

果樹園防除の決定版!

自動車感覚の4輪丸ハンドル



共立SS7つの決め手

1. 均等で強力な風を送り出す共立独得の等速ファン。
2. 整流化し、風に直進性をつける固定翼（整流板）。
3. 全風量を最大限に活用する内部導風板。
4. 樹型に適した風のパターンを作る案内板。
5. 徒長枝まで散布効果は抜群、大風量と適正風速のバランス設計。
6. 思い通りの散布パターンが得られるディスクノズルと中子。
7. 走行と送風機駆動が内蔵されたSS専用ミッション。

共立スピードスプレー
SSV-60-601A

豊かな農林業をめざす……



株式
会社

共 立



共立エコー物産株式会社

〒160 東京都新宿区西新宿1-11-3(新宿Kビル) ☎03-343-3231(代表)

りんごの病害防除に!

黒点病・斑点落葉病

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

選ばれた信頼 デュポンの責任

自然を尊重し、自然との調和を大切にするデュポン。

豊かな自然から豊かな実りが生まれます。

デュポンは、一世紀にわたって

自然から学んだ貴重な経験を、

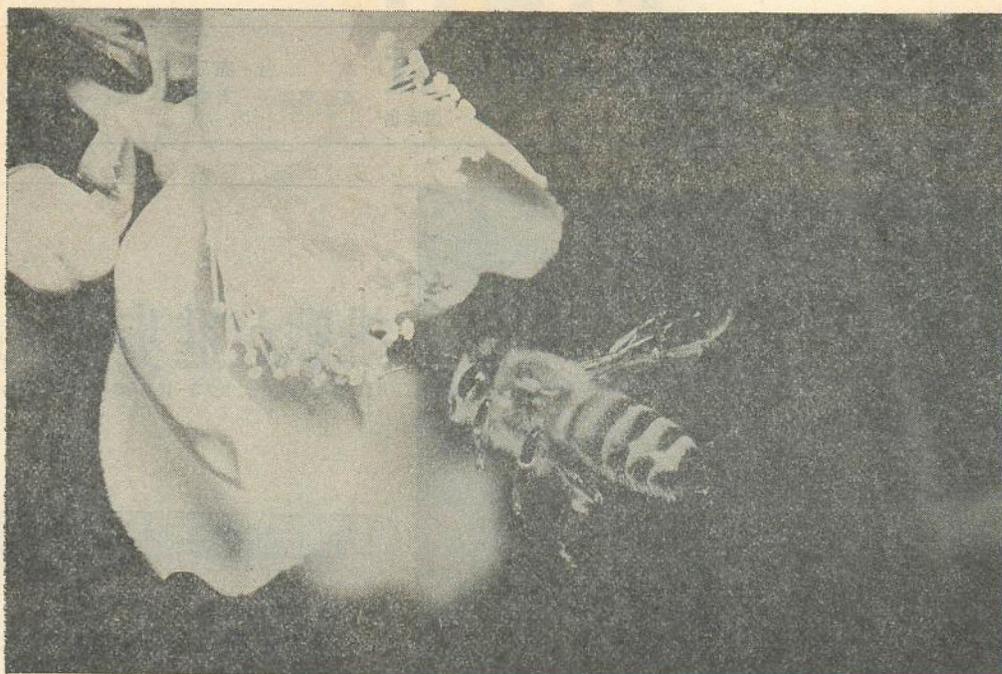
農薬づくりに活かしてまいりました。

そして、現在世界82カ国で愛用され、

収穫を見守っています。

デュポンを選ばれること、

それは、信頼を選ぶことです。

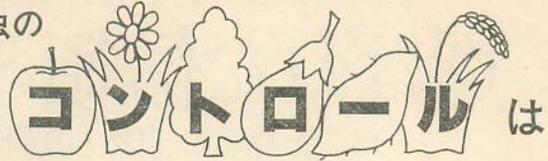


殺菌剤……ベンレート水和剤 ベンレートT水和剤20 殺虫剤……ランネット水和剤 ランネット微粒剤F
除草剤……ハイバーX カーメックスD ロロックス ゾーバー レンザー テュバサン ベルパー
デュポン ファー イースト 日本支社 農薬事業部 〒107 東京都港区赤坂1丁目11番39号 第2興和ビル

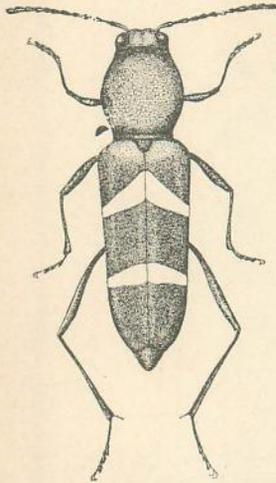
DU PONT デュポン農薬

確かな明日の
技術とともに...

病害虫の



は



トラサイド^A

(カミキリムシ類防除剤 愛称トラエース)

○コオロギ、ダンゴムシ、ナメクジ、カタツムリに

グリーンベイト

○水稲病害虫防除に新登場

オスメート 粉剤

ラスサイド オフナックM 粉剤

○水でうすめられる線虫剤

ネマエイト

穿孔性害虫

誘引殺虫剤

水稲農薬

土壌消毒剤



サンケイ化学株式会社

東京・大阪・福岡・宮崎・鹿児島

本社・鹿児島市郡元町880
東京事業所・東京都千代田区神田司町2-1

挑戦が進歩をうむ。

よりよい農薬を求めて、ホクコーはあらゆる可能性に挑みます。

いもち病の予防と治療に!

強力な防除効果とすぐれた安全性

カスラフサイド 粉剤
水和剤

いもち病の省力防除に効きめのなが〜い

ホクコー
オリゼメート 粒剤



取扱い
農協・経済連・全農



北興化学工業株式会社
〒103 東京都中央区日本橋本石町4-2
支店：札幌・東京・名古屋・大阪・福岡

お近くの農協でお求めください。

植物防疫

Shokubutsu Bōeki
(Plant Protection)

第 35 卷 第 3 号
昭和 56 年 3 月号

目次

特集：土壌伝染病

土壌伝染病研究 80 年代の展望.....	宇井 格生.....	1	
土壌伝染病研究この 20 年—糸状菌病—.....	渡辺文吉郎.....	3	
〃 —細菌病—.....	津山 博之.....	8	
土壌伝染病の生態的防除手段としての輪作と有機物施用.....	松田 明.....	12	
放線菌病研究の現状と今後の課題.....	木村 貞夫.....	19	
根こぶ病研究の現状と今後の課題.....	堀内 誠三.....	23	
ピシウム病研究の現状と今後の課題.....	一谷多喜郎.....	27	
疫病研究の現状と今後の課題.....	宮田 善雄.....	31	
リゾクトニア病研究の現状と今後の課題.....	鬼木 正臣.....	36	
バーティシリウム病研究の現状と今後の課題.....	飯嶋 勉・田中 寛.....	41	
書評「作物のフザリウム病」.....	岸 国平.....	45	
井上菅次さんを偲ぶ.....	飯島 鼎.....	46	
新しく登録された農薬 (56.1.1~1.31)		47	
協会だより.....	48	学界だより.....	30
新刊紹介.....		22	

緑ゆたかな自然環境を...

「確かさ」で選ぶ……バイエルの農薬



●いもち病・穂枯れを防いでうまい米を作る

® **ヒノガン**

●カメムシ・メイチュウなど稲作害虫に

® **バイジット**

●アブラムシ・ウンカなど吸汁性害虫を省力防除する

® **ダイシストン**

●ドロオイ・ハモグリ・ミズゾウムシなどに

® **ガンサイド**

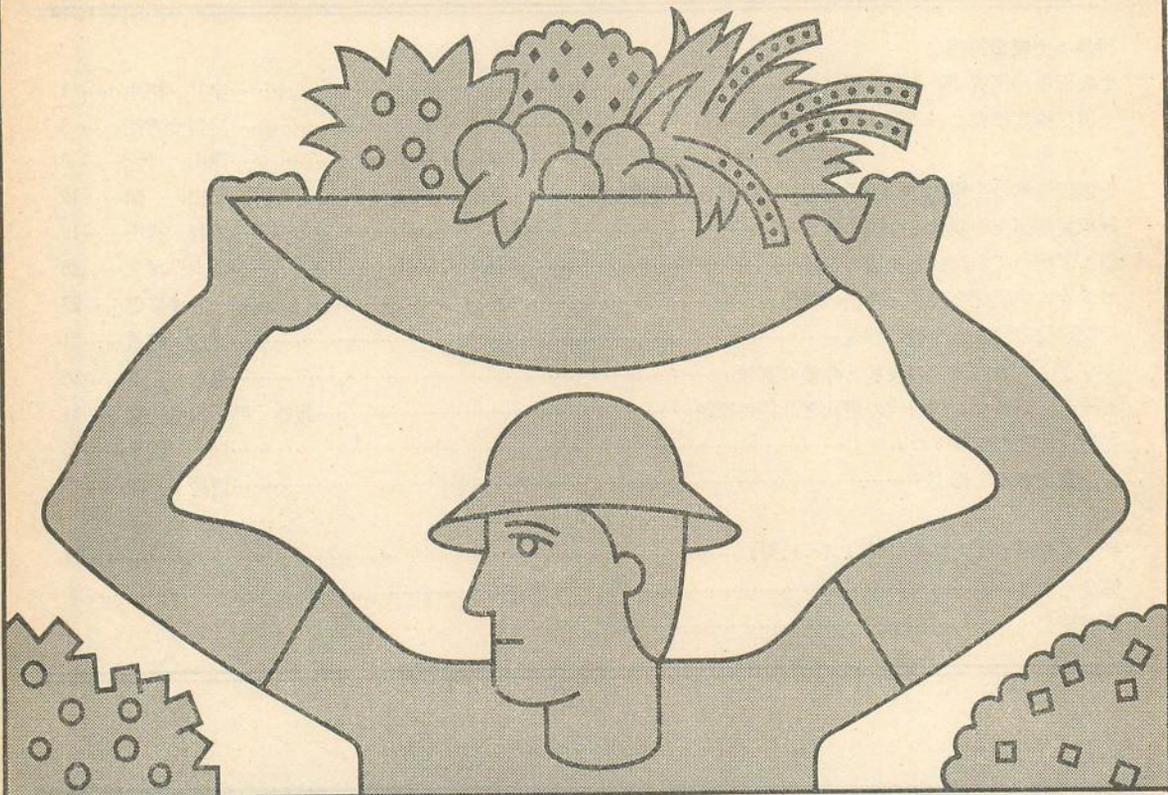
●各種作物のアブラムシに

® **エストックス**

日本特殊農薬製造株式会社

東京都中央区日本橋室町 2 - 8 番 103

"HUMANS & NATURE" FIRST



自然の恵みと
人間の愛情が
農作物を育てます

●稲害虫の防除に
パダン®

●稲もみがれ病防除に
バリダシン®



武田薬品工業株式会社
農薬事業部 東京都中央区日本橋2丁目12番10

土壌伝染病研究 80 年代の展望

北海道大学農学部植物病理学研究室 **宇井格生**

I 土壌伝染病談話会のこれまで

昨年 10 月、土壌伝染病研究 80 年代の展望を統一テーマとした第 10 回土壌伝染病談話会が長野県小諸市で開かれ、現在までの問題を整理し、今後の方向について熱心な討論が行われた。この談話会は昭和 38 年、札幌市で開かれたのが最初で、目的は 2 年後に迫る日本植物病理学会創立 50 周年記念行事の一つに予定された土壌伝染病に関するシンポジウムの準備と、研究の現状を研究者相互に理解し、その発展を図ることにあった。

談話会発足当時、畑作農業の振興と生産性の向上を図る施策が種々打ち出され、これに伴い土壌伝染病が問題となり、クロルピクリン、有機水銀剤、PCNB などによる薬剤防除に関心の寄せられた時代であった。このような背景から、土壌病害検診、簡易診断法などを目的とする研究が推進された。

爾来 17 年、主産地形成、施設園芸の拡大その他による輪作の短期化、ときには連作、更には水田の畑地転換など畑作農業をめぐる環境は、土壌伝染病のまん延と激発、新病害の発生を招くに至っている。これに対応して行われた土壌伝染病に関する研究は、談話会で取り上げられた課題から明らかであり、またそれは我が国における研究の流れを反映していると言えよう。すなわち、第 1 回は発足の趣旨に沿い多くの課題について研究の現状を総ざらいするとともに、第 3 回談話会まで主要な課題となった病原菌の検出定量が取り上げられた。次いで第 5 回までは土壌中における病原菌の生活が、第 6 回、第 7 回はそれぞれ土壌伝染性ウイルス、フザリウム病が対象となっている。第 8 回は連作、短期輪作と土壌伝染病、更に連作障害とは何かの問題、第 9 回には発病抑制土壌、抵抗性品種についてのシンポジウムが持たれている。この間、病原菌の土壌中における生態と防除が一貫して研究の基調となっていることは言うまでもない。この方向を要約すれば、土壌伝染病菌の生態学を軸に、土壌中の病原菌の定量から生態的防除に向かっていると云えるであろう。

個々の病害、病原菌に関する課題は次の記事に譲り、ここではこれまでの反省、全体としての今後の問題について触れることにしたい。ただ筆者の関心が極めて限ら

Research on Soil-borne Diseases: A perspective for 1980. By Tadao Ui

れたところにあるため、現場で土壌伝染病の対応に努められている方たちには絵空事である点が多いのをお許しいただきたい。

II 土壌伝染病について考えること— 土壌のブラックボックス論

土壌伝染病は、土壌という不透明な媒体中で起こるため、耕地土壌をブラックボックスとしてとらえることが多い。そうであるならば、入力(病原菌)→ブラックボックス(土壌の作用)→出力(病気)という図式で考える必要がある。このときまず第一に取り上げるべきことは、入力である病原菌の問題、次いで箱の中身である。

1 病原菌による土壌の汚染と菌量—入力の問題

今回の談話会で、土壌伝染病の発生が少ないときは対策もあり、輪作、有機物の効果もあるが、激発した地域では産地の壊滅、移動、あるいは作目の転換という運命をたどらざるを得ないとし、空気伝染性病害との性格の違いが強調された。その対策として病原菌の畑への侵入、あるいは菌量の増加を阻止する具体的事例も挙げられた。前者はは場衛生の問題で、病害防除の基本であるが、水田の畑地転換後 2、3 年で土壌伝染病の激発する事例があるなど、汚染経路について再検討も必要である。

土壌中の病原菌定量については、談話会当初から取り上げられ、*Fusarium* sp.、その他限られた菌についての技法は進歩した。ただ、当初目的とした土壌検診への利用や薬剤防除に際しての病原菌量に関する要防除水準の判定は、定量に要する時間、精度、限界、また病原菌の不均一分布、病原力の違いなどのため実用化は極めて困難で、定量はむしろ生態学的研究の基礎として利用することが期待される。

対象とする畑土壌中の菌量を考えず、輪作形式、施与する有機物の種類を変えるなど、土壌に様々な処理をして発病の低下を摸索する試験は、現場対応のためには必要であり、また、主因である病原菌と、誘因である環境を同等と考える古典的栽培学の立場で行う場合は場試験ならばやむを得ないであろう。しかし、植物病理学分野で必要なことは発病の軽減、すなわちブラックボックスの出力低下は、入力である病原菌の量的あるいは質的低下がどのようなかわかりを持つかを明らかにする必要もあるがこれに関する報告は少ない。菌量変化の見解はブラックボックスの機構解明に最も役立つ情報の一つでもある。

土壌中に存在する耐久体の細胞壁は肥厚し、メラニンを含むキチンより成り微生物分解に耐性が強い。また、耐久体は植物根圏では常に休眠状態で存在するのではなく、常に発芽し耐久体を再形成する例が多い。一方、植物の根は死に先立つ老衰期に寄主特異性を喪失するため、普通の状態では侵害力のない病原菌の侵入をも許し、組織中に耐久体が形成される。雑草寄主ではもちろん病原菌の侵入増殖が起こっている。すなわち、病原菌の多くは土壌中で動的変動を繰り返しながらその個体群を維持している。この変動を少しでも低いレベルに向かわせるためにはどのような方法があるのだろうか。輪作、有機物施与などによる発病低下は、菌量減少と果たしてどのような関係があるかなど基本的な課題が残されている。

土壌により病原菌が住み着ける許容限界菌量も異なり、また、接種あるいは発病により異常に増加した病原菌が速やかに減少し、時に消失する例が知られる。これは生態学で教える *over population, over crowding* の後に起こる個体群の急速な減少と同じ現象である。土壌伝染病菌量減少は、えさの不足による飢餓が原因とは考えにくく、広義の拮抗者による死が主な原因であろう。後者の種類や作用を明らかにすることは、今後実用化に進むと考えられる拮抗微生物の導入による微生物防除の基礎として重要な課題である。ただし、その研究は以前に多く行われていた *in vitro* の単純な系ではなく、土壌環境のなかで行うべきことは言うまでもない。

最近の研究で、細胞壁をせん孔するアメーバなども含めた捕食者による病原菌耐久体の死滅、菌類、細菌、ウイルスその他の寄生による病原菌個体群の減少、あるいは弱毒系統 (*hypovirulent strain*) の置換による病原菌の無毒化など様々な要因による発病の衰退が明らかになってきた。今後これらを利用した土壌伝染病の防除も期待され、そのため遺伝子工学の利用も必要となる。

2 発病阻止の問題—ブラックボックスのなかで何が起っているか

土壌伝染病に関する研究で、土壌の環境を考えると、土壌を全体としてとらえる場合が多かった。土壌の pH、水、栄養、あるいは微生物その他、すべて感染に直接影響するのは根圏、根面におけるこれら要因で、土壌全体としてとらえられるものとは異なっている。すなわち、ブラックボックスの機構は、その全体を分析しても明らかにはできず、内部のからくりを一つずつ解きほぐすことにより理解できる。すなわち、土壌環境の解析は感染の場を取り巻く *micro site* について行うことが必要となる。このことは、空気伝染性病害に対する環境要因の検討が、は場の気象→株間の微気象→葉面の環境と

マクロからマイクロに移り進んだのと同じであろう。

ブラックボックスとした土壌は極めて複雑な系であるが、一般的な性質として大なり小なり病原菌の活動、感染を抑制する作用を持っている。土壌をやみくもに処理をして出力の変化を期待するだけでは、土壌本来の働きも、出力がなぜ変わったかの原因も明らかにできない。それはは場抵抗性の機作が、寄主体の各種性質、要因などと抵抗性の程度との相関関係を追っている限り明らかにし得なかったのと同じである。複雑な系の解析にはシミュレーションなども一つの方法であるが、特異な系を対象としてそれから一般的機作を帰納的に研究することも必要で、その対象の一つは発病抑制土壌である。これは抵抗性研究が、寄主寄生者の不親和的相互関係のときに見られる真正抵抗性について、両者の行動、そこで起こる様々な形態的、生理的变化を明らかにすることで発展したのと同じ方向である。

抑止土壌の研究で、土壌中における病原菌、寄主植物について明らかにすることは当然であるが、抑制に関与すると考えられる要因を除いたときの発病の変化を知る、いわば要因の消去法を応用し、また抑止作用の失活する処理などによりその機作の解明に近付くことができるであろう。ただ、この際土壌の物理的・化学的性質を破壊することのない手段を用いる必要があり、その点に多くの技法的隘路がある。

コムギ立枯病の衰退現象における土壌の発病抑止に関する総説を HORNBY が、“A theorist's paradise”と題したように、土壌の発病抑止機作に様々な見解が今後も提唱されるであろう。しかし、最終的には美しい調和した説によりブラックボックスのからくりが説明されることを期待したい。

おわりに

我が国で土壌伝染病談話会が発足し、それに伴い研究が進んできたと同じように、国際的な土壌病害シンポジウムが始まり、現在は国際植物病理学会議のたびに続けられている。その方向も上に記した我が国の研究とはほぼ同じような道を歩んでいる。農業環境、病気の種類などに異なる点もあるが、根本問題は世界共通である。すなわち、好むと好まざるとにかかわらず、我が国の研究も世界の中の一つであり、情報交換も極めて重要な課題となる。その際、病気や病原菌に関する概念、用語の問題など、我が国のみに通ずる鎖国的なものではなく、世界に共通するものであることが必要で、相携えて今後発展することを期待してやまない。

土 壤 伝 染 病 研 究 こ の 20 年

— 糸 状 菌 病 —

農林水産省農事試験場 ^{わた}渡 ^{なべ}辺 ^{ぶん きち ろう}文吉郎

I ここ20年間における土壌病害研究の推移

客観的な過去 20 年間の土壌病害の試験研究の流れについては、既に宇井(1978)が「我が国の土壌伝染病と研究の現状、展望」と題して、土壌病害の移り変わり、研究の方向、国外の研究(特に生物的防除に関する方向)などについて極めて適切、かつ示唆に富んだ意見を述べ、研究上の指針となっている。筆者は 1960 年から 1979 年までの 20 年間に日本植物病理学会大会ならびに各地域部会で発表された講演要旨から土壌病害関連課題を取り上げ、これから土壌病害の研究の流れを把握することにした。

1 対象病害、病原菌について

土壌病害の発表課題数の年次別推移は 20 年間平均して 14.7% でウイルス病、イネ病害に比べて多いとは言えない。また、アメリカの 1980 年大会における土壌病害講演数の 13.8% に比較して大差はない。しかし、過去 20 年間の年次別の変動幅が少ないことは土壌病害研究に従事する研究者数が固定化したという印象が強い。この点、新しい発想を持った若い研究者の活躍を大いに期待したい。次に、この 20 年間に対象になった主な土壌病原菌の推移は第 1 表に示した。主な病原菌として 5 年間の集計別の傾向をみると、ここ 10 年間で急速に増加したのは *Fusarium* 菌、ならびに *Phytophthora* 菌、*Pythium* 菌、*Aphanomyces* 菌などの藻菌類、*Verticillium* 菌、*Pyrenochaeta* 菌などである。最近 5 年間では *Pyrenochaeta*

菌、*Streptomyces* 菌の報告が増加している。前半 10 年間に報告の多かった *Rhizoctonia* 菌、紋羽病菌、白絹病菌などはやや減少しているが、永年性作物に被害が多い紋羽病に対しては研究対応が貧弱であり、本病の発生生態ならびに防除について、今後は新しい視点に立って、本格的なプロジェクト研究体制を強化すべきと考えている。

以上のような対象病害、病原菌の推移の背景の一つとしてそれぞれの時代の行政措置、補助事業が大きく影響していることは無視できない。例えば、テンサイ生産振興計画、土壌病害虫実験事業、野菜指定産地推進事業などが挙げられる。一方、発生分布の広域性、病原菌の多犯性などについても指摘される。また、各地域の病害虫研究会報によると、それぞれ地域研究会の特色によって異なるが、北日本では前半 10 年間は *Rhizoctonia* 菌の試験が多かったが、後半 10 年間は激減しており、逆に紋羽病関係の試験が増加していることは本病の被害が増大とともに防除の困難なることを示している。概して北日本、北陸地域にはイネ病害関係が圧倒的に多く、土壌病害に対する試験研究が少ない傾向がみられるが、畑作振興によって今後土壌病害の研究はより一層増加すると思われる。

関東、東山ならびに関西、九州地域では野菜関係の土壌病害の研究が多く、発表課題数も平均して 20% を超え、特に関西地域では 30% 近くあり、土壌病害の被害の深刻さを反映していると言えよう。対象病原菌の種類も西日本では全国的傾向に似ている。

第1表 対象病原菌の年次別推移

(日本植物病理学会報)

年次	Fu.	R.	Phyt.	Pyt.	Aph.	Vert.	C. rolfsii	H & Ro	Plasm.	Thiel.	Cep.	Cylin-drocarpon	Phoma	Pyr.	Stre.	Ba.	Virus
1960~1964	41	68	11	15	4	0	6	13	4	5	1	0	4	0	1	22	19
1965~1969	44	34	31	15	6	3	7	8	1	0	0	4	2	0	0	46	20
1970~1974	62	39	39	16	8	8	3	11	2	1	4	4	0	0	0	29	22
1975~1979	86	51	45	31	15	9	6	5	10	1	8	1	0	4	5	31	8

注 Fu.: *Fusarium*, R.: *Rhizoctonia*, Phyt.: *Phytophthora*, Pyt.: *Pythium*, Aph.: *Aphanomyces*, Vert.: *Verticillium*, C. rolfsii: *Corticium rolfsii*, H & Ro.: *Helicobasidium*, *Rosellinia*, Plasm.: *Plasmodiophora*, Thiel.: *Thielaviopsis*, Cep.: *Cephalosporium*, Cylin.: *Cylindrocarpon*, Phoma: *Phoma*, Pyr.: *Pyrenochaeta*, Stre.: *Streptomyces*, Ba.: *Bacterium*, Virus: *Virus*

第2表 研究内容の年次別推移

年次	土 壤 環 境		検出・検診 選択培地	同定・生理 形態・病原 性	新(仮) 病 害	複合病害	抵抗性 関 連	防 除	
	土壌生態	拮抗関係						薬 剤	耕種・生物的
1960~1964	82	7	8	58	15	1	2	55	12
1965~1969	96	10	12	67	15	4	3	36	9
1970~1974	78	7	16	91	23	5	12	33	10
1975~1979	72	12	27	125	43	2	15	14	22

2 土壌病害の研究内容について

試験研究の内容についての年次の推移は、第2表に示すとおりである。特徴的なことは、

① 土壌中あるいは土壌に関連した事項、すなわち土壌環境と直接結び付いた試験研究が過去20年間、数の変動がなく固定してしまった傾向は上述の課題数の固定化とともに注目しなければならない。このことは土壌中の病原菌の生態について、今後新しい発想、視点、手法が強く要求されていることを示すものと思われる。同じく土壌中の他の土壌微生物との拮抗現象などについての試験研究が少なく、停滞気味である。

② 近年は病原菌の検出、検診、これに関連する選択培地の研究が多くなり、また土壌病原菌に対する同定、生理、病原性などの一般的な植物病理の手法による研究も年次とともに増加している。このことは土壌病害の研究では未知部が極めて多いことを示すものと思われる。病原菌の同定、種類の判別はその第1歩であり重要であるが、これと並行して生態、防除への試験研究の増強を進める必要がある。

③ 新称あるいは仮称とされる新病害の発生報告はこの20年間を概観すると、前半の10年間の報告数に対して、後半10年間は2倍となり、更に最近の5年間は前半の2倍という増加で、過去20年間に約100件近くの新病害が発表されている。多数の作物ならびにこれに関与する寄生菌も多数報告されており、この原因は主として連作などの苛酷な条件下における作物体のストレスならびに病原菌の活性増大によるものと考えている。

④ 抵抗性関連では抵抗性品種の育成、利用に関する試験研究がここ10年間急速に増加しており、防除関係では薬剤防除の報告が逐次減少しているが、これは有効な土壌病害防除剤が少ないことによるのか、薬剤防除の限界を意識しての結果か、土壌病害防除における薬剤防除の位置付けを積極的に進めるべきである。一方、耕種的(生物的防除を含む)防除試験が逐次増加の傾向にあり、かつては品種あるいは接ぎ木、ならびにトリコデルマ菌施用などの試験が主であったが、ここ5年間は有機物、湛水、太陽熱利用による土壌消毒試験が多くなったのが

特徴である。

以上、20年間における土壌伝染病の研究の流れを筆者なりの判断で概括したが、昨秋長野県小諸市で行われた第10回土壌伝染病談話会の印象について述べたい。

① 今回は「土壌伝染病の総合的防除」をメインテーマとし、特に生態的防除を主眼としたが、輪作、有機物ともに単一での防除の限界が強調され、有機物の種類、有機物の寄主体に与える影響などの検討が今後一層必要と思われた。

② 栽培、育種、土壌肥料、土壌微生物の各分野から多数の発言や提言があったが、各専門分野による体系的研究の必要性を相互に痛感しながらも、土壌病害防除への活路を見いだすにはなお日時を要することも痛感させられた。

③ 土壌中での遊走子の放出、胞子発芽、菌糸伸長などに影響を与える環境条件の分析は、土壌病害の生態的防除に直接結び付く重要な研究であることを多くの人が認識した。

④ 重要な土壌病害について日本植物防疫協会(1979)が各都道府県に調査を依頼した、「難防除病害虫に関するアンケートとりまとめ結果」によると、第3表に示すとおり、青枯病、軟腐病、黒腐病などの土壌細菌病に次

第3表 野菜・畑作物の土壌病害
(日本植物防疫協会 1979)

No.	病 害 名	報告県数	県重要	%
1	トマト青枯病	41	17	41.4
2	ハクサイ軟腐病	38	13	34.2
3	ダイコン根部異常症	34	13	38.2
4	ダイコン軟腐病	31	14	45.2
5	ハクサイ根こぶ	30	18	60.0
6	ナス青枯病	26	11	42.3
7	スイカ急性萎ちょう症	25	7	27.1
8	トマト萎ちょう病	24	5	20.8
9	ナス半身萎ちょう病	24	6	25.0
10	キャベツ黒腐病	24	3	12.5
11	レタス軟腐病	23	6	26.0
12	イチゴ萎黄病	23	6	26.0
13	ダイコン萎黄病	22	8	36.3
14	キャベツ根こぶ病	22	9	40.8
15	ダイコン黒腐病	20	1	5.0

いで、根こぶ病、パーティシリウム病などが上位であり、病原微生物が分かっているにもかかわらず、有効な防除法が確立されていない。

II 土壤病害の試験研究で残された問題点

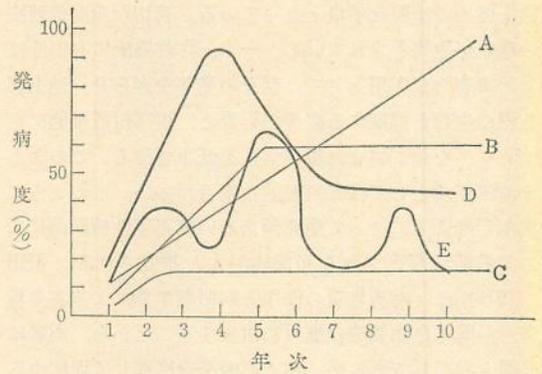
1 病原菌密度と発病との関係

土壤病害の防除にあたり、あらかじめ発生は場の病原菌の密度を知り、どの程度の発病、被害が出るか予測することは試験研究の重要な目標となっている。これについては既に 1966 年から 3 年間にわたり、植物防疫課によって「土壤病害の簡易検診法に関する特殊調査」が取り上げられた。既に 15 年前であるが、この調査結果によると、特にフザリウム病についてはポット試験などによる接種の場合は病原菌数と発病程度は正の相関をみる場合は多いが、農家は場の病原菌数と発病とは一致する場合と、一致しない場合に分かれ、定期的な結論を得るに至らなかった。これは現在でも病原菌の密度のみで発生量、発病程度を予測するには更に多くの要因をつかむ必要がある。特に 1978 年から始まった「地力維持・連作障害克服を基幹とする畑地新管理方式の開発に関する総合研究」の 2 か年の試験結果から、フザリウム病菌について次のような要約が得られた。

- ① 一般に土壤中の病原菌密度と発病程度との間には必ずしも相関があるとは言えない。
- ② 同一菌量でも発病率に大きな幅がみられ、特に希釈平板法の定量限界を超える低密度において変動幅が大きい。
- ③ 輪作の作物、年数により土壤中の菌密度の差が明らかであるにもかかわらず、発病に明らかな差がみられない場合がある。
- ④ 菌密度は作物の種類によって生育最盛期には根圏で無作付け区より低下し、生育末期になると増加する。

⑤ 施肥などによる影響を受け、発病は菌密度のみならず、生育条件にかかわり合いがある。松田(1980)はキュウリつる割病の試験から、病原菌密度即発病量とならないことを強調し、次の点を指摘した。①病土検診では土壤の種類によって同一菌量でも発病量が異なる。②同一土壤に同量の病原菌があっても、栽培回数により発病差を生ずる。③は場間の差が極めて大きい。④土壤に病原菌密度の限界がある(許容限界密度)。これは土壤の種類、有機物などの影響を受ける。⑤線虫(ネコブセンチュウ)は病原菌密度の低い段階でも発病を助長する。

土壤の諸条件は、単に菌の密度ならびに活性のみならず、寄主体に大きく影響していることを重視する必要がある。



連作下における土壤病害の発生型模式図

ある。特に連作条件では寄主への影響が大きい。植原ら(1974)は、エンドウ連作障害の試験で連作区と輪作区における非根圏土壤のフザリウム菌密度に差異はなく、根の褐変と土壤中のフザリウム菌密度との間には相関がないとし、結論としては連作土壤中にはエンドウの抵抗性を低下させる要因が存在することを示唆した。以上のように、菌密度と発病との間には種々の要因が相互関連にあり複雑で、例えば連作下においては図に示すように、病害の種類(寄主、病原菌)によって発生のパターンを A~E にまで分けることができる。

2 不定性病害について

近年は既知の土壤病原菌ばかりでなく、病名目録のない病害の発生の報告がなされている。これらはいわゆる弱い病原菌に起因している。逸見(1940)は「種子および土壤に付着または混在する菌数が穀類種子の発芽を害し、または発芽後間もない幼苗を枯死または衰弱させる場合」を不定性病害と言っている。不定性病害是一群の病害の総括的な名称とされている。特に作物を連作すると、上述のような障害を起こす可能性が大きく、不定性病害の研究は連作障害の研究にあたり、必ず伴う大きな問題になると 40 年前に示唆している。ある種の根腐れは特定の病原菌に起因するのではなく、通常被害の少ない寄生菌が環境条件が良好になると、突然被害を与える場合が多いとされている。特に連作障害根からの分離菌は通常の接種試験では病原性が極めて弱く、症状の再現性が困難である。このように連作障害に関与する一群の不定性病原菌がその役割として直接、侵害能力を発揮するのか、間接的に作物根の機能低下に連なるのか後述の作物残渣との関連で重要である。

3 作物残渣と土壤病害との関係

多くの土壤病原菌は作物罹病残渣となって伝染源として残存する場合が多い。アブラナ科作物根こぶ病ならびにキャベツ萎黄病、アズキ落葉病における残渣処理は防

除上極めて重要な手段となっている。適切な残渣処理法の確立が急務とされている。一方、作物残渣の有害性は植物毒素的な作用として、種子の発芽を遅らせ、地上部と根の生育を抑制する直接の影響と、根部組織細胞にネクロシスを起こさせ、根部活性を低下させる。このような前駆症状としては非可視的な場合が多い。このような根部活性低下によって病原菌あるいは不定性病原菌によって根部が侵害される可能性が大と推定される。沢田(1973)は、有害物質の作用と病原微生物による寄生現象とが同じ作物残渣の施用に由来することから、両者は混同されがちであるが、個々の因子を区別して理解することが大切であり、更にある特定の生育阻害現象について、作物残渣の有害性が有力な原因とは言い難い場合においてもなんらかの潜在的な影響になっていないか疑ってみる必要があること指摘している。このことは土壤病原菌の残存、蓄積ばかりでなく、作物残渣が寄主作物根の素因に与える効果(Predisposing effect)について今後一層究明する必要があると考える。

4 抑止土壤について

いわゆる抑止土壤を探索することは自然下で起きている生物的防除の現象を究明することで、更に抑止機構を明らかにして、生物的防除へアプローチしていく重要な試験研究の一つである。この機構については十分明らかにされていないが、K. F. BAKER (1963) は自然下の抑止土壤を次のように分けている。

① 連作によって土壤中に病原菌が存在するが病害の発生が減少していく例、これはコムギ立枯病のタイプである。

② 病原菌が定着しないので発病しない。これは東部オーストラリアにおけるアボガドの *Phytophthora cinnomomi* にみられる例である。

この研究については我が国でも第9回土壤伝染病談話会(1978)において報告があり、また「新管理方式の総合的開発研究」においても研究が進められている。なお、抑止土壤についての用語の定義ならびにその生態的意義について研究者間の合意は十分得られていない。我が国におけるこの種の研究の初めは岡部ら(1954)によって群馬県下の桑園で実施されたものである。

桑園の土壤病害(白紋羽病、紫紋羽病)の発病環境調査を行った結果、両病害の発生分布に1種の地域性があることを明らかにした。その後107か所の桑園の調査結果(1964)から、次のような要約をまとめた。

① 紫紋羽病は開拓地や河川流域などの桑園地帯に多発し、既墾桑園では全く見受けられないか、たとえ見受けてもその被害は實際上問題にならない。一方、白紋羽

病はこれと逆に既墾桑園によく発生する傾向がある。

② 白紋羽病発生桑園では生産性が一般に高く、紫紋羽病発生桑園は生産性が低い。このことはその土壤の理化学性にも反映されている。鈴木、荒木ら(1951)はサツマイモ紫紋羽病の発生は熟畑に少なく、未熟な畑土壤に多いと考察し、以後、荒木(1967)は「紫紋羽病、白紋羽病の発生と土壤条件」を研究し、その要約として紫紋羽病は森林開墾後年数の少ない土壤に、白紋羽病は開墾後年数の古い土壤に発生し、両病の転換期は15~40年の間にある。

以上、紋羽病については明白な結論を出しているのは注目される。続いて、井上、竹内、駒田ら(1958)は鈴鹿市においてダイコンを連作しても黒ボクでは発生がなく、赤土が激しく発生することを報告し、両土壤の発病差、病原菌の生育、密度推移について解析的な研究が行われた。その結果、黒ボクと赤土の発病差は土壤の殺菌や各種の添加物処理によって変化しない土壤固有の性質によるとした。しかし、すべてのいわゆる黒ボクを同様に抑止土壤とみなすことはできず、外見上は類似しても性質の異なるものも含まれていると指摘している。

古屋、宇井ら(1978)はインゲン根腐病では北見土壤は抑止土壤として連作に関係なく、発病が少ないと報告している。現在、フザリウム病を中心とした抑止土壤についてはその抑制能は土壤自体の組成に由来するもので、主として微生物に起因する場合が多い。用語としては、土壤管理によるとみなされるものは抑止土壤に含まないとされている。抑止土壤は同一土壤統に属するある地域性を対象とするものか、同一土壤でも管理履歴の異なる個別ほ場土を対象とするのか十分検討されていない。また、土壤固有の性質に由来するものであっても、土壤管理などによってその土壤の抑止能は大きく影響を受けると考えられる。また、抑止土壤の特異性は不可逆的なものか、可逆的なものとして考えられないか、今後に残された問題点の一つと言えよう。したがって、土壤の抑止能を超える要因、例えば強度の連作条件によって、その機能が消失する可能性がある。

農事試験場病害第2研究室(1981)によるフザリウム病に対する発病抑止土壤についての試験の範囲では、フザリウム病に対する顕著な発病抑止土壤はみられず、同一土壤でも管理状態によって発病が変動することから、発病抑止性は土壤の固有の性質に起因する割合は少なく、土壤の管理によって左右されるものと考えられると報告している。

5 生物的防除への期待

広義に解釈される生物的防除は個々の防除(輪作、有

第4表 非病原性フザリウム菌の苗処理によるサツマイモつる割病苗伝染抑制効果

(小川ら, 1980)

処 理	供 試 株 数	発 病 株 数 (枯死株数)		
		・13日後	19日後	37日後
無 処 理 非病原性フザリウム菌	25(株) 25(株)	6(株)(0) 0	15(株)(9) 1 (0)	16(株)(16) 1 (1)

注 処理時間は20分.

機物、深耕、薬剤防除、抵抗性品種など)の単一手段では病害の種類によっては十分な防除効果を挙げることはできない。幾つかの組み合わせによる防除システムが必要であることは論を待たない。しかし、一方、直接微生物を利用する生物的防除は過去においてトリコデルマ菌による白絹病防除試験が行われてきたが、一般に実用化するに至っていない。この背景としては生物的防除の基本的な考え方として、土壌管理などにより土壌に生息する拮抗微生物を誘発することが肝要であり、単なる導入微生物利用による効果は少ないとしている。しかし、導入微生物による積極的な防除試験を実施する必要がある。従来、微生物利用によって成功した例は、

- ① 導入微生物は根圏微生物であり、主としてバクテリアが多い。
- ② 施用方法は種子にコーティングした場合である。

③ 対象作物が生育の早い作物で主として苗立枯病の場合である。今後は導入微生物を根圏、非根圏土壌にこだわらず、小川ら(1980)のサツマイモつる割病の場合のように、導管内微生物の探索、利用が注目される(第4表)。

お わ り に

80年代に入り、土壌病害の試験研究に対し、新しい発想の転換が要望されており、土壌病害の発生要因の相互関連性を究明するには単なる点でなく、面として広域に実態を把握して、要因を究明する必要があり、このためにはリモートセンシング技術の応用にはる広域探査技術を確立し、防除にあたって抑止機能の安定化を長期的に維持するため、実態に即した防除システムを80年代に実証しなければならない。

本 会 発 行 資 料

昭和 55 年度 “主要病害虫 (除草剤は主要作物) に適用のある登録農薬一覧表”

農林水産省農薬検査所 監修

1,100 円 送料 250 円

B 4 判 112 ページ

昭和 55 年 9 月 30 日現在、当該病害虫 (除草剤は主要作物) に適用のある登録農薬をすべて網羅した一覧表で、殺菌剤は索引と稲、麦類、雑穀・豆類、芋類、果樹、野菜、特用作物、花卉、芝・林木について 23 表、殺虫剤は索引と稲、麦類・雑穀、芋類、豆類、うり科野菜、なす科野菜、あぶらな科野菜、他の野菜、果樹、特用作物、花卉・芝、林木・樹木、牧草について 47 表、除草剤は索引と水稻、陸稲・麦類・雑穀・豆類・芋類・特用作物・芝・牧草、野菜・花卉、果樹、林業について 5 表にまとめたもの。

土壌伝染病研究この20年

—細菌病—

岩手大学農学部植物病理学研究室 津 山 博 之

はじめに

植物病原細菌病に関する研究は、19世紀末より始まったが、1950年ごろまでは一言で言えば分類学的研究の時代であり、多くの植物病原細菌が発見され、その性質が記載され、分類されてきた。その結果、約200種の植物病原細菌が命名された。植物病原細菌の命名にあたって最も重視されたのは病原性の差異であり、これは一面から考えると植物病理学という農業の実際面に携るものからすると当然のこととも言える。しかし、病原性は異なるが、他の数10項目の細菌学的性質に差の認められないものを種として取り扱うかどうかは細菌分類学者の中で問題となったのも当然である。これらについては余曲折があったが、1980年1月1日以降は植物病原細菌の命名には大きな変更が実施された。最も大きな変化は *Pseudomonas* 属及び *Xanthomonas* 属にみられた。その詳細については後藤(1980)を参照されたい。しかしながら、このことは約100年間における植物病原細菌の分類において一つの転機になったとも言える。

1950年以降の植物病原細菌病の研究にみられる特徴は、病原菌の生態的研究(生活環あるいは伝染環)に精力が注がれてきた点にある。我が国においてもこの20~30年間、各種の病原細菌の生活~伝染環が明らかにされた。それらの主なものについては後に触れることにするが、土壌伝染性病原細菌についての諸研究は先導的な役割を果たしてきた。

この報告では、日本において研究された各種植物病原細菌の土壌中における行動を、土壌伝染性のものと比較考察したい。植物病原細菌はそれがいかような生活環~伝染環をとるにしても、罹病組織は多くの場合脱落して土壌中に入り、次のシーズンの伝染源となる可能性が考えられるので、土壌中における病原細菌の行動を無視しては生活環~伝染環を考えることはできない。

I 植物病原細菌の検出定量法の進歩

病原菌数を的確に定量的に測定できれば、その生態的行動を正確に把握することができ、ひいては適切な防除

法を確立することが可能になる。この30年間、病原菌の生態に関する研究が始められてから種々の検出法が開発され、更にその改良が試みられた結果、多くの知見が得られてきた。それぞれの定量法には、特長があると同時に欠点が存在する。この欠点が定量法の限界を規定し、同時に生態の解明をあいまいなものとする。

土壌伝染性及び水媒伝染性病原細菌のように複雑な生態系の中に混在している病原菌数を定量的に把握するためには多くの困難が伴う。この困難性を克服する方法の基本は、それぞれの病原菌が持っている特異性のうちいずれかの性質を利用することにある。①選択培地法は病原菌以外の微生物の生育を、色素、抗生物質あるいは特殊な塩類によって阻害し、病原菌の特異的な細菌学的性質及び培養的性質によって病原菌集落の存在を明らかにする。②生組織法は、ある病原菌に罹病性の植物生組織は最初に病原菌のみの生育を許し、他の細菌などの生育を抑えて発病するという選択性を利用したものである。③免疫学的方法(蛍光抗体法)は病原菌が有している免疫学的な特異性によって病原菌と他の細菌を識別する方法である。しかしながら、例えば軟腐病菌のように系統によって抗原構造が異なる(須田・津山、未発表)場合には、ある病原菌をウサギなどに注射して得られた抗血清は、すべての軟腐病菌とは反応しない。蛍光抗体法(菊本・坂本、1967)を用いても、特定の菌系統のみと反応する結果、検出精度が劣ってくる。④フェージ法。罹病組織あるいは土壌中などには細菌に寄生するバクテリオ・フェージが存在する。これらのフェージは一般に特定の菌種あるいはその中の特定の菌系統にのみ寄生し溶菌を起こす。またそれぞれのフェージのバーストサイズはほぼ一定しているので、フェージ数から被検材料中の病原菌数を定量することができる(脇本、1957; 小野、1976; 鈴木・富樫、1978)。しかしながら多くの場合、フェージは特定の菌系統に寄生するために、土壌中などに生存するすべての菌系統の検出はできない。

これらの検出定量法は種々の病原細菌の定量のために、単独にあるいは組み合わせて使用され、生態学的研究の進歩に役立った。しかしながらその検出限界は必ずしも満足できるものでなく、単位土壌当たり $10^3 \sim 10^4$ である。したがって、この数以下の病原細菌の検出定量

は一般にできない。ただこの検出限界は、種々の細菌病において確実に発病を引き起こすのに必要な最小菌量である(津山・佐藤, 未発表: 岡部, 1964)。伝染環を考えると利用できる適当な方法である。

津山(1962)の調査によれば、ジャガイモの生育後期には、その畑土壌中には著しく多くの病原菌が検出されたが、収穫後には急激に減少し、使用した検出定量法では全く検出されなくなった。この状態はジャガイモの後作として植栽したハクサイの生育初期の間は継続し、ハクサイの結球初期ごろから土壌中の病原菌数が増加している。また過去 20 年間、全く罹病性植物を栽培していない畑地にハクサイを植栽したところ軟腐病が発生している。軟腐病菌は検出限界以下の状態にある場合、どこでどのようにして生存～生活しているのであろうか。現在までに開発された方法では、このような状態にある病原菌の生態は把握できない。

鈴木・富樫(1978)の報告によると、ハクサイ軟腐病菌のフェージによる検出定量では、単位土壌当たり 10^2 個レベルの定量が可能であると述べられており、従来のフェージ法及びその他の方法に比較して 10～100 倍精度が高いと言える。従来の検出法の改良によって、あるいは新技法の開発によって病原菌の生態を明らかにする必要がある。筆者は直接的な方法である選択培地法の改良が特に必要であると考えている。更に病原細菌は後でも触れるように根面、葉面、根圏あるいは植物残渣中などで生活している。このようなところで生活している病原菌の生態を明らかにするためには、それらの場所でのどのような状態で何個ぐらのものが生活しているかを見極める必要がある。蛍光抗体法はこのような場合最も適当な方法であると考えられる。

II 植物病原細菌の生活～伝染環の比較

すべての植物病原細菌は孢子の形成によって不良環境を回避するようなことはない。常に栄養細胞の形態によって生活～伝染環を完結する。しかしながら、それぞれの病原細菌の生活～伝染環を概観すると、特に第一次伝染環の態様に特徴があり、また不良環境における生活、土壌における生活に差異が認められる。以下、この 20 年間に明らかにされた病原細菌の生活～伝染環を上述べた視点からながめてみたい。なお、紙数の関係からすべての研究について紹介できないことは残念である。

1 モモせん孔細菌病菌 (*Xanthomonas campestris* pv. *pruni*)

モモせん孔細菌病の初発生は展葉期に幼葉・幼果に病斑が出現することで認められるが、これらの部位におけ

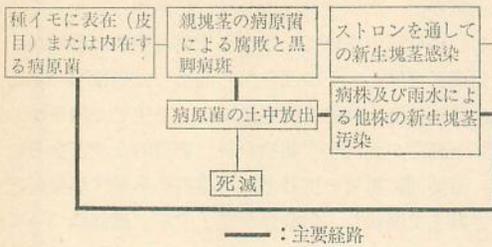
る発病の第一次伝染源は前年秋に病原菌の感染を受けながら病斑の形成されていない潜伏越冬病斑が春にかいよう病斑に進展し、その部分から漏出した病原菌である。二次感染は梅雨期第一次感染によって生じた病斑から漏出した細菌が葉、果実、新梢を侵し実質的な被害をもたらす。落葉期に新梢の皮目部、落葉痕から潜伏感染が起こり翌春まで潜伏し、伝染環が完了する。細部については省略するので高梨(1978)を参照していただきたいが、第一次伝染源が宿主主体上に形成され、その後の生活～伝染環がすべて宿主植物体上で完了し、土壌に入った病原菌は伝染源としての役割は無視できる点に特徴がある。

2 ナツミカンかいよう病 (*Xanthomonas campestris* pv. *citri*)

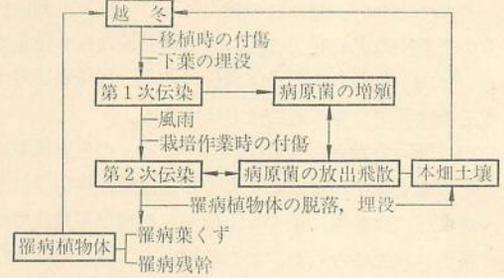
ミカン類は常緑果樹であるので、前年に葉に形成された病斑で、春期に病原菌が増殖し第一次伝染源となる可能性がある。しかし、春に最も多くの病原菌の増殖が起こり第一次伝染源となるのは、前年の夏秋枝に感染の結果発生した病斑及び 11 月以降の潜在感染部位で形成されるかいよう部である。ここで形成された病原菌は新葉及び新梢に 6～8 月に激しく感染し、9 月に入ると減少する。同時に夏秋枝感染が 7 月上旬以降に起こり、晩秋まで続くが、晩秋に感染したものは潜在感染し、これらが翌春の第一次伝染源の形成部位となる(後藤, 1962)。本菌の場合、土壌中に入った病原菌が雑草根圏などで生育し伝染源となる可能性も考えられるが、上に述べたように、ナツミカン植物体と密接に結び付いた形で生活史～伝染環が完結している。

3 ジャガイモ黒脚病菌 (*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*, *E. carotovora* subsp. *carotovora*, *E. chrysanthemii*)

北海道で発生している本病には、地域的分布もあるが、標記の 3 菌種が関与している。しかし、いずれも発病適温に差が認められながら黒脚症状を引き起こす。生活～伝染環は第 1 図に示すようにまとめられる。これらの病原菌の第一次伝染源は感染種イモ及び種イモ皮目部の病原菌で、このイモを栽培すると親塊茎が病原菌によって腐敗し、また地上部に黒脚症状が出現する。病原菌はストロンを通じて新塊茎内に侵入し感染を起こすが、腐敗親塊茎及び黒脚症状を呈した茎から病原菌が多量に土中に放出され、雨水などによって地中を動き、新生塊茎の皮目部に汚染する。なお、土壌中に放出された菌は土壌中では生存越冬できないことも明らかである。本病の多発要因は貯蔵条件の不良による感染、貯蔵前の霜害、切断刀による接触伝染で、発病を助長する(谷井, 1980, 私信)。本病菌はそ菜軟腐病菌とは生物学的諸性質



第1図 ジャガイモ黒脚病菌の伝染環 (谷井, 1980, 私信)



第2図 タバコ野火病の伝染環 (小野, 1976)

では非常によく類似しながら、生態的行動が特異的である点で興味を持たれる病原菌である。

4 インゲンかさ枯病菌 (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*)

本病菌は富永 (1965) によって発表されたが、谷井ら (1976) は生活～伝染環について検討し、次のように述べている。汚染種子 (表面及び内部) あるいは感染種子をほ場に播種すると、子葉、初生葉、茎及び莢などにハローを伴った角型病斑が形成され、これを中心にして各種の方法によって二次的伝染が起こり、莢で発病すると、種子の感染及び汚染を引き起こる。典型的な種子伝染病と言える。北海道では無病種子生産と検定を経て得られた種子の配布栽培によって、ほとんど完全に発生が認められなくなった。土壤伝染の可能性はあるが、重要視する必要はない。しかし、種子上であるいは内部で、いかなる形、方法で生存しているか不明である。

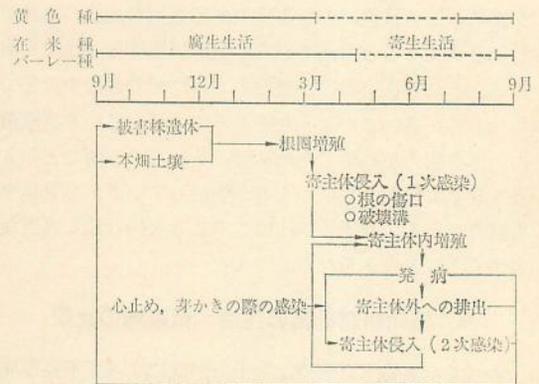
5 タバコ野火病菌 (*Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*)

VALLCAU ら (1944) は本病菌が正常宿主以外の植物根圏で生育し、これが第一次伝染源であると発表している。これに対し、小野 (1976) はフェージ法を用いて病原菌の生態について研究し、その結果を第2図のようにまとめている。その要点はタバコの罹病残幹あるいは罹病葉組織とともに土壤中に入った病原菌が土壤中越冬し、更に翌年の病気の発生期まで十分に生存していることを明らかにした点である。また本病の初発生は多くの場合、土壤中に埋没したタバコ下葉、あるいは土壤と接触している下葉に見られることは土壤中における病原菌の生存を裏書きしている。罹病組織が第一次伝染源を形成していることを示す例である。

6 タバコ立枯病菌 (*Pseudomonas solanacearum* Race 1)

土壤伝染性病原細菌の代表として挙げられるもので、土壤中で長期間生存すると言われていた。田中 (1973) はその研究結果を第3図のようにまとめた。タバコを汚染

土壌に栽培すると、土壌中に存在していた病原菌はタバコ根圏で増殖し、根の傷口、破壊溝などから侵入感染を起こす。罹病タバコの根からは多量の菌が排出され、それによって二次的感染が起こり、二次的感染タバコからも病原菌が排出される。排出菌は土壌中で第一次伝染源となると述べている。土壌中の病原菌は、たとえその翌年休閑した場合でも1年目には土壌中 (0~50 cm) で $10^2 \sim 10^5/g$ 乾土存在し、2年目には急激に減少する。しかし、一度発病した土壌には4~5年間は発病に要する菌量が保持されると述べられている。しかし、病原菌が土壌中でフリーな形で生存しているか否かはなお検討が必要である。

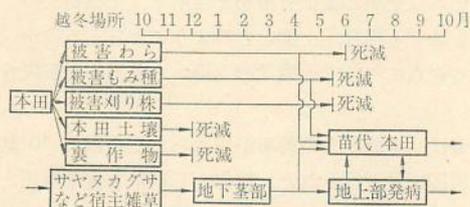


第3図 タバコ立枯病菌の生活史 (田中, 1973)

7 イネ白葉枯病菌 (*Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*)

本病菌の生活～伝染環についての精力的な研究は1951年以降積み重ねられた。その成果を吉村 (1963) の集約によって第4図に示す。病原菌の越冬が予想される場所について検討されたが、苗代及び本田のイネに伝染を引き起こす病原菌の伝染源の一つとして、水田付近に自生する本病菌の自然宿主として野生イネ科植物のサヤヌカグサ、エゾノサヤヌカグサ及びマコモが発見されている (後藤ら, 1953)。サヤヌカグサはイネより早く本病に感

染し、伝染源ともなるが、早春には地下茎で、更に新たに形成された細根根圏で増殖しており、これも第一次伝染源となることが明らかにされた。イネ白葉枯病菌は、また乾燥に強い菌塊を形成し、この形で被害もみ、及び被害わらの内外で生存し、乾燥状態では翌年5~6月まで生存しているため、第一次伝染源となる。自然宿主が伝染源となり、また乾燥に著しく強い菌塊が形成されることが、本病菌の生活~伝染環を特徴付けていると言える。



第4図 イネ白葉枯病菌の生活環 (吉村, 1963)

8 そ菜軟腐病菌 (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*)

土壤伝染病原細菌の一つの代表とされている。その生態などについては最近発表 (津山, 1980) されているので参照されたい。

III 植物病原細菌の生態的分類

BUDDENHAGEN (1965) は植物病原細菌の生態的分類について試案を提出している。その基本としたのは、植物病原細菌の生態的行動、特に宿主植物体内で病原的活動を行っていない時期における生態の比重が宿主植物体あるいは土壤中に依存して行われているかという点であり、3群に分類している。以下、それによって分類するが、その中で問題点について触れることとする。

第1群は病原菌の生活~伝染環が植物体上で完結し、土壤は関係を有しないものである。本報で紹介した、モモせん孔細菌病菌、カンキツかいよう病菌及びジャガイモ黒脚病菌は明らかにこの群に入る。これらのものは病原的活動の時期はもちろん、非活動期においても潜在感染あるいは休止病斑内で生存し、環境条件の回復とともに活動し第一次伝染源を形成する。この群に入る病原菌はこのような特徴を持つが、また、果樹のような永年作物あるいはジャガイモのように栄養繁殖を行う作物に特異的に寄生できるように長い進化的歴史的選択によって生じたものではないかと考える。このような選択過程については、BUDDENHAGEN (1965) が、バナナ萎ちょう病菌 *P. solanacearum* Race 1 から Race 2 SFR クローンが選択されたとする仮説を提出している。ジャガイモ黒脚病菌も軟腐病菌から選択されたのではなからうか。

インゲンかさ枯病菌は感染種子などが第一次伝染源となり、種子伝染として分類できるが土壤中の病原菌の第一次伝染源としての意味は希薄である。また種子は植物体の一部と考えると、第1群に分類される。

次に第2群は、タバコ野火病菌の生態から判断されるように、病原菌は罹病植物残渣とともに土壤中に入り、短期間 (長くとも4~5年) 潜在的に生存し、第一次伝染源となるものである。ただ本菌は AGRIOS (1978) によれば、タバコのがく片中に形成された種子も第一次伝染源となると言われ、また VALLEAU ら (1944) が明らかにしているように非宿主根圏で生育している可能性も考えられる。したがって厳密に類別するには更に研究が必要である。

第3群は、土壤中で長期間生存・生育できる、典型的な土壤伝染性病原菌と言われるもので、宿主範囲も広く、土壤中では宿主植物根圏あるいは非宿主根圏 (雑草を含む) で生育する。そ菜軟腐病菌、立枯病菌、及びイネ白葉枯病菌などがこの群に入る。イネ白葉枯病菌は伝染方法から水媒伝染に入るが、この群に入れておく。

引用文献

- 1) AGRIOS, G. N. (1978): Plant Pathology, 448~450, Academic Press, New York.
- 2) BUDDENHAGEN, I. W. (1965): The relation of Plant Pathogenic bacteria to soil. in Ecology of Soil-borne Plant Pathogens Ed. by BAKER, K. F. and SNYDER, W. C. University of California Press, New York.
- 3) 後藤和夫ら (1953): 農園 28: 207~208.
- 4) 後藤正夫 (1962): 静岡大学農学部研究報告 12: 3~72.
- 5) ——— (1980): 植物防疫 34: 27~34.
- 6) 菊本敏雄・坂本正幸 (1967): 日植病報 33: 181~186.
- 7) 岡部徳夫 (1969): 静岡大学農学部研究報告 19: 1~29.
- 8) 小野邦明 (1976): 盛岡たばこ試報 11: 1~52.
- 9) SUZUKI, Y. and J. Togashi. (1978): Phytopath. Z. 93: 137~147.
- 10) 高梨和雄 (1978): 果樹試報 A.5: 1~71.
- 11) 田中行久 (1973): 農園 48: 1333~1336.
- 12) ——— (1973): 同上 48: 1485~1490.
- 13) 谷井昭夫ら (1976): 北海道十勝農試資料 6: 1~60.
- 14) 富永時任 (1965): 日植病報 30: 292.
- 15) 津山博之 (1962): 東北大農研彙 13: 221~345.
- 16) ——— (1980): 植物防疫 34: 294~298.
- 17) VALLEAU, W. D. et al. (1944): Phytopathology 34: 163~174.
- 18) WAKIMOTO, S. (1957): Ann. Phytopath. Soc. Japan 22: 159~163.
- 19) 吉村彰治 (1963): 北陸農試報 5: 27~182.

土壌伝染病の生態的防除手段としての 輪作と有機物施用

茨城県農業試験場 ^{まつ}松 ^だ田 ^{あきら}明

はじめに

昭和55年10月2日、日本植物病理学会主催 第10回土壌伝染病談話会において、標記課題について、栽培学(畑作)の立場から大久保隆弘氏(北海道農業試験場)、同じく野菜の立場から高橋和彦氏(野菜試験場)、土壌微生物の立場から鈴木達彦氏(広島大学)、土壌学の立場から浜田竜之介氏(東京農工大学)、植物病理の立場から筆者がそれぞれ意見を述べ、討論が行われた。

大久保氏は有機物施用による土壌病害の軽減効果は輪作との併用で初めて現れ、これらの施用は地力維持を主目的とし、土壌伝染病防除は二次的なものという立場を主張された。輪作の面では、土壌伝染病軽減策として輪作の効能は大きい、病害が多発してからではその効果にも限界があり、病原菌による汚染以前からの計画的な輪作こそ重要であると訴えられた。そして、今後、汚染土壌における輪作技術、輪作年限別制御可能病害の分類、田畑転換の土壌伝染病防除的意義、土壌伝染病最適pHと輪作技術、多肥化と土壌病害、有機物の栽培的効果について早急に解決する必要があると指摘された。

高橋氏は連作障害の現れるまでの年数は作物の種類、栽培技術で異なるのはもちろんであるが、最近では、農村の都市化、後継者難などの社会的条件も関係することを指摘した。また、昭和53年のアンケート調査から、10年以上連作しても全く障害の現れない例が全国で58例あり、これに該当する作物の中には従来から休耕年数を長く必要とするトマト、ナス、スイカ、キュウリなどが含まれていることも指摘された。更に、病原菌に汚染された土壌では、有機物施用による土壌病害軽減効果はなく、この施用効果は病害発生に間接的に作用するもので、地力培養が基本であると示唆された。

鈴木氏は稲わらのような易分解性有機物の施用による土壌微生物相の変動は土壌の種類とその物理性により異なるが、施用後5~6週間続き、前半は細菌、糸状菌、後半は放線菌の優占する菌糸型になることを指摘し、このような変動の指標の取り方とその意義、根内微生物と

連作障害発生との関連について興味ある写真、スライドを披露された。

浜田氏は土壌と土壌有機物を理解し、土壌伝染病との関連を論ずる場合、土壌をどのようにとらえるのか、これらの視点について土壌学の立場から基礎的な解説をされた。

筆者は、本談話会の幹事が集められた全国の40試験研究機関で最近行われた、輪作ならびに有機物施用と土壌病害との関連試験の資料約120編をまとめ、これを基に生態的防除における土壌中の病原菌密度と土壌微生物相の役割について意見を述べた。

この後、駒田、荒木両氏の司会により討論が行われた。しかし、必ずしも統一見解は得られなかったが、このパネル討論を通じ、土壌病害の生態的防除手段としての輪作と有機物の役割、その仕組み、効果の限界など我が国の研究情勢がほぼ浮き彫りになり、今後の研究視点も絞られてきた。また、土壌病害の生態的防除は一筋なわでは不可能であり、計画的、総合的に組み立てなければならぬことが指摘された。一方、主産地では余儀なく連作せざるを得ない厳しい農業情勢であるから、長年月を必要とする輪作を前提としない土壌病害防除の技術革新の必要性も訴えられた。

ここでは、最近我が国で果菜類キュウリ、トマトなど6種類13病害、根菜類ダイコン、ナガイモなど5種類10病害、塊根(茎)類ジャガイモ、コンニャクなど5種類10病害、葉菜類ハクサイ、キャベツなど5種類8病害、その他タマネギ、アスパラガスなど8種類8病害、計29作物46病害(原因不詳7種類を含む)について試験された結果を筆者なりに第1、3表に取りまとめたので、これを紹介することにした。ここで取り扱った資料は研究論文もあったが、多くは現在継続中の中間成績であることをお断りする。なお、紙数の関係で相当数割愛した。これを契機に各地試験研究の益々の発展を期待するとともに、御批判いただければ幸いである。

I 有機物施用と土壌病害発生との関係

第1表において、「軽減された病害」は無施用または標準区を100としたとき、20以上指数が低くなった試験例。「助長された病害」は逆に20以上指数が高くなった

Crop rotation and Organic amendment for
Biological control of Soil-borne Diseases By Akira
MATSUDA

第1表 最近試験された有機物施用と土壤病害発生との関係

有機物の種類	軽減された病害	助長された病害
1 鶏糞	<p>キュウリつる割病 (農事試 2) トマト萎ちょう病 (農事試 2, 四国ポ 100~200g) キャベツ萎黄病 (茨 2) キャベツ菌核病 (神ポ 0.25, 0.5) ハクサイ根こぶ病 (石川ポ 5%, 兵ポ 0.5) コカブ根こぶ病 (滋ポ 0.5, 2)</p>	<p>トマト萎ちょう病 J₃ (岐 1) ダイコン萎黄病 (岐 3, 農事試 2, 岡 0.2) コンニャク乾腐病 (群ポ 200g) ジャガイモ粉状そうか病 (静 0.3) ダイコン横縞症状 (福井 5, 醗酵鶏糞) ダイコン黒斑症状 (兵但ポ 0.5, 1)</p>
2 豚糞	<p>キュウリつる割病 (茨 3~10, 農事試 5) キュウリ立枯性疫病 (茨 5) トマト萎ちょう病 (四国ポ 500g) コカブ根こぶ病 (滋ポ 1, 2)</p>	<p>ナス半身萎ちょう病 (茨 5 増収効果大) ピーマン疫病 (茨 1~5 増収効果大) ダイコン萎黄病 (茨 2~10, 農事試 5, 岡ポ 1.8) ゴボウヤケ症 (茨 5) ジャガイモそうか病 (茨 5, 10 塊茎肥大良) コンニャク乾腐病 (埼 4) キャベツ萎黄病 (茨 5) レタス裾枯病 (岩 2)</p>
3 牛糞 4 馬糞 5 蚕糞	<p>コカブ根こぶ病 (滋ポ 1, 2) [コカブ根こぶ病 (滋ポ 1, 2) に効果なし] サツマイモ紫紋羽病 (九州, 畑 5)</p>	<p>ダイコン萎黄病 (岡 1.8) クワ白紋羽病 (蚕試, 東北ポ 3.5g)</p>
6 おがくずまたはもみ殻豚糞 (醗酵)	<p>キュウリつる割病 (茨ポ, しかし乾燥豚糞より効果減退)</p>	
7 おがくず家畜糞	<p>ユウガオつる割病 (滋ポ 2)</p>	<p>トマト根腐萎ちょう症 (兵ポ 5) ダイコン萎黄病 (岐 6~20, 岡ポ 1) ダイコン横縞症状, 亀裂変症状 (岐 6) ジャガイモそうか病 (静 2, 4) ジャガイモ粉状そうか病 (静 2, 4)</p>
8 パーク堆肥類	<p>キュウリつる割病 (農事試ポ, 駒田ポ 200~500g) トマト萎ちょう病 (四国ポ 100g) ナス連作障害 (兵ポ 500g) ジャガイモそうか病 (静 キノパーク, 東海堆肥 2, 4) ジャガイモ粉状そうか病 (静 キノパーク 2, 4, 東海堆肥 4) アスバラガス紫紋羽病 (岩 3)</p>	<p>ナス半身萎ちょう病 (兵ポ 500g) ナス褐色腐敗症 (兵ポ 500g) ダイコン褐変亀裂症状 (岐 6, 山口ポ 2) ナガイモ褐色腐敗病 (長野 2)</p>
9 青刈り作物 (クローバー, オーチャード, ムギ類 など)	<p>コンニャク乾腐病 (群ポ 200g)</p>	<p>キュウリつる割病 (茨 春期施用直後播種) テンサイ苗立枯病 (茨 沢田春期施用) ラッカセイ・ダイズ白絹病 (茨ポ 春期施用) ダイコン萎黄病 (兵ポ 3) ゴボウヤケ症 (茨ポ) レタス裾枯病 (岩 2) [タネバエの被害増大茨城]</p>
10 稲わら ムギからアルファルファ	<p>キュウリつる割病 (高 1, 茨 0.45, 神 園 0.5, 1.0) テンサイ苗立枯病 (茨 2.375) ジャガイモそうか病 (静, 長崎 0.5) コンニャク根腐病 (高 1) タマネギ乾腐病 (北見 0.5) 同上</p>	<p>コンニャク根腐病 (茨 7.3) [ドウガネブイブイ幼虫によるラッカセイの被害増大 茨城]</p>
11 堆肥	<p>キュウリつる割病 (茨ポ 3~15%) トマト萎ちょう病 (茨 5) トマト根腐萎ちょう症 (兵ポ 5) テンサイ苗立枯病 (茨 1.5 ポ 37~200g) テンサイ根腐病 (岩 5, 4) アスバラガス紫紋羽病 (岩 4) コンニャク根腐病 (長野南信 2)</p>	<p>コンニャク根腐病 (茨 1 未熟ほど発病助長) コンニャク乾腐病 (埼 2, 4)</p>

第1表のつづき

有機物の種類	軽減された病害	助長された病害
12 コーヒーかす 13 マノン有機 14 海藻堆肥	キュウリつる割病 (駒田ポ 170~200g) ハクサイ根こぶ病 (石川ポ 5%, 兵ポ 2) キャベツ根こぶ病 (愛園 0.5) トマト萎ちょう病 (農事試 5)	ナス半身萎ちょう病 (兵ポ 500g) ナス褐色腐敗病 (兵ポ 500g) ダイコン萎黄病 (愛園 1) ダイコン萎黄病 (農事試 5)
15 キチン, カニ殻, エビ殻など	キュウリつる割病 (農事試 2, 茨ポ 1%, 駒田ポ 30~120g) トマト萎ちょう病 (愛園ポ 1t, 四国ポ 50~200g, 農事試 2) イチゴ萎黄病 (鳥・野 2, 4) ダイコン萎黄病 (愛園 0.045, 駒田 1.2>0.6>0.3, 福井 0.76) ダイコン横縞症状 (福井 0.06) コカブ根こぶ病 (滋ポ 1.2) ハクサイ根こぶ病 (石川ポ 0.5%)	スイカ立枯性疫病 (奈 0.5) コンニャク乾腐病 (群ポ 200g)
16 消石灰, 貝殻類	キュウリつる割病 (茨 0.5, 1) トマト萎ちょう病 (茨 0.5~2, 四国ポ 25~150g, 愛園クイーン有機, サンライム 2, 4) ハクサイ, キャベツ根こぶ病 (各農試 0.3~0.5) ダイコン萎黄病 (福井 3) ダイコン横縞症状, 亀裂褐変症状, 黒斑症状 (福井 1, 3) コンニャク根腐病 (茨 0.3~1) ラッカセイ白絹病 (茨 0.375)	テンサイ苗立枯病 (茨ポ 0.5~1) ジャガイモそうか病 (長崎 30~90kg) クワ白紋羽病 (蚕試, 東北ポ 20g) ラッキョウ白色疫病 (福井 0.5)
17 堆肥+消石灰	キュウリつる割病, トマト萎ちょう病 (茨, 四国) コンニャク根腐病 (茨)	

注 記載例: 病害名 (県, 試験場名, ポ: ポット試験, ほ場試験の場合は無記入, 施用量 t/10a)

試験例として表示した。消石灰, 貝殻は有機物ではないが, これを併用することによって土壌の物理性改善 (美園・木下, 1957) またはキュウリつる割病, トマト萎ちょう病, コンニャク根腐病などの土壌病害軽減効果 (松田ら, 1969; 茨城農試, 1974, 1975; 本間ら, 1976) がそれぞれ単用より高くなることが認められているので, ここで取り扱った。第1表から有機物施用と土壌病害発生との関係は次のように取りまとめられると思う。

1 土壌病害に対する有機物の効果は多種多様

土壌中における生態的性質が同じような病原菌に起因する病害, 例えばキュウリつる割病 (病原菌 *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*) とダイコン萎黄病 (*F. oxysporum* f. sp. *raphani*) は同一有機物鶏糞 (農事試, 1977) または乾燥豚糞 (農事試, 1977; 茨城農試, 1976) 施用に対して全く逆の反応を示し, 前者には極めて有効に働き, 後者にはむしろ発病を助長した。また, 同一有機物, 例えばカニ殻とスイカの関係をみると, 多量施用するほどつる割病 (*F. oxysporum* f. sp. *niveum*) を軽減するが, 立枯性疫病 (*Phytophthora* sp.) は逆に多くなる試験例 (奈良農試, 1970) もある。根菜類では, ダイコンの黒斑症状, 亀裂褐変症状, 横縞症状はおがくず豚糞,

おがくず牛糞またはパーク鶏糞連用区で多発する傾向が岐阜県農業試験場 (1978) で観察され, 同じような現象がナガイモ褐色腐敗病 (長野野菜花き試, 1977), ゴボウヤケ症 (茨城農試, 1977) でも認められている。

このように有機物施用効果は作物及び病害の種類で複雑な反応を示すが, 概括的にみると, キュウリ, トマト, ナスなどの果菜類は他の作物に比べて有機物施用によって生育は良好となり, 各種病害の軽減効果も高い試験例が多かった。ハクサイ, キャベツ, レタス, サラダナ, ホウレンソウのような葉菜類では, 病害発生そのものは必ずしも軽減されないが, 地上部の生育は良好となり, 増収するという試験例が多く, 有機物施用効果の高いグループとみなされた。ジャガイモ, コンニャクなどの塊茎類では, 植え付け直前に有機物を多量施用するほど病害発生は多くなり, 好ましくないが, 塊茎の肥大は良好になる試験例が多かった。ダイコン, ニンジン, ゴボウ, ナガイモなどの根菜類では, 有機物の施用により各種病害が多発し, 商品価値を低下する傾向が最も強く, 有機物施用を好まない作物とみなされた。

病害の種類によっても有機物施用に対する反応が異なり, ジャガイモそうか病と粉状そうか病, アブラナ科作

物の根こぶ病は有機物施用により軽減されにくく、次いで菌類による病害、半身萎ちょう病、フザリウム病の順に軽減されやすくなり、中でも紫紋羽病、白紋羽病、リゾクトニア病、白絹病などは比較的軽減されやすい病害のようにみなされた。

2 有機物の施用量との関係

最も試験例の多かったフザリウム病でみると、キュウリつる割病は乾燥豚糞を 10a 当たり 3t 以上多量に施用するほど軽減効果が高く、その効果は長期にわたり持続した。また、おがくず、もみ殻などととも醗酵させると、発病軽減効果は低下し(茨城農試, 1975)、持続効果も短期間になることが農事試験場(1977)で観察されている。牛糞、鶏糞など多くの未熟な粗大有機物も乾燥豚糞とほとんど同じ傾向であった。

有機物施用効果の現れやすいキュウリ、トマト、ナスなどでは、有機物施用量が多いほど軽減効果が高くなる傾向を示した。逆に、根菜類、塊茎類のダイコン、ジャガイモなどでは、施用量が多いほど発病が助長された。岐阜県農業試験場(1977~79)では、ダイコン萎黄病に対しておがくず、牛糞を中心に腐熟度、施用時期を種々変えて試験しているが、全く防除効果を認めず、むしろ無施用より多発し、他の病原菌による根部異常症状まで誘発したことを報告している。

なお、キュウリつる割病、トマト萎ちょう病、ダイコン萎黄病、イチゴ萎黄病などのフザリウム病に対して消石灰、石灰質の有機物、カニ殻、エビ殻及びキチンは作物の種類を問わず安定した高い防除効果が認められた(駒田ら, 1965, 73, 78; 奈良農試, 1970; 本間ら, 1976; 加藤ら, 1973~75; 木谷ら, 1957; 本橋ら, 1964; 松田ら, 1969, 76)。これらは連作条件下でも軽減効果を認めた。

3 有機物の施用時期との関係

C/N 比の低い未熟な粗大有機物(ムギ類、クローバー、ソルゴーなどの青刈り作物、家畜糞)の春施用は、レタスのリゾクトニア病(岩手農試, 1977)、ゴボウヤケ症(松田ら, 1977)、テンサイ苗立枯病(沢田, 1969; 松田, 1972)、キュウリ苗立枯病(松田ら, 1976)、白絹病(渡辺ら, 1968)、キュウリつる割病(茨城農試, 1978)及びタネバエ(松田ら, 1976)の被害を助長するが、これらの被害は秋施用によりほぼ回避される傾向であった。C/N の高い稲わら、ムギ稈のすき込みは C/N 比の低い有機物に比べて土壤病害の多発を招く危険は非常に少ない(松田ら, 1972, 76)が、ドウガネブイブイ多発地帯で6月中旬以降ムギ稈をすき込んでラッカセイのマルチ栽培を行うと、成虫を誘引し、産卵を多くして幼虫の密度を高めて大きな被害を受けることが茨城県農業試験

場(1978~80)で認められ、土壤害虫の面からも有機物の施用効果を検討する必要性が示唆された。また、有機物施用によってむしろ多発するダイコン萎黄病も有機物を秋に施用しておく、発病助長はなくなることが岡山県農業試験場(1980)で観察された。また、栽培部門でもニンジン、ダイコン、ゴボウに対して青刈り作物をすき込んですぐ栽培すると、発芽不良、岐根を生じ、品質低下を起すが、冬期施用及び施用後一定の放置期間をおくことにより上記被害を回避しうることも認められつつある(塩野, 1980)。

4 有機物の施用効果を発現させる条件

(1) 殺菌土では効果が現れにくい

キュウリつる割病に対する乾燥豚糞の施用効果は第2表のように土壤を蒸気殺菌(100°C, 30分間)することにより消失するが、50°C, 4日間処理土壤(糸状菌は激減、細菌数は相当に分布)では、軽減効果を認めた。同じような現象がユウガオつる割病(滋賀農試, 1979)、キュウリつる割病(農事試, 1977)で認められた。キュウリつる割病やトマト萎ちょう病の軽減効果の高い鶏糞または豚糞を多量に施用すると、細菌、放線菌が顕著に増加し、このような土壤中では病原菌分生胞子の発芽は無施用より抑制され、病原菌の生存を不利にする発芽管の溶解を高め、厚膜胞子形成を抑えることが茨城県農業試験場(1974)、四国農業試験場(1974, 78)で観察されている。また、土壤中のフザリウム菌は作物根圏特に根面を増殖の場としているが、豚糞施用の根圏土では、厚膜胞子の発芽はむしろ抑制され、発芽管の溶解率は高くなり、厚膜胞子形成率は低く、根圏における病原菌数の増加が抑制されることも認められた(茨城農試, 1975, 80)。アスパラガスの紫紋羽病では、根の活力を高めるような土壤改良(溶リン、炭酸カルシウム、堆肥施用)は発病を軽減し、このような土壤は細菌相が活性化していると小沢(1977)は報告した。土壤肥料分野でもキュウリ(鈴木・竹下, 1973)、トマト(石上ら, 1979)、ナス(吉倉ら, 1978)の連作障害が細菌型土壤で軽いことを指摘した。一般に堆肥を多量に施用した畑は B/F 値が大き

第2表 土壤殺菌が乾燥豚糞のフザリウム病軽減効果に及ぼす影響 (茨城農試, 1979)

試験区別	キュウリつる割病	
1 乾燥豚糞 10 t/10a 施用土壤	100°C, 30分間	97.6%
	50°C, 4日間	23.3
	無処理	10.0
2 堆肥 2 t/10a 施用土壤	100°C, 30分間	100
	50°C, 4日間	96.7
	無処理	64.8

く、細菌型になっているとみなされる。上記の諸現象から、有機物を有効に利用するためには、土壌を殺菌せず、自然土の微生物を上手に活用する必要がある。

しかし、現場では有機物の効能を低下させる土壌消毒が行われる。このような場合には、土壌消毒後に病原菌を含まない良質の有機物を施用すると良い成果を取めることがナガイモ褐色腐敗病(長野野菜花き試, 1977~79), ユウガオつる割病(滋賀農試, 1979)で認められているので、作業手順に注意を要する。

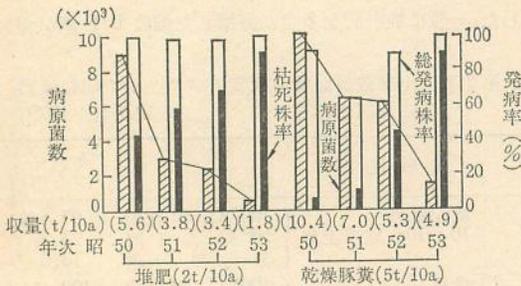
なお、現在土壌微生物相は全体の数としてとらえる場合が多い。自然土において発病に積極的に関与する微生物の探索とその役割(病原菌と作物への作用)を今後詳細に究明し、自然土の微生物相の意義を明らかにすべきであろう。

(2) 病原菌の密度は低いこと

有機物の施用効果と病原菌密度との関係に関する試験例は少なかったが、鳥取県野菜試験場(1979)によると、カニ殻のイチゴ萎黄病防除効果は極めて高く、普及に移せる技術とされたが、この効果も乾土1gに病原菌を約17万個含む土壌では認められなくなるとした。愛知県園芸研究所(1973~75)でもトマト萎ちょう病に有効とみなされた有機物資材について、病原菌密度との関係を試験しているが、高密度になると、ほとんど防除効果を認めず、連作によりその効果の消失も速められることを明らかにした。したがって、いったん病害が多発し、病原菌密度が高くなってから有機物を施用し、地力増強に努めても病害軽減効果は極めて弱いので、平常から病原菌を持ち込まず、連作障害が発生しないような肥培管理が必要である。

(3) 連作条件下では防除効果が現れにくい

第1図は連作条件下で乾燥豚糞のキュウリつる割病防除効果を追跡した試験の一部であるが、乾燥豚糞を輪作条件で10a当たり3t以上施用すると、枯死株を少なくして、発病を軽減した。しかし、連作条件下では防



第1図 連作条件下におけるキュウリつる割病菌の密度推移と発病との関係(茨城農試)

除効果はしだいに減少し、3年以上の連作では、この軽減効果は極めて低下した。このような現象はタマネギ乾腐病(北見農試, 1980), トマト萎ちょう病(愛知園研, 1973~75), ナス半身萎ちょう病(茨城農試, 1978~80), ダイコン萎黄病(岐阜農試, 1976~78), キャベツ根こぶ病(群馬園試, 1976~77)で観察されている。土壌病害多発畑における有機物の効能にも限界があり、有機物施用による土作りも輪作が基本になって初めて生きていることが示唆される。

II 連輪作と土壌病害発生との関係

ここで取り扱った資料は15試験研究機関で19病害・土壌線虫を対象に44種の作物について、組み合わせの方法または前作の影響について検討された。第3表にこれを取りまとめた。これらから次の事項がほぼ明らかにされた。

(1) 東京都農業試験場江戸川分場の試験によると、葉菜類は種類によって異なるが、概して連作しやすい傾向である。一方、ジャガイモそうか病、象皮病は輪作の効果が発現しにくかった(長崎総農試, 1975~79)。

(2) ゴボウヤケ症(茨城農試, 1976), コンニャク根腐病(茨城農試, 1975), キャベツ根こぶ病(群馬園試, 1979), アズキ落葉病(金野, 1976), インゲン根腐病(宇井・伊藤, 1973)は3年休作ではほぼ実用的な段階まで軽減した。しかし、ダイコン萎黄病(岐阜農試, 1979), トマト萎ちょう病, キャベツ萎黄病(愛知園研, 1979), テンサイそう根病(北見農試, 1979)などでは少なくとも4年以上の長期間の休作年数の必要性が示唆されている。

(3) トマト褐色根腐病は水稲との交互作で初年目には相当に軽減されるが、この繰返しで2, 3回と重なるに従って効果が減退し、3回目にはほぼ消失することを鈴木ら(1979)は報告している。このような試験例は少ないが、トウモロコシ-ダイズの交互作でもトウモロコシのネコブセンチュウの密度軽減効果が3回目ではほぼ消失する結果と一致し、今後他の病害虫についても検討する必要がある。

(4) 数年間休作すると、病原菌の密度は低下し、発病は軽くなるが、寄主作物の栽培により再び病原菌の増殖は活発となり、再び連作すると、病害発生は極めて激しくなることがキャベツ根こぶ病(群馬県, 1976), *Aphanomyces* によるテンサイ苗立枯病(阿部, 1976)などで指摘された。

(5) 前作としてイネ科作物は概して野菜の各種土壌病害を軽減する作用が他の作物に比べて大きい(茨城農

第3表 最近試験された連輪作と土壌病害発生との関係

前作の種類	土壌病害の種類
パセリ, レタス, ニンジン, ナス, タマネギ, エンドウ, ビーマン イネ, アズキ, ウズラマメ, ネギ, トマト, ゴボウ, シュンギク, ホウレンソウ, スイカ キュウリ, ササゲ	ハクサイ根こぶ病に対し 40 日間栽培で有効 無栽培 (28.6%) 以下に発病を低下 無栽培以上に発病増大 (以上石川農試)
ラッカセイ, スイカ, ニガウリ, コスモス, マリーゴールド, セイヨウアサガオ ダイズ, ホウレンソウ, リクトウ, ハクサイ, ホウズキ, オジギソウ, キンセンカ, サルビア	カブ根こぶを強度に軽減 同上を軽減 (以上農事試)
イタリアンライグラス-レタス-ジャガイモ-キャベツ	キャベツ根こぶ病を実用的に軽減 (群馬県, 群馬農試)
オーチャード, シロクローバー<ジャガイモ, アスパラガス	テンサイそう根病, 2~4 年輪作で効果なし (北海道農試)
オカボ, トウモロコシ, キュウリ, サツマイモ, ダイズ, ラッカセイで3年休作	コンニャク根腐病を強度に軽減 (茨城農試)
オカボ	テンサイ苗立枯病 (<i>Rhizoctonia solani</i> IIIA型, AG-4) を軽減 (茨城農試)
青刈りトウモロコシ, リクトウ, リクトウ-ジャガイモ (コムギ)-カブ-テンサイ アズキ ダイズ, クローバー	テンサイ根腐病を軽減 同上をやや軽減 同上に効果なし (以上岩手農試)
水稲, ソルガム, キャベツ	トマト褐色根腐病を軽減 (静岡農試)
コムギ, チモシーで3年休作	アズキ落葉病を強度に軽減 (北海道農試)
トウモロコシ, 春コムギ>テンサイ	タマネギ乾腐病を軽減 (北見農試)
コムギで3年休作 エンバク, テンサイ, 休閒	インゲン根腐病を軽減 (北大農, 宇井) 同上を軽減, 蒸気殺菌はこの効果を消滅 (北海道農試)
オカボ, トウモロコシ, サツマイモ, ネギ, ラッカセイ, ダイコン トマト, ダイズ	キュウリつる割病を軽減 同上に効果なし (以上茨城農試)
オカボ, トウモロコシ ダイズ, クローバー キク, シュンギク ハクサイ, ニンジン, ネギ>ナス, ダイズ, キュウリ, ホウレンソウ	トマト萎ちょう病を軽減 (以上茨城農試) 同上に効果なし 同上を軽減 (ただし, 4年休作でも実的に不十分) 同上に効果なし (以上愛知園研)
オジギソウ, マリーゴールド, サツマイモ, キンセンカ, マツバボタン, サルビア ラッカセイ, ハクサイ, スイカ, コスモス, ニチニチソウ イタリアンライグラス-ニンジン-キャベツ-ダイコン スイカ, スイートコーン, インゲン>トマト, エンバク	ダイコン萎黄病を強度に軽減 同上をやや軽減 (以上農事試) 同上に黒ボクでやや軽減, 黄色土で効果なし (岐阜農試) 同上を軽減, 根部異常症状には効果なし (福井農試)
オカボ, トウモロコシ, プリンスメロン, ラッカセイの組み合わせで2~3年休作 ニンジン, ダイコン, ナガイモ	ゴボウヤケ症実的に回避 同上に効果なし (以上茨城農試)
オカボ ラッカセイ, ダイズ, サツマイモ	白絹病を軽減 同上に効果なし (以上茨城農試)
サツマイモ, ラッカセイ>イネ, スイートコーン	サトイモ連作障害を軽減 (大分農試)

第3表のつづき

前作の種類	土壌病害の種類
ラッカセイ, サトイモ, トウモロコシ, ダイコン, ミツバ マリーゴールド, ラッカセイ, サトイモ, オカボ, イタ リアン, ソルゴー, トウモロコシ, ダイコン, ミツバ, ダイズ	ジャワネコブセンチュウ増殖せず サツマイモネコブセンチュウ増殖せず
マリーゴールド, ラッカセイ, サトイモ, サツマイモ, ローズ, オカボ, ナガイモ, スイカ, ジャガイモ	キタネグサレセンチュウ増殖せず (以上農事試)

試)。その他にもハクサイまたはカブ根こぶ病やダイコン萎黄病を強度に軽減する力の大きい作物が石川県農業試験場 (1977), 農事試験場 (1980) から報告されている。輪作作物の選び方は技術だけでなく、農家の経営と立地条件に大きく左右される面があるが、第3表がそれに役立てば幸いである。

(6) 有機物の施用効果の発現条件と同じように、殺菌土では前作特にエンバクのインゲン根腐病軽減効果が消失し、自然土であることの重要性が指摘された (北沢・鎧谷)。また、伊藤・宇井 (1969, 72) はインゲン連作土で栽培したインゲン根内の根腐病菌はムギ根内の病原菌より発病力の大きいことを指摘した。タマネギ連作土壌には発病力の強い乾腐病菌が輪作土壌より多く分布していることを北見農試 (1980) は認めた。また、筆者ら (1980) もキュウリ連作土では輪作土壌より同一病原菌量に対してつる割病発生が激しくなることを認めた。更に、連作土壌で栽培されたタマネギの根の活力は輪作根より劣り、病気にかかりやすい体質になっていることも指摘されている (北見農試, 1980)。以上3者の試験結果はほぼ一致し、連作するほど土壌病害が多発する原因として、少なくとも病原菌の活力及び作物の体質が関与していることが明らかになった。

更に、宇井ら (1973) は作物が老衰期になると、寄主

特異性を失い、根内潜在性のインゲン根腐病菌は非寄主作物でも枯ちよう期に増殖しうる可能性を指摘した。これは土壌伝染性病原菌の特徴である耐久体形成と相まって、輪作しても病原菌密度がなかなか消滅しない原因とみなされる。

おわりに

有機物施用及び輪作と土壌病害との関係は上記のように、個々の技術の面では相当明らかになりつつある。しかし、土壌伝染病菌の生態的特性と作物根と病原菌の強固な結び付きを輪作または有機物施用という技術で短期間に断ち切ることは難しく、生態的防除を成功させるには長年月が必要となる。ここでは取り扱わなかった抵抗性品種及び接ぎ木栽培は連作障害回避の大きな鍵を握っている。これらを含めた立場で輪作ならびに有機物施用の問題を究明し、この分野に対する現場の大きな期待にこたえなければならぬだろう。上記の現状分析が各産地の悩み多き連作障害対策に一里塚として少しでも役立てば幸いである。

なお、ここで引用した資料は当研究室に保存いたしておりますので、御連絡いただければ複写いたします。

本会発行図書

土壌病害に関する国内文献集 (II)

北海道大学農学部 宇井格生 編

A 5判 166 ページ 1,200 円 送料 250 円

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

放線菌病研究の現状と今後の課題

長崎県総合農林試験場 ま
むら
さだ
お
木 村 貞 夫

植物放線菌病の典型ともいえるジャガイモそうか病の病原体が R. THAXTER²²⁾ によって明らかにされて以来、90年の歳月が経過している。この間の、本病に関する研究成果は主に欧米の研究者によって得られたものであるといっても差し支えないが、我が国でも早くから問題になった模様で、1916年には長崎県農業試験場で硫黄と焼土による土壌消毒試験が行われている。既に、水沢(1935)¹⁵⁾はそうか病をめぐる諸問題の全般にわたり優れた概説を行っているが、その後1980年代に至った今日まで、本病の研究に関して大きい発展があったとは言えないのが現状であろう。その理由の一つとして考えられることは、ジャガイモそうか病にみられるように概して放線菌病による被害が致命的なものではなく、主に外観を損なうことによる品質低下が問題となる病害であるため、重要性の点で下位に位置付けられたためであると思われる。しかしながら、1970年代においてジャガイモの連作に伴う各種の障害が発生し、その一つとしてそうか病が無視できなくなり再び試験研究に取り上げられるようになった。D. H. LAPWOOD⁹⁾は、ジャガイモそうか病の防除は手に負えない問題と考えられていたが、感染に関するより深い理解が得られるようになった今日、この面倒な病害との闘いに大いなる希望を与えるとして述べている。1980年代に入った現在、放線菌病に関する諸問題を概観し、今後の課題について述べてみたい。

I 植物放線菌病の病原

これまでに、植物に病原性が認められている放線菌は Streptomycetaceae 科4属のうち、Streptomyces属の数種に過ぎない。しかるに、国際細菌命名規約の改正に伴う植物病原細菌の Approved Lists から、病原放線菌は削除されることになっている。その理由としては、これまでの保存菌株が分類学上の要請を満たしていない⁷⁾ことによると思われる。したがって、既知の病原放線菌については改正規約に沿った報告が改めて求められていることになる。病原の学名に関する問題が解決されるまでの間、当面は慣用された種名を使用するのもやむを得ないことと考える。そのうえに、ジャガイモそうか病の病斑型と病原菌との関係については古くて、今なお新しい問

題を含んでいる。既に、水沢が断定的に述べているようにまれに寄生能力があるものでもその力は微弱であって、要するに *Streptomyces scabies* が普遍的かつ、最も有力なそうか病菌¹⁵⁾であることは確かであろう。しかし、pH 5.0 以下で発生する *Uncommon scab*¹⁾ と、湿潤条件下で発生しやすい *Russet scab*、及び象皮病は発生条件に関してそうか病とは逆の関係になり、防除法にもかかわる問題を含むので無視することはできないと思われる。一方、ジャガイモの粗皮症状を起因する病害として、銀か病、粉状そうか病、黒あざ病、2核の *Rhizoctonia* 菌による亀の甲症状、Yモザイク、PVM、などが知られているので、病徴を区別するための診断法の確立が急務となっている。

ダイコンのそうか病とそうか症については、ジャガイモそうか病斑に酷似する、もしくは共通する病徴を示すのはそうか症であり、そうか病ではダイコンの根の中央部がこぶ状に隆起する¹⁶⁾など、病徴はかなり異なるので病原を含めて今後比較検討を要する問題である。また、PERSONら¹⁸⁾が報告したサツマイモ Soil rot については、我が国で未記載の放線菌病であるが、原因不明に終わったサツマイモ立性症状²¹⁾との異同を調べてみる必要があるかもしれない。

II 病原菌の寄主範囲とレース及び

アクチノファージ

放線菌病の寄主はイモ類と根菜類であるが、寄主範囲が明らかなのは *St. scabies* のみである。水沢¹⁵⁾は、その寄主作物としてジャガイモを含め4科8種を挙げている。長崎県のジャガイモ産地において、ジャガイモの後作にダイコンを栽培してそうか症が多発した事例があり、改めて寄主範囲を明らかにすることの重要性が認識された。なお、まだサンプル程度ではあるがニンジンにもそうか症の発生を認めている。畑作物を栽培するうえで、輪作は基本的なことであろうから、根菜類全般を対象に *St. scabies* の病原性を明らかにしていくことも今後の課題である。なお、WEINHOLDら²⁴⁾は長期間にわたるジャガイモとオオムギ、またはダイズとの輪作試験を行い、ダイズとオオムギを緑肥としてすき込んだ場合のそうか病に対する効果を検討して、オオムギではそうか病が漸増したのに比較してダイズでは有意に抑制するこ

とを示した。それとともに、ダイズ緑肥の効果に関連して枯草菌 (*Bacillus subtilis*) が拮抗微生物として有力な存在であることを示唆している。そうか病菌の土壌中における生態解明にも関連して興味がある。ジャガイモそうか病の発生程度には品種間差異の存在が早くから認められている。品種間差異の基になる品種の抵抗性は、イネいもち病にその例をみるように病原菌のレースと関連して発現する。LEACH ら¹¹⁾は、ジャガイモそうか病感受性品種 Warba, 抵抗性品種 Jubel, Arnica など3品種, 2育成系統のそうか病菌2菌株に対する反応を調査して、Warba と育成系統1は両菌株に感受性、Arnica は抵抗性であったのに対し、Jubel と育成系統2は供試菌1に感受性、供試菌2に抵抗性を示したことから、本病菌にもレースが存在するとした。防除困難な病害とされる本病も品種抵抗性を利用することにより被害を軽減できれば最も望ましい。そのためには、病原菌のレースの有無を明らかにして、品種抵抗性検定法を確立する必要がある。

Streptomyces 属菌のフエージを通常アクチノフエージ (Actinophage) と呼んでいる。NEWBOULD ら¹⁷⁾は、ジャガイモそうか病斑から分離した病原株と非病原株に対するアクチノフエージの親和性を調べ、寄主特異性はみられないとしている。そうであるとすれば、バクテリオフエージの寄主特異性を利用することによりイネ白葉枯病の生態研究が大きく発展した例を直ちに応用することはできないであろうが、我が国に分布するそうか病菌のレースの分類と併せて、フエージ親和性を明らかにし、土壌中における病菌の生態解明の一助にすることも今後の課題となろう。

III 分類と同定及び菌株の保存

放線菌 (*Actinomycetes*) の属は30以上⁶⁾、あるいは43属⁵⁾に達するとされながら、すべての属を検索するための満足しうる方式はまだ確立されているとは言えず、属に至る検索式には幾つかの代表的なものがあるけれどもそれぞれ一長一短があるとされている。したがって、検索にあたっては数種の検索式を併用してその正当性を相互に検討することが必要となる。WAKSMAN の検索式に COUCH の発見になる遊走性胞子の存否、LECHEVALIER らの完成した細胞壁組成による属の分類システムを加えた *Streptomyces* の属徴は次のようにまとめられる²⁾。

菌糸を形成する。腐生、もしくは条件的寄生。胞子のう内に胞子を生じない。菌糸は完全な形で残る傾向があり、断裂しない。通常、気菌糸は豊富、かつ、胞

子鎖は長い (胞子数5~50, またはそれ以上)。細胞壁組成: I型。 *Streptomycetaceae* 科

胞子のう様小胞を形成しない。非運動性の気生胞子を形成する。胞子は輪生胞子柄上には生じない。

Streptomyces 属

本属菌の種の分類基準として挙げられているのは、①成熟した胞子を形成している気菌糸の色調 (胞子のマスカラー)、②胞子鎖の形態、③メラニン色素産生、④胞子の表面構造、⑤炭素源利用性、⑥抗生物質の産生、非産生、⑦栄養菌糸の色調、であるが、①~④の項目を利用した検索表²⁾ が作られている。

分離菌の種を同定するためには、SHIRLING ら¹⁹⁾のまとめた試験法によって菌学的性状を明らかにしたうえで、バージー細菌分類手引書7, 8版、国際放線菌プロジェクト (ISP) による再検討の結果などを参照して記載上の比較を行うとともに、菌株保存機関から近似種の分譲を受けて菌株間の比較をする必要がある。我が国において、放線菌病に関する研究が遅々として進まない理由の一つは、病害の重要性についての評価もさることながら植物病理学の分野で分類同定に熟達した放線菌研究者がいなくともよると考えられるので、これもまた重要な課題といえる。

放線菌株は通常寒天培地に継代培養して保存されるが、ジャガイモそうか病菌は5年、象皮病菌は3年を超える病原力の低下がみられた。長期保存法については成書があり、更に最近松本¹⁸⁾はろ紙片培養—乾燥冷蔵法を報告している。菌株保存機関から分譲を受けたそうか病菌株に病原性が認められなかった事例もあるので、病原性を保持しうる長期保存法の検討は今後も続けていかなければならないであろう。

IV 病原菌の生息場所、分布、定量法

そうか病菌は通常、雑草の根に生息 (inhabit grass roots) するとされ、ジャガイモを栽培したことのない処女地で多発したり、草地を新しく開いたところではなほだしい発生をみた例が知られている⁹⁾。また、世界中のジャガイモ栽培地帯の多くで発生し、ことに軽しょう土や砂質土壌、石灰を施用した畑などで被害が多いとされている。孫工ら²⁰⁾は土壌中におけるそうか病菌の垂直分布を調査し、地表面から25cmまでの表層土に多いとしている。このことは、*Streptomyces* 属菌が好気性であることと一致するものと言える。本病菌が草の根に生息するとすれば、根から分泌される諸種の物質を利用していると考えてよいが、どのような種類の草の根に生息し、また

は生息しないかという問題を生じる。また、新しく開いた畑にジャガイモを植え付ける場合、そうか病の多発を予測しうるか否かについても興味のある問題であるがその場合には、草の根、もしくは根圏土壌から病原菌を検出・定量する必要性が生じる。

土壌中のそうか病菌を定量する方法としては、メラニン色素を産生する性質を利用した選択培地による希釈平板法¹⁴⁾がある。しかしながら、メラニン色素を産生する種は *St. scabies* に限らないので、この方法による定量結果は厳密に言えば色素を産生する (Chromogenic) グループの菌量を示していることになり、難点の一つである。しかも GREGORY ら⁴⁾によれば、チロシナーゼを欠く。したがってメラニン色素を産生しない *St. scabies* の自然突然変異株の出現頻度は相対的に高いとされているので、本定量法には問題が多いと言える。また、放線菌は菌糸体と孢子体に分けられるので、仮に孢子数の定量が可能であっても菌糸量との間にどのような関係が成立するかという点についても検討を要する。このように、選択培地を使用するそうか病菌定量法の問題点を指摘しうるが、石炭酸を用いる LAWRENCE の方法¹⁰⁾と組み合わせることにより、細菌などによる汚染も比較的小さい放線菌コロニーを定量することができる。土壌病害の発生生態を究明するうえで隘路になっている病菌の定量法の確立を目指すとともに、生態研究の有力な手法の一つである“標識法(マーキング法)”を開発することも今後の課題である。

V 感染と発病

ジャガイモそうか病菌の寄主体侵入と感染の成立に至る過程を十分に説明するだけの知見は今なお得られていないが、病菌は成熟した塊茎の表面を貫せんすることはできない。それとともに、感染時期が塊茎の肥大初期～肥大期にあるところから、若い皮目が感染を受け、皮目が成熟すると抵抗的になると考えられている。感染に対する塊茎のこのような変化を生じる理由として細胞のスベリン化による防壁の形成が挙げられている。土壌湿度は感染の成立を左右することが明らかになり、土壌水分を調節して本病を防除しようとする試みが幾つかなされている^{3,8,23)}。感染に関与する要因としては、このほかに土壌温度、土壌 pH、通気性などがある。非運動性のそうか病菌孢子がジャガイモ塊茎に侵入するためには、まず孢子の発芽が前提となるであろうから、上記以外に孢子の発芽条件との関係をも検討する必要がある。病菌の侵入は塊茎組織を刺激して、表皮下の少数の細胞に癒傷組織を形成する。この過程を順次繰り返すことにより

病斑は拡大するが、塊茎の肥大停止により病斑の拡大も停止する⁹⁾。したがって、病菌の侵入と感染の成立、及び病斑の拡大という各局面を分けてそれぞれに影響を及ぼす要因について検討することができれば、多湿条件下でむしろそうか病は多発するとした牧野¹²⁾の指摘と既往の知見との間に整合性が見いだせるかもしれない。

VI 防 除

ジャガイモそうか病の防除法は、種イモ伝染、もしくは土壌伝染源量を減らし、更に感染防止をねらい⁹⁾としている。品種抵抗性を利用できれば最も望ましいが、現在の暖地における実用品種のなかでは十分に満足しうるものはないと言ってよい。したがって青果用として奨励できる抵抗性品種が待たれているが、そのためには病原菌のレースに関する問題も含めて、抵抗性検定法についての基礎的な研究が必要であろう。

そうか病の発生を助長する有機物、リン酸質、石灰質資材の投入は極力避けなければならないが、畑地で連作する場合には生産力の低下を招くため最低限の補給は必要となる。すなわち、そうか病を抑えるとともに、収量減を最小にする最適条件の解明を急がなければならない。20年を超える連作を続けた長崎県のジャガイモ産地では、土壌 pH を低く抑えることによって成り立っているとさえ言えるが、最近になって通常のそうか病菌が全く検出されない異常な激発型そうか病類似症の発生が問題になっている。

畑作において、輪作は基本的なこととされており、そうか病による被害防止のうえからも必要なことであるが、ジャガイモに代わる有利な換金作物が見当たらない現状では、輪作もまた難問の一つである。

土壌消毒した畑に病種イモ、もしくは保菌種イモを植え付けるならば論理的に土壌消毒の効果は無に帰することになる。したがって、種イモ消毒法の確立とより簡易で、かつ安価な土壌消毒法の開発も今後の課題と言える。

おわりに

放線菌病に関する問題点を指摘し、それぞれの項目において今後の課題として取り上げる必要性を述べた。結果として、放線菌病研究の課題という本稿のテーマは、むしろジャガイモそうか病研究の課題とするほうがふさわしい内容となっている。このこと自体が、放線菌病研究の現状を象徴的に現している。

土壌伝染病の研究は、植物病理学と土壌・肥料学との境界領域でもあるとあってよい。したがって、今後にお

ける両分野の研究協力体制も課題の一つであろう。更に、土壌中における病原菌の生態解明には、定量法の確立とともに標識法の開発など、研究方法の発展が望まれる。

引用文献

- 1) BONDE, M. R. and G. A. McINTYRE (1968) : *Am. Potato. Jour.* 45 : 273~278.
- 2) BUCHANAN, R. E. and N. E. GIBBONS (1974) : *Bergey's manual Determ. Bacteriol.* 8 th. ed. : 657~881.
- 3) 船越建明・松浦謙吉 (1978) : 広島農試報告 40 : 73~80.
- 4) GREGORY, K. F. and E. B. VAISEY (1956) : *Can. Jour. Microbiol.* 2 : 65~71.
- 5) 酒井平一 (1974) : 微生物の新しい分類学 (長谷川武治編), 講談社 : 190~214.
- 6) 岡見吉郎ら (1975) : 微生物の分類と同定 (長谷川武治編), 東京大学出版会 : 155~202, 289~302.
- 7) 木村貞夫 (1979) : 植物防疫 33 : 554~559.
- 8) LABRUYERE, R. E. (1971) : Common scab and its control in seed-potato crops, *Centre. Agr. Pub. Docum. Wargeningen.* : 1~71.
- 9) LAPWOOD, D. H. (1973) : *Actinomycetales*, Academic Press. : 253~260.
- 10) LAWRENCE, C. H. (1956) : *Can. J. Bot.* 34 : 44~47.
- 11) LEACH, J. G. et al. (1939) : *Phytopath.* 29 : 204~209.
- 12) 牧野孝宏 (1980) : 植物防疫 34 : 160~163.
- 13) 松本和夫 (1979) : 同上 33 : 461~463.
- 14) MENZIES, J. D. and C. E. DADE (1959) : *Phytopath.* 49 : 457~458.
- 15) 水沢芳次郎 (1935) : 農園 5 : 39~48, 53~63.
- 16) 夏目孝男 (1970) : 今月の農薬 (1) : 83~85.
- 17) NEWBOULD, F. H. S. and E. H. GARRARD (1954) : *Can. J. Bot.* 32 : 386~391.
- 18) PERSON, L. H. and W. J. MARTIN (1940) : *Phytopath.* 30 : 913~926.
- 19) SHIRLING, E. B. and D. GOTTLIEB (1966) : *Int. J. System. Bacteriol.* 16 : 313~340.
- 20) 孫工弥寿雄・喜多孝一 (1976) : 病害虫に関する九州地域試験研究打合せ会議資料 : 133~134.
- 21) 立石 博ら (1969) : 日本作物学会九州支部会報 32 : 98~101.
- 22) THAXTER, R. (1890) : *Ann. Rep. Connect. Agr. Exp. Sta.* : 80~95.
- 23) 渡辺文吉郎ら (1973) : 九病虫研会報 19 : 25~26.
- 24) WEINHOLD, A. R. and T. BOWMAN (1968) : *Plant. and Soil* 28 : 12~24.



新刊紹介

「日本原色カイガラムシ図鑑」

河合省三 著

定価 5,000 円

A 5 版 455 ページ (含カラー 80 ページ)

全国農村教育協会 発行

(東京都台東区台東 1 の 26 の 6 植調会館)

近年各地でカイガラムシの被害が目立ってきて、多くの人々から図鑑や同定の手引的参考書の出版が切実に期待されていた。そこへタイムリーな本書の出現により、これらの要望が満たされることになった。

カイガラムシ類はプレパラート標本を作る必要があるため、著者のいう「とっつきにくさ」があり、同定の困難さも加わって研究同好者の少ないグループの一つである。にもかかわらず、日本からの全記録種 400 余種を網羅し、カラー写真も 450 余葉に達していることには驚嘆

させられる。本書は目で見ても充分楽しく、改めてカイガラムシの形態と生態の多様さを見直し、カイガラムシが身近な存在となり、この図鑑を参考にして同定してみようという意慾を湧かせるに足るであろう。

各論における形態の記載は、肉眼またはルーペ程度で観察できる概観の特徴と、プレパラート標本による顕微鏡の特徴が、専門的な記述を避けながらも的確に併記されており、それに図解も加えて実用的な同定法も挙げている。さらに、寄主植物及び生態・分布・異名・参考文献も付記されている。

各論のあとには概説がつづき、形態と分類・進化・系統、生態・天敵・被害・防除・採集と標本製作法に及ぶ。100 ページを超える付録には、都道府県別分布一覧・寄主植物及び寄生部位一覧・虫体各部の名称の和英対照表 (同義語も併記) 等、全巻を貫いて詳細かつ懇切である。ただ、参考文献に付された番号はやや煩雑で著者名をかえて目立たなくしているように思える。

著者の永年にわたる地道な研究と努力の蓄積が、見事に実を結んだことに惜しめない称讃を送らないではいられない。

(農技研 服部伊楚子)

根こぶ病研究の現状と今後の課題

農林水産省中国農業試験場 堀 内 誠 三

はじめに

根こぶ病は、フザリウム病、リゾクトニア病、疫病、ピシウム病などに対して、比較的重要性が低い病害と目されてきた。ところが、近年アブラナ科野菜の産地形成によるほ場の大規模な固定化に伴って、本病はこれら野菜の連作障害の主要原因として注目を集めるようになり、その被害は年々増加する傾向にある。先般開催された第10回土壤伝染病談話会パネルディスカッションの席上でも、各地の研究者から活発な意見が寄せられ、本病に対する関心がより深く、より広範になってきたことがうかがわれた。本病については100年以上の研究の歴史があり、多数の研究論文が発表されているにもかかわらず、現在なお的確な防除体系は確立されていない。ここでは、本病研究の幾つかの側面を紹介し、今後の課題として残された問題点を述べてみたい。

I 根こぶ病菌の生活史

1878年に記載²³⁾された根こぶ病菌 (*Plasmodiophora brassicae* WORONIN) はアブラナ科植物の根部に寄生し、独特の「こぶ」を形成させるが、同様の性質を持つ菌は存在しないため、同定は容易である。

本病菌の生活史は、今なお完全には解明されていないが、INGRAM and TOMMERUP¹⁶⁾ が提唱した生活史が現在最も信頼すべきものと考えられている(図)。

ここに提示した生活史のうち、休眠胞子の発芽から第二次遊走子のうまでの各ステージについてはよく研究されており、ほとんど疑問の余地はなさそうである。また、大きな疑問点であった第二次変形体から休眠胞子に移行する際の減数分裂については、最近微細構造観察によって確証が得られ¹³⁾、更にこれに先行する変形体内の核融合については、前述談話会に出席された Dr. S. T. BUCZACKI (イギリス野菜試) が特別講演の中で、減数分裂に入る直前に起こることを示す電顕像を紹介され、核相交代の事実がほぼ確かめられた。なお残る主な未実証部分は第二次遊走子の行動に関するものである。第二次遊走子は2個体の細胞質融合(核融合を伴わない)により2核となった後、根部皮層に感染する¹⁶⁾のか(こ

く若い第二次変形体は単核とする観察¹⁴⁾はこれに合致しない)。2個体の融合があるとすれば、性または交配型が存在するのかが、第一次遊走子の感染様相は極めて明瞭に示されているが¹⁾、第二次遊走子の皮層感染はどのようにして行われるのか。第二次遊走子はいったん植物体外へ脱出した後再感染する¹⁶⁾と考えられているが、根毛細胞から隣接する皮層細胞へ直接侵入する¹⁸⁾のではないのか。第二次遊走子が根毛に感染するサイクルはないか。以上が第二次遊走子に関する疑問点である。

このほか、休眠胞子が発芽して生ずる第一次遊走子による皮層感染の可能性、第二次変形体の皮層及び中心柱組織内での分散方法についての結論はまだ得られていない。

II 罹病組織及び病原菌の生理

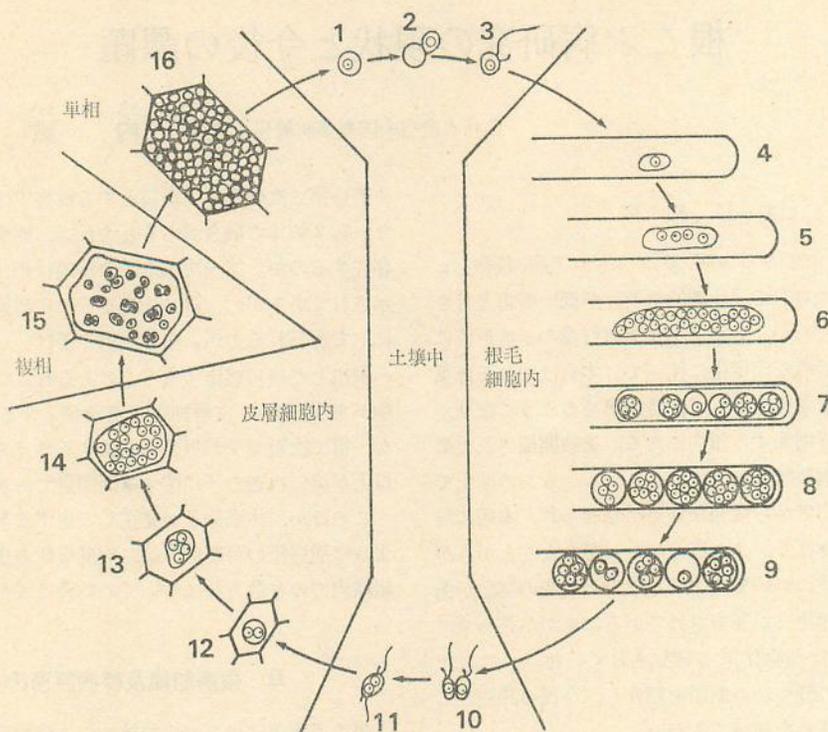
根こぶ病菌はアブラナ科植物の生細胞内でのみ増殖することができる純寄生菌で、現在まで人工培養に成功した例は知られていない。そのため、病原菌の生理的諸性質については未知の部分が多い。

根こぶ病菌の変形体は宿主細胞質中に完全に埋没し、両者の細胞質は2枚の単位膜が圧着した plasmodial envelope と呼ばれる膜で隔てられている³⁰⁾。変形体は宿主細胞質から直接栄養吸収を行い、特別な吸収構造を持たない。罹病組織では種々の代謝異常が観察されるが、病原菌が侵入した細胞のみに限られ²⁸⁾、宿主代謝の調節機能は病原菌によって制御されているものと考えられる²⁰⁾。

本病に感染した宿主の根部及び胚軸組織は増生、肥大を起すが、このとき組織内では病原菌第二次変形体の発育とともに呼吸、DNA、RNA、リピド、アミノ酸、糖及びデンプン量の増加が観察される^{19, 20, 28, 31, 34, 35)}。これらの現象は感染細胞の微細構造の変化によっても裏付けられ、核及び仁が増大し、リボゾーム、ディクチオゾーム、ミトコンドリア及びアミロプラストが増加する³²⁾。

罹病組織は一種の“metabolic sink”と考えられる。例えば、感染胚軸では非感染胚軸に比ベシ糖の流入が速やかである一方、流出量は少ないため急速な肥大が生じ、宿主の他の器官と競合する形となる¹⁹⁾。

罹病組織の増生、肥大の原因として、上述の代謝異常



根こぶ病菌の生活史 (INGRAM and TOMMERUP¹⁶) から筆者再描

1 休眠胞子, 2 休眠胞子の発芽, 3 第一次遊走子, 4 根毛感染, 単核の第一次変形体, 5 第一次変形体の有糸核分裂, 6 多核第一次変形体, 7 遊走子のうに分割, 8 遊走子のうの有糸核分裂, 9 第二次遊走子形成, 根毛外へ放出, 10 第二次遊走子, 11 細胞質融合による2核遊走子, 12 皮層感染, 2核第二次変形体, 13 有糸核分裂, 14 多核第二次変形体, 15 変形体核の融合 (2n) 直ちに減数分裂, 16 単核の休眠胞子形成

のほか植物ホルモンの存在が考えられる。すなわち、組織からのホルモン抽出と、感染及び非感染カルス培養のホルモン要求性の差異に基づいて、罹病組織には健全組織に比べ多量のオーキシン及びカイネチンが含有されていることが判明している。このうち、オーキシンは IAA (インドール酢酸) 様物質であり、アブラナ科植物に広く見られるインドール化合物であるグルコブラシンから生成されるものと考えられ⁷⁾、またカイネチンは代表的なサイトカニン物質であるゼアチン (またはその誘導体) と考えられている¹²⁾。しかし感染によるホルモン生成の機構は明らかではない。

III 根こぶ病の発生生態

根こぶ病の発生に関する諸条件についての報告は多いが、その影響機構はほとんど解明されていない。主な発病要因を以下に概括的に述べる。

土壤水分: 水分が多いほど発病は激しく、特に植物の発芽後約2週間の水分が顕著に影響する¹⁵⁾。高水分条

件は、土壤中の休眠胞子の発芽や宿主感染に好適であるためと考えられる。

温度: 23°C 付近が発病に最適⁸⁾とされているが、他要因が発病に好適であればかなり高温でもよく発病する¹⁵⁾。また、日平均地温が 19.5°C を下回る条件下では発病程度が低下したり⁵⁾、平均気温 16°C では無発病となった例⁹⁾がある。温度要因は病原菌の活動や宿主の感受性に影響するものと考えられる。

土壤 pH: 一般に pH が高いほど発病しにくい、極端に pH が低い土壤でも発病は抑えられる。発病が最高となる pH 値は土壤の種類によっても異なる¹⁴⁾。土壤水分、温度及び休眠胞子密度が十分に高い場合にはアルカリ性土壤でも激発する^{8, 15)}。高い土壤 pH の影響として胞子発芽の遅延または阻害²¹⁾が考えられるが、これと合致しない報告²²⁾もある。

光: 日長が 11.5 時間以下では発病しないとする報告²⁴⁾や、光強度が低い場合には発病が少ないとする報告¹⁰⁾がある。しかし、休眠胞子密度が高ければ光強度の

影響は認めにくい¹⁰⁾。根こぶ組織の発育には 400~700 nm の範囲内のある波長の光照射が影響する²⁾ という。光は病原菌ではなく宿主に影響するものと考えられる²⁾ が、その機構は明らかでない。

宿主の生育度：播種直後から3日目までの苗で特に本病感受性が高い¹⁵⁾。また、発芽直後から病原菌に遭遇することになる直播栽培に比べ、ペーパーポット移植では生育初期に病原菌から隔離されるため症状は軽くなる²⁵⁾。

休眠孢子密度：本病菌休眠孢子的密度は土壤中で徐々に低下はするが、長期にわたって土壤中で生存し続ける。発病は場を裸地とした場合は次作罹病性作物の発病が少ないが、水田とした場合には密度低下はほとんど認められない²⁶⁾。土壤中の孢子密度が高いほど激しく発病することは多くの報告によって示されている。既に述べた土壌水分、温度、土壌 pH、光などの環境条件は、孢子密度が低ければ強い影響力を持ち、逆に密度が高ければその影響力は弱い。休眠孢子密度は発病程度を決定する最も重要な要因と考えられる。

IV 根こぶ病抵抗性育種

根こぶ病菌の生理的分化：抵抗性品種育成の際、病原菌の寄生性分化に注意を払う必要があり、本病菌でも分化型の存在が認められている。これらの分化型が病原性を示す品種は種間または属間にまたがるが、このような例は他の病原菌では極めて少ない。

これまで、分化型の判別方法は幾つか報告されているが、現在、WILLIAMSによる方法²⁹⁾と E. C. D. (欧州判別宿主)による方法³⁾が一般に利用されている。両法はいずれも判別宿主を設定し、接種条件、育苗条件をほぼ一定にしたうえで発病程度を評価する手法をとっているが、判定の対象となる菌株が本来の意味での「レース」の混在したものである可能性が高いこと、連続的と考えられる宿主の反応の客観的評価が困難なことなど問題点も多い。

抵抗性の遺伝と育種：品種育成の基礎となる抵抗性の遺伝様式は、特定の病原菌分化型と宿主との間で徐々に明らかにされてきた。現在までに報告されている遺伝解析の結果から、一般的に言って *Brassica oleracea* (キャベツ、カリフラワーなど)の抵抗性は劣性主働遺伝子または劣性ポリゾーンによって支配されているのに対し、*B. campestris* (ハクサイ、カブ、ツケナなど)及び *B. napus* (ルタバガ、洋種ナタネなど)の抵抗性は優性主働遺伝子によって支配されているものと考えられる¹⁷⁾。

実用的な抵抗性品種の育成に際しては、病原菌の分化

に対抗しうる幅広い抵抗性遺伝子の集積が必要である。このほか、草型、結球性などの有用な形質の確保や、根こぶ病以外の重要病害に対する抵抗性も考慮されねばならない。我が国でも野菜試験場でキャベツ、ハクサイの抵抗性品種育成が進められており、また長野県野菜花き試験場で育成した野沢菜の抵抗性品種は既に実用化されている。

V 防 除

耕種的防除：耕種的防除法は本病の発生生態と密接に関連しており、多くは個々の影響力が小さいので、可能な手段を総合する必要がある。それらの手段を以下に概述する。

低湿ほ場は発病に好適なので排水を図り、畦立栽培を行うことが好ましい。地温の低下や光照射量の減少によって、秋期の遅播きでは明らかに発病が減少する^{22,26)}が、極端な遅播きは発病がなくても品質を低下させる。しかし、播種期や定植期の若干の移動によって被害を軽減し得た例も多い。石灰類の施用によって土壌酸度を矯正することは広範に行われており、有効な手段とされている。また、PCNB 剤は石灰と併用することによって効果が高まるという。健全土を用いて練床やペーパーポットで育苗し、汚染ほ場で移植栽培すると直播栽培より被害は軽減される^{22,25)}。堆肥などの有機物施用が発病軽減効果を持つと言われるが、厳密な実験例は極めて少ない。汚染ほ場を休閑したり、非アブラナ科作物との輪作を行うことは、被害回避の最も基本的かつ有効な手段である。この場合、水稲との輪作はむしろほ場の汚染程度を高い水準に維持すると考えられる²⁶⁾。アブラナ科野菜の本病抵抗性品種はまだ少ないが、その導入は極めて有効であろう。

以上に挙げた耕種的防除法の多くは、発病に好適な条件下のほ場では顕著な効果を表しにくい。例えば、石灰類施用の効果は過大に期待されがちであるが、土壌中の菌密度が高いなどの場合には効果を発揮し得ないことがある。このような観点からすれば、最大の発病要因と目される病原菌密度を下げるのが防除の最重点と考えられる。そのためには、根こぶの腐敗による孢子の分散前に、焼却、埋没、熱処理などの方法で罹病根を除去するのが理想的である。

薬剤防除：PCNB 及び TPN 剤の施用は、現在我が国における防除体系の中で主体をなしているが、土壌中の残留、輪作作物に対する薬害、根菜類への非適用など問題点も多い。更に、土壌中の菌密度が高い場合には、通常の施用量では的確な効果を示さないことがある。

上記2剤のほか、国外の例ではベノミル、チオファネートメチルなど⁴⁾の土壌混和が有効という。またくん蒸剤は、ほ場が汚染され始めた時点では利用可能⁶⁾で、臭化メチル、クロルピクリン、メチルイソチオシアネート(バスアミド)などの効果が認められている²⁷⁾。

太陽熱利用土壌消毒法：汚染ほ場の表面をビニルフィルムなどで覆い、夏期の日射によって土壌を熱処理する方法で、最近各地で試験されている。本法の導入にあたっては、効果の安定性の増強、作付け体系の調整、経済性など未解決の問題点もあるが、農業によらない安全な消毒法として今後の発展が期待される。

その他：直接の防除法ではないが、作付け前にあらかじめほ場の汚染程度を推定できれば対策を講じるうえで好都合である。土壌から孢子を直接抽出する方法、指標植物の根毛感染を見る方法及び根こぶ形成を見る方法が考案されているが、いずれも改善の余地がある。その他、ほ場がいったん病原菌に汚染されてしまうと根絶は困難なので、未発病地では病原菌の侵入を極力防止することが重要である。

おわりに

根こぶ病が「難防除病害」とされる理由の一つとして、本病菌が純寄生菌であることが挙げられる。このため、本病菌の生態的、生理的性質に未知の部分が多く、環境条件の影響機構や薬理作用などの解明がほとんどなされていない。したがって、これら諸性質の解明が大きな課題の一つであり、この中から新しい視点の防除手段が生まれてくる可能性がある。

防除が困難とされるもう一つの理由は、宿主細胞内に形成される休眠孢子数が極めて多く、しかも土壌中での生存能力が非常に高いことである。このため、連作ほ場では年々菌密度が高まり、影響力が弱い耕種の防除や薬剤防除さえも効果が現れにくくなる。菌密度を下げるには他作物に転換するのが最良と思われるが、それができないほ場では罹病根の除去は最も重要と考えられる。罹病根の除去方法や、菌密度の低下に結び付く耕種的手段の開発は、極めて重要な、しかも当面する課題と考えられる。

引用文献

- 1) AIST, J. R. and P. H. WILLIAMS (1971) : Can. J. Bot. 49 : 2023~2034.
- 2) BUCZACKI, S. T. (1976) : Ann. appi. Biol. 82 : 375~378.
- 3) ——— et al. (1975) : Trans. Br. mycol. Soc. 65 : 295~303.
- 4) ——— et al. (1976) : Ann. appl. Biol. 84 : 51~56.
- 5) ——— et al. (1978) : ibid. 88 : 229~238.
- 6) ——— and J. G. WHITE (1977) : ibid. 85 : 265~275.
- 7) BUTCHER, D. N. et al. (1974) : Physiol. Pl. Path. 4 : 127~140.
- 8) COLHOUN, J. (1953) : Ann. appl. Biol. 40 : 262~283.
- 9) ——— (1953) : ibid. 40 : 639~644.
- 10) ——— (1961) : Trans. Br. mycol. Soc. 44 : 593~600.
- 11) DEKHUIJZEN, H. M. (1979) : Neth. J. Pl. Path. 85 : 1~17.
- 12) ——— and J. C. OVEREEM (1971) : Physiol. Pl. Path. 1 : 151~161.
- 13) GARBER, R. C. and J. R. AIST (1979) : Can. J. Bot. 57 : 2509~2518.
- 14) HAMILTON, H. A. and R. CRETE (1978) : Can. J. Plant Sci. 58 : 45~53.
- 15) HORIUCHI, S. and M. HORI (1980) : Bull. Chugoku Nat. Agric. Exp. Sta. E 17 : 33~55.
- 16) INGRAM, D. S. and I. C. TOMMERUP (1972) : Proc. R. Soc. Lond. B. 180 : 103~112.
- 17) JAMES, R. V. and P. H. WILLIAMS (1980) : Phytopathology 70 : 776~779.
- 18) 桂 琦一ら (1970) : 関西病虫研報 12 : 23~29.
- 19) KEEN, N. T. and P. H. WILLIAMS (1969) : Pl. Physiol. 44 : 748~754.
- 20) ——— . ——— (1969) : Phytopathology: 59 778~785.
- 21) MACFARLANE, I. (1952) : Ann. appl. Biol. 39 : 239~256.
- 22) 本橋精一ら (1957) : 東京都農試研報 2 : 63~91.
- 23) 成田武四・西山保直 (1955) : 栃内・福土還暦記念論文集 : 309~315.
- 24) 田村 実 (1974) : 石川農試研報 8 : 31~36.
- 25) ——— . 竹谷宏二 (1977) : 同上 9 : 1~26.
- 26) 梅原吉広・田村 実 (1968) : 同上 5 : 1~18.
- 27) WHITE, J. G. and S. T. BUCZACKI (1977) : Ann. appl. Biol. 87 : 337~343.
- 28) WILLIAMS, P. H. (1966) : Phytopathology 56 : 521~524.
- 29) ——— (1966) : ibid. 56 : 624~626.
- 30) ——— and S. S. McNABOLA (1970) : ibid. 60 : 1557~1561.
- 31) ——— et al. (1968) : ibid. 58 : 921~928.
- 32) ——— and Y. B. YUKAWA (1967) : ibid. 57 : 682~687.
- 33) WORONIN, M. S. (1878) : *Plasmodiophora brassicae* : the cause of cabbage hernia. (1934) Phytopath. Classics 4 : 32p.
- 34) 湯川敬夫 (1957) : 山口大農学報 8 : 665~672.
- 35) ——— (1958) : 同上 9 : 963~968.

ピシウム病研究の現状と今後の課題

大阪府立大学農学部植物病理学研究室 いち たに た き お
一 谷 多 喜 郎

はじめに

約3億年前のデボン紀に植物が暖かい原始の海から陸に上がってきたとき、菌類がこれに随伴してきたことは疑いない。ピシウムも恐らく4億年くらい前から生存しており、それ以後色々な水系と土壤に広く分布するようになったと考えられる¹⁹⁾。今日では本菌は生態的に変わり身が速く、生理的には特異な糸状菌として種々の環境下に多くの場合は一時的にはなく、永住者として見いだされている¹⁹⁾。病原菌としての本菌は、従来から知られている出芽前後の幼植物の腐敗・立枯れを起こすほかに、他の菌に対する寄生者としても知られており、カの幼虫、淡水水中の藻類に寄生し、陸上の維管束植物の菌根をも形成する。最近では、成植物に激しい葉枯れや立枯れ、萎ちょう、茎や根の腐敗を起こし、また哺乳類に寄生するもの^{1,12)}も報告されている。更に病原性の弱い寄生菌として、単独または他の病原性の弱い寄生菌との複合により、しばしば不定性病害を起こしている。

1858年、PRINGSHEIMがピシウム属を設けて以来、本菌には現在100近い種があり、おびただしい数の論文が出されている。これらの報文から得られる知見を基にしてピシウム病研究の現状を分析すると、特に本病の防除につながる研究の基本は、①ピシウムが比較的容易に同定され、②本菌の特性一殊に土壤中に生存して第一次伝染源としての活性を持つ繁殖体の形態、分布と行動を把握し、③感染に必要な最少菌量と発病環境についての情報を得ることなどにある、と考えられる。これら三つの重要な観点から幾つかの研究がなされ始めているが、まだ反復、普遍性を求めなければならぬ部分が多い。ここでは、これらの基本線に沿ってピシウム病研究の現状を解析し、今後の研究課題を探ってみたい。

I ピシウムの形態—一種の類別

ピシウムの形態を自然感染の植物体中で観察することは困難で、本菌の同定・分類は一般に分離、培養後胞子を作らせ、遊走子や卵胞子の形成に関連した比較的少数の明らかな形態で行っている^{16,26)}。しかし、実際には意外に菌株や培養条件による形態のばらつきが多く、特に

Research on Pythium Diseases: Status and Prospects
By Takio ICHITANI

遊走子形成能や蔵精器の形状には技術的に極めて観察困難な面がある。こういう事情の下に、HENDRIXとPAPA⁹⁾はspecies complexを実用的には種speciesに扱おうととし、17の主要な形態からピシウムを15のspecies complexに類別した。我が国でも渡辺²⁵⁾がこの類別で報告を行っている。この類別によると、あるspecies complex内の種は相互に容易に識別されるが、別のspecies complex内の種は識別が困難である⁹⁾。いずれにしても、species complex内の種は、相互に寄生性、分布、雌雄性、病原性で共通する面が多く、植物病学的意味が大きいと考えられる。

ピシウムにヘテロタリズムが見いだされてから、*P. debaryanum*と記載されていた菌が*P. sylvaticum*に入るものが多いと考えられるに至った⁹⁾。しかし、ヘテロタリックなピシウムの性合性にはわずかな差がみられ¹⁸⁾、性の強さ、雌性と雄性の強さが菌株間に存在すると言われている。形態的または生理的な変異株を十分量得るのが困難で、また卵胞子の発芽率が極めて低いことから本菌の遺伝学的解析は遅れている。しかし、最近ようやく核相に関する細胞学的知見と遺伝学的データが一致するようになってきた⁴⁾。今後、無性的に起こる変異の機構としての突然変異、ヘテロカリオシス、パラセクシャリティ、細胞質の影響などが調べ上げられねばならない。

II ピシウムの生理—その特異性

ピシウムはほとんどの種類の土壤で生息することができ、多くは植物病原菌になりうる能力を持つ。また本菌はたいいていの人工培地上で生育し、複雑な栄養を要求することがない。ピシウムにはこのようなユニークな性格もあって、その起源が他の糸状菌とは異なると言われたし、本菌を含むこれに近縁の菌を材料にして生理・生化学的研究が行われるようになった。その結果、以下に述べるように、本菌は生理的にむしろ細菌や原生動物に類似する面が多いことが分かってきた¹⁰⁾。

I 他の糸状菌とは異なる抗生物質・殺菌剤に対する感受性

Pythiaceaeはポリエン系抗生物質、PCNB剤、ペニシリン剤、ペニシリン群、没食子酸に低感受性である。しかし、抗菌スペクトルの広いテトラサイクリンやクロラ

ムフェニコールには強感受性で、ストレプトマイシンにも菌株によっては感受性が高い。DAPA 剤や ETMT 剤には感受性が極めて高い。

2 原生動物・細菌との類似性

ピシウムのステロール要求性、ある種のリン脂質やグルカン（セルロース）の存在、 γ -リノレン酸のより大きな合成能、グリオキシル酸回路の存在、広い抗菌スペクトルを持つ抗生物質に対する強感受性などは原生動物に類似する。一方、広い抗菌スペクトルを持つ抗生物質に強感受性、ペニシリンに弱感受性、グリオキシル酸回路の存在、イソプレノイド化合物合成能の活性化、ステロール要求性などでは、ある種のマイコプラズマか L 型菌に類似する。この類似性と関連して Pythiaceae, 少なくとも Saprolegniaceae は細胞内共生のマイコプラズマか L 型菌を持つという仮説が、これらの菌の性格から立てられている。事実、ピシウムの培養には細菌が極めて混入しやすく、また比較的長時間混入を受けてもピシウムが死滅するということはない。更に、*P. ultimum* や *Aphanomyces astaci* でマイコプラズマか L 型菌様の超薄切片像が認められている^{6,7)}。このような仮説に対しては、直接の証明が望まれる。

III 土壌中におけるピシウムの生態

1 生存形態とその賦活化

ピシウムは定着可能な基質がなくても土壌中で比較的長期間生存できる⁸⁾が、休耕中の生存形態については明らかではない。これまでに断片的に得られている生存形態に関する知見のうち、菌糸は短命であるので耕地での生存は望めない⁸⁾が、広い宿主範囲ならびに広い栄養要求性から考えて、施設内などで引き続き有機質の投与があれば菌糸による生存も可能である¹⁹⁾。被のう化した遊走子は自然の畑土や栄養を加えていない水中でも容易に発芽するので、生存期間は極めて短いと考えられる¹⁹⁾。不正形胞子のうは菌糸同様死滅が速く、この場合は卵胞子が唯一ではないにしても主要な耐久体である²⁰⁾。球形胞子のうによる生存は卵胞子による場合と同じか、より重要であるに違いない²¹⁾。

卵胞子の休眠については、極少数種で研究されているに過ぎない。卵胞子の発芽率は菌株や培養法によって異なる。また、罹病組織中に形成された卵胞子は明らかに内因的休眠状態にあるが⁹⁾、組織の崩壊に伴って土壌中に放出されると、*P. aphanidermatum* では適当な環境と栄養条件下でよく発芽するようになる⁹⁾。このような外因的休眠率の増加は、生育中や死滅の過程あるいは枯死した植物に対し、不定性のバイオニア、複合病害を起こ

す菌、高い腐生能力を持つ菌としてピシウムが持つ生態的有利さを示している。

一時の不良環境がピシウム病発生の誘因になり、大きな被害を出すことがある。この場合、感染は短時間のうちに起こる。感染の成否は速い胞子発芽と拮抗菌が生育してくるまでに栄養生長を完了することにより決まる⁸⁾。胞子のうと卵胞子は栄養によって一度刺激を受けると、1~3時間以内に最高(80~100%)の発芽を土壌中で示すようになり^{20,21,22)}、このように迅速、かつ集団で感受体に侵入すると、高い菌糸伸長率(しばしば 300 μm 以上/時)と相まって定着に成功することができる。定着後の栄養摂取と無数の休眠体の形成は、しばしば侵入後 36 時間以内に行われる¹⁹⁾。

植物組織に寄生的・腐生的定着の過程で形成される耐久体は、次作の第一次伝染源になると考えられてきたが、生育中の各種作物や雑草^{13,23)}への寄生性も、別のルートでの伝染源になると思われる。これらの耐久体は、植物組織の崩壊とともに土壌中に放出されて休耕中残存し、耕うんによって分散していくと考えられる。

2 耐久体の行動

ピシウムは他の土壌病原菌とは異なり環境の影響を受けやすい⁸⁾ので、発病前に土壌中で発芽能力を持つ繁殖体の形態と数が分かれば、発生子察または本菌を感染・まん延に必要な菌数以下に抑えるために各種の手段を組み合わせて用いることができ、病害の防除が容易になると考えられる。

自然発病土で外因的休眠状態にあるピシウムを定量的に検出することは、選択培地を用いて成功しており¹¹⁾、本菌の各種の分布調査⁸⁾を行うことができる。しかしながら、本菌の菌数と発病あるいは罹病度との関係を畑条件下で求めた例は LUMSDEN らの研究¹⁵⁾以外にほとんど見当たらない。*P. aphanidermatum* の発生歴がある休耕地における本菌の卵胞子数は、感染・定着に必要な最低菌数の 10~100 倍も多いという⁹⁾。このように、第一次感染に必要な繁殖体数は特定種について調べられており、この繁殖体数は環境条件によって異なる¹⁹⁾。したがって、土壌検診が成功するまでは、休眠性菌数と感染性菌数について特定種のは場調査を継続していく必要がある。

前述したように、休眠性耐久体のあるものは一度外から栄養が与えられると、短時間のうちに高い発芽率を示す。しかし、発芽後の生育に必要な十分量の栄養がないと直ちに溶菌する。この現象がみられるか否かは種によって異なる。この溶菌に先立つ耐久体の形成は、*P. ultimum* では土壌中における菌数の維持に役立ってい

学的防除が主に行われているが、必ずしも著しい効果を挙げているわけではなく、耐性菌さえも出現している。また、様々な耕種的防除法の検討もなされており^{14,24}、抵抗性品種の選抜や生物的防除に関する研究もみられる。更に古くて新しい問題であるが、不定性病害あるいは複合病害を起こすものとしてピシウムのかかわり合いが調べられている。

こうしたこれまでの研究の流れは、今後も引き続き進展していくものと考えられる。しかし、これらの流れを支えている文献を調べてみると、多くの場合ピシウムの土壌中における生育・生存形態がとらえられていない。また、土壌からの本菌の検出・定量法の精度にいたっては、ほとんど明らかにされていない。土壌中における検出限界内外の形態と数が実測または推定できれば、現在考えられている本菌の生活環(図)も漸次改訂されていくものと考えられる。このようにして確かさを増した生活環に基づき、LUMSDEN ら¹⁵⁾のような長期にわたる大規模な疫学的調査・研究を忍耐強く行う必要がある。

ピシウムは長年月にわたり我々とともにあり、原始的な寄生者であるとみなされてきた。しかしながら、STANGHELLINI¹⁹⁾も述べているように、本菌の全体像が明らかになってくれば、確かに自然界における位置付けは小さくはなく、むしろ原始的な寄生性を表面に出している高度に進化した寄生者のグループに入ることになるのかもしれない。ピシウム病研究の今後の発展が期待される。

引用文献

- 1) AUSTWICK, P. K. C. and J. W. COPLAND (1974) : Nature 250 : 84.
- 2) BAKER, K. F. and R. J. COOK (1974) : Biological control of plant pathogens. W. H. FREEMAN & Company. San Francisco. pp. 433.
- 3) BURR, T. J. and M. E. STANGHELLINI (1973) : Phytopath. 63 : 1499~1501.
- 4) DICK, M. W. (1972) : New Phytologist 71 : 1151~1159.
- 5) FRANK, Z. R. (1972) : Plant Dis. Repr. 56 : 600~601.
- 6) GROVE, S. N. et al. (1970) : Amer. J. Bot. 57 : 245~266.
- 7) HEATH, I. B. and T. UNESTAM (1974) : Science 183 : 434~435.
- 8) HENDRIX, F. F., Jr. and W. A. CAMPBELL (1973) : Ann. Rev. Phytopath. 11 : 77~98.
- 9) ——— and K. E. PAPA (1974) : Proc. Amer. Phytopath. Soc. 1 : 200~207.
- 10) HENDRIX, J. W. (1974) : ibid. 1 : 207~210.
- 11) 一谷多喜郎 (1980) : 関西病虫研報 22 : 75.
- 12) ICHITANI, T. and J. AMEMIYA (1980) : Trans. mycol. Soc. Japan 21 : 263~265.
- 13) 祝迫親志ら (1975) : 日植病報 41 : 271~272.
- 14) ——— ら (1977) : 同上 43 : 72.
- 15) LUMSDEN, R. D. et al. (1976) : Phytopath. 66 : 1203~1209.
- 16) MIDDLETON, J. T. (1943) : Mem. Torrey Bot. Club 20 : 1~171.
- 17) 望月寛人ら (1975) : 関西病虫研報 17 : 115.
- 18) PLAATS-NITERINK, A. J. VAN DER (1975) : Neth. J. Pl. Path. 81 : 22~37.
- 19) STANGHELLINI, M. E. (1974) : Proc. Amer. Phytopath. Soc. 1 : 211~214.
- 20) ——— and T. J. BURR (1973) : Phytopath. 63 : 1493~1496.
- 21) ——— and J. G. HANCOCK (1971) : ibid. 61 : 157~164.
- 22) ——— . ——— (1971) : ibid. 61 : 165~168.
- 23) ——— and E. L. NIGH (1972) : Plant Dis. Repr. 56 : 507~510.
- 24) SUMNER, D. R. et al. (1978) : Phytopath. 68 : 955~961.
- 25) WATANABE, T. (1974) : Trans. mycol. Soc. Japan 15 : 343~357.
- 26) WATERHOUSE, G. M. (1967) : C. M. I. Mycol. Pap. 109 : 1~15.



☆昭和 56 年度日本菌学会大会

期日 : 56 年 5 月 28 日(木), 29 日(金)

行事・会場 :

5 月 28 日(木) : 総会, 一般講演, ポスターセッション(展示発表)

29 日(金) : 一般講演, ポスターセッション

29 日~30 日 : エクスカーション(佐渡)

28, 29 日は新潟グランドホテル(新潟市下大川前通 3, 電話 0252-29-4361)

連絡先 : 昭和 56 年度日本菌学会大会事務局

〒 950-21

新潟市五十嵐二の町 新潟大学農学部植物病理学教室内

電話 0252-62-6621~6622

疫病研究の現状と今後の課題

京都府立大学農学部植物病理学研究室 みや た よし お
 宮 田 善 雄

はじめに

19世紀の中ごろ、アイルランドのジャガイモ畑で、葉も茎もまたたくうちに軟化腐敗させる病気が大発生し、未曾有の大飢饉となって、100万人にも及ぶ餓死者を出した話はあまりにも有名である。これがきっかけとなって、ジャガイモの病気、ひいては植物の病気に関する本格的な研究が始まったと言われる。初め *Botrytis infestans* と同定された本病原菌は、*Peronospora* と改められ、更に1876年 DE BARY は新しい属 *Phytophthora* (phyton 植物 + phthora 破壊の意) を創設し、ここに *Phytophthora infestans* が誕生した。それから1世紀半を経過した現在、ジャガイモは全世界でおよそ2億2千万tのほぼ安定した生産を続けているのも、本病の防除に関する基礎的、応用的研究の成果であると言っても過言ではない。

Phytophthora による病気を我が国では疫病と呼ぶ。一般に、“はやりやまい”つまり流行性伝染病を意味する言葉を、わずかに1属の病原菌によって起こる病気にあてはめるようになったいきさつはともかくとして、本病は我が国においても重要病害の一つに数えられ、ほとんどすべての農作物にわたって、20種を超える疫病菌による病気の発生が報告され、その地域も北海道から沖縄まで列島全体に及んでいる。これを研究面からみてみよう(表)。ここではいずれも講演あるいは論文発表されたも

のを集計しているのだから、基礎研究側に片寄っているくらいはあるが、全研究の5~6%、つまり20編の一つは疫病に関するものということになる。更に、1973年ごろより二つの分野で著しい増加が認められる。すなわち、分類と寄主・寄生者相互作用に関する分野である。分類とは新しい病気の原因となる疫病菌の分離と同定に関するものが大部分であるが、この疫病発生増加は、生産方式の拡大や流通の発達によることは言うまでもないが、分離技術の向上から発見されやすくなったためであろう。アメリカ方面においても、ほぼ同様の傾向にあるが、特に土壌中における生態や防除に関する基礎研究もまた並行して増加しているのに、我が国ではむしろ減少の傾向さえ感じられる。この違いは集計の方法による面もあるだろうが、我が国の研究体制における本質的問題を含んでいるようにも思える。

I 分類をどう考えるか

疫病菌 (*Phytophthora*) は有鞭毛菌亜門 (Mastigomycotina) — 卵菌類 (Oomycetes) — べと病菌目 (Peronosporales) — ピシウム菌科 (Pythiaceae) に属し、*Saprolegnia*, *Pythium*, *Aphanomyces* などと近縁である。また、イネ黄化萎縮病菌 *P. macrospora* は培養が困難であることを理由に *Sclerophthora* として別属扱いされることもあるし、一方、べと病菌は純寄生性であるが、その胞子の

日本及びアメリカ(カッコ内)における最近10年間の疫病研究の動向

年度	分類	病原菌			寄主-病原菌			土壌生態	防除	研究比率* (%)
		形態	生理	生態	形態	生理	生態			
1970	1(4)	0(1)	0(0)	3(3)	4(0)	2(3)	1(1)	3(3)	0(2)	4.3(4.8)
1971	0(5)	2(0)	2(1)	0(0)	0(0)	3(8)	1(3)	3(7)	4(2)	3.6(6.7)
1972	0(2)	2(0)	2(1)	0(1)	1(0)	1(5)	1(1)	2(2)	0(3)	4.8(4.4)
1973	3(0)	1(1)	1(1)	0(4)	1(1)	8(1)	1(0)	4(4)	2(3)	5.2(4.0)
1974	3(3)	0(0)	0(1)	0(2)	0(2)	6(1)	0(1)	3(6)	4(1)	4.0(4.4)
1975	5(2)	1(0)	3(1)	3(1)	1(1)	7(2)	0(5)	2(6)	1(9)	6.1(7.4)
1976	4(5)	0(0)	1(1)	1(1)	0(0)	13(4)	1(1)	3(7)	1(6)	5.1(7.7)
1977	8(5)	0(0)	0(0)	0(2)	0(0)	8(2)	3(2)	2(8)	2(6)	5.1(8.0)
1978	13(5)	1(0)	0(1)	0(2)	0(0)	10(5)	2(4)	1(5)	0(7)	6.7(9.5)
1979	5(0)	0(0)	0(0)	0(3)	3(0)	10(2)	3(5)	0(3)	1(8)	4.9(4.9)
平均	4.2(3.1)	0.7(0.2)	0.9(0.7)	0.7(1.9)	1.0(0.4)	6.8(3.3)	2.3(2.3)	2.3(5.1)	1.5(4.7)	5.0(6.2)

注 我が国の場合は日植病報の講演要旨、アメリカの場合は *Phytopathology* の掲載論文数を集計した。

* 全研究数に対する疫病研究数の百分率 (%)

うは形態的に疫病菌に酷似し、間接発芽を行って遊走子を放出するものも多く、考え方によれば本菌に最も近縁な種類と言えないこともない。事実、近年 *Peronophythora* と命名された新属は、べと病菌 *Peronospora* と同様の遊走子のう柄を形成し、しかも培養が可能で疫病菌とべと病菌の中間的存在である。

現在の疫病菌の分類には、大きく二つの流れがある。一方はイギリス・コモンウェルス菌学研究所 WATERHOUSE 女史によるものであり、他方はアメリカの植物病理学者 TACKER の分類に基づくものである。もとより糸状菌の分類は形態的特徴により類別することを基本としているのであるから、両者は大幅に食い違うものではないが、強いて言えば前者はあくまで形態を主としているのに対し、後者は培養的性質などをかなり重要視している傾向があり、例えばトウモロコシ培地、35°C で伸びるか伸びないか、リンゴ果実を有傷で侵すかどうかなどを類別の決め手としているのである。前者はどちらかと言うと分類学の正統な流れを重んずるヨーロッパ系研究者に支持され、後者はプラグマティズム的、反ヨーロッパ的アメリカ系研究者が立場を置く傾向にあり、その良い例にタバコ疫病菌がある。本菌を TACKER は *P. parasitica* var. *nicotianae* としたが、WATERHOUSE は先名権を尊重して、*P. nicotianae* var. *nicotianae* を主張した。現在、この表記が入り混って使用されているが、Phytopathology (アメリカ) に見る限り、この10年間に後表記を用いた例はなく、ただ1編のみ() 内に入れて併記していた。一方、Review of Plant Pathology (イギリス) では、これらはすべて後表記に書き換えて記載されるのである。

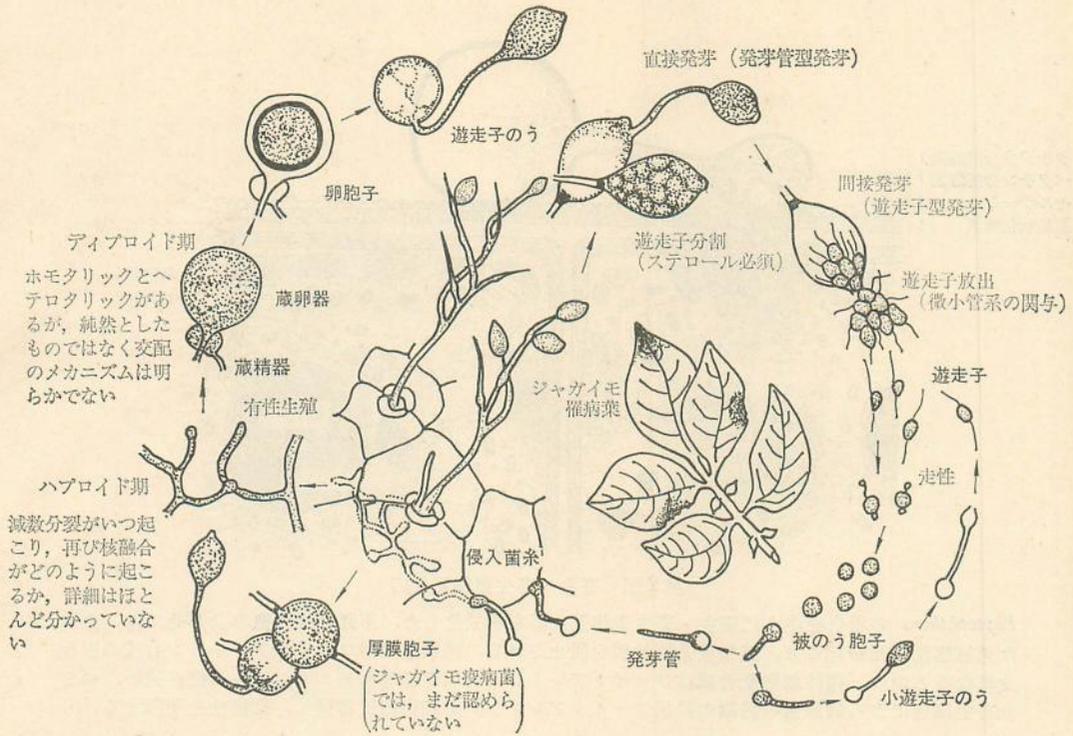
疫病菌の分類は、主として遊走子のうの形や大きさ、その乳頭突起の形、有性器官(蔵卵器、蔵精器、卵胞子)の形や大きさ、蔵精器の付着様式(底・側着性)、厚膜胞子の有無や形状などを比較して行われる。これらの器官や胞子は培養により形成させる場合が多いが、その諸形質は培養条件により左右されやすく、むしろ寄主体上で自然に形成されたもののほうが安定しているようである。また、高等植物の分類が主として花器により行われることの影響を強く受け、有性器官を認めるまでは同定は不可能であると考えざるもむきもあるが、卵胞子形成に至るまでに長い月日と培養上の工夫を要する場合が多く、その苦勞の割には高等植物の花に比べて得られる情報は最少である。蔵精器は8割以上の種で底着性であるし、かなり安定していると言われる卵胞子の大きさでさえ、同定の決め手となる場合は意外に少ない。実際には、熟達した分類学者の鑑識眼が微妙な形態上の違い

をとらえて同定し、系統的類別が加えられてきたと言っても過言ではない。かつては、この鑑識眼は師より弟子へ長い年月をかけて直接眼から眼へ受け継がれてきたのであろうが、時の流れとともにその傾向は薄れ、残された記載だけが頼りとなったとき、そこに戸惑いと混乱が起こるのは必常であり、やむなく数多くの形質を数量的に比較して異同を機械的に決定しようとする数理分類的傾向や、生化学的手法の導入の試みが起こる。可溶性タンパクのゲル電気泳動像による解析はその一つであり、少なくとも同一パターンを示すとき同種であると判定しうることになる。免疫学的手法も試みられてはいるが、抗原として菌体細胞壁を用いることは、その構成の複雑さからあまり良い方法とは思えない。むしろ遊走子の細胞膜などが適当であると考えられるが、抗原量として十分なだけの遊走子が得られるかどうかに関係がある。いずれにしても、“形態は代謝の集約である”。分類の決め手となる形態の整理と掘り起こしが、まず当面の課題でもあるように思える。

最近、WATERHOUSE は50種近い菌種について、各種の形態的特徴を項目別に表にまとめて発表した。当面は、この表に準拠して、少なくともここに掲げられた項目については細かく観察し、培養条件を添えて記録するとともに、培養的性質や生化学的手法による知見を参照して、同定を進めることになる。これらの形質については、なるべく写真を付記することが好ましく、また胞子を含む菌体の乾燥ならびにプレパラート標本を残すとともに、信頼できる保存機関(例えば発酵研究所など)に送付するとともに、自らも菌株の保存に努めることは義務と言わねばならない。疫病菌のみならずあらゆる分野で分類学は一つの転換期に差掛かっていると云える。諸問題を解決するには国際的規模の研究組織の設立以外にはない。

II 疫病菌の生活環の諸問題

疫病菌の生活環(Life cycle)を *P. infestans* を例に示した(第1図)。この生活環はほとんどすべての疫病菌に共通である。厚膜胞子は形成しないものもある。この胞子はいわゆる遊走子のうと同じ厚さの細胞壁に過ぎず、機能的にも遊走子のうの一種であると考えてよいが、中には *P. palmivora* のように真に厚膜のものも形成される。遊走子のうは菌糸の先端に形成される。養分の枯渇(飢餓状態)が一種の引き金となり、光による促進効果が認められる。気中型と水中型の形成様式があり、種によって区別されるが厳密なものではない。土壤中では他の微生物やカルシウムイオンなどにより形成促



第1図 ジャガイモ疫病菌の生活環

進がみられる。卵胞子や厚膜胞子も発芽して再び遊走子のうを形成する場が多いので、疫病菌の生活環は遊走子のうに始まり、遊走子のうに終わるといことになる。

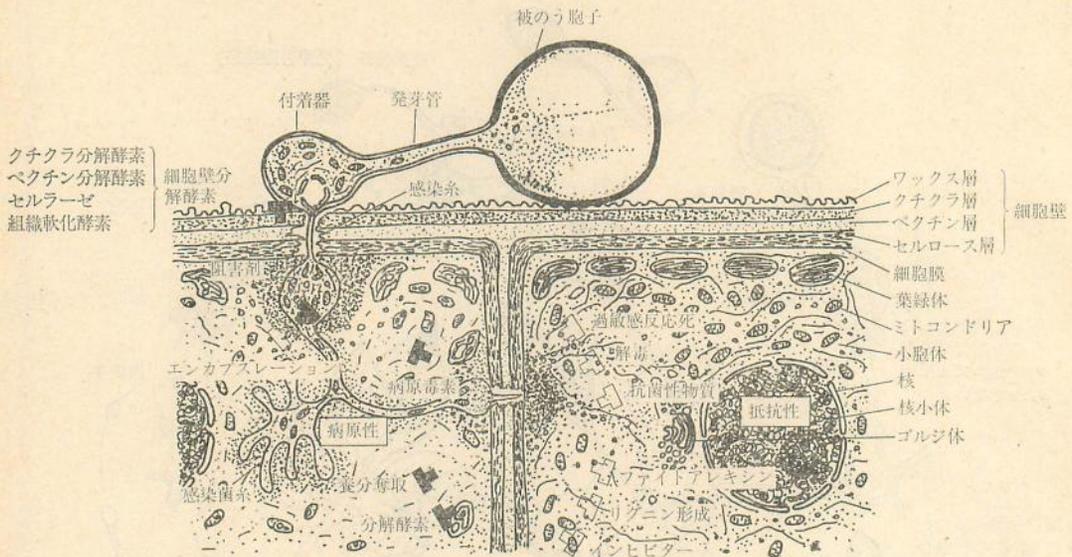
遊走子のうは間接発芽により遊走子を生ずる。この遊走子が後に被のう胞子となり発芽管による発芽を行うため間接発芽と称されるが、発芽を休止体における活動の始まりと解すれば、この遊走子による発芽は発芽管によるものとは比較にならぬ動的な生命活動である。近縁の *Pythium* などにみられるプロトプラストのままでの放出についても、同じ観点に立って、これらはそれぞれ遊走子型発芽、発芽管型発芽及びプロトプラスト型発芽と呼ぶことができよう。遊走子型発芽においては、まず遊走子のう内で個々の遊走子への分割が起こり、次いで乳頭突起部が裂開して遊走子が放出される。遊走子分割にはステロールが必須である。疫病菌を含む *Pythiaceae* では、菌体はスクワレンまで合成できるが、エポキシダーゼが欠如してその後のステロール合成ができない。したがって、遊走子の細胞膜に必要なステロールを植物体から獲得せねばならない。本菌における寄生の重要な意義の一つである。一方、遊走子の放出の原動力は膨圧によるものとされてきたが、微小管(Microtubules)など収縮性タンパクによる積極的な押し出し機構の存在する可能性

が高まってきた。発芽管発芽は一般の菌糸伸長とほぼ同じである。

卵胞子は有性生殖により形成される。2本の菌糸が接触して藏卵器と藏精器に発達し、藏卵器内部に卵胞子が形成される。卵胞子は2層(3層に分けることもある)から成る厚い細胞壁を有し、耐久性に富む。一般に卵胞子形成にもステロールが必要である。菌株が単独で卵胞子形成能のあるもの(同株性 Homothallic)と、異なる交配型同志の対峙培養により卵胞子を形成するもの(異株性 Heterothallic)がある。交配型はそれぞれ A_1 , A_2 型に分けられるが厳密なものではなく、幾分相対的な関係にあり、また培養中に同株性への変換が起こる場合もある。卵胞子形成の機構は研究されている割には不明の部分が多い。形成の過程を動的に追求しにくいことや、卵胞子細胞壁の強じんさ、詳細な観察を妨げていることもあるが、有性生殖の概念にとらわれ過ぎているようにも思える。少なくとも、雌雄性と和合性は区別して考えられねばならないだろう。

III 疫病菌の寄主植物内における生態

疫病菌の寄主植物侵入後の生態は、寄主細胞との複雑な相互関係によって種々の様相を示す。この寄主・寄生



第2図 寄主-寄生菌相互反応

Phytophthora の場合を中心に寄主・寄生者相互反応を模式化した。不親和性の組み合わせでは、急速な過敏反応死が起こり、感染菌糸は伸展を阻止される。過敏死がファイトアレキシン合成の引き金になるという。菌体細胞壁合成はファイトアレキシン合成を誘導するエリシター活性が強い。つまり寄主細胞による病原菌の認識の結果ファイトアレキシンが細胞内に蓄積し、抵抗性を発揮する。

者相互作用は植物病理学の中心課題であり、形態学的にも生理学的にも最も進んでいる研究分野と言える。その中でも特に *P. infestans* とジャガイモを用いた研究は、歴史的な裏付けの豊富さも加わって活発であるが、ピザチンの発見以降、マメ科植物にも注目が集まり *P. megasperma* var. *sojae* を用いた研究が最近著しく増加している。

雨滴中にて遊走子のうより放出された遊走子は、マクロには水の流れとともに、ミクロには積極的な走性行動により、寄主植物体に到達して侵入を開始する。植物細胞壁は数層から成るが、菌体は各々の層を分解酵素を分泌しながら通過するものと思われる。特に疫病菌ではペクチン質分解酵素と組織軟化酵素の活性が強く、病徴に強い軟腐症状がみられるのはそのためである。侵入菌糸と不親和関係にあるとき、寄主細胞は直ちに反応して、侵入部位を中心とした活発な原形質流動が起こり、顆粒が集積するとともに活動は停止して速やかな過敏死に至る。この現象が抵抗性に直接結びつくというよりも、後に続く抗菌性物質ファイトアレキシン (PA) の蓄積を誘起するとの考え方もある。PA の蓄積により菌糸の伸長は抑制されるが、その合成系と分解系のバランスの崩れから蓄積が起こるともいう。一方、親和性関係にある場合過敏死は起こらず、PA は蓄積されずに菌体は組織内を伸展し、発病に至らしめる。PA 合成は、菌体細胞壁

成分などにより誘起されるが、このような活性を持つものをエリシターと呼んでいる。エリシター・過敏反応・PA 合成分解系に関する研究は、細胞の情報受容・伝達・代謝制御という一連の生命活動の研究領域に入りつつあるようであるが、一つの生物の生命活動ですら満足には解明し得ていない現在、生物と生物の闘いの場を理解しようとするのは、極めて容易ならぬことであろう。しかしながら、感染を受けた植物の抵抗反応は、まさに総合防除の実験の場と言ってもよく、基礎研究の方面のみならず応用部門からも期待するところは少なくない。

IV 疫病菌の土壌中における生態

寄主体内においては正に闘いと繁栄の生態であるが、土壌中においては、ひたすら眠りと忍耐の生態であると言える。大部分の疫病菌は、卵胞子あるいは厚膜胞子のような耐久器官を形成して越冬あるいは越夏するが、土壌中では種々の菌類やバクテリアの寄生を受けることも多い。卵胞子は数か月間休眠を続け、適度な温度や水分条件に合うと発芽を起こす。発芽は根の存在によって促進されるが、土壌微生物も関与しているようである。発芽管の先端に遊走子のうが形成され、放出された遊走子により伝染まん延が起こると考えられる。

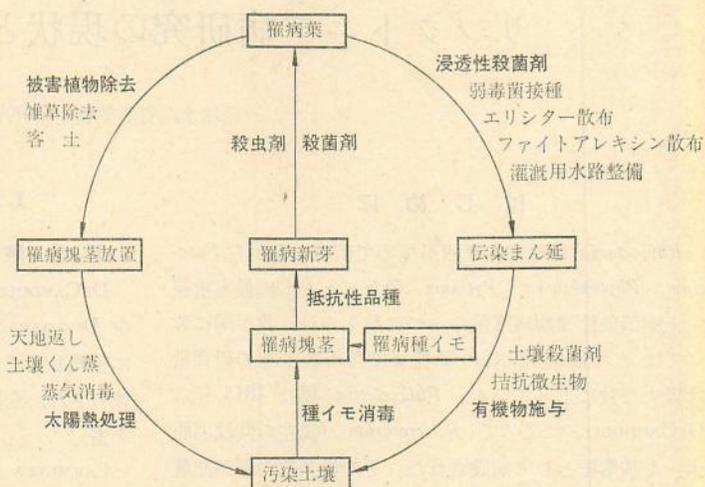
土壌中における本病菌の生態をとらえることは、防除

手段を構ずるうえで極めて重要なことではあるが、実際のは場では技術的に困難が多く、また要因も複雑でデータの解析もやりにくい。したがって多くの場合、なんらかの形でモデル化が行われる。ポットに入れた殺菌土壤に培養した菌体や胞子を混和し、種々の条件を与えた後、菌の状態や量的変動をとらえる方法などは極端な例としても、大なり小なりこれに似た方法を組み合わせて、なんとか実際に近い状態を探ろうとする努力がなされてきた。ここ10年ほどの間にPVP, NVP, MI, ENC, MH, BNPRV 培地など優れた選択分離培地が次々と開発されてきた。これを用いて自然条件下での分布や活性を調べることがある程度可能となり、この種の研究報告に増加の傾向からうかがえる。考え方によれば、寄主は最も優れた選択培地である。タマネギ

白色疫病の土壤検診に用いられるジャガイモ切片などはその例であり、今後も検診の価値はあろう。また、土壤中の菌体を蛍光色素で染色して直接検出することや、更に進んで蛍光抗体法を導入しようとする試みもある。土壤中の病原菌ポテンシャルを正確に把握するために、土壤サンプラーなどを用いた定量化なども考えられているが、土壤中では存在する菌量も極めて少なく検出は容易でないことが多い。このためには選択的に増幅させるための方法なども構じなければならぬだろう。我が国においては疫病菌の土壤生態に関する基礎研究はあまり盛んとは言えない。しかし、我が国の風土には我が国独特の疫病生態が存在するはずである。その実態をとらえることは、これからの最大の課題であり、そこからの確かな総合防除法が生み出されてくるであろう。

V 疫病の総合防除

疫病に限らず病気の防除は殺菌剤に依存する傾向が極めて強い。適当な薬剤が見付からなかった場合にのみ様々の栽培技術を主体とした防除法が取りざたされることが多い。実際、現在の総合防除研究の隆盛は、農薬の残留濃度が高まって頼っていた薬剤が使えなくなったことや、使い過ぎに対する危惧や反省が原因となっていることは否定できない。最近、疫病に対する浸透性殺菌剤が次々と開発されてきている。切望されていたものではあるが、これらが実用段階に入ればせっきの総合防除の



第3図 疫病の総合防除 (ジャガイモ疫病を例として)

予防殺菌剤に頼り過ぎの現状は誤りである。発病の早期発見と、治療剤の開発が急務である。抵抗性品種の育成には年月が掛かる。すぐに実行して効果のあるのは被害植物の早期除去である。ポリ袋に少量の土とともにに入れて放置すれば一夏で堆肥となる。見栄えのよい作物にするために費やす労力の一部を将来のためにふりむけてほしい。

燈が消えてしまう恐れがある。第3図にジャガイモ疫病の場合を例として、種々の防除法を挙げた。その中には、既に実施されているものもあれば、研究途上のものもある。これらの方法の多くは、いわば緩効性肥料であり、殺菌剤類は速効性肥料ということになる。適宜組み合わせることにより、健全な作物が育つ。栽培家は面倒がらずに、これらの防除法を積極的に取り入れてほしい。また、各研究機関ではそれらが十分に効果を発揮するための適切な技術や装置の開発とともに、それらが農作業の中に無理なく導入していけるような様々の工夫や改良の面でも大いに研究を進めていただきたいと願う。

参考文献

- 1) 桂 琦一 (1971) : 植物の疫病, 誠文堂新光社.
- 2) 正子 朔 (1979) : 化学と生物 17 : 323~330.
- 3) 宮田善雄 (1970) : 第5回土壤伝染病談話会資料 5 : 8~12.
- 4) ——— (1980) : *Phytophthora capsici* 遊走子の間の接芽に関する研究 : 1~106.
- 5) 植物病理化学最近の進歩 (1978) : 1~226.
- 6) 植物防疫 (1972) : 糸状菌の感染機作 (特集), 第26巻10号.
- 7) ——— (1979) : 糸状菌の胞子形成 (特集), 第33巻10号.
- 8) TUCKER, C. M. (1931) : Mo. Agric. Exp. Stn. Res. Bull. 153 : 1~204.
- 9) WATERHOUSE, G. M. (1963) : Commonw. Mycol. Inst. Papers No. 92 : 1~22.
- 10) ——— (1978) : ibid. No. 143 : 1~20.

リゾクトニア病研究の現状と今後の課題

農林水産省農業技術研究所 おに き まさ おみ
鬼 木 正 臣

はじめに

Rhizoctonia 菌は宿主範囲が極めて広いことから *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium* 菌などとともに最も重要な土壌伝染性植物病原菌の一つに数えられ、我が国においてはイネ紋枯病関係の研究まで含めるとその研究量は膨大な数に上っている。*Rhizoctonia* 属は 1815 年に DE CANDOLLE によって *R. crocorum* (現在の紫紋羽病菌) を基準種として創設された。その後多数の種が記載され、ジャガイモ黒あざ病菌 *R. solani* KÜHN (1858) は最も著名なものであった。しかし、*Rhizoctonia* の特徴とする記載が極めて簡単であったことから多数の類似菌の紛れ込むところとなり混乱した時代が長く続いた。最近になって PARMETER ら (1970) は *R. solani* としての特徴を整理し、これを基に OGOSHI (1975) は *Rhizoctonia* 属の特徴として次の 8 点を挙げ多くの支持を受けている。

①分岐は菌糸先端細胞のそばで起こる、②分岐点に狭さくがある、③分岐点近くに隔壁を生ずる、④隔壁は dolipore septum である、⑤clamp connexion (カスガイ連結) を持たない、⑥conidia を生じない、⑦菌核は外皮と内層に分かれない、⑧rhizomorph (根状菌糸束) を持たない。

R. solani の種内の類別は渡辺ら (1966) によって培養型の類別法が確立され、更に PARMETER ら (1969) や生越 (1976) によって菌糸融合による類別法が確立された。両法により類別された群はほぼ一致し、更に類別された各群の性格が明らかにされたことから、新しく *R. solani* による病害が発生した場合には単に *R. solani* と同定するだけでなく、培養型や菌糸融合群まで明らかにすることが一般的になっている。

Rhizoctonia 属には *R. solani* のほかに種々の *Rhizoctonia* があって、*R. solani* の類別の手法や、類別された各群の性格を明らかにしていく方向がそれらの *Rhizoctonia* にも適用されようとしている。そこで今回は、これら分類同定、類別の側面から見た *Rhizoctonia* に焦点を絞って研究の現状と問題点について述べたい。

I 分類、類別の現状と問題点

1 分類

DE CANDOLLE 以来 *Rhizoctonia* として記載されたものを DUGGAR (1915) が *R. crocorum* と *R. solani* の 2 種に整理して以来現在までに *Rhizoctonia* 属の多数の種が報告され、変種まで入れると 100 種にも上っている (第 1 表)。

PARMETER ら (1970) はこれらのうち現存する多数の菌を集めて、同一菌が異種として報告されていないかどうかを検討した。その結果、かなりの数のものが *R. solani* の異名であることを明らかにした。その際、*R. solani* の多核に対して 2 核の種が幾つかあることを指摘し、それらの完全時代は *Ceratobasidium* 属であるとした。筆者らも同様に *Rhizoctonia* 属として記載されたもので現存するものを入手し検討を加えている。その中で *R. oryzae*, *R. zaeae*, *R. endophytica* var. *flicata*, *Sclerotium orizicola*, は同一の菌糸融合群であることが分かり、これらのうち *R. oryzae* の完全時代は *Waitea circinata* であることを明らかにした。

これら多数の種を整理すると五つのグループに分けることができる (第 1 表)。

- (1) 多核で、現在では *R. solani* の異名とされ、完全時代は *Thanatephorus* であるもの——29 種
- (2) 多核で、*R. oryzae* に代表されるように菌そうがピンク～赤～赤褐色に着色し、完全時代は *Waitea* であるもの——3 種
- (3) 2 核で、完全時代は *Ceratobasidium* であるもの——14 種
- (4) どのような *Rhizoctonia* か明らかでないもの——43 種
- (5) 現在では *Rhizoctonia* とすべきでないもの——11 種

これらの中には記載を十分検討していないものや、菌が現存していても変異を起こしていて当時の状態が再現できないものもあって、グループ間の移動はこれからもあるものと思われる。

それでは反対に *R. solani* の完全時代である担子菌の *Thanatephorus* の周辺はどうなっているか検討を加えたい。担子菌時代と *Rhizoctonia* とを対比させると第

第1表 *Rhizoctonia* 属の種名

<p>1 多核の <i>Rhizoctonia</i> 1) = <i>Rhizoctonia solani</i> <i>R. aderholdii</i> <i>R. alba</i> <i>R. allii</i> <i>R. betae</i> <i>R. brassicarum</i> *<i>R. carotae</i> <i>R. dauci</i> *<i>R. dichotoma</i> <i>R. dimorpha</i> <i>R. fusca</i>** <i>R. gossypii</i> *<i>R. gossypii</i> var. <i>aegyptica</i> *<i>R. gossypii</i> var. <i>anatolica</i> <i>R. lupini</i> <i>R. macrosclerotia</i> *<i>R. melongena</i> *<i>R. microsclerotia</i> <i>R. napae</i> <i>R. napaeae</i> <i>R. napi</i> <i>R. potomacensis</i> *<i>R. praticola</i> (<i>Thanatephorus praticola</i>) <i>R. rapae</i> *<i>R. solani</i> (<i>Thanatephorus cucumeris</i>) <i>R. solani</i> var. <i>ambigua</i> *<i>R. solani</i> var. <i>cedri-deodarae</i> <i>R. solani</i> var. <i>cichorii-endiviae</i> *<i>R. solani</i> var. <i>hortensis</i> <i>R. solani</i> var. <i>lycopersici</i> 2) <i>R. oryzae</i> type *<i>R. endophytica</i> var. <i>filicata</i> *<i>R. oryzae</i> *<i>R. zeae</i> *<i>Sclerotium orizicola</i></p>	<p>2 2核の <i>Rhizoctonia</i> *<i>R. alpina</i> (uni.)** *<i>R. callae</i> ? *<i>R. candida</i> *<i>R. endophytica</i> var. <i>endophytica</i> *<i>R. floccosa</i>** *<i>R. fragariae</i> *<i>R. fraxini</i> *<i>R. globularis</i> (<i>Ceratobasidium cornigerum</i>) <i>R. goodyera-repentis</i> (<i>C. cornigerum</i>) *<i>R. muneratii</i> *<i>R. pini-insignis</i> *<i>R. quercus</i> (uni.) *<i>R. ramicola</i> (<i>C. ramicola</i>) *<i>R. solani</i> var. <i>fuchsiae</i> *<i>Sclerotium oryzae-sativae</i> *<i>S. fumigatum</i></p>	<p><i>R. monilioides</i> *<i>R. mucoroides</i> <i>R. muscorum</i> <i>R. neottiae</i> <i>R. palida</i> (<i>R. gricea</i>) *<i>R. papayae</i> ? <i>R. placenta</i> <i>R. radiciformis</i> *<i>R. repens</i> <i>R. robsta</i> *<i>R. rubi</i> <i>R. rubiae</i> <i>R. rubigenosa</i> <i>R. sclerotica</i> *<i>R. silvestris</i> <i>R. solani</i> f. <i>paroketea</i> <i>R. sphacelati</i> (<i>R. gracilis</i>)** *<i>R. stahlia</i> <i>R. strobii</i> <i>R. strobilina</i> <i>R. subepigea</i> <i>R. subtilis</i> <i>R. subtilis</i> var. <i>nigra</i> <i>R. tuliparum</i> *<i>R. solani</i> var. <i>graminis</i></p>
	<p>3 どのような <i>Rhizoctonia</i> か不明のもの <i>R. aerea</i> *<i>R. anomala</i> <i>R. anorama</i> <i>R. arachnion</i> <i>R. asclerotica</i> <i>R. aurantiaca</i> <i>R. batatas</i> <i>R. borealis</i> <i>R. cavendishiani</i>** (<i>R. robsta</i>) *<i>R. cerealis</i> <i>R. chousii</i> <i>R. destruens</i> <i>R. gracilis</i> <i>R. grisea</i> (<i>R. palida</i>) *<i>R. lanuginosa</i> <i>R. lilacina</i> <i>R. mali</i> <i>R. moniliformis</i></p>	<p>4 <i>Rhizoctonia</i> sp. でないもの <i>R. asparagi</i>** (<i>Helicobasidium purpureum</i>) *<i>R. bataticola</i> (<i>Macrophomina phaseoli</i>) <i>R. bicolor</i> (<i>Botrytis</i> sp.) *<i>R. crocorum</i> (<i>H. purpureum</i>) *<i>R. ferrugena</i> (<i>Sclerotium rolfsii</i>) *<i>R. hiemalis</i> (<i>Trichophaea</i> sp.) *<i>R. lamellifera</i> (<i>M. phaseoli</i>) *<i>R. leguminicola</i> <i>R. medicaginis</i> (<i>H. purpureum</i>) <i>R. phaseoli</i> (<i>M. phaseoli</i>) *<i>R. violacea</i> (<i>H. purpureum</i>)</p>

*: Type Culture Collection などに保存されているもの, **: 第10回土壌伝染病談話会講演要旨集以後に訂正を加えたもの, (Uni.): 単核のもの, ?: Dolipore septum を持たないためやや疑問のあるもの.

2表のようになる。

R. solani の完全時代は古くから *Hypochnus*, *Corticium*, *Pellicularia*, *Botrybasidium*, *Ceratobasidium*, あるいは *Thanatephorus* が使われてきた。なぜこのように色々変遷があったかについては幾つかの理由がある。一つは前にも述べたように *Rhizoctonia* としての特徴があいまいであって、どこからが *Rhizoctonia* であるかばく然としていて、対比される担子菌時代もどこに所属するか見解が分かれたこと。もう一つは *Rhizoctonia* の完全時代が *Heterobasidiomycetes* (異担子菌亜綱) と *Homobasidiomycetes* (同担子菌亜綱) との境界にあって、分類学者によって色々見解が異なっていたためと思われる。現在では CHRISTIANSEN (1959, 1960), McNABB ら (1973),

TALBOT (1965, 1973) らの見解が支持されている。

すなわち *Heterobasidiomycetes* の中に *Ceratobasidium*, *Uthatabasidium*, *Thanatephorus* 属などがあり、*Homobasidiomycetes* の中に *Waitea* 属がある。これらを不完全時代の *Rhizoctonia* と対比させると *Ceratobasidium* の *Rhizoctonia* 時代は2核の *Rhizoctonia* であり、*Thanatephorus* は *R. solani* であり、*Waitea* は *R. oryzae* タイプの *Rhizoctonia* である。しかし、*Uthatabasidium* の *Rhizoctonia* 時代はまだ明らかにされていない。そのほか *Botrybasidium*, *Botryhypochnus*, *Corticium* 属なども周辺の担子菌として挙げられるが、これらの不完全時代はすべて *Rhizoctonia* から外される。

このように現在では *Rhizoctonia* と担子菌時代との関

第2表 担子菌と *Rhizoctonia* 菌との関係

担子菌	不完全菌
Heterobasidiomycetes	
<i>Ceratobasidium</i>	←→ 2核の <i>Rhizoctonia</i>
<i>C. anceps</i>	
<i>C. calosporum</i>	
<i>C. obscurum</i>	
<i>C. cornigerum</i>	
<i>C. pseudocornigerum</i>	
<i>C. ramicola</i>	
<i>C. mycophagum</i>	
<i>C. pearsonii</i>	
<i>Uthatabasidium</i>	←→ ?
<i>Thanatephorus</i>	←→ <i>Rhizoctonia solani</i>
<i>T. cucumeris</i>	
<i>T. praticola</i>	
<i>T. sterigmaticus</i>	
Homobasidiomycetes	
<i>Waitea</i>	←→ <i>R. oryzae</i> type
<i>W. circinata</i>	
.....
<i>Botryobasidium</i>	?
<i>Botryohyphochneus</i>	?
.....
<i>Corticium</i>	?

連は *Uthatabasidium* を除いて大きなところで第2表のように対比させることができ、分類学にかんがはつきりしてきたと言える。

2 類別

渡辺ら (1966) が *R. solani* を培養型と病原性で6型7系に類別してから、色々な方向から種内を類別する試みがなされている。生越 (1976) は菌糸の融合現象を利用して *R. solani* を5群2型に類別した。両方法で類別された群は一致したが、菌糸融合群では培養型にはなかった新しい群の第5群が見付けられた。更に国永ら (1978) は森林未耕地土壌から新しい菌糸融合群を二つ (第6群とB I群) 見付け、現在では *R. solani* は菌糸

融合群では7群2型に類別されている。

更に、ビタミン要求性 (OGOSHI ら, 1979; 国永ら, 1979) や非特異性エステラーゼのザイモグラム (MATSUYAMA ら, 1978) によって培養型や菌糸融合で類別された群の意義が問われ、また最近では菌糸細胞核の DNA 含量 (内記, 1979) や DNA の塩基組成 (国永ら, 1979) などから同様の検討がなされ、外国では血清反応 (ADAMS et al., 1979) によっても検討された (第3表)。これらで出された結果はいずれも菌糸融合や培養型で類別された群の概念と矛盾するものではなかった。

2核の *Rhizoctonia* についても OGOSHI ら (1979) は15群に、BURPEE ら (1980) は7群に菌糸融合で類別し、既報の種との関係が検討されている。また、*R. oryzae* のグループでは幾つかの *Rhizoctonia* の種が菌糸融合で一つの群になることが明らかにされた。このように菌糸融合は種内の類別に利用されるだけでなく、幾つかの種の近縁関係を問うことにも利用され、菌の同定にも利用されている。

菌糸融合などによる類別の意義は今更述べるまでもない。渡辺ら (1966) の報告以来 *R. solani* の病害にはどの培養型か、どの菌糸融合群に属すかが明らかにされてきた。培養型や菌糸融合群が明らかにされただけでその菌の性格や特徴が分かり、ひいては防除などの方法が検討されやすくなった例もある。現在では *R. solani* の各群の菌の性格や特徴はかなり明らかにされている。

2核の *Rhizoctonia* や他の *Rhizoctonia* についても *R. solani* と同様の類別の研究が続けられ、それらの群の一つ一つの性格や特徴が明らかにされて、それが植物とどのように関連があるのか検討されることが *Rhizoctonia* 病のこれからの大きな研究課題の一つになると思われる。

第3表 *R. solani* の類別された群の比較

菌糸融合群 生越 (1976)	培養型 渡辺ら (1966)	ビタミン要求性 (OGOSHI ら, 1979)	ザイモグラム (MATSUYAMA ら, 1979)
AG-1	IA (イネ紋枯病系)		Zym-1
AG-2-1	IB (樹木苗くものす病系)		—
AG-2-2	II (アブラナ科低温系)		Zym-2-1
	III B (イネ紋枯病系)	○	Zym-2-2A
AG-3	IV (テンサイ根腐病系)	○	Zym-2-2B
AG-4	IV (ジャガイモ低温系)		Zym-3
AG-5	III A (苗立枯病系)	○	Zym-4A, 4B
	—		Zym-5A, 5B
AG-6			
AG-BI		○	
国永ら (1978)		国永ら (1979)	

○: チアミン要求性

II 植物病原菌としての2核の *Rhizoctonia*

2核の *Rhizoctonia* 菌は本来ラン科植物などの根の共生菌や森林などの土壌に生息する腐生的な菌として報告されたものが多く、多くは植物に対し病原性を持たないと考えられてきた。しかし、中には植物病原菌として報告されたものもあり、菌糸融合群のあるものは植物の被害部から数多く分離される(第4表)。

第4表 2核の *Rhizoctonia* 菌の菌糸融合による類別 (OGOSHIら, 1979)

菌糸融合群	菌株数	完全時代形成菌株数	分離源	
			植物	土壌
A	44	7	29	12
Ba	10	0	9	1
Bb	9	0	9	0
B	17	4	4	13
C	17	7	4	13
D	16	0	14	2
E	10	3	5	2
F	7	2	6	1
G	7	5	6	1
H	5	4	0	5
I	5	0	1	4
J	4	2	0	4
K-O	10	2	1	9
未定	16	2	4	12
合計	177	38	92	79

最近、作物栽培の技術革新や環境の変化(①連作の増加, ②特定品種の導入, ③作期の移動, ④多肥栽培による肥料成分の不均衡, ⑤各種有機質資材の投与, ⑥土壌環境の変化(マルチ栽培による地温の変化, 土壌消毒などによる土壌環境の変化), ⑦種子消毒剤の欠如などによって色々な作物で種々の障害が出ている。これらの障害の中に2核の *Rhizoctonia* が関係していると思われるものがある。これらは出芽阻害や立枯れ, また萎ちょう枯死などのように作物に決定的な障害を与えることなく、単に根部の表面を汚染させる程度である。しかし、商品性を重視する作物においては農家に大きな経済的損失を与えている。

ジャガイモの亀の甲症状, ラッカセイの莢褐斑症状, またダイコンやサツマイモの根部異常症状のある種の病斑からはかなりの高率で2核の *Rhizoctonia* 菌が分離され、菌を接種することによってジャガイモ, ラッカセイでは病徴を再現することができた。しかし、ここで問題になるのは2核の *Rhizoctonia* 菌を単独で接種しても病徴が軽いことであり、常に *Fusarium* spp. などが同時に分離されることである。田中ら(1979)がイチゴの苗萎ちょう枯死で他の病原菌と混合接種すると発病率が高ま

ると指摘しているように、これらの症状も *Fusarium* spp. などとの複合感染の可能性があるため、これらの解明はこれからの問題である。

弱い病原菌の例として根部異常症状の問題を出したが、*Rhizoctonia* の中でも比較的弱い病原菌や本来は病原菌でなかったものが—これらは不定性病害や weak parasite という名で呼ばれている—なんらかの条件変化(イネの箱育苗と苗立枯の関係のように)によって、一躍病原菌となることも考えられるため、これらの菌の生理, 生態を明らかにし、侵入や感染の機作を解明していく必要がある。

おわりに

本稿はリゾクトニア病 80年代の課題ということでリゾクトニア病全般にわたってこれから何をなすべきかを問うことにあったが、*Rhizoctonia* 菌の分類同定と類別の現状を紹介し、今後の残された分野について述べたにすぎない。菌の側からでなく、病気の側から見ればまだまだ多くの困難な問題点を持っている。例えば、

- ① 北海道大学で取り組まれている土壌中におけるリゾクトニア病の増殖, 衰退機構の解明
- ② 分離法とも関連するが土壌中の菌の活性評価と発病との関係
- ③ *Pseudomonas* 属細菌や HOMMA ら(1979)の食菌性アムーバなどによる新しい生物防除の方向
- ④ 菌群と植物との組み合わせの違いによる侵入, 感染機構の再検討
- ⑤ テンサイ葉腐病で取り組まれているように life cycle の再検討
- ⑥ 実用的抵抗性品種の育成の可能性

など述べなければならなかった問題点がたくさんある。しかし、*R. solani* の研究で類別の研究の進展とともにリゾクトニア病の研究が大きく発展してきたことを考えると、分類同定, 類別の研究は植物病理学の基本的課題であり、このことがはっきりして初めて色々な方面の研究が発展するものと考えられる。

R. solani のこの方面の研究は集大成されつつある。その他の *Rhizoctonia* については出発点に立っていて、すべてこれからの問題だということを理解していただければ幸いである。

主な引用文献

- 1) ADAMS, C. C., JR. and E. E. BUTLER (1979) : *Phytopath.* 69 : 629-633.
- 2) CHRISTIANSEN, M. P. (1959) : *Dansk Botan. Arkiv* 19 : 1-55.

- 3) ——— (1960) : Dansk Botan. Arkiv 19 : 57~388.
- 4) DUGGAR, B. M. (1915) : Ann. Missouri Botan. Garden 2 : 403~458.
- 5) FLENTJE, N. T. et al. (1963) : Aust. J. Biol. Sci. 16 : 450~467.
- 6) 国永史朗ら (1978) : 日植病報 44 : 591~598.
- 7) ———ら (1979) : 同上 45 : 207~214.
- 8) ———ら (1979) : 同上 45 : 523 (講要).
- 9) MATSUYAMA, N. et al. (1978) : Ann. Phytopath. Soc. Japan 44 : 652~658.
- 10) McNABB, R. F. R. and P. H. B. TALBOT (1973) : The Fungi IV B 504p. : 317~326.
- 11) 内記 隆 (1979) : 日植病報 45 : 523 (講要).
- 12) OGOSHI, A. (1975) : Rev. Plant Protec. Res. 8 : 93~103.
- 13) 生越 明 (1976) : 農技研報 C30 : 1~63.
- 14) OGOSHI, A. and T. Ue (1979) : Ann. Phytopath. Soc. Japan 45 : 47~53.
- 15) OGOSHI, A. et al. (1979) : Trans. mycol. Soc. Japan 20 : 33~39.
- 16) PARMETER, J. R., JR. et al. (1969) : Phytopath. 59 : 1270~1278.
- 17) ——— and H. S. WHITNEY (1970) : *Rhizoctonia solani*, Biology and Pathology. 255p. : 7~19.
- 18) TALBOT, P. H. B. (1965) : Persoonia 3 : 371~406.
- 19) ——— (1973) : The Fungi IV B 504p. : 327~349.
- 20) 田中欽二・野中福次 (1979) : 九病虫研報 25 : 27~29.
- 21) 渡辺文吉郎・松田 明 (1966) : 指定試 (病害虫) 3 : 1~131.

本会発行図書

チリカブリダニによるハダニ類の生物的防除

森 樊須・真梶徳純 編

2,000 円 送料 200 円 B 5 判 89 ページ

内容目次

- | | |
|--|--|
| <p>I 総説・基礎的研究</p> <p>1 チリカブリダニ研究会の活動経過 (真梶徳純・森 樊須)</p> <p>2 チリカブリダニの研究史 (森 樊須)</p> <p>3 チリカブリダニの生活史 (浜村徹三・真梶徳純)</p> <p>4 チリカブリダニの増殖と捕食に及ぼす温湿度条件 (芦原 亘・真梶徳純)</p> <p>5 チリカブリダニの捕食者としての特性 (高藤晃雄)</p> <p>6 チリカブリダニの分散 (高藤晃雄・浜村徹三)</p> <p>7 チリカブリダニと土着カブリダニ類との競合 (森 樊須・斎藤 裕)</p> <p>8 チリカブリダニの大量飼育と貯蔵 (浜村徹三・真梶徳純)</p> <p>9 チリカブリダニに対する農薬の影響 (芦原 亘・真梶徳純)</p> | <p>II 農生態系における放飼事例</p> <p>施設内作物へのチリカブリダニの放飼</p> <p>1 促成及び半促成栽培イチゴ (深沢永光)</p> <p>2 ハウス内キュウリ (森 樊須・今林俊一)</p> <p>3 ハウス内ナス (松崎征美)</p> <p>4 ハウス内カーネーション及びバラ (藤本 清・広瀬敏晴・足立年一・伊東祐孝)</p> <p>5 ガラス室ブドウ (逸見 尚)</p> <p>野外作物へのチリカブリダニの放飼</p> <p>6 ダイズ及び小果樹類 (今林俊一・森 樊須)</p> <p>7 チャ (刑部 勝)</p> <p>III 総括 (森 樊須・真梶徳純)</p> <p>和文及び英文摘要</p> |
|--|--|

お申込みは前金 (現金・振替・小為替) で本会へ

バーティシリウム病研究の現状と今後の課題

東京都農業試験場	い 飯	じ 嶋	つとむ 勉
大阪府農林技術センター	た 田	なか 中	ゆたか 寛

バーティシリウム病は諸外国ではフザリウム病に匹敵する重要な導管病として扱われている。一方、我が国では、ナス半身萎ちょう病が戦前から知られていた以外は、バーティシリウム病の被害が問題になってきたのはごく最近のことである。したがって、国内における報告の大部分は新発生に関するものであり、更に病原菌の種名についても混乱が続いていた。そこで本稿では病原菌の種名をめぐる論争を中心に研究の現状を紹介し、本格的バーティシリウム病研究開幕の序としたい。

I 我が国におけるバーティシリウム病の発生状況

ナス半身萎ちょう病¹⁾は昭和6年に長野県で発見された病害であり、従来は冷涼地の病害と考えられていたが、最近北海道～九州の露地及び施設で発生するようになり、難防除病害の一つになっている。イチゴ萎ちょう病²⁾は昭和38年に埼玉県で発見され、その後各地にまん延して被害が問題になっている。キク半身萎ちょう病³⁾は最近では全国的に発生がみられ、種苗による病原菌の広域伝播が危惧されている。トマト半身萎ちょう病⁴⁾は昭和45～50年ごろには東京都の一部地域に限って発生していたが、現在は北海道～奈良県の各地で発生し、特に福島・山梨・長野など数県の夏秋トマト産地で被害が激しい。ハクサイ黄化病⁵⁾は昭和41年ごろから長野県で発生していたものであり、最近同県各地のほか茨城・山梨両県の大産地でも多発し、まん延が警戒されている。また最近ではウド萎ちょう病⁶⁾、オクラとフキ¹⁰⁾の半身萎ちょう病、スイカ・メロン・キュウリ・トウガラシの半身萎ちょう病¹²⁾、ダイコンバーティシリウム黒点病¹³⁾、アイスランドポピーバーティシリウム萎縮病⁴⁾、アルファルファバーティシリウム萎ちょう病¹⁴⁾が報告されている。しかし、諸外国のリストと比較するとこの数は極めて少なく、本病は今後も木本を含めた各種植物で次々と発見されるものと予想される。

バーティシリウム病が多発するようになった原因は明らかではないが、①産地の固定化により連作が強いられ、②作期の前進などにより植物が不良環境で

栽培されるようになったこと、③種苗などにより多犯性の病原菌が各地に伝播されたこと、④本病は急性の病徴を呈さないために他の病害と混同されて気付かれずにいたものが、これら病害防除法の確立などによって表面立ってきたことなどが考えられ、また *Verticillium* spp. に興味を持つ研究者が増えてきたことも挙げられる。

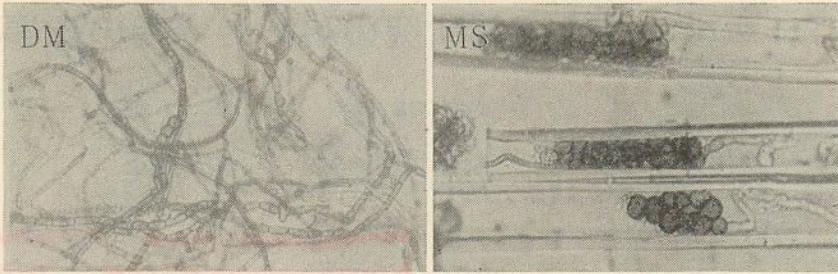
II 病原菌の種名

1 植物寄生菌として記載された *Verticillium* 属菌5種

高等植物に寄生する *Verticillium* 菌としては次の5種が報告されている。*V. albo-atrum* はジャガイモ萎ちょう性病害の病原菌として1879年に REINKE and BERTHOLD が記載した種であり、休眠体は褐色休眠菌糸 (dark resting mycelium, 以下 DM と略記) とされている。*V. dahliae* はダーリア萎ちょう株の分離菌を調査した KLEBAHN¹⁵⁾ が、*V. albo-atrum* には認められない小菌核 (microsclerotium, 以下 MS と略記) を容易かつ豊富に形成するという理由で、1913年に新種として記載した。*V. nubilum* (国内未確認) と *V. nigrescens* はジャガイモ表皮上から分離された菌であり、1919年に PETHYBRIDGE¹⁷⁾ によって記載された。両種の休眠体は厚膜胞子であり、その病原性はごく弱く、弱寄生菌または腐性菌として扱われている。*V. tricorpus* (国内未発生) はトマト萎ちょう性病害の病原菌として ISAAC⁹⁾ が1953年に報告した種であり、休眠体として DM, MS, 厚膜胞子の3種を同時に形成する。本菌の若い菌そうは橙黄色を呈し、またトマトだけに病原性を有す。以上5種のうち、植物病原菌として重要なのは *V. albo-atrum* と *V. dahliae* である。

2 *V. albo-atrum* と *V. dahliae* 間の種名に関する論争

ところで KLEBAHN¹⁵⁾ が *V. dahliae* を報告した1913年以来、本種を *V. albo-atrum* の別種として認めるか否かについて歴史的論争が展開された。例えば、PRESLEY¹⁸⁾ らは *V. dahliae* を認めず、*V. albo-atrum* が MS と DM を形成する変異に富む種であると主張し、一方 ISAAC⁹⁾ らは、両種とも正当な別種という立場をとった。論争の原因は REINKE and BERTHOLD が報告した



C.M.I. から導入した *V. albo-atrum* の褐色休眠菌糸 (DM) と木部内に形成された *V. dahliae* の小菌核 (MS)

記載と図の解釈が研究者によって異なったためである。上図は C. M. I. 導入菌株 (54 横植第 56 号) のトマト茎上における休眠体の写真であり、左が *V. albo-atrum* の DM, 右が *V. dahliae* の MS であり、形成する休眠体の種類によってそれぞれ DM 型菌株, MS 型菌株とも呼ばれる。以下に争点の概略を紹介する。

1) 単胞子分離株の変異性をめぐって

PRESLEY¹⁸⁾ はキクから分離した MS 型菌株のセクターに由来する単胞子分離株から DM 型菌株も得られることを報告し、*V. dahliae* を別種にすることに反対した。一方 ISAAC⁹⁾ らは、多数の菌株について同様の試験を行ったけれど、MS 型菌株から DM 型菌株も、DM 型菌株から MS 型菌株も得られなかったと報告している。

2) 形態学的検討

SMITH²¹⁾ は、REINKE and BERTHOLD の記載が自然発病のジャガイモ上の観察結果であることに注目し、発病株上の形態を比較検討した結果、*V. albo-atrum*: ①分生子柄は多産・がん丈で、成熟すると基部が着色、②最初に形成される分生子は比較的大型で時に 1 隔膜あり、③休眠体は暗色の肥厚した菌糸、*V. dahliae*: ①分生子柄は比較的少産・小型で、成熟しても無色、②最初に形成される分生子は比較的小型、③休眠体は出芽によって形成される小菌核、と再記載し、提案した。

3) 生理的性質の違い

ISAAC⁹⁾ は、DM・MS 菌株間には生育温度、pH、窒素源・炭素源要求などに差異があることを指摘している。これらの中でも生育温度の違いは両菌による病害の発病温度、更には地理的分布の差にも関連して重要である。

4) 病原性の差

ISAAC⁹⁾ は、*V. dahliae* より *V. albo-atrum* のほうが病原性が強く、寄主範囲は *V. dahliae* のほうが広いとしている。彼によるとホップとアルファルファの場合、イギリスの農家は病原菌が *V. dahliae* のときは心配しないが、*V. albo-atrum* のときは直ちに防除するという。寄

主範囲の違いをニュージーランドのリストでみると、*V. albo-atrum* の寄主はナス科など 9 種であるのに対し、*V. dahliae* にはバラ科、ナス科、キク科、アオイ科、アブラナ科、マメ科など 69 種が挙げられている。

5) 遺伝学的検討

FORDYCE and GREEN²⁾ は、*V. dahliae* と呼ばれている菌株と *V. albo-atrum* の栄養要求菌株間で菌糸融合やヘテロカリオシス、準有性が容易に生じることから、これら 2 種は *V. albo-atrum* の変異株に過ぎないとした。一方、同様の試験を行った SCHNATHORST²⁰⁾ は、*V. dahliae* のビオチン要求株×*V. albo-atrum* のチロシン要求株、前者×*V. nubilum* のトリプトファン要求株、*V. albo-atrum* のチアミン要求株×*V. nubilum* の後者で原栄養体を得られることを示し、FORDYCE and GREEN の結果は単に両種間の類縁関係を示すだけであると反論した。HASTIE³⁾ は両種の交雑により雑種が得られるが、両者のゲノムには相同性がなく、*V. albo-atrum* と *V. dahliae* は分類学的に別種とすべきであると主張している。

6) その他

SCHNATHORST²⁰⁾ は、*Verticillium* 属 5 種の血清学的類縁関係を検討し、*V. albo-atrum* と *V. dahliae* は親和性が高く、*V. dahliae* と *V. nubilum* 間には幾分認められ、*V. afhliae* に対して *V. tricorpus* と *V. nigrescens* は類縁が薄いと報告している。また WHITNEY ら²⁵⁾ は菌体タンパクを電気泳動法で比較検討し、*V. dahliae* は *V. albo-atrum* から区別できるとしている。

以上のように、DM 型・MS 型菌株間には種々の違いがみられるが、いずれも別種あるいは同一種とするための決定的な根拠とはなり難く、ISAAC⁹⁾ は現場研究者の無用の混乱を避けるために、便利さに基づいて *V. albo-atrum* と *V. dahliae* を別種とするのが妥当であるとした。HASTIE³⁾ もまた、現実的に考えることが大切であるとして ISAAC の見解を支持している。

3 我が国に発生するバーティシリウム病菌の種名

国内でバーティシリウム病菌を最初に記載したのは河合 (1948) であり、ナス半身萎ちょう病菌を *V. albo-atrum* とした。本菌の MS 形成を最初に確認したのは伊藤・木村 (1956) であり、田中²³⁾はナス菌に、吉野²⁷⁾はイチゴ菌に、渡辺ら²⁴⁾はハクサイ菌に、それぞれ厚膜胞子様細胞の連鎖を認めたが、MS 形成は認めなかった。飯嶋ら^{5,7)}加藤ら¹⁰⁾はそれぞれキク菌、トマト菌、フキ菌に MS 形成を認めたが、*V. dahliae* を種として認めない立場をとり、これらを *V. albo-atrum* と同定した。その後北沢ら¹²⁾はスイカ、メロン、キュウリ、トウガラシの各菌を KLEBAHN の *V. dahliae* と同定し、ウド菌¹⁹⁾とダイコン菌¹³⁾にもこの種名が使用された。したがって一時期は同じ MS 型菌株に両種名が使われ、混乱が生じた。そこで飯嶋⁶⁾は C. M. I. 菌株との比較を続けた結果、北海道～九州のトマト、ナス、スイカ、イチゴ、オクラ、ハクサイ、ウド、フキなど 16 植物の分離菌 25 菌株は、MS を形成し、分生子柄基部に着色はなく、30°C でも生育可能であり、いずれも C. M. I. の *V. dahliae* と完全に一致し、C. M. I. の *V. albo-atrum* とは区別できることを明らかにし、当時までに報告された上記植物の病原菌を *V. dahliae* に統一することを提案した。その後、斉藤ら (未発表) 及び北沢ら¹⁴⁾によって北海道のジャガイモとアルファルファで「DM」を形成し、分生子柄基部が着色し、30°C では生育しない菌株、*V. albo-atrum* が発見され、国内における種名の混乱は一応の解決をみた。

III 病原菌の生活環からみた防除の現状と課題

1 *V. dahliae* の生活環

V. dahliae の生活環は次のように推定される。土壌中における本菌の耐久生存形態は MS であり、土壌の静菌作用を受けて長期間休止している。植物が植えられると、根が分泌する糖やアミノ酸が土壌の静菌作用を抑える結果、根圏中の MS は発芽する。寄主体侵入は主として根冠か根の表皮から行われ、導管内に侵入して直ちに多量の分生子を形成する。この分生子が導管流によって移動し、増殖すると、導管内は菌体でつまり、あるいはゴム様物質が充てんしたりチロースが生じたりし、植物体は水分上昇を妨げられて発病する。菌の代謝毒素が関与して発病するという説もある。植物体が枯死すると遺体上に MS を形成し、遺体とともに土壌中で休止する。その後感受性植物が植えられれば、以上のサイクルを繰り返す。なお本菌は腐生相を持たないと言われている。

2 土壌中の MS 密度をいかに低下させるか

V. dahliae の生活は MS に始まり、MS に終わる。したがって、本病防除の第一は土壌中の MS 密度をいかに低下させ、不活化させるかにある。土壌中の MS 密度は植物体収穫直後が最高であり、以後徐々に減少する。ワタ畑の例では、収穫直後の土壌 1 g 当たりの MS 数は 300~400 であり、2~3 か月後には 40~120 となって安定する¹⁾。なお発病に要する MS 数は一般に 10~100 と言われている。そこで防除にまず考慮を要するのが、被害株処分の問題である。一般に果菜類では収穫後の残渣は集めて焼却されるが、葉・根菜類の場合になるとこの処分が容易でない。外国ではハッカやジャガイモの場合に畑全面をバーナーで焼く方法が試みられており、植物体温度が 60°C 以上になれば有効という。なお MS の致死温度は 50°C 10 分間とされている。湛水によって MS 密度が低下したという報告は多く、国内でも田畑輪換や 7~8 月の湛水処理によりその後の発病が著しく低下することが知られ、また施設栽培の場合には太陽熱利用による土壌消毒が有効とされている。くん蒸剤による土壌消毒は多くの場合有効であり、クロルピクリンやメチルプロマイドなどが使用されている。一方輪作の効果は、*V. albo-atrum* の場合には有効例が多いが、*V. dahliae* に対しては効果が低いようである。国内産 8 菌株を接種して輪作適否植物を予備的に検討した結果では、寄生性を認めた植物はアブラナ科、マメ科、アオイ科、ナス科、ウリ科、キク科中に多く、セリ科、シソ科、イネ科、ユリ科の植物にはほとんど寄生性を認めなかった。しかし、本菌はオオムギやコムギのような非感受性植物の根にも MS を再形成し、永存することが知られているので¹⁶⁾、土壌中における MS の生態を解明する中で輪作の方法を検討する必要がある。

3 栽培法や浸透性殺菌剤などによる防除の可能性

本病の場合、土壌中に MS が生存し、かつ温湿度などの発病条件が整っていても、植物体が一定の生育ステージに達しないと病徴が現れないことがある。ハクサイでは結球期、ジャガイモでは塊茎着生期、キクでは着蕾期まで、それぞれ病徴は発現しない。病原菌はこの時期以前に侵入しているはずであるが、寄主側のなんらかの条件によって、導管内における増殖が抑えられているものと推測される。その理由を解明すれば栽培条件の改変による防除の道もあると思われる。また数種の浸透性殺菌剤や成長調節剤が有効という報告も多く、これらが寄主と病原菌の相互にどう作用するかを知ることも防除法を開発するうえで重要である。

4 抵抗性品種をめぐって

国内における本病抵抗性育種はトマトで成切しており、東京都農業試験場の“ふじみ”、民間の“ときめき”、“豊福”などの実用品種が発表されている。これらは Ve 遺伝子による真正抵抗性品種である。ところが既にアメリカなどでは Ve 品種を侵す菌系が発生しているので、これに備えた対策が必要である。ハクサイについては長野県野菜花き試験場で着手されているが、抵抗性の幼苗検定法が未確立であり、またポリジーンによるほ場抵抗性に頼らざるを得ず、その育成には長年月を要すると思われる。一方ナスでは抵抗性育種素材は見当たらず、もっぱら抵抗性台木の探索が続けられ、*Solanum torvum* が有望視されている²⁶⁾。本病抵抗性の機構は明らかではないが、抵抗性品種といえども根部への病原菌の侵入は一般に可能である。むしろ地上部導管内における病原菌の増殖が問題のように思われ、接ぎ木による防除には限界を感じる。しかし、抵抗性品種や台木の利用が本病防除手段として有力なことは明らかであり、これらの効果を最大限に発揮させる補強手段の開発も必要であろう。

5 種苗伝染と種子伝染

本病の伝染経路を考えるうえで重要なのが苗や種子による病原菌の伝播である。本病の寄主にはイチゴ、ウド、フキ、キクなど栄養繁殖の植物が多く、これら病苗の移動によって病原菌が遠隔地に伝播した例は意外に多い。一方、*V. dahliae* の種子伝染はホウレンソウやヒマワリなど外生型種子で確認されているが、ナス科やアブラナ科植物など内生型種子の場合については両説があり、明らかではない。トマトやハクサイなどの場合に局地発生後約 10 年も経てから全国的発生が始まるのはなぜか、種子による可能性も無視できず、今後の検討が必要である。

以上のように我が国におけるバティシウム病研究はやっと緒についたばかりであり、正に鈴木²²⁾のいう「病原学的研究の時代」にある。第 10 回土壌伝染病談話会を契機に、多数の研究者が本病菌の生活環や生態に目を向け、「環境学的研究の時代」、「生態学的研究の時代」へと前進することを期待する。

引用文献

1) EVANS, G. et al. (1966) : *Phytopathology* 56 :

590~594.

- 2) FORDYCE, C., JR. and R. J. GREEN JR. (1964) : *ibid.* 54 : 795~798.
- 3) HASTIE, A. C. (1973) : *Brit. Mycol. Soc. Trans.* 60 : 511~523.
- 4) 本田 卓ら (1981) : 日植病報 47 : 印刷中 (講要).
- 5) 飯嶋 勉 (1978) : 土壌病談話会要旨 9 : 56~60.
- 6) ——— (1980) : 同上 10 : 19~25.
- 7) ——— · 三上元一 (1972) : 植物防疫 26 : 443~445.
- 8) ISAAC, I. (1953) : *Brit. Mycol. Soc. Trans.* 36 : 180~195.
- 9) ——— (1967) : *Ann. Rev. Phytopath.* 5 : 201~222.
- 10) 加藤喜重郎 · 廣田耕作 (1975) : 植物防疫 29 : 361~365.
- 11) 河合一郎 (1972) : 同上 26 : 446~447.
- 12) 北沢健治 · 鈴井孝仁 (1980) : 日植病報 46 : 267~270.
- 13) ——— · ——— (1980) : 同上 46 : 271~273.
- 14) ——— · 佐藤倫造 (1981) : 同上 47 : 印刷中.
- 15) KLEBAHN, H. (1913) : *Mykol. Centr.* 3 (2) : 49~66.
- 16) MARTINSON, C. A. and C. E. HORNER (1962) : *Phytopathology* 52 : 742.
- 17) PETHYBRIDGE, G. H. (1919) : *Brit. Mycol. Soc. Trans.* 6 : 104~120.
- 18) PRESLEY, J. T. (1941) : *Phytopathology* 31 : 1135~1139.
- 19) SAWAMURA, K. and A. SOMA (1976) : *Bull. Fac. Agric. Hirosaki Univ.* 26 : 10~17.
- 20) SCHNATHORST, W. C. (1973) : *In Verticillium wilt of cotton. Agr. Res. Serv. USDA.* pp. 1~19.
- 21) SMITH, H. C. (1965) : *New Zeal. Jour. Agr. Res.* 8 : 450~478.
- 22) 鈴木直治 (1960) : 植物防疫 14 : 124~128.
- 23) 田中 寛 (1956) : 大阪府大紀-農・生物 6 : 127~134.
- 24) WATANABE, T. et al. (1973) : *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 39 : 344~350.
- 25) WHITNEY, P. J. et al. (1968) : *J. exp. Bot.* 19 : 415~426.
- 26) 山川邦夫 (1980) : 土壌病談話会要旨 10 : 31~35.
- 27) 吉野正義 (1966) : 植物防疫 20 : 489~492.

書評「作物のフザリウム病」

農林水産省農事試験場 ^{きし}岸 ^{くに}国 ^{へい}平

フザリウムというのは厄介な菌である。普通作物から野菜、果樹、牧草まで寄主範囲が極めて広く、そのうえ一つ一つが大変防ぎにくいからである。

日本有用植物病名目録 I, II, III 巻に記載されている *Fusarium* ならびに *Gibberella* による病名だけで 210 に達する。そのほかで多いのは *Pellicularia* (101), *Botrytis* (78) などであるが、この二つの大部分が、前者は *P. filamentosa*, 後者は *B. cinerea* という各 1 種によるのに対し、*Fusarium* は種段階での差が多いうえに分化型の数も多く、専門家でさえ一々覚えるのは容易ではない。

厄介なことのもう一つは分類、同定が面倒なことである。大概の菌が、病斑上の菌を顕微鏡で見ると、病原菌を分離してその菌そうや胞子を見れば、大方の見当は付くものである。ところがフザリウムはそうはいかない。根などの罹病部上にフザリウムの胞子が見られても、多くの場合まず雑菌と疑ってかからなければならぬ。たとえ分離してフザリウム菌が得られても事情はあまり変わらない。病原性のある確実なものを得られる確率が極めて低いからである。あの三日月型の大形分生胞子を顕微鏡下に見て、うんざりしなかった病理学者は恐らく数少ないに違いない。

しかし一面、フザリウムというのは面白い菌である。ジベレリンの分泌者がフザリウムであることはあまりにも有名だが、フザリウムの仲間にはジベレリン以外に何種類もの毒性物質を分泌菌が見付けられ、それらを鍵に優れた病理化学的研究が進められている。

また菌の行動からみても、ユウガオにおける *F. moniliforme* の全身感染ならびに種子伝染の問題(国安氏)や、小川氏の報告にみられるサツマイモつる割病菌と、同じサツマイモに感染性は示すが病原性は示さないフザリウム菌との拮抗作用などは、極めて興味深い現象である。そこには、菌と植物との関係を、単なる寄主・寄生者、寄生者即病原菌とする発想では律しきれない関係のあることが示唆されている。

今度、全国農村教育協会から「作物のフザリウム病」(B 5 版, 502 ページ)という立派な本が上梓された。かねて多数の関係者によってフザリウムの本が執筆され

ていると聞き、楽しみにしていたが、いざ出来上がった本を見せられて驚いた。まず、厄介な菌フザリウムを厄介視しなくてもよいような記事が真先に眼に飛び込んだからである。現在、我が国ではもちろん世界的にも有名なフザリウム分類の泰斗松尾卓見先生が、うん蓄を傾けて詳説した分類法の記述がそれである。鮮明な顕微鏡写真と見事な図で、分類の基本となる子実体を表現し、しかも懇切丁寧に分類、同定の方法が述べられている。恐らくこの一冊があれば、どんなフザリウムの素人でも同定を憶くうがらずに済むのではあるまいか。

この貴重な「種類と同定」の部分の記事が 60 ページもあるが、それが全体の 1/8 にも満たないというところがまたこの書の大きな特徴であろう。第 2 章はフザリウム病菌の微細構造。第 3 章はフザリウム病菌の生態で、これらがまたなかなかの圧巻である。特に土壤中におけるフザリウム菌の生活史についてふんだんな図を用いて分かりやすく解説されているのが興味深い。

そのほか主だったところを紹介すると、第 4 章以下、種子伝染、活性評価、栄養生理、病理化学、フザリウム病と線虫、防除対策の順で、フザリウム病のありとあらゆる点について詳説されている。また第 10 章には、特に項を改めてフザリウム病実験法として、分離培養法、大量培養法、土壤消毒剤、種子消毒剤の試験法、品種抵抗性や検定法などまで懇切な記述がある。

以上 417 ページ分が第 1 部の総論で、そのあとに第 2 部各論的 80 ページが続く。ここには我が国で発生しているフザリウム病の大部分 70 種類がカラー写真入りで、生態から防除まで解説されており、この部分だけでも優に一冊の本に値する分量と内容である。

フザリウムだけについてこれだけ詳しく記載された書物は恐らく世界中どこにもないであろう。一面から言えば多分にぜい沢な本である。18,000 円という値段もいかにも高い。しかしそれだけに第一線の研究者や普及員はもちろん、これから病理学分野の勉強をしようとする学生諸君にとっても絶好の参考書となる内容である。本書を執筆された多数の著者に敬意を表するとともに、本書が契機となってフザリウム病に関する研究が益々進展することを願ってやまない。

Book review : *Fusarium Disease of Cultivated Plants*
By Kunihei Kishi

井上菅次さんを偲ぶ

思い出せば2月2日のこと。午後3時頃帰宅したら娘が急いで出てきて、「さきほど井上菅次さんという人が昨日亡くなられたと連絡がありました」とつげられ、はじめは自分の耳をうたがう思いであった。そこで日本植物防疫協会に電話をして、市川さんから事情を聞いた次第である。

翌2月3日の告別式には、各方面から多数の方々が参列され、さすがに井上さんだなと思いをあらたにしたが、それも私だけではなかったと思う。

私が井上さんと逢ったのは、昭和26年に農林省農政局に植物防疫課が出来て、農薬班長として就任された時からで、井上さんはそれまでは農務局農産課、次に農政局資材課で農薬係として活躍していたのである。

したがって、井上さんは昭和11年の農務局農産課から、昭和36年に植物防疫課の農薬班長を退官するまでの26年間はもとよりのこと、その後日本植物防疫協会の常務理事、つづいて囑託として18年間活躍したのであるから、足かけ44年間という長年月にわたり、主として農薬問題に情熱を燃やしつづけたのである。

その業績は数々あるが、主要なものを挙げると、①農薬の生産安定に対応する生産拡大政策の推進、例えば輸入農薬の国産化、輸入農薬の自由化、農薬生産原料資材の安定確保、農薬生産技術の向上等に対する指導など、②農薬取締法の運用確立、例えば農薬検査所の拡充強化、農薬の品質向上と対策、農薬の危害防止対策の推進、低毒性農薬の開発の促進などが挙げられる。

更に具体例を若干挙げると、戦後に新農薬として登場したDDT、BHC、パラチオン、有機水銀剤等はすべて外国から輸入されたのであるが、次第に我が国メーカーの生産も始まり、輸入と国内生産促進について、井上農薬班長を中心とした農薬班の活躍は大変であった。

また、病害虫の異常発生対策として、農林省は農薬の必要量の備蓄を実施していたが、都道府県も国からの補



助金によって備蓄しておき、有事に備えるという次第で、その運用や後始末も大変に苦労された。

井上さんはこのような業績を積み重ねているうち、昭和36年12月に農林省を退官し、日本植物防疫協会の常務理事として活躍することとなった。

協会の業務については、ここでいうまでもないが、それまでは二階建の木造モルタルであった事務所を、早速地下一階、地上五階建の植防ビルとして新設し、会議室等も整備して各種会合にも活用出来るようにしたのである。

更に研究所及び植物防疫資料館等も拡充されている。

協会の業務はその後益々多彩となり、協会はまさに我が国の植物防疫事業の基盤的存在となったが、これもひとえに井上さんの12年間の常務理事時代の業績のたまものであるといつて良いだろう。昭和55年11月の植物防疫事業三十周年記念大会で農林水産大臣の感謝状を受賞したのも当然であるといえよう。

昭和47年に常務理事を辞任されて後は囑託としてまた参与として協会に残っておられたが、この間に、農林省時代から終始一貫して打ち込んできた農薬問題の一端ともいえる報告書を作成したのである。「水銀剤の興廃、DDT、BHC、パラチオンの足跡」と題した48頁の記録本は名著である。

井上さんの44年間の主として農薬問題を中心とした業績を通覧すると、実務指導者としての計画力、実行力、交渉力、更に部下の活用手腕を最高に兼ね備えた人というのが適切な表現ではないだろうか。政策とか制度を作るのに、ユニークな発想と豊かな構想で関係者を誘引することが巧みであった。

農薬や植物防疫事業に関連する仕事に足かけ44年間も活躍されたのち、昭和53年から財団法人報農会常務理事として活躍中に、不帰の客となってしまわれたのである。謹んでご冥福を祈る次第である。

(飯島 鼎)

新しく登録された農薬 (56.1.1~1.31)

掲載は、種類名、有効成分及び含有量、商品名、登録番号(登録業者(社)名)、対象作物：病害虫：使用時期及び回数などの順。ただし、除草剤は適用雑草：適用地帯も記載。(…日…回は、収穫何日前まで何回以内散布の略)(登録番号 14435~14449 号まで計 15 件)

『殺虫剤』

プロパホス・MTMC 粉剤

プロパホス 1%, MTMC 1.5%

ツマカヤフォス粉剤 10DL

14435(日本農薬), 14436(三笠化学)

稲：ツマグロヨコバイ・ウンカ類・カメムシ類：14日5回

PHC 粉剤

PHC 1%

サンサイド粉剤 DL

14437(日本特殊農薬製造), 14438(八洲化学工業), 14439

(サンケイ化学), 14440(北海三共), 14441(三笠化学),

14442(大日本除虫菊)

NAC・MTMC 粉剤

NAC 1.5%, MTMC 1.5%

ツマナック粉剤 DL

14445(日本農薬)

稲：ツマグロヨコバイ・ウンカ類：14日5回

BPMC 粉剤

BPMC 2%

バッサ粉剤 DL

14446(トモノ農薬)

稲：ツマグロヨコバイ・ウンカ類：7日5回

『殺菌剤』

イソプロチオラン・プラストサイジン S

イソプロチオラン 1.5%, プラストサイジン S 0.05%

フジワンブラエス粉剤

14443(日本農薬)

稲：いもち病：21日3回

『殺虫殺菌剤』

MEP・イソプロチオラン乳剤

MEP 30%, イソプロチオラン 25%

フジワンスミチオン乳剤

14447(日本農薬), 14448(三笠化学工業), 14449(八洲化学工業)

稲：ニカメイチュウ・いもち病：21日3回

『除草剤』

PAC 除草剤

PAC 60%

PAC 水和剤

14444(北興化学工業)

てんさい：畑地一年生雑草

お知らせ

昭和 56 年 1 月 20 日より郵便料金が改訂されました。つきましては、本会発行の図書の送料も下記のように改訂いたしますので、御注文の際には、下記の料金を御送金下さいませようお願い申し上げます。

なお、本には旧料金が印刷されておりますが、お含みおき下さい。記載は各 1 部本代、送料、合計金額の順。

雑誌「植物防疫」バックナンバー送料は 1 部 45 円に			
同上 合本ファイル	500 円	350 円	850 円
日本の植物防疫	1,500 円	300 円	1,800 円
日本新農薬物語	4,000 円	600 円	4,600 円
防除機用語辞典	2,000 円	250 円	2,250 円
茶樹の害虫	5,000 円	550 円	5,550 円
野菜のアブラムシ	1,800 円	250 円	2,050 円
チリカブリダニによるハダニ類の生物的防除	2,000 円	200 円	2,200 円
イネミズゾウムシの生態と防除	700 円	170 円	870 円
昆虫フェロモンとその利用	1,600 円	300 円	1,900 円
昆虫フェロモン関係文献集			
(II)	400 円	200 円	600 円
(III)	530 円	200 円	730 円
(IV)	350 円	200 円	550 円
農林害虫名鑑	3,000 円	300 円	3,300 円
農薬要覧 1980 年版	3,200 円	300 円	3,500 円

昭和 55 年度主要病害虫に適用のある登録農薬一覧表	1,100 円	250 円	1,350 円
農薬安全使用基準のしおり 昭和 54 年版	300 円	170 円	470 円
ネズミ関係用語集	250 円	170 円	420 円
野そ防除必携	900 円	200 円	1,100 円
土壌病害に関する国内文献集 (II)	1,200 円	250 円	1,450 円
種馬鈴薯技術ハンドブック	500 円	250 円	750 円
アメリカシロヒトリのリーフレット	50 円	120 円	170 円

委託販売図書

第 16 回国際昆虫学会議			
ABSTRACTS (講演要旨)	2,000 円	350 円	2,350 円
ENTOMOLOGY IN JAPAN(日本における昆虫学)	800 円	250 円	1,050 円

協会だより

○散布作業安全対策特別研究会発足す

近年農業使用時における、散布作業員に対する安全性確保の一層の強化について、関係機関及び団体等からの要請も高まっている情勢に対処するため、当協会内に散布作業安全対策特別研究会を発足させることとし、2月20日、第1回委員会を開催、これら発足の趣旨説明と研究会の事業内容の討議が行われ、今後の対策を進めていくことになった。

委員は、関係官庁、大学、学識経験者を中心に構成し、浅川 勝、守谷茂雄、於保信彦、木暮幹夫、西野 操、武長 孝、河合正計、吉田政雄、上島俊治、望月雅郎、河野達郎、箕島龍久の各氏である。

○第14回植物防疫研修会を開催す

全国農業協同組合の委託で、同組合関係従業員を対象にして、第14回の研修会を1月19～29日の11日間、東京都渋谷区のオリンピック記念青少年総合センターで開催した。研修者74名が全課程を修了し、それぞれに修了証書を授与した。

第14回までの総研修者数は889名である。

○出版部より

☆本年初めての特集号をお届けします。「土壤伝染病」と題し、“土壤伝染病研究80年代の展望”を巻頭に、10編の論文と書評1編で構成されております。

土壤伝染病は、施設園芸の拡大その他による輪作の短期化、また水田の畑地転換などにより、まん延と激発の様相を強めております。本誌のご活用を願います。

☆「昭和55年の異常気象に伴う病害の発生と対策」ができました。(40ページ、カラー口絵1ページ、定価800円、送料200円)

昭和55年の夏は、例年にない異常気象により東北地方を中心に戦後最大規模の冷害に見舞われました。このような状況で植物防疫課のとりまとめたイネいもち病を中心とする病害の発生と対策に関する調査結果を収録してあります。ご注文下さるようお願いいたします。

“植物防疫事業三十周年記念誌”

「植物防疫三十年のあゆみ」

(1部 6,000円 送料サービス)

若干の余部がありますので実費頒布いたします。
ご希望の方はお早目に下記宛お申し込み下さい。

(社) 日本植物防疫協会内

「植物防疫推進協議会」

次号予告

次4月号は下記原稿を掲載する予定です。

昭和56年度植物防疫事業の概要	菅原 敏夫
植物防疫研究課題の概要	日野 稔彦
タイで発生するイネ・ウイルス病	守中 正
タイで発生する有用植物の疫病	高屋 茂雄
ニカメイガの配偶行動と環境条件	菅野 紘男
防除作業と従事者への農薬付着	

小木曾正敏・田辺仁志

イネいもち病の総合防除	横山佐太正
植物寄生性線虫のレースをめぐる諸問題	
一特にネコブセンチュウ類及びジャガイモシストセンチュウについて	西沢 務
ウイルスの保存法	福本 文良

定期購読者以外の申込みは至急前金で本会へ

1部 400円 送料45円

植物防疫

第35巻 昭和56年3月25日印刷
第3号 昭和56年3月31日発行

定価450円 送料45円 1か年5,000円
(送料共概算)

昭和56年

3月号

(毎月1回30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

—発行所—

東京都豊島区駒込1丁目43番11号 郵便番号 170

社団法人 日本植物防疫協会

電話 東京(03)944-1561~6番

振替 東京 1-177867番

—禁 転 載—

増収を約束する

日曹の農薬

殺菌剤

トップジンM 水和剤
粉剤
ペースト

トリアジン 水和剤

ホーマイ 水和剤
コート

アタッキン 水和剤

ラビライト 水和剤

日曹プラントボックス 水和剤

殺虫剤

ホスピット75 乳剤

ガードサイド 水和剤

殺ダニ剤

シトラゾン 乳剤

クイックロン 水和剤

マイトラン 水和剤

ダニマイト 水和剤
乳剤

ピロダン 乳剤

植物成長調整剤

ビーナイン 水溶剤

くん煙剤

ジェットVP

トリアジンジェット

ダン スモレート

除草剤

クサガード

水溶剤

展着剤

ラビデンSS



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・名古屋・福岡・信越・高岡

本会発行新刊図書

農 林 害 虫 名 鑑

日本応用動物昆虫学会 監修

3,000 円 送料 300 円

A 5 判 本文 307 ページ ビニール表紙

日本応用動物昆虫学会の企画により、45名の専門家が分担精検して、農林関係の重要害虫2,215種を収録した名鑑である。既刊の「農林病害虫名鑑（昭和40年）」を改訂し、編集に新しい工夫がこらされている。第1部では系統分類的に重要害虫（学名・和名・英名）がリストされ、第2部では農作物・果樹・花卉・林木・養蚕・貯蔵食品・繊維など225に分けそれぞれの害虫が示され、第3部は完璧な索引である。簡明、便利、かつ信頼して使える害虫名鑑であり、植物防疫の関係者にとって必携の書籍である。

内 容 目 次

第1部 害虫分類表

線形動物門（幻器綱，尾線綱），軟体動物門（腹足綱），節足動物門（甲殻綱，クモ綱，昆虫綱）

第2部 作物別害虫名

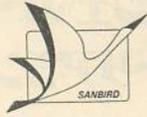
I 食用作物・野菜，II 果樹，III 特用作物，IV 牧草・飼料作物，V 観賞用植物，VI 林木，VII 乾材
VIII 養蚕，IX 養蜂，X 貯穀・貯蔵食品，XI 繊維・毛皮・皮革・生薬・動植物標本，XII 書籍

第3部 索引（学名索引・英名索引・和名索引）

お申込みは前金（現金・振替・小為替）で本会へ

多年草、一年草を同時防除

水田用初期除草剤



サンバード® 粒剤

56年度本格的普及態勢整う

三共㈱は、自社開発した水田用初期除草剤サンバード粒剤の今後の普及拡大に自信と期待をふくらませながら、56年度の販売態勢を整えている。

サンバード粒剤は55年春に新規発売され、初年度の普及延べ面積は1万3千ヘクタールと水田用除草剤としては決して高いシェアではないが、これは使用技術の定着を優先させる三共㈱の普及姿勢の慎重さによるものであった。しかし、55年の普及結果の分析から、発売2年目の今年度は本格的な普及態勢を整えたので、今後の需要に十分対応することができるとしている。

実証された効果と安全性

55年の使用状況を分析した結果によると、サンバード粒剤は効果面で実力をいかに発揮しており、50年から行なわれてきた日植調の委託試験とほぼ同じ評価のすぐれた内容であることが確認された。多年生雑草、とくにウリカワと一年生雑草を同時に防除できる期待の薬剤と声望を高めている。

いっぽう、こうした効果とともに特筆すべき点は、安全性に対してきわめて高い評価をえていることである。55年は西南暖地、とくに九州や四国地域では田植後の多雨で冠水田が多く、除草剤による稲の葉害が心配されたが、サンバード粒剤使用田では一件の葉害例もなく改めてその高い安全性が実証された。また、魚毒性や他作物への影響のクレームは報告されておらず、安全性についても三共㈱では強い自信をもつに至っている。

特性を理解し上手に使う

55年の普及方針をみると、使用農家がサンバード粒剤の特性を十分に理解したうえで満足のゆく効果をえてもらう——とくに技術面の定着を主眼に作業をすすめてきたといえよう。その要点をまとめると……

①田植直後(湛水直後)から田植後3日までに散布する。

②水管理を十分に行なう。

③ウリカワ優占田で一年生雑草を同時防除する。

普及された地域では、この3点がよく守られ、6月田植えの地域での効力はとくにすぐれていた。4～5月に田植えが行なわれる中山間地や早植地帯での効果は、水温・気温の低さよっての雑草の遅発生があり、効果にばらつきが出るがあった。

ノビエ、ミズガヤツリは田植直後から3日までの散布が徹底されたため、高い効果がえられている。ただノビエについては、「白く生育してから枯れる」という特性が徹底されず、あわてて他剤を追加散布した例があった。サンバード粒剤は発芽抑制力は弱く、雑草は発芽をして白く生育しながら枯れるという特異な性質をもっていることを十分に知っておく必要がある。あわてて他剤を散布する必要はない。また、葉害がないため、前年の刈取りのときの落穂も出芽してくるのでノビエと間違えた例があり、やはり薬剤の特性はしっかり理解しておきたい。

ウリカワは、時期が遅れても効果の高いことが確認されている。オモダカに対しては効果は高いが、塊茎の大きなものは残る場合がある。しかし、連年施用試験によれば、2～3年の連続施用により激減することが実証されているので、根気よく散布することが大切である。

必要に応じて体系処理

ホタルイやミズガヤツリの多発田では、水管理などの条件が狂うと残草し、根絶できなかつた例が散見された。多年生雑草のなかでもホタルイに対しては、サンバード粒剤は効果の甘いことが指摘されているが、とくに水管理などの条件を十分に留意する必要がある。ミズガヤツリは、田植前に発芽したものが、白化はするものの枯れるまでには至らず再生をみている。ただ、いずれの草種も生育抑制は強くあらわれており、これらの多発田で残草となった場合は、バサグラン剤などの中期剤との組合せ補正散布を行えばよい。

水管理の面でみると、サンバード粒剤の場合は散布後、水が切れて田面が露出すると、その部分からキカシグサやアゼナが発芽してくるケースが多い。一般に一年生広葉雑草による雑草害は目立たないといわれているが、こうした場合にはパウナックスMなどの中期剤か、2・4-DやMCP剤などの後期剤で補正散布する必要がある。追加登録申請中のヒルムシロについては、きわめて効果の高いことが確認された。

また、代かきから田植えまでの期間が長い地域ではノビ

エの葉令がすすむため散布適期を失いがちであるが、これについては田植前にMO、マーシエツ粒剤などで前処理を行なったうえで、サンバード粒剤を田植後5～7日に散布するのがよく、相乗効果ですばらしい効果をあげている。

このようにサンバード粒剤は、55年の普及活動を通して、難防除雑草として問題化している多年生雑草と、一年生雑草を同時に防除できる初期除草剤としての地位を確立したわけだが、除草剤を利用する場合、期待どおりの成果をえるためには使用上の条件を実際場面でも守ることが重要であり、これはサンバード粒剤も例外ではない。

決め手となる水管理

サンバード粒剤の効果を安定したものにするには「水が決め手」といっても過言ではない。とはいえ、実際の田圃では自然落水という現実があることを考えると矛盾するようだが、

55年の使用場面では、水尻をとめてゆっくり差し水をするこ

とによって高い効果をあげている例が多い。

①田植えがすんだらすぐまく——田植直後(湛水後)から3日までに散布する。

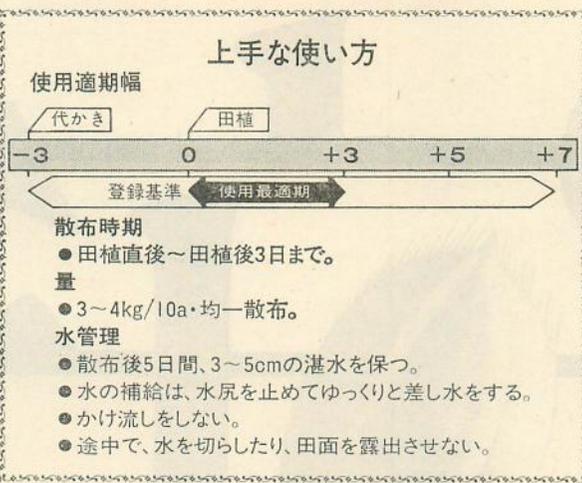
②水をしっかり保つ——散布後、少なくとも5日間は水を保つ。補水を必要とするときは水尻をとめ、ゆっくりと差し水をする。

③かけ流しはやめる——代かきは均平に行ない、ザル田といわれる漏水の激しい田圃や、かけ流し田では効果が期待できないので使用しない。

上手な使い方は以上だが、どんなに優秀な薬剤でも草種によって得手、不得手があり、草種をよく見きわめて使用することが大切である。サンバード粒剤の場合は、ウリカワ、

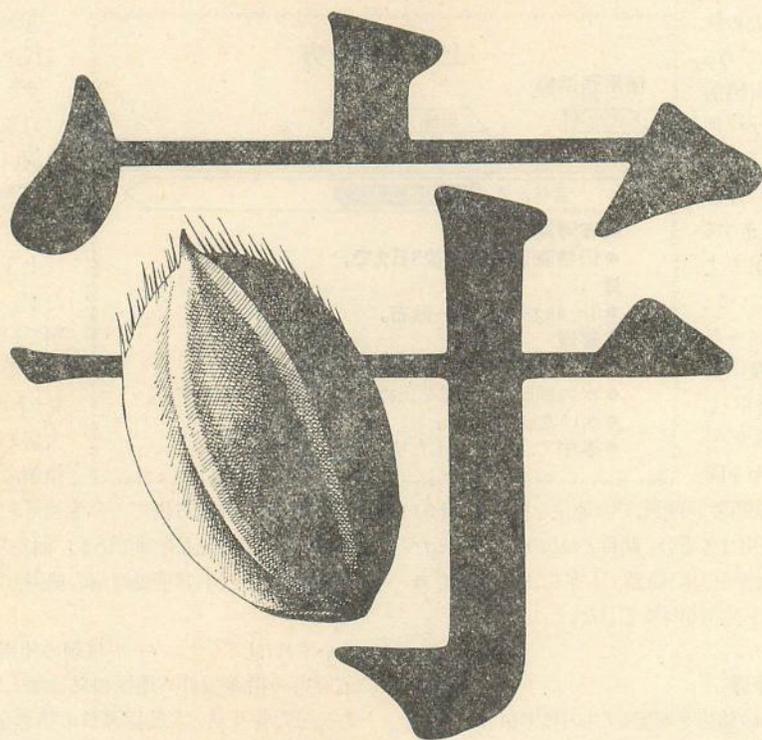
ヘラオモダカの優占田で一年生雑草を同時防除する考え方もつのがもっとも有効である。前処理剤を使って体系処理を行なうときには前処理剤の使用方をよく知っておきたい。

いずれにしてもサンバード粒剤の使用にあたっては、都道府県の指導指針や地区の防除暦に従うことが大切である。また普及員、営農指導員の指導を受け、正しい使い方をすることが必要である。なお、湛水直播の適用については現在、農薬登録申請中である。



処理区 無処理区

穂もち対策は、 予防第一主義。



より確実に防がなければならない今年…効きめの長いフジワンで。

- 散布適期幅が広く散布にゆとりがもてる
- 効果が長期間(約6週間)持続する
- 粉剤2~3回分に相当する効果がある
- 稲や他作物に薬害を起こす心配がない
- 人畜、魚介類に安全性が高い

フジワン[®]粒剤

®は日本農薬の登録商標です

あなたの稲を守る〈フジワン〉グループ

- フジワン粉剤・乳剤・AV
- フジワンブラエス粉剤
- フジワンダイアジノン粒剤
- フジワンミブ粒剤
- フジワンエルサンバッサ粉剤
- フジワンスミチオン粉剤・乳剤
- フジワンツマサイド粉剤

《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)



フジワンのシンボルマークです



日本農薬株式会社

〒103 東京都中央区日本橋1-2-5 栄太楼ビル

資料請求券
フジワン
種別別対応

北條良夫・星川清親 共編

作物—その形態と機能—

上 巻

A 5 判 上製箱入 定価 3,200円 円 300円

—主 内 容—

第1編 作物の種子／第1章 作物の受精と胚発生（星川清親） 第2章 種子の発芽（高橋成人） 第3章 種子の休眠（太田保夫）

第2編 作物の花成／第1章 作物の播種と品種生態（川口敦美） 第2章 春化現象（中條博良） 第3章 作物における花成現象（菅 洋） 第4章 野菜の抽薹現象（鈴木芳夫）

第3編 作物の栄養体とその形成／第1章 作物の葉（長南信雄） 第2章 作物の茎（長南信雄） 第3章 作物の根（田中典幸） 第4章 作物におけるエージング（折谷隆志）

第4編 作物の生産過程—その1—／第1章 光合成と物質生産（梶 和一） 第2章 C_3 、 C_4 植物と光呼吸（秋田重誠） 第3章 光合成産物の転流（山本友英） 第4章 光合成産物の供与と受容（北條良夫） 第5章 草姿、草型と光合成産物の配分（小野信一）

下 巻

A 5 判 上製箱入 定価 2,700円 円 300円

—主 内 容—

第5編 作物の生産過程—その2—／第1章 サツマイモ塊茎の肥大（国分禎二） 第2章 牧草の物質生産（梶和一） 第3章 葉菜類の結球現象（加藤 徹） 第4章 果樹の接木不親和性（仁藤伸昌）

第6編 作物の登熟／第1章 マメ類の登熟（昆野昭晨） 第2章 穀粒の登熟（星川清親） 第3章 穀粒の品質（平 宏和） 第4章 登熟と多収性（松崎昭夫）

第7編 作物の生育と障害／第1章 作物の倒伏と強靱性（北條良夫） 第2章 作物の倒伏と根（宮坂 昭） 第3章 イネの冷害（佐竹徹夫） 第4章 作物の大気汚染障害（白鳥孝治）

《お申込みは最寄りの書店、または直接本会へ》

東京都北区西ヶ原 1丁目26番3号 農業技術協会 振替 東京 114 TEL (910) 3787



は信頼のマーク



予防に優る防除なし
果樹・そ菜病害防除の基幹薬剤

キノドール® 水和剤 40

殺虫・殺ダニ 1剤で数種の剤の効力を併せ持つ

トーラック 乳 剤

宿根草の省力防除に
好評！粒状除草剤

カソロン 粒 剤 6.7

人畜・作物・天敵・魚に安全
理想のダニ剤

デデオ 乳 剤
水和剤

兼商株式会社

東京都千代田区丸の内2-4-1

