

ISSN 0037-4091

植物防疫

昭和六十一年八月二十五日印刷
第四十卷 第九号



1986

9

VOL 40

強力4駆に実力派新登場

共立スピードスプレーヤ

SSV-660F



苛酷な作業もバリバリこなす待望のSSV-660F。荷重バランスの優れた登坂性能とビッグサイズのタイヤで悪条件の場所でも安定走行を可能にしました。共立独自の整流機構から生まれる微粒子化された薬液は徒長枝まで確実に圧展固着。防除効果も一段とアップしました。広範囲な変速段数もメリット。作業に合せた車速が選択できます。SSV-660FはSSのパイオニア共立ならではの高性能スピードスプレーヤです。

〈仕様〉 ●寸法/3,300(全長)×1,320(全幅)×1,235(全高)mm ●重量/1,005kg ●走行用エンジン排気量/600cc ●送風用エンジン排気量/952cc ●走行部形式/4輪-4駆 ●薬液タンク容量/600ℓ ●噴霧用ポンプ吐出量/80ℓ/min ●送風機風量/550m³/min ●ノズル個数/16

	株式会社 共立
	共立エコー物産株式会社 〒181 東京都三鷹市下連雀7-5-1 ☎0422-49-5911(代表)

りんごの病害防除に!

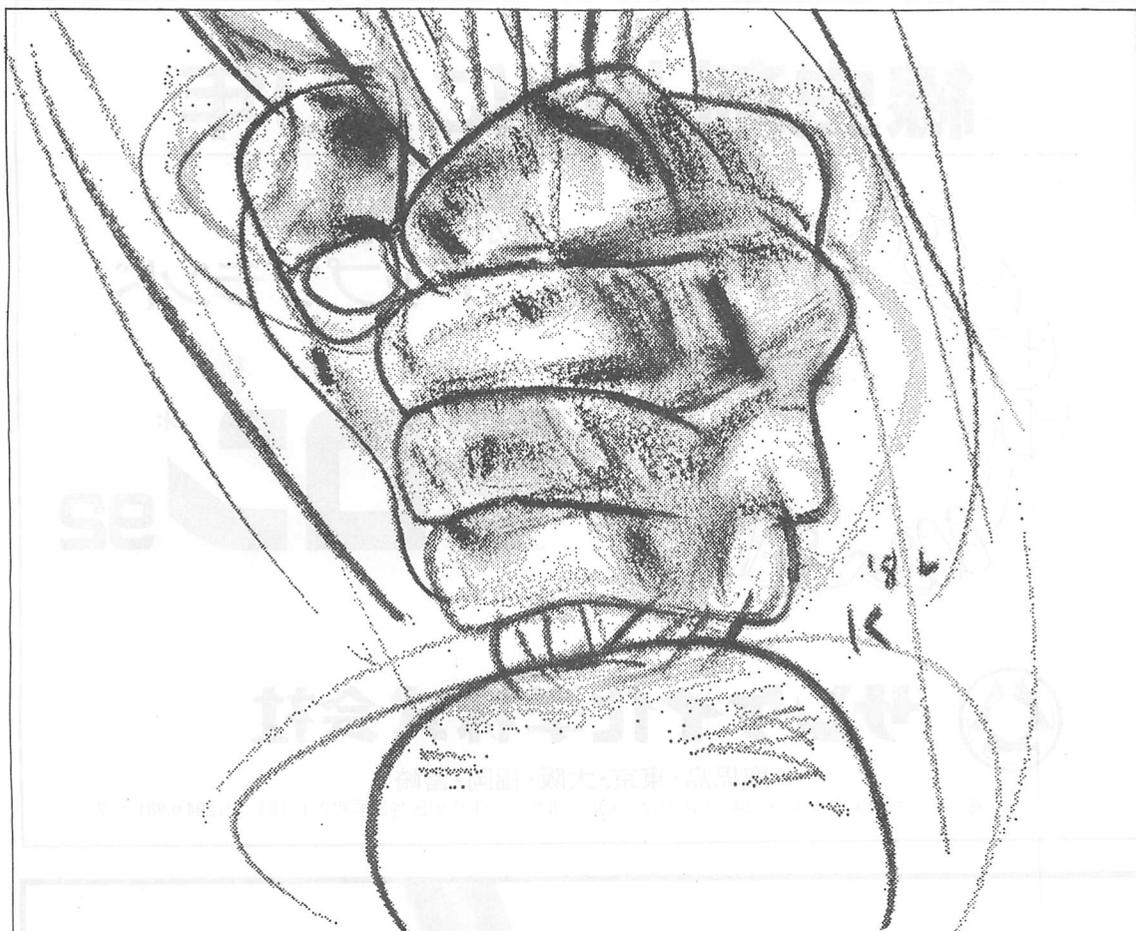
*適用拡大になりました。

*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



収穫はラブ・ストーリー。

大きく育ってほしい。大きな姿で応えたい。
人と作物、ふたつの心が通いあい、ひとつになって実りに結びます。
すばらしい愛のストーリー、デュボンジャパンは技術で応援します。

豊かな収穫に貢献するデュボン農薬

殺菌剤——ベンレート* / ベンレート-T / ダコレート / スパグリン
殺虫剤——ランネート*45 / ホスクリン
除草剤——ロロックス* / レナバック / ハイバー*X / ゴーバー*

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

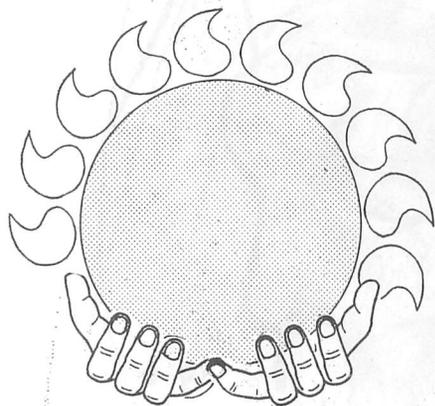
☎デュボン農薬のお問い合わせは……
Tel.(03)585-9101

デュボン ジャパン



線虫剤と伴に30年

線虫剤の
トップブランド



テロン^{*}92



サンケイ化学株式会社

鹿児島・東京・大阪・福岡・宮崎

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

豊かさを描いて。

豊かさに、確かさをプラスして、
さらに美しさを求める。

ホクコーは、より質の高い実りの
世界を、今日も描き続けます。

ホクコーの主要いもち剤

カスラフサイド[®]

粉剤・DL・水和剤・ゾル

オリゼメート[®]粒剤

ヒノラフサイド[®]

粉剤35・DL・水和剤



農協
経済連
全農



北興化学工業株式会社

〒103 東京都中央区日本橋本石町4-2

植物防疫

Shokubutsu bōeki
(Plant Protection)

第 40 卷 第 9 号
昭和 61 年 9 月号

目次

ホルドウ液 100 年の足跡 (1) ——主として国外での足跡を中心に——	向 秀夫	1
ムギ類種子消毒法の見直しとその効果	那須英夫・岡本康博・藤井新太郎	9
獣類による食害の特質と防除研究の方向	平川 浩文	13
葉いもちの全般発生開始期の確認調査法	小林 次郎	19
ミカンハダニの系統間の生殖隔離	高藤 晃雄	23
環境保全のための野菜病害の総合防除	小林 研三	29
喜界島におけるウリミバエの根絶の経過と駆除確認調査	桐野 嵩・向江義久	34
植物防疫基礎講座		
昆虫の生存曲線を推定する BIRLEY の方法について (1)	川本 均・三輪哲久・宮井俊一	38
作物保護におけるマイコン利用 (7)		
知識工学に基づく病害診断	古在 豊樹	42
紹介 新登録農薬		47
新しく登録された農薬 (61.1.1~1.31)		8, 18
学界だより		48
協会だより		48
人事消息		41
次号予告		41



「確かさ」で選ぶ…バイエルの農薬

●いもち病に理想の複合剤

ヒノラフサイド®

●いもち病の予防・治療効果が高い

® **ヒノザン**

●いもち・穂枯れ・カメムシなどに

® **ヒノバイジット**

●いもち・穂枯れ・カメムシ・ウンカなどに

® **ヒノラフバイバッサ**

●紋枯病に効果の高い

® **モンセレン**

●いもち・穂枯れ・紋枯病などに

® **ヒノラフモンセレン**

●イネミス・カメムシ・メイチュウに

バイジット

●イネミス・ソウムシ・メイチュウに

バサジット®

●イネミス・ドロオイ・ウンカなどに

® **サンサイド**

●イネミス・ウンカ・ツマグロヨコバイに

D.S. アイシストンサンサイド

粒剤

●さび病・うどんこ病に

® **バイレト®**

●灰色かび病に

® **スーパーレン**

●うどんこ病・オンシツコナジラミなどに

® **モレスタ®**

●斑点落葉病・黒星病・黒斑病などに

® **アンボラコール**

●もち病・網もち病・炭そ病などに

® **バイエルホルドウ**
[クスラヒットホルテ]

●コナガ・ヨトウ・アオムシ・ハマキムシ・スリップスに

® **トクチオン**

●ミナミキイロアザミウマに

® **ホルスター**

●各種アブラムシに

® **アリアルメート**

●ウンカ・ヨコバイ・アブラムシ・ネダニなどに

® **タイシストン**

●アスバラガス・馬鈴しょの雑草防除に

® **センコル**



® は登録商標

日本特殊農薬製造株式会社

東京都中央区日本橋本町2-4 ☎ 103

●農薬は正しく使いましょう！

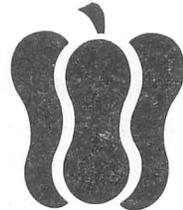
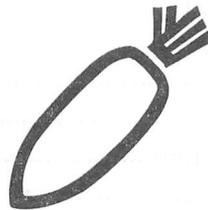
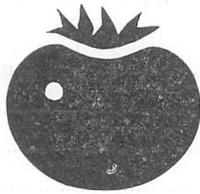
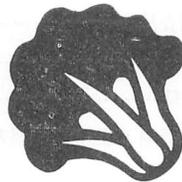


タケダ

武田の野菜農薬



武田農薬30年



●キャベツ・はくさいのコナガ防除に

パダン[®] 水溶剤

●とうもろこしのアワノメイガに

パダン[®] 粒剤4

●園芸作物害虫の基幹防除に

武田オ尔特ラン[®] 水和剤
粒剤

●イチゴ・ナス・スイカのハダニ類に

武田オサダン 水和剤25

●キャベツのハスモンヨトウに

ランネート^{*}45 水和剤
「タケダ」

●速効性のアブラムシ防除剤

武田ピリマー^{*} 水和剤

●野菜・茶の害虫に

ナパール[®] 水和剤

●野菜・稲の害虫に

ルーバン[®] 水和剤

新発売

●新しい園芸作物殺虫剤

武田アクテリック^{*} 乳剤

●だいこんの亀裂褐変症に

バリダシン[®] 粉剤

●レタスすそ枯病・いちご芽枯病に

バリダシン[®] 液剤

●野菜の灰色かび病・菌核病に

武田ロブロール[®] 水和剤

●園芸作物病害の基幹防除に

武田ダゴニール[®]

●園芸作物の病害に

ベンレート[®] 水和剤
フェンポソ

●畑の雑草防除に

武田トレファサイド[®] 乳剤

武田薬品工業株式会社

農業事業部 東京都中央区日本橋2丁目12番10号

ボルドウ液 100 年の足跡 (1)

—主として国外での足跡を中心に—

ひこう 秀 夫
向

はじめに

ボルドウ液がフランスで発見されてから、昨年 1985 年 (昭和 60) でちょうど 100 年になるという。ボルドウ液が発見されたのは 1882 年 (明治 15) で、わが国ではその 6 年後の 1888 年 (明治 21) に玉利喜造が、キュウリのべと病の防除に硫酸銅液と石灰液を混合した合剤が有効であることを指示し、また 1896 年 (明治 29) に白井光太郎教授がいもち病の防除にボルドウ液の処方を示し、本液を水鉄砲で散布することを推奨した。しかし実際に作物病害の防除にボルドウ液を散布したのは 1897 年 (明治 30) で神谷伝兵衛が茨城県牛久のブドウ園でべと病防除にフランス式 (4-4-50 ガロン式) のボルドウ液を使用したのが、わが国最初の記録とされている。1899 年 (明治 32) 農商務省農事試験場 (堀正太郎技師) は日本式のボルドウ液の濃度を発表し、その年に農試の指導で山梨県祝村でブドウべと病やうどんこ病の防除にボルドウ液の散布を行い好結果を得た。また、1900 年 (明治 33) には、北海道のいもち病常発地帯の水田に濃厚なボルドウ液を灌注して、いもち病のまん延防止と治療を試みたのが実際に水田にボルドウ液が使用された最初とされている。その年に岡山県可真村、小山益太郎のナツ園で堀技師の指導により黒斑病の大規模なボルドウ液散布が行われている。

イネ病害防除にボルドウ液の散布試験が行われたのは 1909 年 (明治 42) のことで、農商務省農事試験場 (西ヶ原) の田端水田は場で、イネ白葉枯病の防除にボルドウ液の濃度や展着剤の濃度試験が行われたのが最初であり、この試験でイネに対する散布濃度がほぼ確定したようである。

しかしイネ病害、特にいもち病の防除が実用化されたのは、1914 年 (大正 3) 以後のことである。戦前の主な散布用殺菌剤は無機の銅や硫黄を主成分とした無機化合物が主体であった。

ボルドウ液は 1884 年 (明治 17) フランスのボルドウ大学教授ミラルデ (MILLARDET) によって初めはブド

ウベと病の防除剤として劇的な機会の下に発見創製された。以下明治、大正、昭和 (戦争直後) を通じて保護殺菌剤の王者として君臨してきたが、その発見から 100 年間全世界の農業生産の安定に寄与してきた足跡をたどり、先人の努力の跡をしるしてみたい。

I 殺菌剤の発達とボルドウ液の発見

1629 年 PARKINSON は果樹のかいよう病の治療に病患部に尿を塗ることを考えた。次いでイギリス北岸の Bristol 海岸で暴風雨のため貨物船が遭難したとき、海水に浸っていたムギ種子から成育したものが黒穂病の発生が少なかった事実から、REMNANT (1637) は、ムギ黒穂病防除に食塩水浸漬による種子消毒の可能性について述べた。このことが後になって植物防疫の最初の記録であるといわれている。1670 年 MILLS, 1733 年 Jethro TULL はムギ種子消毒に食塩水を用い、1744 年にはフランスで穀物種子の消毒に硫酸銅を用いた記録がある。1735 年 AUCANTE はフランスでムギ黒穂病の予防にヒ素や昇コウ水を種子消毒に、また TILLET は生石灰液、消石灰液や濃塩水を、1761 年 SCHULTHESS は硫酸銅液を用い、また 1779 年 TESSIER は石灰を用いたがまったく効果がなかった。1807 年 PREVOST はジャガイモ疫病の防除に初めは各種化学物質の地上部の茎葉散布による防除を行っていたが、本病は塊茎で伝染することを考えて硫酸銅液による種いも消毒法が有効であることを実験的に証明した。

1815 年 WADE は硫酸亜鉛液の注入が木材防腐に有効なことを提案し、1824 年 ROBERTSON はモモのべと病防除に硫黄粉の散布が有効なことを、1833 年 KENRICK はアメリカでブドウのべと病の防除に煮沸した硫黄と石灰の混合物が有効であることを、また 1834 年 KNIGHT はイギリスでモモの縮葉病の防除に硫黄粉と石灰粉の混合物を早春に塗布することが有効であることを述べた。1845 年 MORREN はジャガイモの疫病の防除に硫酸銅と石灰の混合剤の土壌混入による防除を考えた。また、1846 年 LINDLEY はジャガイモ疫病防除に金属銅の蒸気による種いも処理試験を行い、1861 年 RADGLYFFE はバラべと病防除に硫酸銅液の散布を考えた。1873 年 DRE-

第1表 殺菌剤の歴史的でき事

1629	PARKINSON	果樹のかいよう病の治療に尿を塗ることを推奨した。
1637	REMNANT	貨物船の遭難により海水に浸ったムギ種子に黒穂病の発生が少ないことを発見。(イギリス Bristol 海岸で難破)。
1670	MILLS	ムギの病害の防除に食塩水を用いた(ムギ種子消毒, 黒穂病)。
1706	LIGERL	植物ガンの治療にふん尿の塗布を提案した。
1733	Jethro TULL	ムギ種子の消毒に食塩水を用いた。
1755	AUCANTE	種子消毒に生石灰, 消石灰, 濃塩水を用いた(ムギ黒穂病)。
1755	TILLET, T.	ヒ素, 昇コウ水を種子消毒に用いた(ムギ黒穂病)。
1761	SCHULTHESS	ムギ種子消毒に硫酸銅を用いた。
1774	SCHABOL, R.	果樹のかいよう病に硝石を塗ることを奨めた。
1779	TESSIER	コムギ種子消毒に石灰を用いた。結果は不良。
1807	PREVOST	硫酸銅による種子消毒試験を行い有効性を実証。
1815	WADE	木材の防腐に塩化亜鉛の有効性を提案。
1824	ROBERTSON, J.	モモのべと病に硫黄粉が有効であることを提案。
1832	KYAN, J. R.	モモの縮葉病に硫黄と石灰の混合物を塗ることを推奨。
1834	KNIGHT	昇コウ液による種子消毒法が提案された。
1838	BETHEL, J.	木材の防腐にクレオソート油の注入を考えた。
1844	CHEEVER	ジャガイモ疫病防除に硫酸銅の利用を考えた。
1844~		全ヨーロッパにジャガイモ疫病が激発し北欧を中心に食糧危機の時代が続いた。中部ヨーロッパではドイツ, オランダ, ベルギー, イギリスなどにも発生が続いて大きな損害を与えた。ジャガイモ疫病防除に石灰と硫酸銅液の土壌注入を提案した。
1845	MORREN	ジャガイモ疫病防除に種いもの銅の蒸気処理試験を行う。
1846	LINDLEY	硫黄粉を粉剤として用いることを提案。
1850	DUCHATEL	木材の防腐に硫酸銅液注入を推奨。
1850	BOUCHEREA	Grison 氏を公表(硫黄華 500g, 生石灰 500g, 水 3 l. 加熱
1852	GRISON	10 分間, 冷却後に上澄みを用いる)(LODEMAN, E. G., 1896)
1861	RADCLYFFE	バラのべと病やうどんこ病防除に硫酸銅液の散布を推奨。
1873 (明治 6)		ドイツは外国からのブドウ, ヤブガラシの苗木輸入を禁止した。
1873 (/)	DREISCH	硫酸銅液によるムギ種子の消毒には石灰を加えると被害少なく安全であることを推奨。
1878~80 (/ 11~13)	PASTEUR, L. (1822~95, フランス)	狂犬病の病原ウイルスおよびそのワクチンを発見。 ヒツジの炭そ病の病原菌およびそのワクチンを発見。 当時フランスを中心に炭そ病の発生により全滅にひんした家畜を救った。
1880~81 (/ 13~14)	WARD, M. H.	植物防疫の理論を発表した。
1882 (/ 15)	MILLARDET, P. M. A. (1838~1902, フランス)	ボルドウ液に関する報告を発表した。
1882~84 (/ 15~17)	KOCH, R. (1843~1910, ドイツ)	結核菌(1882), チフス菌(1884), コレラ菌(1884) の発見。
1883~85 (/ 16~18)		イギリス(1883), ベルギー, オランダ(1885), スペイン(1885), ブドウ苗の外国よりの輸入を禁止した。(植物防疫の初めといわれる)。
1884 (/ 17)	MILLARDET	ボルドウ液の処方と化学的組成を発表した。
1885 (/ 18)	MILLARDET	ボルドウ液に関する正式の報告を発表した。
1886 (/ 19)	AUDYNAUD, A.	ボルドウ液散布によるべと病防除の研究をした。
1887 (/ 20)	MASSON, E.	Burgandy 液の創製, 研究。
1888 (/ 21)	HALE, H. A.	初めて石灰硫黄合剤がモモ縮葉病防除に使用された。
1897 (/ 30)	BOLLEY, E.	コムギ種子消毒にホルマリン液浸漬(黒穂病防除)実用化。
1913 (大正 2)	EHRRICH and HATA	サルバルサン(No. 606) の発見(有機ヒ素剤)
1913 (/)	RIEHM, E.	ヒトの内科療法確立(ドイツ)。 有機水銀化合物は種子の内部に存在する菌糸を殺滅する作用を有することを発見(有機化合物の浸透性の発見)。
1915 (/ 4)	Bayer	バイエルの研究室で有機水銀剤が合成された(ドイツ)。
1920 (/ 9)		アメリカに国立の作物保護研究所(Crop Protection Institute)が新設された。
1928 (昭和 3)	FLEMING, A.	ペニシリンの発見(イギリス)。
1929 (/ 4)	LEACH, JOHNSON and WILLIAMS	昇コウ液(500倍)がジャガイモ消毒に用いられた。
1934 (/ 9)	TISDALE and WILLIAMS	Tetrachloroparabenzoquinone (Dithiocarbamate) が合成され, パテント登録される。

ISCH はドイツでムギ種子の消毒の硫酸銅液に石灰を加えることにより葉害を軽減することを述べ、また1880~81年には WARD は作物病害発生の防止は、まず病原菌を持ち込まず、薬剤の散布を適切に行うことによって、病害の発生を防止することができることを考え、植物防疫の理論を発表した。1873年(明治6)ドイツは外国からのブドウやヤブガラシの苗木の輸入を禁止し、その後1883年イギリス、1885年ベルギー、オランダ、1885年スペインの各国は外国からの苗木の輸入を禁止した。これが植物防疫の初めであるといわれている。

1882年(明治15)ミヤルデ教授によって、ボルドウ液が発見され、続いて1884~85年にはボルドウ液の処方、組成やその化学反応などについて研究成績が発表された。当時フランスではルイ・パスツール Louis PASTEUR (1822~95) によって狂犬病の病原ウイルスの発見があり、続いてその治療ワクチンが発見創製され、また当時フランスを中心に伝染力が強く、治療が困難な家畜の伝染病である炭そ病がヒツジを中心に広く激発し、ヨーロッパ各国の家畜は本病のため全滅にひんしていた時代であった。パスツールによって病原菌が発見され、防除方法や新しい消毒法が確立して、本病の発生防止に大きく貢献し、フランスは当時もっとも得意な時代であり、ボルドウ液の発見はさらにその度を加えた。

続いてコッホ Robert KOCH (1843~1910) による結核菌、チフス菌、コレラ菌の発見により、当時もっとも恐れられていたヒトの伝染病の予防、治療が可能となった。このような科学、特に生物学の発展の時代にボルドウ液の出現により農作物の病害防除が可能となり、大きな力を加えた。当時は普仏戦争後の食糧不足の時代で、ヨーロッパ全土に、ジャガイモ疫病の激発が続いていたが、特に1842年から1845年を中心にヨーロッパ全土は疫病の大発生のため被害が激甚で、食糧不足は深刻であった。1882年フランスでボルドウ液が発見されるまでは、本病の防除手段はなく食糧危機の脅威が続いていたので、農業生産者の喜びは大きく、ボルドウ液の使用は数年で全ヨーロッパに広がり、創製当時の濃度のままで防除が行われた。この散布濃度は伝染力の強いブドウべと病やジャガイモ疫病などの防除に著功を示し、数年で食糧危機を救った。その後作物や果樹の種類によっては葉害問題が生じたが、このことがかえってボルドウ液についての試験研究を促進し、多方面に多くの示唆を与え、殺菌剤の作用機作ならびに植物に及ぼす作用、無機殺菌剤から有機殺菌剤の開発への促進など多くの影響を与えた功績は大きい。

II ボルドウ液発見とミヤルデ教授 (Prof. Dr. Pierre Marie Alexis MILLARDET, 1838~1902)

1870年(明治3)フランスはアメリカからフィロキセラ (*Phylloxera vastatrix* PLANCHON) に強いブドウの品種を輸入した。

この苗木にはべと病菌 (*Plasmopara viticola*) が付着しており、急速にフランス全土のブドウ栽培地に広がり大きな被害を与えた。これが後半ヨーロッパ各国が植物特に苗木の輸入を禁止した直接の原因となった。本病防除には硫黄はまったく効果なく、硫酸銅液は葉に赤く焼けたような葉害があつて使用不可能であった。一般にヨーロッパ種はべと病にかかりやすく被害が大きく、葉のみでなく果実の腐敗するものが続出してブドウ生産に大きな被害を与えた。当時ボルドウ大学の植物学教授であったミヤルデ博士はフランス最高の植物学者を集め、ブドウのべと病やフィロキシセラの防除対策について意見を聞いたが、有効な結論は得られなかった。1882年(明治15)ミヤルデ教授はブドウの名産地 Medoc 州の St. Julian ブドウ園を視察中に、盗難予防のため硫酸銅と石灰の混合液を塗りつけた、道路に沿ったブドウ園のみにべと病が発生せず正常に生育しているのに気づいた。この事実によって硫酸銅と石灰の混合物が病気の発生を防止すると考え直ちにブドウ園の指導者 DAVID には場試験の協力を頼みブドウのべと病の防除の試験を開始した。数年後教授は化学教授の GAYON の助力を得て数多くの実験を重ね、主としてブドウべと病の防除に最良と思われる混合量のボルドウ液を創製し発表した。1885年(明治18)MILLARDET と GAYON は「ブドウべと病予防の硫酸銅石灰液の調製法および散布法」ほか2編の報告をジロンド農会報に発表した。本合剤をボルドウ合剤 (Bordeux mixture) と命名し、1887年(明治20)両教授は本合剤の処方と化学組成を発表した。(硫酸銅3, 生石灰1; 水100の割合に混合)。以前はこの硫酸銅と石灰液をこのブドウ栽培地のメドック地方の名をとってメドック合剤 (Medoc) と呼んでいたが、1886年正式にボルドウ液と命名発表された。後にミヤルデ教授は医学博士と理学博士の学位を得、ボルドウ液の発見のほか数々の研究業績によって、1888年(明治21)にはレジョン・ドヌール最高勲章を授与されている。

III ボルドウ液の組成と性状

1885年 MILLARDET と GAYON により初めて調製されたボルドウ液の濃度は硫酸銅 2kg, 生石灰、2kg, 水

第2表 ミヤルデ教授の略歴

Dr. Alexis MILLARDET は 18381 年 2 月 13 日にフランス Jura 州 Montmercy la Ville に生まれる。

1874~77 (明治 7~10) フランスの大学で医学を学び、後に植物学に興味を得てドイツの Heidelberg 大学に入学し、W. HOFMEISTER 教授に師事した。Prof. Wilhelm HOFMEISTER (1824~77) は Leipzig 生まれで、講義内容はすこぶる高く、学生の指導も厳しかったという。先生は南フランス人の風貌であり、MILLARDET は親しみを感じたという。

1878 (明治 11) Freiburg 大学の Anton de BARYE 教授 (1831~88) に師事。菌学の講義ならびに実験指導を受けた MILLARDET はもっとも熱心な学生で、菌類や病徴の描画はすこぶる巧みであったという。後にフランスで医学博士と理学博士の学位を得た。

1869 (ク 2) フランスに帰り Strassborg 大学の植物学助教授となった。この時代には、地衣類に関する論文が残っている。

1870 (ク 3) この年に普仏戦争が起こり、外科医として従軍した。

1872 (ク 5) Nancy 大学。戦後この大学に移り、植物学の教授となる。

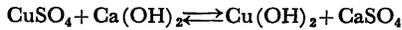
1876 (ク 9) Bordeaux 大学に移って教授となり、1899 (明 32) Bordeaux 大学を退職した。

1888 (ク 21) レジョン・ドヌール最高勲章を授与された。

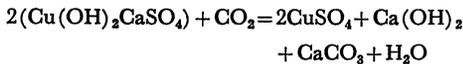
1902 (ク 35) 死亡 (12 月 5 日)。

青年時代は de BARYE 教授などの影響を受けて純理論的な学者であったが、ボルドウ液などの発見により、実用的な問題に興味を持つようになったという。

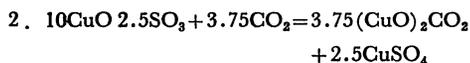
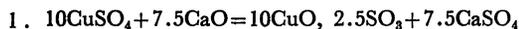
100l の割合に混合した合剤でその組成は



のような複塩であり、この液を作物に散布しておく、

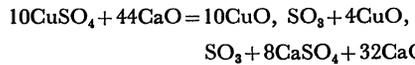


となると報告した。その化合物の大部分は塩基性硫酸銅 ($2[\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CuSO}_4]$) で混合の初期に生ずる物質と混合後期に生成される物質とは異なり、硫酸銅溶液に石灰水を混ぜるときは、初めに塩基性硫酸銅を、後に水酸化銅を生じ、また両方の液を加える速度が異なることによって生成物に差ができることを述べた。その後、イギリスウォーポルン果樹試験場の PICKERRING (1907~12) は硫酸銅と石灰との化学変化によって生成する塩基性硫酸銅がボルドウ液の有効成分であって、この物質は空気中の炭酸ガスの作用によってしだいに分解して活性の炭酸銅および硫酸銅を生成する。この後に生じた硫酸銅はボルドウ液の作成後期や散布後に殺菌力を表す実際の有効成分であり、その化学反応を次のように示した。



後に生成した硫酸銅は化学変化を起こす以前の硫酸銅よりも分子が微細で植物組織に浸透しやすいものであった。この新しく生成した硫酸銅は、病原菌胞子の発芽により生ずる菌糸を直接死滅させると同時に、他の部分は植物の組織内に浸透し、鉄の成分と置換される物質に変わり、この物質が病原菌菌糸の植物体侵入を阻止するものであり、さらに氏は従来使用されていた等量式のボ

ルドウ液の反応は

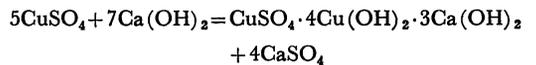


の組成で、多量の生石灰を残留するものであると述べた。

BUTLER (1914) はボルドウ液中の新しい粘液生成物 ($4\text{CuO} \cdot \text{SO}_3$) は沈殿が速く、 $10\text{CuO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 3\text{CaO}$ は遅く、散布後大気中で生成される可溶性の銅はきわめて少量であることを述べた。

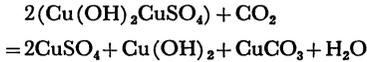
さらにドイツの WÖBER (1919 年 (大正 8)) はボルドウ液の 2 液混合調製初期の沈殿物は緑青色の粗粒子から淡青に変化し、その生成した化合物は中性の $\text{CuSO}_4 \cdot 4\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ の銅塩であり、その後液は深青色に変じ、化合物は主として塩基性の $\text{CuSO}_4 \cdot 4\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{Ca}(\text{OH})_2$ のような化合物であると述べた。

すなわち



BAKER と GIMINGHAM (1911, 1914), および GIMINGHAM と MASSEE (1926) は、ボルドウ液の殺菌作用は菌類の細胞膜の性質によるもので、細胞膜が浸透性を有する場合には、細胞内部からある物質の溶媒を浸出して、不溶性の銅化合物を可溶性とし、銅イオンを吸収して死滅に至るもので、空気中の炭酸ガスやアンモニアなども葉面に固着したボルドウ液の一部を可溶性の銅イオンとし殺菌力を助長し、また散布直後の降雨などは不溶性の銅塩から可溶性の銅イオンを析出するので殺菌力を増大するが、植物に対する有害作用も激しいことを述べた。また WILLARD (1912) はボルドウ液の有効成分の化

学的変化を



としたが、両方ともに空気中の炭酸ガスの作用により、塩基性硫酸銅が分解されて生成される硫酸銅がボルドウ液の病原菌に対して殺菌力を表す主要な物質であるとした。ボルドウ液の殺菌作用についてはその後 HOLLAND, BUNBAR, GILLIGAN(1927) らにより、ボルドウ液の防除効果と調製法、特に生石灰の形態と両液の混合割合について研究され、また MARTIN(1932) は混合液中の化学的変動と反応について化学的な研究を行い、生石灰 0.75 と硫酸銅 1 の割合の場合は水酸化石灰の作用によって塩基性の硫酸塩 $[\text{Cu}(\text{OH})_2]_2\text{CuSO}_4$ から塩基性の第二銅に変化するものであることを主張した。

さらに YOUNG と BECKENBACH (1936) はボルドウ液中の可溶性物質とその残留銅との関係を研究し、ボルドウ液の葉面散布後の病原菌胞子の発芽抑制作用ならびにその胞子の銅イオン吸収量について報告し、翌年 RECKENDORFER はボルドウ液中の不溶性銅について研究し、葉面上の銅成分との関係などについて試験を行い、翌年 GOLDSWORTH と GREEN はボルドウ液中の銅成分の胞子吸収作用について詳細な試験を行った。

McCALLAN (1930~40) はボルドウ液の実験室内における殺菌力の検定試験を行い、新しい実験手法や新しい器具などを考察して、野外におけるボルドウ液の防除効果と室内試験の比較研究を行い多くの新事実を発見し、さらに多くの殺菌剤とボルドウ液の室内効力試験について研究した。HEUBERGER と HORSFALL (1939) はボルドウ液の病害防除と気象現象について広範な研究を行い、散布直後の降雨は効力を減じ葉斑を生じやすいことを、また WILLCOXON と McCALLAN (1938) はボルドウ液散布後の風化作用と銅成分の変化について試験を行っている。YOUNG と BECKENBACH (1935) はボルドウ液中の可溶性物質とその残留銅の関係を研究し、ボルドウ液の葉面上における病原菌胞子の発芽抑制作用ならびに胞子の銅イオン吸収量について、また GOLDSWORTH と GREEN (1936) はボルドウ液の残留銅の研究を行い、その化学的組成ならびに核果類の菌核病菌 (*Sclerotinia fructicola*) の分生胞子の銅イオンの吸収作用および量を測定し、また 1938 年には同氏らは菌核病菌に加え炭そ病菌 (*Glomerella cingulata*) 胞子の銅化合物吸収作用ならびに胞子の発芽抑制作用について詳細な研究を行い、また RECKENDORFER (1936) はボルドウ液中の水溶性銅について研究し、WILLCOXON と McCALLAN (1939) はボルドウ液散布後の殺菌関数線は二つの型になることに

ついて実験的研究を行った。LARGE (1945) は戦時中金属銅浮遊液の殺菌作用とその金属銅浸出液を用いジャガイモ疫病の防除試験を行っている。

以上のようにボルドウ液の組成については、硫酸銅と生石灰の混合割合、両液の混合方法や作用時の温度などによって pH などが異なりさまざまな学説があるが、有効成分は塩基性硫酸銅であることが一般に採用されている。その組成は単一なものだけでなく $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot y\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ で表されるように、硫酸銅に水酸化銅、水酸化石灰、水が結合した一連の化合物であるようである。なおボルドウ液の物理性については、原料の硫酸銅や生石灰が純品であれば、生成したボルドウ液の粒子の大きさは 3~4 μm の懸濁液(疎水膠質)で、電解質を加えると粒子は粗大となり、また両液混合のときの液温は低温であるほど粒子の大きさは微細である (NEWTON, 1931)。

IV アメリカにおけるボルドウ液の利用と薬害

1882~85 年 (明治 15) フランスでボルドウ液が発見され、その実用性が認められると、その数年後、1887 年 (明治 20) にはアメリカ農務省農業試験場 (U. S. Department of Agriculture) はボルドウ液に関する研究を開始し、その翌年アメリカで使用されるボルドウ液の標準濃度を制定し公表した。この濃度は硫酸銅 6 ポンド (約 2,700 g)、生石灰 4 ポンド (約 1,800 g) 水 22 ガロン (99 l) の混合液で 6-4-22 式と称し、当時日本ではこのアメリカ式濃度を 22 ガロン式ボルドウ液と呼んだ。しかし、この標準濃度は濃厚すぎて薬害を生ずる作物が多く、特に前記のように核果類に激しく薬害があり問題が多かったので 1888 年次のように新しく標準濃度を制定した。

すなわち、新しく制定した混合割合は、水 50 ガロン (約 190 l) に硫酸銅 4 ポンド、生石灰 4 ポンドとした。特に薬害の出やすい作物は硫酸銅 2 ポンド、生石灰 10 ポンド、水 50 ガロンとし、同様に薬害の出やすい核果類には 3-3-50 式とし、ミザクラ (特に弱い品種)、リンゴ、スモモ、アンズには 2-4-50 式、あるいは 3-10-50 式とし、リンゴの赤色系品種やモモなどには、2-10-50 式以下の濃度とした。アメリカでは 1932 年 (昭和 4) ごろには病害防除の主力は、ボルドウ液が定着し、特に野菜類の病害防除にはほとんどボルドウ液の散布が普通となった。アメリカでは 1934 年ごろからリンゴ園の被害が激しかったので、農業試験場は大面積の果樹園地帯にボルドウ液の散布を実施させ、良好な成績が得られたという (HAMILTON, 1935)。

ボルドウ液の葉害についての研究は、第1回のアメリカ農務省の標準散布濃度が発表されたころは、アメリカではリンゴや種々の作物には銅化合物は葉害が激しく危険であるといわれていたが、ほかに適当な散布用の薬剤がなく、多少の葉害があることがわかっていても、日本におけるいもち病防除のためイネにボルドウ液の散布をさせたと同様に、アメリカでも重要な果樹園経営のためボルドウ液散布による病害防除が中心となり、有効な薬剤として常用された。農務省からボルドウ液の標準濃度が公表されてから、各地の農事試験場は各種作物に対するボルドウ液の効果試験を行い、いずれも各種病害に対して顕著な防除効果を認めたが、作物によってしばしば葉害を生ずるものがあり、特に重要な果樹に対して激しい葉害を生ずるものが多かった。ボルドウ液の果樹に対する葉害については、果樹栽培者からの苦情が多く、特にリンゴやモモなど核果類に対する葉害の訴えが多かった。標準濃度発表の翌年 Ohio 農試の WEED はボルドウ液の葉害について報告し、リンゴの黒星病には有効であるが激しい葉害を生ずることを述べ、1892年 Vermont 農試の JONES は各種作物の葉害について報告し、1893年 Ohio 農試の GREEN はブドウべと病に有効であるが葉害を認め、ヨーロッパ種は弱いことを述べた。1894~95年 New York (geneva) 農試の BEACH は洋ナシやリンゴの病害防除と葉害について、1895年 Cornell 大学の LODEMAN は果樹、特に核果類の種類と葉害について報告した。1898年 Wisconsin 大学の DUGGER はプラム属植物に対するボルドウ液の葉害について研究し、この属には全葉にしばしばせん孔を生ずる品種があることを述べ、1902年 New York (geneva) 農試の BAIN はモモの灰星病の防除試験中に、ボルドウ液散布は葉害が激しく一部散布でも葉害は全株に影響し、品種によっては葉に葉斑を生じなくても落葉するものがあると述べた。同年 New York 農試の STEWART と EUSTACE はモモの灰星病の防除試験を兼ねて、モモの全葉に及ぼすボルドウ液の影響について研究し、品種によって一部散布でも樹株全体に影響すると述べた。

1907年 New York 農試の HEDRICK はリンゴ園における葉害、特に葉害発生の条件やその発生予防について研究し、葉害は品種によって異なり、弱い品種は幼果に激しい褐色斑および萎縮を生ずるもの、時に奇形や烈果を生ずるものがあり、葉害は過湿の時期に激しく発生し、サクラは強く、ミザクラは弱く、またアンズはアメリカ種は弱く日本種は強いことを示した。

1909年 Illinois 農試の CRANDALL は気象の変動と葉害の出現頻度について研究し、大型の人工気象室を用い

て試験し、3か年間の結果として降雨や露の形成条件下において、葉害の発生が顕著であることを報告し、1910年 New jaci 農試の GROTH はモモ、リンゴ、ミザクラ、アンズ、ブドウに対する葉害発生の比較研究を行い、モモが品種に関係なくもっとも弱く、葉害は湿度の高いほど激しく発生し、また炭酸ガスが溶解した酸性の水分によって生じた炭酸塩類によって銅が溶解し葉斑を生ずるものであると述べた。1921年 (大正10) Oregon 農試の BARSS と SMART はさらに多数の品種を用いてリンゴに対する葉害を詳細に研究し、葉害の型を葉、花、枝梢、果実、植物体の5種に分類して、詳細に葉害の実態を検討し、一般に黄色種は葉害を受けやすいことを述べた。また、1923年 DUTTON と WELLS はボルドウ液散布により、ミザクラは品種によって果実が萎縮、変形または裂傷を生ずることを報告した。このように欧米ではボルドウ液が発見されてから数年でその有効性を認め、公的機関における本液に対する試験は葉害についての研究が多い。1893年 CARLETON はさび病菌胞子発芽の条件、特に物理的条件や化学物質による影響について研究を続けていたが、この実験方法が SWINGLE (1896) によってボルドウ液の胞子発芽抑制検定に応用された。

V ボルドウ液を中心とした 散布用殺菌剤の研究

SWINGLE (1896) は、葉面に散布されたボルドウ液の、乾燥後の病原菌胞子への有害作用は、その胞子の分泌する物質によって起こる遊離銅成分によるものであるとした。PICKERRING (1907) はボルドウ液の化学的成分の研究を行い今日のボルドウ液組成の基礎を作ったが、氏は1909年には炭酸銅および炭酸銅塩について研究し、BEDFORD と PICKERING (1910) はアンモニアボルドウ液について研究し、本液は花木の病害防除に適していることを述べた。BUTLER (1917) は炭酸銅を粉剤として利用可能であることを提案し、SMITH (1917) は炭酸銅粉によるムギの種子消毒を実施し、同年 BUTLER は生石灰の代わりにアンモニア水を用いてアンモニアボルドウ液を創製し、植物に汚点を生じないので花きや庭園植物に良好であるとした。

SANDERS と KELSALL (1918) は硫酸銅粉と石灰粉を混合したものを粉剤にして、果樹の病害防除剤としての利用を提案し、HEBERLEIN (1919) は硫酸銅液と炭酸ナトリウム液を混合して作る曹達ボルドウ液 (Burgundy mixture) の化学的研究を行い、BUTLER (1933) は本液の研究特に実用化試験を行った。1922年 (大正11) BUTLER と SMITH は酢酸銅液を病害防除に用い、ROB-

INSON (1923) は粉状ボルドウの研究を, HOOKER (1923) はコロイド状の水酸化銅の利用を, HORSFALL (1932) は赤色酸化銅を立枯病の防除に利用することを考え, 同年 MARTIN は各種銅殺菌剤の効力比較試験を行っている。また 1935 年 (昭和 10) DE ONG は油化銅剤の利用を, また HEUBERGER と HORSFALL (1939) は酸化銅粉の粒子の大きさと殺菌力との関係について研究し, 粒子の着色が微細となるに従って淡色となることを述べた。ADAMS と NIKITIN (1935) は新しい銅殺菌剤の研究を行い, YOUNG と BECKENBACH (1935) はボルドウ液中に存在する不溶性の銅化合物の研究を行い, 残留銅成分のみの利用性を考え, また RECKENDORFER (1936) はボルドウ液中の水溶性銅化合物の利用を考えた。HORSFALL ら (1937) は酸化銅を中心に多数の銅の化合物の殺菌力について室内試験による効力の比較研究を行った。LARGE (1943) は戦時中に金属銅の浸出液 (oligodynamic action) の殺菌力について研究し, その銅液の散布によるジャガイモ疫病の防除試験を行っている。このようにボルドウ液の化学的組成とその殺菌作用について基礎研究が行われ, 戦前すでに塩基性塩化銅 (Caddaro, イタリア; Kupferkolk Wacker, ドイツ; Kuprok G., Compound KK., アメリカ) または塩基性ケイ酸銅 (Z-O, Cuposil, アメリカ) などを主成分とした数種の無機銅散布剤が実用化し市販され, POWELL, D. (1946) のキノリノール銅の殺菌剤としての利用に発展した。そして, 使用法が簡単な無機殺菌剤の普及とともに農作物に汚染が少なくまた被害の少ない有機殺菌剤の発見創製に大きく寄与した。

引用文献

- 1) BARKER, B. Y. P. and C. T. GIMINGHAM (1914) : Ann. Appl. Biol. 1 : 9~21.
- 2) ——— (1914) : J. Agric. Sci. 4 : 78~94.
- 3) ——— (1914) : ibid. 6 : 220~232.
- 4) BUTLER, O. (1914) : Phytopathology 4 : 125~190.
- 5) BARSS, H. P. and W. A. SMART (1921) Ore. Crop. Pestic. and Hortic. Rep. 3 : (1915—1920) 165~171.
- 6) BAIN, S.M. (1902) Tenn. Agric. Exp. Stn. Bull. 15 (2) : 19~108.
- 7) BEACH, S. A. (1895) N. Y. Agric. Exp. Stn. Geneva Bull. 84 : 20~33.
- 8) CLARK, T. F. (1902) Bot. Gaz. 33 : 26~48.
- 9) CRANDALL, C. S. (1909) : Ill. Agric. Exp. Stn. Bull. 135 : 200~296.
- 10) DUGGAR, B. M. (1898) Proc. Soc. Prom. Agric. Sci. 19 : 1~7.
- 11) ——— and J. S. GOOLEY (1914) : Ann. Mo. Bot. Garden 1 : 1~22.
- 12) DORAN, W. L. (1922) : Newhampshre Agric. Exp. Stn. Tech. Bul. 19 : 1~11.
- 13) ——— (1923) : Phytopathology 13 : 532~542.
- 14) DUTTON, W. C. and H. M. WELLS (1923) : Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 23 : 277~281.
- 15) FREAR, D. E. H. (1942) : Chemistry of insecticides, fungicides and herbicides, Von Nostrand, 417 pp.

- 16) FAIRCHILD, D. G. (1894) Bordeaux mixture as a fungicide, U. S. D. A. Div. veg. Path. Bull. 6 : 1~55.
- 17) GIMINGHAM, C. T. et all., A. M. MASSEE and E. C. D. FTATTERSFIELD (1926) : Ann. Apl. Biol. 13 : 446~465.
- 18) GOLDSWARTHY, M. C. and E. L. GREEN (1938) : J. Agric. Res. 56 : 489~505.
- 19) GREEN, N. J. (1893) : Ohio Agric. Exp. Stn. Bull. : 232 : 3~10.
- 20) GROTH, B. H. (1910) : N. J. Agric. Exp. Stn. Bull. 232 : 3~10.
- 21) HEALD, F. D. (1926) : Manual of plant diseases, Mc-Grau-Hill 891pp.
- 22) HEDRICK, U. P. (1907) : N. Y. Agric. Exp. Stn. Geneva Bull. 287 : 105~180.
- 23) HORSHALL, T. G. (1945) : Fungicides and their action, Chronica Botanica 239 pp.
- 24) ——— (1956) : Principles of fungicidal action, Chronica Botanica 279 pp.
- 25) ——— and A. L. HARRISON (1939) : J. Agric. Res. 58 : 911~928.
- 26) ———, G. E. R. HERVEY and R. F. SUIT (1939) : ibid. 58 : 911~928.
- 27) ——— et al. (1938) : N. Y. Agric. Exp. Stn. Tech. Bull. 251 : 1~39.
- 28) ——— and G. A. ZENTMYER (1944) : Phytopathology 34 : 1004.
- 29) HEDRICK, U. P. (1907) N. Y. State Agric. Exp. Stn. Bull. 287 : 217~286.
- 30) HEINRICH, D. (1964) : Krankheiten und Schadlinge der Zierpflanzen und ihre Bekämpfung, Paul Perey, 625 pp.
- 31) HOSFALL, J. G. and A. E. D. DIMOND (1959—60) : Plant pathology I—III, Academic Press, 674, 715, 675 pp.
- 32) JONES, L. R. (1892) : Plant diseases. Vt. Agric. Exp. Stn. Bull. 28 : 32.
- 33) LODEMAN, E. G. (1895) : Cornell Univ. Agric. Exp. Stn. Bull. 86 : 62.
- 34) MARTIN, H. (1932) : Ann. Appl. Biol. 19 : 98~120.
- 35) MARSH, R. W., R. J. W. BYRDE and D. WOODCOCK (1972) : Systemic Fungicides, 401 pp. 山本 出監訳, 新しい農業浸透殺菌剤 (1976), 講談社, 321 pp.
- 36) MCCALLAN, S. E. A. (1930) : Cornell Agric. Exp. Stn. Mem. 128 : 8~24, 25~79.
- 37) ——— and F. WILCOXON (1936) : Contr. Boyce Thompson Inst. 8 : 151~165.
- 38) ——— (1938) : ibid. 9 : 249~263.
- 39) ——— (1939) : ibid. 11 : 5~20.
- 40) ——— (1940) : ibid. 11 : 309~324.
- 41) MILLARDET, A. (1885) : J. Agric. Prat. (Paris) 49 : 513~516 (English translation by F. J. SCHNERDERHAN (Treatment of mildew and rot).
- 42) ——— (1885) : J. d'Agr. Pratique (Paris) 49 : 801~805. (Concerning the history of the treatment of mildew with copper sulphate)
- 43) ——— and U. GAYON (1885) : ibid. 49 : 707~710. (Treatment of mildew by the mixture of copper sulphate and lime).
- 44) ——— (1887) : ibid. 51 : 123~129, 156~161, 698~704, 728~732.
- 45) 向 秀夫 (1961) : 日本に於ける銅剤の発達, ボルドウ液 100 年祭記念講演集, pp. 11~20.
- 46) 野津六兵衛 (1928) : 農用薬剤の話, 島根農会, p. 387.
- 47) 村川重郎 (1941) : 農薬の化学と応用, 朝倉書店. 339 pp.
- 48) 野口徳三・内田都太 (1925) : 農用薬剤学, 朝倉書店, 647 pp.
- 49) 野津六兵衛 (1928) : 農用薬剤の話, 島根農会, p. 485
- 50) PICKERING, S. D. (1907) : J. Chem. Soc. London 91 : 1981~1988.

- 51) POWELL, D. (1946) : *Phytopathology* (36) : 572~573.
 52) PREVOST, B. (1907) : U. S. *Phytopath. classic* 6 : 94. Translation by G. W. KEITT. (1939).
 53) SHARUELLE, E. G. (1960) : The nature and used of mordan fungicide, Burgess Pub., 308 pp.
 54) SCOTT, D. B. M. and S. S. COHEN (1953) : *Biochem. J.* (55) : 23~33.
 55) SWINGLE, W. T. (1896) : Bordeaux mixture. U. S. D. A. Div. Veg. *physiol. Pathol. Bull.* 9 : 1~37.
 56) STEWART, F. C. and H. J. EUSTACE (1902) : N. Y. *Agric. Exp. Stn. Geneva Bull.* 220 : 225~233.
 57) 田中彰一 (1937) : 農用薬剤要説, 養賢堂, 139 pp.
 58) TORGESON, D. C. (1967) : *Fungicides, An advanced treatuse, Vol. I* : 1~697. (1969) *Fungicides. Chemistry and physiology, Vol. II* : 1~742.
 59) 渡辺幸吉 (1933) : 農業薬剤提要, 養賢堂, 319 pp.
 60) WALKER, J. C. (1957) : *Plant pathology*, McGraw-Hill, 707 pp.
 61) WEED, C. M. (1889) : *Ohio Agric. Exp. Stn. Bull.* 7 : 188.
 62) WILCOXON, P. and S. E. A. McCALLAN (1938) : *Contrib. Boyce Thompson Inst. Plant Res.* 9. 149~159.
 63) WOORLMAN, H. M. and H. B. HUMPHREY (1924) U. S. *Dep. Agric. Bull.* 1210. 1~44.
 64) 吉村彰治 (1961) : ボルドウ液発見 100 年記念に出席して, ボルドウ液 100 年祭記念講演集, pp. 1~9.
 65) ZENTMYER, G. A. (1943) : *Phytopathology* 33 : 1121.
 66) ——— (1944) : *Science* 100 : 294~295.

新しく登録された農薬 (61.7.1~7.31)

掲載は、種類名、有効成分及び含有量、商品名(登録年月日)、登録番号〔登録業者(会社)名〕、対象作物:対象病虫害: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 16418~16450 まで計 33 件)

『殺虫剤』

ピリダフェンチオン・MTMC 粉剤

ピリダフェンチオン 2.0%, MTMC 1.5%

オフナックM粉剤 DL (61. 7. 10)

16418 (山本農薬), 16419 (サンケイ化学), 16420 (三笠化学工業)

稲: コブノメイガ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・イナゴ・ニカメイチュウ: 21 日 3 回

ピリダフェンチオン・MTMC 粉剤

ピリダフェンチオン 2.0%, MTMC 1.5%

オフナックM粉剤 (61. 7. 28)

16440 (三笠化学工業)

稲: ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・イネツトムシ・イネドロオイムシ・カメムシ類・イネミズゾウムシ成虫・コブノメイガ: 21 日 3 回

酒石酸モランテル液剤

酒石酸モランテル 8.0%

グリーンガード・エイト (61. 7. 28)

16441 (台糖ファイザー)

まつ (生立木): マツノザイセンチュウ

アミトラズ乳剤

アミトラズ 20.0%

ダニカット乳剤 20 (61. 7. 28)

16442 (トモノ農薬)

みかん: ミカンハダニ・ミカンサビダニ・ロウムシ類(幼虫): 14 日 2 回, りんご: リンゴハダニ: 14 日 2 回, なし: ハダニ類 (ナミハダニを除く): 14 日 2 回

ベンスルトップ水和剤

ベンスルトップ 50.0%

ルーバン水和剤 (61. 7. 28)

16449 (北興化学工業)

稲: ニカメイチュウ・コブノメイガ: 14 日 4 回, キャベツ・はくさい: アオムシ・コナガ: 7 日 3 回, だいこん: アオムシ・コナガ: 14 日 3 回, とうもろこし: アワノメイガ: 14 日 2 回, 茶: チャノホソガ・チャノキイロアザミウマ: 14 日 2 回

『殺菌剤』

グアザチン・トリシクラゾール・IBP 粉剤

グアザチン 1.0%, トリシクラゾール 0.50%, IBP 1.50%

ビームジンペフラン粉剤 DL (61. 7. 10)

16430 (クミアイ化学工業)

稲: いもち病・穂枯れ (ごま葉枯病菌・すじ葉枯病)・稲こうじ病・変色米 (アルタナリア菌・カーブラリア菌): 穂ばらみ期~穂揃期但し 30 日前: 3 回

銅・プロシミドン水和剤

塩基性塩化銅 67.3%, プロシミドン 20.0%

スクレタン水和剤 (61. 7. 10)

16433 (北興化学工業), 16434 (住友化学工業), 16435 (山本農薬), 16436 (中外製薬)

きゅうり: 灰色かび病・べと病・斑点細菌病: 前日 6 回, スイカ: つる枯病: 21 日 5 回

トリシクラゾール・バリダマイシン水和剤

トリシクラゾール 20.0%, バリダマイシン 5.0%

ビームバリダゾル (61. 7. 28)

16443 (武田薬品工業)

稲: いもち病・紋枯病: 21 日 3 回: 散布, 空中散布

(18 ページに続く)

ムギ類種子消毒法の見直しとその効果

岡山県立農業試験場 な す ひ で お お か も と や す ひ ろ ふ じ い し ん た ろ う
那須英夫・岡本康博・藤井新太郎

はじめに

ムギには斑葉病など種子伝染性病害が多いため、種子消毒の果たす役割がきわめて大きい。1973年に水銀剤の使用が禁止され浸透性殺菌剤に代わったが、ムギでは効果未確認の病害が多かった。特に裸黒穂病については、種子消毒剤が効果があるという報告は見当たらず、温湯による消毒が必要と考えられた。一方、従来から風呂湯浸に用いられていた釜風呂（五衛門風呂）はほとんどなくなり、現在ではポリエチレン製浴槽など各種材質のものが広く普及している。釜風呂を用いる風呂湯浸法（鏝方, 1941）とは、入浴後、あらかじめかまどの残り火をよく始末して、所定温度にした湯に種子を浸し、蓋をずらして約3cmの間げきとし、翌朝（約10時間浸漬処理）種子を引き上げるという方法であった。

しかし、現在の浴槽は、かまどの余熱が大きい釜風呂とは構造が異なり、消毒開始後の湯温降下が速いのではないかと考えられた。また、浴槽の材質や断熱材の材質などによっても、保温の程度は異なるものと考えられる。したがって、現在使用されている浴槽では、釜風呂で確立された風呂湯浸の技術の適用に疑問が生じてきた。

種子表面に病原菌が付着している斑葉病、なまぐさ黒穂病対象には薬剤処理の効果が高く、種子体内に病原菌が潜在している裸黒穂病対象には温湯処理の効果が大きい。これら全部の種子伝染性病害を予防するために、当時農家の段階でもっとも実用性が高い方法として水銀剤処理後の釜風呂による風呂湯浸法が用いられていた。そこで、ポリエチレン製などの各種浴槽と浸透性殺菌剤との二重消毒の技術の確立が要望された。

筆者らは1977～81年の5か年、ムギの主要な伝染性病害に対する温湯消毒、薬剤消毒およびこれらを組み合わせた二重消毒について検討し、種子消毒法の見直しを行い一応の成果を得た（那須ら, 1985）。その概要を述べ参考に供したい。

I 風呂湯浸法の再検討

各種浴槽（ポリエチレン製：以下ポリ、鋳物：ホーロ

Improvement on Seed Treatment Methods and Their Effect for Wheat and Barley Diseases. By Hideo NASU, Yasuhiro OKAMOTO and Shintaro FUJII

第1表 風呂湯浸に供した各種浴槽の温度変化

浴槽の種類	開始時の湯温(°C)	10時間後の降下温度(°C)	処理5時間における時間別降下温度(°C)				
			0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
かま風呂	45	13.3 ^{a)}	1.1	1.4	1.5	2	1.6
	43	12.0	2	1.5	1.5	1	1.2
ポリ浴槽	45	14.0 ^{b)}	2.4	2.1	2.0	1.9	1.3
	43	8.2	1	0.7	0.8	1.0	1.0
ステンレス浴槽	45	7.0	0.5	1	1	0.7	0.8
	43	6.2	1	0.7	0.8	0.7	0.5
ホーロー浴槽	45	13.8 ^{c)}	2.6	1.9	1.9	1.3	1.3
	43	12.3 ^{d)}	2.7	1.8	1.4	1.2	1.1

a) 2反復の平均 b) 4反復の平均

c) 11反復の平均 d) 3反復の平均

一、ステンレス製：ステンレス）を供試して湯温の当初温度を45°C（コムギ用）または43°C（二条オオムギ、ハダカムギ用）にし、急速な温度降下を避けるために蓋は全閉状態にし、浴槽の底部の湯温を自記温度計で測定した。対照には釜風呂を用い、以前行っていたとおりの風呂湯浸処理を行った。

結果は第1表に示すとおりで、供試したステンレス浴槽は釜風呂より温度降下が緩やかで、1時間に約1°C弱の割合で降下し、鏝方（1941）の風呂湯浸の結果よりも温度降下は少なかった。ポリ浴槽、ホーロー浴槽は釜風呂と比べて10時間後の温度はほとんど差がなかったが、開始から数時間の温度降下がやや大きい傾向であった。

以上の結果から、蓋を閉めた状態で試験した各種浴槽のうち、ステンレス浴槽の湯温経過は以前の風呂湯浸に用いた釜風呂のそれとよく適合したが、供試したポリ、ホーロー浴槽ではやや異なる傾向であった。しかし、同じ材質の浴槽でも浴槽を取り巻く断熱材などが異なると風呂湯浸の保温状態は変わってくるはずであるから、これらの測定結果がそれぞれの材質の浴槽の温度変化を代表しているものであるとは考えにくい。そこで、いずれの浴槽も湯温の降下は気温に影響されるので、翌朝の最低温度がなるべく高いと思われる日に行うほうが良いと考えられた。

II 風呂湯浸と薬剤の二重消毒における薬害

1978, 80年の2か年、コムギ（シラサギコムギ、オマ

セコムギ), 二条オオムギ (あかぎ二条, 成城 17 号, あまぎ二条), ハダカムギ (キカイハダカ) の種子を用いて, 風呂湯浸処理 (ホーロー浴槽) 後にチウラム・ベノミル水和剤, チウラム・チオファネートメチル水和剤の所定濃度に浸漬処理 (20 倍 10, 20 分, 200 倍 6, 24 時間) または粉衣処理 (0.2, 0.5, 1.0 %, ただし, チウラム・ベノミル水和剤は 1.0% 処理はしていない) し, 1978 年には 11 月 14 日, 1980 年には 12 月 11 日に, ほ場に播種した。

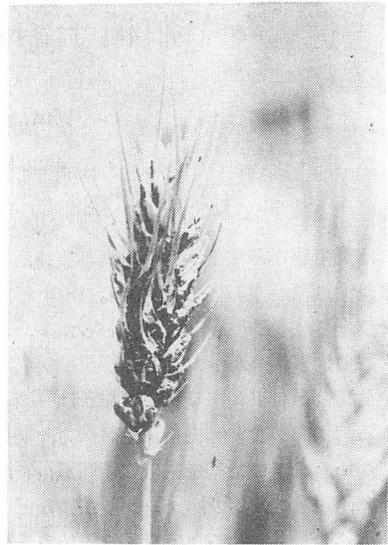
その結果, 風呂湯浸処理後の薬剤処理の二重消毒ではどの組み合わせにおいても発芽・生育ともに良好で, 薬害は認めなかった。釜風呂を対照としてホーロー浴槽だけの試験ではあるが, 他の浴槽にも適用できると考えられた。

なお, 薬剤 (チウラム・ベノミル水和剤, チウラム・チオファネートメチル水和剤) 処理後の風呂湯浸処理ではすべての処理区で発芽障害が生じた。鈴木 (1979) は風呂湯浸と薬剤の二重消毒を行い, 大部分の組み合わせではいずれを先にしても薬害はなかったが発芽率に若干の差があったので薬剤浸漬を先に行うほうが良い, としている。しかし, 薬剤処理後の風呂湯浸という二重消毒は, 筆者らが薬害を認めたこと, 浴槽の汚れ, 魚毒性が高い薬剤の河川への流入などの難点があるため実用化困難と考えられる。二重消毒における薬害に関しては, 銚方 (1941) は風呂湯浸後の薬剤 (硫酸銅) 消毒では薬害があり, 薬剤消毒後の風呂湯浸処理では薬害もなく効果も高いとしている。これらのことは, 二重消毒では用いる薬剤ごとに検討する必要があることを示唆しており, 供試したチウラム・ベノミル水和剤, チウラム・チオファネートメチル水和剤の場合は風呂湯浸後に薬剤処理という二重消毒が妥当と考えられた。

III オオムギ裸黒穂病に対する効果

1979 年の試験では, 六条オオムギ (カシマムギ) の罹病株から採種した種子を各区 30 g 用い, チウラム・ベノミル水和剤, チウラム・チオファネートメチル水和剤の所定量で粉衣, または所定濃度に所定時間浸漬した後陰干しし, 供試した。二重消毒は風呂湯浸 (ホーロー浴槽) 後, 薬剤処理を行い再び陰干し種子の表面が乾燥した状態のものを供試した。12 月 3 日には場に条播きし, 1 区 0.5 m², 3 反復で行い, 1980 年 4 月 28 日に全穂について発病の有無を調査した。1980 年にも同様の試験を行った。

結果は第 2 表に示したとおりである。1979 年では, 少発生条件であったが, ステンレス浴槽区, ホーロー浴槽



第 1 図 裸黒穂病

区の効果は釜風呂とほぼ同等であったが, ポリ浴槽区はやや劣った。発病しないと考えられた釜風呂区でわずかに発病が認められたが, これは釜の一部が亀裂しており, そのため温度降下が大きかったためと考えられた。56°C 10 分間の温湯浸処理の効果はやや劣った。チウラム・ベノミル水和剤のすべての処理区, チウラム・チオファネートメチル水和剤の 20 倍 10, 20 分間浸漬処理は高い防除効果が認められた。風呂湯浸だけでも高い効果が認められたが, 薬剤との二重消毒処理によって効果がいっそう高められる傾向であった。なかでも, チウラム・ベノミル水和剤との組み合わせでは試験したすべての処理区で, チウラム・チオファネートメチル水和剤では 1% 粉衣, 20 倍 10, 20 分間処理, 200 倍 24 時間処理区でまったく発病が見られず, 顕著な効果を示した。

1980 年においても, 少発生ではあったが, チウラム・ベノミル水和剤はどの処理区もまったく発病しなかった。また, チウラム・チオファネートメチル水和剤処理区で発病を認めた区もあったが, どの処理も高い防除効果が認められた。風呂湯浸 (釜風呂, ステンレス浴槽, ホーロー浴槽), 冷水温湯浸の効果も高く, 発病はまったく認めなかった。どの処理区においても薬害はなかった。

以上のことから, 少発生条件ではあったが, 本病に対して薬剤単用でも高い効果があるものと考えられた。鈴木 (1978), 富来ら (1980) も同薬剤の効果が高いことを報告しているが, 本試験も含めて少発生条件での試験であるので, 多発生条件での効果についても検討が必要であ

第2表 主な種子伝染性病害に対する薬剤、温湯処理および二重消毒の効果

薬剤および浴槽の種類	処理方法	オオムギ裸黒穂病			コムギ	オオムギ斑葉病		コムギなまぐさ黒穂病
		1979(単) ^{a)}	1979(二)	1980(単)	1979(単)	1979(単)	1979(二)	1980(単)
		発病穂数	発病穂数	発病率	発病率	発病率	発病率	発病率
		(本)	(本)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
チウラム・ペノミル水和剤	0.2%粉衣	—	0	—	0	—	—	—
〃	0.5%粉衣	0	0	0	0	15.4	1.7	0.2
〃	1.0%粉衣	0.3	—	0	0	10.3	—	0
〃	20倍10分	0.7	0	0	0	4.6	—	—
〃	20倍20分	0	0	0	0	—	—	0.3
〃	200倍1時間	—	0	—	0	—	3.2	2.3
〃	200倍6時間	0.3	0	0	0	6.0	1.2	0.3
〃	200倍24時間	0	0	0	0	3.3	0.8	0
チウラム・チオファネートメチル水和剤	0.5%粉衣	5.0	0.7	0	0.1	18.9	1.6	0
〃	1.0%粉衣	2.0	0	0.9	0	13.1	—	1.1
〃	20倍10分	0.7	0	0.4	0	—	—	0
〃	20倍20分	0.3	0	0	0	—	—	0.1
〃	200倍1時間	—	1.0	—	0	—	2.0	2.6
〃	200倍6時間	3.0	1.3	0	0.2	12.3	2.4	3.4
〃	200倍24時間	2.3	0	0	0	—	—	1.0
風呂湯浸	かま風呂	0.7	—	—	—	9.1	—	—
	〃	—	—	0	—	—	—	—
	ポリ浴槽	8.7	—	—	—	7.6	—	—
	ステンレス浴槽	0	—	—	—	6.2	—	—
	〃	—	—	0	—	—	—	—
	〃	1.3	—	—	—	—	—	—
〃	ホーロー浴槽	0.7	0.3	—	1.2	6.7	—	—
〃	〃	—	—	0	—	—	—	—
〃	〃	0.3	—	—	—	—	—	—
温湯浸		7.0	—	7.9	0.4	—	11.0	—
冷水温湯浸		—	—	0	4.3	—	—	—
無処理		14.7	14.7	4.3	8.4	27.7	27.7	61.3

a) 単：単用処理，二：二重消毒（ホーロー浴槽＋薬剤）

る。風呂湯浸の効果は、鏝方（1941）の釜風呂による風呂湯浸では多発条件でもまったく発病していないのに対し、筆者らの試験では少発生条件下であるにもかかわらず、わずかではあるが発病を認めた。したがって、各種浴槽の風呂湯浸処理が多発条件下でどの程度の効果を示すかは薬剤と同様に疑問が残る。

岡山県において本病は近年ほとんど発生していないことを考慮すれば、薬剤単用でも良いと考えられるが、多発するようであれば、風呂湯浸後の薬剤消毒という二重消毒が必要と考えられる。

IV コムギ条斑病に対する効果

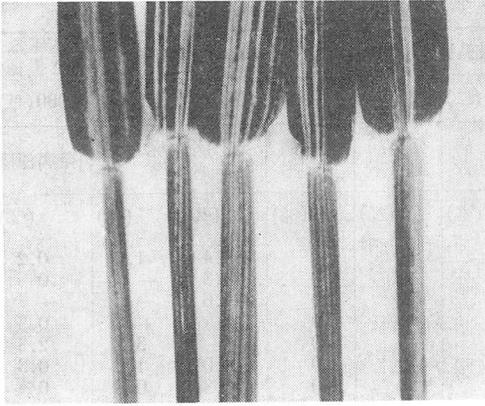
1979年に、シラサギコムギの種子を分生子懸濁液に約10分間浸漬したものを、薬剤処理および温湯処理は常法に準じて実施し、11月13～14日には場に条播し、1区0.5m²、3反復の試験を行った。1980年5月22～26日に全茎について発病の有無を調査した。

結果は第2表に示したとおりで、チウラム・ペノミル

水和剤、チウラム・チオファネートメチル水和剤のどの処理区も高い防除効果が認められた。温湯処理は薬剤処理に劣ったが、風呂湯浸、温湯浸処理の効果が高く、冷水温湯浸処理は劣る傾向であった。本病は現在、岡山県では県中部の一部でだけ発生を認めているが、最近北海道で多発して問題となっている。尾崎（1984）は罹病株から採種した種子を用いての試験でチウラム・ペノミル水和剤の効果が高いと報告しているため、本剤は有効であると考えられる。

V オオムギ斑葉病に対する効果

1979年に、あかぎ二条の罹病株から採種した種子を各30g用い、所定量の薬剤（チウラム・ペノミル水和剤、チウラム・チオファネートメチル水和剤）を前述した方法で処理して供試した。二重消毒は風呂湯浸（ホーロー浴槽）後に薬剤消毒処理とした。11月30日に、ほ場に条播し、1区0.5m²、3反復で行った。1980年5月1日に中央約0.6mの範囲を刈り取り、発病の有無



第2図 斑葉病

を調査した。

結果は第2表に示したとおりで、チウラム・ペノミル水和剤 200倍 6, 24時間, 20倍 10分間処理は高い防除効果が認められた。風呂湯浸と薬剤との二重消毒は、どの組み合わせでも高い防除効果が認められ、薬剤単用では効果が劣った場合でも安定した効果が得られた。なお、1977年のチウラム・ペノミル水和剤、チウラム・チオファネートメチル水和剤処理の効果は1978年の試験に比較してやや劣り、試験年次により効果の変動が見られた。

鈴木ら(1980)はチウラム・ペノミル水和剤を用いて浸漬温度の違いによる効果を検討したところ、25°C以上の液温ではまったく発病しなくて、液温が低くなると発病が多くなること、また、本試験と同様に薬剤の効果が試験年次により異なることを報告している。本病に対しては、本試験および金磯ら(1978)の試験では同量の濃度ではチウラム・ペノミル水和剤処理のほうがチウラム・チオファネートメチル水和剤処理より効果が高かったが、富来ら(1980)の報告ではその逆となっている。なお、鈴木ら(1977)はチウラム・ペノミル水和剤を用いての試験で粉衣よりもスラリー処理のほうが効果が高いとしている。

以上の結果、本病に対して薬剤処理だけでも高い効果が期待できるが、風呂湯浸と薬剤処理の二重消毒を行えば、より安定的な効果が得られると考えられる。

VI コムギなまぐさ黒穂病に対する効果

1980年に、シラサギコムギの罹病株から採種した種子

を供試して、薬剤の効果を検討した。薬剤で処理した種子を11月30日には場に条播きして、1区0.5m²、3反復で行った。1981年5月1日に中央約0.6m範囲を刈り取り、全穂について発病の有無を調査した。

結果は第2表に示したとおりで、チウラム・ペノミル水和剤、チウラム・チオファネートメチル水和剤の0.5, 1.0%粉衣, 20倍 10, 20分間, 200倍 1, 6, 24時間処理区はすべて高い防除効果が認められた。1977年の試験結果もほぼ同様であった。なお、鈴木ら(1978)、富来ら(1980)もほぼ同じ結果であり、また、鈴木ら(1981)はチウラム・ペノミル水和剤、チウラム・チオファネートメチル水和剤がコムギから黒穂病にも高い防除効果を得ている。

おわりに

現在の各種浴槽で蓋を閉めた状態で行う風呂湯浸処理は、裸黒穂病にもかなりの効果が認められたことから、いずれの浴槽でも以前の釜風呂で行われていた風呂湯浸法が適用できると考えられた。

チウラム・ペノミル水和剤は斑葉病、なまぐさ黒穂病、条斑病、裸黒穂病に対して20倍 10~20分間, 200倍 6~24時間浸漬処理, 0.5%粉衣の登録があり、チウラム・チオファネートメチル水和剤は斑葉病、なまぐさ黒穂病に対して200倍 6~24時間浸漬処理, 0.5~1.0%粉衣処理の登録がある。これらの病害のうち、裸黒穂病が少発条件であれば、チウラム・ペノミル水和剤などの薬剤処理だけでもかなりの効果が期待できるものと考えられる。しかし、裸黒穂病、斑葉病などに対して、風呂湯浸後の薬剤処理という二重消毒を行えば安定した効果が得られるものと考えられた。

裸黒穂病については、多発条件下で各種浴槽を用いての風呂湯浸の効果、薬剤の効果、さらには二重消毒の効果の検討などが残された課題であろう。

引用文献

- 1) 鏡方末彦(1941):食糧農産物増産奨励資料 9:1~35.
- 2) 金磯泰雄・柏木弥太郎(1978):四国植防 13:43~47.
- 3) 那須英夫ら(1985):岡山農試研報 5:67~77.
- 4) 尾崎政春(1984):日植病報 50:98.
- 5) 鈴木計司・藤田耕朗(1977):関東病虫研報 24:31~32.
- 6) ———— (1978):同上 25:35~36.
- 7) ———— (1979):同上 26:28~29.
- 8) ———— (1980):同上 27:27~28.
- 9) ———— (1981):同上 28:22.
- 10) 富来 務ら(1980):農及園 55:51~55.

獣類による食害の特質と防除研究の方向

農林水産省林業試験場 ^{ひら}平 ^{かわ}川 ^{ひろ}浩 ^{ふみ}文

はじめに

造林木を食害する植食性の動物は昆虫類と獣類の二つのグループに大別できる。この二つのグループの間にはその生態や食害の様式に大きな違いがあり、その結果、防除の現場においては両者の間で非常に異なった食害防止対策が採られているのが普通である。しかし、獣類の防除の立場に立つとき、必ずしもこの両者の食害様式の基本的な相違が十分に理解され、防除対策に生かされているとは言い難い面がある。

例えば、昆虫類では個体数の抑制が食害防止の基本的かつ最終的目標である。いかに総合防除が叫ばれ、抵抗性品種の導入等が部分技術として用いられようとも、究極的にこの原則は変わっていない（深谷・桐谷編，1973）。同様に、獣類でも個体数抑制が防除の最終的目標であると考えられがちである。はたしてそうであろうか。

わが国では野ネズミ類の食害防止の研究がこれまでの獣害研究の主流であった。野ネズミ類の防除には昆虫類の防除とはほぼ同様の枠組みが適用され、個体数の発生予測と抑制を基本とした防除が食害防止に大きな役割を果たしてきた。これに対して、ノウサギやカモシカ等の中・大型は乳類の食害防止の研究の歴史はまだ端緒にいたばかりである。野ネズミを除くこれらの獣類の防除研究ではその食害の特質にそった新たな枠組みを必要としており、現在さまざまな視点からこれを模索している段階にある。

以下に獣類の食害の特質を昆虫類の食害との対比によって明らかにし、食害発生の要因として重要な食物選択の問題を取り上げて、防除との関連に触れながら論じることしたい。以下で食害というとき、その対象は造林木に限るが、その内容は生物学的意味だけで経済的意味を持たない。また、以下の議論の多くは獣類だけではなく、鳥類による農作物の食害にも適用できるものと考えている。

I 獣類による食害の特質

1 昆虫類による食害と獣類による食害との相違点

昆虫類による造林木の食害と一口にいってもいわゆる害虫とされる昆虫の数は非常に多く、その加害様式は多様である。獣類による食害にもまた多様なものがあり、一括して論ずることには危険な面もあるが、食葉性の森林害虫を主に念頭に置いて昆虫類の食害と獣類の食害とを対比するとそれぞれ次のような特徴が見られる。

昆虫類ではその生活史の一部の段階のもの（その多くは幼虫類である）のみが食害を行うものが多いために加害主体の存在は季節的・时期的に限定されるのに対して、獣類では加害主体は通年存在する。また加害主体の食性は昆虫類では単食性または狭食性であるものが多いのに対し、獣類では広食性である。昆虫類の生息環境は食物そのものであり、食害発生場所がそのまま生活場所になっていることが多いのに対し、獣類の生息環境は多様な要素からなっていて食害発生場所はその一部を占めるにすぎず、食害発生の場所以外にも多くの採餌場所を持つのが普通である。個体数変動は昆虫類では非常に大きくオーダー単位の変動幅が珍しくないのに対して、獣類ではせいぜい数倍程度である。

このように対比してみると同じ植食性の動物とは言っても、昆虫類と獣類ではその食害の様相が大きく異なっている。これらの相違からより本質的な両者の相違が帰結される。一つは食物選択の持つ意味の違いであり、もう一つは個体数と食害発生との関連性の違いである。

2 食物選択の意味

造林木を加害する昆虫類の食物選択では摂食を受ける植物（部位）の種類は最初から明らかであり、何を食物とするかは問題とならない。問題となるのは食物としての可否を決定する選択の絶対基準である。具体的には誘引因子、忌避因子、摂食促進因子、摂食阻害因子等の有無が問題となる。これに対して、獣類の食物選択では何が摂食を受けるかは条件によって大きく変化する。このため、摂食を受ける可能性のある多種多様な植物（部位）の中で実際に何が摂食を受けるかを決定する選択の相対基準が問題となる。

このように昆虫類の場合には食物であることと摂食を受けることは同義であるとみなされるのに対して、獣類

の場合はこれが異なるのである。つまり、獣類では摂食を受ける可能性のあるものと実際に摂食を受けるものとを区別して考える必要がある。ここに獣類と昆虫類における食物選択の持つ意味の大きな違いがある。

3 個体数と食害発生との関係

上述のことから、食害性昆虫が存在する限り食害対象植物(部位)は必ず摂食を受ける。しかし、昆虫類では各個体の摂食量がきわめてわずかなため、昆虫密度の小さい条件下では食害は潜在的にあるにすぎず、昆虫の密度が高まって一定のレベルを越えると食害が顕在化して問題となる。一方、食害性獣類が存在しても食害対象植物(部位)が必ず摂食を受けるとは限らない。条件によってそれが実際に摂食の対象とならなければ、食害は起こらない。逆にそれが実際に摂食の対象となった場合、獣類の1個体の摂食量は大きいため、密度が低くても食害そのものはすぐに顕在化する。このように昆虫類では密度の大小が食害発生の有無を直接的に決めるのに対して、獣類では密度よりも食害対象植物(部位)が摂食の対象となるかどうかの問題なのである。ちなみに、昆虫類の食害は食害対象植物の植栽区画全面にわたって均一に発生するのに対して、獣類では部分的不均一に発生する傾向がある。これは獣類では個々の個体やその行動パターンが食害発生上大きい役割を果たしていることを示す間接的な証拠である。個体数の大小は全体に対する食害部分の大きさやその増加率と関係する。つまり、獣類による食害において個体数は食害発生の直接要因ではなく、食害規模を定める要因なのである。ただし、このことは後述するように個体数が食害発生の有無にまったく無関係であるということの意味しない。

4 獣類における食害発生の要因

獣類において食害対象植物の摂食の有無を定める要因は、食物環境とそこに占める当該植物の食物としての相対的位置づけである。これについては多くの証拠がある。

例えば、カモンカの場合を取れば、その林木食害はもっぱら冬季に発生し、春から秋にかけての食害は少ない。これは植生の季節的变化による食物条件の差が原因である。また、関東以西の地方ではスギは普通に食害を受けるのに対して、東北地方、特に日本海側ではカモンカの密度が高いところでもスギの食害はない。これには地域による食物条件(植生条件)の差が原因であると考えられる。さらにスギとヒノキはどちらも食害を受けるが、同じ地域の中で比較するとヒノキのほうがずっと激しい食害を受ける。これは同一食物条件下における両者の食物としての位置づけの違いによる差であると考えられ

る。

なお、カモンカの場合、食害発生地域で個体数が多いのは食害発生の原因ではなく、その結果であると見られている。つまり、植林された苗木が食物条件の厳しい冬季にカモンカの重要な食物として機能した結果、カモンカが急増したものと考えられている(常田, 1985)。

II 獣類における食物選択

1 食物選択の背景

獣類では食物条件によって摂食を受ける植物がどのように選択されるのか。この食物選択の機構を議論する前に、まず食物選択の行われる背景について検討し、必要な概念の整理をしておきたい。

(1) 利用可能食物(available food)

獣類の行動域は広く、その生息環境は多様な植物からなっている。広食性の植食性獣類であってもこれらすべての植物を食物として利用できるわけではない。食物として利用できる植物(部位)の範囲にはおのずと限界がある。ある植物(部位)が食物として利用可能なときそれを利用可能食物であるというが、次にこれを利用可能性(availability)と食物特性(food)の二つの概念に分けて整理してみたい。

まず、食物として利用できる植物(部位)は空間的に制限される。動物が近づくことのできない位置にある植物は食物として好適なものであっても利用されることはない。次に、動物が口にして呑み下しうるかどうかによる制限がある。これらの制限は食物利用の範囲を規定する最低限の条件であり、動物の移動能力およびそしゃく能力によって決まる。この制限にかからない植物(部位)は少なくとも呑み下すことができる。これを利用可能性があるとここでは考える。

利用可能な植物(部位)がすべて摂食を受ける可能性を持つわけではない。摂食を受けるためには動物の生理的特性や消化能力に適合した、食物としてのある種の条件(食物特性)を備えていなければならない。言い換えれば、食物とはある種の栄養を持ち、消化がある程度可能で、また毒物や特別嫌な味覚・臭覚のないものである。

(2) 選択のメニューと摂食のメニュー

上で述べた二つの条件を満たす各種の植物(部位)が食物として利用可能なもの、すなわち利用可能食物である。各種の植物(部位)の現存量は時間的に変化し、季節や時期によってはまったく消失するものもある。動物の食物選択は、各時点においてその生息場所に存在する食物として利用可能な植物(部位)の種類とその現存量

の構成比を背景として行われる。これをここでは「選択のメニュー」と呼ぶことにする。動物はこの選択のメニューの中から一部の種類の植物(部位)を選択して摂食する。この摂食を受ける植物(部位)の種類の集合をここでは「摂食のメニュー」と呼ぶ。選択のメニューは時間とともに変化し、摂食メニューは選択のメニューに基づいて定まる。

2 食物選択のモデル

選択のメニューから摂食のメニューが決定される過程が食物選択である。次のような基本的な仮定をおいて広食性の植食獣の食物選択をモデル化し、それに基づいて摂食メニュー決定の問題および食害発生の問題を考えてみたい。

(1) 仮定

(仮定1. 各種の植物の食物としての異質性) 食物として利用可能な各種の植物(部位)は食物としてそれぞれ異なった特性を持ち、その特性によってその食物としての好適性が定まっている。これらの植物(部位)がある生息環境の中にそれぞれ均一に分布しているとする。

(仮定2. 異質性に基づいた選好度の順位性) 各植物(部位)はその食物としての好適性に従って選択の優先度(選好度の順位)が相対的に定められる。

(仮定3. 一定の採餌効率の確保) 動物は一定の採餌効率を得るために一定の食物密度を必要とするとする。

(2) 摂食メニューの決定

以上の仮定から摂食のメニューは次のように定められる。選択メニューの中で選好度の順位が上位の植物から順次その密度(現存量)を加えていったとき、その密度の合計が動物の必要とする食物密度を満たすまで加えられた種類の植物が摂食のメニューとなる。

これを記号を用いて表せば次のようになる。選択メニューの要素が N 種あり、選好度が i 番目の要素を P_i 、その密度を V_i としよう。動物の必要とする食物密度を L とすれば、

$$L > \sum_{i=1}^{K-1} V_i \quad \text{でかつ} \quad L \leq \sum_{i=1}^K V_i$$

であれば、 P_i ($i=1, \dots, K$) の K 種が動物の摂食のメニューの構成要素となる。このうち、 P_i ($i=1, \dots, K-1$) は動物が見つけたときには必ず摂食を受け、 P_K は

$$(L - \sum_{i=1}^{K-1} V_i) / V_K$$

の確率で摂食される。

各種の植物(部位)の密度は動物の摂食により変化し、また植物自身の生長・枯死によっても変化する。したがって、上の関係は瞬間的なものを表している。

選好度という選択メニューの中だけで定義される相対

尺度だけではなく、好適性という絶対尺度を用いて、摂食メニューの質の最適化(できるだけ好適性の高い植物で摂食メニューを構成する)という仮定で仮定2を置き換えれば、この食物選択のモデルはパッチ選択にも適用できる。食物環境が選択メニューの異なるいくつかのパッチで成り立っているとすると、動物は摂食メニューの質が最適であるパッチを選択する。

以上の結果から次のようなことがわかる。ある植物種の摂食の有無は選択のメニューの中の位置づけによって定まる(厳密に言うと、その植物よりも選好度の高い植物の現存量の合計によって定まる)。したがって、食害発生の有無は選択メニューにおける食害対象植物の位置づけによって定まる。

3 動物の密度と食害発生の関係

このモデルでは動物の密度を仮定していないので、動物の密度は食害発生には直接関係してこない。しかし、動物の密度の違いは摂食による消費速度、つまり時間当たりの消費量に影響するので、摂食のみが選択のメニューの変化に関与する系、すなわち植物自身の生長や枯死による変化のない系(例えば、冬季の食物条件)を想定すると、動物の密度が食害の発生に関与する場合がある。

N 種の選択メニュー要素があり、選択の優先度(選好度)が i 番目の植物(部位)を P_i 、その密度を V_i としよう。動物の必要とする食物密度が L 、個体の消費速度を C 、動物の密度を D とする。

いま、問題の種 P_j は摂食メニューに含まれていないとすると、 P_j が摂食メニューに加わるまでにかかる時間 T は、

$$T = (\sum_{i=1}^{j-1} V_i - L) / D * C$$

となる。これにより、食害が発生するまでの時間 T は動物の密度に反比例することがわかる。このことから、時間 T 以内に種 P_j より選好度上位の植物が選択メニューへ新たに加入すること(例えば、春になって新たに各種の植物が生長を始めるなど)がなければ、問題の種 P_j は摂食を受ける。もし、この種が食害対象植物であったとすれば、食害が発生することになる。このような場合には動物の密度を調整することによって時間 T を選好度上位の植物の新たな加入がある時まで延ばし、それによって食害の発生を防止することも可能である。実際に林木食害の発生の有無が動物の密度によって左右されている事例は少ないと思われるが、密度変動が激しく、また密度と食害発生の因果関係が認められる野ネズミの場合にはこの関係が適用できるかもしれない。

次に、動物の密度が食害の発生量に与える影響はどうか。問題の種 P_j がすでに摂食メニューに含まれているとすると、種 P_j の密度 V_j の減少速度は、

$$dV_j/dt = -(V_j/L) * D * C$$

であり、時間 t 後の P_j の密度 $V_j(t)$ は、

$$V_j(t) = (e^{-DC/L})^t = F^t$$

となり、種 P_j の現存量は指数的に減少することがわかる。ここで、 $V_j(0) = 1$ 、また $F = e^{-C/L}$ ($0 < F < 1$) とする。時間 t を固定して考えると上の式は密度 D の関数となるので、ある時点 t における密度 D の食害量に与える効果がわかる。密度調整を行わなかった場合を $D = 1$ とすると、 F_t の値がそのときの非食害率 ($1 - \text{食害率}$) を表すので、 D を 0 から 1 まで動かすことによって密度調整率による食害率の差がわかる。その結果、防除手段としての密度調整の効果について次のような示唆が得られる。本来食害程度が軽い (F_t が 1 に近い) 場合は密度調整に比例して食害を減少させることができるが、食害の激しい (F_t が 0 に近い) 場合、軽度の調整ではほとんど効果がなく、大きな率で密度調整を行っても期待されるほどの食害量の減少は見られない。

III 食物選択と防除

1 食物としての位置づけの把握と防除

食害対象植物の食物としての位置づけを把握することが食害防止対策を考えるうえで不可欠である。そのためには食物選択の背景の項で述べた枠組みに沿って、利用可能食物である植物の種類を決定し、選択メニューの時間的な変化とそれに伴う摂食メニューの変化を調査しなければならない。このような調査によって、植物間の選好度の違いや摂食メニューの質の好適性の季節間の違い、動物の食物選択様式等が明らかとなり、その結果、食害発生の様相を的確に把握して適切な防除指針を立てることが初めて可能になる。

実際の調査にあたって注意しなければならないのは、食物特性を満たす植物 (部位) の範囲が必ずしも明らかでないことである。現実にはまったく摂食を受けない植物 (部位) の中にも食物であると見なすべきものがある。実際の摂食の有無をもって食物であることの有無を定めることは、食物選択の持つ意味をなくしてしまうので適当でない。また消化率や毒性物質の含有といった属性は連続的なものであり、どこまでが食物として有効であるかの区分は実質的にはっきりしない可能性もある。

動物の消化能力や食性についての具体的な知識に乏しい場合に季節間や地域間で選択メニューの比較を行うときは、最大限の範囲、すなわち利用可能性による範囲を取

るのがよい。すでにある程度食物選択の知識があれば、問題の設定によっては食物の範囲を任意に縮小して取ることができる。

2 防除手段の新たな位置づけ

広食性の植食獣類の食物選択の背景から、密度調整以外の各種の防除手段を次のように分類することができる。

第一の手段は食害対象植物を動物の食物選択の空間から排除することである (利用可能性の排除)。防護柵による遮断はこれにあたり、遮断を確実に達成できるとすれば、もっとも確実な防除の方法となる。異臭を持つ忌避性の薬剤による追い払い等もここに含まれる。

第二の手段は食害対象植物 (部位) を食物でなくしてしまうことである (食物特性の排除)。抵抗性育種のうちのあるもの (もっとも成功した例を想定すると) はこれに該当するものと考えられる。具体的には非常に嫌な味覚、消化酵素の阻害物質、毒性等を備えることによって、どのような条件の下でも摂食を受ける可能性のない植物を作ることである。これを絶対抵抗性、あるいは超抵抗性と呼ぶことができる。現在の育種技術ではあまり現実的でないが、実現すると絶対的な効果が期待できる。

第三の手段は食害対象植物 (部位) の選択メニューの中における相対的位置づけ (選好度の順位) を下げることによって、摂食メニューに含まれないようにするものである (食物としての位置づけの低下)。これには二つの方法がある。一つはそれ自身の食物としての好適性を下げることである。普通の抵抗性育種 (これを相対抵抗性、あるいは一般抵抗性と呼ぶことができる) や、疑似的なものではあるが忌避剤の塗布はこれに当たる。もう一つは食害対象植物よりも選好度の高い食物を動物の生息環境下に供給してやることである。これらの方法は実現可能性が高くある程度の効果が期待できるが、その有効性は食物条件に依存するので、時間・空間的に安定した効果を望むことはできない。

上のように防除手段を位置づけることは単にそれらをメカニズムによって物理的、化学的、生物的方法というように分類するよりも、食害の発生要因と防除手段との関係を統一的に理解できるので、適切な防除手段を選択するうえで有用である。

3 密度調整の実行可能性および有効性

昆虫類では地域的には大きな分布を示しても、その生息場所は食害対象植物の植栽区画やその周辺に限定されるのが普通であるが、獣類ではその各個体の行動圏や個体群の分布域は防除対象区画に比べて非常に大きいのが

普通である。このことから、密度調整には次のような困難がある。

防除対象区画とその周辺において個体の間引きを行っても、周囲からの侵入が容易に行われるため密度調整は実効を上げにくく、実効ある調整を行うためには大面積にわたって間引きを行う必要がある。しかし、獣類の場合には昆虫類の場合と異なって薬剤の散布等の方法を用いることができないために、これを実行するには多くの人力や時間を必要とする。このため、密度調整は少なくとも短期的な防除対策としては有効であるとは言い難い。また、密度調整の実効を上げるために大がかりな間引きを行うことは、自然保護の観点から望ましくないことは言うまでもない。

このように密度調整は獣類防除の方法として必ずしも最終的な目標となりえない。密度調整を行う場合にも、食害対象植物が獣類の食物環境の中でどのような位置を占めるかを明らかにし、密度調整の有効性とその限界を十分に把握しておかなくてはならない。そうでなければ、密度調整を行ってもなんら期待した効果が得られなかったり、また結果的に無制限の密度調整に陥る危険性がある。

IV 食物選択モデルの問題点

以上の議論の中で食害の発生を食物選択の視点から説明するために簡単なモデルを用いてきたが、最適採餌理論上の基本的なモデル (MACARTHUR, 1972) とここで展開したモデルはかなり異なっている。その一番の理由は最適採餌理論が扱っている対象は一般に捕食性の動物であることである。このため最適採餌理論の採餌過程は探索、追跡・処理というように分割され、その対象となる食物はすべて同質であるという仮定がある。その結果、最適採餌理論による基本的な予測は、その獲得エネルギー量に対する追跡・処理時間の少ないタイプの餌 (採餌効率の高い餌) が優先的に選択され、餌のタイプをその優先順位に加えていったとき、採餌効率が最大化する時点で摂食のメニューが定まるというものである。

この仮定の中には広食性の植食動物には適用できない部分がある。まず、その採餌には追跡という過程がないので、採餌効率を餌タイプ別に定義できない。さらに本質的な相違点は選択の対象となる食物がまったく不均質なことである。これらの動物の食物選択にはこの食物間の異質性が大きく影響している。このため、ここで展開したモデルでは、採餌効率の大小による順位の代わりに食物としての好適性による順位を置き、また採餌効率最大化に代えて (一定の採餌効率の確保を前提とした) 摂

食メニューの質の最適化の仮定を置いたが、その結果、定性的には一般の最適採餌理論の予測と同様の予測が成立した。

ここで、食物の質は何によって定まり、またそれが動物の食物選択にどのように影響するのかを検討する必要がある。食物の質には二つの側面がある。一つは栄養的側面である。これは食物を構成する栄養素の種類とその構成比 (栄養組成)、およびその消化率や消化速度によって定まる。もう一つは栄養とは独立して食物選択に関与する嗜好性の側面である。嗜好性を定める要因には食物の物理性 (触覚)、化学性 (味覚、臭覚) 等があると考えられる。具体的にいえば、食物の舌ざわりや歯ざわり、二次代謝物質として知られるさまざまな化学物質 (ROSENTHAL and JANZEN ed., 1979) が関係している。栄養素の中でも味覚に影響を与えるものがある。

食物間の異質性と関わるこうした特性の中にも採餌効率の問題へ還元できるものがある。例えば、消化率や消化速度といった特性は、これらを追跡や処理といった項目の代わりに導入することによって、採餌効率最大化を基準としたモデルを同様に構築することができるはずである。しかし、単にこういった採餌効率最大化という基準だけで、広食性の植食動物の食物選択を説明することは困難である。少なくとも広食性の植食動物の場合、栄養バランスの最適化 (BELOVSKY, 1978) という基準が作用していると思われる。さらに、嗜好性が栄養組成や消化効率といった栄養的側面の直接的な反映として作用しているという証拠がないかぎり、栄養的側面とは独立した食物選択の要因として嗜好性を考慮する必要がある。

異質な食物間には相補性と代替性の関係がある (RAPPORT, 1980)。この関係を栄養的側面に限定して考えれば、これに嗜好性を加味することによって代替性は容易に順位性に転換される。相補性と嗜好性の関係は複雑である。相補的關係にある食物間の基本的な選択様式は BELOVSKY (1978) に見られるような最適組み合わせ (量的割合) の平行的選択となり、また順位性の関係にある食物間の選択様式は優先的に順位の高いものを選ぶ択一的選択になると予測される。

現象的に見て、摂食メニューの質の最適化というモデルは獣類の食害問題について多くのことを説明することができると思われるが、以上の観点から次のような問題点が指摘できる。第一に、このモデルでは食物間の相補的關係が考慮されていない。第二に、このモデルでは選択の優先度 (選好度) は食物としての好適性に従って定まるものと考えたが、好適性が主に栄養的側面によって定まることを考えるとき、栄養とは独立した要因として

し好性が食物選択に作用することによって、食物としての好適性と選好度との間にずれのある可能性がある。第三に、このモデルでは食物の選好度や好適性は不変のものと考えてきたが、動物の生理的な変化によって季節的にこれらが変動する可能性もある(伊藤, 1974)。

このように広食性の植食動物の食物選択様式には、従来の最適採餌理論では扱われていないさまざまな未解明の問題がある。これらの問題を一つずつ解決していくことが獣類による食害の問題を食物選択の視点から解明するために必要である。

(8 ページより続く)

『殺虫殺菌剤』

MPP・フサライド・EDDP 粉剤

MPP 2.0%, フサライド 1.5%, EDDP 2.0%

ヒノラブバイジット粉剤 35DL (61. 7. 10)

16421 (日本特殊農薬製造), 16422 (呉羽化学工業), 16423 (北興化学工業), 16424 (八洲化学工業), 16425 (三笠化学工業), 16426 (三共), 16427 (北海三共), 16428 (九州三共)

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

クロルピリホスメチル・XMC・バリダマイシン・フサライド粉剤

クロルピリホスメチル 2.0%, XMC 2.0%, バリダマイシン 0.30%, フサライド 2.5%

レルダンラブリダマク粉剤 DL (61. 7. 10)

16429 (北興化学工業)

稲: ニカメイチュウ・コブノメイガ・イネツトムシ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・いもち病・紋枯病: 45 日

ベルメトリン・TPN エアゾル

ベルメトリン 0.15%, TPN 0.60%

カダンP (61. 7. 10)

16431 (フマキラー)

ばら: アブラムシ類・チュウレンジハバチ・黒星病・うどんこ病, きく: アブラムシ類・黒斑病・褐斑病, カーネーション: ニセナミハダニ, つばき: チャドクガ, つつじ: ツツジグンバイ, さくら: アメリカシロヒトリ

クロルピリホスメチル・XMC・バリダマイシン粉剤

クロルピリホスメチル 2.0%, XMC 2.0%, バリダマイシン 0.30%

レルダンマクバリダマク粉剤 DL (61. 7. 10)

16432 (北興化学工業)

稲: ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・紋枯病: 45 日 2 回

引用文献

- 1) 深谷昌次, 桐谷圭治編 (1973): 総合防除, 講談社, 東京, 415 pp.
- 2) 常田邦彦 (1985): 哺乳類科学 50: 7~8.
- 3) MACARTHUR, R. H. (1972): 巖俊一他訳 (1982), 地理生態学, 蒼樹書房, 東京, 300 pp.
- 4) ROSENTHAL, G. A. and D. H. JANZEN ed. (1979): Herbivores, Academic Press, New York, 718 pp.
- 5) BELOVSKY, G. E. (1978): Theoretical Population Biology 14: 105~134.
- 6) RAPPORT, D. J. (1980): The American Naturalist 116: 324~346.
- 7) 伊藤真次 (1974): 適応のしくみ, 北海道大学図書刊行会, 札幌, 247 pp.

CVMP・フサライド・EDDP 粉剤

CVMP 1.5%, フサライド 1.5%, EDDP 2.0%

ヒノラブガードサイド粉剤 35DL (61. 7. 28)

16446 (北興化学工業), 16447 (日本特殊農薬製造), 16448 (呉羽化学工業)

稲: いもち病・穂枯れ(ごま葉枯れ病菌)・ニカメイチュウ: 21 日 4 回

CVMP・MTMC・カスガマイシン・フサライド粉剤

CVMP 1.5%, MTMC 2.0%, カスガマイシン 0.11%, フサライド 1.5%

カスラブガードツマ粉剤 DL (61. 7. 28)

16450 (北興化学工業)

稲: いもち病・ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類: 21 日 5 回但し穂ばらみ期以降は 4 回

『除草剤』

ピラゾレート・モリネート粒剤

ピラゾレート 6.0%, モリネート 8.0%

エスドラム粒剤 (61. 7. 10)

16437 (三共), 16438 (八洲化学工業), 16439 (ストウファージャパン)

移植水稲: 水田一年生雑草及びマツバイ・ホタルイ・ウリカワ・ミズガヤツリ・ヒルムシロ: 移植後 5~15日

DCMU・2,4PA・TCA 水和剤

DCMU 30.0%, 2,4PA 5.0%, TCA 45.0%

ゲルバー KX 水和剤 (61. 7. 28)

16444 (日本カーリット)

水田畦畔: 一年生及び多年生雑草: 雑草生育初期又は刈取後, 公園・堤とう等: 一年生及び多年生雑草: 雑草発生前~生育初期

DCMU・2,4PA・TCA 粒剤

DCMU 4.0%, 2,4PA 5.0%, TCA 20.0%

ゲルバー KX 粒剤 (61. 7. 28)

16445 (日本カーリット)

公園, 堤とう等: 一年生及び多年生雑草: 雑草発生前~生育初期, ススキ: 11 月~3 月

葉いもちの全般発生開始期の確認調査法

秋田県農業試験場* 小 林 次 郎

筆者(1984)は葉いもちの全般発生が発生期間のごく初期に開始することを明らかにし、その開始期を気象条件から予測できることを報告した。全般発生とは、病斑密度の高低を問わず、ある地域全体にわたりほとんどの水田に葉いもちが発生している状態を言う。したがってその開始期の予測と確認は、これを契機に地域的防除の開始時期を考慮しなければならないから、予察と防除のために重要である。これまで筆者は何人かの方々から、この確認調査の方法について詳しい説明を求められてきたので、大方の参考に供するためここにその概要を述べることとする。

I 低密度の病斑検出法と坪**の観察

全般発生開始期の病斑密度は通常 10a 当たり 30～200 個であるが、10 個以下と推定されることも少なくない。そこで筆者の作成した「全般発生開始期・急増期の予測基準」(小林, 1984)に適合した気象条件の日から 1 潜伏期間を経た 2～3 日後に、以下に述べる「見歩き調査法」によって葉いもちの発生状況を調査する。

すなわち水田に踏み込んで、稲株の条列に沿って歩行しながら 100m または 200 歩(1 調査単位)に 10～

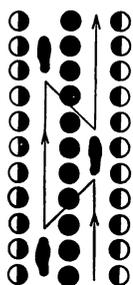
15 分を費して病斑を探索する。長時間の作業に耐えうるよう、歩行中は腰を伸ばし軽くうつむいた姿勢をとる。観察する条列は第 1 図のようで、歩行の速度に合わせて視野を流れるように移動し、すべての稲株に均等に注意力を注ぐ。目は軟焦点とし特定の葉位に注目してはならない。足を運ぶごとに体重のかかった足側に視野を移す。予察員により多少の相違はあるが視野の中心は第 1 図のような軌跡をたどる。移動している視野の周縁を病斑らしい影がかすめることがある。そのときはその瞬間の姿勢に身体を戻して確かめる。

最初の病斑を発見するまではその形状・色彩がわからず見落としているかと不安である。全般発生開始期の病斑は、持ち込みいもちや発病した取り置き苗から周囲の株に伝染した急増期の病斑と同時に感染したものであるから、調査実施の直前にしかるべき発病地でよく観察しておくことよい。筆者は秋田県では栽培が少ない真性抵抗性新 2 号型品種を畦畔から 2～3 株離れた所に 9 株正方形えし、その中央の株に N-4 レースを接種した病苗を添え植えておいて、その用に供している。

見歩き調査には天候や水田の状態が影響しやすい。調査にもっとも適しているのは曇天無風の日で、朝から日没間近まで調査できる。晴天の日はかえってぐあいが悪い。雨傘で視野の直射光を遮りながら歩行すると良い。強風時はもちろん、葉がぬれているときも調査が困難である。やむをえないときは棒で露を払いながら調査するが能率が悪い。ドロオウムシ、ヒメハモグリバエの食痕や疑似いもちの病斑も調査の支障になる。

この時期に検出される散生病斑は一般に形状・色彩が齊一で、同時に感染したものと考えられるものばかりである。病斑を検出したときはその着生している葉位を読み取り摘葉して標本にするとともに、その付近を観察してこれが孤立散在していることを確かめて密度推定(後述)のための散生病斑とする。

坪が検出されたときは発病中心株(親病斑が存在し周囲に比較して娘病斑の密度が特に高い株)、さらに親病斑を探索する。この過程で出現時期を異にする何種類かの病斑が坪内に認められたら、相互の親子姉妹関係を調べる。親病斑が発病中心株上に複数個認められたときは、さらにその伝染源を株内に想定し探索する。このようにしてその坪の伝染世代数を判別する。この場合、発



第 1 図 見歩き調査により観察される条列と稲株の部分

実線と矢印は視野の中心の軌跡とその移動方向。丸印(稲株)の黒ぬりの部分が観察される。

* 現 秋田県農業協同組合中央会

** 病斑が局所に偏在している発生の状態を坪状発生といい、その箇所を坪と称する。

Method of Field Survey to Detect General Epidemics of Rice Blast in Its Starting Time. By Jiro KOBAYASHI

病中心株上の最初の伝染源を第一世代とする*。発病中心株上の総病斑数の概数、姉妹病斑数のおよその比率、ズリコミ異常葉を認めたら異常葉数のもっとも多い茎のそれを苗齢調査法に準じ(頂葉の伸長度を小数で表す)読み取る。これらは過去の伝染過程の推定に役だつ。また発病中心株から連続している発病株数、条列数をもって坪の大きさを記録するとよい。

時に少なからぬ調査地点で大きさのはぼ等しい散在する坪が検出され、それぞれの親病斑の形状、色彩も似ていることがある。このときはその調査時期から1伝染環以前に全般発生が開始していた疑いがあるので、後述の方法に従って親病斑の密度を推定する。親病斑が株外にはみだした葉の先端に着生しているときは発病中心株を形成し難い。発病中心株・親病斑のいずれをも認めえない坪もある。その由来がわからないので「まだらの坪」として区別する。

1地点あたりに投入する調査単位数は多いにこしたことはないが、調査能率を考え、ふたりに1単位ずつ調査し散生病斑または坪を検出したときは発病地点(散生地点、坪状発生病斑)とし、検出できなかった時はさらに1単位ずつ追加し、計4単位の調査でなおかつ検出できないときはこの地点を無発病地点とする。

4単位の調査を同一水田で行う必要はない。例えばプロベナゾール粒剤が普及している地域では1単位あるいは半単位ごとに調査田を変えたほうが良い。その普及率が高いときには病斑の検出率が劣り、調査者の意欲がそがれるから調査田の選定法を別に考慮する。調査田内に著しい生育不良箇所がある場合その他で調査条列を変更するのも差つかえない。

車で5~7kmごとに1地点ずつ系統抽出して1日に10~15地点を調査できる。抽出した調査地点では無作為に調査田を選択するのが原則である。しかし生育の劣る水田では検出率が低いので、予察のためには一定の基準で生育不良田を除外するのがよい。筆者は地点ごとに約20%の頻度分布に含まれる生育不良田を除外している。

周囲が急峻な山、高い堰堤、人家で囲まれた1~2ha以下の水田団地や、幅が数十mの深い沢部の水田あるいは台地上の水田では、平たん部において全般発生が開始していても病斑を検出できないことがある。

II 病斑密度推定のために必要な調査単位数

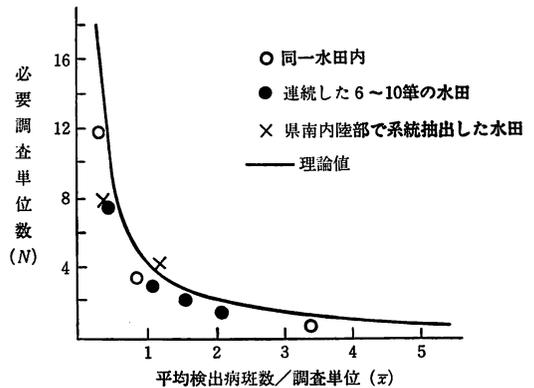
全般発生を開始させた病斑は大部分が散在しポアソン

* 一般に坪の観察事項としては、これらのほか、坪を拡大せしめた病斑とその形状(出現時期の推定)、バックグラウンドの発病程度(株率)がある。

第1表 見歩き調査による検出病斑数と10a当たり病斑数の関係

	10a 当 たり病 斑数	平均検 出病斑 数 ^{a)}	比率	全般発生 開始期	調査 月日	繁茂 程度	病斑の 大きさ
①	375	3.3	113	'78.6.24	6.30	中	中
②	64	0.8	80	'76.7.2	7.12	高	大
③	26	0.3	87	'80.7.4	7.14	低	小
平均			93				

a) 1調査単位当たり



第2図 見歩き調査における調査単位当たり平均検出病斑数と必要調査単位数の関係

実測値は得られた \bar{x} と σ の値を用いて次式から求めた。 $N = t^2 \sigma^2 / \epsilon^2 \bar{x}^2$ 。ただし、 $\epsilon = 0.5$ $t = 1$ とする。理論値は $\sigma^2 = \bar{x}$ とし算出した。

分布を否定できない。そこで本項および次項では散生病斑のみを取り扱うこととする。

見歩き調査により1調査単位当たり検出される病斑数と、実在する病斑の密度の間には一定の関係が認められるので、見歩き調査によって全般発生開始期の病斑密度を推定できるものと考えられる。

第1表は全般発生開始後、水田の一定面積内で見歩き調査(第1図と多少異なる)を繰り返して求めた1調査単位当たりの平均検出病斑数と、その面積内を株ごとに調査して求めた10a 当たり病斑数を対比したものである。これらは相互に病斑出現後の日数、水稻の繁茂程度、病斑の大きさがかなり異なっていたにもかかわらず、両者の関係は近似した割合を示し、その平均は1:93である。これはおそらく①、③では病斑が比較的小さかったにもかかわらず、上葉に着生していたりイネの繁茂程度が低かったためと考えられる。②では繁茂度が高く病斑も下方にあったが病斑が大型であったので発見しやすかったであろう。その後、病斑密度の低い年が続き成績の蓄積ができないているが、上の関係を出現後まもない病斑

第2表 平均検出病斑数と検出調査単位率および必要調査単位数との関係

\bar{x}	P	$N_{0.9}$	$N_{0.5}$
0.1	0.10	23.0	6.9
0.2	0.18	11.5	3.5
0.4	0.33	5.8	1.7
0.6	0.45	3.8	1.2
0.8	0.55	2.9	0.9
1.0	0.63	2.3	0.7
2.0	0.86	1.2	0.4
4.0	0.98	0.6	0.2

\bar{x} : 1 調査単位当たり平均検出病斑数

P : 病斑検出調査単位率

$N_{0.9}$: 病斑検出地点率 0.9 を確保するのに必要な 1 地点当たり調査単位数

表中の数値は $P=1-P_0=1-e^{-n}$ により算出した。

P_0 : ポアソン分布の 0 項の率, n : 調査単位数と \bar{x} の積, e : 自然対数の底

を対象にして検討する必要がある。

鳥居 (1952) によれば生態学の領域では (密度推定の精度を) 相対抽出誤差 (抽出誤差/平均値) $\epsilon=0.1$ くらいにとどめ, $t=1$ (信頼度=68%) を普通とするという。しかし全般発生開始期の病斑密度の推定は, 予察のためには $\epsilon=0.5$ で十分であると考える。

第2図は $\epsilon=0.5$, $t=1$ とした場合の必要調査単位数と平均検出病斑数との関係を示したものである。実測値は同一水田内, 連続する 6~10 筆の水田, および県南内陸部で系統抽出した水田において見歩き調査を繰り返して得られたものである。曲線はポアソン分布の特性である $\sigma^2=\bar{x}$ によって求めた理論値である。実測値と理論値はおおむね一致し, 例えば 1 調査単位当たり平均 1 個の病斑が検出される場合は 4 単位で所期の精度となる。しかし地域を対象とする予察事業では 1 地点にこれほどの調査精度を求める必要はない。

地域の病斑密度は坪状発生地点を除き 1 調査単位当たり検出された散生病斑数の平均値をもって表示する。筆者には経験がないが, もし感染時期を異にすると考えられる散生病斑が検出されたときは区別して記録する。

III 全般発生の判定

上記の調査結果を地図上に記入して地域性を検討する。この際, 調査地点の密度と散生病斑の検出地点率がどのくらいのときに全般発生とみなすかが問題になる。

前述の調査地点間隔 5~7 km とは, 筆者が考えている全般発生の地理的最低規模 20 km 当たり 3~4 点という基準であるが, 気候の地域性を考慮し, 山間部では調査地点の密度をやや高めにとるとよい。

第2表では地域の平均病斑密度を 1 調査単位当たりの平均検出病斑数 (\bar{x}) で表し, これに対応する病斑検出調査単位率 (P) および一定の病斑検出地点率 (0.9 および 0.5) を確保するのに必要な 1 地点当たり調査単位数 ($N_{0.9}$, $N_{0.5}$) を示した。これらはポアソン分布の一般式から導かれる。

例えば, 1 調査単位当たり平均 0.4 個の病斑が検出される地域で 1 単位ずつの調査を繰り返すと, 理論的には 3 回に 1 回の割合 ($P=0.33$) で病斑が検出され, 地点ごとに 5.8 単位 ($N_{0.9}=5.8$) の調査を行うと 90% の地点で病斑を検出できることを示している。

次に同表の \bar{x} を 10 a 水田 1 筆当たり実際に実在する平均病斑数と読み換えると P は発病率となる。例えば 10 a 当たり平均 2 個の病斑が分布している地域の発病率は 86% である。前述を参照すると, これは 1 調査単位当たり約 0.02 個の病斑が検出されるときに相当する。すなわち 1 地点当たり 4 単位の調査により約 8% の地点で病斑が検出される状態である。現実には 1 日に 10~15 地点を調査して, ようやく 1 地点で病斑を検出した場合, これを全般発生と判定してよいかの問題である。

紹介できる成績がまだ得られていないが, ある箇所には大量の伝染源 (例えば数枚分の育苗箱に相当する発病した取り置き苗, あるいは数 m^2 の持ち込みいもち) が存在する場合には, 予測基準に適合しない気象条件で, その周囲の数~数十 ha の範囲に全般発生的な感染が起こることがあるようである。もしそうしたら前述の 1 地点が全般発生開始期以前のこのような場合に該当している可能性を考えねばならない。

そこで病斑検出地点率がきわめて低いときは次世代急増期後に再度見歩き調査を実施し, 第二世代期の坪の有無を確かめる。すなわち前述と同様に散生病斑を探索し, 検出された病斑を手がかりにして発見される第二世代期の坪のうち, 足下 3 条列に所在する発病中心株に親病斑を探索し, 地点ごと一定単位の調査による親病斑の検出地点率および検出病斑数を求め, 親病斑により全般発生が開始していたかどうかを検討する。したがって低い病斑密度で開始する全般発生は 1 伝染源遅れて追認されることになるが, その時期が特に遅くならないかぎり予察としての最低限の責任は果たすことができよう。

上の方法による親病斑の検出精度はきわめて高いのでこの第二世代急増期の調査結果をすでに確認した全般発生開始期の見歩き調査結果と同一の水田や地域において対比させることで, 開始期における調査精度を調査者自身で確かめることができる。

筆者が昭和 51 年以降実施してきた 10 年間の確認調

査中には幾度か病斑検出地点率が低いことがあった。しかしそのほとんどが、筆者の予測基準により予測された時期に全般発生が開始したものと、後日に追認、推定されている。すなわち先に述べた可能性は依然として保留されているものの、秋田県ではその頻度が低いものと考えられ、同時に予測基準の妥当性（適用性）が高いことを示すものと考えられる。しかしこれらが他県においても同様であるかは、それぞれの地域において検討されねばならない。

おわりに

秋田県内の全般発生開始期は年により必ずしも斉一でない。これを地域ごとに予測するにはアメダス資料（越水, 1982）のみでは不十分で、予察実施上の支障になっている。筆者はアメダス資料に結露計を併用することを考えているが、県内に多数配置できるような簡易で安価な結露計の開発が望まれる。同時に予察組織の力量から

現在平たん部を主体に確認調査を実施しているが、これを例年発生が多い山間部にまで及ぼすことを考えねばならない。

全般発生開始期の予測と確認は、早期多発年のいわゆる「防除の手遅れ」を未然に防ぐためには必要不可欠である（小林, 1980）。しかしそのほかの年でも、この時期の発生状況を把握することはその後の発生経過を地域ごとに予測するうえでもきわめて有益である。本稿が大方のいもち病発生予察推進上の参考になりえれば幸いである。

引用文献

- 1) 小林次郎 (1980): 植物防疫 30 年のあゆみ, 日本植物防疫協会, 東京, pp. 173~177.
- 2) ——— (1984): 秋田農試研報 26: 1~84.
- 3) 越水幸男 (1982): 今月の農業 26(1): 46~53.
- 4) 鳥居酉蔵 (1952): 生態学概説, 養賢堂, 東京, pp. 202~289.

本会発行図書

新版 土壌病害の手引

「新版土壌病害の手引」編集委員会 編

B5 判 349 ページ 上製本

定価 6,000 円 送料 350 円

長く親しまれてきた「土壌病害の手引」旧版を新しく書き直し、全面的に改訂しました。

土壌病害全搬にわたって、基礎から応用までを詳しく解説しております。

土壌病害研究の専門家はもちろん、学生、普及所、試験場など幅広い方々にご利用いただけます。

内 容 目 次

第1章 土壌病害とは

土壌病害と病原/土壌病害の特色/土壌病菌の特色/防除の特殊性

第2章 土壌病害の診断

土壌病害の見分けかた/種々の土壌病害の見分けかた/病原の分離から同定まで（一般的手法）/種々の病原の分離と同定

第3章 病原の生態と発病のしくみ

病原の生活環/土壌病害の発病環境/病原菌と土壌微生物、宿主植物との間の相互関係/土壌伝染性ウイルス病/線虫病

第4章 土壌病害の防ぎかた

薬剤防除/物理的防除/生態的防除/抵抗性品種（台木）の利用

第5章 土壌病害の実験法

接種試験法（接種法と調査法）/病原の検出と定量/病原の培養と保存/薬剤試験法/品種抵抗性検定法/生態実験法

付 録

文献/培地組成と作りかた/土壌病害用語解説/病名・病原名索引

お申込みは前金（現金・振替・小為替）で本会へ

ミカンハダニの系統間の生殖隔離

京都大学農学部昆虫学研究室 高 藤 晃 雄

I 2 系統の比較

ミカンハダニ *Panonychus citri* (McGREGOR) には卵態休眠を行う休眠系統と休眠しない系統の2系があることは真梶 (1961a, b) の報告により古くから知られてきた。主として前者はナン、後者はミカンの重要害虫になっている。これら2系統間には休眠性の有無だけでなく、形態的・生態的にもほかのいくつかの顕著な違いが見られる (第1表)。休眠系統はより大形の卵をより少数産み、初秋にはさらに大形の休眠卵をナンなどの枝部に産んで卵態越冬する (真梶, 1961a; 内田, 1982)。また、休眠系統はミカンでは発育も増殖もできない (真梶, 1961b; 内田, 1982; 森本・高藤, 1983) のに対し、非休眠系統はミカンだけでなく、ナン・モモなどの落葉性果樹にも発生し、ナン・モモでの産卵数はミカンにおけるよりもはるかに多く (古橋・西野, 1979; 内田,

1982; 森本・高藤, 1983), 栄養的にはナン・モモのほうがより好適な寄主植物であるといえよう。

II 地理的分布

真梶 (1961a) はわが国の主要果樹の枝上に産まれた卵の休眠性を調べることによって両系統の分布の境界線を呈示している。これによれば、おおむね瀬戸内から関東南部の本州沿岸を境にして休眠系統はそれより北に、非休眠系統は南に分布している。また、休眠系統は東北地方を北へ進むにつれて冷温帯に広く分布する近縁種のリンゴハダニ *P. ulmi* KOCH に置換されていく。このようにミカンハダニの休眠系統はナン・モモでは比較的狭い緯度域に分布している。

一方、非休眠系統は、ミカンでは低緯度域だけでなく、先の分布境界線よりかなり北にも分布している。また、ナンやモモでも境界線よりかなり北に位置する京都府や岡山県の北部などでも発生が認められる。このことは非休眠系統の分布を制限している要因が単に冬の厳しさではないこと、つまり非休眠系統が耐寒性や耐乾性を欠くためだけではないことを示している。事実、境界線付近やそれより北のミカンでも冬期の死亡率は高いものの全ステージで越冬できる。ただ、非休眠系統はこれらの地域の落葉果樹では冬を越してその個体群を維持はしていない。例えば岡山県南部や大阪府のナン園では、春から夏にかけては非休眠系個体群の発生が認められず、8月中・下旬ごろから他の寄主植物 (ミカンなどの常緑樹) からの侵入によって個体群が形成され、10~11月ごろに大発生し、高密度に達する (TAKAFUJI and MORIMOTO, 1983; TAKAFUJI and FUJIMOTO, 1986)。ミカンでの典型的な発生パターンは6~7月ごろと秋の2山型の発生ピーク (真梶, 1959; 西野, 1976 など) によって特徴づけられるが、ナンにおける非休眠系個体群の発生は秋のみに限られている。

非休眠系統も秋が深まってナンの落葉が進行してくると枝にも多数の卵を産むようになる (真梶, 1961b; TAKAFUJI and KAMEZAKI, 1984)。しかし例えば大阪府の高槻ではこれらの卵の多くは冬の到来までにふ化して、幼・若虫が飢えによってすべて死亡したり、ふ化しなかった卵もすべて冬の間に死亡する (TAKAFUJI and FUJIMOTO, 1986)。同じ地域のミカンでは卵が越冬でき

第1表 ミカンハダニの2系統の比較

	休眠系統	非休眠系統
主な寄主植物	ナン・モモなどの落葉性果樹	ミカン・ツゲ類およびナン・モモなどの落葉性果樹
発育・増殖 ¹⁾	ミカンでは不可	ミカン、ナン・モモ両方で可
産卵数 ¹⁾	約30	約40(ミカン), 約80(ナン)
発生消長 ²⁾	真夏にピーク	6~7月と秋にピーク(ミカン) 晩夏~秋のみ(ナン・モモ)
越冬	落葉性果樹の枝上(休眠卵)	ミカン葉上(全ステージ)
卵サイズ(直径) ³⁾	150~160 μ (夏卵) 160~170 μ (冬卵)	130~150 μ

- 1) 真梶 (1961b), 内田 (1982), 森本・高藤 (1983),
2) 西野 (1976), 内田 (1982), TAKAFUJI and MORIMOTO (1983), TAKAFUJI and FUJIMOTO (1986) など,
3) 真梶 (1961a), 内田 (1982), 高藤・藤本 (未発表)

Reproductive Isolation between the Diapausing and Non-diapausing Strain of the Citrus Red Mite, *Panonychus citri* (McGREGOR). By Akio TAKAFUJI

るのにナンでできない理由は次のように考えられる。ナンでは落葉するために、ミカンにおけるよりも産卵がより早く終了する。卵の多くは秋の間にふ化するが、温度が不足にふ化に至らなかった卵も冬が到来したときには胚発生がかなり進行しており、それらは耐寒性や耐乾性に欠けるのではないと思われる。

2系統の分布境界よりも低緯度に位置する静岡県興津では、ナンの葉が1月ころまでわずかながらも残存しており、ここでは卵のふ化が冬を越して早春まで観察されている(真梶, 1961b)。ただし、ここでも非休眠性個体群がナンで維持されていることは確認されていない。一方、休眠系統がなぜ低緯度域には分布しないかについての報告は見られないが、おそらく春が早いために休眠覚せいした卵が落葉樹の芽がふくまでにふ化してしまうことも一因ではないかと思われる。

このように見てみると、真梶が示した落葉果樹での2系統の分布境界線は、これより低緯度域で非休眠系統が落葉樹で冬を越して個体群を維持していることが確認されないかぎり、むしろ休眠系統の分布南限を示すものと解釈できよう。

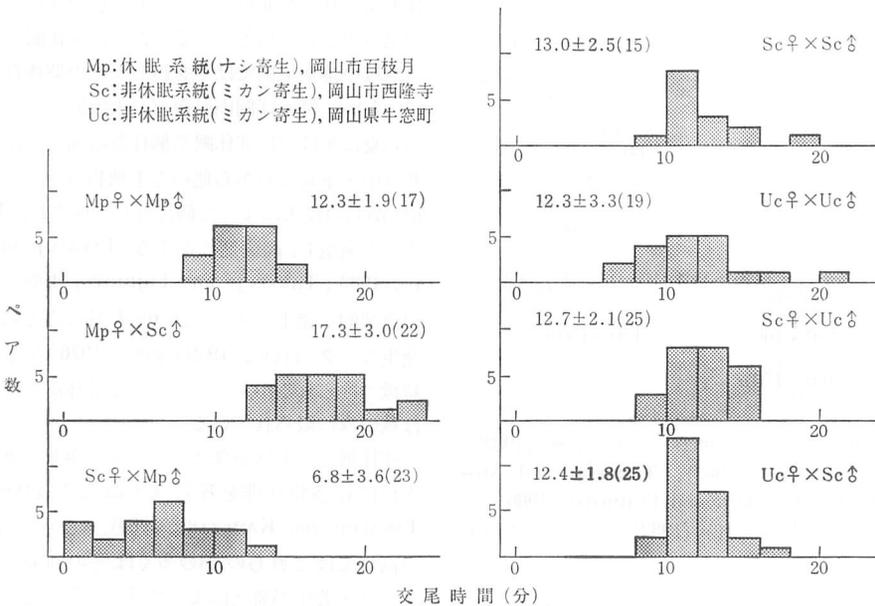
非休眠系統が落葉果樹で個体群を維持しているかどうかは別にしても、境界線付近やそれより高緯度域でも、晩夏から秋にかけてのナン園には2系統が混在するケースがしばしば見られる。休眠系統の発生ピークが7~8

月ごろのナンの肥大期にあたるためにその被害が目につきやすいのに対し、非休眠系統が高密度に達するのが果実の生長が終わりかけたころや収穫が終了した季節であるためにその発生はあまり目をひかない。福岡県甘木周辺のナン園に発生する個体群は、従来非休眠系統とされていたが、近年休眠系統の発生が顕著になってその被害が問題になっている(山田・野田, 1985)。この原因については不明であるが、ここでも両系統の発生が可能であり、混在することを示している。

III 系統間交雑

ハダニ類では同種の系統間交雑はいうまでもなく、種間交雑もごくふつうに見られる。したがってミカンハダニの2系統が混在する場合、系統間交雑が起こることは当然予想されよう。

ハダニ類の交尾行動は、雄が第3静止期の雌をガードすることによって始まり、ふつう雌が脱皮を終えると直ちに交尾が成立する(PENMAN and CONE, 1974など)。ミカンハダニの交尾時間は両系統ともに平均12~13分ぐらい(TAKAFUJI and FUJIMOTO, 1985)で、*Tetranychus*属の2~4分に比べてはるかに長い。この交尾時間は同系統間ではかなり安定したものである。ところが異系統間になると交尾時間には交雑の方向できわめて顕著な違いが見られる(第1図)。休眠系統を雄にすると交尾が



第1図 同系統間および異系統間の交尾時間 (TAKAFUJI and FUJIMOTO, 1985)

図中の数字は $\bar{x} \pm SD (n)$ を示す。

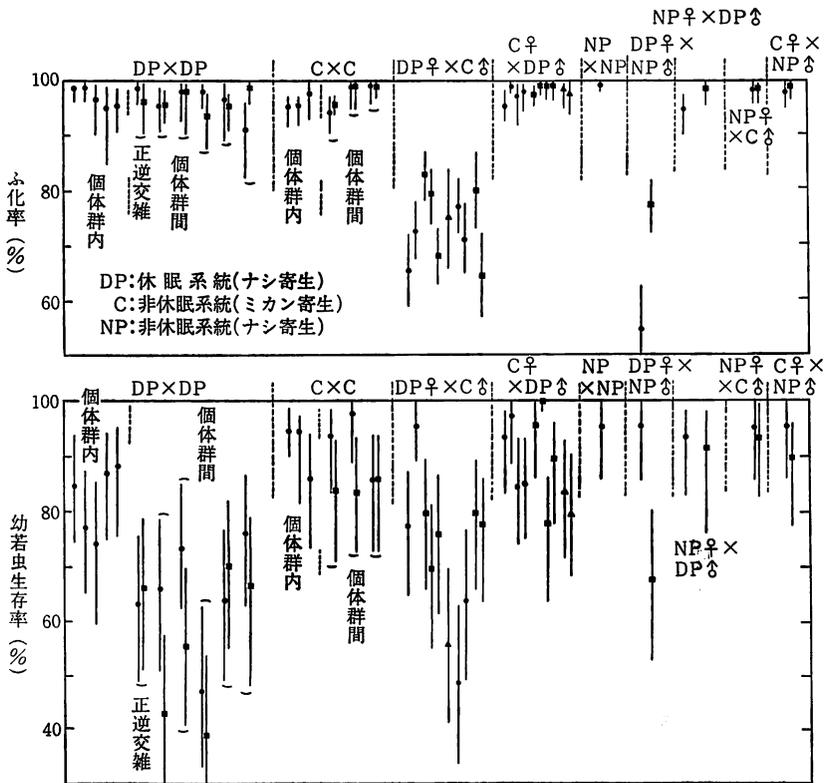
不安定になり、ペア間でばらつきがきわめて大きく、1~2分で交尾を中断するケースも見られる。一方、非休眠系統を雄にすると中断するケースはほとんどなく、むしろ同系統間よりも交尾時間が長くなる傾向がある。前者の交雑では、交尾に際してなんらかの機械的な障壁が存在することが示唆される。

移動力が小さく、個体群の隔離が進みやすいハダニ類では個体群間あるいは系統間に生殖的不親和性 (reproductive incompatibility) が存在することが広く知られている。これについては特にナミハダニ *Tetranychus urticae* KOCH でよく研究されており、オランダでは近接した温室に発生する個体群間でも、また地理的に遠く離れた自然個体群間でもこの不親和性のあることが知られている (HELLE and PIETERSE, 1965; BOER, 1980, 1981 など)。ナミハダニなどの生殖不親和性はかなり強いものからごくわずかなものまでずいぶんばらつきがあるが、ほとんどは部分的なものにすぎず、F₁ 雌の産卵数の減少や F₂ 卵の死亡率の増加という形で現れる。ナミ

ハダニとその同胞種であるニセナミハダニ *T. cinnabarinus* (BOISDUVAL) の間にも F₁ 雑種 (不妊性) が生じるのがふつうであり、妊性のある F₁ が生まれるという報告 (DUPONT, 1979) すらある。

ところがミカンハダニの場合、休眠系統と非休眠系統間の交雑からは F₁ にすら雌成虫がまったく生じない (TAKAFUJI and FUJIMOTO, 1985; 第2表)。地理的に遠く離れた個体群間でも、同じナン園に発生する2系統間でも F₁ 雌は出ない。一方、ナンとミカンでそれぞれ発生する非休眠性個体群間にはなんら不親和性はなく、先に述べたようにナンの非休眠個体群はミカンなどの常緑樹からの移入個体から成り立つことを裏づけている。

このようにミカンハダニの休眠系統と非休眠系統間の生殖的隔離はきわめて明瞭なもので、ナミハダニとニセナミハダニ間のそれよりはるかに強いといえよう。ただし、2系統間交雑からの F₁ に雌成虫は生じないものの、卵受精が起こっていないわけではない。休眠系雌×非休眠系雄からの卵の死亡率が同系間のそれと比べ、ど



第2図 同系統間および異系統交雑からの F₁ における卵のふ化率 (上) および幼若虫の生存率 (下) (TAKAFUJI and FUJIMOTO, 1985)

縦線は 95% 信頼限界を示す。

第2表 同系統間(上)および異系統間(下)交雑からのF₁の性比 (TAKAFUJI and FUJIMOTO, 1985)

DP×DP		C×C	
個体群内	♀/(♀+♂)	個体群内	♀/(♀+♂)
Ap×Ap	0.64	Uc×Uc	0.67
Kp×Kp	0.73	Sc×Sc	0.71
Sp×Sp	0.51	Ec×Ec	0.65
Mp×Mp	0.67		
Tp×Tp	0.80	個体群間 (♀×♂)	
		Uc×Sc	0.73
個体群間 (♀×♂)		Sc×Uc	0.78
Ap×Sp	0.58	Uc×Ec	0.69
Sp×Ap	0.71	Ec×Uc	0.83
Ap×Tp	0.58	Sc×Ec	0.61
Tp×Ap	0.45	Ec×Sc	0.70
Ap×Kp	0.72		
Kp×Ap	0.69	NP×NP	
Kp×Mp	0.57	個体群内	
Mp×Kp	0.53	Op×Op	0.81
Kp×Tp	0.59		
Tp×Kp	0.74		
Mp×Tp	0.81		
Tp×Mp	0.56		
DP♀×C♂	♀/(♀+♂)	DP♀×NP♂	♀/(♀+♂)
Ap×Sc	0	Ap×Op	0
Ap×Uc	0	Tp×Op	0
Kp×Sc	0	NP♀×DP♂	
Kp×Uc	0	Op×Ap	0
Kp×Ec	0	Op×Tp	0
Sp×Sc	0		
Mp×Sc	0	NP♀×C♂	♀/(♀+♂)
Mp×Uc	0	Op×Sc	0.75
Tp×Uc	0	Op×Ec	0.77
Tp×Ec	0	C♀×NP♂	
C♀×DP♂		Sc×Op	0.78
Uc×Ap	0	Ec×Op	0.87
Uc×Kp	0		
Uc×Mp	0		
Uc×Tp	0		
Sc×Ap	0		
Sc×Kp	0		
Sc×Sp	0		
Sc×Mp	0		
Ec×Kp	0		
Ec×Tp	0		

DP: ナシ寄生休眠系統, C: ミカン寄生非休眠系統,

NP: ナシ寄生非休眠系統.

Ap: 福岡県甘木市, Kp: 福岡県嘉穂町, Sp: 岡山市西降寺, Mp: 岡山市百枝市, Tp: 鳥取県大栄町, Uc: 岡山県牛窓町, Sc: 岡山市西降寺, Ec: 静岡県島田市, Op: 大阪府高槻市

の地域 個体群間の組み合わせでも きわめて有意に高くなり、また幼若虫の死亡率も高くなる (TAKAFUJI and FUJIMOTO, 1985; 第2図)。このことは、少なくとも一部の卵には受精は起こっているものの、受精卵がふ化しなかったり、ふ化しても発育初期で死亡することを示し

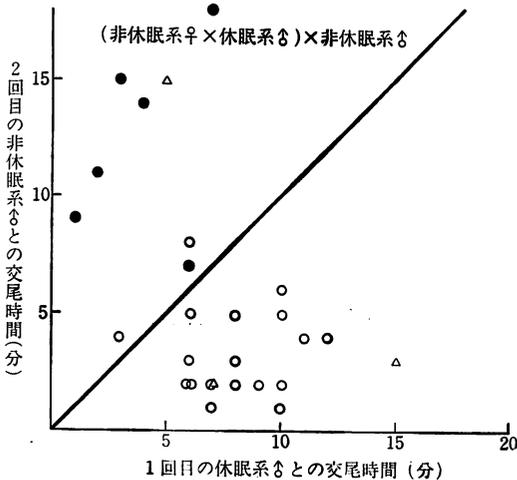
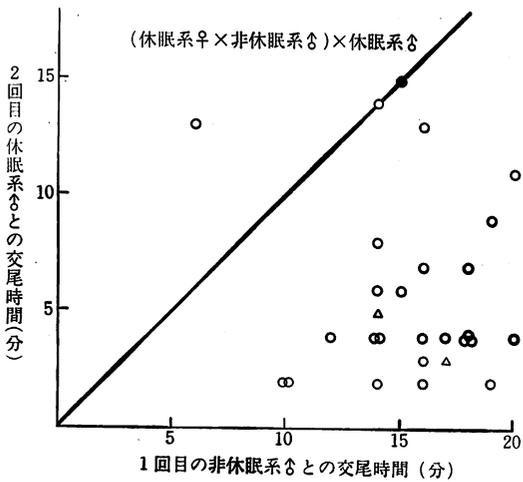
ている。つまり配偶子が正常に融合しない、いわゆる配偶子隔離の存在が考えられる。一方、非休眠系雌×休眠系雄からの卵のふ化率には特に有意な減少は見られず、その多くは未受精卵であると考えられるが、後述するように休眠系雄の精子も非休眠系雌の卵になんらかの影響は与えている。

IV 二重交尾の有効性

先に述べたように、ハダニ類ではふつう、交尾は雌の成虫化直後に行われる。しかし、雌は複数の雄によって多回交尾を受けることもごくふつうである。ただ、多回交尾を行う昆虫とは異なり、ハダニ類では雌が同種の複数雄によって交尾を受けたとき、1回目の交尾による精子によってはほすべての卵が受精され、2回目の交尾は無効になる (BOUDREAUX, 1963; HELLE, 1967)。ただし、最初の交尾が途中で中断された場合には、2回目の交尾が有効になる。これについてはナミハダニの野性型とアルビノ型の雄を用いた実験で調べられている (POTTER and WRENSCH, 1978)。

一方、2重交尾が種間にもわたる場合、つまり同種の雄とそれに近縁な種の雄によって二重に行われる場合には事情が異なる。雑種のできるナミハダニとニセナミハダニの種間交雑では、それぞれの種において先に同種雄と交尾すれば2回目の他種との交尾は無効になるが、逆に他種雄との交尾が先であればF₁雌はすべて雑種になり、2回目の同種雄との交尾は無効になる (BOUDREAUX, 1963)。ただこの場合でも1回目の交尾が中断されて交尾時間が極端に短くなれば2回目の交尾も有効になる。一方、雑種のできない種間、例えばナミハダニとカンザワハダニなどでは両種ともに、他種雄との交尾が先であっても後であっても自種雄との交尾の有効性にはなんら影響を与えない (小沢・高藤, 未発表)。

ミカンハダニの2系統が混在する場合、各系統の雌が同系統と他系統の雄によって二重に交尾されることは十分考えられる。この場合、ナミハダニとカンザワハダニに見られるように、他系雄との交尾がなんら影響しないならば二重交尾はたいした意味は持たないが、もし他系雄との交尾が後での同系雄との交尾の有効性になんらかの影響を与えるならば、それぞれの系統の個体群増殖パターンに微妙な変化をもたらすに違いない。そこで各系統の雌をまず他系雄と、次いで同系雄と連続して交尾させて、その雌からの子孫に雌個体が出るかどうかを調べることによって同系雄との交尾の有効性を調べてみた (TAKAFUJI, 1986)。その結果、その有効性には逆交雑で差が生じることがわかった。休眠系雌では2回目の同

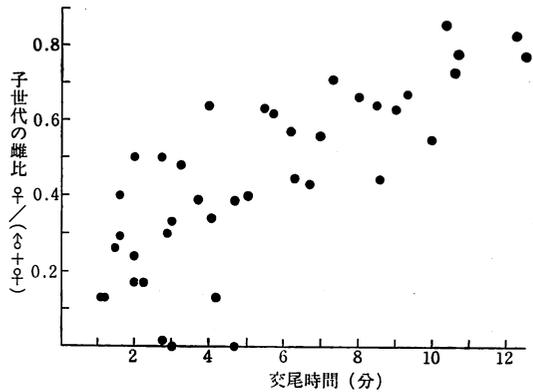


第3図 各系統雌における二重交尾の有効性 (TAKAFUJI, 1986)

各系統の雌を最初に他系統と、次に自系統と交尾させた。

●：子世代に雌成虫が生じた個体，○：子世代に雌成虫が生じなかった個体，△：産卵数が少なくて性の判定不能個体。

系統との交尾はほぼ完全に無効で、有効だったのは26個体のうち、わずか1例のみ(3.8%)であった。一方、非休眠系雌では同系統との交尾が有効になったケース、つまり子孫に雌成虫(非休眠系)が生じた個体は23例中6個体(26.1%)も見られた。先に述べたように、非休眠系雌×休眠系雄の交尾時間には大きなばらつきが見られる。2回目の同系統との交尾が有効になった例では、いずれも最初の休眠系雄との交尾時間が比較的短く(7分以下)、かつ2回目の非休眠系雌との交尾時間が長い(7分以上)場合のみに限られていた(第3図下)。



第4図 交尾時間と子世代の雌比の関係 (TAKAFUJI, 1986)

交尾開始後、交尾ペアを人為的に分離した。受精卵からは雌が、未受精卵からは雄が生じる。

第3図(上)でわかるように、非休眠系雄と交尾した休眠系雌が、その後で同系統雄と交尾した場合の交尾時間は、その処女雌の自系統雄との交尾時間よりはるかに短くなっている(第1図と比較)。このことから2回目の同系統雄との交尾が無効になる原因として、交尾時間が短いためだとの考えもできよう。しかしこれは第4図に示された交尾時間と子孫の雌比との関係から否定できる。雌比は交尾時間が長くなるにつれて高くなるが、わずか1~2分間の交尾でも、雌比はかなり低くなるものの受精が起って交尾が有効になるからである。

これまで述べてきた一連の交尾実験から、次のように結論または推察することができよう。休眠系雌×非休眠系雄の交尾では機械的な障壁はなく、交尾は正常に行われ、卵の受精が起こっている。このため、非休眠系雌と先に交尾した休眠系雌がたとえその後で自系統と交尾しても、それはまったく無効になる。一方、非休眠系雌×休眠系雄では交尾に際してなんらかの機械的な障壁があり、その場合には後で自系統と交尾すれば受精が成立する。しかしこの交雑でも、もし最初の交尾が正常に行われると自系統との交尾がまったく無効になることから、受精が起っていることは否定できない。

V 系統間交雑の発生动態への影響

この生殖不親和性における正逆交雑での差異は、両系統が混在するナン園での休眠系統の増殖率に有意な影響を与えることが考えられる。休眠系統が発生しているナン園に非休眠系統が侵入してその個体数の増加が始まる時期は9月初めで、それはちょうど休眠系統の雌が休眠

卵の産下を始める時期にあたる。もし多数の非休眠系個体が存在して系統間交雑が起これば、休眠系統の翌春の増殖源である休眠卵の死亡が増加したり、越冬後の第一世代の雌比が減少することになろう。これに加えて非休眠系統の産卵数は休眠系統のそれより2倍近く多い。これらの要因が合わさると、混在条件下では休眠系統個体の増殖に抑制効果が生まれよう。

岡山県南部ではナン園とミカン園が近接しているケースがよくあり、このようなナン園では両系統が混在して、初秋から非休眠系統が急増する (TAKAFUJI and MORIMOTO, 1983)。非休眠系統のナン園への侵入源と考えられるミカン園での発生量に依存しよう。事実、このようなナン園での非休眠系統の発生は年によってずいぶん変動し、休眠系統は毎年発生したが、非休眠系統が大量に発生した年の翌年には、冬期に休眠卵が多数存在したにもかかわらず、休眠系統の発生が著しく抑制され、また休眠卵からの成虫の雌比が40%以下で通常の60~80%より有意に低いことが観察されている (高藤, 未発表)。逆に、ミカン園での防除がゆきとどいた結果、ナン園での非休眠系統の発生が小さいときには翌年の休眠系統の発生密度が高くなる傾向も見られている。これらはずか4年間の観察にすぎないが、系統間交雑の休眠系統へのマイナス効果が現実起こっている情況証拠にはなろう。

ただ、現在継続中の実験からは2系統の雌を混在させて各系統の雄に交尾相手の選択をさせると、非休眠系統の雄には選択性がまったくないのに対し、休眠系統の雄には自系の雌を選択する傾向があり、二重交尾の実験から予想されるほどには系統間交雑の休眠系統への悪影響が強くないことも示唆されている。これらは今後の、2系混在条件下での個体数変動の実験的解析やシミュレーションによって実証することが可能であろう。

おわりに

これまでの実験から、ミカンハダニの休眠系統と非休眠系統の間には地域を問わず明瞭な生殖的隔離が存在し、別種とも考えられる程度に分化が進んでいることが明らかである。しかし今までの知見からはこの系統分化の過程について示唆的なことはあまり呈示できない。ただ、休眠系統は非休眠系統に比べて食性幅が狭いこと、

その雄には交尾に際して直接・間接的に自系雌に対して選択性があること、また休眠系統にはその地域個体群間に、非休眠系統と比べてより不親和性が強いこと (TAKAFUJI and FUJIMOTO, 1985; 第2図) などから、休眠系統のほうが特殊化が進んだものと考えられなくもない。

これまで本種について、ミカンとナン・モモの個体群に限って話を進めてきた。しかし本種はこれらの寄主植物のほか、落葉樹ではクワやカラタチ、常緑樹ではツゲ類やモクセイなどにも広く発生が認められる。現在、千葉大学で進められているこれらの寄主植物における個体群の食性などの研究 (天野氏, 私信) が発展し、また刑部 (1984) などによる電気泳動による系統比較の研究に量的側面が加わって遺伝的解析が行われるようになれば、本種の系統分化に示唆が得られるであろう。

最後に本稿の校閲をいただき、貴重なご意見をいただいた真梶徳純氏 (千葉大)、藤山静雄氏 (信州大) および天野 洋氏 (千葉大) に深く感謝いたします。

主な引用文献

- 1) BOER, de R. (1980): Ent. exp. & appl. 28: 22~28.
- 2) ——— (1981): ibid. 30: 63~67.
- 3) BOUDREAUX, H. B. (1963): Ann. Rev. Entomol. 8: 137~154.
- 4) DUPONT, L. M. (1979): Ent. exp. & appl. 25: 297~303.
- 5) 古橋嘉一・西野 操 (1979): 静柑試報 15: 41~44.
- 6) HELLE, W. (1967): Ent. exp. & appl. 10: 103~110.
- 7) ——— and A. H. PIETERSE (1965): ibid. 8: 305~308.
- 8) 森本信生・高藤兎雄 (1983): 応動昆 27: 224~228.
- 9) 西野 操 (1976): 農薬通信 96: 23~29.
- 10) 刑部正博 (1984): 応動昆 28: 1~4.
- 11) PENMAN, D. R. and W. W. CONE (1974): Ann. Entomol. Soc. Am. 67: 179~182.
- 12) POTTER, D. A. and D. L. WRENSCH (1978): ibid. 71: 882~885.
- 13) 真梶徳純 (1959): 東海近畿農試験報 (園芸) 5: 143~166.
- 14) ——— (1961a): 同上 6: 49~63.
- 15) ——— (1961b): 同上 6: 64~76.
- 16) TAKAFUJI, A. (1986): Res. Popul. Ecol. 28: 91~101.
- 17) ——— and H. FUJIMOTO (1985): ibid. 27: 361~372.
- 18) ——— (1986): Appl. Ent. Zool. 21: 467~473.
- 19) ——— and H. KAMEZAKI (1984): ibid. 19: 270~271.
- 20) ——— and N. MORIMOTO (1983): ibid. 18: 525~532.
- 21) 内田正人 (1982): 鳥取果試特報 2: 1~63.
- 22) 山田健一・野田政春 (1985): 福岡農総試研報 B5: 35~38.

環境保全のための野菜病害の総合防除

九州東海大学農学部植物病理学研究室 小 林 研 三

はじめに

九州は中央の消費市場より遠く、野菜の生産は必然的に輸送のきく果菜類に限定されてくる。しかも、各地域とも、特産野菜として一部の果菜類に集約され、栽培条件面からも制約を受け、同一品目の連作栽培を強いられる場合が多い。したがって、今後の野菜栽培の課題は連作障害の回避対策と露地野菜の生産安定であろう。従来より露地野菜の安定は気象要因との関係が深く、主産地の高原地帯では多雨湿害、強風、病害などが主要な生産阻害要因となっている。一方、平たん地帯では土地条件、特に水田の排水対策などの土地基盤整備、気象、病害に関連した要因が多い。最近は不定性病害の発生も見られ、直接的な薬剤散布による防除方法のみでは解決できない難防除病害が多くなってきた。また、病害発生要因の多様化により、薬剤散布の回数増大は農薬の耐性出現につながる(平井ら, 1982)とともに、農薬の安全使用という社会的課題にもなりうる。したがって、従来の薬剤散布主導型の防除を見直し、基本的な耕種的防除を中心に環境保全に留意しなければならない。このためには、病害の主因、素因に対する直接的方法を講じることはもちろんであるが、素因と誘因との関連性や、発生誘因の抑圧、すなわち、第一に、直接的な栽培技術改善方法による病害防除対策と、第二には、防除対策上、きわめて必要となる環境条件整備を人為的可能的範囲で実施していくことである。

本題をまとめるにあたり、まず熊本県下における研究事例を紹介し、さらに、総合的対策の基本的事項を掲げながら、筆者なりの考察を加えてみた。なお、御教示を賜った前農林水産省野菜試験場久留米支場 木曾皓室長、多大の資料の提供をいただいた前熊本県農業試験場 中山武則病虫部長をはじめ、関係各位には記してお礼を申し上げる。

I 阿蘇地域におけるトマトの雨よけ栽培

夏の降水量が多い九州の高原地帯では、雨よけ施設を導入し、病害の発生と直接の風害を防止し、生産安定と

品質向上に努めた実例がある。実際の方法としては、間口 6 m の単棟ハウスを利用し、天井のみビニル張りし、側面は寒冷シヤを張り通風、アブラムシ類の防除をした。

1 降水量とトマト疫病の発生との関係

トマト疫病は九州の露地栽培では 5 月下旬から 6 月中・下旬の梅雨時に多発する。降水量、湿度、日照不足によるが、高原地帯では火山灰土壌が軽しうであるため、幼苗期、生育初期に植物体への土砂の飛散が多く病気の発生を促す。その推移を観察したのが第 1 図である。

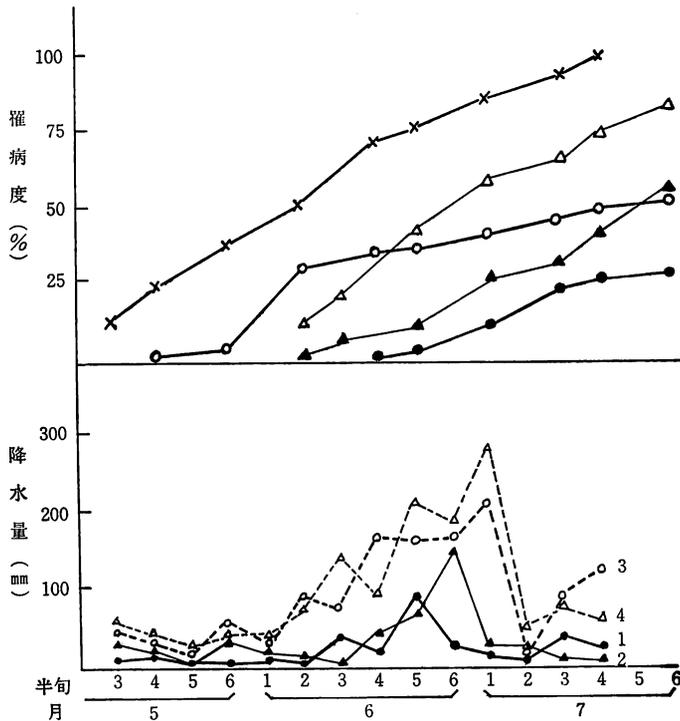
降水量では 1972 年(降水量多)と 1973 年(降水量少)について熊本と阿蘇を比較したが、阿蘇は降水量多く、熊本の約 2 倍となっている。疫病の発生も降水量の推移と同様の傾向を示したが、特に 8~10 回の薬剤散布防除をしたにもかかわらず、熊本の無防除と阿蘇の防除区とは大差がない。薬剤散布の有無よりも地域的環境条件が発生要因に大きく関与している。

2 トマトの雨よけ栽培による疫病防除効果

特に阿蘇においては疫病の発病は栽培期間の降水量が大きく影響している。したがって、ビニル簡易(無加温)の雨よけ施設により発生要因となる多雨の影響を解消し、病害回避策を図り、トマトの生産安定に寄与したいと考えた。熊本農試阿蘇分場を中心に 1975~80 年の 6 年間実用化試験を実施した。その結果、ハウス栽培区では初発の時期が遅れ、収穫期においても 2~3 割発病が少ない。疫病発生の多い品種の大型瑞光ではその効果は顕著で、2 段果、3 段果の着果率も高い。供試 2 品種、強力米寿、大型瑞光ともにハウス栽培では無発病率が高く、発生しても発病度は微少にとどまっているのに反し、露地栽培(対照区)では少以上の発病株が多くなった。収量調査の結果も同様な傾向を示し、雨よけ栽培の疫病防除効果も確認され、簡易な施設であるため所要経費も少なく好つごうであった。

従来、夏秋トマトの疫病の防除は梅雨時に薬剤散布が行われてきたが、雨中散布は実際面で作業的にも限界がある。これ以上の散布回数の増加、間隔の縮小は病勢進展抑制のためには必要であるが、農薬安全使用の面より問題がある。一方、阿蘇火山爆発後(1979 年)、降灰防止対策を兼ねてトマトの雨よけ栽培が導入、普及され、

Integrated Control of Vegetable Diseases in Environmental Integrity. By Kenzoh KOBAYASHI



第1図 トマトの生育期間中における降水量と疫病発生との関係 (1974)
 上段 1. 熊本防除有 2. 熊本防除無 } 1973 5. 熊本防除無 1972
 (疫病) 3. 阿蘇 " 4. 阿蘇 "
 下段 1: 1973熊本 2: 1973阿蘇
 (降水量) 3: 1972 " 4: 1972 "

今まで天気任せのトマト栽培も生産安定が期待でき、品質向上に役だっている。また、長崎農試ではアスパラガスの茎枯病に対し、雨よけ栽培と薬剤散布との併用により防除効果をあげたが (新須ら, 1984), 当を得たものであり、誘因抑圧の意義は大きい。

II 天草地域の夏秋キュウリ栽培のウイルス病防除

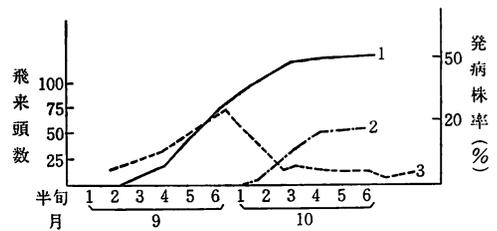
天草地域の夏秋キュウリは熊本県天草郡河浦町, 新和町を中心に水稲早期栽培の跡地利用として栽培されている。この作型の播種は8月下旬で、発芽後の生育初期とアブラムシ類の発生ピークとはちょうど重なり、ウイルス病の発生が生産阻害要因となっていた。まず感染時期を検討した結果、播種後約1か月間の10葉期までにもっとも多く感染しやすいことが判明した。しかし、作期の移動による回避策は栽培的、流通経済上にも問題があり、いかともし難い現状であった。本地域のアブラムシ類の媒介によるキュウリのウイルス病は CMV, WMV

が主体で、特に CMV は寄主範囲が広く、また、両ウイルスは非永続伝搬ウイルスであるため、瞬時に伝搬され、防除対策に苦慮した。基礎試験、現地試験を重ねた結果、寒冷しゃを10葉期まで被覆した効果は顕著に見られ、生育中のウイルス病の発病は薬剤散布区との間に判然と差違が認められた。なお、散布区の実施は回数はかなり多く実施したが効果はなく (第2図), また寒冷しゃ被覆の生育、収量に対する悪影響はなかった。

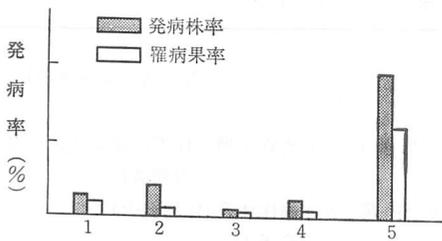
しかし、本防除法は労力、経費面で、地区によっては実施困難であるとの反省があったので、次に改良策としてシルバープラスチックフィルムによるマルチの経済的利用法を検討した (第3図)。

1972~74年の3か年間、アブラムシ回避用のシルバープラスチックフィルムおよび同テープを供試したが、アブラムシの株当たり虫数および収穫期の発病調査においてシルバープラスチックフィルム畦間30cm + 同テープ5段張り処理区の効果はもっとも高かった。天草地域の夏秋

キュウリ栽培は周囲の山林、畑などから次々にアブラムシが飛来し、しかも小規模面積畑が点在しているので、ウイルス病の防除には困難性を伴うが、このように本地域なりの防除法の確立は地域の野菜生産に大きく貢献したといえる。従来より本法のような事例は多くとられてきたが (重松ら, 1974; 白浜, 1957), 単に、ウイルス媒介昆虫の殺虫ではなく、感染時期の把握による回避



第2図 アブラムシの飛来数と寒冷しゃ被覆効果 (1970)
 1. 对照無処理区 2. 寒冷しゃ被覆区
 3. アブラムシ飛来数



第3図 シルバープラスチックフィルムによるキュウリのウイルス病防除効果 (1973) (熊本県天草農研)

1. シルバープラスチック全面区, 2. シルバープラスチック畦間区, 3. シルバープラスチック畦間区+シルバーテープ区, 4. シルバーテープ区, 5. 薬剤防除区

策, 地域環境に順応した方法のくふうなどがいかに重要であるかを示唆するものであろう。

III 抵抗性品種の利用と接ぎ木による病害防除

1 抵抗性品種の利用

最近, 施設栽培ではハウスの固定化に伴い連作障害による病害が発生し, その対策には種々の方法がとられている。抵抗性品種の利用はその一つであり, 耕種的防除法としてきわめて重要なことは周知のとおりである。すなわち, 抵抗性品種を栽培する方法と台木利用面に分けられるが, 後者は野菜の土壌病害防除技術として従来から, つる割病, 萎ちょう病, 青枯病などの回避対策として貢献してきた。一方, 野菜の育種目標の一つに病害抵抗性が大きく取り上げられるよう努力がなされている。

しかし, 品質, 親和性, 収量を考慮し, 長年月を要し育成された品種に病原菌側の分化が見られ (松尾ら, 1967; 斉藤ら, 1972; 山本ら, 1957), 抵抗性品種が罹病化する転落現象も見られたので, 再度, その対策を講じ (重永ら, 1975), 現在は分化型菌に対する抵抗性品種の台木の利用も広く普及, 推進されている。野菜の接ぎ木作業は永年作物の果樹とは作物学的に違っているので, 病害防除面で行う場合, 経済的に接ぎ木の効果が明らかなものみに利用される。したがって接ぎ木栽培は主として, ①長年月の連作障害のため地域の病原菌の密度が高く, 確実に汚染され, 病害発生の頻度がかなり高いとき, ②地域的に病原菌のレースの分化が見られ, 対象病害が一般的な過去の防除法ではもはや不可能に近くなった場合, ③細菌病 (土壌伝染性) で薬剤防除作業がきわめて困難視されるかあまり期待ができない場合, に行われている。いずれの場合も, まず経済効果が高いこ

とが優先されている。

熊本県下においてもユウガオ台木のスイカ栽培にユウガオつる割病が発生し対策を講じているが, 今後, 同様なことがさらに各地で起こることが懸念されよう。

2 接ぎ木によるトマトの病害防除

(1) トマト萎ちょう病 (トマト根腐萎ちょう病 J_a) に対する耐病性検定

トマト萎ちょう病 Race J_a は通称トマト根腐萎ちょう病と呼ばれている (斉藤ら, 1972; 山本ら, 1957)。耐病性を幼苗検定により, 4 菌株を供試菌とし, 品種 S-102, S-201, KNVF-R, 耐病新交 1 号, 福寿 2 号, 興津 3 号, Walter を用い, 褐変, 根腐症状を検討した。その結果, 菌株間に発病の差が見られ, 2 菌株が強い病原性を示し, 供試品種の中で耐病性が優れているものは KNVF-R で, 次いで耐病新交 1 号となっている。

(2) トマト萎ちょう病 (Race J_a) 対策接ぎ木試験

実用化試験のため, 熊本県玉名郡横島町 (1980 年) の発病現地農家は場で春トマトを栽培し試験結果を得た。幼苗検定の耐病性を示した KNVF-R, 耐病新交 1 号を台木にし, 穂木は親和性のある実用性の高い 3 品種を供試し, 接ぎ木栽培を行った。台木, 穂木の品種間差異は生育初期には見られなかったが, 後期には組み合わせによって差異が見られ, KNVF-R+瑞宝 102, 耐病新交 1 号+KUO が良好であった。台木としての KNVF-R は安定しており, 穂木のおおみやの開花性, 収量性は優れていることから, 台木 KNVF-R+穂木おおみやの組み合わせ接ぎ木は, 根腐萎ちょう病の発病も少なく抵抗性を示したのもっとも有望である。

(3) トマト青枯病に対する接ぎ木防除試験

水田地帯の大型ハウスの連作に発生する青枯病では, まず育苗用床土の土壌消毒は不可欠である。苗による病原菌は本ほに持ち込んではいならない。水田土壌の本ほの土壌消毒はきわめて困難性を伴い (安田, 1982), また, 有効な防除薬剤が少ないので, 現地においては接ぎ木防除が要望されている。1979 年, 熊本農試八代支場の水田ほ場において試験した。台木品種は興津 101, PFNT, 穂木品種はゆうやけ A, ゆうばえを接ぎ木し, 対照区として自根のゆうやけ A, ゆうばえを供試した。接ぎ木区はいずれの試験区ともまったく発病は認められず, 防除法として安定, 確実性があることが実証された。最近, 本学内で上記の供試品種を接ぎ木栽培により実験的に断根後病原細菌を侵入させ, 光顕学的に観察した結果, 下部組織の道管の一部に細菌侵入は見られるものの, 病勢の進展, 細菌の増殖は見られず, また青枯萎ちょう症状はなく現地実証の裏づけ結果が得られ

第1表 環境保全のための野菜病害の総合防除対策 (1976)

現 状 の 要 因		現 状	改 善 点 (対策事項)
要 因			
野菜栽培	規模拡大, 早進化長期化	管理の良否	省資源型 作季の適正化, 除草体系 適期適作
耕種法の改善	気象対応 連作 品目の単一化 施設の固定化 地域的作目選定・適地適作	連作障害	輪作体系(作物結合) 接ぎ木 耐病性品種の導入
環境整備	土壌緩衝能低下 有機物不足 土壌の物理性悪化 土壌微生物の不活 化学肥料多投 土壌養分の不均衡 土壌条件整備 水田排水 冠水, 湿害, 根腐れ, 生産環境	病害発生 生育障害 生産の不安定 商品性低下 微量要素欠乏 土壌病害	誘因解析, 防除指針 塩類除去 田畑輪換 土壌養分の均衡化 有機物投入 家畜排せつ物 " " " " 強制排水 表面排水 土地基盤整備(野菜のための) 高畦 深耕 トレンチャー 団地化の促進
薬剤散布	農薬の多投・散布 生物的環境破壊 病菌耐性の付与	病害の多発 効果の減退	地域的作型の病害の発生予察 耕種的防除法, 耐性回避 農薬散布回数のてい減 農薬安全使用法の遵守

指標：地域の病害発生誘因の解析＋病害の発生生態の究明＋品種耐病性の検討⇒病害防除の難易度

た。

IV 総合的な防除改善対策についての考察

最近、野菜の栽培は国民の野菜に対する需要の拡大と水田利用再編対策の転作作物として面積の増加を見ている。それとともに、野菜病害の発生相も多様化し、防除効果は必ずしも万全とはいえない場合もある。さらに、病原菌の薬剤耐性による防除効果の減退、病原菌の生態的分化や多発環境条件の醸成などもあって、新病害、不定性病害の発生も多く、栽培農家は経済的、労働的負担を痛感し始めた。したがって、病害防除の検討にあたっては、基調として、まず地域の発生誘因の解析、それらがからまっている病害の発生生態の究明と品質向上面を重視した病害抵抗性品種の作出である。このような指標により、病害防除の要否、可能性の損益分岐点を明らかにし、限界点を見いだせば帰納法的にさかのぼって地域の野菜の栽培を全体的に見直し改善策を樹立すべきであろう。この対策を講じるため、筆者なりにまとめてみたのが第1表である。

栽培規模の拡大、栽培期間の長期化、早進化などがま

討が必要となる。現在、連作障害が問題化しているが、品目の単一化により今後ますます深刻化してくるであろう。連作は野菜栽培上基本的にはタブー視されていることは百も承知ではあるが、現状では広大な単作連作地帯が多く出現し産地形成をしているので、輪作の実行性はきわめて乏しい。しかし、作物学的、農業経営面から、野菜と畑作物との作物結合による産地の永続化を図らねばならない。土壌の理化学性の改善により根群の発育をおう盛にし、土壌病害を未然に抑制すべきである(大久保, 1973)。家畜排せつ物利用による土壌中の有効微生物の活性化を図ることはもちろんのことであるが、栽培以前の環境条件整備では排水対策が重要となり、特に野菜栽培のための土地基盤整備の推進が望まれる(安田, 1982)。このような手段は農業利用と違って手段自体の性質が農家単位の防除を超えたもので、農業生態系管理の一環として適正規模で行われ(山下ら, 1979)、かなりの長時間と経費を要し、長期的視点に立って解決しなければならない。さらに栽培体系より考えれば、例えば輪作体系の中に根菜類を導入し、自然的に深耕作業を行うなどである。また、産地形成、維持のため、田畑輪換、太陽熱利用などにより土壌中の菌の密度低減を図

た優良事例が見られるが、地域ぐるみの野菜振興の計画策定にあたるべきである。以上のような環境整備の下に病害の発生生態を明らかにし、総合防除体系を確立するため、病菌の密度を正確に把握しなければならない。そのためには、地域性を考慮した野菜病害の発生予察が有力な手段となる。経済防除効果上の菌の最低密度をどこに定めるかということは難しい問題であるが、重要なことであり(山下ら, 1979), これを基盤として適期防除を推進すべきである。

おわりに

野菜の品目と病害の種類は多いが、その中で、地域特産野菜として選択的規模拡大が加速している今日では、野菜の産地の永続化は病害対策の可否いかんといえる場合が多い。農業は依然として総合防除の中でも重要な役割を演ずるものであるが、もっと重要なことは防除の中で正しく位置づけ、農業使用を最小限度にとどめたい。自然制御の機構を巧みに利用することを基本とし、経済的損害が許容水準以上に達すると予測されるときのみ農業散布をするぐらいにしたい(山下ら, 1979)。農業の使用も慎重に取り扱ってこそその評価が高くなる。農

業生態系の中での耕種的防除に立脚し、付加的に薬剤防除をする、いわゆる総合防除対策を講じることは以前にも増して重要になってきた。と同時に、環境保全のための防除はいかにあるべきかを考えるときでもある。今、技術的な実態把握に基づく防除対策の欠陥を地域的に総点検、見直しをすることは、今後の野菜病害防除のありかた、考えかたの第一歩であり、ひいては野菜の生産安定、品質向上につながるものであると痛感しているところである。

引用文献

- 1) 平井篤造ら (1982): 植物病理学概論 (改定版), 養賢堂, 東京, pp. 247.
- 2) 小林研三ら (1972): 九病虫研究会報 18: 82~85.
- 3) ——— (1976): 九病虫協年報 50: 67~82.
- 4) 松尾卓見ら (1967): 日菌会報 8: 61~63.
- 5) 大久保隆弘 (1973): 農及園 48: 9~12.
- 6) 斉藤 正ら (1972): 高知農林研報 4: 9~19.
- 7) 重松喜昭ら (1974): 四国植物防疫研究 9: 79~88.
- 8) 重永知明ら (1975): 日植病報 41: 111.
- 9) 白浜賢一 (1957): 東京都農改普事業協議会, 1~94
- 10) 新須利則ら (1984): 九病虫研究会報 30: 59~60.
- 11) 山本 盤ら (1957): 関西病虫研究会報 16: 17~29.
- 12) 安田弘之 (1982): 第 11 回土壌病談話会講演要旨集, 日植病学会, pp. 12~17.
- 13) 山下恭平ら (1979): 農業の科学, 文永堂, 東京, 370 pp.

本会発行図書

農業ハンドブック 1985年版

農業環境技術研究所 農業動態科等担当官執筆

定価 4,200 円 送料 300 円 B6判 682 ページ 美装幀 ビニールカバー付

現在市販されている農業を殺虫剤, 殺菌剤, 殺虫殺菌剤, 除草剤, 殺そ剤, 植物成長調整剤, 忌避剤, 誘引剤, 展着剤などに分け, 各薬剤の作用特性, 使用上の注意, 製剤 (主な商品名を入れた剤型別薬剤の紹介), 適用病害虫などの解説を中心とし, ほかに一般名・商品名, 化学名・化学構造式・物理化学的性質, 毒性・魚毒性を表とした農業成分一覧表, 農業残留基準・農業登録保留基準・農業安全使用基準の解説, 毒性の分類, 農業中毒の治療法, 薬剤名・商品名・一般名・化学名よりひける索引を付した植物防疫関係者座右の書!!

お申込みは前金 (現金・振替・小為替) で本会へ

喜界島におけるウリミバエの根絶の経過と駆除確認調査

農林水産省門司植物防疫所 **桐野 嵩**

鹿児島県大島支庁ウリミバエ防除対策室 **向江 義久**

はじめに

奄美群島におけるウリミバエは、昭和 48~49 年にかけて侵入・発生が確認されて以来、ウリ類等の果菜類に多大な被害を与え同群島の農業振興上大きな障害となっていた。農林水産省は、同群島から本虫を根絶するため沖縄県久米島の根絶実験事業で成功した「不妊虫放飼法」を基礎に、54~63 年までの 10 年計画による根絶防除事業に着手した。

根絶防除は喜界島から開始され、56 年 1 月から密度抑圧防除が行われ、同年 8 月から不妊虫放飼による本格的な防除が実施された。

60 年 5 月 16 日から 3 か月間にわたって門司植物防疫所が駆除確認調査を実施した結果、ウリミバエの根絶が確認されたことから、公聴会等の手続きを経て同年 10 月 22 日付け (10 月 24 日から施行) で同島がウリミバエの発生地域から解除された。

今回の措置により、喜界島から本土向け出荷が期待されているネットメロン、サヤインゲン、スイカ、カボチャ等の移動が自由となり、今後、亜熱帯気候を利用した冬春季野菜の生産振興が期待される。

I 喜界島における根絶防除経過

1 防除方法

喜界島にウリミバエの侵入が確認された 49 年当時は、43 年度から始まったミカンコミバエ撲滅実験事業の最中であったので、ミカンコミバエとの同時防除を実施するとともに、プロテイン剤を集落周辺や、やぶなどに散布したが、薬剤防除ではウリミバエの撲滅は不可能であった。

一方、沖縄県においては、47 年に久米島のウリミバエを不妊虫放飼法により根絶する実験防除計画が立てられた。50 年 2 月から不妊虫放飼が開始され、3 年 7 か月後の 53 年 9 月には根絶に成功したことから、鹿児島県においても農林水産省の指導の下に、不妊虫放飼法により奄美群島全域からウリミバエを根絶すべく 53 年に

年度(昭和)	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
施設整備	大量増殖施設 不妊化施設			新大量増殖施設						
喜界島		⇔ 抑圧防除		⇔ 不妊虫放飼						
奄美大島					⇔ 抑圧防除		⇔ 不妊虫放飼			
徳之島 沖永良部島 与論島								⇔ 抑圧防除	⇔ 不妊虫放飼	

第 1 図 奄美群島におけるウリミバエ防除計画

第 1 図のとおり 10 年計画が立てられた。防除は、まづ久米島に類似している喜界島 (面積 5,571 ha) から実施することになった。

2 密度抑圧防除

不妊虫放飼法による防除効果を高めるためには、野生虫の密度をできる限り低くすることが必要である。

喜界島に生息する野生虫数は 460 万頭と推定され、不妊虫放飼前にこの密度を 1/20 程度まで低下させるために薬剤により航空防除と地上防除を実施した。

航空防除は、誘殺ロープ(キュウルア 2.5 kg と MEP 5%を加えたものを 150m の純綿ロープに吸着させ、これを 5 cm に切断したもの)を ha 当たり 36 本の割合で 5,500 ha を対象に 56 年 1~4 月まで 6 回実施した。また、MEP・キュウルアマイクロカプセル剤 (MEP 10%, キュウルア 3%, 水ゼラチン等 83%) 1:プロテイン 4:水 3 の割合で混合したものを、集落を除く 5,000 ha を対象に ha 当たり 8 l の割合で 56 年 5~7 月まで 5 回散布した。

地上防除は、航空防除の不可能な集落周辺を対象にプロテイン散布 (プロテイン 1.5 l/ha, マラソン 0.4 l/ha の割合で 200 倍に希釈) を 56 年 2~7 月まで 12 回実施した。

3 大量増殖虫の飼育および不妊虫放飼

54~55 年度にかけて名瀬市にウリミバエ大量増殖施設および不妊化施設が整備された。ウリミバエの大量増

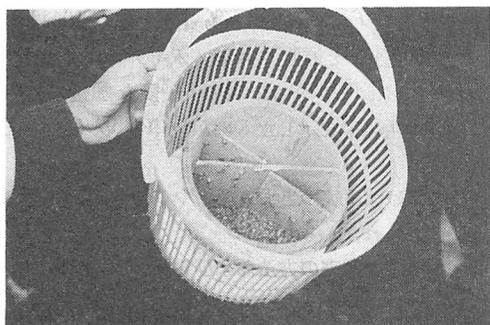
Eradication of the Melon Fly from Kikai Island.
By Takashi KIRINO and Yoshihisa MUKAE

殖に必要な母虫は、55年8月から奄美群島の各島から野生虫約1万頭をニガウリの被害果から採集し、累代飼育を重ね、早期産卵のうえ大量増殖方法に適した虫の選抜を実施し、56年6月からは週産体制が確立した。

不妊虫放飼は、56年8月21日から毎週実施し、9月11日までは100万頭、9月18日以降は当初目標の週400万頭を上回る放飼を続けた。



第2図 不妊虫放飼状況



第3図 放飼容器内における羽化状況

放飼虫は、羽化3日前の蛹に7kradのコバルト60γ線を照射し、不妊化した後蛍光色素でマークし、ハトロン紙袋に約1万頭ずつ入れ、保冷車に積み込み翌日フェリーで喜界島に輸送した。

輸送された蛹は、500m²に1か所の割合で設置された放飼地点210か所(放飼容器420個)に、蛹の状態毎週金曜日に放飼を行った。56年8月の放飼開始から60年10月の発生地域から解除されるまでの期間に、喜界島に放飼した不妊虫は206回で約8億9,000万頭であった。

4 防除効果確認調査

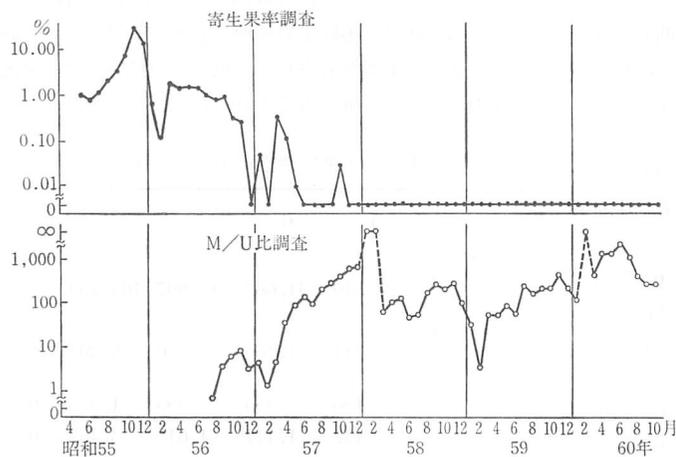
(1) 寄生果率調査

喜界島には、ウリミバエの好性の高いニガウリ、スイカ、カボチャ等の栽培寄主植物とオキナワスズメウリ、ケカラスウリ等の野生寄主植物があり、なかでもオキナワスズメウリは島内いたるところに群生しており、年間を通じて採果が可能であることから、防除効果を見るためオキナワスズメウリを主対象にした寄生果率調査を実施した。

調査結果は第4図のとおりである。寄生果率の季節的消長は9~12月が高く、防除前の55年は9月3.3%、10月7.33%、11月30.9%、12月14.93%の寄生果率であったが、56年8月の不妊虫放飼後は9月0.9%、10月0.32%、11月0.27%、12月0%と55年に比較して著しく寄生果率が低下した。57年6月から4か月間は寄生果率ゼロが続いたものの、10月には、15,137果中4果の寄生果(寄生果率0.03%)が発見された。しかし、11月以降は、再び寄生果率はゼロとなり発生地域から解除された60年10月までの3年間ゼロが続いた。不妊虫放飼後、寄生果率がゼロになるまでの期間は、わずか1年3か月であった。

(2) トラップ調査

不妊虫放飼後、防除効果を確認するために喜界島に設置した100個(56年度200個、60年度50個)のトラップに誘殺されたウリミバエについて、紫外線検出器を用いて、マーク虫(M)と無マーク虫(U)に識別する調査(MU比)を行った。また、57年7月以降は誘殺虫の一部を抽出(頭数が少ない場合は全頭)し、精巣幅の測定によるSN比調査(不妊虫と正常虫の比)を、さらに、58年8月から無マーク虫となったものについて、精巣幅の測定および精巣生殖細胞観察による不妊虫と正常虫に識別する調査(SN比)を実施した。



第4図 寄生果率調査およびトラップ誘殺虫のMU比調査

その結果、MU 比は不妊虫放飼開始後 8 か月間は低く推移したが、9 か月目の 57 年 5 月には防除効果が上がり評価できる 100 以上となった。その後は 100 以下が時々見られたものの、大半は 100 以上から無限大（無マーク虫がまったく認められない状態）となった。

精巢幅の測定による SN 比調査では、59 年 2 月を除いて 269 から無限大の値で推移した。精巢生殖細胞観察による SN 比調査では、59 年 5 月以降無限大となり野生虫の誘殺はまったく認められなくなった。

(3) 野外雌の産卵雌率・ふ化率調査

喜界島で採集した雌および対象区として奄美大島で採集した雌を用いて、56 年 10～58 年度後半まで、SN（ふ化率により FRIED の式から推定した不妊雌対正常雌の比）および Sf/Nf（産卵雌から推定した不妊雌対正常雌の比）の調査を行った。

その結果、56 年 10 月に採集した分の S/N は 3.12 で Sf/Nf は 3.45、同年 11 月末～12 月初めにかけて採集した分の SN は、ふ化率ゼロのため算出されず、Sf/Nf は 16.89 であった。57 年に 6 回 328 頭、58 年に 5 回 228 頭、計 556 頭について調査した分では、57 年 11 月採集分で 1 頭が 1 卵座下したのみで、他の個体での産卵はまったく認められず、S/N および Sf/Nf は産出されなかった。このため 58 年後半以降本調査は省略した。

以上のとおり、根絶防除の効果は早い段階から各調査に顕著に現れ、その後は根絶に近い状況へと推移した。

II 駆除確認調査

上記の実績を基に、昭和 60 年 4 月 15 日付けで鹿児島県知事から門司植物防疫所長に駆除確認申請書が提出された。門司植物防疫所は直ちに内容の審査を行った結果、鹿児島県の申請は適当なものであると判断し、4 月 22 日ミバエ類駆除確認調査実施要領に基づき、喜界島を調査対象地域に指定し、駆除確認調査を実施することとした。

調査期間については、要領ではミバエ発生ピークを含め 6 か月以上、ただし、都県が実施した調査結果を考慮して期間を短縮してもよいと定められている。

喜界島におけるウリミバエの多発生期は、6～7 月ごろともっともピークとなる 10～11 月ごろの 2 回で、また、ウリミバエの主要な寄主植物も 6～7 月ごろには比較的多く採果が可能である。

一方、鹿児島県が実施した防除効果確認調査の結果、生果実調査では 57 年 11 月～60 年 4 月までの 30 か月間寄生果ゼロが続いており、また、誘殺虫の SN 比調査

でも 59 年 5 月から 11 か月間野生虫がまったく認められていないことから、駆除確認調査期間は 3 か月間で十分であると判断して 5 月 16 日から調査を開始した。

1 生果実調査の方法および結果

調査は 5 月、6 月、7 月の各下旬に実施した。現地調査（採果主体）は全地域から効率的に実施するため、1 班 3～4 名の 3 班を編成して行った。

採果した果実は、採果地点ごとに表示して布袋に入れ、ウリミバエの汚染防止を考慮した梱包を行い門司植物防疫所名瀬支所に輸送した。同所に到着した果実は、種類・採果地点ごとに計数し砂を敷いた保管容器（30×24×10 cm の網張りタッパー）に入れて、ウリミバエの汚染防止措置のとられた 26±1°C に調節された保管調査室で保管した。

保管中は随時ウリミバエ寄生果の有無を調査し、20 日目にはすべての果実を切開して調査するとともに、保管容器内の砂についてもふるいに入れて水洗いし、蛹、幼虫の有無を精査した。

3 回の総調査果数は、236 地点から 4 科 14 種 115,943 個で、オキナワズメウリがもっとも多く 104,299 個（全体の 90%）、その他クロミノオキナワズメウリ、ニガウリ、キュウリ等ウリ科の 6 種類を加えると、過去に高い寄生果率を示したものが全体の 97.5% を占めた。

調査結果は第 1 表のとおりで、ウリミバエの寄生はまったく認められなかった。

2 トラップ調査の方法および結果

トラップは透明なプラスチック製のスタイナー型とし、誘殺剤にはキュウルア 85%、BRP 5.5% の混合剤 2g を吸収させた綿棒を使用した。

トラップの設置基準は 370 ha 当たり 1 個の割合とし、寄主植物の状況、不妊虫放飼地点および鹿児島県の既設トラップとの距離を考慮して、風通しの良い木陰等を選び土地所有者の了解を得て設置した。

第 1 表 生果実調査結果（単位：個）

種類 \ 月	5	6	7	計	寄生果数
オキナワズメウリ	28,540	31,662	44,097	104,299	0
クロミノオキナワズメウリ	5,344	1,460	0	6,804	0
キュウリ	426	355	595	1,376	0
その他	432	1,417	1,615	3,462	0
計	34,742	34,894	46,307	115,943	0

第2表 トラップ調査結果

項目 調査月日	誘殺 トラッ プ数	誘殺 虫 数	マ ー ク 識 別 調 査				精 巢 生 殖 細 胞 観 察			
			調査虫数	マ ー ク 虫 (M)	無マ ー ク 虫 (U)	M U 比 (M/U)	調 査 虫 数	不妊虫 (S)	正常虫 (N)	S N 比 ($\frac{M+S}{N}$)
5.30	15	4,129	4,129	4,129	0	∞	0	—	—	∞
6.17	15	2,405	2,405	2,405	0	∞	0	—	—	∞
7.1	15	1,103	1,103	1,102	1	1,102	1	1	0	∞
7.15	14	223	223	222	1	222	1	1	0	∞
7.31	15	517	517	517	0	∞	0	—	—	∞
8.15	15	501	501	501	0	∞	0	—	—	∞

誘殺虫の回収は第1回目を5月30日に、以降2週間間隔で8月15日まで都合6回実施した。

調査結果は第2表のとおりで、喜界島はウリミバエが発生している奄美大島から22 kmしか離れていないため、本調査期間中もウリミバエの万一の侵入に備えて、蛍光色素でマークした不妊虫を継続放飼していたことから、合計8,878頭が誘殺された。

誘殺虫は、紫外線検出器を用いてマーク虫(M)と無マーク虫(U)の識別調査を行った結果、8,876頭がマーク虫で無マーク虫は2頭であった。

無マーク虫については、さらに精巢生殖細胞の観察を行ったが、いずれも防除用に放飼した不妊虫と判断され、正常虫はまったく認められなかった。

3 調査結果のまとめ

喜界島のウリミバエは、鹿児島県による防除効果確認調査期間も含めると33か月間も寄生果は見つかっておらず、この期間は同地域におけるウリミバエの21~22世代に相当している。また、今回の果実調査の結果を久野(1978)の方法により統計学的に見ると、調査果数115,943個は、危険率0.01(1%)において寄生果率が

0.0000397(0.00397%)以下となり、ほとんどゼロに近い値を示している。

一方、誘殺虫のSN比は同11~12世代に相当する期間(15.5か月)連続して無限大(正常虫ゼロ)であった。

以上のことから喜界島のウリミバエは根絶されたものと判断された。

おわりに

以上に述べた経過のように、喜界島からウリミバエを根絶するという事業は計画どおり成功を収めることができた。しかし、奄美大島、徳之島等にはいまだ本種が分布しており、再侵入の危険性は依然として残っていることから、喜界島には現在も不妊虫が継続放飼されている。

最後に本調査には、植物防疫官、植物防疫員および調査補助者の計38人、延べ229人日を要し、また、鹿児島県、喜界町、喜界町農業協同組合およびその他関係者から多大な御協力をいただいた。ここに厚くお礼申し上げます。

本会発行図書

農薬用語辞典(改訂版)

日本農薬学会 監修

「農薬用語辞典」(改訂版)編集委員会 編

B6判 112ページ 1,400円 送料200円

農薬関係用語714用語をよみ方、用語、英訳、解説、慣用語の順に収録。他に英語索引、農薬の製剤形態および使用形態、固形剤の粒度、液剤散布の種類、人畜毒性の分類、魚毒性の分類、農薬の残留基準の設定方法、農薬希釈液中の有効成分濃度表、主な常用単位換算表、濃度単位記号、農薬関係機関・団体などの名称の英名を付録とした必携書。講習会のテキスト、海外出張者の手引に好適。

お申込みは前金(現金・振替・小為替)で本会へ

植物防疫基礎講座

昆虫の生存曲線を推定する BIRLEY の方法について (1)

京都大学農学部昆虫学研究室 川本均

農林水産省農業環境技術研究所 三輪哲久・宮井俊一

はじめに

昆虫のステージ別生存率や加入数を野外調査データから推定する方法はこれまでいくつか提案されてきた (SOUTHWOOD, 1978)。それらの中で, BIRLEY (1977) が提案した最少制約条件法 (minimum constraint method, 以下単に BIRLEY の方法と呼ぶことにする) は, 他のものと比べて次のような長所を持っている。

- ① 生存率を加入後の日齢別に推定できるので, 日当たり生存率一定という仮定を必要としない。
- ② 加入は正規分布や 1 山型の分布を持たなくてもよい。
- ③ 加入のデータは日別の割合の形で得られていればよく, 総加入数も生存率と同時に推定される。
- ④ 殺虫剤散布などの一時的な死亡要因を考慮できる。

このような利点があるにもかかわらずこの方法が野外データにあまり適用されてこなかったのは, パラメータ間に制約条件のある重回帰式を 2 次計画法により求めなければならないという計算上の問題によると思われる。しかし, この制約条件は比較的単純な形をしているので, パラメータの推定は計算機を用いるならばそれほど困難ではない。本稿では, BIRLEY の方法の考えかた, その計算手順, 注意すべきいくつかの性質を述べるとともに, 筆者らの作成したパソコン用 BASIC プログラムの使用法について解説する。なお, 数式になじみの薄い読者は計算法に関する第 3 節全部と第 5 節注はとばしてもかまわない。また, 重回帰分析については, 奥野ら (1981) やチャタジとブライス (1981) などを参考にされたい。

本文に先だち, 多くの助言をいただいた農業環境技術研究所の法橋信彦博士, 山村光司氏, 広島県農業試験場

の那波邦彦氏, 静岡県柑橋試験場の多々良明夫氏に感謝の意を表する。

I BIRLEY の方法の考えかた

対象としているステージへの t 日の加入数を $F(t)$ とし, 加入後 j 日までの生存率を S_j ($j=0, \dots, d$) としよう。ただし, d は最長ステージ期間 (成虫の場合は最長寿命) である。生存率は単調に減少しなければならないので,

$$1 = S_0 \geq S_1 \geq \dots \geq S_d \geq 0 \quad (1)$$

なる関係が成り立つ。BIRLEY の方法の基本的な考えかたは, t 日の観測個体数 $n(t)$ が次の形の式で表されると仮定することにある。

$$n(t) = F(t)S_0 + F(t-1)S_1 + \dots + F(t-j)S_j + \dots + F(t-d)S_d + \varepsilon(t) \quad (2)$$

ただし, $\varepsilon(t)$ は平均 0, 分散 σ^2 の誤差項である。すなわち, t 日の観測個体数は,

$$(t \text{ 日の加入個体数}) + (t-1 \text{ 日の加入個体数}) \times (1 \text{ 日間の生存率}) + (t-2 \text{ 日の加入個体数}) \times (2 \text{ 日間の生存率}) + \dots + (t-d \text{ 日の加入個体数}) \times (d \text{ 日間の生存率})$$

に観測誤差を加えたものであると考える。

ここで総加入数を M とすると,

$$M = F(1) + F(2) + F(3) + \dots$$

であり, 日別の加入割合は $f(t) = F(t)/M$ と表される。

さらに, $s_j = MS_j$ とおくと

$$F(t-j)S_j = (F(t-j)/M)(MS_j) = f(t-j)s_j$$

となり, これを (2) 式に代入して,

$$n(t) = f(t)s_0 + f(t-1)s_1 + \dots + f(t-j)s_j + \dots + f(t-d)s_d + \varepsilon(t) \quad (3)$$

が得られる。ここで, $n(t)$, $f(t-j)$ 等はデータから得られるので, (3) 式は s_0, \dots, s_d を未知パラメータとする重回帰モデルとなる。ただし, (1) 式より

$$s_0 \geq s_1 \geq \dots \geq s_j \geq s_{j+1} \geq \dots \geq s_d \geq 0 \quad (4)$$

の制約条件が成り立たなければならない。

総加入数 M と生存率 S_j は,

$$M = s_0, S_j = s_j/s_0 \quad (j=1, \dots, d) \quad (5)$$

On BIRLEY's Method for the Estimation of Instar Survivorship Functions from Insect Census Data (1). By Hitoshi KAWAMOTO, Tetsuhisa MIWA and Shun'ichi MIYAI.

第1表 BIRLEY の方法に必要なデータ

調査日	1	2	3	4	5	6	7	8	...	計
加入割合(%)	4.9	30.9	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	12.3	...	100.0
観測個体数	83	557	642	—	—	229	112	—	...	

—は観測値の無いことを示す。

第2表 計算例に用いた模擬的なデータ

日 t	日別加入数とその後の生存数					加入割合 $(f)_t$	観測個体数 $n(t)$	
							Case A	Case B
1	80					4.9	80	83
2	76	500				30.9	576	557
3	72	475	100			6.2	647	642
4	64	450	95			0.0	—	—
5	20	400	90			0.0	—	—
6	12	125	80			0.0	217	229
7	0	75	25			0.0	100	112
8		0	15	200		12.3	—	—
9			0	190	400	24.7	590	581
10				180	380	120	—	—
11				160	360	114	—	—
12				50	320	108	—	—
13				30	100	96	226	239
14				0	60	30	160	242
15					0	18	152	60
16						0	144	57
17							128	54
18							40	48
19							24	15
20							0	9

加入後1日目から5日目までの生存率を、それぞれ、 $S_1=0.95$, $S_2=0.9$, $S_3=0.8$, $S_4=0.25$, $S_5=0.15$ として個体数の推移を模擬的に作成した。Case A の観測個体数はその時の生存個体数そのものであるのに対し、Case B ではそれらに観測誤差として平均=0, 標準偏差 (σ)=10 の正規乱数を加えている。—は観測値の無いことを示す。

という関係を用いて s_j から求まるので、結局(3)式の重回帰モデルのパラメータ s_j が推定されればよいことになる。けれども、パラメータ間に(4)式で表される制約条件があるので、普通の重回帰式の場合とは異なり、この条件下で残差平方和を最小にする s_j を求めなければならない。この計算法については、第3節で述べることにする。

以上のことからわかるように、BIRLEY の方法を適用するには、第1表に示すようなデータが必要である。すなわち、対象とするステージに関して、日別加入数の相対的割合と個体数のデータが得られていなければならない。個体数の調査は毎日行われていなくてもよく、しかも調査日は不等間隔でもよい。一方、加入割合について

は毎日の値が必要である。けれども、実際には飛び飛びの値しか得られない場合が多く、そのときにはなんらかの方法により毎日の値を求めておく必要がある。プログラムでは線形補間を用いて抜けている値を計算するようにしてある。また、野外での最長ステージ期間や最長寿命は実際にはわからないことが多いので、そのときには d に少し大きめの値を与えておけばよい。プログラムでは通常重回帰の変数選択と同じやりかたで s_d, s_{d-1}, \dots と落としていく検定を行うようにしてあるので、適当な最長ステージ期間を求めることができる。

II 計算例

BIRLEY の方法を第2表に示すような模擬的な数値に

第3表 第2表のデータから計算された各パラメータの推定値

	総加入数	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
Case A	1,620.0	0.950	0.900	0.800	0.250	0.150
Case B	1,560.9	1.000	0.826	0.826	0.287	0.163

適用してみよう。これらの数値は、例えばステージは成虫であると考え、加入後1日目から5日目までの生存率を、それぞれ、 $S_1=0.95$, $S_2=0.9$, $S_3=0.8$, $S_4=0.25$, $S_5=0.15$, それ以降の生存率は0, 日別加入数を1日目に80, 2日目に500, ..., 15日目に60と仮定して作ったものである。総加入数は、 $80+500+\dots+60=1,620$ となっている。表中の加入割合は、毎日の加入数を総加入数1,620で割ったものである。観測個体数の欄のCase Aは、観測誤差のない場合であり、調査日の存在個体数そのものである。Case Bは、存在個体数に観測誤差として平均=0, 標準偏差=10の正規乱数を加えた値を示している。

観測個体数 $n(t)$ と毎日の加入割合 $f(t)$ を用いて総加入数 M と生存率 S_j を推定した結果を第3表に示した。Case Aでは、観測誤差がないので、当然のことながら、総加入数、生存率ともに正しく推定された。Case Bでは、観測誤差が加わっている分だけ推定値は悪くなっているが、それでも真の値に近いものが得られた。もしも、Case Bのデータに対して、条件式(4)を設定せずに(2)式のモデルを適用すると、 S_1, S_2, \dots, S_5 は、それぞれ、1.061, 0.566, 0.933, 0.266, 0.172と推定されてしまい、生存率が1を越えたり、単調に減少しないことが起こってしまう。このように条件式(4), すなわち条件式(1)は、生存率の推定においてきわめて大きな情報を提供していると言える。

また、BIRLEYの方法は、ステージごとに得られたデータから各ステージ内での加入後の生存曲線と総加入数を推定するわけであるが、いくつかのステージをまとめて一つのステージとして扱うこともできる。

III 計算法と計算上の注意

必ずしも等間隔ではない個体数の調査日を t_1, \dots, t_m とし、観測個体数を $n(t_i)$ ($i=1, \dots, m$) とすると、(3)式は次のように行列とベクトルを用いて表される。

$$\begin{bmatrix} n(t_1) \\ \vdots \\ n(t_i) \\ \vdots \\ n(t_m) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f(t_1) \cdots f(t_1-j) \cdots f(t_1-d) \\ \vdots \\ f(t_i) \cdots f(t_i-j) \cdots f(t_i-d) \\ \vdots \\ f(t_m) \cdots f(t_m-j) \cdots f(t_m-d) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_0 \\ \vdots \\ s_d \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon(t_1) \\ \vdots \\ \varepsilon(t_i) \\ \vdots \\ \varepsilon(t_m) \end{bmatrix} \quad (6)$$

$n(t_i), \varepsilon(t_i)$ ($i=1, \dots, m$), s_j ($j=0, \dots, d$) を縦に並べたベクトルをそれぞれ $\mathbf{n}, \mathbf{s}, \boldsymbol{\varepsilon}$ とし、 $f(t)$ を並べた行列を F とすると、(6)式は

$$\mathbf{n} = F\mathbf{s} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (7)$$

と書き表すことができる。

ここで、以下の計算を容易にするために、

$$u_j = s_j - s_{j+1} \quad (j=0, 1, \dots, d-1)$$

$$u_d = s_d$$

を定義すると、(4)式の制約条件は

$$u_j \geq 0 \quad (j=0, 1, \dots, d) \quad (8)$$

のように簡単な形となる。また \mathbf{s} は

$$\mathbf{s} = \begin{bmatrix} s_0 \\ \vdots \\ s_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \cdots & 1 \\ & 1 & \cdots & 1 \\ & & \ddots & \vdots \\ & & & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_0 \\ \vdots \\ u_d \end{bmatrix} = Z\mathbf{u} \quad (9)$$

と表される。ただし、 \mathbf{u} は u_j ($j=0, \dots, d$) を縦に並べたベクトル、 Z は(9)式のような上三角行列である。これを(7)式に代入して $G=FZ$ と置くと

$$\mathbf{n} = FZ\mathbf{u} + \boldsymbol{\varepsilon} = G\mathbf{u} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (10)$$

となる。

パラメータのベクトル \mathbf{s} を推定するには変換されたパラメータベクトル \mathbf{u} を推定すればよく、それは次の残差平方和 Q を条件(8)の下で最小にすることによりなされる。

$$\begin{aligned} Q &= \sum_{i=1}^m (n(t_i) - \sum_{j=0}^d f(t_i-j) s_j)^2 \\ &= (\mathbf{n} - G\mathbf{u})^T (\mathbf{n} - G\mathbf{u}) \\ &= \mathbf{n}^T \mathbf{n} - 2\mathbf{u}^T G^T \mathbf{n} + \mathbf{u}^T G^T G \mathbf{u} \end{aligned} \quad (11)$$

ここで右肩の T は行列およびベクトルの転置を示す。 Q は u_j に関して2次式であるので、 $u_j \geq 0$ の制約条件の下で Q を最小にする u_j を求める問題は、2次計画法の解法によって解くことができる。この場合、 u_j に関する制約条件が単純な形であるので、2次計画法の解法の一つであるウォルフの方法(関根泰次, 1968)を用いて以下のように解を比較的容易に求めることができる。

Q を u_j で偏微分したものを $v_j = \partial Q / \partial u_j$ ($j=0, \dots, d$) とし、これを縦に並べたベクトルを $\mathbf{v} = \partial Q / \partial \mathbf{u}$ とすれば、次の条件

$$u_j \geq 0, v_j \geq 0, u_j v_j = 0 \quad (j=0, 1, \dots, d) \quad (12)$$

を満たす \mathbf{u} が求める解であることが知られている。(11)式を \mathbf{u} で偏微分し、 $\mathbf{h} = G^T \mathbf{n}$, $P = G^T G$ と置くと、 \mathbf{v} は次のように表される。

$$\mathbf{v} = -2G^T \mathbf{n} + 2G^T G \mathbf{u} = -2\mathbf{h} + 2P\mathbf{u} \quad (13)$$

まず v_j をすべて0と置いて解いてみる。この場合は、通常重回帰分析の正規方程式、すなわち、 $-2\mathbf{h} + 2P\mathbf{u} = 0$ を解くのと同一ことになり、

$$\mathbf{u} = P^{-1} \mathbf{h} \quad (14)$$

が得られる。この \mathbf{u} がすべての j で $u_j \geq 0$ を満たすならば、これが求める解となる。

もしこの条件を満たしていないときには、さらに次のような計算を行う。いくつかの j について $u_j = 0$ を仮定し、(13)式から 0 と仮定した u_j に関係のある部分を除き、(14)式の形式で残りの u_j を計算する。得られた u_j の値を(13)式に代入して \mathbf{v} を求め、(12)式の条件が満たされているか判定する。条件が満たされていないければ 0 とおく u_j の組を変えて同じ手順を繰り返し、解を求める。例えば、 $u_k = 0$ と置いた場合を考えてみよう。

(13)式の行列表現

$$\begin{bmatrix} v_0 \\ \vdots \\ v_k \\ \vdots \\ v_d \end{bmatrix} = -2 \begin{bmatrix} h_0 \\ \vdots \\ h_k \\ \vdots \\ h_d \end{bmatrix} + 2 \begin{bmatrix} p_{00} & p_{0k} & \cdots & p_{0d} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p_{k0} & p_{kk} & \cdots & p_{kd} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p_{d0} & p_{dk} & \cdots & p_{dd} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_0 \\ \vdots \\ u_k \\ \vdots \\ u_d \end{bmatrix}$$

において、実線で囲まれた部分を除く。残りの部分を新たに \mathbf{v}_* , \mathbf{h}_* , P_* , \mathbf{u}_* と置くと、 $\mathbf{v}_* = 0 = -2\mathbf{h}_* + 2P_*\mathbf{u}_*$ となり、 $\mathbf{u}_* = P_*^{-1}\mathbf{h}_*$ によって $u_j (j \neq k)$ が得られる。これと $u_k = 0$ を合わせて \mathbf{u} とし、元の(13)式に代入し \mathbf{v} を求める。得られた \mathbf{u} と \mathbf{v} が(12)式の条件を満たしていればそれらが解となり、満たしていなければ別のいくつかの u_j を 0 と置いて同じような計算を繰り返すことによって解を求めることができる。

このようにして(12)式を満たす \mathbf{u} が得られたならば、(9)式によって \mathbf{s} が得られる。この \mathbf{s} は(4)式の条件下での最小 2 乗解となっている。

(注 1) (7)式において、 \mathbf{s} に関する制約条件なしで解いた時の $(FTF)^{-1}$ は、通常重回帰分析の正規方程式

を解くときに現れる逆行列であり、パラメータ s_j の推定値の標準誤差を求めるのに利用される。しかし、制約条件付で得られた解が仮に $s_0 > s_1 > \cdots > s_d > 0$ であっても、制約条件 $s_0 \geq s_1 \geq \cdots \geq s_d \geq 0$ の中で解であるので、 $(FTF)^{-1}$ によって正しい標準誤差を求めることはできない。さらに、例えば $u_k = 0$ の場合は、元のモデルを $s_k = s_{k+1}$ と置き直して次のモデルを解いたものとなっている。

$$n(t) = f(t)s_0 + \cdots + (f(t-k) + f(t-k-1))s_k + f(t-k-2)s_{k+2} + \cdots + f(t-d)s_d + \varepsilon(t) \quad (15)$$

このとき、 $u_k = 0 (s_k = s_{k+1})$ と置かない部分については、 Z から k 行 k 列を除いた行列 Z_* と上記の P_* を用いて、 $(F_*^T F_*)^{-1} = Z_*^T P_*^{-1} Z_*$ が得られる。この行列も、(15)式の重回帰モデルでの $s_j (j=0, \dots, k, k+2, \dots, d)$ の推定値の標準誤差を与えるものとなっており、一応の目安とはなるであろうが、正しい値を与えてはいない。

(注 2) 加入の起こりかたによっては、パラメータの推定ができない場合がある。例えば加入が時間の関数として $f(t) = at + b$ のように単純な形で表されるとすると、(6)式の F は

$$F = \begin{bmatrix} at_1 + b & a(t_1 - 1) + b & a(t_1 - 2) + b & \cdots \\ at_2 + b & a(t_2 - 1) + b & a(t_2 - 2) + b & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ at_i + b & a(t_i - 1) + b & a(t_i - 2) + b & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

となるが、この行列の 3 行目以降は第 1 行と第 2 行の線形結合で

$$a(t_1 - j) + b = \alpha \{a(t_1 - j) + b\} + (1 - \alpha) \{a(t_2 - j) + b\}$$

$$\alpha = (t_i - t_2) / (t_1 - t_2) \quad (i \geq 3, j = 0, 1, \dots, d)$$

のように表される。この場合、行列式 $\det(FTF) = 0$ となり $(FTF)^{-1}$ が得られないのでパラメータの値は一意に定まらない。(10月号に続く)

人事消息

(7月1日付)

田口俊郎氏(科学技術庁資源調査所長)は農林水産省大臣官房技術総括審議官に

(7月5日付)

大村徹博氏(農研センター病害虫防除部ウイルス病防除研主任研究官)は熱研センター研究第一部主任研究官併任に

次号予告

次 10 月号は下記原稿を掲載する予定です。

ボルドウ液 100 年の足跡 (2) —主として国内での足跡を中心に— 向 秀夫
 制虫剤の研究の現状とこれからの展望 満井 喬
 シロイチモシヨトウの発生生態 堀切 正俊
 カーネーションを加害するクロウリハムシの生活史と防除 西東 力
 奈良県下で発生したトマトのアルタナリア茎枯病 堀本圭一・小玉孝司・小島博文・岡山健夫

ミカンハダニのエステラーゼアイソザイム

刑部 正博

植物防疫基礎講座

昆虫の生存曲線を推定する BIRLEY の方法について (2) 川本 均・三輪哲久・宮井俊一
 作物保護におけるマイコン利用 (8)

PROLOG 利用による植物病原細菌の検索

佐々木昭博

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

作物保護におけるマイコン利用 (7)

知識工学に基づく病害診断

千葉大学園芸学部園芸環境工学研究室 古 在 豊 樹

はじめに

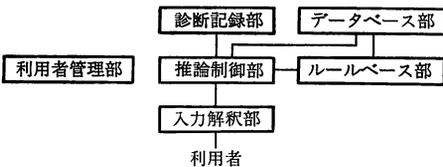
パーソナルコンピュータで利用できる農業用診断システムを開発するためのソフトウェアが筆者らによって1984年に開発された。このソフトウェアはMICCS (ミックスと発音) と略称されている (古在・星, 1985b)。

MICCS という略称は, micro-computer based consultation system development tool for agricultural uses の頭文字をとって名付けられたものである。MICCS は, いわゆる人工知能研究の応用分野の一つである知識工学の手法に基づいて開発されたものである (古在, 1986)。

ここで, 知識工学とは, 「人間が考えるようにコンピュータにも考えてもらう」ことを研究する工学の一分野である。また, ここで言う診断システムとは, コンサルテーションシステムあるいはエキスパートシステムとも呼ばれ, 人間の専門家すなわちエキスパートが経験やノウハウとして持っている知識の一部をコンピュータに取り入れて, 一般の人が, 人間の専門家に相談するような感覚で, コンピュータに相談できるようなコンピュータソフトウェアを言う (古在, 1986)。本稿では, MICCS および MICCS を利用して試作された, 病害診断システムの概要を紹介する。

I MICCS のシステム構成

第1図に示したのは, MICCS の論理的なソフトウェア構成の概要である (星, 1985)。MICCS というシステムは, 診断記録部, 推論制御部, 入力解釈部, データベ



第1図 システムの論理的構成図 (星, 1985)

The Use of Personal Computers in Plant Protection (7) A Diagnosis of Damage by Disease Based on Knowledge Engineering. By Toyoki KOZAI

ース部, ルールベース部, および利用者管理部の六つの部分から構成されている。

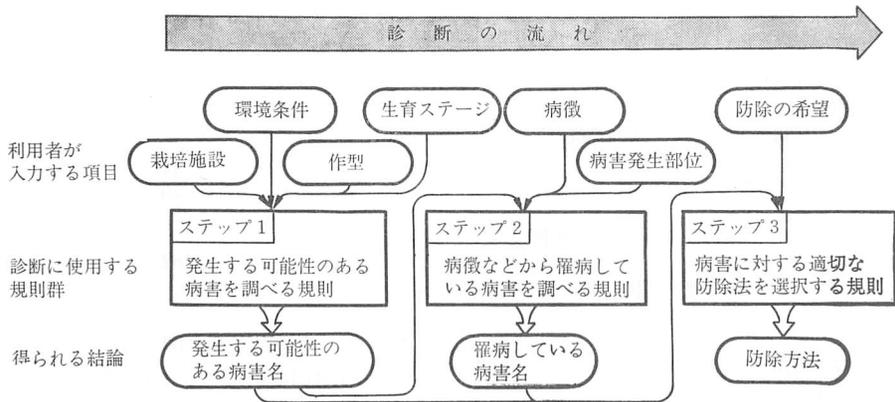
推論制御部は, 与えられた条件下で, ルールベースを検索しながら, 推論を行う。入力解釈部は, 利用者が入力した日本語を解釈する。診断記録部は, 診断の過程を記録する。利用者管理部は, 利用者の確認, 登録, 削除などを行う。

第1図のデータベース部とルールベース部に, 特定分野, 例えば, イチゴの病害診断に関するデータや知識を入力しておけば, MICCS は, イチゴの病害診断用のコンサルテーションシステムになる。筆者らの研究室では, 現在までに, トマト, イチゴ, およびナンの病害診断システムを試作している。

なお, MICCS は, 各種の病害診断システムだけを開発するソフトウェアではなく, 第1図のデータベースとルールベースに入力する内容によっては, 土壌診断, 肥

第1表 農業用コンサルテーションシステム開発ツール (MICCS) または MICCS を用いて開発されたコンサルテーションシステムの特徴

番号	特徴
1	確信値付きのプロダクションルールを用いている。
2	前向き型推論と後向き型推論の両方が用いられる。
3	パーソナルコンピュータを利用している。
4	簡易自然言語処理を行い, 日本語が使用できる。
5	カラー図形を使用できる。
6	推論機構に各種の説明機能がある。
7	複数の利用者が利用できる。
8	コンサルテーションのステップを分割できる。
9	コンピュータプログラミング能力を必要としない。
10	回答モードと陳述モードがある。
11	MICCS は Basic 語を用いて開発されている。
12	知識ベースを階層化できる。
13	知識ベースのデータ部分は簡易フレーム構造を持つ。
14	診断内容を補助記憶装置に記録できる。



第2図 病害診断システムにおける診断の流れ (診断は三つのステップに分けられている)

第2表 イチゴ病害診断システムおよびナシ病害診断システムにおける診断可能病害名

イチゴ病害名					ナシ病害名		
糸状菌	うど	んか	こび	病病	黒黒	斑星	病病
うど	ど色	か腐	び	病病	赤赤	星星	病病
根根	芽芽	枯枯	め	病病	輪輪	紋紋	病病
じ輪	ヤ	の紋	め	病病	胴胴	ど	こ
葉葉	ち	枯枯	う	病病	う	ん	病病
萎萎		よ黄		病病	白	星	病病
炭炭		そ核		病病	褐	斑	病病
菌菌		斑斑		病病	枝	点	病病
輪輪	グ	ノ	モ	病病	枝	枯	病病
ウイルス	ノ	モ	ア	病病	白	紋	病病
イチゴ	グ	ノ	モ	病病	疫	羽	病病
その他	ウイルス	イチゴ	ウイルス	病			
すく	み	病			え	そ	斑
根腐	萎	ち	う	病			点
				病			病
					根	頭	がん
					ゆ	ず	は
					麦		し
							ゅ
							だ
							病
							病

料診断, 生育診断, 栄養診断, 経営診断, 植物の検索, 栽培管理, 機械の故障診断などのシステムをも開発できる。すなわち, MICCS は, 診断システム (コンサルテーションシステム) 開発のための, 汎用的なソフトウェアである。

II システムの特徴

第1表には, MICCS および MIGCS を用いて開発したコンサルテーションシステムの一般的特徴を示した。なお, 本稿では, 「コンサルテーション」と「診断」を同義に用いている。

第1表に示した14項目の特徴のうち, ここで特に強調したいのは, 3番目のパーソナルコンピュータを利用しているという点, 4番目の簡易自然言語処理を行い,

日本語が使用できるという点, 5番目のカラー図形を使用できるという点, 10番目の回答モードと陳述モードがあるという点, などである。これらの特徴は, 類似の他のシステムでは備えていない。

利用者と診断システムとの対話は, パーソナルコンピュータのキーボードとカラーディスプレイ装置を用いて行う。

回答モードにおいては, 診断システムがディスプレイ画面に表示した質問に対して, 利用者がキーボードを用いて, 「ハイ」, 「イエエ」, 「ワカラナイ」あるいは数値で答える。「ハイ」や「イエエ」には1から100までの範囲で肯定または否定の程度を付加することができる。

陳述モードにおいては, 利用者は, 診断システムからの質問を待たずに, 病徴, 症状などを診断システムに陳述する。

III 病害診断システムの開発

MICCS を用いて試作した, トマト病害診断システムについては, すでにほかで紹介しているので (古在・星, 1985a; 星, 1986), 本稿では, 主として最近試作したイチゴおよびナシの病害診断システムについて紹介する。

1 診断病害名

イチゴ病害診断システムおよびナシ病害診断システムにおいて診断可能な病害名を第2表に示した。対象とした病害は, イチゴについては17種, ナシについては15種である。各病害診断システムにおいて, わが国のイチゴあるいはナシ病害の主要なもの大半は含まれるようにした。

2 診断ステップ数

両診断システムにおいて, 診断は次の3ステップに分

【規則—0085】

- もし、
- [1]: 病徴が葉に現われ、
 - [2]: 斑点を形成し、
 - [3]: 病斑の色は紫褐色であるか、または病斑の色は赤紫色であり、かつ
 - [4]: 斑点の形が不正形である。
- ならば、
- [1]: グノモニアリンパン病であるという弱い根拠 (25%) がある。
 - [2]: リンパン病であるという弱い根拠 (25%) がある。

【規則—0086】

- もし、
- [1]: 病斑中に小黒点がみられ、かつ
 - [2]: 小黒点がまばらに生じる。
- ならば、
- [1]: リンパン病であるという弱い根拠 (40%) がある。
 - [2]: グノモニアリンパン病ではないという強い根拠 (80%) がある。

【規則—0087】

- もし、
- [1]: リンパン病であり、
 - [2]: 病斑部はもろく折れやすい、かつ
 - [3]: 病斑数は1葉あたり数個である。
- ならば、
- [1]: リンパン病であるという根拠 (65%) がある。

【規則—0088】

- もし、
- [1]: 患部は葉脈を先端にしてV字型に枯れる。
- ならば、
- [1]: グノモニアリンパン病であるという根拠 (50%) がある。
 - [2]: リンモン病ではないという強い根拠 (80%) がある。
 - [3]: リンパン病ではないという強い根拠 (80%) がある。

第3図 イチゴ病害診断システムのルールベース部に貯えられているプロダクションルールの数例
ルールは、「もし……ならば……である」の形式で表現されている。

けて行われるようにした (第2図参照)。同図において、ステップ1は、栽培環境条件、作型、使用栽培施設などから、発生する可能性のある病害を診断するステップである。ステップ2は、病徴の種類と発生部位などから、罹病している病害を診断するステップである。ステップ3は、病害に対する適切な防除法を、防除法に関する希望を取り入れて診断するステップである。診断は、通常は、病徴が現れていなければステップ1から開始され、病徴がすでに現れていればステップ2から開始される。

3 ルールおよびルール数

MICCS においては、診断システムの推論制御部が推論を行うに際して直接的に必要なとする知識は、プロダクションルールという形式でルールベース部に記録されて

第3表 イチゴ病害診断システムおよびナン病害診断システムにおけるプロダクションルールの数

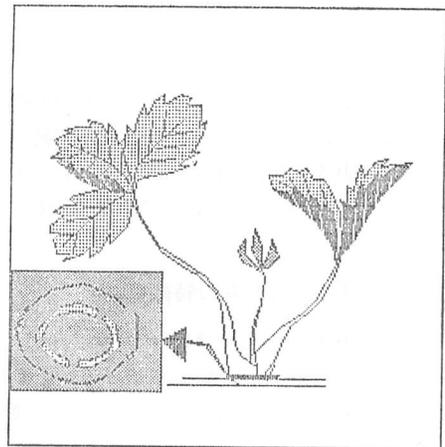
ステップ	イチゴ	ナン
1	41	42
2	70	85
3	51	39
合計	162	166

いる。イチゴの病害診断に関するプロダクションルールの数例を第3図に示した。プロダクションルールでは、知識を、同図に示したような、「もし……であれば、……である。」という形式で表す。ここで、前半の部分を条件部、後半の部分を結論部と呼ぶ。結論部に付けられた 25% とか 40% とかいう数字は確信値と呼ばれ、結論部の確からしさを表す。

イチゴ病害診断システムおよびナン病害診断システムにおいて、ルールベース部に知識として蓄積されたプロダクションルールの数は、それぞれ 162 個、166 個であり、その各診断ステップにおける内訳は、第3表に示してあるとおりである。

4 推論方法

ルールベースに記憶されているプロダクションルールは、必要に応じて推論制御部から参照される。利用者が病害に関する情報を診断システムにキーボードを用いて入力すると、推論制御部はそれに関連するプロダクションルールをルールベースから探し出す。そして、それら



《トウカン、カッペン》
発病株の導管が波線状、またはリング状に褐変する。

第4図 イチゴ病害診断システムにおける図解例

イチゴの栽培環境 および 初期症状から、イチゴの病害診断を行ないます。

栽培環境におけるさまざまな条件から、発生する可能性のある病害を診断します。

只今、回答モードです。システムは診断に必要な事柄について質問を行ないます。あなたは、それに回答して下さい。回答に関する詳しい説明が必要な時は、“??”と入力して下さい。

それでは、質問を始めます。

《質問 1》
ハウス栽培ですか。

→ ハイ

《質問 2》
促成栽培ですか。

→ ?

早生品種を用い、花芽分化を促進し、ビニールなどの保温によって、10～1月から収穫する栽培である。収穫期は11～4月である。

→ ハイ

《質問 3》
栽培ステージは結実収穫期ですか。

→ ハイ

《質問 4》
株冷蔵処理をしましたか。

→ ハイ

《質問 5》
平均気温は何度ですか。

→ 18

《質問 6》
品種は福羽ですか。

→ イイエ

《質問 7》
品種は堀田ワンダーですか。

→ イイエ

《質問 8》
品種は春の香ですか。

→ ハイ

結論が出ましたので、診断を終了しました。

★ウドンコ病の発生条件がそろっている (81%)。
★根腐萎凋症の発生条件がそろっているという可能性 (56%) がある。=検討中=
★イチゴウ病の発生条件がそろっているという可能性 (30%) がある。=検討中=
それぞれの結果の詳しい解説は“?”を使用して表示させます。

さらに診断を続けますか “ハイ”、次のステップへいきますか “ツギ”、終了しますか “イイエ・オワリ”。

→ ツギ

第5図 イチゴ病害診断システムにおける診断過程(1) (ステップ1, 回答モード)

ルールの論理的関係に基づき、ある結論を導くのに有効と考えられる別の質問を定めるか、あるいはある結論を提示する。この推論方法は、いわゆる三段論法(AならばBであり、かつ、BならばCであれば、AならばCであると言える)を一般化した、多段推論(とも呼ぶうるものである)。

ステップ2の診断を行ないます。

イチゴの栽培環境 および 初期症状から、イチゴの病害診断を行ないます。

イチゴの症状から、その病害を診断します。

《質問 9》
診断を行うのは何月ですか。

→ ナゼ

イチゴの栽培環境 および 初期症状から、イチゴの病害診断を行ないます。

イチゴの症状から、その病害を診断します。

システムは、根拠にすべき項目、『ハウス栽培である。』を見つけました。

その項目を条件部で参照している規則を用いて、結論を得ようとしています。

その項目は、規則-67 にあります。

その規則を用いるためには『栽培期間が何月にかかるかどうか。』という項目が必要です。

そこで、これを質問しています。

→ キョク 67

【規則-0067】
もし、

[1]: 栽培期間が3から5月にかかり、
[2]: ハウス栽培であるか、またはトンネル栽培であり、かつ
[3]: 発病株が萎凋して枯れる。

ならば、

[1]: イチゴウ病であるという弱い根拠 (30%) がある。

→

《質問 9》
診断を行うのは何月ですか。

→ 4

《質問 10》
発病株が萎凋して枯れますか。

→ イイエ

《質問 11》
4～5月頃、急にしおれて葉先が垂れましたか。

→ チンジュツ

只今、システムは陳述モードです。病害の症状などのコンサルテーションに関する事を簡単な日本語で入力して下さい。陳述に関する詳しい説明が必要な時は、“??”と入力して下さい。また、回答モードに移りたいた時は“カイトウ”と入力して下さい。

どうしましたか。簡単な日本語で陳述をお願いします。

→ ハナビラガアカッポイイロヲシテイタ

只今、計算処理に手間取っております。そのままお待ち下さい。

第6図 イチゴ病害診断システムにおける診断過程(2) (ステップ2, 回答モードと陳述モード)

5 図解および同義語

両診断システムにおいては、コンサルテーション時の利用者への説明に、第4図に示したような図解を用いることができる。第4図は、イチゴ病害診断システムにおける図解例である。両診断システムのデータベース部には、第4図に示したような図解が、それぞれ、十数個ず

第 4 表 MICCS に用意されている説明機能

コマンド名	内 容
ケッカ	現在までに得られた結果について説明する。
ナゼ	この質問が出された理由について説明する。
??	コマンド名の一覧表を表示する。
? (項目名)	語句・質問の詳細な説明を行う。
キソク (規則番号)	規則を表示する。
イカニ (項目名)	その項目の値とそれが得られた過程を説明する。
コタエ (質問番号)	過去に答えた質問とその答えを表示する。

つ入力され、説明部における文章での説明を補完している。

また、両診断システムにおいては、先に第 1 図に示したように、利用者が適当な日本語で入力すると、その意味を解釈するための入力解釈部がある。イチゴ病害診断システムおよびナシ病害診断システムの入力解釈部には、それぞれ、723 種 1,639 個、724 種 1,671 個の同義語が登録されているので、利用者による日本語入力の自由度が増大され、使い勝手が大幅に向上されている。

IV 診断の実際

イチゴ病害診断システムにおける診断の過程の例を第 5 図および第 6 図に示す。診断の過程において、利用者には、診断システムに対して各種の説明を要求することができる。説明を要求するとき用いられるコマンド名(命令コード)とその内容を第 4 表に示した。

V 診断システムの性能

試作したイチゴ病害診断システムの性能を評価するために、まず、イチゴに関する栽培概要および病徴を示

すカラー図判を数セット作成した。次に、それら図版の任意の 1 セットを病害診断の経験のない被験者に渡し、各被験者に、その図版とイチゴ病害診断システムを利用して病名の診断をするように依頼した(テスト診断)。ナシ病害診断システムについても同様のテスト診断を行った。

第 5 表は、イチゴの灰色かび病に関する図版を 4 人の被験者に渡した場合の、テスト診断の結果の一部を示したものである。同表では、4 人の被験者 A, B, C, および D が、イチゴの灰色かび病に関する図版を見ながら、病害の診断を行った場合の、診断結果をステップ 1 とステップ 2 に分けて示してある。表中の数字は、確信値、すなわち、その病害である可能性の度合の強さを示す 1 から 100 までの値である。いずれの被験者の場合においても、あらかじめ想定した灰色かび病の確信値が最大になった。すなわち、本診断システムは、妥当な病名を診断したことになる。

イチゴに関する他の病害を想定した図版を用いた場合、また、ナシ病害診断システムにおいても、テスト診断の結果は、両診断システムの妥当性を示した。同時に、テスト診断を通じて、両診断システムおよび MICCS の改良すべき点も明らかになった。

おわりに

知識工学に基づく診断システムは、病害診断などの分野において、その有用性を示しつつある。ただし、実際に供試する病害診断システムは、病害の専門家との共同作業、あるいは、病害専門家による評価なくしては、実現できないことはもちろんである。病害専門家の御批判を仰ぐ次第である。

なお、本稿で紹介した、MICCS は、下記の 3 社から発売されている。定価は約 15 万円である。(1)シーアールシー大阪支社 (tel. 06-241-4113)、(2)インフォメ

第 5 表 イチゴの灰色かび病に関する図版を被験者 4 名に渡した場合のイチゴ病害診断システムの診断結果 (表中の数字は確信値 C である)

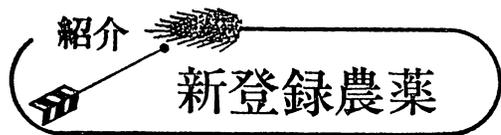
	被 験 者 A		被 験 者 B		被 験 者 C		被 験 者 D	
	病 害 名	C	病 害 名	C	病 害 名	C	病 害 名	C
ステップ 1	灰 色 か び 病	74	灰 色 か び 病	58	灰 色 か び 病	74	灰 色 か び 病	58
	根 腐 病	74	萎 黄 病	40	根 腐 病	58	根 腐 病	40
	芽 枯 病	30	菌 核 病	30	芽 枯 病	30	萎 黄 病	40
	菌 核 病	30	輪 斑 病	30	菌 核 病	30	菌 核 病	30
ステップ 2	灰 色 か び 病	82	灰 色 か び 病	84	灰 色 か び 病	83	灰 色 か び 病	84
	根 腐 病	18	菌 核 病	16	菌 核 病	16	菌 核 病	16
	菌 核 病	10	萎 黄 病	10	根 腐 病	14	根 腐 病	10
	菌 核 病	10	う ど ん こ 病	10	う ど ん こ 病	10	菌 核 病	10

ーションサイエンス (tel. 03-263-5351), (3)ニューメ
ディア情報センター (tel. 03-238-0335)。

引用文献

- 1) 古在豊樹・星 岳彦 (1985a): インフォメーション
No. 24: 111~116.

- 2) _____ (1985b): 農業用 コンサルテーショ
ンシステム (MICCS), インフォメーションサイエン
ス社, 355 pp.
- 3) 星 岳彦 (1985): 農業電化 38: 10~16.
- 4) 古在豊樹 (1986): 農及園 61: 1~10.
- 5) _____ら (1986): 日本農業気象学会大会講要.



『殺虫剤』

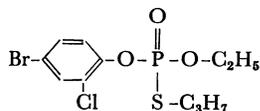
プロフェノホス乳剤 (61.4.14 登録)

本剤は 1971 年スイス国チバガイギー社によって開発
された有機りん系殺虫剤である。本剤の作用性は、従来
の有機りん系殺虫剤と同様に、アセチルコリンエステラ
ーゼ阻害である。

商品名: エンセダダン乳剤

成分・性状: 製剤は有効成分 O-4-プロモ-2-クロロ
フェニル=O-エチル=S-プロピル=ホスホロチオアート
40.0% を含有する淡黄色澄明可乳化油状液体である。純
品は有機りん剤特有の不快臭を有する淡黄色液体で、比
重 1.455 (20°C), 沸点 110°C (0.001 mmHg), 溶解度
は水 0.02 g/l (20°C), アセトン, エーテル, ヘキサン,
クロロホルムに易溶である。酸性で安定, アルカリ性で
不安定, 光にはやや安定である。260~270°C で発熱分
解する。

(構造式)



適用作物, 適用害虫名及び使用方法: 第1表参照

使用上の注意:

- ① 石灰硫黄合剤, ボルドー液等との混用はさけるこ
と。
- ② てんさいに対してはヨトウムシの1化期防除時
期, 即ち葉の生育が旺盛な6月下旬~7月上旬にかけて
は葉害のおそれがあるので使用をさけること。

③ 蚕に対して毒性があるので, 桑がある場合には,
桑葉にかからないように注意して散布すること。

④ 本剤の使用にあたっては, 使用量, 使用時期, 使
用方法を誤らないように注意し, とくに初めて使用する
場合には病害虫防除所等関係機関の指導を受けることが
望ましい。

毒性: (急性毒性) 普通物。

① 誤飲などのないように注意すること。万一, 誤っ
て飲み込んだ場合には吐き出させ, 安静にして直ちに医
師の手当を受けさせること。本剤使用中に身体に異常を
感じた場合には, 安静にして直ちに医師の手当を受ける
こと。

② 本剤による中毒の治療法としては, 硫酸アトロピ
ン製剤の投与が有効である。

③ 本剤は眼に対して刺激性があるので眼に入らない
ように注意すること。万一, 眼に入った場合には直ちに
水洗し, 医師の手当を受けること。

④ 本剤は皮膚に対して刺激性があるので皮膚に附着
しないように注意すること。万一, 附着した場合には直
ちに石けんでよく洗い落とすこと。

⑤ 散布の際は保護眼鏡, マスク, 不透水性手袋, ゴ
ム長靴, 長ズボン・長袖の作業衣などを着用すること。
また, 散布液を吸い込んだり浴びたりしないように注意
し, 作業後は手足, 顔などを石けんでよく洗うがいを
するとともに洗眼すること。

(魚毒性) C類。

① 魚介類に対し毒性が強いのので, 散布された薬剤が
河川, 湖沼, 海域及び養殖池に飛散又は流入するおそれ
のある場所では使用せず, これら以外の場所でも, 一時
に広範囲に使用しないこと。

② 散布に使用した器具, 容器の洗浄水, 使用残りの
薬剤及び空ビンなどは, 水に流さず, 魚介類に影響を及
ぼさないところに処理すること。

第1表 プロフェノホス乳剤 (エンセダダン乳剤)

作物名	適用害虫名	希釈倍数 (倍)	使用時期	本剤及びプロフェ ノホスを含む農薬 の総使用回数	使用方法
てんさい	ヨトウムシ	1,500	収穫7日前 まで	3回以内	散布
茶	チャノコカクモンハマキ チャハマキ チャノキイロアザミウマ チャノホソガ	1,000~1,500	摘採 21日前 まで	1回	
	チャノミドリヒメヨコバイ	1,000			

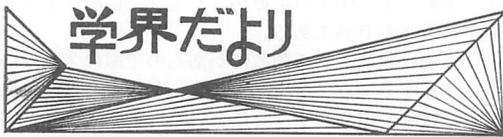
協会だより

○昭和 61 年度各種成績検討会開催のお知らせ

- 1. 落葉果樹農業連絡試験 11月5日(水), 6日(木)
家の光会館, 家の光ビル
- 2. カンキツ農業連絡試験 12月2日(火), 3日(木)
家の光会館
- 3. 一般及び特別委託試験, 野菜病虫害シンポジウム
別表のとおり
- 4. 桑農業連絡試験 12月17日(水)
家の光会館

いずれも午前 10 時より開催

家の光会館・ビル: 東京都新宿区市ヶ谷船河原町 11
電話 (03) 260-3151 (会館), 4791(ビル)



学界だより

○理化学研究所第 9 回科学講演会開催のお知らせ

主 題: 微生物の高度利用と遺伝子研究の医学的応用
日 時: 昭和 61 年 10 月 29 日 (水) 13:00~17:00
場 所: 経団連会館 14 階経団連ホール
東京都千代田区大手町 1-9-4

主 催: 理化学研究所
後 援: 科学技術庁
協 賛: 関連学・協会

講演プログラム:

- 13:30~14:30 微生物の多様性
(ライフサイエンス培養生物部部長) 駒形和男氏
- 14:30~15:30 バイオリアクターの最近の動向
(化学工学研究室主任研究員) 遠藤 勲氏
- 15:50~16:50 遺伝子研究の医学への応用
(分子腫瘍学研究室主任研究員) 井川洋二氏

	殺菌剤 (家の光ビル)	殺虫剤 (家の光会館)
12月8日(月)	野 菜	野 菜
9日(火)	野 菜	野 菜
10日(水)	野 菜 合 同 会 議	
11日(木)	野菜病虫害防除研 究会シンポジウム**	コガネムシ等 土壌害虫
12日(金)	水 稲	水 稲
13日(土)	イネ馬鹿苗病* (9時30分開会)	水 稲

* 病虫害緊急対策研究会

** テーマ: 軟弱野菜の病害対策

【職 員 募 集】

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

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

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

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

締 切 昭和 61 年 9 月 10 日 (水)

提 出 先 社団法人日本植物防疫協会 総務部
(TEL 03-944-1561)

選 考 第 1 次 書類選考 (結果を本人に通知)
第 2 次 面接及び筆記試験
[試験日 10 月 3 日 (金)]

内 定 昭和 61 年 11 月上旬本人に通知

植 物 防 疫

昭和 61 年
9 月 号
(毎月 1 回 1 日発行)

— 禁 転 載 —

第 40 巻 昭和 61 年 8 月 25 日印刷
第 9 号 昭和 61 年 9 月 1 日発行

編 集 人 植物防疫編集委員会
発 行 人 遠 藤 武 雄
印 刷 所 株式会社 双文社印刷所
東京都板橋区熊野町 13-11

定価 500 円 送料 50 円 1 か年 6,100 円
(送料共概算)

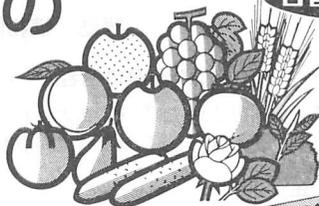
— 発 行 所 —

東京都豊島区駒込 1 丁目 43 番 11 号 郵便番号 170
社 団法人 日本植物防疫協会
電 話 東京 (03) 944-1561~6 番
振 替 東京 1-177867 番

果樹・そ菜・茶などの 病害防除に

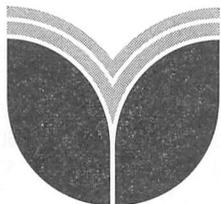
増収を約束する

日曹の農薬



新発売!

日本の実りに



日本の効きめ

—新タイプの総合殺菌剤—

トリブミン水和剤

- 特長
1. 予防効果と治療効果に優れ、病斑の拡大阻止力や胞子形成阻止力があります。
 2. 浸透性に優れるので、散布後に降雨があっても効果にほとんど影響はありません。
 3. 他剤耐性菌にも優れた効果があります。
 4. 低濃度で効果が持続し、作物に対して汚れの少ない薬剤です。
 5. 作物に対して薬害の心配が少なく、また、人畜・魚介類・ミツバチ・蚕に対しても毒性が低く、安全に使用できます。



日本曹達株式会社

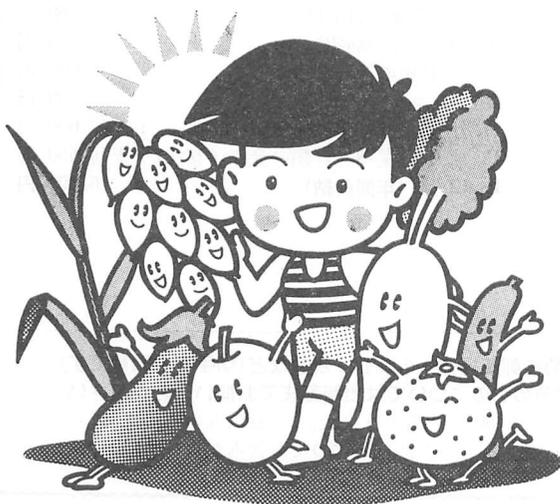
本社 〒100 東京都千代田区大手町2-2-1
支店 〒541 大阪市東区北浜2-90
営業所 札幌・仙台・信越・東京・名古屋・福岡・四国・高岡

豊かな収穫が見えてくる。



使って安心・三共の農薬

三 共 の 農 薬



- 粒剤タイプで省力的/
土壌センチウ・ミナミキイロアザミウマ防除剤

バイデート*粒剤

- 天然物誘導型総合殺虫剤

カルホス®乳剤・粉剤
微粒剤F



三共株式会社 北海三共株式会社
九州三共株式会社

雑誌「植物防疫」バックナンバーのお知らせ

月の後は特集号の題名、() 内は特集の題名、価格は各1部(送料とも)の値段

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

28 巻 (49 年)		36 巻 (57 年) [全号揃]	
5 月: 微生物源農薬	365 円	1, 2, 4, 6, 9, 11, 12 月	550 円
6, 7, 11 月	305 円	3 月: 変色米	600 円
8 月: 生体外培養	365 円	5 月: (遺伝子工学)	550 円
10 月: 作物の耐病虫性	365 円	7 月: (侵入が警戒される害虫)	550 円
29 巻 (50 年)		8 月: (侵入が警戒される病害)	550 円
5 月: 薬剤耐性菌	365 円	10 月: 物理的防除法	600 円
6 月	305 円	37 巻 (58 年) [全号揃]	
8 月: 緑化樹木の病害	365 円	1, 2, 4, 5, 9, 11, 12 月	550 円
10 月: 種子伝染性病害	365 円	3 月: 作物のパーティシリウム病	600 円
30 巻 (51 年)		6 月: (リンゴ腐らん病)	550 円
3 月: 線虫	365 円	7 月: (ミナミキイロアザミウマ)	550 円
5 月: 土壌伝染性ウイルス	445 円	8 月: (野菜類の根こぶ病)	550 円
8 月: 農薬の環境動態	445 円	10 月: 発生子察の新技術	600 円
31 巻 (52 年)		38 巻 (59 年)	
3 月: 農薬の施用技術	445 円	1, 2, 7, 10, 12 月	550 円
4, 6, 7, 9, 11, 12 月	345 円	3 月: 線虫	600 円
5 月: 露地野菜の病害虫	445 円	5 月: ピンウム菌による病害	600 円
8 月: 昆虫のホルモン	445 円	6 月: (導入天敵)	550 円
10 月: 果樹のウイルス病	445 円	8 月: (弱毒ウイルス)	550 円
32 巻 (53 年)		11 月: 鳥害	600 円
1, 4, 6, 7, 9, 11, 12 月	345 円	39 巻 (60 年) [全号揃]	
3 月: 農薬の安全性	445 円	1, 2, 3, 6, 7, 12 月	550 円
5 月: 作物の細菌病抵抗性	445 円	4 月: (カメムシ)	550 円
8 月: 害虫の要防除密度	445 円	5 月: 植物検疫	600 円
10 月: マイコトキシン	445 円	8 月: (ウイロイド)	550 円
33 巻 (54 年) [全号揃]		9 月: (イネもみ枯細菌病)	550 円
1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 12 月	445 円	10 月: (害虫防除と生態学)	550 円
3 月: 畑作物の病害虫	495 円	11 月: イネ蒺藜枯病	600 円
5 月: ウンカ・ヨコバイ類	495 円	40 巻 (61 年) [全号揃]	
8 月: 農薬の作用機構	495 円	1, 6, 7, 9, 10 月	550 円
10 月: 糸状菌の胞子形成	495 円	2 月: (性フェロモンによる交信かく乱)	550 円
34 巻 (55 年)		3 月: (農薬の付着性)	550 円
1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 12 月	445 円	4 月: (ムギの病害)	550 円
3 月: ウイルス病の抗血清診断	495 円	5 月: 昆虫の神経制御	600 円
5 月: 昆虫の行動制御物質	495 円	8 月: (コナガ)	550 円
10 月: 天敵ウイルス	495 円	11 月: 先端技術と病害防除	未刊 600 円
35 巻 (56 年) [全号揃]		12 月: (野菜ハダニ類の発年予察法)	未刊 550 円
1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 12 月	445 円	1~12 月 (年間前納)	6,000 円
3 月: 土壌伝染病	495 円		
5 月: 昆虫の大量増殖	495 円		
8 月: 捕食性天敵	495 円		
10 月: 疫病	495 円		

在庫僅少のものもありますので、御希望の方は早めに郵便振替・小為替・現金など(切手でも結構です)で直接本会へお申し込み下さい。28巻(49年)以前のものについては出版部までお問い合わせ下さい。本誌の郵便料金は、第36巻(57年)1月号から1部50円になりました。それ以前のものについては、1部45円です。雑誌には旧料金が印刷されているものもありますのでお含みおき下さい。

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 定価各 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

B 5判 63ページ 定価 1,200 円 送料 200 円

☆侵入を警戒する病害虫と早期発見の手引

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

見里朝正 編
A 5判 235ページ カバー付
定価 2,200 円 送料 250 円

☆農薬要覧 1985 年版 (年刊)

農林水産省農蚕園芸局植物防疫課 監修
B 6判 619ページ 定価 3,900 円 送料 300 円

☆農薬ハンドブック 1985 年版 (前回1981年版)

農薬ハンドブック編集委員会 編
B 6判 682ページ 定価 4,200 円 送料 300 円

☆昭和 60 年度

主要病害虫に適用のある登録農薬一覧表

(除草剤は主要作物) 60 年 9 月 30 日現在
農林水産省農薬検査所 監修
B 5判 299ページ 定価 1,900 円 送料 300 円

☆農薬用語辞典 (改訂版)

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

☆イネミズゾウムシの防除

イネミズゾウムシの防除編集委員会 編
A 5判 175ページ 口絵カラー 4ページ
定価 2,800 円 送料 250 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 定価 5,000 円 送料 550 円

☆野菜のアブラムシ

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

☆日本有用植物病名目録

日本植物病理学会 編
第3巻 (果樹) B 6判 190ページ
定価 2,300 円 送料 200 円
第4巻 (針葉樹, 竹笹) B 6判 232ページ
定価 3,500 円 送料 250 円
第5巻 (広葉樹) B 6判 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 上製本
定価 6,000 円 送料 350 円

☆土壌病害に関する国内文献集 (II)

宇井格生 編
A 5判 166ページ 定価 1,200 円 送料 250 円

☆防除機用語辞典

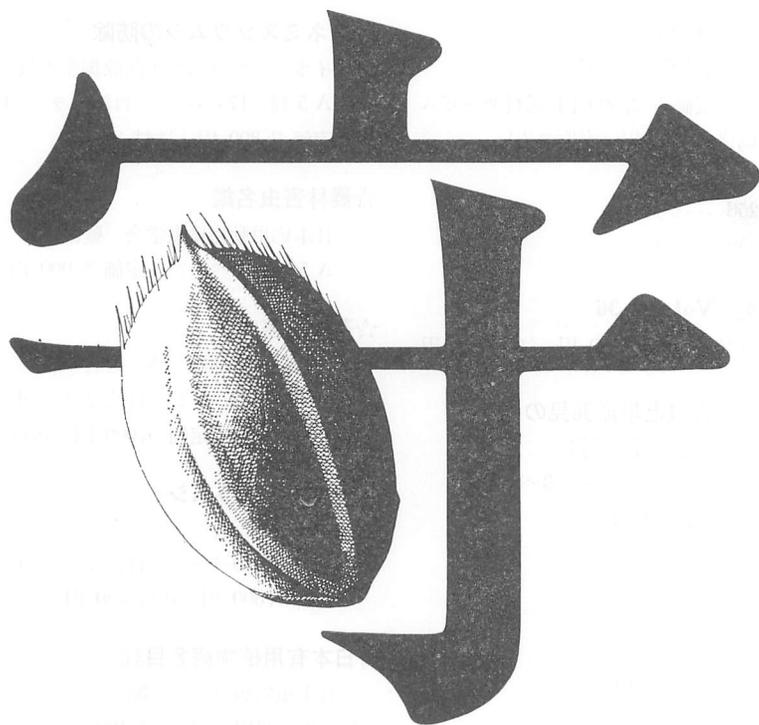
用語審議委員会 編
B 6判 192ページ 上製本
定価 2,000 円 送料 250 円

ご注文は前金【現金書留・郵便振替 (東京 1-177867) ・小為替】で直接本会までお申し込み下さい。

〒170 東京都豊島区駒込 1-43-11 電話 03-944-1561~6 出版部まで



フジワンのシンボルマークです



穂いもち、フジワン、まず予防。

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

フジワン[®]粒剤

®は日本農薬の登録商標です。

〈本田穂いもち防除〉

使用薬量：10アール当り4kg

使用時期：出穂10~30日前(20日前を中心に)

あなたの稲を守る《フジワン》グループ

フジワン粒剤・粉剤DL・乳剤・AV・水和剤 フジトップ粒剤 フジワンブラエス粉剤DL・乳剤
 フジワンカヤフォス粒剤 フジワンダイアジノン粒剤 フジワンスミチオン粉剤DL・乳剤
 フジワンエルサンバッサ粉剤DL フジワンスミバッサ粉剤50DL フジワンツマズミ粉剤40DL
 フジワンND粉剤30DL フジワンツマサイド粉剤DL フジワンバッサ粉剤DL
 フジワンアプロードバッサ粉剤DL フジワンアプロードスミバッサ粉剤50DL
 フジワンモンカット粉剤DL フジワンモンカットスミ粉剤DL



日本農薬株式会社

〒103 東京都中央区日本橋1-2-5 栄太楼ビル

— 連作障害を抑え健康な土壌をつくる! —

花・タバコ・桑の土壌消毒剤

バスアミド[®]

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。

❖作物の初期生育が旺盛になります。

●安全性が確認された使い易い殺虫剤

❖広範囲の土壌病害、センチュウに高い効果があります。

❖粒剤なので簡単に散布できます。

●各種ハダニにシャープな効きめのダニ剤

マリックス 乳剤
水和剤

●ボルドーの幅広い効果に安全性がプラスされた有機銅殺菌剤

バイデン 乳剤

●澄んだ水が太陽の光をまねく/
水田の中期除草剤

キノンドー[®] 水和剤80
水和剤40

モゲブロン[®] 粒剤



アグロ・カネショウ株式会社

東京都千代田区丸の内2-4-1

土壌調査, 植害テストおよび土壌・肥料・植物などの依頼分析

〈正確・迅速〉

● 土壌調査, 植害テスト

開発地などの土壌調査, 土壌図作成および
汚泥など産業廃棄物の植害テスト

● 依頼分析

植栽地・緑地の土壌や客土の物理性・化学性分析

農耕地やその他土壌の物理性・化学性分析

および粘土鉱物の同定

考古学分野における遺跡土壌の化学分析

植物体の無機成分分析

各種肥料の分析

土壌汚染物質の分析

水質および産業廃棄物の分析

● モノリス(土壌断面標本)の作成

特殊樹脂加工による永久保存標本の作成

● 花粉・微化石分析調査

古環境, 地質時代の解明に顕著な実績をあげています

● 骨材の岩石・品質鑑定(薄片作製)

パリオ・サーヴェイ株式会社

地質調査業者
計量証明事業

質 60-982
群馬県 環 第17号

本 社 〒103 東京都中央区日本橋室町2-1 三井中3号館
TEL 03(241)4566(代) FAX 241-4597
土壌研究センター 〒375 群馬県藤岡市岡之郷字戸崎559-3
TEL 0274(42)8129 FAX 0274-42-7950

Pesticides

いもち・もんがれ病と、稲害虫に 同時防除の決め手



クミカの農薬



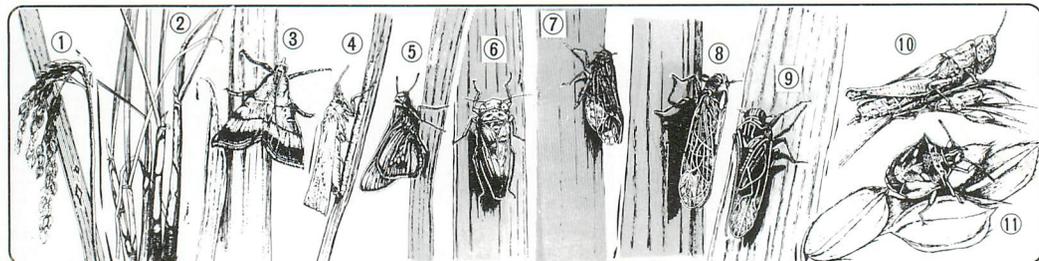
お求めは皆様の農協へ

農協・経済連・全農

売れていきます！
——これがベストセラーに！

注) ○は登録有、数字のみは有効のもの

- ビームバンタック** 粉剤DL **1**②
- エア-** ①②
- レルダンバシバッサ** 粉剤DL ②③④⑤⑥⑦
- バシランガードバッサ** 粉剤DL ⑧⑨ 10 11
- ビームジンバンタックスミ** 粉剤DL ①② ③ ④ ⑥
- ビームジンランバッサ** 粉剤DL ⑦⑧⑨ 10、11



自然に学び 自然を守る

クミアイ化学工業株式会社

本社 / 〒110-91 東京都台東区池之端1-4-26
TEL 03-823-1701

ゆたかな実り—明治の農薬

稲・いもち病、白葉枯病、もみ枯細菌病、
きゅうり・斑点細菌病防除に……………



オリゼメート粒剤

きゅうり、トマト、てんさい、かんきつ、ピーマン、すいか
メロン、茶、ばら、たまねぎ、稲、レタス、キャベツの
病害防除に……………

カッパーシン水和剤



明治製薬株式会社
104東京都中央区京橋2-4-16



昭和六十一年
九月九日
発行
三行
(種
月
郵
便
回
一
物
日
認
行
可)

定価 五〇〇円
(送料 五〇円)