要である。生育期の除草剤散布は、枯死して畑に残った雑草や、薬害によって枯死したトウモロコシの葉が産卵場所となる可能性があり望ましくない。

メヒシバ以外にもノビエなどのイネ科雑草や前作のイネ科牧草が再生した場合も、アワヨトウの産卵および幼虫の好適環境となるので除去する必要がある。また、飼料作物を密植すると枯葉の発生が多くなり、成虫に産卵場所を与える結果となるので、適正な栽植密度を確保するよう播種作業を行うことも大切である。

最後に、本稿を草するにあたり、御助言と校閲をいただいた農業研究センター 内藤 篤博士に厚く御礼申し上げます。

### 引用文献

- 1) 巖 俊一 (1964): 植物防疫 18: 241~244.
- 2) 神田健一・内藤 篤 (1982): 草地試研報 23: 31~41.
- 3) 奥山七郎・富岡 暢 (1963): 北日本病虫研報 14: 87~88.
- 4) 田中 章・脇門敏治 (1974): 九病虫研会報 20: 32~34.

# コンニャク腐敗病の発生生態と防除

群馬県農業総合試験場 <sup>はやし</sup> 林 <sup>のぶ</sup> 宣 <sup>お</sup> 夫

## はじめに

わが国におけるコンニャク栽培は、東北地方から四国、九州に至るまで広い地域で行われており、1983年の栽培面積は10,600 haに及んでいる。現在の主産地は、関東地方およびその周辺であるが、過去においては、明治から昭和の初期にかけて全国的に主産地が移動しており、この主産地移動の原因として、鐡方<sup>1)</sup>は腐敗病の発生を挙げている。昭和30年代以降は、動力噴霧機や抗生物質剤の普及に伴い腐敗病の防除が飛躍的に効率化したため、本病の発生による主産地の移動は少なく、群馬県、福島県、茨城県などがその座を占めている。しかし、現在でも、全国のコンニャク栽培面積の47%を占める群馬県では腐敗病を対象とした薬剤防除を毎年10回前後行っており、現在もおコンニャクの重要病害の一つであることには変わりはない。

そこで、最近の試験で得られた成果を含め、本病の発生生態および防除法の概略について紹介する。

## I 病原菌

本病の病原菌については、1927年に滝元<sup>2)</sup>により *Bacillus aroidae* であることが報告され、同年、平田<sup>3)</sup>は、*Bacillus carotovorus* の一系統であると報告した。その後、鐡方<sup>1)</sup>は、岡山県から採集した菌株について、細菌学的性質を調査し、*Bacillus aroidae* とし、草葉<sup>4)</sup>も、1957年に埼玉県から採集した菌株について調査し、*Erwinia aroidae* の一系統であると報告した。現在では、その後の細菌命名規約の改正に伴い、*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* とされている。

## II 病徴

本病の病原菌はコンニャクの小葉、葉柄および球茎を侵す。小葉における症状は、初め不正形の小斑点ができ、しだいに拡大し、葉脈、小葉の中肋までを軟化、腐敗する。小葉の中肋が侵されると、小葉は下垂する。葉柄は、小葉の発病部位側に沿って水浸状に腐敗し、ときには、葉柄の内部だけ腐敗することもある。腐敗が葉柄

基部まで進行すると、株全体が倒伏し、球茎の腐敗が起こる。貯蔵中の球茎が発病した場合は、球茎の表皮を残し、内部が乳白色に軟化・腐敗し悪臭を放つ。また、罹病種球が植え付けられた場合は、植え付け後、出芽中の芽が腐敗する、いわゆる芽腐れ症状を呈したり、コンニャクの開葉時に葉柄の基部が腐敗して倒伏したりすることがある。

## III 発生生態

### 1 伝染環

本病は、土壌伝染と種球伝染を行う。本病原細菌はハクサイの軟腐病菌と同じであり、土壌中の雑草根圏などで生存していた腐敗病菌が、寄主植物の植え付けに伴い土壌中で増殖し、第一次伝染源になるものと思われる<sup>5)</sup>。土壌中で増殖した腐敗病菌は、雨水のはね上がりなどにより小葉に到達し、そこで増殖し傷口があると侵入して発病する。また、津山<sup>6)</sup>は、タバコ空洞病菌がタバコの生育とともに上位の葉にも分布が認められるようになることと報告しているが、本病の場合も、コンニャクの生育とともに腐敗病菌が上昇し、小葉に到達することが考えられる。

一方、コンニャクの場合、ハクサイと異なり球茎による栄養繁殖を行うため、罹病種球が重要な伝染源となる。第1表に群馬県における種球伝染による腐敗病の発生実態を示したが、通常、植え付け前に種球の選別作業を実施するため、大部分の罹病種球はその過程で取り除かれるが、完全に除去することは困難で、そのまま植え付けられた種球は植え付け後、出芽時から開葉時に発病してくる。

土壌あるいは罹病種球から発病した株は、第二次伝染源となる。本病は、小葉に無傷で噴霧接種した場合発病

第1表 種球伝染による腐敗病の発生実態 (1983)

品 種	調査回数	発生は場率 (%)	平均発生株率 (%)
支那種	31	41.9	1.4
在来種	16	37.5	1.9
はるなくろ	29	82.8	3.6
あかぎおおだま	13	15.4	0.2
合計・平均	89	50.6	1.8

Epidemiology and Control of Konnyaku Soft Rot Caused by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*. By Nobuo HAYASHI

してこないことから、通常傷口侵入を行うものと思われる。無発病のは場中央に、発病させたポット栽培のコンニャクを設置し、その後の発病の広がりを観察した結果、曇天下や風を伴わない少量の降雨条件下では、罹病株に隣接した株だけに発病が認められ、強風を伴った降雨条件下では、降雨後に伝染源を中心に発生が拡大した。また、実験的に、罹病株からは降雨中に腐敗病菌が飛散していることや、罹病葉との接触によっても伝染することが確認された。したがって、本病は、風を伴わない少量の降雨や曇天下では罹病葉との接触により伝染が行われ、風を伴った降雨があった場合は、雨水とともに病原菌が飛散し発生が急激に拡大するものと思われる。

**2 発生条件**

本病は、通常7月から9月に多く、高温多湿の気象条件下で発生が助長される。したがって、7月から9月にかけての気象によりその年の発生は大きく左右され、夏期の気象が乾燥気味に経過した年の発生は少なく、高温多雨の年は発生が多くなる。群馬県における気象と腐敗病発生との関係を第2表に示したが、1983年は降水量が多かった年で、逆に1984年は気温は高かったが、きわめて乾燥した年であった。その結果、両年の腐敗病の発生を比較すると、1983年は平均防除回数が11.8回に及んでいるが発生面積2,056.9haに及び、1984年は、平均防除回数が8回であるが、発生面積735.0haにとどまっている。

その他、本病の発生にもっとも影響を与える気象要因として、コンニャクの開葉後の降ひょうと台風がある。両者とも、通常強風と多量の降雨をもたらすため、病原細菌を広範囲に飛散させるとともに、コンニャクの小葉および葉柄を傷つけ、腐敗病菌に絶好の侵入口を与える。その結果として、本病の多発生をもたらす。

その他、葉枯病<sup>7)</sup>が発生した場合、その病斑部から本病菌が侵入することがあり、葉枯病の発生も本病の発生を助長する一つの要因である。

土壌条件では、土壌水分の高い条件下で栽培されたコンニャクは罹病性となり、窒素質肥料の多施用でも発生

第2表 群馬県における気象と腐敗病発生との関係<sup>a)</sup>

年次 (年)	作付面積 (ha)	発生面積 (ha)	平均防除 回数 (回)	7~9月の気象	
				気温 (°C)	降水量 (mm)
1983	4,970.0	2,056.9	11.8	23.5	660.0
1984	4,844.8	735.0	8.0	24.8	275.5

<sup>a)</sup> 気象は前橋気象台の調査結果で、気温は7~9月の月平均気温の平均値、降水量は合計で示した。

その他は農業改良普及所の調査による。

が助長される。

**IV 防除対策**

本病は土壌伝染性の病害であるが、土壌あるいは種球から発病した株が第二次伝染源となり、コンニャクの地上部で病原菌が増殖し急激に発生が拡大する。したがって、本病は、第一次伝染源となる菌密度の抑制と第二次伝染による発生拡大防止の両面から防除していく必要がある。

**1 種球の選別**

罹病種球が植え付けられると確実に発病し、重要な第二次伝染源となる。そこで、貯蔵後、植え付け前に時間のかかる作業ではあるが、ていねいに選別を行い、罹病した種球を除去することが必要である。現地農家の実態調査結果でも選別作業を実施することにより、大部分の罹病種球は除去されることが明らかになっている。しかし、多くの場合、選別後も罹病種球が1%前後混入しており、残存している罹病種球を対象に薬剤による種球消毒が必要となるが、現在まで実用効果のある薬剤はない。

**2 有機物資材の施用による発病抑制**

各種有機物資材の施用と発病との関係について検討したところ、乾燥豚糞および乾燥鶏糞の1t/10aの施用は発生を助長し、し尿消化汚泥およびイネ・ムギわら堆肥の1t/10aの施用は発生を抑制した。乾燥豚糞および乾燥鶏糞の1t/10aの施用は、窒素質肥料の多施用となり、本病の発生を助長したものと思われる。し尿消化汚泥およびイネ・ムギわら堆肥の施用による発生抑制効果の原因については、現在のところ明らかではない。

**3 マルチ栽培による発病抑制**

各種マルチ栽培やエンバクの間作と腐敗病発生との関

第3表 マルチの種類と腐敗病の発生との関係(1982)

マルチの種類	罹病株率 (%)		罹病球率 (%)	健全球重 (kg/10a)
	8月14日	9月6日		
イネわら <sup>a)</sup>	1.7b <sup>e)</sup>	18.5b	30.7b	915a
エンバク <sup>b)</sup>	2.6b	20.6b	33.4b	887a
ビニール	5.6a	33.4a	51.6a	642b
無処理	7.4a	29.0ab	42.7ab	566b

<sup>a)</sup> 500kg/10aをコンニャクの開葉期にマルチ。

<sup>b)</sup> エンバク種子を5kg/10a、コンニャクの植え付け前20日に作条に播種しコンニャクの開葉期に青刈りしてマルチ。

<sup>c)</sup> 同一英小文字を付した平均値間には、有意差(5%)がないことを示す。

供試品種は在来種。

係について検討した結果、イネわらを出芽期から開葉期に 500 kg/10 a 畦上にマルチしたり、エンバクをコンニャクの植え付け前約 20 日に 5 kg/10 a 作条に播種し、コンニャクの出芽期から開葉期まで間作を行い、同時期に刈り取り畦上にマルチした場合、本病の発生が抑制された(第3表)。これは、コンニャクの畦上をイネわらや青刈りエンバクでマルチすることにより、土壤中の病原菌が降雨などによってはね上がり小葉に到達する経路が遮断されるためと思われる。

#### 4 品種間の発病差異

コンニャクは、現在、古くから栽培されている在来種、支那種のほか、群馬県で育成した“はるなくろ”、“あかぎおおだま”がある。これらの4品種の中には、完全な抵抗性を示す品種はないが、発病程度に若干の差異が認められ、在来種がもっとも抵抗性が強く、次いで“あかぎおおだま”、“はるなくろ”で、支那種がもっとも罹病性である。在来種はこのようにもっとも抵抗的であるが、葉枯病に対しては罹病性である<sup>9)</sup>ため、在来種に比較すると若干抵抗性は劣るが葉枯病に対して抵抗性の強い“あかぎおおだま”の導入が、本病対策には有効と思われる。

#### 5 薬剤防除

本病の防除において、地上部の薬剤防除は欠かすことのできない防除対策である。本病の防除薬剤としては、古くは銕方<sup>1)</sup>によりボルドー液が有効であることが確認され、現在も本病の中心的防除薬剤となっている。

ボルドー液の効果は予防的で、治療効果は期待できないが残効性は長く、通常発生年では、10日間隔の散布で十分な防除効果が得られる<sup>9)</sup>。

昭和30年代に入り、農業用抗生物質剤としてストレプトマイシン(以下、SMと略す)剤が開発され、コンニャクの腐敗病に有効であることが明らかにされた<sup>10)</sup>。SM剤は、ボルドー液に比べ治療的な効果も有しており、初発生後の防除薬剤として、実用化されている。そ

の他、有機銅剤や無機の銅水和剤も本病の防除薬剤として登録がある。

ボルドー液を中心として、SM剤を発生状況に合わせて使用していけば、本病の発生を経済的に被害を受けない程度に抑制することができる。薬剤防除の要点は、本病が降雨条件下で急速に発生が拡大することから、降雨前後の防除が有効である。特に、台風やひょうの被害を受けた後は、通常の散布間隔より間隔を短くし、散布回数を多くする必要がある。

#### 6 SM耐性腐敗病菌の発生と対策

SM剤はボルドー液と異なった作用性があること、ボルドー液は散布回数が増えると球茎の肥大を抑制する場合があること<sup>11)</sup>などから、薬剤防除はボルドー液とSM剤を組み合わせた体系が有効である。

近年、群馬県では、SM剤の使用回数が多くなり、それに伴い、SM剤耐性菌が発生し、SM剤の防除効果の低下が認められるようになった<sup>12)</sup>。

1977～78年にかけて、県内の耐性菌の発生分布実態調査を実施したところ、約20%の耐性菌が検出され、特に、年平均散布回数が4回を超えている地帯で高率に発生していることが明らかとなった。耐性菌が高率に発生しているほ場では、SM剤の防除効果は明らかに低下しており、ほとんど効果が認められなかった。

そこで、耐性菌と感性菌の競合関係について試験し、対策について検討した<sup>13)</sup>。

薬剤の散布体系と耐性菌発生との関係では、SM剤単剤を連用した場合は容易に耐性菌が出現し、散布回数の増加とともに耐性菌の割合が高くなった。しかし、ボルドー液と混用散布した場合は、耐性菌の発生が抑制された。一方、耐性菌が高率に発生したほ場においては、SM剤使用中止後2～3年目で耐性菌の割合が数%以下に低下した。さらに、耐性菌と感性菌を等量混合して、ポット栽培したコンニャクの幼葉に接種し、形成された病斑から菌の再分離を行い、再分離菌株中の接種菌の割

第4表 腐敗病の総合防除試験(1983)

防除回数 <sup>a)</sup>	試 験 区 品 種	有 機 物 <sup>b)</sup> マ ル チ <sup>c)</sup>		罹 病 株 率 (%)		罹病球率 (%)	健全球重 (kg/10a)
		有 機 物 <sup>b)</sup>	マ ル チ <sup>c)</sup>	8月30日	9月26日		
13回	支 那 種	— <sup>d)</sup>	—	0.8	7.8	1.5	4,090
7回	あかぎおおだま 支 那 種	○ <sup>e)</sup>	○	0	7.1	0 5.0	4,252 4,111
		—	—	0.4	14.6		

a) 地上部の薬剤散布回数, b) イネ・ムギわら堆肥を 1 t/10 a 施用, c) エンバクをコンニャクの植え付け前 18 日に 5 kg/10 a 作条に播種しコンニャクと間作を行い、コンニャクの出芽時に青刈りしてマルチした。

d) 無処理, e) 処理

合を調査したところ、接種後の日数の経過とともに感性菌の割合が高くなり、最終的に感性菌の割合が100%に達した。したがって、SM剤の淘汰圧下では、しだいに耐性菌の密度が高まるが、淘汰圧が存在しない状態では、耐性菌は感性菌に対する競合力が劣るため、感性菌の密度が高まるものと考えられた。

以上の試験結果から、SM剤の使用法としては、耐性菌の発生を未然に防ぐためにはSM剤の連用を避け、使用回数も年2~3回とし、ボルドー液との混用あるいは交互使用していく必要がある。また、耐性菌が高率に発生した場合は、SM剤の使用を2~3年間中止し、耐性菌のは場における割合を低下させてから再び使用することが必要となる。

7 総合防除

本病に対して、比較的抵抗性の強い“あかぎおおだま”の導入、エンバクの間作とマルチ、イネ・ムギわら堆肥の施用の耕種的手段と薬剤防除を組み合わせた総合防除法について検討した結果、総合防除区では、慣行区に比べ薬剤防除回数を半減することができた(第4表)。本病の発生は、生育期間中の気象条件により、発生様相が著しく変化するため、薬剤防除を欠かすことはできないが、以上のような品種や耕種的手段を組み合わせることにより、薬剤防除回数を減少させることができるものと

思われる。

おわりに

以上述べたように、現在、本病に対して完全な抵抗性を示す品種はなく、また、特効的な薬剤もないので、当面は、耕種的手段と薬剤防除を組み合わせた総合的な防除法で対処していくことが必要である。

今後は、本病に対して、より強い抵抗性を示す品種や、ボルドー液に代わるより効果的な薬剤の開発が望まれる。

引用文献

- 1) 鐙方末彦 (1935): 農業および園芸 10: 1965~1702.
- 2) 滝元清透 (1927): 同上 2: 843~852. 967~976.
- 3) 平田栄吉 (1927): 農事試験場報告 48: 1~45.
- 4) 草葉敏彦 (1959): 農技研中間報告 12: 66~72.
- 5) 菊本敏雄 (1968): 坂本教授還暦記念論文集 355~365.
- 6) 津山博之 (1971): 盛岡たばこ試報 6: 65~84.
- 7) 後藤正夫 (1983): Int. J. Syst. Bacteriol. 33: 539~545.
- 8) 太刀川洋一 (1985): 関東病虫研報 32: (投稿中).
- 9) 山賀一郎 (1963): 作物体系 第5編 いも類 VIコンニャク芋, 養賢堂, 東京, pp. 98.
- 10) 高津 寛ら (1960): 植物防疫 14: 228~292.
- 11) 山賀一郎 (1957): 農業および園芸 32: 658~659.
- 12) 林 宣夫ら (1981): 群馬農試報 21: 25~36.
- 13) ———ら (1985): 群馬農業研究A総合 2: 15~26.

(5 ページより続く)

山辺 順孝氏	札幌支所釧路出張所長
鈴木 秀昭氏	塩釜支所防疫管理官
千田 繁志氏	〃 小名浜出張所長
氏家 吉夫氏	〃 石巻出張所
荘司 宏明氏	新潟支所防疫管理官
池田 正幸氏	〃 秋田出張所長
大城 成良氏	成田支所業務第一課防疫管理官
山本 孝晴氏	〃 〃 国内係長
黒澤 正夫氏	〃 〃 調査係長
大沼 正明氏	〃 〃
坂浦 昭男氏	〃 業務第二課貨物第1係長
坂元 哲郎氏	〃 〃
伊藤 正明氏	〃 〃
伊藤 久也氏	東京支所防疫管理官
岡野 清氏	〃 晴海出張所長
狩野 久雄氏	〃 〃
佐藤 肅也氏	〃 〃
酒井 浩史氏	〃 大井出張所長
角田 幸司氏	本所業務部国際第一課 (採用)
田中 道典氏	〃 〃 〃 (〃)
川上 清彦氏	〃 〃 国際第二課 (〃)
下野 祐一氏	〃 〃 〃 (〃) (3月31日付)
西田 健史氏	〃 〃 国内課 (〃)

横浜植物防疫所成田支所業務第一課調査係長
〃 〃 〃 国内係長
〃 〃 〃 防疫管理官
〃 塩釜支所
〃 新潟支所国際係長
〃 塩釜支所小名浜出張所長
〃 札幌支所釧路出張所長
〃 成田支所業務第二課貨物第一係長
〃 東京支所晴海出張所
〃 成田支所業務第二課
〃 本所川崎出張所
那覇植物防疫事務所国内課
横浜植物防疫所業務部国際第一課
〃 調査研究部害虫課防疫管理官
〃 東京支所防疫管理官
〃 塩釜支所石巻出張所
〃 成田支所業務第一課
〃 業務部国際第二課防疫管理官

(19 ページに続く)

# 茶園における薬剤抵抗性ケナガカブリダニの働き

農林水産省茶業試験場 **はま 村 徹 三**

## はじめに

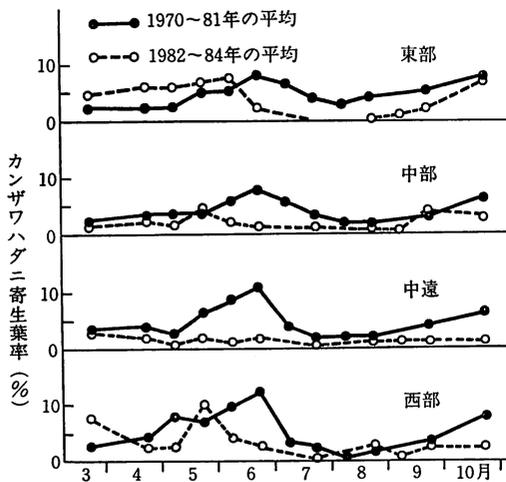
カンザワハダニは高い増殖能力を持ち、薬剤抵抗性も発達しやすい害虫である。チャは果樹などと比較して葉がきわめて密生しており、カンザワハダニがチャに寄生した場合は葉裏にしか生息しないので、多量の薬剤を散布しても、かなりのかけ残しが生じる。このような理由で、チャのカンザワハダニは薬剤防除の困難な害虫である。

ケナガカブリダニは日本全国に分布するハダニ類の天敵であるが、薬剤に弱いため農薬が多く使われる農業生態系の中では有効に働かないと考えられてきた。

しかし、最近、静岡県の茶園で殺虫剤に抵抗性を獲得したケナガカブリダニが広範囲に発生し、カンザワハダニの発生を抑制していることが明らかになったので、その概要を紹介し、さらに近い将来生じるであろう問題点についても言及することにした。

## I 最近のカンザワハダニの発生動向

カンザワハダニの発生は各ほ場や、年次によって大きく変動するので、模式的な発生パターンを表現するのは



第1図 静岡県内の茶園におけるカンザワハダニの発生消長(静岡県各病害虫防除所年報より)

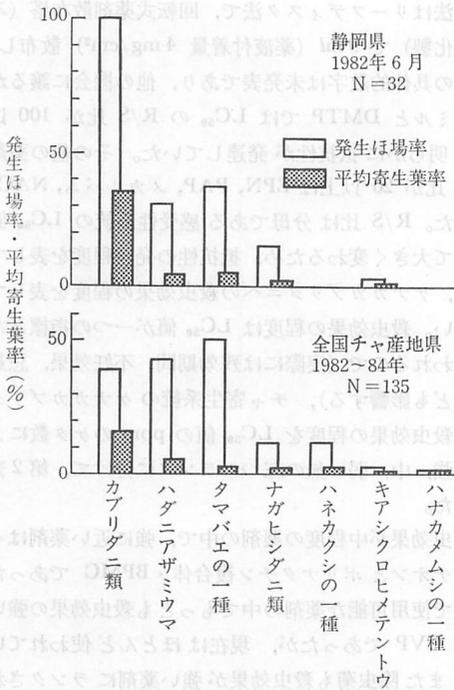
難しい面がある。第1図は静岡県の発生予察事業による調査報告の中からチャのカンザワハダニを抜き出し、1970年から1981年までの12年間の平均発生消長と最近の3年間(1982~84)のそれとを比較したものである。この調査は静岡県を4地域に分け、1地域から10~20の慣行防除園を選定し、同一ほ場を定期的に調査したもので、一つのは場から100葉をランダムサンプリングし、ハダニの寄生葉率で表している。一部に多発ほ場があると、その年の平均値に大きく影響するが、各年次を平均化することによって緩和されるので、12年間の平均発生消長は過去の標準的な発生パターンとみなすことができよう。

12年間の発生消長で4地域に共通する点は、6月下旬にピークに達し、夏季は低密度になり、秋に再び上昇するパターンである。この発生消長は刑部(1967)が殺ダニ剤を散布しない園で認めた春と秋の2山型のパターンとほぼ一致する。ところが、最近3年間の平均を見ると、そのパターンが変わってきている。本来ピークである6月下旬はすべての地域で低密度になっていて、全体的にも少発生であり、明りょうなピークが認められない地域もある。この傾向は特に中部と中遠地域で顕著に見られる(第1図)。

害虫の発生パターンが変化する原因の一つとして、薬剤の種類や使用法の変化が考えられる。しかし、最近新たに使用されるようになった薬剤はなく、むしろ各種殺ダニ剤に対してカンザワハダニの感受性は低下傾向にある(浜村, 1984)。特にもっとも有効と考えられ、使用頻度も高い水酸化トリシクロヘキシルスズ剤は、地域によっては実用濃度でもほとんど効果がないほど抵抗性が発達している(浜村, 未発表)、カンザワハダニの少発生の原因は薬剤によるものとは考えられない。

## II 茶園におけるカンザワハダニの天敵類の発生状況

主要茶産地県で発生している天敵類を知るため、各府県の茶園のハダニとその天敵類を調べた。調査時期はハダニの発生が多く、天敵も活発に活動していると思われる6月を中心とし、1ほ場からハダニの被害葉100枚を選んで送付してもらった。静岡県下についても、東部は富士市から西部は浜松市まで、32ほ場を同様のサン



第2図 茶園におけるカンザワハダニの天敵類の発生状況

リング方法で 1982 年 6 月に調査した。

その結果、静岡県とそれ以外の県では様相が異なっていたので、第 2 図には両者を分けて示した。静岡以外の県で発生ほ場率が高く普遍的に認められた天敵は、タマバエの一種、ハダニアザミウマ、カブリダニ類であったが、発生ほ場における平均寄生葉率ではカブリダニ類がもっとも高かった。カブリダニ類はケナガカブリダニ、ニセラーゴカブリダニ、キイカブリダニ（江原昭三氏同定）の 3 種が認められたが、後二者はいずれも無防除園での発生であり、慣行防除園ではすべてケナガカブリダニであった。

静岡県では調査した 32 ほ場のすべてでケナガカブリダニが確認され、その寄生葉率は 2~75%、平均 35.7% で、全県下で高密度の発生が見られた。その他の天敵では、他県と同様にハダニアザミウマ、タマバエの一種、ナガヒシダニ類が見られた。しかし、その平均寄生葉率は 5% 前後で、ハダニの密度低下に大きな影響を持つとは考えられなかった。

以上のことから、カンザワハダニのもっとも有力な天敵はケナガカブリダニであると考えられた。しかしながら、本種の発生にはかなりはっきりした地域差が認められた。発生ほ場率と平均寄生葉率から、本種が有効に働

いていると思われる県は静岡、福岡で、次いで愛知であったが、九州各県でもある程度の働きをしていると考えられた。京都および高知でも一部のほ場で発生は認められたが、低密度であった。一方、本種がまったく認められない県は埼玉、岐阜、滋賀、奈良であった。

刑部 (1967) はチャのカンザワハダニの天敵でもっとも有力なものはムツテンアザミウマ（現在のハダニアザミウマ）で、次いでダニタマバエ、コブモチナガヒシダニ、ラーゴカブリダニ（現在のニセラーゴカブリダニ）であると述べている。前の三者は今回の調査と共通するが、ケナガカブリダニについてはその種名も見られない。当時からニセラーゴカブリダニとケナガカブリダニが混在したかどうかは明らかでないが、現在ではニセラーゴカブリダニは無防除園でしか見られないことを考えると、薬剤散布によって、比較的強いケナガカブリダニが残ったか、あるいは置き代わったものと考えられる。

### III ケナガカブリダニのハダニ制御能力

茶園に生息するカンザワハダニの天敵の中で、現在もっとも有力と思われるものは、その発生状況からケナガカブリダニであることを述べたが、ここで、本種の捕食量やハダニ制御能力についての室内実験の結果（浜村, 1983）を紹介しておくことにする。

25°C におけるケナガカブリダニ雌成虫の捕食量は、ハダニの卵を餌にした場合は 1 日 15 個、第一若虫で 13 個体、第二若虫で 8 個体、雌成虫で 3 個体程度である。ハダニとカブリダニの初期の放飼比率を変え、25°C で両者の個体数変動を調べた結果、40:1（ハダニ:カブリダニ）程度の比率が制御限界であり、この比率の場合 1 か月強で抑圧してしまう。カブリダニの比率が高いと抑圧までの期間は短縮される。同様の方法で得られた気温別の放飼比率と抑圧までの期間をまとめると第 1 表のとおりになる。

第 1 表 各放飼比率においてケナガカブリダニがナミハダニを抑圧するまでに要する期間（浜村, 1983）

放飼比率 ハダニ:カブリダニ	気 温 (°C)		
	25	20	15
8:1	13日	17日	× <sup>a)</sup>
16:1	20	28	×
32:1	23	46	×
43:1	37	— <sup>b)</sup>	—
64:1	×	—	—

a) ハダニの被害でインゲンマメが枯死

b) 未調査

この実験はインゲンマメを寄主植物とし、ナミハダニを餌にしているが、チャに寄生したカンザワハダニにケナガカブリダニが働く場合の目安にはなる。ナミハダニはカンザワハダニより増殖力が高く(古野・腰原, 1978), インゲンマメはチャよりハダニの加害に弱いと考えられる。したがって、茶園に発生したカンザワハダニにケナガカブリダニが働く場合、第1表に示した抑圧までの期間はやや短縮され、制御限界の比率もカンザワハダニがより高くても抑圧できると思われる。

#### IV 茶園に発生しているケナガカブリダニの薬剤感受性

ケナガカブリダニの薬剤感受性については真梶・足立(1978)が、ガラス室ブドウから採集した系統で実用濃度における影響を明らかにしているが、薬剤に弱いチリカブリダニと大差はないとしている。しかし、茶園においては慣行防除園でもケナガカブリダニが高密度に発生していることから、抵抗性の発達が推測された。そこで、静岡県島田市初倉の茶園から採集した系統について各種薬剤に対する感受性を調べ、感受性系統(広島県安芸津町の野生のクサギから採集)と比較した。

方法はリーフディスク法で、回転式薬剤散布塔(みずほ理化学)で9ml(葉液付着量4mg/cm<sup>2</sup>)散布した。結果の具体的数字は未発表であり、他の機会に譲るが、メソミルとDMTPではLC<sub>50</sub>のR/S比が100以上で、明らかに抵抗性が発達していた。その他の薬剤でR/S比が20以上はEPN, PAP, メカルバム, NACであった。R/S比は分母である感受性系統のLC<sub>50</sub>値によって大きく変わるため、抵抗性の発達程度を表しているが、ケナガカブリダニへの殺虫効果の程度を表してはいない。殺虫効果の程度はLC<sub>50</sub>値が一つの指標となると思われるので(実際には残効期間, 不妊効果, 忌避効果なども影響する), チャ寄生系統のケナガカブリダニへの殺虫効果の程度をLC<sub>50</sub>値のppmのケタ数によって、強, 中, 弱~無の三つのランクに分けて、第2表に示した。

殺虫効果が中程度の薬剤の中で、強に近い薬剤はイソキサチオンとポリナクチン複合体・BPMCであった。茶園で使用可能な薬剤の中でもっとも殺虫効果の強い薬剤はCVPであったが、現在はほとんど使われていない。また除虫菊も殺虫効果が強い薬剤にランクされたが、残効が短いためか、ほ場では極端な殺虫効果は認め

第2表 チャ寄生ケナガカブリダニに対する各種薬剤の影響

薬剤の分類	影響の強さ(ppm)		
	無~弱 (LC <sub>50</sub> ≥100)	中 (100>LC <sub>50</sub> ≥10)	強 (10>LC <sub>50</sub> )
有機リン系 殺虫剤	MEP, DDVP, EPN, BRP アセフェート, ビリミホスメ チル, サリチオン,	DMTP, PAP, メカルバム, ダイアジノン, イソキサチ オン, プロチオホス	CVP, クロルピリホス
カーバメート系 殺虫剤	メソミル, NAC, カルタップ, MPMC		
有機ハロゲン 殺虫剤	ベンゾエビン		
合成ピレスロイド系 殺虫剤		fluvalinate, ethoproxyfen cycloprothrin	ベルメトリン, cyhalothrin tralomethrin, cyfluthrin fenvalerate, cypermethrin flucythrinate, fenpropathrin FMC-54800
天然殺虫剤			除虫菊
殺ダニ剤	水酸化トリシクロヘキシルス ズ, BINAPACRYL, BPPS, ケルセン, ポリナクチン複合 体・CPCBS	ポリナクチン複合体・ BPMC	
殺菌剤	ベノミル, ポリカーバメート 銅水和剤, TPN, チオファ ネートメチル, ダイホルタン		

アンダーラインは R/S 比が 20 以上のもの。

られなかった。

合成ピレスロイド殺虫剤は、これまで茶園では使用されていない薬剤であるが、本年2月に登録が下りて使用可能になるペルメトリンをはじめとして、今後の殺虫剤の主力になると考えられる薬剤である。これらの薬剤はほとんどが強にランクされ、中程度にランクされた3薬剤も強に近い値であった。さらに、合成ピレスロイド剤はケナガカブリダニに対する忌避効果が高いので、ほ場では  $LC_{50}$  値以上に強い悪影響をもたらす。この点については項を改めて述べることにする。

第2表に示したケナガカブリダニに対する薬剤の影響は鳥田市の1系統のものであり、茶園に発生しているケナガカブリダニのすべてにあてはまるものではない。この点を確かめるため、本来殺虫効果の強いメソミルの1~2の濃度で死亡率を調査した結果、静岡県内のものはすべて同程度の抵抗性と判断されたが、その他の地域では静岡ほどの抵抗性は発達していないと考えられた。

### V 慣行防除茶園におけるケナガカブリダニとカンザワハダニの季節的発生消長

前述のように最近の茶園におけるカンザワハダニは少発生の傾向にあり、ほ場によってはランダムサンプリングではまったく発生が認められない場合も多い。このような低密度の状況においてハダニとカブリダニの相互関係を明らかにするため、発生消長の調査ではランダムサンプリングのほかに、ハダニの被害葉（葉の表面から見て一部分が黄化または褐変したもの）をサンプリングす

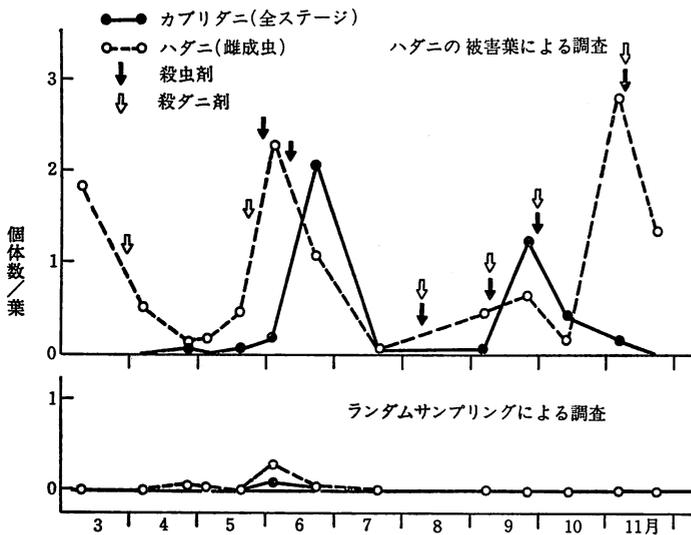
る方法を採用した。ケナガカブリダニはハダニのいない葉で見つけることはほとんどないので、被害葉による調査はハダニの生息域内におけるハダニとカブリダニの相対的比率の変動を示していると考えられる。1ほ場からランダムサンプリング100葉（主として摘採面）と被害葉100葉（主としてすそ葉）を採り、実験室内に持ち帰って実体顕微鏡下でハダニとカブリダニ数を調べた。このような調査を静岡県の牧之原台地周辺の5ほ場で2~3年間にわたって行った。

その結果を1983年の金谷町の茶園の1例をとって示すと第3図のとおりであった。ランダムサンプリング調査では、6月上旬にわずかにハダニとカブリダニが認められたが、きわめて低密度のまま推移した。しかし、被害葉調査では6月上旬にハダニのピークが見られ、やや遅れてケナガカブリダニも高密度になり、7月には両者ともにほとんど見られなくなった。6月のケナガカブリダニの発生ピークは年次やほ場を問わず例外なく認められた。ピーク時におけるハダニ：カブリダニの比率は、前述の限界比率より明らかにカブリダニの率が高く、ハダニの減少はカブリダニの捕食効果によると考えられる。この茶園では秋にもカブリダニの発生ピークが認められたが、ハダニが少ない場合は秋の発生ピークが見られないこともあった。

第3図に示した茶園は慣行防除園であり、当然ハダニとカブリダニの発生に薬剤散布が影響することが考えられる。カンザワハダニの発生に影響を与える殺ダニ剤と、ケナガカブリダニに中~強の殺虫効果を持つ殺虫剤

（第2表）の散布状況は第3図に示したとおりである。カブリダニに中程度以上の殺虫効果のある薬剤が6回散布されているが、被害葉調査で見ると、カブリダニの発生はほとんど影響を受けなかった。これらの散布薬剤は直接カブリダニの虫体にかかった場合はまわがいがなく死亡させる濃度であるが、すそ葉の葉裏までは薬剤が届いていないことによって、ほとんど影響を受けない結果になっていると思われる。茶園においてケナガカブリダニの抵抗性が発達した一つの理由として、このように多くのかげ残しがあるため、カブリダニに対して弱い淘汰圧が働き、徐々に抵抗性が発達したことが考えられる。

一方、殺ダニ剤も6回散布されてい



第3図 茶園におけるカンザワハダニとケナガカブリダニの発生消長 (1983年、金谷町の一例)

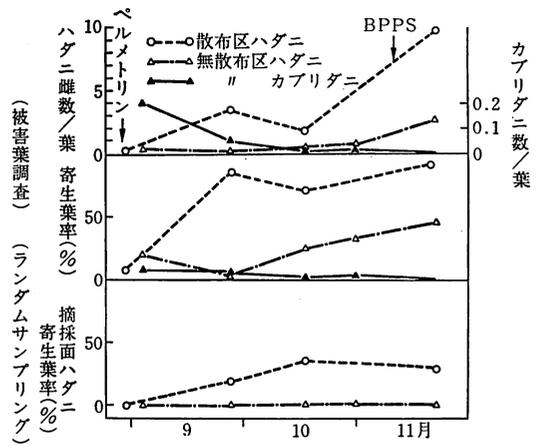
るが、被害葉調査ではハダニの発生に強い影響は与えていない。これも薬剤が葉裏まで行き届かないことによると思われ、茶園においてカンザワハダニを薬剤によって完全に防除することが困難なことを示している。ただし、現状において殺ダニ剤の散布がまったく無意味なものであるとは言えない。無防除園でのハダニとカブリダニの発生消長を見ると、年次によってはハダニの増加にカブリダニが一時的に追いつけず、2番茶芽（6月中・下旬）に被害が出る場合があった。このことから、慣行防除園では殺ダニ剤の散布が摘採面付近のハダニの密度を下げ、相対的にカブリダニの比率を高める作用をし、すそ葉に残ったハダニはカブリダニによって抑えられていると考えられた。つまり、化学的防除と生物的防除が組み合わせられた状況にあると考えられる。

カンザワハダニの発生は気象条件、寄主の栄養状態、薬剤散布等の影響はもちろん受けていると思われるが、近年の静岡県産の茶園のカンザワハダニの少発生の主な原因は天敵であるケナガカブリダニの捕食効果によるものと考えられる。これによって、以前と比べて殺ダニ剤の散布回数は減少しており、さらに減らすことも可能である。例えば、第3図の場合は8~9月の3回の殺ダニ剤は不要と思われる。

### VI 合成ピレスロイド系殺虫剤の散布がハダニとカブリダニの発生に及ぼす影響

室内実験の結果では第2表に示したように合成ピレスロイド系の殺虫剤はケナガカブリダニに対して強い殺虫効果を有していたので、ほ場においてハダニとカブリダニに対してどのような影響を与えるかを明らかにするため、いくつかの試験を行った。紙面の関係からすべてのデータを示すことはできないが、これらの試験から共通して言えることは、最低でも1か月間はケナガカブリダニがまったく見られなくなることである。薬剤が十分に届かないと思われるすそ葉においてもまったくいなくなることから、忌避効果による影響も強く働いていると思われる。カブリダニがいない状況になると、カンザワハダニが増加してくることも共通していた。ハダニのリサージェンスがいつ起こるかは合成ピレスロイド剤が散布されたときのハダニの密度によって変わってくる。ハダニがある程度増加し、カブリダニがこれから働く時期（5月下旬~6月）に散布された場合にもっとも急激にリサージェンスが起こり、この時期の試験では2番茶を収穫することができないほどの被害が生じた。

現有の薬剤による防除が困難で、合成ピレスロイド剤を使用したいチャ害虫は新芽を加害するチャノミドリヒ



第4図 合成ピレスロイド系殺虫剤(ペルメトリン)を散布した場合のカンザワハダニとケナガカブリダニの発生 (1984年)

メヨコバイとチャノキイロアザミウマであり、これらは主として夏季に増加する。ハダニとカブリダニへの影響を考えると、両者が低密度になる7月以降が、最少限の悪影響で最大の効果を上げる防除時期になる可能性が高い。この点を確認するため8月下旬にペルメトリンを散布した場合の結果を第4図に示した。

しかし、被害葉調査による、ペルメトリン散布区では以後まったくケナガカブリダニは発生せず、ハダニは11月下旬には1葉当たり約10個体の高密度になった。無散布区はハダニもカブリダニも低密度で推移し、カブリダニの効果がなくなる11月下旬には1葉当たり2個体程度になった。摘採面のランダムサンプリングでは無散布区は寄生率率0%のままであったが、散布区は10月以降30%前後の寄生率率となり、ほ場全体が高密度になっていることを示している。なお、散布区では11月14日にBPPSが散布されたが、ほとんど効果が認められなかった。以上のように悪影響が少ないと思われる夏季の散布でも、最終的にはハダニの越冬密度を高くする結果となり、もっとも経済性の高い一番茶への影響が懸念される状況となった。

### おわりに

これまで述べてきたように茶園に発生した薬剤抵抗性ケナガカブリダニは、カンザワハダニの少発生の主な原因になっていると思われる。天敵が薬剤抵抗性を獲得した例も、それが農業生態系の中で有効に働いている例もわが国では初めてのことである。海外のリンゴ園などでは薬剤抵抗性のカブリダニを導入し、それらに影響のな

い薬剤による防除体系を作って、カブリダニを保護利用している例もある。薬剤抵抗性ケナガカブリダニも貴重な資源として、チャではもちろんのこと、他の作物における利用も検討する必要があるだろう。

合成ピレスロイド剤の使用は現在の茶園におけるハダニとカブリダニの関係を根底から破壊し、ハダニの大発生を招くおそれが高い。しかし、アザミウマ、ヨコバイに有効な薬剤がない現状では、これらの防除に使われる可能性は大きい。合成ピレスロイド剤の今後の使用方法として、殺ダニ剤との併用、すそ葉にかからないような

少量上面散布、ほ場の一部を無散布として残す方法などが考えられるが、まだ結論は得られていない。したがって、現段階ではその使用は必要最少限にとどめるべきであり、これまでの薬剤のように定期的な年間数回の散布は行うべきでない。

## 引用文献

- 浜村徹三 (1983): 茶技研 64: 15.  
 (1984): 同上 66: 26.  
 古野鶴吉・腰原達雄 (1978): 九病虫研究会報 24: 125.  
 刑部 勝 (1967): 茶研報 4: 35.  
 真梶徳純・足立年一 (1978): 果樹試報 E2: 99.

(13 ページより続く)

田辺 和男氏 本所調査研究部調査課 (採用)  
 水野 明文氏 " " 病菌課 ( " )  
 梅木 亀男氏 退職

横浜植物防疫所札幌支所長

## ☆名古屋植物防疫所

村上 豊氏 本所国際課防疫管理官  
 田辺 精三氏 " " "  
 鈴木 貢氏 " " 輸入第1係長  
 梅山 富雄氏 " " 輸入第2係長  
 内山 互氏 " " 輸入第3係  
 田尾 政博氏 " " 調査係  
 香川 正明氏 " 国内課防疫管理官  
 久米 勝美氏 " " 指定種苗係長  
 後藤誠太郎氏 " " 輸出係  
 竹尾和喜雄氏 " 豊橋出張所  
 酒井 秀紀氏 " "  
 岡本 忠義氏 " 衣浦出張所長  
 中里 清氏 " 小牧出張所長  
 中野 俊秀氏 " 南部出張所  
 吉岡幸太郎氏 " 西部出張所  
 谷口 正伸氏 " "  
 永木 寿氏 " 四日市出張所  
 小川 清悦氏 " "  
 渡辺 洗氏 伏木支所長  
 藤井 伸泰氏 " 防疫管理官  
 尾崎 勝美氏 " "  
 武田憲二郎氏 " 金沢出張所長  
 松永 辰己氏 " "  
 石本 征夫氏 " 七尾出張所長  
 高野 忠雄氏 " 敦賀出張所長  
 橋本 満成氏 " 内浦出張所  
 大倉登美夫氏 清水支所国際係  
 今村 博氏 " 国内係長  
 佐々木 学氏 本所国際課輸入第2係 (採用)  
 西村 哲雄氏 " " 輸入第3係 ( " )  
 紙谷 清志氏 " " " ( " )  
 橋本 充生氏 " 国内課輸出係 ( " )  
 山崎 耕勝氏 退職

名古屋植物防疫所衣浦出張所長  
 神戸植物防疫所業務部国際第一課輸入第1係長  
 名古屋植物防疫所国際課輸入第2係長  
 " 四日市出張所  
 " 清水支所国際係  
 那覇植物防疫事務所国内課調査係  
 名古屋植物防疫所伏木支所敦賀出張所長  
 " 国際課輸入第3係  
 " 伏木支所国際係  
 " 国内課輸出係  
 " 西部出張所  
 " 小牧出張所長  
 " 伏木支所防疫管理官  
 " 国際課輸入第3係  
 " " "  
 " 国内課輸出係  
 " 豊橋出張所  
 " 伏木支所金沢出張所  
 神戸植物防疫所大阪支所舞鶴出張所長  
 名古屋植物防疫所伏木支所金沢出張所長  
 " 清水支所国内係長  
 " 国際課輸入第1係長  
 横浜植物防疫所成田支所業務第一課携帯品第1係  
 名古屋植物防疫所国内課指定種苗係長  
 " 伏木支所七尾出張所長  
 " 西部出張所  
 " 国際課調査係  
 " 伏木支所内浦出張所

名古屋植物防疫所伏木支所長

(32 ページに続く)

# 連作障害の実態に関する統計解析

農林水産省農業研究センター もん  
間  
とし  
敏  
ゆき  
農林水産省農業環境技術研究所 おお  
大  
はた  
畑  
かん  
貫  
いち  
一

## はじめに

昭和30年代後半以降の経済の高度成長に伴う農村労働力の都市への流出、機械化の進展、安価な外国産穀類の大量輸入、所得の増大に伴う食生活の洋風化等の進展によって、わが国の農業は変革を余儀なくされ、野菜、果樹、畜産等の収益性の高い部門への選択的拡大の方向に大きく傾斜した。この間にあって、畑作では麦類、雑穀、いも類、ダイズ等の普通作物の作付面積は大幅に減少し、逆に野菜、果樹、飼料作物の作付面積が増大した。そのため、麦類等の冬作物の栽培は放棄され、イネ科あるいはマメ科作物を導入した輪作体系は崩壊し、収益性の高い特定の野菜あるいは飼料作物の専作化が急速に進んだ。その結果、産地では連作障害が増大し、収量および品質の低下が著しく、一部では産地崩壊の原因になるなど、安定生産の重大な脅威となっている。

しかしながら、野菜産地を中心に全国的に大きな問題になっている連作障害ではあるが、その実態については意外に知られていない。これまで全国的な規模での連作障害に関する実態調査は4回<sup>1)~4)</sup>実施されているが、いずれもアンケート方式を採用しているため、調査結果にばらつきが多く、それらの結果を統一的な指標を用いて相互に比較検討することが困難である。

野菜の指定産地制度の拡大・定着に伴い野菜産地はしだいに大型化し連作が一般化し、連作障害の発生による生産の不安定性と産地移動が顕在化したといわれている。本稿のねらいは、指定産地における指定野菜の収量時系列の変動パターンの定量的測定、連作障害の収量に及ぼす影響評価のための指標の作成を通して野菜連作障害の実態を統計的に明らかにすることにある。

なお、本稿は筆者らが農業研究センタープロジェクト研究第2チームにおいて実施した連作障害の総合防除技術の開発に関する研究の成果の一部を取りまとめたものである。

The State of Continuous Cropping Injury Examined through Yields Movement of Designated Vegetables Producing Area. By Toshiyuki MONMA and Kan'ichi OHATA

## I 分析方法

ここで用いた具体的な分析の手順は、以下のとおりである。

まず予備的な分析として、これまで全国的な規模で実施された3回の連作障害の実態に関するアンケート調査を比較検討して、その共通成果の整理を行う。次に関東・東山、東海の一部の指定産地を取り上げ、指定野菜の収量時系列の動きを統計的に解析し、連作障害の実態を明らかにする。なお、統計解析は次の手順で実施した。

1) 野菜指定産地制度が発足した昭和41年から現在に至るまでの指定産地における指定野菜の10a当たり収量の推移を求める。現在、上記の時系列を全国的な規模で求めることはできない。しかし、関東農政局管内(茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川、山梨、長野、静岡)の指定産地については調査が実施されているのでこれを利用する。昭和58年12月現在、関東農政局管内には290の指定産地があるが、この中から比較的最近指定産地となった89産地を除いた201産地を分析対象にした。

2) 上記指定産地の10a当たり収量時系列から気象変動の影響を除去するため5か年移動平均収量を求める。

3) さらに、5か年移動平均収量から技術進歩ならびに肥料や農薬などの生産資材(流動資本)、労働の増投に伴う収量の増加を差し引く。すなわち、これは同一の技術、資本、労働投入条件下での収量時系列(以下、定常収量と呼ぶ)となる。しかし、現実にはこの作業に耐えるデータを得ることはできない。そのため、ここでは若干の問題はあるが、次の方法を用いて近似的な指標を作成した。

- ① 関東農政局管内の全都県の指定野菜の合計作付面積と全収穫量を求める。
- ② 同管内の当該指定野菜の全指定産地の合計作付面積と全収穫量を求める。
- ③ ①から②を差し引き、指定産地を除いた関東農政局管内の当該指定野菜の収穫量と作付面積を求め

る。

④ ③で求めた収穫量を作付面積で割って収量時系列を求める。

⑤ ④の収量時系列から気象変動の影響を除去するため5か年移動平均収量を求める。

⑥ ⑤で求めた収量時系列に時間を説明変数とする回帰式

$$Y_t = \alpha + \beta T_t + u_t \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 $Y$  = 5か年移動平均収量

$T$  = 昭和45年を1とするトレンド

$u$  = 攪乱項

$\alpha, \beta$  = 推定すべきパラメータである。

をあてはめ、平均収量増加量  $\beta$  を推定する。

⑦ 2) で求めた指定産地の5か年移動平均収量から推定値  $\beta$  を差し引き定常収量を求める。

⑧ ⑦で求めた定常収量時系列に(1)式で示した回帰式を再びあてはめ、指定産地における定常条件下での収量の増加量を求め、連作による収量変動の実態について検討する。

上記の方法は、指定産地でどの程度連作が一般化しているかを把握することができないため、近似的な指標にすぎないが、現在のデータ整備の状況下においては考えられる最善の方法であろう。

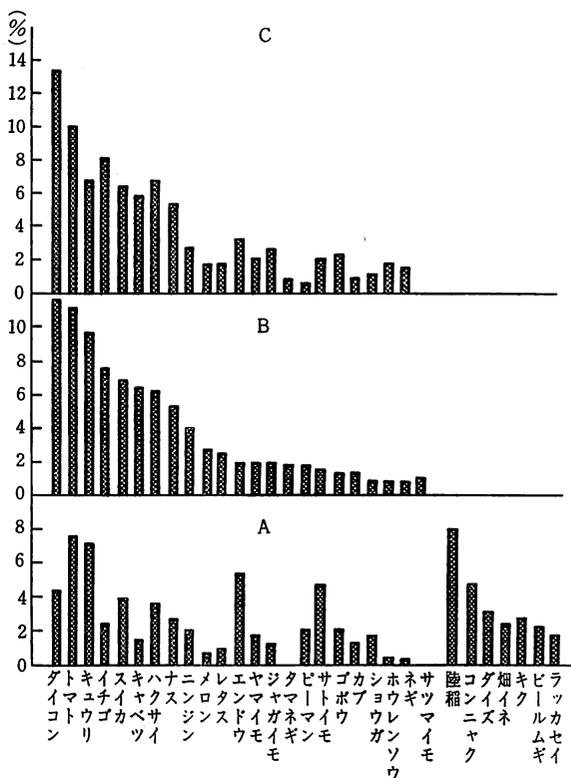
## II 連作障害の実態

### 1 作物別連作障害の実態

第1図は作物別の連作障害発生割合を整理したものである。これから明らかなように、BとCの調査結果は非常に類似している。一方、Aについてもエンドウとサトイモ以外の調査結果は、BとCのそれと類似している。これらの結果から、連作障害発生割合がもっとも大きい野菜は、ダイコン、トマト、キュウリであるといえよう。特に、ダイコンの連作障害発生割合は、近年急速に高まっている。また、イチゴ、スイカ、キャベツ、ナス等も比較的連作障害発生割合が高い。普通畑作物では陸稲での発生が圧倒的に大きく、次いでコンニャク>ダイズ>キク>畑イネ>ビールムギ>ラッカセイの順になる。また、これら普通畑作物での発生割合は、野菜と同等かもしくはそれ以上の高い値を示している。

### 2 連作障害の発生要因

第1表は連作障害の発生要因を分類し、全調査件数に占める要因別の割合を示したものである。これから明ら



第1図 作物別連作障害報告割合

1. 調査Aは農林水産技術会議事務局<sup>1)</sup>、調査Bは野菜振興課<sup>2)</sup>、調査Cは野菜試験場<sup>3)</sup>より算出した。
2. 数値は(当該作物連作障害発生件数/総発生件数)×100である。

かなように、連作障害は実にさまざまな要因から形成されており、まさに複合被害であることがわかる。これらの調査結果でもっとも特徴的なのは、連作障害の要因として病害(特に土壌病害)の占める比重がきわめて大きいことである。病害の割合はAでは35%と若干低いが、その他の調査ではいずれも50%以上の高い割合を示している。農家ならびに現場の技術指導者は、連作障害の要因として病害を重要視していることがよくわかる。次に多いのが線虫である。線虫の場合、すべての野菜平均では6~16%前後の値を示す。要素欠乏も連作障害の要因として、ほぼ線虫と同様に大きな比率を占めている。その他の要因の中では、土壌の物理性の悪化、土壌の酸度、塩類集積、虫害等の要因も比較的多い。

さらに、これらの調査で報告されている作物別の主要発生要因を整理すると、ダイコンでは萎黄病と要素欠乏が、トマトでは萎ちょう病、青枯病、かいよう病が、キュウリではつる割病、疫病等が連作障害の主要要因とし

第1表 連作障害の発生要因

発生要因	発生割合 (%)
調査 A	
病害	35.0
線虫	16.0
要素欠乏	12.0
土壌酸度	7.0
土壌の物理性の悪化	5.0
塩類集積	5.0
その他	3.0
不明	18.0
調査 B	
病害	59.7
線虫	6.5
要素欠乏	6.9
土壌酸度	0.6
土壌の物理性の悪化	1.3
塩類集積	4.3
虫害	12.7
その他	6.3
不明	1.9
調査 C	
土壌伝染性病害	60.1
線虫	5.6
生理障害	5.1
養分不均衡	0.6
土壌酸度	1.0
いや地現象	1.2
空気伝染性病害	8.4
虫害	1.0
要素欠乏	5.4
塩類集積	2.3
土壌の物理性不良	5.4
不明	2.5

1. 調査Aは農林水産技術会議事務局<sup>1)</sup>、調査Bは野菜振興課<sup>2)</sup>、調査Cは野菜試験場<sup>3)</sup>より算出した。
2. 数値は いずれも (当該要因による 発生件数/全発生件数) × 100 である。

てあげられている。一方、根こぶ病はキャベツ、ハクサイ、カブなどアブラナ科野菜の連作障害の主要要因となっている。なお、現在多くのハクサイ産地で問題となっている黄化病は、この時期ほとんど問題となっていない。イチゴでは萎黄病、ウイルス病が、スイカでは急性萎ちょう病が、ナスでは半身萎ちょう病、青枯病が、レタスでは菌核病が、エンドウでは立枯病が連作障害の主要要因と考えられている。なお、根菜類については、ニンジンの線虫、ヤマイモの褐色腐敗病、パレイシヨのそうか病、サトイモの乾腐病、ゴボウのやけ症状、サツマイモのかいよう病などが連作障害の主要な要因となっている。

3 連作障害の対応策

第2表は、前述のアンケート調査から連作障害に対する具体的な対応策を整理したものである。ここでも連作障害の発生要因と同様に、実に多種多様な連作障害対策

第2表 連作障害に対する具体的な対応策

調査区分 項目 対策	A		B	
	報告件数	割合 (%)	報告件数	割合 (%)
輪作			60	8.4
転・休作			18	2.5
種子・苗消毒			14	2.0
土壌消毒	71	24.0	150	21.0
石灰窒素散布			14	2.0
薬剤散布			38	5.3
有機物投入	32	10.8	68	9.5
被害株残渣処理			9	1.3
深耕	21	7.1	37	5.2
排水高畝			33	4.6
湛水除塩	20	6.8	12	1.7
適正肥培			62	8.7
微量要素施用	47	15.9	17	2.4
作期移動			16	2.2
耐病性品種			28	3.9
耐病性台木	25	8.4	62	8.7
無病苗			25	3.5
その他	19	6.4	52	7.3
かんがい	5	1.7		
田畑輪換	24	8.1		
多肥	32	10.8		

1. 調査Aは農林水産技術会議事務局<sup>1)</sup>、調査Bは野菜振興課<sup>2)</sup>より算出した。
2. 数値は (当該対応策実施件数/全報告件数) × 100 である。

技術が実施されていることがわかる。AとBでは土壌消毒実施割合がいずれも 20% 前後の大きな値を示している。土壌消毒に次いで実施割合が高いのは、有機物の投入ではほぼ 10% 前後の割合を示す。なお、連作障害回避のための根本的な技術である輪作の実施割合は8% 前後で必ずしも高くない。その他の対策としては、微量要素の施用、湛水除塩、田畑輪換、土壌改良剤の施用、薬剤防除等の対策が比較的実施されている。

以上の整理から明らかのように、農家1戸当たり経営耕地面積の狭いわが国においては連作をせざるをえず、連作障害の軽減あるいは回避を図るため土壌消毒、有機物の投入、薬剤の防除等を中心にさまざまな対策技術が組み合わせられ実施されていることがわかる。

III 指定産地における連作障害に起因する収量変動の統計解析結果

1 関東・東山地域における指定野菜の収量の伸び率

ここでは、野菜生産における技術進歩率の近似的指標として関東・東山地域 (静岡も含む) を定め、地域内での指定産地を除いたその他の産地の 10a 当たり収量の伸び率推定結果について考察する。第3表は、関東・東山地域の指定野菜の全作付面積ならびに収穫量から、当該地域における指定産地の作付面積、収穫量を差し引い

第3表 関東・東山地域における指定野菜の収量の伸び

種別・作型別	回帰係数		相関係数	相対伸び率 (%)
	推定値	T 値		
夏秋キャベツ	6.482	1.714	0.573	0.20
春キャベツ	22.250	1.748	0.581	0.61
冬キャベツ	78.827	8.082	0.957	2.27
冬春キュウリ	450.232	25.367	0.995	6.34
夏秋キュウリ	66.977	17.668	0.991	2.34
サトイモ	7.354	0.855	0.330	0.57
秋冬ダイコン	24.948	3.637	0.829	0.65
夏ダイコン	7.086	1.224	0.447	0.24
タマネギ	-62.123	-5.297	-0.908	-2.34
冬春トマト	255.826	29.837	0.997	3.16
夏秋トマト	110.603	5.073	0.901	1.90
夏秋ナス	-23.060	-7.051	-0.951	-0.75
冬春ナス	141.537	10.239	0.973	2.58
春夏ニンジン	27.090	4.529	0.880	1.12
冬ニンジン	134.167	14.653	0.986	5.41
秋ニンジン	0.623	0.212	0.086	0.03
秋冬ネギ	-10.821	-4.711	-0.887	-0.47
秋冬ハクサイ	-59.188	-4.659	-0.885	-1.41
夏ハクサイ	162.728	7.004	0.944	3.33
ジャガイモ	24.144	5.778	0.921	1.35
夏秋ピーマン	-5.403	-0.483	-0.194	0.17
冬春ホウレンソウ	6.619	1.949	0.623	0.43
春レタス	38.001	7.145	0.946	1.80
冬レタス	13.219	0.536	0.214	0.66
夏秋レタス	-39.399	-1.645	-0.558	-1.81

1. 計測期間：昭和 45～56 年  
計測データ：5 年移動平均データ
2. 推定式： $Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$   
( $Y_t = 10a$  当たり収量,  $X_t =$ トレンド,  $u_t =$ 擾乱項)
3. 自由度 7 のときの 1%, 5%, 10% 有意水準での T 値は、それぞれ 3.0, 1.90, 1.42 である。
4. 相対伸び率 = (回帰係数/平均収量) × 100

た時系列から 10a 当たり収量の推移を求め、さらにこれらの収量から気象変動による収量変動を 5 年移動平均をとって除去した収量時系列に時間を説明変数とする 1 次回帰式をあてはめ、収量の伸び率推定結果を示したものである。

まず、これらの推定結果の統計的な適合性について検討する。推定された回帰係数の信頼性の指標である T 値を見ると、25 種類の指定野菜の 64% を占める 16 の野菜については、いずれも 1% 水準で有意である。同様に 5% 水準では 17, 10% 水準では 20 種類の野菜の推定値が有意であり、推定値の信頼性は全体的に良好である。また、回帰モデルの適合性を示す相関係数を見ると、0.9 以上の値を示す野菜はほぼ全体の 50%, 0.8 以上では 64% に達する。

一方、回帰係数推定値の符号を見ると、タマネギ、夏

秋ナス、秋冬ネギ、秋冬ハクサイ、夏秋ピーマン、夏秋レタスについてはマイナスとなり、技術進歩による収量の向上が認められない。これらの野菜について、本当に技術進歩による収量の向上がなかったかどうかについては意見の分かれるところであるが、データの制約から検証が不可能であるため、ここでは一応これらの野菜の技術進歩による収量の向上についてはゼロとして処理を進めることにする。

なお、回帰係数推定値は毎年の収量の増加量を示すが、それぞれの野菜の絶対収量水準が異なるため相互にその大小を比較することができない。そのため、ここでは回帰係数推定値を平均収量で割り、さらに 100 を掛けて相対伸び率を求めた。この値は、毎年平均収量の何% に相当する収量の向上があるかを示す指標となる。これによって異なる野菜の収量の伸び率の比較が可能となるであろう。

相対伸び率が毎年 3% 以上で技術進歩による収量の向上が大きいのは、冬春キュウリ、冬春トマト、冬ニンジン、夏ハクサイの 4 品目である。同じく 1% から 3% の間の伸びを示すのは、冬キャベツ、夏秋キュウリ、夏秋トマト、冬春ナス、春夏ニンジン、ジャガイモ、春レタス等の野菜である。なお、1% 以下の比較的低い収量の伸びを示す野菜は、夏秋キャベツ、春キャベツ、サトイモ、秋冬ダイコン、夏ダイコン、秋ニンジン、夏秋ピーマン、冬春ホウレンソウ、冬レタス等である。

以上のように、収量の伸びは野菜の種類ならびに同一の野菜であっても作型が異なることによって差があることがわかる。

## 2 連作による収量低下現象の考察

### (1) モデルの適合性

ここでは、当該野菜の指定産地ごとに 5 年移動平均により気象変動を除去した収量時系列を求め、さらに前節で算出した技術進歩率の近似指標である収量の伸び率(指定産地以外)を差し引いた定常収量時系列に時間を説明変数とする回帰式をあてはめた結果について総括的に考察する。指定野菜ごとに回帰係数推定値ならびに相関係数が 10%, 5%, 1% 水準で有意である産地数とその全産地に占める割合を見ると、指定野菜全体の 77.6%, 72.6%, 61.2% がそれぞれ 10%, 5%, 1% 水準で有意であり、推定値の信頼性は全体的に見て良好である。

個々の野菜ごとの推定値について見ると、サトイモ、秋ニンジン、ジャガイモ等の根菜類ではすべての産地でいずれも 1% 水準で有意である。また、春キャベツ、タマネギ、夏秋ナス、冬ニンジン等の推定値については

80%以上の産地でいずれも1%水準で有意である。一方、冬キャベツ、夏秋キュウリ、冬春ホウレンソウについては、その他の野菜に比較して不安定な推定値を示す産地が比較的多く含まれている。さらに、相関係数の有意性について見ると、指定野菜全体で78.6%、74.6%、66.2%がそれぞれ10%、5%、1%水準で有意であり、モデルの適合性は良好である。

(2) 指定産地の収量の伸びと変動

ここでは、指定産地における定常収量の伸び率推定結果と収量変動の大きさを、主として変動係数を算出することによって検討する。第4表は指定産地における定常収量の伸び率推定結果ならびに変動係数算出結果に関する総括表である。

定常収量の伸びが負である産地(すなわち、連作障害の発生に起因する収量の低下現象が認められると考えられる)数は、101産地で全体の50.2%を占める。以上の分析から明らかなように、指定産地のうちのほぼ半数近くが連作障害の発生によって収量が低下していると考

えられる。このように、統計数字の上からも多くの野菜指定産地において連作障害が深刻な問題となっていることがよくわかる。

しかしながら、野菜の種類別に定常収量の伸び率を詳細に検討すると、連作障害による収量の低下現象は野菜の種類によってかなり様相を異にしていることがわかる。特に、冬春ナス、冬ニンジンについては、すべての指定産地で定常収量の伸びが負となっている。また、冬春キュウリ(81.8%)、冬春トマト(76.5%)、夏秋トマト(84.6%)、夏ハクサイ(88.9%)、ジャガイモ(75%)、冬春ホウレンソウ(75%)等については、いずれも70%以上の指定産地で定常収量の低下現象が認められる。これらの野菜については、いずれもこれまでのアンケート調査でも連作障害の発生が比較的多く報告されており、本稿での統計分析結果の妥当性は高いといえよう。

一方、春キャベツ(28.6%)、タマネギ(0%)、春夏ニンジン(0%)、秋ニンジン(0%)、秋冬ネギ(22.2%)、秋冬ハクサイ(20%)については、相対的に定常収量が低下している産地が少なく連作障害が現れにくいことを示している。

また、ハクサイやキャベツの場合に顕著であるが、一般的に作型によって連作障害の出現度合はかなり異なっている。これらの結果は、作期の移動などによっても連作障害は軽減可能であることを示すものであろう。

次に変動係数について検討する。変動係数が大きいほど、収量の変動が大きいことを示す。指定産地以外の変動係数より指定産地平均のそれが小さいのは、サトイモ、冬春ナス、冬ニンジン、夏ハクサイ、夏秋レタス、冬レタスのみであり、その他の指定野菜についてはいずれも指定産地の収量変動のほうが高いことを物語っている。指定産地平均の変動係数の値が指定産地のそれの2倍以上の値を示すのは、夏秋キャベツ、夏秋キュウリ、秋冬ダイコン、夏ダイコン、夏秋ナス、春夏ニンジン、秋ニンジン、秋冬ネギ、秋冬ハクサイ、冬春ホウレンソウ等の野菜である。一方、個々の指定産地の定常収量の変動係数を見ると、夏秋キュウリ、秋冬ダイコン、夏ダイコン、夏秋トマト、夏秋ナス、春夏ニンジン、秋ニンジン、秋冬ネギ、秋冬ハクサイ、ジャガイモ、冬春ホウレンソウ等については、すべての指定産地の収量変動が指定産地以外のそれよりも大きいことを示している。

以上の分析から明らかなように、昭和41年の指定産地制度の発足以降、多くの産地で連作が一般化し、連作障害の発生により収量の低下現象ならびにより大きな収量変動が生じていることが統計数字上から確認すること

第4表 指定産地の定常収量の伸びと原系列の変動係数

種別・作型別	A	変動係数		
		指定産地以外	指定産地平均	B
夏秋キャベツ	37.5	4.01	8.14	87.5
春キャベツ	28.6	10.24	14.41	71.4
冬キャベツ	60.0	10.88	17.34	80.0
冬春キュウリ	81.8	21.54	21.60	45.5
夏秋キュウリ	50.0	7.79	19.93	100.0
サトイモ	50.0	15.50	12.14	50.0
秋冬ダイコン	33.3	5.47	19.14	100.0
夏ダイコン	33.3	5.06	13.20	100.0
タマネギ	0	13.26	16.37	63.6
冬春トマト	76.5	12.67	17.24	70.6
夏秋トマト	84.6	9.26	14.42	100.0
夏秋ナス	42.9	4.13	14.45	100.0
冬春ナス	100.0	12.60	6.23	0
春夏ニンジン	0	9.89	24.79	100.0
冬ニンジン	100.0	19.61	16.62	20.0
秋ニンジン	0	3.77	17.67	100.0
秋冬ネギ	22.2	2.71	13.26	100.0
秋冬ハクサイ	20.0	7.94	20.67	100.0
夏ハクサイ	88.9	16.31	13.16	33.3
ジャガイモ	75.0	6.35	9.78	100.0
夏秋ピーマン	42.9	9.33	17.49	85.7
冬春ホウレンソウ	75.0	4.76	21.86	100.0
春レタス	50.0	9.02	12.39	66.7
夏秋レタス	33.3	24.35	10.89	8.3
冬レタス	42.9	21.31	18.68	28.6

1. Aは(定常収量の伸びが負である指定産地数)/(当該野菜の全指定産地数)×100である。
2. Bは指定産地以外の変動係数より指定産地の変動係数が大きい指定産地数の当該野菜の全指定産地数に対する割合を示す。



## マイマイ類の生殖と行動

たけだ なおくに  
東邦大学理学部生物学教室 武田直邦

## はじめに

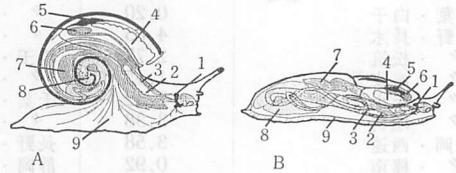
マイマイとは、陸産の大型貝類の学術的総称であり、その名は殻が巻いてあることに由来する。これらの陸貝は、分類学上軟体動物の腹足綱に属する。また、ナメクジ類はマイマイ類に発した殻の退化したものであり、コウラナメクジ類などでは、殻のなごりの石灰質の殻が見られる。ほとんどの軟体動物は海産であり、わずかに腹足綱のうちマイマイ、ナメクジなどの属する有肺亜綱と、オカタニシ、ヤマタニシなどの属する前鰓亜綱の一部が陸上生活に適応しているにすぎない。これらの種は現在 800 ほどあるが、特にアフリカマイマイ (*Achatina fulica*)、ウスカワマイマイ (*Acusta despecta*) およびナメクジ類 (*Limax* や *Deroceras* 類) などは、農作物や園芸植物を食害したり、病原菌を媒介したりする有害動物となっている。

本稿では、これらマイマイ類の生殖や行動について概観し、さらに、これらのことを踏まえて防除の観点から考察してみることにする。

## I 一般的特徴

マイマイやナメクジ類の属する有肺亜綱の種は、名が示すように、無脊椎動物では珍しく肺呼吸を行っている。殻の入口の肉質部や外套膜の付近には肺孔(呼吸孔)があり、呼吸に合わせて開閉するのが見られる。有肺類は眼の付いている位置から基眼目と柄眼目に分けられる。基眼目とは触角の基部に眼を持つ種で、ケンガイ類や淡水産のモノアラガイなどがこれに属し、柄眼目とは触角の先端に眼を持つ(視触角)種で、陸生有肺類のほとんどはこれに属する。マイマイおよびナメクジ類の内部形態の概略を第1図に示した。他の無脊椎動物と異なり、生殖口や肛門(ナメクジ類)までも体前方の口のすぐそばに存在している。マイマイ類の殻の巻き数、すなわち螺層は5から6であり、そのうち約 1.5 は胎殻と呼ばれ、ふ化時より見られるものである。殻内表層部および外套膜周辺にはカルシウム分泌腺があり、殻の成長や破損時の補修に関与している。これらの種は、植物などを中心に摂食する雑食性であるが、特徴的なことは、

Breeding and Behavior in Terrestrial Pulmonates.  
By Naokuni TAKEDA



第1図 マイマイ (A) およびナメクジ (B) の内部形態の模式図

1: 脳, 2: だ液腺, 3: 直腸, 4: 外套腔,  
5: 心臓, 6: 腎臓, 7: 生殖腺系, 8: 肝臓,  
9: 腹足

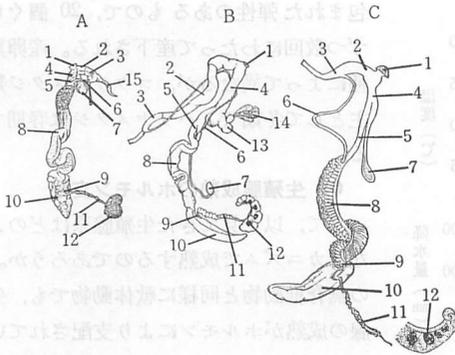
口の中に歯舌と呼ばれるおろし金状の構造物が多数存在し、これらを用いて食物を削り取っていることである。その他、腹足を中心とした体表面におびただしい粘液腺の発達が見られる。これらの腺から分泌される粘液は、主として歩行を円滑にするのに用いられるもので、はい回った跡は“銀色の道”として残るため、生息状況を調べるのにつごうがよい。

## II 生殖現象

## 1 生殖器官

マイマイ類に見られる生殖の大きな特徴は、これらの種が雌雄同体であることである。すなわち、同一個体の生殖腺の中に雄の機能をする部分と雌の機能をする部分とが共存することである。生殖腺の構造は基本的には同じであるが、種により粘液腺、矢嚢およびべん状器などの存在が異なる。第2図に、ナメクジ、マイマイおよびアフリカマイマイの生殖腺系を示した。卵や精子を造り出す両性腺は、マイマイ類では殻の上端部の肝臓の中に分枝して点在しているが、ナメクジ類では一塊となって体後方に位置している。両性腺はまた再生が可能であり、破損するようなことが生じても両性管から再生し、生殖ができるようになる。

これらの種の生殖腺に両性の機能が備わっているとはいえ、いわゆる自家受精が常時起こるわけではない。ほとんどの種は交尾をして互いに精子を交換しているのが常態である。成熟した卵と精子は共に両性管を通じて進み、卵のほうは受精腔で相手方から来た精子と受精し、タンパク腺からの分泌物をうけて大きくなる。受精卵はさらに両性輸管の雌性部、輸卵管それに腔部を通じて産下される。一方、精子のほうは両性輸管の雄性部を通



第2図 コウラナメクジ (*Limax flavus*: A), ウスカワマイマイ (*Acusta sieboldiana*: B) およびアフリカマイマイ (*Achatina fulica*: C) の生殖器官

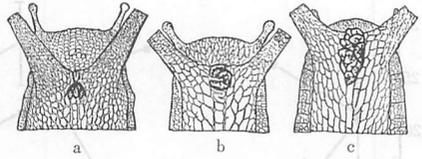
1: 生殖口, 2: 陰茎しょう, 3: 陰茎, 4: 腔, 5: 輸卵管, 6: 輸精管, 7: 受精囊, 8: 両性輸管, 9: 受精腔, 10: タンパク腺, 11: 両性管, 12: 両性腺, 13: 矢囊, 14: 粘液腺, 15: べん状器

ウスカワマイマイの属するオナジマイマイ科の種には矢囊や粘液腺などがあるが、アフリカマイマイやナメクジ類では見られない。また、べん状器の存否もまちまちである。

り、輸精管を経て陰茎に送られ、ここで精包に仕立て上げられる。精包は交尾により相手の受精囊に送られ、精子は活性化して受精腔に進むことになる。交尾から産卵までの期間は種や環境条件により異なるが、アフリカマイマイでは約1か月、ウスカワマイマイでは2~3週間、それにナメクジ類では約3週間ほどである。

## 2 交尾行動

交尾行動に関しては、様々な興味あることが知られている。交尾は通常湿った日の夕方から夜にかけて行われ、その時間は3~4時間に及ぶ。マイマイ類の視触角の間には、上皮細胞の塊である頭瘤と呼ばれる器官がある(第3図)。これはすべてのマイマイに見られるものではなく、また形状も種により異なる。マイマイ類が交尾の相手を見つけないのは、動き回った結果のチャンスであるが、相手を見つけると触角などで互いに触れ合ったのち、両者は向き合って長い間対峙する。その後、互いに頭瘤を反転状に突出し合い、ここから相手に性的興奮を促す性フェロモンを放出する。この性フェロモンは昆虫などに見られるような強い誘引性はなく、いわゆる催いん剤として作用している。頭瘤はウスカワマイマイにはあるが、アフリカマイマイやナメクジ類には見られない。その他、オナジマイマイ科の種には矢囊があり、そこには刀身状の石灰質の矢が収まっている。この矢は



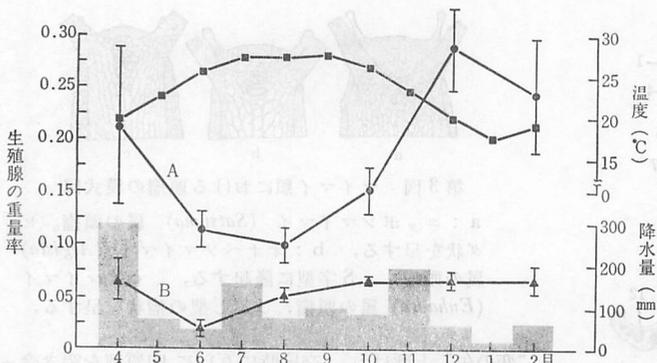
第3図 マイマイ類における頭瘤の模式図

a: ニッポンマイマイ (*Satsuma*) 属の頭瘤。ヒダ状を呈する, b: オオベソマイマイ (*Aegista*) 属の頭瘤。S字型に隆起する, c: マイマイ (*Euhadra*) 属の頭瘤。こぶし型の瘤状を呈する。

“恋の矢”と呼ばれ、交尾時に互いに肉質部を突き合せて興奮を高めるのに用いられている。この矢は交尾後多くの種で脱落するのが常であるが、10日ほどで再生もされる。ウスカワマイマイでは、恋の矢はさらに相手の腔内から受精囊に入る。アフリカマイマイやナメクジ類には見られない。ナメクジ類の交尾はマイマイ類とは異なり、陰茎しょうを反転させて体外に出し、ふくらませて互いに絡み合わせて巴型となり、長時間を経てから精包が交換される。

## 3 アフリカマイマイの生殖

アフリカマイマイはわが国では小笠原や沖縄地方で著しく繁殖し、植物検疫の対象となる種であるが、生殖の実態は最近ようやく調べられ始めたにすぎない。本種も他のマイマイ類と同様、卵と精子の成熟がほぼ同時に進行する同時的(常時的)雌雄同体である。産卵の常態は春期の5~6月ごろと秋期の10月ごろであるが、活性は春期が圧倒的に高い。秋期の産卵活性は、その年の気象条件にかなり左右されるが、室内の23°C恒温下で飼育した個体では例年見られている。体内における卵保有は約5cm以上のものに認められる。1回の産卵数は50~150ぐらいで数回行い、産下された卵はほぼ2週間ほどでふ化する。ふ化率は約60~70%ぐらいである。成貝になるまでの期間は1.5年~3年と幅広く、寿命も長いもので5~10年とまちまちである。第4図は生殖腺の重量の季節的变化を示したものである。生殖腺系全体の重さは、産卵後の6月ごろに低下するが、その後は漸次ゆるやかに上昇し、ほぼ一定の値を示す。生殖腺系のうち、もっとも典型的な付属器官は、卵にガラクトーゲンを中心とした粘液物質を分泌するタンパク腺である。この腺の全生殖腺に対する重量の割合は大きく、産卵期の後に減少するものの、また再び増加し、生殖期と密接な関係にあることが示される。組織像を見ると、産卵期の腺細胞は分泌顆粒で充満しているが、産卵後はしばらく不活性の状態が続く、その後再び産卵期に向かって漸次合成能が高まっている。季節的に成貝の両性腺の発



第4図 小笠原産アフリカマイマイの生殖腺重量の季節的变化  
 A: タンパク腺/全生殖腺, B: 全生殖腺/無殻全体重, 生殖腺のうち、大きな割合を占めるタンパク腺は、産卵と関係して変動する。

達を見ると、一般に、産卵後から12月にかけては、卵および精細胞ともに未熟であるが、2月ごろより成熟が開始され、5、6月ごろには成熟したものが多く見られる。8月には卵と精子が放出された後の退縮期の様相が見いだされる。また、10月にも一部の個体において成熟した卵と精子が見られ、秋期における産卵はこれらの個体によってなされることが示された。アフリカマイマイの生殖現象を環境との関係から見ると、小笠原地方などは亜熱帯の海洋性気候で、年間平均気温は23°Cで変化が少ないことなどから、本土とは異なり繁殖するには非常によい状態であると見られる。また、春秋に見られる降雨量の増加は、後述のようにマイマイ類の活動性を増加させるので、個体間の接触する機会も増え、生殖にもつながるものと見られる。

4 ウスカワマイマイの生殖

ウスカワマイマイは本州以南に広く分布しており、冬期は幼貝または成貝で草木の根もとや土の中で越冬する。産卵は春期に高く、秋期に低い2峰性を示すものが多いが、地方により若干異なる。平均1回につき10~20個の卵を数回に分けて総計約100個ほどを産下する。卵は1週間ほどでふ化する。通常、春の産卵は越冬成貝によるもので、これらの個体は産卵後死に、越冬幼貝は秋期を中心に産卵を続ける。他のマイマイと同様、同時的雌雄同体である。

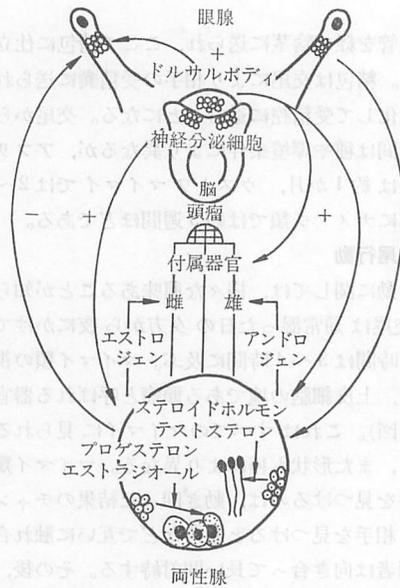
5 ナメクジ類の生殖

在来種のナミナメクジ (*Incialia*) 類は外来種であるコウラナメクジやノハラナメクジ (*Deroceras reticulatus*) に押され、現在では少なくなりつつある。これらの種では、はじめに精子形成が進み、重複する時期を経て卵形成が起こる雄性先熟の雌雄同体現象を呈している。卵はマイマイ類とは異なり卵殻がなく、薄い半透明な卵膜に

包まれた弾性のあるもので、20個ぐらいずつ数回にわたって産下される。産卵期は種によって異なるが、コウラナメクジ類は主として冬期でノハラナメクジは春期である。

6 生殖腺成熟のホルモン支配

さて、以上見てきた生殖腺系はどのようなメカニズムで成熟するのであろうか。他の無脊椎動物と同様に軟体動物でも、生殖腺の成熟がホルモンにより支配されていることが示されている。この研究はナメクジ類に始まり、モノアラガイからエスカルゴ類に及ぶようになったが、陸貝に関しては少ない。これらの種では、ホルモンを分泌する内分泌器官の発達の状態などが異なるため、生殖腺成熟のホルモン支配を統一的に説明できない面もあるが、大略は次のようになる(第5図)。脳神経節の背方にドルサルボディと呼ばれる内分泌腺の発達している種では、生殖腺の成熟の多くはこのホルモンによって制御されている。すなわち、ドルサルボディのホ



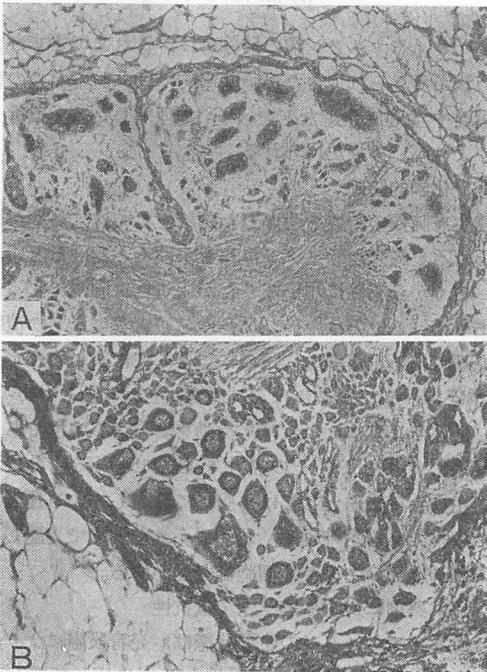
第5図 陸生有肺類における生殖腺成熟の模式図

内分泌器官の発達は種により異なることもあり、生殖腺の成熟については、ドルサルボディのホルモンが両性腺や付属腺に直接作用する種や、眼腺および脳の神経ホルモンが両性腺に作用し、そこで産生されたステロイドホルモンが卵と精子それに付属腺の発達に関与している種、およびそれらの中間型の種などがある。

ルモンは両性腺における卵の成熟およびタンパク腺などの主要な付属器官の分化・成熟に作用している。一方、ドルサルボディの発達していない種では、脳神経節の神経分泌細胞に由来する神経ホルモンが両性腺に作用して、エストラジオールなどの雌性性ステロイドホルモンを産生せしめ、このホルモンの作用で卵および雌性の付属器官が分化・成熟する。また、眼のそばにある眼腺からも両性腺を刺激するホルモンが分泌され、このホルモンの作用で、テストステロンが産生され、その作用で精子形成や雄性の付属器官の分化・成熟が起こる。頭瘤の発達もこのホルモンによる。眼腺におけるホルモンの分泌は、神経ホルモンによる促進作用と、テストステロンによる負のフィードバックにより調節されている。その他、神経ホルモンが精子形成や体成長に関与しているとの報告もなされている。アフリカマイマイでは、ドルサルボディの発達も顕著に見られるが、性ステロイドホルモンも産生されている。

### III 行動の誘起

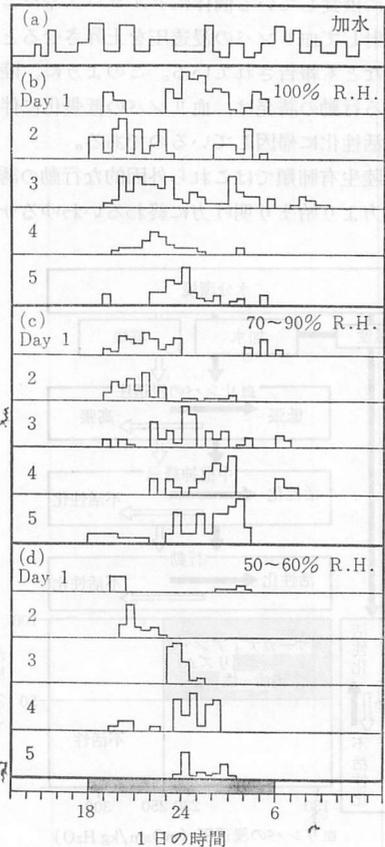
マイマイやナメクジなどは、雨天時などの湿った状態のときに活動するのが常であるが、これはどのような理



第6図 血リンパの浸透圧変化に対するアフリカマイマイの脳の神経細胞の反応

高浸透下では、間脳部神経細胞群が脱水状の不活性な像を呈する(A)が、低浸透下では活性像を呈する(B)。この反応は可逆的に見られる。

由によるのであろうか。陸生の貝類における生理学上の大きな特徴は、血リンパの濃度が水分環境により大幅に変動することと、これに対する耐性が備わっていることである。特にマイマイ類では、殻口部に粘液やカルシウムからなる膜を張り、休眠状態となって長期の乾燥状態に耐えられる。なお、軟体動物は解放血管系であり、血リンパとは脊椎動物の血液、リンパ液および組織液を兼ねるものである。アフリカマイマイの場合、血リンパの浸透圧は 120~400 mOsm にわたって変化する。すなわち、陸生有肺類の外皮は水に対する透過性が高く、血リンパは降雨などによる加水ではもちろんのこと、高温条件ですら容易に希釈されるとともに、乾燥条件下では逆に濃縮されるのである。多くの動物には体液の恒常性の維持の機構が備わっており、ヒトでは 290 mOsm と一定



第7図 アフリカマイマイの日周期活動

アフリカマイマイは夜行性のサーカディアンリズムを示す。このリズムは湿度が低下するにつれて不明りょうとなり、50% 以下では見られなくなる。また、このリズムは加水により乱れ、マイマイは終日活動するようになる。

である。この血リンパの変動と行動の誘発とは密接に関係し、雨などで血リンパが希釈されたマイマイ類では行動活性が高く、逆に晴天下で濃縮されたものでは行動が見られなくなる。行動の誘発のような現象は、第一義的に神経系によって制御されるのが常である。加水されて活動的なものと、乾燥条件下に置かれたマイマイの脳神経節の神経細胞を見ると、前者のほうは著しい活性を示す反面、後者のほうは脱水状態のような不活性な像を呈するのが認められる(第6図)。この活性の変化は、摘出した中枢神経系の特定の神経細胞から細胞内電位を誘導し、外液の浸透圧を変化させる電気生理の実験からも裏付けられる。すなわち、外液が低張化するにつれて特定の神経細胞が活性化したり、また、低張の塩類溶液にグルコースを加えて単に浸透圧を上昇させるだけで発火数が減少することなどが見いだされている。ナメクジ類では、盛んに摂食している個体にグルコースやマニトールなどを注射して血リンパの浸透圧を上昇させると行動がやむことなども報告されている。このように、陸生有肺類における行動の誘発は、血リンパの低張化に伴う運動神経系の活性化に帰因しているのである。

一方、陸生有肺類ではこれら外因的な行動の誘発のほかに、夕方より始まり明け方に終わるいわゆるサーカデ

ィアンリズムがあることも知られている。アフリカマイマイにおけるサーカディアンリズムを第7図に示した。このリズムは恒明下でも恒暗下でも、また、視触角を切除した個体でも明りょうに認められるが、前述のように、加水または高温条件下ではかなり乱れがでてくる。湿度が50%以下では行動が起こらなくなるなどから、サーカディアンリズムの誘発には少なくとも50%以上の湿度条件が限定要因となっている。これを血リンパの浸透圧から見ると、130~230 mOsm となる。血リンパの浸透圧の上昇とともに活動性は低下し、250~300 mOsm の範囲では強い刺激がない限り反応せず、330 mOsm 以上ではまったく反応は見られなくなる。これらの現象は加水により可逆的に変化する。なお、血リンパの浸透圧にはリズム性は見られない。また、内因性の体内時計は、脳の中央神経分泌細胞群にあることが示唆されている。

以上のように、陸生有肺類の行動誘発は、外因性の水分要因と内因性の体内時計によるものの二つに大別される。第8図はこれらのことを模式的に示したものである。

#### IV 防除について

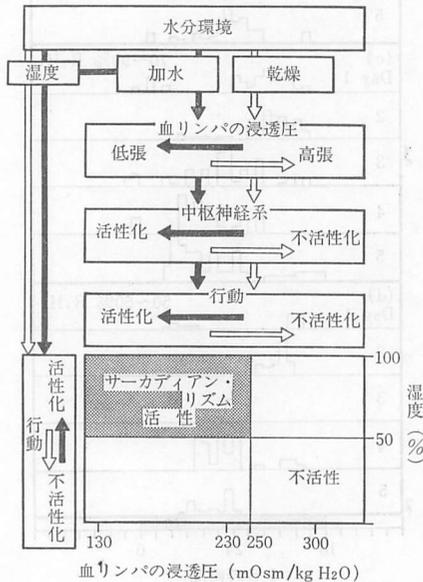
マイマイやナメクジ類の防除には、これまでさまざまな方法が考えられてきたが、基本的には、おのおの種の習性や生理的状态などを十分に理解したうえで行えば、より高い効果が得られる。

##### 1 化学的防除

陸生有肺類の特性を生かした防除としては、農薬が挙げられる。従来、ナメクジに塩をかけると溶けるといわれ、古くから駆除に用いてきたが、これは脱水による死であり溶けることはない。いわゆる“青葉に塩”の漬物の原理である。農薬の作用の一つとしては、この脱水死が挙げられる。第2には“神経毒”としての作用がある。前述のように、これは、行動を誘発する中枢である神経系に作用して、その作用を破壊せしめるものである。主要な神経系としては、腹足に分布している運動神経の中枢である足神経節、およびそれを上位で支配している脳神経節の中央神経細胞群などがある。

##### (1) 薬剤に対する感受性・抵抗性

マイマイやナメクジの生理状態は、発育段階により異なるので、薬剤に対する感受性もそれに応じて変化する。一般に、マイマイ類は殻を持つことなどから、ナメクジ類よりも薬剤抵抗性が高い。ふ化後間もないものや繁殖期のもは、薬剤に対する感受性が高い。若い個体、産卵後の個体および老熟した状態のものでは抵抗性



第8図 陸生有肺類における行動解発の模式図

行動解発の要因は水分環境であり、降雨などの加水で血リンパの浸透圧が低下すると、特定の神経細胞が活性化し、行動が解発される。また、乾燥した晴天下などでは、血リンパの浸透圧が上昇し、神経が不活性化し、活動が停止する。

が強い。性成熟前のもものでは特に強い。また、春先の休眠からさめたものや、夏眠中のもも抵抗性が強い。概して、秋期のほうが春期よりも抵抗性が少ない。その他、色素沈着の多い種、大型の種およびタンパク質の摂取量の多い個体は、抵抗性が強い。

### (2) メタアルデヒド剤

本薬剤は主としてふすまや米ぬかに混ぜて作る毒餌として導入されたもので、誘引性も毒性もあるが回復性も見られる。すなわち、刺激性があり接触により粘液の分泌が促され、脱水されて活動が停止し死に至る。誘引性は低濃度でも見られるが、それでは毒性がない。ナメクジ類の場合は接触効果も見られるが、マイマイ類の場合は摂食されてから神経毒として効果を現す。日光に当たると急速に効果を失う。速効性はなく、中毒した個体は麻痺状態で数日間生存し、その間降雨や高湿が続くと回復するケースが多く見いだされる。

### (3) カーバメート系剤

カーバメート化合物は、殺虫剤や除草剤および殺菌剤として効果のあるものであるが、ナメクジやマイマイ類の駆除にも有効である。主なものとしては次のものが挙げられる。

- a) NAC (1-naphthyl-N-methylcarbamate)
- b) イソラン (1-isopropyl-3-methyl-5-pyrazolyl-N, N-dimethylcarbamate)
- c) メキサカルベート (4-dimethylamine-3,5-xylyl-methylcarbamate)
- d) メルカプトジメツール (3,5-dimethyl-4-methylthiophenyl-N-methylcarbamate)
- e) カルボフラン (2,2-dimethyl-2,3-dihydrobenzofuranyl-7-N-methylcarbamate)

これらの薬剤は、また、メタアルデヒド剤と混合することにより、より効果を増すケースが多い。

### (4) 実施にあたって

薬剤の実施にあたっては、温暖で高湿な日で、その後晴天が予想される日の夕方をもっともよい。降雨の前などは避ける。また、毒餌は毎日取り換えるのがよい。その他、特にナメクジ類などには、一度はい回った跡に後日また戻る習性もあるので、生息状況の把握や実施にも役立つ。種によって薬剤に対する感受性が異なるが、いずれにおいても毒餌よりスプレー散布のほうが効果がある。濃度はメタアルデヒドでは 0.04%、NAC では 1%、イソランでは 0.12%、メキサカルベートでは 0.05% ぐらいが適当である。なお、アフリカマイマイの卵には硫酸銅が効果的である。

## 2 生物学的防除

生物学的防除としては、肉食性のマイマイなどを導入して駆除を図ろうとするものであるが、アフリカマイマイにはハンタースネイル *Gonaxis kibweziensis* と称される 2 cm ほどのマイマイが効果があると言われている。これはグアム島のそばのアギグアン島でその効果が証明され、アフリカマイマイは 60% も減少したという。また、繁殖力もおう盛で年間で 50 倍にも増えると言われる。その他、オカヒタチオビガイ *Euglandina rosea* もあるが、効果が上がるほどではない。マイマイ以外のものとしては、扁形動物のコーガイビルの一種 *Geoplana septemlineata* はハワイでアフリカマイマイやナメクジ類の駆除に用いられているが、効果のほうは定かではない。これとは別に、小笠原地方には数十種に及ぶマイマイが天然記念物になっている。これらのマイマイを残してアフリカマイマイのみを駆除するのは至難の技と言えよう。

## 3 物理的防除

手間はかかるが、確実に効果の上がる防除は捕殺したりバリケードを築くことである。

### (1) トラップを用いる法

マイマイ類は夜間から明け方にかけて行動し、早朝隠れ場所を探すので、周囲の障害物を取り除いてきれいにし、湿らせたダンボールや新聞紙、布きれなどを置いておくとそこに集まってくるので、毎朝チェックすればよい。キャベツなどの餌を入れておくとなお効果的である。

### (2) バリアー

保護するものの周囲に水路を築いたり、食塩や石灰、硫酸銅などをまいてバリアーとする。また、銅や亜鉛などの金属に忌避作用を示すケースが多いので、これらの板を木などの根もとにまいておくと加害されずに済む。その他、ウスカワマイマイなどは酸性の場所に発生しやすいので、石灰などを散布することなども効果的である。

## おわりに

以上、陸生有肺類の生殖や行動を、防除法も含めて概観した。マイマイやナメクジの生殖や行動は、昆虫などのそれらとは異なるおもしろさがあり、今後の研究の発展が期待される。また、防除に関しては、発生地方の公共体などによる基礎的研究を踏まえた、規模の大きく統一のとれた指導が必要と思う。これらの種では昆虫などの場合と同様、発育の季節的動態を把握することにより発生の子察ができるので、発生地方の調査が必要とされる。この小文が、マイマイ類に関心のある方の参考にて

もなれば幸いである。

### 引用文献

河野昌弘 (1968) : 鹿児島たばこ試報 15 : 1~56.

伊賀幹夫 (1982) : 植物防疫 36 : 24~28.

MEAD, A.R. (1976) : Economic malacology with particular reference to *Achatina fulica*. Academic Press, London, New York & San Francisco, pp. 150.

武田直邦 (1981) : ホルモンと適応 (共著), 学会出版センター, 東京, pp. 149~172.

——— (1982) : 遺伝 36 (10) : 31~40.

——— (1983) : 行動とホルモン (共著), 学会出版センター, 東京, pp. 11~48.

——— · 杉山完司 (1984) : 貝類学雑誌 43 : 72~85.

——— · 長谷川和範 (1984) : 同上 43 : 353~362.

——— · 武田 恵 (1985) : 同上(投稿中).

(19 ページより続く)

#### ☆神戸植物防疫所

今村 毅氏 本所業務部国際第一課輸入第1係長  
 吉岡 秀正氏 “ “ “ 輸入第2係  
 高島 哲夫氏 “ “ “ “  
 前島 勇氏 “ “ 国際第二課防疫管理官  
 荒牧富士夫氏 “ “ “ 輸入第1係  
 後藤 誠氏 “ “ 国際第三課防疫管理官  
 堂園 陸男氏 “ “ “ 輸入第2係長  
 山本 正宗氏 “ “ 国内課防疫管理官  
 友松 重光氏 “ “ “ 種苗係長  
 佐々木 晃氏 “ “ “ “  
 松本 信弘氏 “ “ “ 防除係  
 村田 哲夫氏 伊丹支所国際第1係  
 平松 正氏 “ 国際第2係長  
 夏目 耕治氏 “ 国内係  
 中崎 国一氏 大阪支所国内係長  
 安部 凱裕氏 “ 舞鶴出張所長  
 三好 彰氏 “ 岸和田出張所  
 土井 一良氏 広島支所国際係長  
 岡本 哲夫氏 “ 国内係長  
 坂本 富氏 “ 浜田出張所  
 藤澤 隆紀氏 “ 水島出張所  
 片岡 多聞氏 坂出支所防疫管理官  
 北田 尚志氏 “ 今治出張所  
 米田 雅典氏 本所業務部国際第一課輸入第1係 (採用)  
 宮路 典彦氏 “ “ “ 輸入第2係 (“)  
 藤井 公治氏 “ “ “ 輸入第3係 (“)  
 大形 浩氏 “ “ “ “ (“) (3月31日付)  
 宇都宮靖太郎氏 “ “ 国際第三課輸入第1係 (“)  
 今井 潤一氏 “ “ “ 輸入第3係 (“)  
 岡本 隆晴氏 退職

神戸植物防疫所業務部国内課種苗係長  
 “ “ “ “ 広島支所水島出張所  
 門司植物防疫所下関出張所  
 神戸植物防疫所業務部国際第三課防疫管理官  
 “ “ “ “ 広島支所浜田出張所  
 “ “ “ “ 業務部国内課防疫管理官  
 “ “ “ “ 伊丹支所国際第2係長  
 “ “ “ “ 業務部国際第二課防疫管理官  
 中国四国農政局生産流通部農産普及課植物防疫係長  
 神戸植物防疫所業務部国際第三課輸入第3係  
 国土庁小笠原総合事務所  
 横浜植物防疫所成田支所業務第一課携帯品第3係  
 神戸植物防疫所伊丹支所国内係  
 “ “ “ “ 業務部国内課防除係  
 神戸植物防疫所坂出支所今治出張所  
 名古屋植物防疫所国内課防疫管理官  
 神戸植物防疫所大阪支所国際第1係  
 “ “ “ “ 業務部国際第三課輸入第2係長  
 “ “ “ “ 大阪支所岸和田出張所  
 “ “ “ “ 業務部国際第一課輸入第2係  
 “ “ “ “ 伊丹支所国際第1係  
 “ “ “ “ 広島支所国際係長  
 名古屋植物防疫所豊橋出張所

神戸植物防疫所業務部国際第一課輸入第2係 (3月31日)

#### ☆門司植物防疫所

細川 一伍氏 本所国際課長  
 中須 和俊氏 “ “ 防疫管理官  
 阿久根光明氏 “ “ “ “  
 坂之内踐行氏 “ “ 第1係長  
 吉永 修治氏 “ “ “ 輸入第2係  
 川南 忠樹氏 “ “ “ “ 下関出張所  
 新開 邦男氏 “ “ “ “  
 上和田 誠氏 “ “ “ “  
 河野 正直氏 “ “ “ “ 苅田出張所長  
 山下 文男氏 “ “ “ “

那覇植物防疫事務所国際課長  
 門司植物防疫所福岡支所長崎出張所長  
 “ “ “ “ 国内課防疫管理官  
 “ “ “ “ 名瀬支所調査係長  
 “ “ “ “ 下関出張所  
 “ “ “ “ 鹿児島支所  
 “ “ “ “ 福岡支所板付出張所  
 “ “ “ “ 苅田出張所  
 “ “ “ “ 国際課防疫管理官  
 “ “ “ “ “

(41 ページに続く)

# 土壌病害に対する発病抑止土壌の存在と その抑止機構

農林水産省農業環境技術研究所 こ ばやし のり ひこ  
小 林 紀 彦

## はじめに

近年畑作物産地において連作障害が顕在化し、その障害による被害は年々増加の傾向を示しており、産地の移動など社会的問題となっている。この原因として同一土壌に同一作物を強度に連作することによる土壌の物理性、化学性の劣悪化、それに伴う根圏環境の悪化や根の活性低下などがいわれているが、これらの結果は適地適作を無視して栽培してきた当然の報いとは考えられないだろうか。ところが、このような過酷な連作条件下においても土壌病害の発生がほとんど認められないかまたは少ないほ場（土壌）を見いだすことがある。このような土壌を発病抑止土壌（disease suppressive soil）と呼ぶ。発病抑止土壌とは病原菌が存在し、感受性品種を栽培しても発病が相対的に少ない土壌をいい、単に発病が少ない土壌すべてを指さない。なぜなら土壌が病原菌によって汚染されていない場合や汚染されていても抵抗性品種や非宿主作物を栽培した場合とは事情を異にする。土壌に病原菌が存在し、そこに感受性品種を栽培しても発病が皆無か少ない土壌であることにきわめて重要な意味がある。このような土壌はそれ自体発病を抑制する性質を備えており、その抑止機構を解明することは土壌病害の生態的、生物的防除への素材を提供するものと期待されている。

発病抑止現象は非宿主作物との輪作、無機・有機質肥料の施用、栽培環境の改良などによっても認められるが、本稿では土壌の持つ固有の性質に主眼を置いて発病抑止現象の機作を述べることにする。

なお本稿を草するにあたり、抑止土壌の探索に関する研究に終始温かい御支援を賜った関東・東山・東海地域の公・国立試験場の方々に謹んで感謝の意を表する。

## I 発病抑止土壌の存在と研究の歴史

発病抑止土壌の存在は古くから国の内外を問わず、多くの種類の土壌病原菌について知られている（第1表）。

Distribution of Suppressive Soils to Soil-borne Diseases and Their Mechanisms of Suppressiveness. By Norihiko KOBAYASHI

これらの抑止土壌を病原菌の定着ならびに病害発生の視点から大別すると次の三つのタイプに分かれる（BAKERら、1974）。

- ① 病原菌は容易に定着できず、発病が少ない土壌
- ② 病原菌は定着できるが、発病が少ない土壌
- ③ 病原菌が定着し、初めは激しい発病を見るが、宿主作物の連作に伴い発病が漸減する土壌

これらの抑止土壌における抑止機構を解明してきた研究成果を見ると二つの大きな流れがあり、その一つは土壌の物理性、化学性に抑止要因を求めようとした研究であり、他の一つは病原菌に対する拮抗作用、すなわち土壌の生物性に抑止要因を求める研究である。前者の代表的な例として *Fusarium* 菌によるワタ、アマの立枯病ならびにバナナのバナマ病がある。これらの病害は酸性の砂質土壌で発生が多く、アルカリ性の重粘土では少ない。またバナナのバナマ病に対する抑止土壌には 2:1 型粘土鉱物（モンモリロナイト）が例外なく存在するのに対し、発病助長（促進）土壌（disease conducive soil）はそれを含有せず、1:1 型のカオリナイトが存在する。抑止土壌に含まれるモンモリロナイトは土壌中の微生物のうち細菌の増殖には好適環境であるが、糸状菌の増殖には不適であるとしている（STOVERら、1953~1962, STOTZKYら、1961~1967）。このように土壌の物理的要因は土壌微生物の活性・増殖を促進する住みかとしての土壌成分の違いと解釈できる。

一方、抑止要因が生物性であった例として、*Fusarium* 菌によるインゲン根腐病（BURKE, 1954, 1965; 古屋ら、1979, 1981; 小林ら、未発表）、ダイコン萎黄病（駒田、1976; 竹内、1982; 小林ら、未発表）、メロンつる割病（SMITHら、1971, 1972）、アマ立枯病（SCHERら、1980, 1982）、マメ科牧草の萎ちょう病（荒木、1978）、コムギ root rot（LINら、1979）、セルリー萎黄病（SCHNEIDER, 1984）、カーネーション萎ちょう病（SCHERら、1980）、ケイトウ立枯病（松尾ら、1984）、*Pythium* 菌によるキュウリ苗立枯病（KAOら、1983, 1984; 小林ら、1985）、*Rhizoctonia* 菌によるダイコン立枯病（HENISら、1978; LIUら、1980; CHETら、1981; 本間ら、1981, 1983）、カラシナ苗立枯病（小林ら、

第1表 土壌病害に対する発病抑止土壌の例 (HUBERら, 1982, 改変)

病原菌	作物病名	土 壌		抑止現象と特に 関係のある要因	
		抑 止	助 長		
<i>Armillariella mellea</i>	針葉樹ならたけ病			NO <sub>3</sub> -N の利用	
<i>Cephalosporium graminearum</i>	コムギ条斑病			衰退現象	
<i>Didymella lycopersici</i>	トマト茎腐病				
<i>Fusarium oxysporum</i> (各種作物の萎ちょう, 萎黄, 立枯病)	ワタ	clay (heavier)	light sandy		
	アマ	clay (heavier)	light sandy		
	バナナ	clay	sandy	2:1型粘土鉱物 (モンモリロナイト)	
	エンドウ	clay	sandy loam	静菌作用	
	メロン	Colwood loam Chateaubernard	Fox sandy loam	静菌作用	
	ダイコン		黒ボク (洪積層腐植質土) (鈴鹿)	赤土 (洪積層鈣質土) (一身田)	静菌作用
			黒色火山灰土 (黒ボク) (三浦)	褐色火山灰土 (鴻巣)	静菌作用
	サツマイモ	Salinas Valley (Chualar sandy loam)	Castroville (Elkhorn sand)	耕地化 静菌作用	
	アマカーネーション キュウリ ダイコン	} Salinas Valley (Metz fine sandy loam)	Fort Collins clay loam	静菌作用 ( <i>Pseudomonas</i> sp.)	
	ケイトウ		赤土 (中条) 黒ボク (御代田)	赤土 (北御所) 黒ボク (野辺山)	静菌作用
	マメ科牧草	伊達, 豊畑	早来	静菌作用	
	セルリー	Ventura county	Ventura county	非病原菌	
<i>Fusarium solani</i>	インゲン根腐病	Sagemoor (limy lacustrine)	Ritzville (loessial)	静菌作用	
		足柄, 鈴鹿, 静岡	茨城, 静岡, 亀山	静菌作用	
		北見	十勝	〃, 交換性 Al	
<i>Gaeumomyces graminis</i>	ムギ類立枯病			衰退現象, 一般拮抗作用, 特異的拮抗作用 ( <i>Pseudomonas</i> sp.)	
<i>Helicobasidium mompa</i>	クワ紫紋羽病			耕地化	
<i>Phytophthora cinnamomi</i>	アボカド, パイナップルなどの root rot			有機物	
<i>Poria weirii</i>	針葉樹 root rot				
<i>Pythium splendens</i>	キュウリ苗立枯病	Kohala	Hilo	Ca と一般的拮抗作用	
		Lalamilo South point	Hilo	静菌作用	

<i>Pythium ultimum</i>	キュウリ苗立枯病	San Joaquin Valley	San Joaquin Valley	
<i>Rhizoctonia solani</i>	ダイコン立枯病	Colombian organic soil	Fort Collins clay loam	衰退現象 ( <i>Trichoderma</i> sp.) (plasmid ?)
	カラシナ苗立枯病	Onomea	Hilo	AI と拮菌作用
	テンサイ根腐病			衰退現象, (plasmid ?)
	ジャガイモ葉腐病			衰退現象 ( <i>Verticillium</i> sp.)
<i>Sclerotium rolfsii</i>	トマト白絹病			耕地化
<i>Streptomyces scabies</i>	ジャガイモそうか病			〃
<i>Verticillium albo-atrum</i>	ジャガイモ半身萎ちょう病			

1983, 1985), テンサイ根腐病 (百町ら, 1983, 1984), ジャガイモ葉腐病 (JAGER ら, 1979, 1980), ならびに *Gauemanomyces* 菌による ムギ類立枯病 (SHIPTON ら, 1975; COOK ら, 1976; GERLAGH ら, 1968; WELLER ら, 1983) などがある。これらの抑止土壌では病原菌の生存や行動が抑制されている。すなわち, 分生胞子や厚膜胞子の発芽阻害や発芽管の伸長阻害, 形態異常および厚膜胞子形成阻害や菌糸の生育阻害である。抑止土壌で見られるこのような病原菌の行動阻害は, いわゆる土壌の拮菌作用 (soil fungistasis) によって誘起されるものと解釈できる。しかし拮菌作用は現象であり, その原因として現在, ①土壌中に存在する無機成分 (Fe, Al, Cu など) が直接病原菌の行動を阻害する (residual fungistasis), ②土壌中の栄養源が病原菌以外の微生物によって先に利用されつくし, 病原菌の活動に必要な栄養が供給されない (一般的拮抗作用, general antagonism), ③特定の拮抗微生物が病原菌の行動を抑制する (特異的拮抗作用, specific antagonism) などが考えられている。前述した各種の抑止土壌における抑止要因がどのような原因の拮菌作用によるものか不明な点が多いが, 最近 2, 3 の抑止土壌において特定の拮抗微生物によって発病が支配されているという報告がある。それらは *Gauemanomyces* 菌による ムギ類立枯病, *Rhizoctonia* 菌によるダイコン立枯病と *Fusarium* 菌による数種作物の萎ちょう病などの場合であり, 前者の 2 土壌は宿主を連作するに伴い病害の被害度が漸次衰退する (衰退現象) 代表的抑止土壌である。コムギ立枯病の場合, 一般的拮抗作用による土壌も存在するが, 抑止土壌から分離した蛍光性 *Pseudomonas* sp. が病原菌の行動を抑制し (COOK

ら, 1976), 本菌を種子粉衣して栽培すると発病が軽減し, 増収する (WELLER ら, 1983)。もう一つの衰退現象を示すダイコン立枯病の場合は *Trichoderma harzianum* (LIU ら, 1980), *T. hamatum* (CHET ら, 1981) が特異的拮抗作用を示し, 連作するに従いこれらの拮抗微生物の菌密度が増加する。これらの拮抗菌は病原菌の菌糸を溶解して栄養源としている。抑止土壌に存在する菌密度と同じ濃度の拮抗微生物を助長土壌に添加すると発病は軽減し抑止土壌となる (LIU ら, 1980; CHET ら, 1981)。 *Fusarium* 菌の場合, 抑止土壌から分離した蛍光性 *Pseudomonas* sp. を助長土壌に添加するとアマ立枯病, ダイコン萎黄病, キュウリつる割病の発病を抑制する。この原因として拮抗細菌が産生する siderophore が土壌中の  $Fe^{3+}$  とキレート化し, 病原菌の発芽に必要な鉄不足が生じ, 胞子発芽管の伸長阻害が誘起されて, 病原菌の宿主への侵入・感染が少ないと説明されている (SCHER ら, 1980, 1982; SNEH ら, 1984)。

以上述べてきたように発病抑止土壌の存在は世界的に分布しており, その種類や抑止機構も多様である。これらの詳細な研究については優れた成書 (BAKER and COOK, 1974; BRUELL, 1975; SCHIPPERS and GAMS, 1979; 松尾卓見ら, 1980; SCHNEIDER, 1982; COOK and BAKER, 1983) の中で紹介されているので参照されたい。

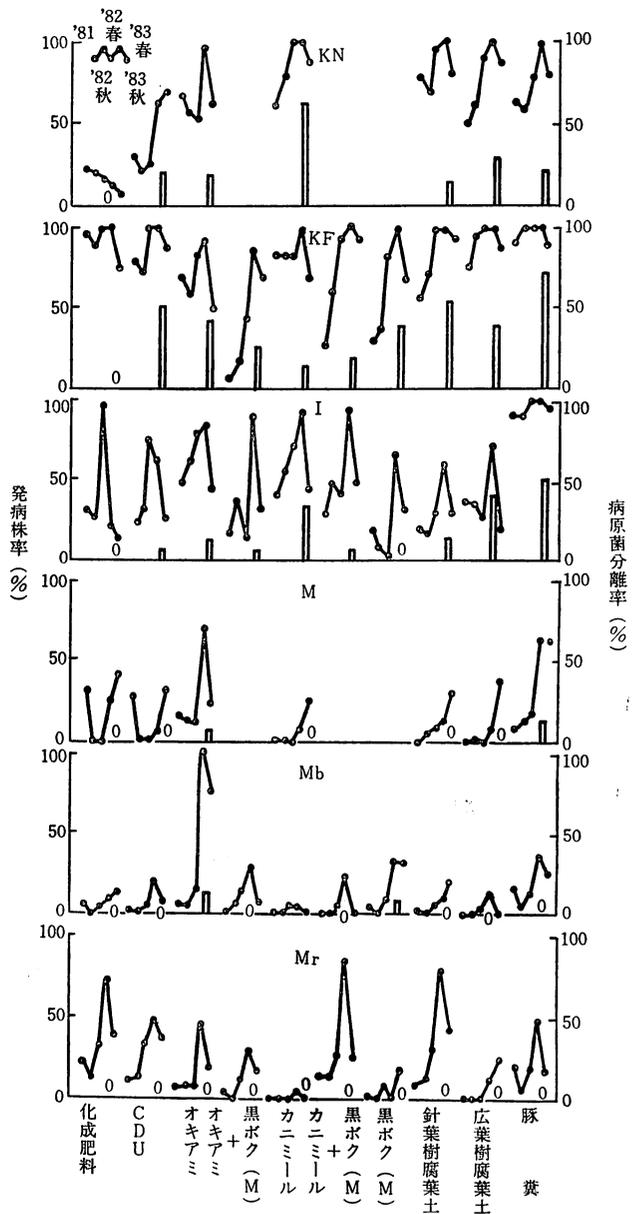
以下筆者が取り扱ってきた 2, 3 の病原菌に対する発病抑止土壌について概略を述べてみたい。

## II *Fusarium* 菌に対する発病抑止土壌

発病抑止土壌に関する研究を見ると 1892 年 ATKINS

によるワタ立枯病 (*F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum*) に対する発病抑止土壤にその端を発し、その後各種の分化型の病原菌に対する抑止土壤が続々と世界的に確認されている。わが国では 1960 年、三重県鈴鹿地域の黒ボク土にダイコン萎黄病 (*F. oxysporum* f. sp. *raphani*) の発生の少ないことが確認され (井上ら, 1960), 発病抑止土壤としてその後精力的に抑止機構が解明された (駒田, 1976; 竹内, 1982)。最近, 神奈川県三浦半島の三浦土壤もダイコン萎黄病に対して発病抑止土壤であることが確認された (駒田・小林, 1982)。*F. oxysporum* の他の分化型ではアルファルファ萎ちょう病に対する北海道の伊達, 豊畑土壤 (荒木ら, 1978), ケイトウ立枯病に対する長野県の中条 (赤土) と御代田 (黒ボク) 土壤 (松尾ら, 1984) などが発病抑止土壤として報告されている。また他の種 (*F. solani*) ではインゲン根腐病 (*F. solani* f. sp. *phaseoli*) に対する抑止土壤として北海道の北見土壤 (古屋・宇井, 1979, 1982) と関東地域の 2, 3 の土壤 (小林・駒田, 未発表) で確認されている。

1 ダイコン萎黄病に対する発病抑止土壤  
三浦土壤が本病菌に対して抑止土壤であることは 1978~82 年にかけてダイコンを 6 作栽培し発病推移を調査した結果から明らかとなった。すなわち三浦土壤は添加有機物の種類に関係なく年ごとの発病株率が他の土壤に比べて低い傾向を示した。この傾向はその後、年 2 作の栽培を 2 年連続しても変わらなかった (第 1 図)。抑止機構を解明する際、土壤中の厚膜胞子の発芽を抑制する土壤静菌作用の程度が発病抑止土壤を評価する一つの指標となる。生体蛍光染色法による厚膜胞子の発芽を観察した結果では助長土壤において発芽率が高く、発芽管も長いのに対し、三浦土壤では発芽率が低く、発芽管も短い傾向を示した。このような傾向は根圏土壤でも認められた。また病原菌は三浦土壤で生存しにくいのか一定期間内において菌密度の低下が顕著であった。このような結果から考察すると三浦土壤は病原菌が容易に定着できない土壤と思われる、また定着しても何らかの原因で生存、活動がしにくい土壤であると考えられた。このような病原菌の行動抑制は土壤の物理性、化学



第 1 図 種々の有機物を添加した種類の異なる土壤におけるダイコン萎黄病の発病推移

KN: 鴻巣作土, KF: 鴻巣作土 (クロロピクリン処理)

I: 一身田下層土 (B層), M: 三浦作土

Mb: 三浦下層土 (B層), Mr: 三浦下層土 (C層)

性および生物性の直接あるいは間接的影響によるものと考えられるので、これらの要因と抑止性との関係を検討した。三浦土壤の pH (6.6) を酸性 (pH 4.5) に矯正すると胞子発芽率が増高し、抑止性は消失した。一度酸性にした土壤を再度アルカリ (pH 6.8) に再矯正する

と自然土と同様孢子発芽が抑制され抑止性は回復した。しかし抑止土壌を助長土壌に少量添加しても、抑止性は移行せず、少量の添加で抑止土壌が作出されるというカーネーション萎ちょう病 (BAKER, 1980; SCHER ら, 1980; McCLAIN, 1980) やシクラメン萎ちょう病 (ROUXEL ら, 1981) に対する抑止土壌とは異なっている。三浦土壌の抑止性は湿熱 60°C, 30 分間、マイクロウェーブオープン (出力 0.5 kW, 5 分間) や高圧蒸気殺菌 (121°C, 30 分) 処理などによってほぼ完全に消失した。高圧蒸気殺菌した抑止土壌に自然の抑止土壌または助長土壌の懸濁液を 10% 添加するとどちらの場合も抑止性は回復するのに対し、同様の処理をした助長土壌に自然の抑止土壌懸濁液を添加しても抑止性は獲得できな

かった。また三浦土壌に糸状菌阻害剤の PCNB (5,000 ppm/g 生土), キャプタン (12.5 ppm/g 生土) を添加しても抑止性に何ら影響を与えないが、細菌阻害剤のストレプトマイシン (10,000 ppm/g 生土), ローゼベンガル (500 ppm/g 生土) を添加すると抑止性はほぼ消失した。三浦土壌の物理性、化学性および生物性を助長土壌と比較すると、粒径分布、れき含量、容積重においてはほとんど差が見られないが、土壌 pH, 交換酸度、交換陽イオン濃度 (Ca, Mg), CEC, 可溶性 Al 含量, 有機態窒素含量および C/N などが三浦土壌で高く、また希釈平板法による細菌、放線菌密度も顕著に高かった (第 2 表)。さらに三浦土壌は一般の土壌細菌や放線菌の増殖を促進させる傾向を示し、その抑止性は土壤微生物の

第 2 表 ダイコン萎黄病発病抑止土壌, 助長土壌の物理性, 化学性と生物性

1) 物理性

試料名	粒 径 分 布 (%)				土 性	れ き (2 mm 以上) %	容積量 g
	粗 砂 (2~0.2 mm)	細 砂 (0.2~0.02 mm)	シルト (0.02~0.002 mm)	粘 土 (0.002 mm 以下)			
三 浦	14.3	32.8	31.4	21.5	CL	0.3	90.3
新三浦	6.8	25.8	40.5	26.9	LiC	0.2	69.9
鴻 巣	16.6	29.0	31.5	22.9	CL	0.4	99.1

1. 分析値は 2 連の平均値を示す。
2. 粒径分布の % は (粗砂+細砂+シルト+粘土) を 100% としたときの値である。
3. れきの % は乾土当たりの値である。
4. 容積量は風乾細土容積重を測定し、その単位は 100 ml 当たりの乾土重量 (g) を示す。

2) 化 学 性

試料名	交換酸度 (Y <sub>1</sub> )	交換陽性イオン <sup>a)</sup>			陽イオン交換容量 <sup>a)</sup> CEC (me)	可溶性リン酸 <sup>a)</sup> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg)	リン酸吸収係数	可給態鉄 Fe (ppm)	可溶性アルミニウム <sup>a)</sup> Al (mg)	有機態炭素 C (%)	全窒素 N (%)	C/N
		Ca (me)	Mg (me)	K (me)								
三 浦	1.75	32.5	5.9	1.8	38.1	55.8	2,550	29.3	481	5.18	0.28	18.5
新三浦	2.32	19.5	3.7	1.1	43.0	7.6	2,900	99.1	899	9.27	0.39	23.8
鴻 巣	3.00	10.5	1.4	0.8	18.9	11.2	2,310	54.7	382	2.99	0.21	14.2

<sup>a)</sup> 乾土 100 g 当たり

1. 分析値は 2 連の平均値を示す。
2. 可給態リン酸は Truog 法により測定した。
3. 可給態鉄は pH 4.5 の 1N 酢酸アンモニウム液浸出による値を示す。
4. 可溶性アルミニウムは pH 4 の 1N 酢酸ナトリウム液浸出による値を示す。

3) 生 物 性

土 壤	糸状菌 × 10 <sup>4</sup>	放線菌 × 10 <sup>5</sup>	細菌 × 10 <sup>6</sup>
発病助長土壌 (鴻巣)	18.1	6.4	4.2
発病抑止土壌 (三浦)	4.8	51.5	27.3

コロニー数/g 乾土

活性を維持しながら、ふるい分け法や遠心法で分画した粗砂分画においても確認できた。

以上、種々の視点からダイコン萎黄病に対する三浦土壌の抑止性に関与する要因を解明してきた。これらの結果を総括すると①湿熱 60°C, 30 分処理, 乾熱, 高圧蒸気殺菌処理によって抑止性が消失する, ②土壌 pH を酸性に矯正すると抑止性は消失し, この土壌を再度アルカリ側に再矯正すると抑止性は回復する, ③細菌阻害剤の添加で抑止性は消失する, ④抑止土壌に細菌, 放線菌数が高い, ⑤抑止土壌は細菌, 放線菌の増殖を促進する, などの事実が認められ, これらから考察すると三浦土壌の抑止要因の主因としてこの土壌に存在する細菌, 放線菌の関与が大きいことを示唆している。しかし前述したように抑止土壌を少量添加しても助長土壌は抑止土壌とならないこと, また高圧蒸気殺菌した抑止土壌に自然の抑止土壌または助長土壌のどちらの微生物を導入しても抑止性を獲得すること, 抑止土壌には有機態炭素や CEC が高いことなどの事実は, 微生物の増殖にきわめて好つごうな土壌成分や環境を有しているものと推察される。

## 2 インゲン根腐病に対する発病抑止土壌

関東・東山・東海地域の各試験場から集めた 55 点の土壌を用いて発病抑止土壌を選抜したところ, 発病が低位で安定した発病抑止土壌は 6 点を数え, それらの土壌の来歴は茶園土 3 点, 畑土 3 点であった。これらの土壌の pH と発病程度の相関関係を見ると土壌 pH の低い土壌は発病程度が軽く, 土壌 pH の高い土壌は発病程度も高い正の相関関係が認められた。この傾向は別の試験, すなわち関東・東山・東海地域内の 5 地域から同一土壌統で栽培歴の異なる森林土, 茶園土, 畑土各 3 点, 計 15 点を採取し, 本病の発生と土壌の耕地化との関係を検討した試験でも同様の傾向を確認した。そこでこれらの抑止土壌における病原菌の行動を Nucleospore フィルター法を用いて観察した。その結果, 各土壌における分生胞子の発芽行動からこれらの供試土壌が 3 群に大別できることがわかった。I 群: 分生胞子がまったく発芽しないかきわめて低い土壌群で, これらの土壌は一般に pH が低く, 発病度も軽い。また菌糸を土壌に埋没しても厚膜胞子形成はほとんど認められず菌糸の溶解過程を示すものが多い。II 群: 発芽率は高いが発芽管に形態異常を示す。III 群: 分生胞子の発芽率は高く, 発芽管も正常で長い。土壌 pH は高く, 発病度も高い。厚膜胞子形成も良好である。このような土壌群での発芽抑制が pH 依存によるものか否かについて pH の異なる緩衝液を調整し発芽行動を観察した。これらの溶液上での発芽は

pH 4.0~4.4 でその発芽率がきわめて低く, pH 4.6 以上になると pH が高くなるに伴い発芽率, 発芽管の伸長も増高した。しかし土壌懸濁液上で見られた形態異常は認められなかった。さらに抑止土壌を蒸気殺菌して抑止性の変化を検討したが, 分生胞子発芽率はやや増高する程度で *F. oxysporum* 菌で見られたような顕著な抑止性の消失は認められなかった。

これらの結果から本抑止土壌は土壌 pH に関与する非生物的要因および微生物の関与が考えられたがそれ以上の追跡はできなかつた。本病に対する発病抑止土壌は北海道の北見土壌でも確認されている。この北見土壌においても病原菌の行動は筆者らの抑止土壌で観察したものとよく似ており, 分生胞子の発芽抑制, 形態異常ならびに厚膜胞子形成が少ないことが報告されている。またこの土壌の抑止性は 60°C, 30 分の蒸気殺菌や  $\gamma$  線照射で部分的に消失し, 82°C, 30 分や高圧蒸気殺菌で完全に消失する。しかしこれらの土壌でも胞子の発芽は遅く, 形態異常が認められることや抑止土壌を強アルカリに矯正すると抑止性が消失することなどから土壌の物理性, 化学性を再検討したところ, 抑止土壌に交換性 Al 含量の多いことを確認した。抑止土壌に Ca を添加すると交換性 Al は減少し発芽可能となることから北見土壌の抑止性は非生物的要因の交換性 Al が主体であるが 60~82°C で失活する微生物の関与も捨て切れないと報告している (古屋ら, 1979, 1982; 浦井ら, 1983)。一方アメリカで認められた本病に対する抑止土壌, Sagemoor 土壌では分生胞子の発芽伸長がよいが, 厚膜胞子形成は遅く小さくて数が少ないことを観察しており (BURKE ら, 1965), 日本で見られる抑止土壌とやや異なる観察結果である。

## III *Pythium* 菌に対する発病抑止土壌

本菌は新鮮な植物残渣にすぐ腐生し, また土壌消毒をした土壌にすばやく定着する植物病原菌である。本病原菌に対する抑止土壌の探索について筆者がハワイ大学に留学したときに若干試験を行ったので, それを中心として述べる。ハワイ諸島 (ハワイ, マウイ, カウアイ, モロカイ) から土壌統や栽培作物の異なる土壌 109 点を採集し, ソイルブロック法 (Ko and Ho, 1982) によりキュウリ苗立枯病菌 (*P. splendens*) の遊走子のうの発芽抑止 (病原菌抑止) 土壌およびポット試験により発病抑止土壌を探索した。その結果, 前者に属する土壌は 45 点が選抜され, そのうち 12 点が病原菌と発病をともに抑制する発病抑止土壌であった。供試土壌の pH と病原菌の発芽阻害率との相関関係を見ると土壌 pH が低い土

壤は発芽率が高く、pH の高い土壌ほど発芽率が低い負の相関関係が認められた。Lalamilo 土壌（樹園土）と South point 土壌（草地）は抑止力の強い土壌で両土壌を抑止機構の解明に用いた。Lalamilo 土壌は 5% の割合で助長土壌に添加すると発芽率を 50% に減少させるが、South point 土壌は同一発芽率にするには 75% の抑止土壌の混合が必要であった。このことは抑止土壌といえどもその抑止力に程度があることが明らかとなった。両抑止土壌とも高圧蒸気殺菌するとその抑止性は完全に消失したが、このような処理をした土壌に自然の抑止土壌または助長土壌の懸濁液を加えると 14 日後に抑止性は完全に回復するが、高圧蒸気殺菌助長土壌に自然の抑止土壌懸濁液を添加しても抑止土壌とはならなかった。この現象は前述したダイコン萎黄病やメロンつる割病に対するフランスの抑止土壌（ALABOUVETTE ら、1979）とよく似ている。Lalamilo 土壌に微生物阻害剤を添加して抑止性の変化を検討した。細菌阻害剤ローズベンガル（500 ppm/g 生土）、ストレプトマイシン（10,000 ppm/g 生土）を添加すると自然の抑止土壌で見られた孢子芽率 12% よりやや増高し、それぞれ 39%、35% を示し、また糸状菌阻害剤ペノミル（3,000 ppm/g 生土）処理では 44% とやや上昇し、抑止性は部分的に消失した。他の抑止土壌、South point 土壌でも同様の傾向を認めた。これらの現象はダイコン萎黄病の三浦抑止土壌とはやや趣を異にする。

ハワイ諸島では上述の 2 土壌以外に抑止土壌がもう一つ（Kohala 土壌、草地）確認されている（KAO and KO, 1983）。この土壌における *P. splendens* の行動も Lalamilo 土壌、South point 土壌とはほぼ同様であるが、最近この土壌の Ca 含量が助長土壌のそれに比べて約 60 倍も高いことを認めた（KAO and KO, 1984）。しかし抑止土壌に含まれると同濃度の Ca を助長土壌に単独で添加しても抑止性は認められない。そこで彼らは一般拮抗作用を想定して高濃度の微生物懸濁液（糸状菌、細菌、放線菌）を助長土壌に単独で添加した。しかし結果は同じで抑止土壌を作出するに至らなかった。次に高濃度の Ca と土壌微生物を同時に添加したところ、抑止土壌なみの孢子芽抑制が見られたことから、Kohala 土壌における *P. splendens* に対する抑止性の主因は土壌中に存在する高 Ca 量と一般微生物数の多いことによると結論した。

カリフォルニア州の San Joaquin Valley の一部で見られる *P. ultimum* に対する抑止土壌は NaCl 含量が高く、50°C、24 時間の熱処理で抑止性が消失するというが、これ以上詳細な研究は報告されていない（HANCOCK

ら、1977）。

#### IV *Rhizoctonia solani* に対する発病抑止土壌

本菌も *Pythium* 菌と同様、植物残渣で増殖し、宿主範囲も広く、世界的に広汎に存在する植物病原菌である。本病原菌に対する抑止土壌についてはすでに述べたがダイコン立枯病、テンサイ根腐病、ジャガイモ葉腐病などで認められている。筆者は本菌によるカラシナ苗立枯病に対する抑止土壌の探索をハワイで行った。*Pythium* 菌の場合と同様、ハワイ諸島から 111 点の土壌を採取し、ソイルブロック法（KO and HO, 1982）により病原菌の菌糸生長阻害度による病原菌抑止土壌およびポット試験による発病抑止土壌を探索した。前者に属する病原菌抑止土壌は 15 点でそのうち発病をも抑制する発病抑止土壌は 6 点であった。これらの供試土壌の pH と病原菌生長阻害率との相関関係を見ると、pH が低い土壌では菌糸生長の阻害が大きく、土壌の pH が高くなるに従い菌糸生長がよくなる正の相関関係が認められた。この傾向はインゲン根腐病（*F. solani*）で見られた傾向と同様であったが、*Pythium* 菌によるキュウリ苗立枯病で見られたものとはまったく逆の結果であった。本菌に対し発病抑止土壌である Onomea 土壌は pH が低く、本土壌を 0、25、50、75% の割合で助長土壌に混合すると少量（25%）添加では抑止性の移行は認められず、抑止土壌混合比率が高いほど抑止性が強いという希釈効果が見られ、ダイコン萎黄病やキュウリ苗立枯病で見られる現象と同様であった。抑止土壌は高圧蒸気殺菌すると抑止性は完全に消失したが、この処理土壌に自然の抑止土壌または助長土壌の懸濁液を添加するとどちらの懸濁液でも 2 週間後に抑止性が回復した。しかし高圧殺菌した助長土壌に抑止土壌の懸濁液を添加しても抑止性は見られず、ダイコン萎黄病やキュウリ苗立枯病などで見られる現象と同一であり、これらの結果が意味することを究明しなければならない。抑止土壌（pH 4.2）の pH をアルカリ（pH 7.2）に矯正すると抑止性は完全に消失するが、この土壌を再度酸性に矯正しても抑止性に变化は認められず回復しなかった。抑止土壌のフィルター（0.2  $\mu\text{m}$  Nucleopore）沱液においても土壌で見られるのと同様病原菌の菌糸生長を抑制し、また溶液の pH をアルカリに矯正すると抑止性は消失した。これらのことから本土壌の抑止性に関与する要因は溶液中にも存在することがわかり、溶液中の元素分析を行った。測定した数元素のうち、Al 含量が抑止土壌で高く、検出された 5.0 ppm 濃度は病原菌の菌糸生長を抑制し、Al の生物検定菌である *Neurospora* 孢子の発芽も阻害するに十分

な量であった。これらのことから *Onomea* 土壌の抑止性には非生物要因の水溶性 Al が大きく関与していたが、高圧蒸気殺菌処理によって抑止性が消失することから微生物の関与も考えられ、さらに研究が必要である。また高圧蒸気殺菌しても抑止性が消失しない抑止土壌もあり、この土壌が非生物要因のみで説明できうるのか、もう少し検討する余地がある。*R. solani* に対する他の抑止土壌については前述したが、ダイコン立枯病のそれは週1作の割合で繰り返し栽培すると3, 4作目から発病の衰退現象が起こり、この衰退現象を示す抑止土壌には *Trichoderma harzianum* の密度が連作とともに増加し、病原菌を溶解して栄養とする (LIU, 1980)。また本菌に対して本来抑止土壌である Colombian 土壌は *T. hamatum* の密度が高く (CHET ら, 1981), *Trichoderma* の両種を抑止土壌に存在する濃度で助長土壌に添加すると発病抑止土壌が作出される (LIU ら, 1980; CHET ら, 1981)。また病原菌の接種源である菌核は小さいほど抑止土壌となりやすく (HENIS ら, 1970)、このことは *Trichoderma* 菌が寄生しやすいことによると報告されている (CHET ら, 1980)。さらに接種源が生菌の場合のみ抑止性を示し、死菌の場合はその効果が認められない (本間ら, 1981)。オランダのジャガイモ連作畑ではジャガイモの葉腐病が少なく、その原因として *Verticillium bigattatan* が病原菌に重寄生して溶解する拮抗作用の結果であるとされている (JAGAR ら, 1979, 1980)。テンサイ根腐病も連作するに伴い病害の衰退を示す抑止土壌で、その抑止性は 45~60°C, 30 分の蒸気処理で消失せず、80°C で部分的に、100°C で完全に消失する。また抑止土壌から多数の病原菌異常株が分離され、この異常株は生育が遅く、病原性が正常株に比べて著しく劣ることが報告されている (百町, 1983, 1984)。最近ダイコン立枯病やテンサイ根腐病など衰退現象を示す抑止土壌から分離された異常株にはプラスミド DNA が存在し、正常株には存在しないことが報告されている (羽柴, 1982, 1984)。

## おわりに

以上筆者の研究結果を中心に土壌病原菌に対する抑止土壌について概略を述べてきた。病原菌により抑止土壌の抑止機構は多様性を示すが、種々の点で共通した現象も明らかになりつつある。すなわち、種々の作物に対して立枯病や萎ちょう病を引き起こす *Fusarium oxysporum* 菌に対する発病抑止土壌では病原菌の胞子発芽や発芽管の伸長阻害が見られ (ALABOUVETTE ら, 1980; HWANG ら, 1982; 駒田, 1975; SMITH ら, 1972, 1977; 竹内,

1982; SNEH ら, 1984; 小林ら, 未発表), 根圏土壌においても同様、病原菌の行動が抑制されている (駒田, 1975; 竹内, 1982; SNEH ら, 1984; 小林ら, 未発表) こと、ならびに病原菌密度が急速に減少する (駒田, 1975; 竹内, 1982; 小林ら, 未発表) などの現象は土壌が異なっているにもかかわらず共通している。このことは、*F. oxysporum* 菌に対する抑止土壌は豊富な微生物により、土壌中のある限られた栄養源が速やかに利用されつくして病原菌に必要な栄養が枯渇してしまうという一般的な拮抗作用によるものと解釈できる。抑止土壌に一定量の栄養源を添加するとその消費が助長土壌に比べきわめて速い (ALABOUVETTE ら, 未発表; 駒田, 1975; HWANG ら, 1982) という報告からも推察できる。しかしながら少量の抑止土壌を助長土壌に添加するだけで抑止土壌が作出できる (BAKER, 1980; SCHER ら, 1980; McCLAIN ら, 1981; Rouxel ら, 1981) という報告や湿熱 60°C, 30 分間処理で抑止性を消失する (ALABOUVETTE ら, 1977; 小林ら, 未発表) 事実の特異的拮抗作用の可能性を示唆しており、さらに詳細な研究が必要である。現在、生物防除の素材として脚光を浴びている蛍光 *Pseudomonas* spp. は *Fusarium* 菌や *Gauemanomyces* 菌に対する抑止土壌から分離され、*Fusarium* 菌の場合、本細菌が産生する siderophore が土壌中の  $Fe^{3+}$  とキレートすることにより病原菌の胞子発芽に必要な  $Fe^{3+}$  がなくなり、その結果宿主への侵入感染が減少し発病が抑制されると説明されている (SCHER ら, 1980, 1982; SNEH ら, 1984) が、*Rhizoctonia* 菌や *Pythium* 菌に対して特異的拮抗作用を示す *Pseudomonas* sp. は抗生物質産生と関係があるという報告 (HOWELL ら, 1980) もあり、さらに多くの事象例が必要であり、その機作も明確となる。

このような特異的拮抗菌が分離できたとしても、ダイコン立枯病で見られるように、拮抗菌 *Trichoderma* sp. は土壌 pH の高い土壌では増殖できないという例のごとく、拮抗菌の能力を最大に発揮させる処理方法や土壌環境作りがきわめて重要な課題となる。

いずれにしても一病原菌に対する発病抑止土壌は他の土壌病原菌に対してもオールマイティーであるというわけではなく (ALABOUVETTE ら, 1980)、それぞれの病原菌の種や分化型によってその抑止機構も異なるため、さらに詳細な解明を要するとともに、拮抗菌の処理方法や定着、増殖の最適条件作りこそ生物防除を可能にする最大の鍵である。最近、病原菌と同種の非病原性菌の性質をうまく利用し発病抑制に成功している例がサツマイモつる割病 (小川ら, 1984) やセルリー萎黄病 (SCHNEI-

DER, 1984) で報告されている。病原菌の競合者となる非病原性菌の根圏、根面、根内部での行動や拮抗作用の解明も今後の課題である。また土壤病害の発病を衰退させる病原菌、*Rhizoctonia solani* (ダイコン立枯病、テンサイ根腐病) や *Gauemanomyces graminis* var. *tritici* (コムギ立枯病) の異常株にプラスミド DNA が存在し、これらの菌は病原性が低下するが正常株にはこの DNA が存在せず病原性が高いという画期的な事実が報告されており (羽柴, 1982, 1984; HOYMAN, 1983), このような DNA を正常株に移植することにより正常株の病原性を低下させる可能性も示唆されており、今後の研究の発展が待ち望まれる。

土壤病害の発病抑制現象まで含めてここまで種々の例をあげてきたが、ほ場レベルで成功している例は数例にしかすぎず、ここに土壤病害に対する生物的防除の難しさが隠されている。これらの生物的要因とともに非生物的要因としての土壤構成成分である Al (インゲン根腐病, 涌井ら, 1983; カラシナ苗立枯病, 小林ら, 1985) ならびに Ca (キュウリ苗立枯病, KAO ら, 1984) の抑止作用, さらにモンモリロナイトによる根こぶ病菌の吸着 (宮田ら, 1982, 1983) などの作用も無視できない事実である。

いずれにしても発病抑止土壌は自然が作り上げた生態

的、生物的防除システムを確立しており、この抑止機構の解明こそ土壤病害に対する適地適作への提言ならびに生態的、生物的防除の普遍化への可能性を提起しうるものと考えられる。

引用文献

(紙面の都合により成書と筆者の論文のみに限った)

- 1) BAKER, K. F. and R. J. COOK., eds. (1974): Biological control of plant pathogen, W. H. Freeman, San Francisco, 433 pp.
- 2) BRUEHL, G. W., ed. (1975): Biology and Control of Soil borne plant pathogen, Amer. Phytopathol. Soc., St. Paul NM., 216 pp.
- 3) SCHIPPERS, B. and W. GAMS, eds. (1979): Soil-borne plant pathogens, Academic Press, NY, 686 pp.
- 4) 松尾卓見ら編 (1980): 作物のフザリウム病, 全国農村教育協会, 東京, 502 pp.
- 5) SCHNEIDER, R. H., ed. (1982): Suppressive soils and Plant Disease, Amer. Phytopathol. Soc., St. Paul, MN, 96 pp.
- 6) COOK, R. J. and K. F. BAKER, eds. (1983): The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens, Amer. Phytopathol. Soc., St. Paul, MN, 539 pp.
- 7) 小林紀彦・駒田 且 (1983): 肥料科学 6: 69~97.
- 8) ——— (1984): 化学と生物 22: 100~102.
- 9) ———・W. H. KO (1983): 土と微生物 25: 1~8.
- 10) KOBAYASHI, N. and W. H. KO (1985): Trans. Br. mycol Soc.: in press.
- 11) ——— (1985): Soil Biol. and Biochem.: in press.

(32 ページより続く)

岡村 稔浩氏	福岡支所国際係
坂田卯三隆氏	〃 長崎出張所長
牛牧 昭氏	〃 板付出張所
羽生 道則氏	〃 〃
井手 敏和氏	〃 伊万里出張所
永松 講二氏	〃 三池出張所
潮 新一郎氏	鹿児島支所防疫管理官
田代 好氏	名瀬支所国内係長
崎尾 繁雄氏	〃 〃
田中 徳也氏	本所国際課輸入第3係 (採用)
山崎 英明氏	〃 国内課防除係 (〃)
白石 昭徳氏	福岡支所国際係 (〃)
皆吉 隆秀氏	退職

門司植物防疫所福岡支所三池出張所
〃 苅田出張所長
〃 名瀬支所
〃 福岡支所伊万里出張所
〃 〃
〃 〃

横浜植物防疫所業務部国際第一課第4係長  
門司植物防疫所福岡支所板付出張所  
〃 国際課

門司植物防疫所国際課長

☆那覇植物防疫事務所

野原 堅世氏	本所国際課長
伊良波幸仁氏	〃 防疫管理官
田端 進氏	〃 国内課防疫管理官
橋本 浩明氏	〃 〃
久米加寿徳氏	〃 〃
豊川 善亮氏	平良出張所長
中川 智秀氏	本所国際課 (採用)
岩泉 連氏	〃 国内課 (〃)

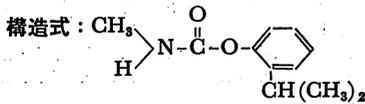
横浜植物防疫所国際第一課防疫管理官  
那覇植物防疫事務所国内課防疫管理官  
〃 平良出張所長  
横浜植物防疫所業務部国際第一課  
名古屋植物防疫所国際課  
那覇植物防疫事務所国際課防疫管理官

## 農薬の公定検査法解説(4)

## 農林水産省農薬検査所

## 〔19〕 MIPC 粒剤

告示: 昭和 52 年 10 月 28 日 第 1106 号

化学名: 2-イソプロピルフェニル-N-メチルカーバメート (イソプロカルブ,  $C_{11}H_{18}NO_2$ )

性質: m. w. 193.25. 白色結晶, m. p. 96.0~97.0°C. アセトン, メタノール, エタノール, 酢酸エチルなどに可溶。芳香族炭化水素には難溶, 水に不溶。

用途: 殺虫剤。イネのウンカ, ヨコバイ類の防除に用いられる。

## 〔分析法〕

## ① 試薬および装置

MIPC 結晶: MIPC 原体をヘキサンで数回再結晶する (m. p. 96.0~97.0°C)。

MIPC 標準溶液: MIPC の結晶 80 mg を 100 ml のメスフラスコに正確に量りとり, メタノールを加えて定容とする。この液 2 ml を別の 100 ml のメスフラスコに正確にとり, メタノールを加えて定容とする。

分解液: 13/100 N 水酸化カリウム-メタノール溶液。

発色剤: 0.03% パラニトロベンゼンジアゾニウムフルオロボレートメタノール溶液。使用のつど調製。

シリカプレート: 蛍光剤入りのシリカプレート (20×20 cm, 厚さ 0.5 mm) を 110°C で 2 時間加熱し活性化する。

展開槽: 密閉ガラス容器。

紫外線照射器: 中心波長 254 nm のもの。

吸入管: 第 1 図を参照。

## ② 検量線

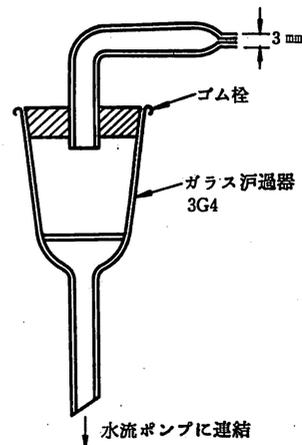
標準溶液 1, 2, 3, 4, 5 ml を別々の 25 ml のメスフラスコに正確にとり, メタノールを加えて全量を 5 ml とし, 分解液 1 ml を加えよく振り混ぜ, 45°C で 40

分間分解反応を行う。分解後直ちに氷水中に浸し, 10 分間冷却し, 振り混ぜながら発色剤 2 ml を滴下する。室温に 20 分間放置し, メタノールを加えて定容とする。

この液を波長 520 nm でメタノールを対照として吸光度を測定し, から試験値を減じて検量線を作成する。

## ③ 分析操作

粒剤を乳鉢で粉碎し, MIPC 約 60 mg を含む試料を容量 100 ml の共栓三角フラスコに正確に量りとり, アセトン約 50 ml を加え, 水平振とう機で 30 分間振り混ぜる。この液をガラス沝過器 (3G4) で沝過し沝液を 100 ml のメスフラスコに受ける。残留物を約 15 ml のアセトンで 3 回繰り返して洗い, 洗液を沝液に合わせ, アセトンで定容とし, 試料溶液とする。試料溶液 1 ml をホールピペットを用いてシリカプレートの下端から 3 cm の位置に両端を 2.5 cm ずつ残して帯状に添付する。ヘキサン-酢酸エチル混合液 (7:3 v/v) を展開剤として, 上昇法で 12 cm 展開する。プレートを風乾し紫外線 (中心波長 254 nm) を照射して暗紫色部 (Rt 約 0.3) に印をつける。その部分のシリカをミクロスペーテルでかき起こし, 吸入管に吸い取る。メタノールを湿した脱脂綿でミクロスペーテルおよびシリカを吸い取ったあとのガラス面をふき取り吸入管に入れる。吸入管の内壁を洗うようにして, メタノール約 10 ml を加えて, かき混ぜ, 吸引沝過し, 沝液を 50 ml のメスフラスコに受ける。メタノールの量が約 45 ml になるまでこの



第 1 図 吸入管

Explanatory Notes of Official Testing Methods for Agricultural Chemicals. By Agricultural Chemicals Inspection Station.

操作を繰り返し、メタノールで定容とする。

この液 5 ml を 25 ml のメスフラスコに正確にとり、以下検量線作成のときと同様に操作して吸光度を測定し検量線より MIPC の量を求め、百分率を算出する。

#### 〔解説〕

分解液のアルカリ濃度、分解時の温度、時間などが検討された。アルカリ濃度が 0.09~0.18 N のとき、分解が最大となり、分解時の温度とおよその分解時間は 50°C で 10 分、45°C で 30 分、40°C で 45 分のとき一定の分解が得られた。また、発色時の温度は 10°C 以下ではば一定の発色が得られ、発色後は 40 分まで安定であった。したがって分解条件としては分解液のアルカリ濃度は 0.13 N で、45°C、40 分間の分解、発色条件としては氷水中での発色後 20 分間放置と定められた。

本法による分析の正確度および精度は、 $n$  が 5 のとき回収率は 100.5%、CV は 1.03% であった。共通試料の分析結果も満足すべきものであった(第 14 表)。

第 14 表 共通試料の分析

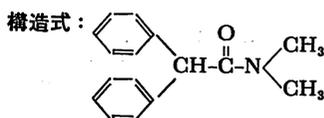
分析者	$\bar{x}$ (%)	$\sigma$	$n$
A	4.20	0.021	5
B	4.17	0.017	5
C	4.09	0.016	10
D	4.12	0.039	12
E	4.16	0.034	8

なお、展開槽、紫外線照射器などは「エチルチオメトシ粒剤の検査法」に準ずる。

## 〔20〕 ジフェナミド水和剤

告 示：昭和 52 年 10 月 28 日 第 1106 号

化学名： $N,N$ -ジメチル-2, 2-ジフェニルアセトアミド ( $C_{16}H_{17}NO$ )



性質：m. w. 239.32。白色結晶，m. p. 134.5~135.5°C。有機溶媒に易溶。

用途：除草剤。ナス科作物およびイチゴ畑の雑草の防除に用いられる。

#### 〔分析法〕

##### ① 試薬および装置

ジフェナミド純品：ジフェナミド原体を酢酸エチルで数

回再結晶する (m. p. 134.5~135.5°C)。

ジフェナミド標準溶液：ジフェナミド純品 625 mg を 100 ml のメスフラスコに正確に量りとり、アセトンで定容とする。

内標準物質溶液：2-ナフチルフェニルケトン (2-NPK) 3 g を 200 ml のメスフラスコに量りとり、アセトンで定容とする。

装置：水素炎イオン化検出器付きガスクロマトグラフ。

分離管：内径 3 mm，長さ 1.5 m，ガラス製。

充てん剤：2%SP 2401/クロモソルブ G (AW-DMCS) 60~80 メッシュ。

##### ② 検量線の作成

ジフェナミド標準溶液 2, 4, 6, 8, 10 ml をそれぞれ容量 25 ml の共栓三角フラスコに正確にとり、内標準物質溶液 5 ml を正確に加え、アセトンで全量を 15 ml とする。よく振り混ぜた後、その 2.5  $\mu$ l をマイクロ注射器でとり、下記の操作条件によりガスクロマトグラムを記録する。ジフェナミド ( $t_R$  8.2 分) および 2-NPK ( $t_R$  12.4 分) のピーク面積を半幅法で測定し、ピーク面積比を求め重量比に対する検量線を作成する。

ガスクロマトグラフ操作条件

試料気化室温度：230°C

分離管温度：200°C

キャリアーガス圧力：0.5 kg/cm<sup>2</sup> (N<sub>2</sub>)

水素ガス圧力：1.0 kg/cm<sup>2</sup>

空気圧力：0.15 kg/cm<sup>2</sup>

検出器感度：10<sup>8</sup> M $\Omega$ ，0.16 V

記録紙送り速度：20 mm/min

##### ③ 分析操作

ジフェナミド約 50 mg を含む試料を容量 50 ml の共栓三角フラスコに正確に量りとり、これに内標準物質溶液 5 ml を正確に加え、アセトンで全量を 30 ml とし、これを 20 分間激しく振り混ぜる。この液をガラス濾過器 (3G4) で濾過し残留物をアセトン 5 ml で 4 回繰り返し洗い、濾液と洗液を合わせ、減圧濃縮し、液量を 15 ml とし、これを試料溶液とする。以下検量線作成の場合と同様に操作し、試料中のジフェナミド量を検量線より求め百分率を算出する。

#### 〔解説〕

カラム充てん剤および内標準物質が検討された。担体にクロモソルブ G (AW-DMCS) を用い、液相として OV-1, OV-17, SP 2401, 内標準物質として 2-NPK, ジアセトキシメチルナフタリン, 2,2'-ジヒドロキシ-4-メトキシベンゾフェノン, ビレンなどが試験された。そ

の結果、ピークの形状、分離状況、保持時間などの点から液相は SP 2401、内標準物質は 2-NPK と定められた。

本法による分析の正確度および精度は、 $n$  が 5 のとき回収率は 100.2%、 $\sigma$  は 0.08 であった。共通試料の分析結果も満足すべきものであった (第 15 表)。

第 15 表 共通試料の分析

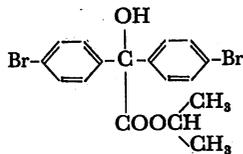
分析者	$\bar{x}$ (%)	$\sigma$	$n$
A	53.16	0.13	5
B	53.21	0.13	5
C	53.41	0.15	5

## 〔21〕 フェニソプロモレート乳剤

告 示: 昭和 52 年 10 月 28 日 第 1106 号

化学名: 4,4'-ジブromベンジル酸イソプロピル(プロモプロピレート,  $C_{17}H_{16}Br_2O_2$ )

構造式:



性質: m. w. 428.12。白色結晶, m. p. 77.5~78.5°C。有機溶媒に易溶。アルカリ, 酸性において不安定。

用途: 殺虫剤。果樹のハダニ類の防除に用いる。

## 〔分析法〕

## ① 試薬および装置

フェニソプロモレート純品: フェニソプロモレート原体をヘキサンで数回再結晶する (m. p. 77.5~78.5°C)。フェニソプロモレート標準溶液: フェニソプロモレート純品 250 mg を 50 ml のメスフラスコに正確に量りとりアセトンで定容とする。

内標準物質溶液: ジオクチルフタレート (DOP) 500 mg を 100 ml のメスフラスコに量りとりアセトンで定容とする。

装置: 水素炎イオン化検出器付きガスクロマトグラフ。

分離管: 内径 3 mm, 長さ 1.5 m, ガラス製。

充てん剤: 2% SP 2401/クロモソルブ G (AW-DMCS) 60~80 メッシュ。

## ② 検量線の作成

フェニソプロモレート標準溶液 1, 2, 3, 4, 5 ml をそ

れぞれ容量 25 ml の共栓三角フラスコに正確にとり、内標準物質溶液 3 ml を正確に加えアセトンで全量を 10 ml とする。よく振り混ぜた後、その 3  $\mu$ l をマイクロ注射器でとり、下記の操作条件によりガスクロマトグラムを記録する。フェニソプロモレート ( $t_R$  9.3 分) および DOP ( $t_R$  12.1 分) のピーク面積を半値幅法で測定しピーク面積比を求め重量比に対する検量線を作成する。

## ガスクロマトグラフ操作条件

試料気化室温度: 230°C

分離管温度: 200°C

キャリアーガス圧力: 1.1 kg/cm<sup>2</sup> (N<sub>2</sub>)

水素ガス圧力: 1.0 kg/cm<sup>2</sup>

空気圧力: 0.75 kg/cm<sup>2</sup>

検出器感度: 10<sup>2</sup> M $\Omega$ , 0.08 V

記録紙送り速度: 20 mm/min

## ③ 分析操作

フェニソプロモレート約 100 mg を含む試料を 25 ml のメスフラスコに正確に量りとり、アセトンで定容とする。その 5 ml を容量 25 ml の共栓三角フラスコに正確にとり、内標準物質溶液 3 ml を正確に加えアセトンで全量を 10 ml とし、これを試料溶液とする。以下検量線作成の場合と同様に操作し、試料中のフェニソプロモレート量を検量線より求め百分率を算出する。

## 〔解説〕

カラム充てん剤および内標準物質が検討された。担体としてクロモソルブ G (AW-DMCS)、液相として OV-1, OV-17, SP 2401、内標準物質として DOP; ジアセトキシメチルナフタリン、ジシクロヘキシルフタレート、2-ナフチルフェニルケトンが試験された。その結果、ピークの形状、分離状況、保持時間などの点から液相は SP 2401、内標準物質は DOP と定められた。

本法による分析の正確度および精度は、 $n$  が 5 のとき回収率は 99.7%、 $\sigma$  は 0.03 であった。共通試料の分析結果も満足すべきものであった (第 16 表)。

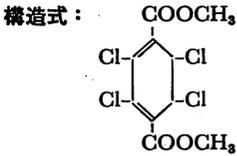
第 16 表 共通試料の分析

分析者	$\bar{x}$ (%)	$\sigma$	$n$
A	45.82	0.04	5
B	45.84	0.16	5
C	45.87	0.17	5

## 〔22〕 TCTP 水和剤

告 示: 昭和 52 年 10 月 28 日 第 1106 号

化学名：2, 3, 5, 6-テトラクロルフタル酸ジメチル  
(クロルタル-ジメチル,  $C_{10}H_6Cl_4O_4$ )



性質：m. w. 331.97。白色結晶, m. p. 155.0~156.0°C。有機溶媒に易溶。

用途：除草剤。芝生の雑草の防除に用いられる。

〔分析法〕

① 試薬および装置

TCTP 純品：TCTP 原体をベンゼンで数回再結晶する (m. p. 155.0~156.0°C)。

TCTP 標準溶液：TCTP 純品 600mg を 50ml のメスフラスコに正確に量りとりアセトンで定容とする。

内標準物質溶液：2-ナフチルフェニルケトン (2-NPK) 1g を 100ml のメスフラスコに量りとり、アセトンで定容とする。

装置：水素炎イオン化検出器付きガスクロマトグラフ。

分離管：内径 3mm, 長さ 1.5m, ガラス製。

充てん剤：2%SP 2401/クロモソルブG (AW-DMCS) 60~80 メッシュ。

② 検量線の作成

TCTP 標準溶液 1, 2, 3, 4, 5ml をそれぞれ容量 50ml の共栓フラスコに正確にとり、内標準物質溶液 3ml を正確に加え、アセトンで全量を 10ml とする。よく振り混ぜた後、その 3 $\mu$ l をマイクロ注射器でとり、下記の条件によりガスクロマトグラムを記録する。TCTP ( $t_R$  5.6 分) および 2-NPK ( $t_R$  10.0 分) のピーク面積を半値幅法で測定し、ピーク面積比を求め重量比に対する検量線を作成する。

ガスクロマトグラフ操作条件

試料気化室温度：230°C

分離管温度：200°C

キャリアーガス圧力：0.5 kg/cm<sup>2</sup> (N<sub>2</sub>)

水素ガス圧力：1.0 kg/cm<sup>2</sup>

空気圧力：0.75 kg/cm<sup>2</sup>

検出器感度：10<sup>2</sup> M $\Omega$ , 0.16 V

記録紙送り速度：20 mm/min

③ 分析操作

TCTP 約 250mg を含む試料を 25ml のメスフラスコに正確に量りとり、これにアセトン 15ml を加え、20 分間激しく振り混ぜる。アセトンで定容とした後、その

上澄み液 5ml を容量 25ml の共栓三角フラスコに正確にとり、内標準物質溶液 3ml を正確に加えアセトンで全量を 10ml とし、これを試料溶液とする。以下検量線作成の場合と同様に操作し、試料中の TCTP 量を検量線より求め百分率を算出する。

〔解説〕

カラム充てん剤および内標準物質が検討された。担体にクロモソルブG (AW-DMCS) を用い、液相として OV-1, OV-17, SP 2401, 内標準物質として 2-NPK, ジアセトキシメチルナフタリン, 2,2'-ヒドロキシ-4-メトキシベンゾフェノン, ピレンなどが試験された。その結果、ピークの形状, 分離状況, 保持時間などの点から液相は SP 2401, 内標準物質は 2-NPK と定められた。

本法による分析の正確度および精度は、n が 5 のとき回収率は 100.0%,  $\sigma$  は 0.14 であった。共通試料の分析結果も満足すべきものであった (第 17 表)。

第 17 表 共通試料の分析

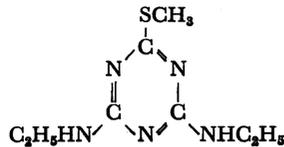
分析者	$\bar{x}$ (%)	$\sigma$	n
A	75.19	0.27	5
B	75.20	0.32	5

〔23〕 シメトリン粒剤

告示：昭和 52 年 10 月 28 日 第 1106 号

化学名：2-メチルチオ-4, 6-ビス (エチルアミノ)-S-トリアジン ( $C_8H_{16}N_6S$ )

構造式：



性質：m. w. 213.30。白色結晶, m. p. 81.0~82.5°C。有機溶媒に易溶。

用途：除草剤。水田 1 年生雑草の防除に用いられる。

〔分析法〕

① 試薬および装置

シメトリン純品：シメトリン原体をメタノールで数回再結晶する (m. p. 81.0~82.5°C)。

フェノチアジン純品：フェノチアジンをメタノールで数回再結晶する (m. p. 178.0~180.5°C)。

装置：熱伝導度検出器付きガスクロマトグラフ。

分離管：内径 3mm, 長さ 1.0m, ガラス製。

充てん剤：7% アピーゾングリース L+3%XE-60/セライト 545, 60~80 メッシュ。

② 検量線の作成

シメトリン純品 100, 150, 200, 250, 300 mg をそれぞれ容量 50 ml の共栓三角フラスコに正確に量りとり、これに内標準物質としてフェノチアジン純品 250 mg を正確に加える。アセトン 4 ml で溶解した後、その 5  $\mu$ l をマイクロ注射器でとり、下記の条件によりガスクロマトグラムを記録する。シメトリン ( $t_R$  2.6 分) およびフェノチアジン ( $t_R$  6.1 分) のピーク面積を半値幅法で測定し、ピーク面積比を求め重量比に対する検量線を作成する。

ガスクロマトグラフ操作条件

- 試料気化室温度：270°C
- 分離管温度：230°C
- 検出器温度：250°C
- キャリアーガス圧力：1.0 kg/cm<sup>2</sup> (He)
- 検出器フィラメント電流：100 mA
- 検出器感度：16 mV
- 記録紙送り速度：20 mm/min

③ 分析操作

粒剤を乳鉢で十分に粉碎した後、シメトリン約 250 mg を含む試料を容量 200 ml の共栓三角フラスコに正確に量りとり、これに 50% 酢酸ナトリウム 2 ml, エチルエーテル 100 ml を加え、マグネチックスターラーで 20 分間かき混ぜ、抽出する。上澄み液を無水硫酸ナトリウムを 1 cm の厚さに敷いたガラス濾過器 (17G3) を用いて容量 500 ml の共栓丸底フラスコ中に吸引、濾過する。さらに残留物にエチルエーテル 100 ml を加え 20

分間かき混ぜ、上澄み液をガラス濾過器を用いて吸引濾過する。この操作を 2 回繰り返す。エチルエーテル 50 ml で容器およびガラス濾過器を洗い洗液を濾液と合わせる。水浴上で約 20 ml に濃縮した後、容量 50 ml の共栓三角フラスコ中に移しエチルエーテルを留去する。これにフェノチアジン 250 mg を正確に量りとり、アセトン 4 ml で溶解する。以下検量線作成の場合と同様に操作し、試料中のシメトリン量を検量線より求め、百分率を算出する。

〔解説〕

カラム充てん剤および内標準物質が検討された。担体はクロモソルブ G (AW-DMCS) を使い、液相として OV-1, OV-17, SP 2401, 内標準物質としてジアセトキシメチルナフタリン, ピレン, 2-ナフチルフェニルケトン, フェノチアジンが試験された。その結果、充てん剤については適切なものが得られず、在来法に従って担体はセライト 545, 液相はアピーゾングリース L とシリコン XE-60 の混合相が採用された。また、内標準物質はピークの形状、保持時間などの点からフェノチアジンと定められた。

本法による分析の正確度および精度は、n が 5 のとき回収率は 99.6%,  $\sigma$  は 0.01 であった。共通試料の分析結果も満足すべきものであった (第 18 表)。

第 18 表 共通試料の分析

分析者	$\bar{x}$ (%)	$\sigma$	n
A	2.65	0.01	5
B	2.69	0.02	5
C	2.72	0.01	5

次号予告

次7月号は下記原稿を掲載する予定です。  
 昭和 59 年における稲作病虫害の発生と防除の特徴  
 ——山形県の実績 菊地市郎・三浦春夫  
 ——静岡県の実績 牧野秋雄・伊藤善文・沢木忠雄・佐藤允通  
 ——広島県の米作り運動と防除対策 本実 慈朗  
 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  
 果樹における薬剤耐性菌の現状と問題点 石井 英夫  
 東海地方におけるアオマツムシの分布拡大 武田 享

*Streptomyces* 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  
 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 博一  
 ウンシュウミカンの施設栽培における病虫害防除 渡辺 豊  
 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  
 昆虫行動解析法(6) 筋電位と神経放電の記録法 小松 明  
 定期購読者以外のお申込みは至急前金で本会へ  
 定価 1部 500円 送料 50円

## 植物防疫基礎講座

## 昆虫行動解析法 (5)

## 触角電図と単一嗅受容細胞活動の記録法

筑波大学生物科学系 井 濃 内

じゅん  
順

## はじめに

種によって、嗅覚能力やその機能は多様ではあるが、昆虫では嗅覚が行動を解発する重要な感覚要素であるという事例が数多く報告されている。雌雄間の重要な情報伝達物質である性フェロモンが種に特異的な配偶行動発現の鍵刺激となったり、また、餌を探し求める行動においても、餌（植物、糞、腐肉など）の放つ特有のにおいが摂食や産卵の重要な手がかりとなっているのはその例である。

動物の行動は与えられた刺激が感覚系において、まず受容かつ分析され、さらにこれらの末しょうにおける神経情報が中枢で統合・処理されることにより、最終的にその刺激が与えられた環境下における適切な行動が発現される。したがって、行動の機構を解明するためには動物がどのような刺激をどのようにして受容しているのかを知ることが重要となる。昆虫の嗅覚行動の研究においてもにおい物質に対する行動をトラップや風洞などを用いて調べたり、嗅感覚子の種類、形態、数などを微細構造学的に観察することにより嗅受容細胞の機能を推察したり、またにおい刺激によって興奮した嗅受容細胞に生じる受容器電位や活動電位（インパルス）を指標として嗅受容細胞の受容機構を直接的に解析するという方法により研究が行われてきた。特に、嗅受容細胞の電気的な活動を直接観察解析できる電気生理学的な手法は受容機構を知るうえで欠くことのできない方法である。昆虫の嗅受容細胞は主に触角に存在する。受容器電位はこれを触角全体でとらえた集合電位である触角電図（electroantennogram, EAG）によって観察することができる。また個々の嗅受容細胞で生じる受容器電位をインパルスと同時に記録することができる。

ここでは、嗅受容細胞の電気的な活動を示す EAG および単一嗅受容細胞のインパルス応答を記録する電気生理学的な方法について述べ、さらにそれらの電気的活動の基本的な性質についても触れる。

Techniques in Insect Behavior Analysis(5). Techniques for Recording Electroantennogram and Single Olfactory Receptor Cell Activity. By Jun Inouchi

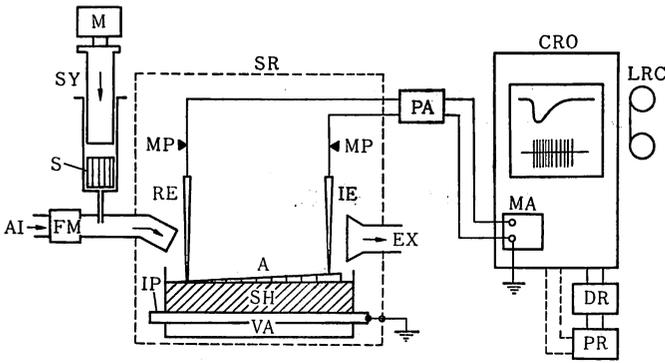
## I 実験方法

## 1 実験施設・設備

EAG および単一嗅受容細胞のインパルス応答を記録するためには次のような施設・設備（機器など）が必要である（第1図）。①シールドルーム：EAG やインパルスは mV オーダーの微弱な生体電気現象であるから、電源などからの交流誘導などのノイズが記録に混入しないように遮へいする必要がある。試料や入力回路をシールドルームの中にセットし、また試料の下に鉄板を置いて、これをアースする。シールドには銅の網を用いこれをアースする。②オシロスコープ、③高入力抵抗の前増幅器：使用する電極の抵抗が高いため、オシロスコープの主増幅器（抵抗が低い）に直接接続すると電極における電圧降下が大きく、測定すべき電圧がほとんど電極に分配される。したがって、入力抵抗が電極抵抗に比べて非常に高い増幅器が必要。④データ記録機器：a. 連続撮影装置（電位変化をフィルムあるいはオシロベーパーに記録する。）、b. ペン書きレコーダー（チャート紙に電位変化を記録する。EAG のような遅電位の記録には使えるが、インパルスのように速く、高頻度の現象を記録するには不適である。）、c. アナログデータレコーダー（電位変化を磁気テープに記録する。実験後にデータを再生し繰り返し観察できる。あると便利である。）、⑤マイクロマニピュレーター（記録電極を触角に接触、刺入するのに必要。インパルス記録時にはさらに油圧式マイクロマニピュレーターが必要である。）。このほかに、小さな触角を取り扱うのに、実体あるいは光学顕微鏡が必要である。また、電極を物理的な振動から守るのに除震台も必要となる。

## 2 刺激装置・方法

刺激方法としては、活性炭を通した無臭の空気をエアポンプなどを用いて触角に一定流量当てておき、この空気の中におい物質を混ぜ込んで刺激とする方法（第1図）やコックなどにより無臭の空気流とおい物質を含む空気流とを切り換えて刺激する方法のほかに、注射筒の中におい物質を入れ、小型のモーターで注射筒の内筒を一定速度で推進させてにおい物質を吹きかける方法



第1図 実験施設・設備などの模式図

A: 触角, AI: 無臭の空気, CRO: 陰極線オシロスコープ, DR: アナログデータレコーダー, EX: 排気装置, FM: 流量計, IP: 鉄板, IE: 不関電極, LRC: 連続撮影装置, M: モーター, MA: 主増幅器, MP: マイクロマニピュレーター, PA: 前置増幅器, PR: ペン書きレコーダー, RE: 記録電極, S: 刺激物質をしみこませた沔紙片, SH: 試料容器, SR: シールドルーム, SY: 注射筒, VA: 除震台

などがある。におい物質はその性質などにより適宜、有機溶媒、ミネラルオイル、蒸留水などで希釈し、沔紙片などにつけて刺激装置にセットする。刺激後のにおい物質の滞留を防ぐために排気装置を必要とする。また、刺激の間隔は十分にとるようにする。

### 3. 記録電極

#### (1) ガラス細管電極

ガラス細管の先端の径がちょうど触角の先端に当てる太さにする。中をリンガー液で満たし銀-塩化銀線を入れ導出線とする。

#### (2) ガラス微小電極

Pyrex ガラス細管 (外径 1~2mm) をガラス微小電極用ブラーのヒーターにより加熱し、溶融すると同時に両側に強い張力をかけ、引き切って先端の径が細い(0.1  $\mu\text{m}$  以下) 鋭利な針状のガラス細管を作る。その中にリンガー液などの電解質溶液を詰め、銀-塩化銀線を導出線として入れたものがガラス微小電極である。電極抵抗は数 10 M $\Omega$  以上にもなる。現在、中芯入りガラス細管がもっともよく用いられる。中芯入りガラス細管には既製品もあるが、外径 6~8mm、肉厚 1mm の Pyrex 管を素材として電極用ガラス管作製器を用いて自作することができる。中芯入りガラス微小電極への電解質溶液の充てんは注射器で溶液を細管内に注入することによって行われる。中の細い管の毛管現象により電極先端まで溶液が充てんされる。

#### (3) 金属微小電極

金属線 (タングステン線、エルジロイ線など) は電解

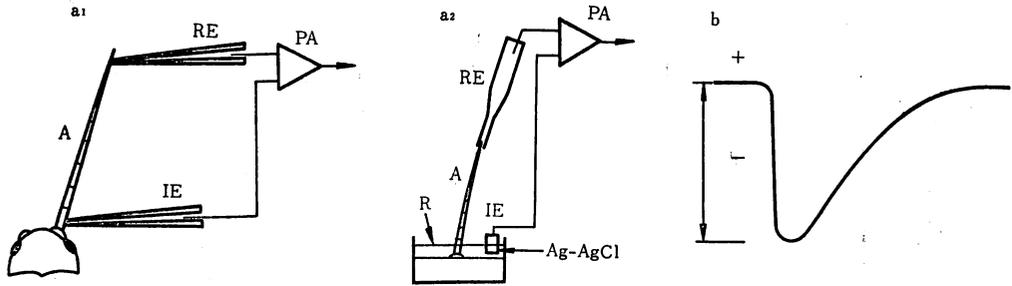
研磨により鋭利な先端 (0.5  $\mu\text{m}$  以下) が得られ物理的な強度も大きいので微小電極として用いられる。電極抵抗は数 M $\Omega$  である。素材としてはタングステン線が代表的である。ここでタングステン微小電極の作製法について説明する。直径 100~200  $\mu\text{m}$  のタングステン線をバーナーの炎にかざして焼きなまし、カーリングをとりまっすぐにし 8cm ほどの長さに切る。次にこれを直径 1mm、長さ 6cm くらいガラス細管の中に通し、線が細管の両端から 1cm くらい出るように瞬間接着剤でガラス細管に固定する。電解研磨液 (飽和  $\text{NaNO}_2$ ) の中にタングステン線 (先端部分) と炭素棒を入れ電極とし、交流 2~6V を通電しながらタングステン線をマニピュレーターで液に出し入れして研磨する。先端の径が 1~数  $\mu\text{m}$  くらいになるように、加える電圧や先端を入れる時間を調節する。研磨後、電極先端を蒸留水に浸して電解研磨液を除き、次いでアルコールで洗浄し乾燥させ、最後に絶縁塗料 (カシュー樹脂、エナメルなど) の中に電極先端を入れ静かに引き上げ先端に塗料がたまらないように先端を上にして保持し乾燥させる。また、まっすぐな状態で入手できるエルジロイ線も物理的な硬度が大きく微小電極の素材として適している。

## II EAG 記録の実際

触角の形態は種によってさまざまであるが EAG は基本的には、触角の先端に記録電極、基部に不関電極を当てて電位を誘導することによって記録できる。触角は虫体につけたまま、また、切り離しても記録は可能である。虫体につけたままの場合には実験中に虫体や触角の動きによって、ノイズ (記録基線の動揺) が入らないように虫体や触角をしっかり固定しなければならない。

触角から電位を記録するには、顕微鏡下でマイクロマニピュレーターを用いてガラスあるいは金属微小電極を触角の先端に刺入したり、ガラス細管電極をかぶせて記録電極とし、一方、触角の基部に微小電極を刺入しこれを不関電極としたり、また、触角を切り離した場合には基部をリンガー液中やリンガー液を含んだ沔紙上に置き、触角をリンガー液と接触させ、銀-塩化銀電極で導出したり、ガラス細管電極を基部にかぶせて不関電極とする方法などがある (第2図 a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>)。

電極を触角に接触させておき、刺激したときの電位変



第2図 EAGの誘導法(a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>)とEAG(b)

A: 触角, IE: 不関電極, PA: 前置増幅器, R: リンガー液, RE: 記録電極, a<sub>1</sub>のIEとREはガラス微小電極, a<sub>2</sub>のREはガラス細管電極である。

化を増幅器(DC)を介し増幅すると第2図bのように陰性方向への比較的急な下降部となだらかな回復期を持つEAGが記録される。EAG応答の大きさは基線からのずれの大きさ(第2図bの矢印)によって測られる。通常、大きさは数mVである。一般に同一の刺激物質の濃度変化に依存してEAGも大きくなり、両者の間にはシグモイド曲線上の関係が見られ、EAGによって物質の濃度を定量的に知ることができる。

触角上には機能の異なる種々の嗅受容細胞(フェロモンのほか、一般的なおい物質を受容する)が存在するので多くのにおい刺激に対してEAGが記録される。しかし、フェロモンなどに特異的に感受性の高い嗅受容細胞のように、同じ受容機能を持つ細胞が圧倒的多数存在する場合には、フェロモンなどの刺激によって得られるEAGの大きさは、他のにおい刺激を与えた場合よりも特異的に大きくなる。カイコガの雄の触角では雌カイコガから分泌される単一成分からなる性フェロモン(ボンピコール)の低濃度刺激によって、大きなEAGが発生するが、雌の触角では高濃度のボンピコール刺激でも、まれに小さなEAGが発生するだけである。しかも、単一嗅受容細胞の神経活動の研究から、雄の触角上に存在する毛状感覚子に含まれる嗅受容細胞だけがボンピコールに特異的に応答することがわかった。さらに、ボンピコールによって行動上性的興奮を示すのは雄のみである。カイコガの例のように、EAG、単一受容細胞の電気的活動、行動のそれぞれから得られた結果に量的相関関係が見られる場合、EAGは嗅受容細胞の受容機構の概略を知るよい指標となりうる<sup>1)</sup>。

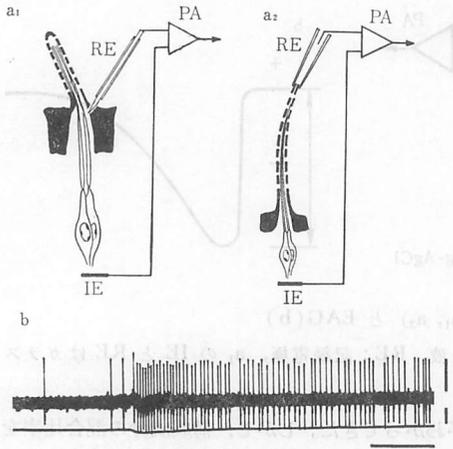
しかし、他の多くの鱗翅目昆虫の雌が複数構成成分からなる性フェロモンを持つことが報告されており、これらの複数構成成分の混合比率を変えたフェロモンラップなどを用いて雄の蛾に対する誘引活性を調べると、行動上活性を示すのは一定の混合比率の場合だけであるこ

とがわかってきた。しかし、構成成分の混合比率を変えて刺激を与えても記録されるEAGの電位の大きさに変化は見られず、EAGの電位と雄の行動(誘引率)の間には相関関係が認められないという問題が提示された<sup>2)</sup>。これは、触角上に機能の異なる嗅受容細胞が存在するためと考えられる。このような場合にはEAGによって個々の嗅受容細胞の受容機構を知ることはできないので、単一嗅受容細胞レベルでの研究が必要となる。

このようにEAGは、あるにおい物質に反応する嗅受容細胞が触角上に存在するかどうかを調べるのに有効な方法であるといえることができる。

### III 単一嗅受容細胞のインパルス応答記録の実際

触角はEAG記録の場合と同様に取り扱う(虫体につけたままでも、切り離してもよい)。記録電極として、ガラスあるいは金属微小電極を用いる。不関電極もEAG記録の場合と同様である。同一の受容細胞から長時間安定した記録をするためには、虫体(触角)の動きや電極などへの振動が加わらないように注意が必要である。顕微鏡下で電極の先端をマイクロマニピュレーターを用いて目的とする嗅感覚子に近づける(前もって、電子顕微鏡で感覚子の形態を観察し、嗅感覚子の種類、数、分布などを調べておく)。次に、油圧式マイクロマニピュレーターで電極を注意深くゆっくりと進めていき、電極を嗅感覚子の基部に刺入し(base recording法、第3図a<sub>1</sub>)、感覚子に付属する嗅受容細胞の自発性インパルスを増幅器(ACまたはDC)を介して観察し、これににおい刺激を与えると細胞の興奮に伴って発生するインパルス(インパルス頻度の上昇)や受容器電位を記録することができる(第3図b)<sup>3)</sup>。1個の嗅感覚子には、普通、2個以上の受容細胞が付属しており、1本の記録電極で同時に2個以上の受容細胞からのインパルスが記録される



第3図 単一嗅受容細胞のインパルスおよび受容器電位の誘導法 (a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>) と記録例 (b)

a<sub>1</sub>: base recording 法, a<sub>2</sub>: tip recording 法  
 b: ミヤマダイコクコガネの嗅受容細胞の2-ブタンノンに対する応答; 上段: 発生したインパルス(AC記録), 下段: 同時記録された受容器電位(DC記録), 電位: 10 mV (AC), 100 mV (DC), 時間: 1 秒  
 IE: 不関電極, PA: 前置増幅器, RE: 記録電極, a<sub>1</sub> の RE は金属微小電極である。

ことがあるが、インパルスの振幅の大きさによって、受容細胞間のインパルスは弁別できる。また、近年、tip recording 法と呼ばれる手法が導入された(第3図 a<sub>2</sub>)。この方法は鱗翅目昆虫の毛状感覚子のような長さが 100 μm を越える嗅感覚子に適用できる。感覚子の先端をマイクロマニピュレーターを用いかみそりの刃やガラスナイフで切断し、ガラス微小電極の先端を研磨器で感覚子の切断端にちょうどはまるように研磨したものをかぶせて電位を導出する<sup>4,5)</sup>。

一般に刺激物質の濃度増加とともに発生するインパルスの頻度は増加する。濃度と応答の関係を調べ、その濃度-応答曲線から、個々の受容細胞における刺激物質に対する閾値濃度を知ることができる。また、刺激物質の種類を変えて個々の受容細胞の応答性を調べることにより刺激物質に対する応答の特異性を知ることができる。嗅受容細胞には、ある特定の物質に対して非常に特異的に応答する“specialist”的な受容細胞と2種類以上の物質に反応する“generalist”的な受容細胞とが存在する。フェロモンのようにある特定のにおい物質によって、定型的な行動が解発される場合には、“specialist”的な受

容細胞が存在し、この受容細胞はその他の種特異性のない一般的なおい物質には応答しない。このような行動上重要な特別におい物質に対する閾値濃度は一般的に低いといわれている。しかし、フェロモンのような特異的な行動を引き起こすにおい物質を除くと、嗅受容細胞の特異性は一般にあまり明白ではない<sup>1)</sup>。

このように、単一嗅受容細胞活動の観察から、EAG ではわからない個々の受容細胞におい物質の質に対する応答の特異性や、閾値濃度、濃度-応答の関係を知ることができ、より詳しく受容機構に関する知見を得ることができる。

おわりに

本稿で述べた実験の成否には、基本的な手法・技術の修得のほかに、実験材料による標本作製や誘導法などへの各自の創意くふうが必要であることは言うまでもない。昆虫の嗅神経系(末しょうレベル)を対象とする実験的な手法や得られた知見についての主な文献<sup>1~11)</sup>、また、電気生理学全般にわたる基礎的な手法・知識に関する成書<sup>12~14)</sup>をあげておくのでその参考にさせていただきたい。

引用文献

- 1) KAISLING, K. E. (1971): Chemical Senses 1 Olfaction, Handbook of Sensory Physiology (ed. by L. M. BEIDLER), Springer-Verlag, Heidelberg and New York, 351 pp.
- 2) KAWASAKI, K. (1985): Appl. Ent. Zool. 20: 82~87.
- 3) 渋谷達明・井濃内 順 (1982): 応動昆 26: 194~195.
- 4) KAISLING, K. E. (1974): Biochemistry of Sensory Functions (ed. by L. JAENICKE), Springer-Verlag, Berlin, 242 pp.
- 5) DEN OTTER, C. J. (1978): J. Insect Physiol. 24: 337~343.
- 6) 川崎建次郎・玉木佳男 (1979): 分析 12: 48~54.
- 7) MUSTAPARTA, H. (1975): J. Comp. Physiol. 97: 271~290.
- 8) HANSEN, K. (1984): Physiological Entomology 9: 9~18.
- 9) 立田栄光 (1975): 昆虫の感覚, 東大出版会, 東京, 41 pp.
- 10) BOECKH, J. (1980): Olfaction and Taste VII (ed. by H. VANDER STARRE), IRL Press, London & Washington DC, 113 pp.
- 11) ——— and K. D. ERNST: Neuroethology and Behavioral Physiology (eds. by F. HUBER and H. MARKL), Springer-Verlag, Berlin & Heidelberg, 78 pp.
- 12) 平本幸男ら (1982): 実験生物学講座 5, 電気的測定法, 丸善, 東京.
- 13) 山岡景行・小松 明 (1980): 昆虫実験法—研究編, 学会出版センター, 東京, 211 pp.
- 14) MILLER, T. A. (1979): Insect Neurophysiological Techniques, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg and New York.

## 新し く 登 録 さ れ た 農 薬 (60.4.1~4.30)

掲載は、種類名、有効成分及び含有量、商品名(登録年月日)、登録番号〔登録業者(会社)名〕、対象作物：対象病害虫：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 16020~16043 まで計 24 件)

## 『殺虫剤』

リン化アルミニウムくん蒸剤

リン化アルミニウム 55.0%

フミトキシソ (60.4.2)

16033 (ペストコン研究所)

穀物類・豆類・飼料(倉庫・サイロ・船舶)：コクゾウ・ヒラタコクヌストモドキ・マメゾウムシ類：作物の中または床上に均等に散粒してくん蒸

リン化アルミニウムくん蒸剤

リン化アルミニウム 55.0%

フミトキシソ小球 (60.4.2)

16034 (ペストコン研究所)

穀物類・豆類・飼料(倉庫・サイロ・船舶)：コクゾウ・ヒラタコクヌストモドキ・マメゾウムシ類：作物の中または床上に均等に散粒してくん蒸

ベンゾエピン水和剤

ベンゾエピン 48.0%

マリックス水和剤 (60.4.2)

16036 (アグロ・カネショウ)

たばこ：タバコアオムシ・ヨトウムシ、りんご・なし：アブラムシ類：30 日 2 回

メタルデヒド粒剤

メタルデヒド 6.0%

ナメトックス (60.4.25)

16038 (富士グリーン)

一般畑作物：ナメクジ類・カタツムリ類(ウスカワマイマイ・アフリカマイマイ等)・ネキリムシ：まばらに配置

アセフェート液剤

アセフェート 15.0%

オルトラン液剤 (60.4.25)

16042 (武田薬品工業)

ばら：アブラムシ類・チュウレンジハバチ、きく：アブラムシ類、さくら：アメリカシロヒトリ、つばき類：チャドクガ、つつじ：ツツジグンバイ

## 『殺菌剤』

有機銅・キャプタン水和剤

有機銅 30.0%，キャプタン 40.0%

サンナート水和剤 (60.4.25)

16039 (日本農薬)

芝：ブラウンパッチ

## 『殺虫殺菌剤』

カルタップ・トリシクラゾール・バリダマイシン粉剤

カルタップ 2.0%，トリシクラゾール 1.0%，バリダマイシン A0.30%

パダンバリダビーム粉剤 DL (60.4.25)

16041 (武田薬品工業)

稲：ニカメイチュウ・コブノメイガ・いもち病・紋枯病：21 日 3 回

## 『除草剤』

アトラジン・テトラピオン・DCMU・DPA 粒剤

アトラジン 5.0%，テトラピオン 1.5%，DCMU 5.0%，DPA 10.0%

トモスパーク粒剤，スーパーゼスト粒剤，トモスター粒剤，クサノンP粒剤，ピックアップ 180粒剤(60.4.2)

16020 (保土谷化学工業)，16021 (大阪化成)，16022 (トモノ農薬)，16023 (武田薬品工業)，16024 (フマキラー)

公園・庭園・堤とう等：一年生および多年生雑草：全面均一散布

アトラジン・テトラピオン・DCMU・DPA 粒剤

アトラジン 10.0%，テトラピオン 3.0%，DCMU 10.0%，DPA 20.0%

ブッシュロン粒剤 (60.4.2)

16025 (保土谷化学工業)

公園・庭園・堤とう等：一年生および多年生雑草：全面均一散布

アトラジン・DCMU・DPA 水和剤

アトラジン 17.0%，DCMU 17.0%，DPA 37.0%

アトロン水和剤 (60.4.2)

16026 (保土谷化学工業)

公園・庭園・堤とう等：一年生雑草および多年生雑草：雑草茎葉散布

アトラジン・DCBN・DCMU 粒剤

アトラジン 3.0%，DCBN 3.0%，DCMU 6.0%

クミレイキング粒剤，デスコン粒剤，ネコソギ粒剤，キング草枯し粒剤，カリシオン粒剤 (60.4.2)

16027 (保土谷化学工業)，16028 (理研薬販)，16029 (レインボー薬品)，16030 (キング化学)，16031 (シエル化学)

公園・庭園・堤とう等：一年生雑草および多年生広葉雑草：全面均一散布

DCMU・DCPA・NAC 水和剤

DCMU 7.0%，DCPA 45.0%，NAC 9.0%

ストロンダック水和剤 (60.4.2)

16032 (中外製薬)

温州みかん：畑地一年生雑草：4 回以内雑草茎葉散布，

公園・庭園・堤とう等：一年生雑草：雑草茎葉散布

DCMU・DPA・2,4-PA 粒剤

DCMU 4.0%，DPA 10.0%，2,4-PA 5.0%

シントークサトリ粒剤 (60.4.2)

16035 (石原産業)

公園・庭園・堤とう等：一年生および多年生雑草：全面

均一散布  
**MCC・2,4-PA 水和剤**  
 MCC 5.0%, 2,4-PA 80.0%  
 プラスコン (60.4.25)  
 16037 (日産化学工業)  
 日本芝, 公園・庭園・堤とう等: 一年生広葉雑草および  
 多年生広葉雑草: 雑草茎葉散布  
**DCBN・DPA・MDBA 粒剤**  
 DCBN 2.5%, DPA 5.0%, MDBA 1.3%  
 クサキラー-A粒剤 (60.4.25)  
 16043 (北海三共)

公園・庭園・堤とう等: 一年生雑草及び多年生雑草: 全  
 面均一散布

『その他』

**展着剤**  
 ポリオキシエチレンアルキルフェニルエーテル 24.0%  
 アダプテン (60.4.25)  
 16040 (塩野義製薬)  
 各種殺虫剤, 各種殺菌剤, アシユラム液剤等茎葉処理型  
 除草剤: 添加

中央だより

—農林水産省—

○昭和 60 年度病害虫発生予報第 1 号発表さる  
 農林水産省農蚕園芸局は昭和 60 年 4 月 26 日, 昭和  
 60 年度病害虫発生予報第 1 号 (60 農蚕 2537 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, 特にイネの縞葉枯病, 果樹・チャのハダニ類,  
 野菜の一部病害等の発生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: 縞葉枯病を媒介するヒメトビウンカの発生は, 関東,  
 東海, 近畿等の一部でやや多くなっています。今後の  
 ヒメトビウンカと縞葉枯病の発生は, これらの地域と  
 北海道でやや多いと予想されますので, 育苗箱施薬又  
 は本田初期の粒剤散布等による防除を実施して下さい。

イネミズゾウムシは北海道を除く全都府県で発生が  
 確認されました。育苗箱施薬等による防除を徹底する  
 とともに, 最近新たに発生した地域では, 周辺に分布  
 が拡大するおそれがありますので十分注意して下さい。

麦類: 赤かび病は, 開花期から乳熟期までの時期に降雨  
 が続くと激発しますので, 気象の推移に注意し, 「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。

さとうきび: カンショコバネナガカメムシの発生は, 鹿  
 児島でやや多く, 沖縄では平年並からやや少ないと予  
 想されます。

パイナップル: パイナップルコナカイガラムシの発  
 生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は, 平年並ないしやや  
 多いと予想されます。

そうか病及びかいよう病の発生は, 一部地域でやや  
 多いほかは平年並以下と予想されます。

りんご: ハダニ類の発生は, 平年並ないしやや多いと予  
 想されます。

もも: せん孔細菌病の発生は, 平年並と予想されます。  
 なし: 黒斑病, 黒星病及びハダニ類の発生は, 平年並な  
 いしやや多いと予想されます。

赤星病の発生は, 平年並と予想されます。

茶: ハマキ類の発生は, 静岡でやや多いと予想されま  
 す。

カンザワハダニの発生は, 全般的に平年並ないしや  
 や多いと予想されます。

野菜: タマネギの白色疫病, ベと病, ボトリチス属菌に  
 よる葉枯れ及びネギアザミウマの発生は, やや多いと  
 予想されます。

レタスの灰色かび病及び菌核病の発生は, やや多い  
 と予想されます。

<b>植物防疫</b>  昭和 60 年 6 月号 (毎月 1 回 1 日発行)  <b>—禁 転 載—</b>	第 39 巻 昭和 60 年 5 月 25 日印刷 第 6 号 昭和 60 年 6 月 1 日発行	定価 500 円 送料 50 円 1 か年 6,100 円 (送料共概算)
	編 集 人 植物防疫編集委員会 発 行 人 遠 藤 武 雄 印 刷 所 株式会社 双文社印刷所 東京都板橋区熊野町 13-11	— 発 行 所 — 東京都豊島区駒込 1 丁目 43 番 11 号 郵便番号 170 社 団 法 人 日本植物防疫協会 電 話 東京 (03) 944-1561~6 番 振 替 東京 1-177867 番

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

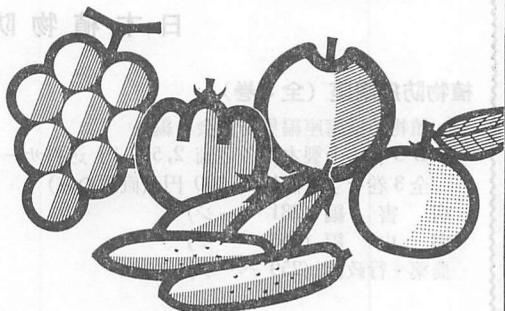
**アリエッティ** 水和剤

ぶどうのべと病防除に

**日曹アリエッティ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

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

## 日本植物防疫協会発行図書

### 植物防疫講座 (全3巻)

植物防疫講座編集委員会 編  
B 5判 上製本 各定価 2,500 円 送料サービス  
全3巻セット価格 7,000 円 (直販のみ)  
病 害 編 (281 ページ)  
害 虫 編 (256 ページ)  
農薬・行政編 (259 ページ)

### 植物防疫総目次 Vol. 1~36

定価 1,200 円 送料 200 円

### 農薬要覧 1984 年版 (年刊)

農林水産省農蚕園芸局植物防疫課 監修  
B 6判 659 ページ 定価 3,900 円 送料 300 円

### 農薬ハンドブック 1985 年版

農薬ハンドブック編集委員会 編  
B 6判 60 年 8 月上旬発行予定

### 日本有用植物病名目録

日本植物病理学会 編  
B 6判

第1巻 (食用作物, 特用作物), 第2巻 (野菜, 草花, 牧草および芝草) は日本植物病理学会で直販。

第3巻 (果樹)  
190 ページ 定価 2,300 円 送料 200 円

第4巻 (針葉樹, 竹笹)  
232 ページ 定価 3,500 円 送料 250 円

第5巻 (広葉樹)  
504 ページ 定価 3,900 円 送料 300 円

### 新版 土壌病害の手引

新版土壌病害の手引編集委員会 編  
B 5判 349 ページ 定価 6,000 円 送料 350 円

### 土壌病害に関する国内文献集 (II)

北海道大学 宇井 格生 編  
A 5判 166 ページ 定価 1,200 円 送料 250 円

### イネの新害虫 イネミズゾウムシ

農林水産省農蚕園芸局植物防疫課 監修  
B 5判 4 ページカラー 付録 1 ページ  
定価 120 円 送料 120 円 (2部以上実費)  
200 部以上表紙県名等印刷無料

### 侵入を警戒する病虫害と早期発見の手引

農林水産省横浜植物防疫所 監修  
A 5判 126 ページ 口絵カラー 8 ページ  
定価 2,600 円 送料 250 円

### 作物保護の新分野

理化学研究所 見里 朝正 編  
A 5判 カバー付 235 ページ  
定価 2,200 円 送料 250 円

### 昭和 60 年度

### 主要病虫害 (除草剤は主要作物) に適用のある登録農薬一覧表 (年刊)

農林水産省農薬検査所 監修  
60 年 10 月上旬発行予定

### 農薬用語辞典 (改訂版)

日本農薬学会 監修  
B 6判 112 ページ 定価 1,400 円 送料 200 円

### 防除機用語辞典

用語審議委員会防除機専門部会 編  
B 6判 192 ページ 定価 2,000 円 送料 250 円

### ネズミ関係用語集

ネズミ用語小委員会 編  
B 6判 30 ページ 定価 250 円 送料 170 円

### 農林害虫名鑑

日本応用動物昆虫学会 監修  
A 5判 307 ページ 定価 3,000 円 送料 300 円

### 茶樹の害虫

南川仁博・刑部 勝 共著  
A 5判 322 ページ 口絵カラー 4 ページ  
上製本箱入り 定価 5,000 円 送料 550 円

### 野菜のアブラムシ

宇都宮大学 田中 正 著  
A 5判 220 ページ 口絵カラー 4 ページ  
定価 1,800 円 送料 250 円

### お申込みは前金 (現金書留・郵便振替・小為替)

で本会まで直接お申込み下さい。

郵便振替番号 東京 1-177867

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

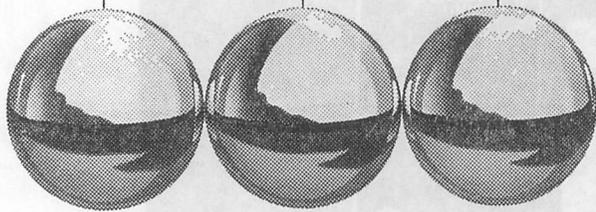
#### [記録計部]

- ・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



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“文句なし”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

## 農業技術

B 5 判 定価 400 円 (〒45円)  
(1 年 7 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 A 5 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 A 5 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)

戸苅義次他編 A 5 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

## 実験以前のこゝろ—農学研究序論

小野小三郎著 B 6 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 B 6 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 B 6 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 A 5 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

〒114 東京都北区西ヶ原  
1-26-3

(財団法人) 農業技術協会

振替 東京 8-176531  
Tel (03) 910-3787

# —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

## 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

## マリックス

 乳剤  
水和剤

●ポルドーの幅広い効果に安全性がプラスされた有機銅殺菌剤

## キノンドー

 水和剤80  
水和剤40

❖作物の初期生育が旺盛になります。

❖粒剤なので簡単に散布できます。

●ポルドー液に混用できるダニ剤

## ブデン

 乳剤

●澄んだ水が太陽の光をまねく /  
水田の中期除草剤

## モゲブロン

 粒剤

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

クミカの農業



## 作物に合わせて 解決する。

使用場面には難問が沢山、  
ひとつ、ひとつ作物場面に  
合わせて解決するのがベストです。



農協・経済連・全農

●初期一発でも  
体系使用でも幅広く使える

●稲に安全  
一発処理剤のホープ

**グラノック**® 粒剤  
水田除草剤

**シルベノン**® 粒剤  
水田除草剤

安全性・経済性・高い信頼

●中期水田除草剤 **クミリド**® SM 粒剤

**サターン**® S 粒剤

●初期水田除草剤 **サターン**® M 粒剤

●稲もんがれ病  
・園芸・畑作雑防除病害に

**バシタック**®  
粉剤DL、粉剤、水和剤75、ゾル

●葉いもち、穂いもちに  
すどい切れ味!!

**コラトックス**® 粒剤5

●田植の次は、  
さあ、水田初期除草剤

クミアイ **ソルネット** 粒剤

●浸透持続型いもち防除剤

**ビーム**® **ビーム**® ジン  
粉剤DL、粉剤、  
水和剤、  
ゾル、粒剤

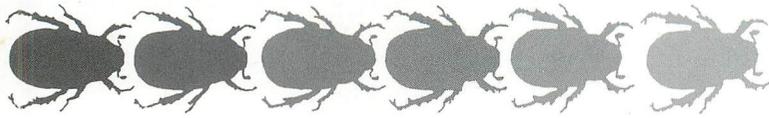
●確かな一発、初期一発処理水田除草剤

クミアイ **クサホープ**® 粒剤

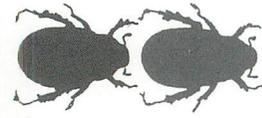
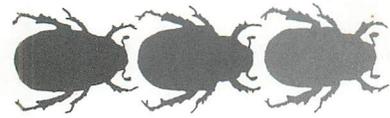


自然に学び 自然を守る

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



## ほおっておけない畑のゲリラ。



広く使える土壌害虫防除剤

**ダイアジロン**® 粒剤

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

普及会事務局 **日本化薬株式会社**

東京都千代田区富士見1-11-2 (〒102)  
TEL. 03-237-5185

昭和  
和六  
二十  
四年  
年九  
六五  
月月  
九一  
日  
第  
三  
行  
種  
月  
郵  
便  
物  
認  
可

定価 五〇〇円 (送料 五〇円)