植物防疫

昭和五十四年十月二十五日印刷（第三十三巻第十号）
昭和五十四年十月三十日発行（毎月一回三十日発行）
昭和二十四年九月九日第三種郵便物認可

1979
10
VOL 33

特集　糸状菌の胞子形成

黒点病、斑点落葉病防除に

パルノックス

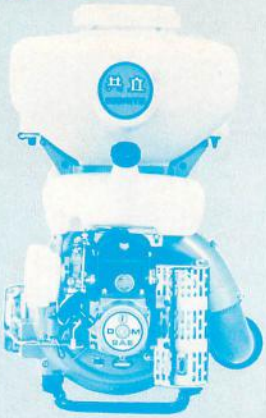
NOC 大内新興化学工業株式会社

〒103 東京都中央区日本橋小舟町1-3-7

優れた散布効率……

肥料散布はDM

DG-202E



DM-9AE

DMD-11E

電子エンジン付

共立背負動力散布機

防錆対策も万全。肥料・除草剤・農薬散布に抜群の散布効率を発揮します。

豊かな農林業をめざす……

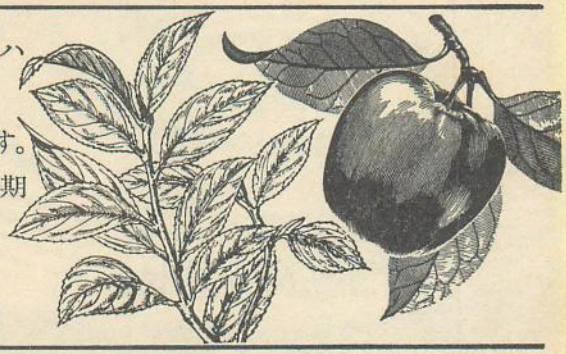
株式会社 共立

ECHO 共立エコー物産株式会社

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

茶・りんごのハダニ防除に

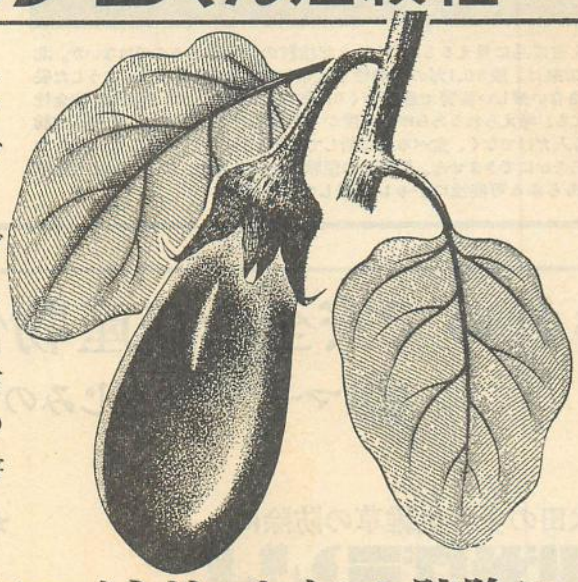
マイトサイジン®B乳剤



●茶・りんご・菊・カーネーションのハダニ類に的確な効果を発揮します。
●各種薬剤に抵抗性のハダニにも有効です。
●茶の開葉期やりんごの落花直後の時期にも薬害の心配なく使用できます。

新しい剤型のくん煙剤

中外ダイアジノンくん煙顆粒



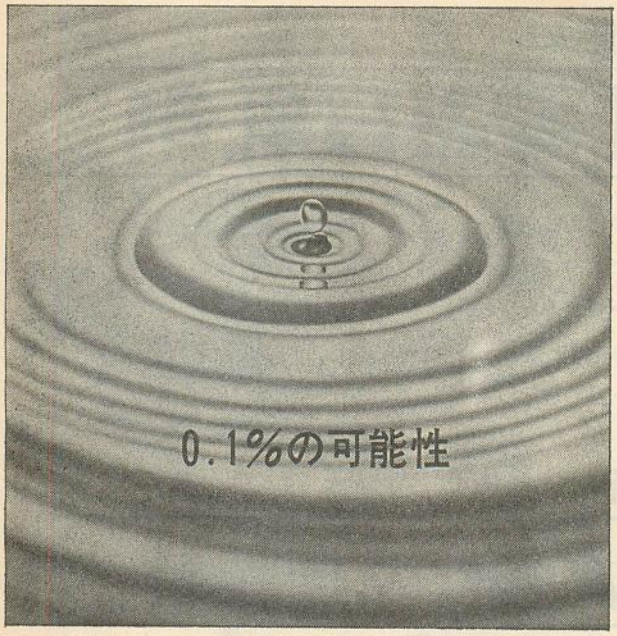
●ダイアジノンを独自の剤型にし、ビニールハウス栽培のなすのアブラムシ防除用殺虫くん煙剤です。
●マッチで点火具に火をつけるだけで手間がかからず誰れにでも簡単に使うことができます。
●薬剤散布にくらべて労力が非常に少なくてすみ、またハウスの湿度が上昇しませんので、病害発生を助長させません。

抵抗性ツマグロ防除に・イネドロオイムシ防除に

中外バッサジノン粒剤

●りん剤およびカーバメート剤が効きにくくなったツマグロヨコバイにもよく効きます。
●粒剤ですのでドリフト(薬剤の舞い上り)の心配が少なく効きめが長つづきします。
●本田施用により、イネドロオイムシにすぐれた効きめがあります。

中外製薬株式会社 東京都千代田区岩本町1-10-6TMMビル TEL03(862)8251



いっけん完成品に見えるものでも、まだ検討の余地があるのではないか。北興化学工業は、残り0.1%の可能性を大切にします。創業以来、こうした妥協を許さない厳しい姿勢で農薬づくりに取組んできました。例えば、安全性についても、考えられるあらゆる角度から厳密なチェックを加えます。作物や、使う人だけでなく、食べる人に対してはどうか……。もちろん、効力の面はおろそかにできません。皆さまの信頼に応えるため、こんごも北興化学工業はあらゆる可能性にチャレンジしていきます。

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
カスラブサイド®
粉剤・水和剤・ゾル

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

きれいで安全な農産物作りのために！
マークでおなじみのサンケイ農薬

★水田の多年生雑草の防除に
バサグラン粒剤 水和剤

★果樹園・桑園の害虫防除に
穿孔性害虫に卓効を示す
トラサイド乳剤

★かいよう病・疫病防除に
園芸ボルドー

★ネキリムシ・ハスモンヨトウの防除に
デナポン5%ベイト

★ナメクジ・カタツムリ類の防除に
ナメトックス

★線虫防除に
ネマホルン
EDB油剤30
ネマエイト

サンケイ化学株式会社
東京 (03)294−6981　大阪 (06) 473−2010
福岡(092)771−8988　鹿児島(0992) 54−1161

植物防疫

第33巻 第10号
昭和54年10月号

目次

特集：糸状菌の胞子形成

光で制御される胞子形成物質……丸茂 晋吾…… 1
糸状菌の胞子形成と光条件……本田 雄一……10
いもち病菌の胞子形成……伊藤征男・山口富夫……19
ダイズ紫斑病菌の培地での胞子形成法……鈴木穂積・藤田佳克……23
べと病菌の卵胞子形成条件……稲葉 忠興……27
疫病菌の遊走子のう形成の誘導機構……吉川 正明……32
リゾクトニア属菌の胞子形成法……生越 明……36
ジャガイモそうか病菌の胞子形成培地と菌の長期保存法……松本 和夫……41
新しく登録された農薬（54.8.1～8.31）……47
中央だより……48　協会だより……48
人事消息……47　新刊紹介……44

緑ゆたかな自然環境を…

「確かさ」で選ぶ……バイエルの農薬

BAYER

●いもち病・穂枯れを防いでうまい米を作る
®ヒノザン

●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

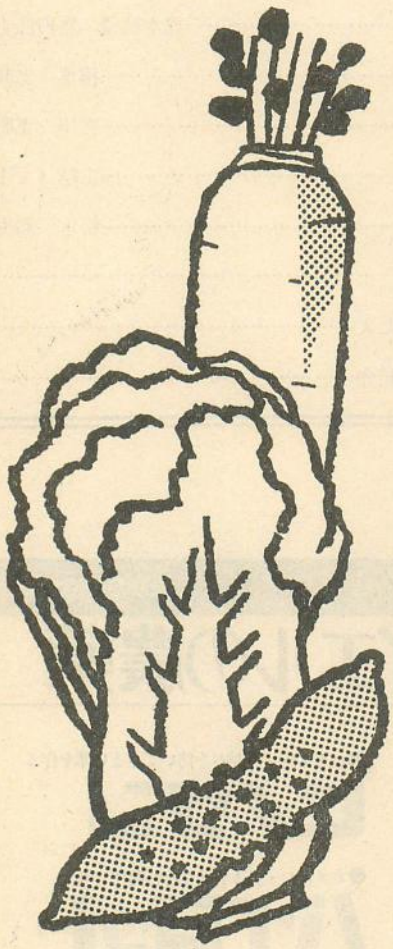
●ドロオイ・ハモグリ・ミズゾウムシなどに
®サンサイド

●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 〒103

タケダ

武田の野菜農薬



●キャベツ・はくさいのコナガ防除に

パダン® 水溶剤

●園芸作物害虫の基幹防除に

武田オルトラン® 水和剤 粒　剤

●キャベツのハスモンヨトウに

ランネート* 水和剤 「タケダ」

●速効性のアブラムシ防除剤

武田ピリマー* 水和剤

●新しい園芸作物殺虫剤

武田アクテリック* 乳剤

●園芸作物病害の基幹防除に

武田ダコニール®

●園芸作物の病害に

デュポン **ベンレート®** 水和剤

●メロン・きゅうりのうどんこ病防除に

武田ミルカーブ* 液剤

●畑の雑草防除に

トレファノサイド® 乳剤

光で制御される胞子形成物質

名古屋大学農学部農芸化学科　丸茂晋吾（まるもしんご）

俗にカビと呼ばれる糸状菌の胞子形成は，種々の生育環境要因のなかでも特に光条件によって支配されていることが多くの微生物学者によって明らかにされている[1]。胞子形成に対する光の効果は，照射光の波長によって異なり，一般に，紫外・可視部領域のうちの近紫外光(300 nm 付近）によって胞子形成が誘導され，青色光（450～500 nm）では逆に阻害されることが明らかにされているが，これらについては本誌に本田雄一氏が「糸状菌の胞子形成と光条件」として述べられるはずである。

糸状菌の胞子形成の光制御機構のなかに，胞子形成物質（sporogenic substance）と呼ばれるような活性物質が果たして関与しているかどうかの研究が始まったのは，それほど昔のことではない。1965 年オレゴン州立大学の C. M. Leach のグループが *Ascochyta pisi* の光照射下に生育させた菌体の抽出物を *A. pisi* 及び *Pleospora herbarum* の暗黒下生育菌体に加えると，無性胞子の pycnidia（柄胞子）及び conidia(分生胞子）がそれぞれ誘導されたと報告したのが始まりである[2,3]。それ以来今日までの 14 年間，筆者らの研究を含めて胞子形成物質の存在が幾つかの菌種で証明され，また，化学構造の明らかにされた活性物質も報告されるようになった。一方，光制御とは全く別に，糸状菌のうちの主として藻菌類（接合菌と卵菌類を含む）の生育と生殖にはステロール類が必須であることの理由を解明しようとする研究も活発に行われており[4,5,6]，有性生殖器官誘導物質 antheridiol と oogoniol などのステロイドホルモンの発見（末尾の付表参照）やステロールが生体膜の必須構成成分としての役割もしだいに明らかにされるに及んで，この側面からの研究も今後重要になってくるであろう。

糸状菌の胞子形成機構を，物質を基礎として化学的に明らかにしようとすれば，2 種の生体物質を想定する必要があろう。一つは光受容体（photoreceptor）であり，他は胞子形成物質である。前者の光受容体は，光エネルギーを化学エネルギーに変換するための色素系であって，尾田らによって mycochrome と名付けられたものである[7,8]。尾田らは，mycochrome は光エネルギーを吸収して二つの光学型互変異性体を採ることによって胞子の光誘導と光阻害を制御すると説明しているが，これはちょうど，高等植物の光形態形成を制御する phytochrome と類似の考え方である。恐らく mycochrome は低分子の色素化合物とタンパク質とが結合した水溶性高分子と想像されるが，その実体は全く分かっていない。

さて，胞子形成物質とは，胞子の形態形成系を直接的に刺激するいわばホルモンの 1 種と考えるべき重要な無性生殖制御物質であり，糸状菌は一般に胞子形成のための光条件の差異によって次の四つのタイプに大別されている。

① 連続光照射下で胞子が形成される菌…… *Pyricularia oryzae*, *Trichoderma lignorum*, *T. viride* など

② 生育の前半には光照射，後期には暗処理を必要とする菌……*Alternaria brassicae*, *A. dauci*, *A. solani*, *A. tomato*, *Choanephora cucurbitarum*, *Helminthosporium gramineum*, *H. oryzae*, *Pleospora herbarum*, *Zyzygites megalocarpus* など

③ 暗黒下でのみ胞子が形成される菌…… *Helminthosporium oryzae* H_1, *Sclerotinia fructicola*, *Trichothecium roseum* など

④ 光条件とは無関係に胞子が形成される菌…… *Aspergillus niger*, *A. oryzae*, *Penicillium citrinum*, *Geotrichum candidum* など

筆者らは，胞子形成物質の研究を開始するに当たり，上記四つのタイプからそれぞれ数菌種を選び，胞子形成条件において果たして活性物質が関与しているかどうかをテストすることにした。照射光については，波長により効果に差異があることを前述したが，将来の多量培養を簡便・容易にするために白色螢光燈（東芝製 約 7,000 ルックス）を使用した。筆者らの研究はまだ緒についたばかりであるが，現在進行中のなかから三つの例，すなわち②（または①）のタイプとして *Pleospora herbarum* の分生胞子，③ *Sclerotinia fructicola* の分節胞子，④ *Aspergillus oryzae* の分生胞子の形成物質について述べてみたい。また，その過程で，胞子形成物質に関する内外の諸研究の現状をも併せて紹介したい。

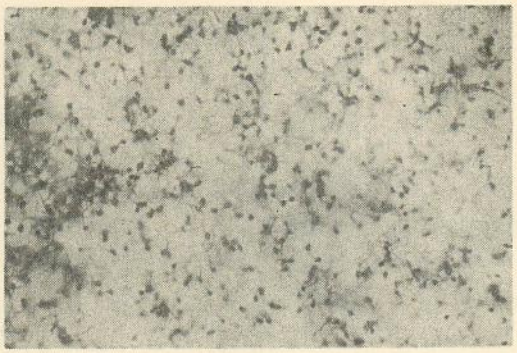
I　胞子形成に光を必要とする胞子形成物質

Trione と Leach ら[3]は，数多くの子のう菌，不完全菌類に近紫外光を照射すると，胞子が形成されると同時に菌体内に紫外部 310 nm に極大吸収を有する物質が生成すること，この物質は胞子形成が起こらない暗黒下では生成しないことを認めて P310 物質と名付けた。

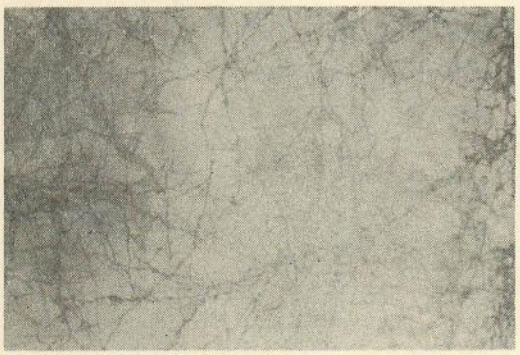
P310 物質を暗黒下生育の栄養菌糸に添加すると分生胞子を誘導した。本物質は部分的に精製されて分子量1,000以下の非極性溶媒に不溶な水溶性物質と推定された。彼らの報告は世界の研究者たちの注目を浴びたが，その後，他の研究者たちの追試実験によれば，P310 物質と胞子形成活性との相関性を再現することはできなかったという。

筆者らも 1972 年ごろ TRIONE と LEACH らの報告に興味を持ち，胞子が光誘導されると報告された菌株を集めてテストしてみた。その結果，*P. herbarum*（ネギの葉枯病菌）の胞子形成が最も光依存性が高いことが分かり，更に，光照射下で胞子を形成しつつある本菌体をアセトンで抽出し，抽出物を暗黒下培養の栄養菌糸に添加すると多量の分生胞子が形成されたことから，本菌を研究の供試菌株として選んだ[9]。LEACH ら[10]は，*P. herbarum* の胞子形成には，まず，290 nm 付近の近紫外光と，引き続いての暗期が必要であると述べているが，筆者らの螢光燈を用いた実験では最後まで連続照射したときのほうがより多量の胞子を形成したことから，連続光条件の培養菌体から胞子形成物質を抽出することにした。ここで問題となるのは，筆者らの活性物質と彼らの P310 物質とが同じであるかどうかである。TRIONE らの文献では，菌体をエタノール抽出，次いでエーテルに転溶されない水溶性画分を得て DoWex50w で精製することにより活性物質を得ているのに対して，筆者らの実験では菌体のアセトン抽出物の酢酸エチル（またはエーテル）可溶中性画分に著しい胞子誘導活性を見いだしているので，溶解性からみて両者は明らかに異なる物質であるということができる。筆者らのバイオアッセイ結果の一例を第1図に掲げたが，これからは，分生胞子の着生状態は光条件下のコントロールと多少異なっているものの，酢酸エチル抽出物が暗黒条件下でもいかに多量の胞子を形成させることができるかお分かりいただけるであろう。

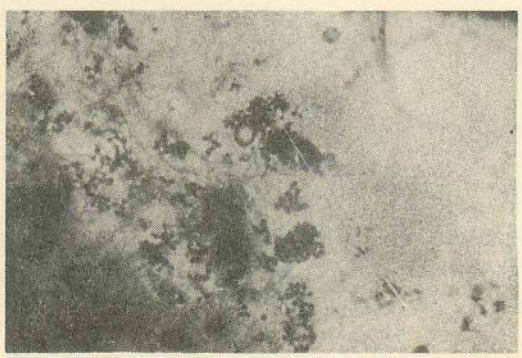
残念なことには，この粗酢酸エチル活性画分を更に精製しようと，種々のクロマトグラフィーとか向流分配にかけたところ，いずれの場合にも急激な活性の低下が起こり，それ以上進めなくなってしまった[13]。例えば，シリカゲル PF_{254} の薄層クロマトグラフィーに 20 分程度かけると活性はテーリングしながらある程度は残るが，活性区分をかき取って再度繰り返すと，もはや活性は完全に消失してしまうといった具合である。恐らく活性物質はかなり不安定と予想され，最終的な純粋化に成功するには，何か新しい迅速分離法の工夫と，短時間で判定できるバイオアッセイ法（現在は3～6日間かかる）の開発が必要と思われる。更にやっかいなことは，数か月に一度ぐらいの割合で菌の胞子形成能が低下したり，光依存性が狂ったりすることで，それを戻すために1～2か月を浪費するといったことがしばしば起こり，これまでの研究では活性を数～20 μg/ml にまで濃縮した程度に止まり，今後更に努力する必要があろう。



連続白色蛍光燈下で6日間培養すると，多量の分生胞子を生じている．



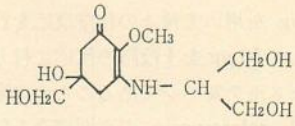
暗黒下で6日間培養すると，栄養菌糸のみ生育する．



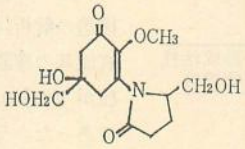
暗黒下でも酢酸エチル可溶中性画分（1mg/ml）を加えて培養すると，多量の分生胞子を生じてくる．

第1図　*P. herbarum* の光誘導胞子形成と胞子形成物質

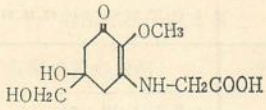
1976 年，フランスの化学者 FAVRE-BONVIN と APRIN



mycosporine (**1**)



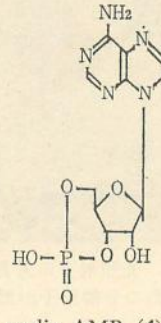
mycosporine II (**2**)



mycosporine-gly (**3**)

ら[11,12]は，胞子形成を直接目指したわけではないが，恐らく TRIONE らの文献を参考にして UV 吸収から P310 物質と考えられる代謝産物 mycosporine を *Stereum hirsutum* から，また，mycosporine II を *Botrytis cinerea* から単離し，化学構造を（**1**）及び（**2**）のごとく決定した。論文には生物活性のデータが全く記載されていないので分からないが，上述の *P. herbarum* の実験結果を参考にしても，また，筆者が昨秋オレゴン大学を訪れて LEACH 及び TRIONE 両教授から直接伺った話から判断しても，mycosporine 類は胞子形成活性とは関係が薄いように思われる。ちなみに，平田ら[14]は，海産腔腸動物イワスナギンチャクから mycosporine-gly(**3**) を単離した。本物質の生物活性も不明であるが，筆者は上村氏からサンプルの御恵与を受けたので，胞子形成活性を近く測定する予定である。なお，生物体には紫外部特定波長領域（～310 nm）に吸収を有する物質が含まれることが最近しばしば見いだされてきつつあるが，それらの生物機能については，光受容体あるいは紫外線からの生体防護作用などと関連させて今後解明する必要があるように思われる。

光照射下で誘導される胞子形成物質については，玄ら[15]も *Alternaria tomato* を用いて研究し，菌体の水溶性画分から 3′,5′-cyclic AMP（**4**）と 3′-AMP を得た。cyclic AMP は 0.2 μg/ml で活性を示したという。cyclic AMP は既にキノコの子実体誘導物質（末尾の付表参照）として単離同定されていたが，同一物質が不完全菌類の無性胞子の形成に活性を示したことは興味深い。しかし，筆者らの実験によれば，*P. herbarum* の酢酸エチル可溶活性画分は *A. tomato* に対しても強い胞子形成活性を示し，いわゆる第2メッセンジャーと呼ばれる cyclic AMP とは別に，これらの菌類のなかにも胞子形成物質が存在するのではないかと考えている。



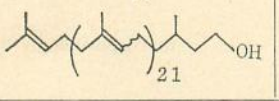
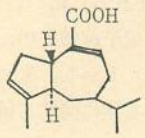
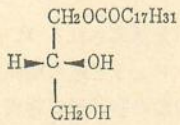
cyclic AMP (**4**)

胞子形成と光要求性との関係については，数多くの生理・生態的研究が子のう菌と不完全菌（このなかにはいもち菌 *Pyricularia oryzae*[16] も含まれる）について行われてきたが，そのほかに藻菌類[17]，担子菌類[18,19]，真正粘菌類[20]についても研究されている。しかし，光によって誘導される胞子形成物質の化学的本体に関する研究はいまだほとんどなされていないといってよい。

II　暗黒下誘導の胞子形成物質

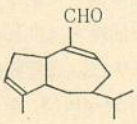
筆者らは，胞子が光誘導される *P. herbarum* の研究を開始した数年後に，ちょうど逆の関係になる暗黒下でのみ胞子形成をする菌類の胞子形成物質の検索に取りかかった。文献的に暗黒下で胞子形成を起こすと報告された数種類の菌株を集めて調べたところ，ウメ，モモなど核果類の菌核病菌 *Sclerotinia fructicola* が本目的に最も適していることが分かった。*S. fructicola* は 1933 年 HALL[21] によって暗黒下の胞子形成が見いだされた菌である。本菌は子のう菌に属し，有性生殖器官として文献では裸子器（apothecia）と子のう胞子（ascospores）を形成すると記載されている。しかし，実際の人工培養基上ではこれら有性器官は全く検出されず，通常は無性胞子の一種である分節胞子 arthrospores を多数形成して生活環を維持しており，不完全世代名を *Monilinia fructicola* という。筆者らは，まず本菌を potato-sucrose または malt-dextrose 寒天培地上，暗黒下で生育させると多数の分節胞子を形成するが，光照射下ではごくわずかしか形成しないことを確認した。この光と暗処理とによる胞子形成の差異をバイオアッセイに利用することにして，予備実験として potato-sucrose 寒天培地上暗黒下で一週間培養して多数の胞子を形成した菌体を寒天もろともアセトンで抽出し，抽出物を光照射下生育の栄養菌糸に加えた結果，劇的に分節胞子が誘導されたという結果を得て活性物質の本格的抽出実験に踏み切った。研究の初期には，本菌を振とう培養することにより活性のある新代謝産物 dolichol-23(第1表，**5**) を得ることができたが，その後，本菌の分節胞子は元来固形培地上の気中菌糸に形成されることを考慮して，培養方法を potato-sucrose 寒天培養に切り替えて抽出を行い，2種類の活性物質の純粋単離に成功した。これら *S. fructicola* から単離さ

第1表 *S. fructicola* から単離された活性物質の構造と胞子形成活性[22,23,24,25]

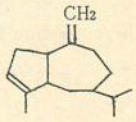
培養法	活性物質の構造	胞子形成活性の最低濃度
振とう培養	dolichol-23 (**5**) 	0.02 μg/ml
固形寒天培養	sclerosporin (**6**) 	0.001 μg/ml
	R(−)-glycerol monolinolate (**7**) 	0.05～0.1 μg/ml

れた活性物質の構造と胞子形成活性を第1表に示した。

主要な活性物質は Sclerosporin と命名した新代謝産物であり，本菌のシャーレ300枚分の培養物から溶媒抽出，3回の多重展開薄層クロマトグラフィー，そして最後に逆相高速液体クロマトグラフィー (HPLC) で精製することにより純粋なサンプル 182 μg を単離することに成功した。筆者らは本研究を遂行するに当たり，目的の一つとしていかに微量で天然物の構造決定をなしうるかの技術開発を目指したので，単離された 182 μg を用いて構造解析を行うことにした。2，3の例を示せば，5 μg と 10 μg を用いて低及び高分解能マススペクトルを測定して分子式の決定，167 μg を用いて FT^{1}Hnmr の測定（所要時間 75 分）及び二重共鳴実験による部分構造の解析，5～20 μg を用いて種々の化学反応を行って官能基の確認，そして 50 μg を4段階の反応に付して母核が guaiane 型セスキテルペンであることの決定などであった。その結果，sclerosporin の平面構造として **6** 式を提出することに成功した[25]。しかし，立体化学は残念ながら決まるまでに至らず，超微量による構造解析のいまだ不十分なことを痛感したのであった。なお，構造決定のために実際に消費したサンプル量は 100 μg にも達せず，むしろ全量の半分以上を生物活性の測定に使用してしまった。この研究の過程で，sclerosporin の前駆体とみなされる2種の新代謝産物 sclerosporal (194 μg) 及び sclerosporene (35 μg) を単離して構造（**8**）及び（**9**）を提出した[25]。sclerosporal（**8**）は弱い胞子形成活性を示した。

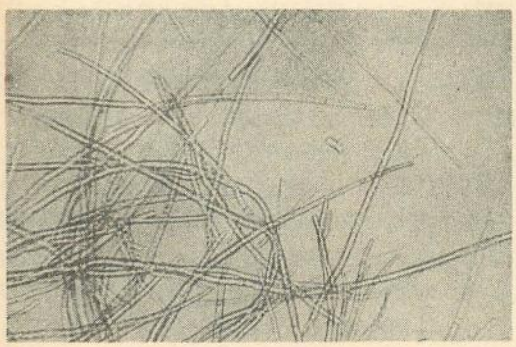


sclerosporal (**8**)

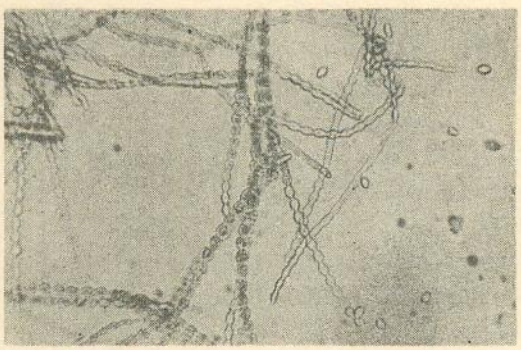


sclerosporene (**9**)

さて，sclerosporin の胞子形成活性は，*S. fructicola* の本来胞子を形成し得ない光照射下の生育菌体に分節胞子を誘導させる能力によって測定されたが，その実験の一例を第2図に示した。また，バイオアッセイの定量実験の結果を第3図に示した。それによると，sclerosporin は 0.001 μg/ml の濃度で光照射下のコントロールに比して有意な胞子形成活性を示し，胞子形成量はサンプルの濃度とともに増加し，テストした最高濃度 5 μg/ml では暗黒下で形成された全胞子数の 79% までの活性を示した。このようにして，sclerosporin は自然界から初めて見いだされた新セスキテルペンとして，また，暗黒

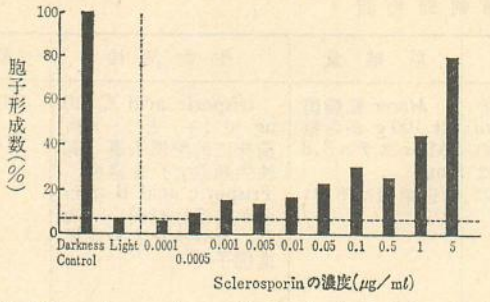


光照射下生育の菌体，栄養菌糸のみが見られる．



光照射下の栄養菌糸に sclerosporin を添加，多数の分節胞子が形成された．

第2図 sclerosporin の *S. fructicola* に対する胞子形成図



第3図　sclerosporin の *S. fructicola* に対する胞子形成活性

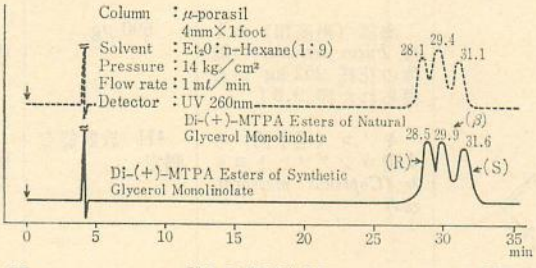
下誘導の胞子形成物質として最初に解明された微生物生育制御物質となったのである。なお，sclerosporin が *S. fructicola* の実際の胞子形成に関与しているかどうかを知るために，暗黒下で胞子を形成しつつある菌体と光照射下での栄養菌体とのなかにそれぞれ含まれる sclerosporin の量を GC により比較定量した結果，前者には後者の5倍以上も含まれていることが分かり，sclerosporin が真の胞子活性物質であることが強く示唆されたのである。

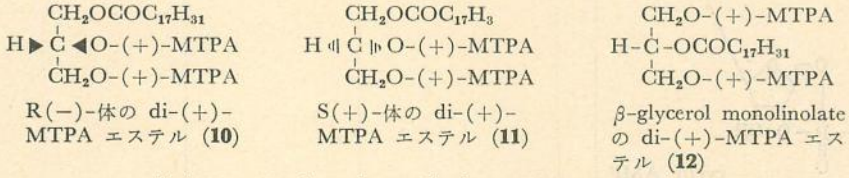
マイナーな活性物質　R(−)-glycerol monolinolate (第1表，**7**)[23]は微量しか含まれず単離量は 100 μg にも満たなかった。平面構造は特徴的なマススペクトルから容易に推定され，合成品と比較することにより決定された。問題は，本物質には分子不斉があり，天然物は果たしてどちらの光学活性体であるか明らかにする必要があった。モデル化合物として，R (−) -(**7**) 及び S (+) -glycerol monolinolate((**7**)の鏡像体) をそれぞれ D-及び L-mannitol から合成し，両者を (+)-α-methoxy-α-trifluoromethylphenylacetyl (MTPA)誘導体に導き，ジアステロマーとして HPLC で分析した。その結果を第4図に示した。その結果，天然品は (R) と (S) 体及び β-異性体の混合物であることが分かった。そこで合成した光学活性体を用いて胞子形成活性を測定したところ，興味深いことに活性はR体 (第1表，**7**) のみに現れて，その鏡像体には有意な活性は認められなかった。なお，β-体 (第4図，**12** の脱 MTPA 体) の活性は純品が得られなかったため測定しなかった。

一般に，glycerol monolinolate は生物体に普遍的に含まれるごくありふれた化合物であるが，その生体内機能をみると，(S) 鏡像体のリン酸エステルはトリグリセリドやリン脂質の生合成中間体であることが明らかにされているが，今回，その (R) 鏡像体がある種の糸状菌に対し分節胞子誘導活性を有することが本研究により明らかにされたわけで，大変興味ある実験結果と考えている。

一方，振とう培養物から得られた dolichol-23 (第1表，**5**)[24]も新代謝産物であった。一般に，イソプレン単位が重合した polyisoprenol 類のアルコール末端二重結合だけが飽和した化合物を dolichol と総称するが，本活性物質はイソプレン単位 23 個が重合した dolichol であった。dolichol 類はこれまで動植物，細菌，酵母，糸状菌などすべてに含まれて，ペプチドグリカン生合成の重要な鍵物質であることが知られているが，今回 dolichol-23 に胞子形成活性が見いだされたことになり大変興味深い。炭素数の異なる他の dolichol 類の胞子形成活性は不明である。なお，本化合物は，0.5 μg/ml を極大値としてそれ以上の濃度では再び活性が低下することや，物質が生産される振とう培養条件では胞子形成が起こらないことなどを考慮すると，あるいは真に胞子形成に関与しているか疑問が残るように思われる。

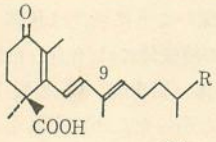
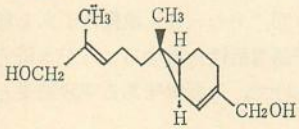
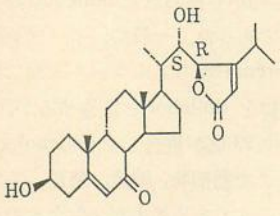
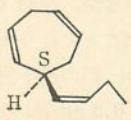
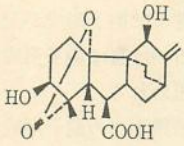
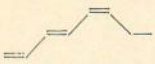
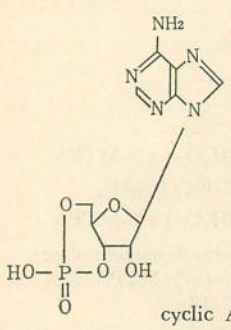
以上，筆者らの行った暗黒下での胞子形成物質につい

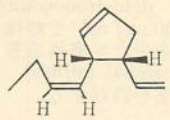
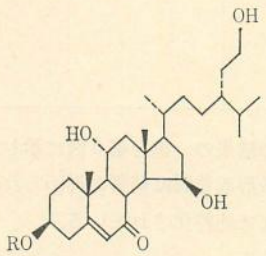
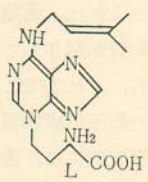
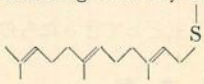
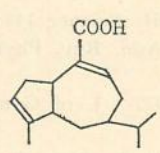


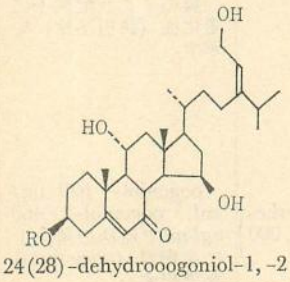


第4図　天然 glycerol monolinolate の鏡像体組成分析

付表 微生物の生殖制御物質

年代	構造式と物質名	起　源	単 離 量	生 物 活 性	文献
1966	 trisporic acid C : $\langle^{H}_{OH}$ trisporic acid B : R＝0 (C_9 二重結合のトランス-シス混合物)	ケカビ(接合菌類)の1種 *Blakeslea trispora* の(＋)と(－)菌株の混合培養物，あるいは *Mucor mucedo* の同様の培養物	*Mucor* 乾燥菌体 100 g から粗Meエステル3.8 mg (遊離酸は不安定)	trisporic acid C 20 ng で(＋)と(－)両菌株に前配偶子嚢(有性生殖器官)を誘導，Trisporic acid B はわずかに活性が弱い．また，カロチン生合成促進因子	30) 31)
1968	 sirenin	水生カビ(藻菌類) *Allomyces sorbuscula* と *A. javanicus* の交配雌菌株(雌配偶子を95%以上生産する)の培養液 425 *l*	2.5 g	10^{-10}M で雄配偶子(精子)の誘引活性	32) 33)
1968	 antheridiol	水生カビ(卵菌類)の1種 *Achlya bisexualis* の雌菌株の培養液 600 *l*	約 10mg	2×10^{-8}mg/ml で雄菌株に造精器(antheridium)を誘導	34) 35) 36)
1971	 ectocarpene	海藻(褐藻類)の1種シオミドロ(*Ectocarpus siliculosus*)の雌株の培養皿 14,900 枚から得た新鮮な雌配偶体，1,041 g	92mg	雄配偶子の誘引活性	37)
1971	 antheridiogen-An	シダ類の1種(フサシダ科) *Anemia phillitidis* の培養器 1,500個 (38 ml/個)	18mg	10μg/*l* で造精器(antheridium)を誘導し，0.3μg/*l* で胞子の暗発芽を誘起	38) 39)
1973	 fucoserratene	海藻(褐藻類)の1種 *Fucus serratus* の雌体の花托 252 kg から得られた卵 9.8 *l*	690 μg	雄配偶子(精子)の誘引活性	40)
1973	 cyclic AMP	キノコ(担子菌)の1種ウシグソヒトヨタケ(*Coprinus macrorhizus*)	^{3}H 放射能を測定	2×10^{-4} μM で一核菌糸子実体(キノコ)を誘導する	41)

年代	構造式と物質名	起源	単離量	生物活性	文献
1974	 multifidene	海藻（褐藻類）の1種 *Cutleria multifida* の雌菌株の5か月間にわたる培養物（新鮮菌体量 1 kg）	2.5mg	雄のミクロ配偶子に走化性（誘引活性）を示す.	42)
1975	 oogoniol-1, -2, -3	水生カビ（卵菌類）の1種 *Achlya heterosexualis* の雄株の培養物	—— （生産量は antheridiol の1/1,000と推定）	oogoniol-1 620 ng/ml, oogoniol-2 460 ng/ml で雌株の菌糸上に生卵器（oogonium）を誘起する. テトラハイドロキシケトン体（R=H）はより活性が強い.	43) 44) 45)
1976	 discadenine	細胞性粘菌キイロタマホコリカビ（*Dictyostelium discoideum*）の20,000枚のシャーレ培養物	15mg	10^{-7}M で自己菌の胞子発芽を完全に阻害する.	46) 47) 48)
1976	H-His-Try-Leu-Gln-Leu-Lys-Pro-Gly-Gln-Pro-Met-Tyr-OH α-substance-I_A	酵母の1種 *Saccharomyces cerevisiae* の α 型細胞株の培養液 300 *l*	2.1mg	0.4 ng/ml で a 型細胞に対して α 型細胞への性的凝集反応を誘起させる酵母の接合制御物質	49)
1978	H-Tyr-Pro-Glu-Ile-Ser-Try-Thr-Arg-Asn-Gly-Cys-OH S 	酵母の1種 *Rhodosporidium toluloides* の A 型細胞株の培養液 300 *l*	1.2mg	8ng/ml で α 型細胞に接合管を誘起する酵母の接合制御物質	50) 51)
1978	H-Glu-His-Asp-Pro-Ser-Ala-Pro-Gly-Asn-Gly-Tyr-Cys-X R R：脂溶性基 tremerogen A-10	キノコ（担子菌）の1種 *Tremella mesenterica* の AB 型細胞株の培養液 160 *l*	1.6mg	1～2 ng/ml で ab 型細胞に接合管を誘起する.	52)
1978	 sclerosporin	子のう菌の1種 *Sclerotinia fructicola* の暗黒下寒天培養物シャーレ 300 枚（4 *l*）	182 μg	1 ng/ml で分節胞子（arthrospores）誘導活性を示す. 無性胞子形成因子	22) 25)

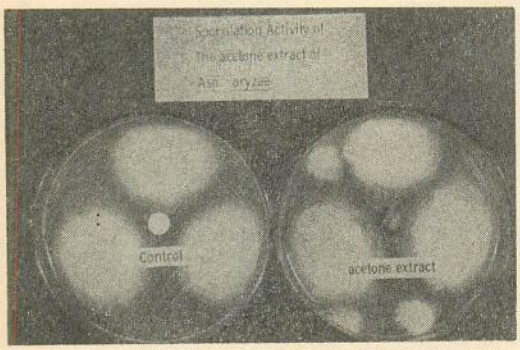
年代	構造式と物質名	起源	単離量	生物活性	文献
1979	 24(28)-dehydrooogoniol-1, -2	水生カビ（卵菌類）の1種 *Achlya* の雄株培養物	400 μg	dehydrooogoniol-1 50 ng/ml で雌株の菌糸上に生卵器原基 (oogonial initials) の形成を誘起する.	53)

て述べたが，同様な研究が我が国内外で行われたとの報告をまだ聞いていない。

III 光条件と関係がない胞子形成物質

糸状菌には実はこのタイプの菌種が最も多い。光条件に関係なく胞子形成が起こることの意味は，これまで述べてきた光誘導あるいは暗黒下での胞子形成とどう違うのかという問題は大変興味ある点であり，筆者らは何よりもまず，このタイプの菌類にも胞子形成物質が存在することの確認と，どんな化学構造を有するかの解明を行うことにした。対象菌種としては植物病理学上あるいは応用菌学的に重要なものを選ぶことにした。コウジ菌 *Aspergillus oryzae* は我が国の伝統ある醗酵工業において，醤油，清酒の製造に用いられる重要な菌であり，一般家庭でも甘酒を作った記憶は多いはずである。最近ではコウジ菌の胞子そのものが商品として市販されているので，本菌の胞子形成物質は産業上からも重要である。

筆者らは，この場合の研究の進め方として胞子をよく作る菌株とよく作らない菌株の2種を用意した。そして前者から活性物質を抽出し，後者の菌株への胞子形成能をテストした。その結果の一例を第5図に示した。コウジ菌に含まれる胞子形成物質は精製が進められ，現在ほとんど単一物質にまで純粋化されている。



胞子形成菌株のアセトン抽出物をペーパーディスクにつけて，胞子を形成しない菌株にテストすると，ディスクの周囲に黄緑色の分生胞子が形成される.

第5図　コウジ菌 *Aspergillus oryzae* の胞子形成活性

以上，糸状菌の光制御胞子形成形質の三つのタイプについて述べた。筆者らの経験によれば，菌類の胞子形成現象には疑いもなく胞子形成物質が関与していると言ってよさそうである。残念ながら，これまでこの方面の化学的研究は少なく，解明された胞子形成物質の数も少ない。今後の発展が望まれる。歴史的には，菌類の有性生殖器官誘導のほうが無性生殖よりも，生理学的にも化学的にも，はるかに深く研究されており，近年，数多くの有性生殖制御物質が単離され化学構造が決定されるようになった。そこで，本文趣旨から少し外れるかもしれないが，現在までに明らかにされた微生物の生殖制御物質をまとめて付表として掲げたので参考にされたい。これら活性物質の総説[26,27,28,29]もある。なお，本文で述べた筆者らの研究のうち，*P. herbarum* は服部宏之君，*S. fructicola* は片山正人博士が主として行ったものである。

引用文献

1) Leach, C. M. (1971) : "Methods in Microbiology" ed. by C. Booth, Academic Press Inc., pp 609～664.
2) ——— and E. J. Trione (1965) : Plant Physiol. 40 : 808～812.
3) Trione, E. J. et al. (1966) : Nature 212 : 163～164.
4) Hendrix, J. W. (1964) : Science 144 : 1028～1029.
5) ——— (1971) : Ann. Rev. Phytopathol. 9 : 111.
6) Elliott, C. G. (1972) : J. of Gen. Microbiol. 72 : 321～327.
7) Honda, Y. et al. (1968) : Plant & Cell Physiol. 9 : 603～607.
8) 尾田義治 (1970) : 自然　6 : 56.
9) 服部宏之・丸茂晋吾 (1973) : 日本農芸化学大会講

演要旨集，(東京) p. 353.
10) Leach, C. M. (1968) : Mycologia 60 : 532.
11) Favre-Bonvin, J. et al. (1976) : Can. J. Chem. 54 : 1105～1113.
12) Aprin, N. et al. (1977) : Tetrahedron Lett. : 819～820.
13) 服部宏之 (1979) : 植物感染機作・病理化学談話会，"植物感染における制御機構" 要旨集 pp 9～16.
14) Ito, S. and Y. Hirata (1977) : Tetrahedron Lett. : 2429～2430.
15) Hyeon, S. B. et al. (1976) : Agr. Biol. Chem 40 : 1263～1264.
16) 古田 力・関口義兼(1967) : 植物防疫 21 : 160～162.
17) Lilly, V. G. (1966) : in "The Fungal Spore" Ed. M. F. Madelin, (Butterworth) pp. 259～272.
18) Miller, O. K. (1967) : Can. J. Bot. 45 : 1939.
19) 山口辰良 (1968) : 一般微生物学，(技報堂) p. 344.
20) Alexopoulos, C. J. (1966) : in "The Fungi", Vol. Ⅱ, Ed. G. C. Ainsworth and A. S. Sussman, (Academic Press) pp 211～233.
21) Hall, M. P. (1933) : Ann. Bot. 47 : 543.
22) Katayama, M. and S. Marumo (1978) : Agr. Biol. Chem. 42 : 505～506.
23) ——— · ———(1978) : ibid. 42 : 1431～1433.
24) ——— · ———(1978) : ibid. 42 : 1967～1968.
25) ——— · ———(1979) : Tetrahedron Lett. : 1773～1776.
26) 玄 丞培 (1976) : 植物の化学調節 11 : 69.
27) 柴田承二 (1978) : 生物活性天然物質 (医歯薬出版) p. 44.
28) 野老山 喬 (1975) : 化学 29 : 754～761.
29) Moore, R. E. (1977) : Account Chem. Res. 10 : 40～47.
30) Caglioti, L. et al. (1966) : Tetrahedron Suppl. 7 : 175～187.
31) Austin, D. J. et al. (1969) : Nature 223 : 1178～1179.
32) Machlis, L. et al. (1966) : Biochem. 5 : 2147～2152.
33) ———et al. (1968) : J. Am. Chem. Soc. 90 : 1674～1676.
34) McMorris, T. C. and A. W. Barksdale (1967) : Nature 215 : 320～321.
35) Arsenault, G. P. et al. (1968) : J. Am. Chem. Soc. 90 : 5635～5636.
36) McMorris, T. C. et al. (1974) : J. Org. Chem. 39 : 669～676.
37) Müller, D. G. et al. (1971) : Science 171 : 815～817.
38) Nakanishi, K. et al. (1971) : J. Am. Soc. Chem. 93 : 5579～5581.
39) Endo, M. et al. (1972) : Physiol. Plant. 26 : 183～185.
40) Müller, D. G. and L. Taenicke, (1973) : FEBS Lett. 30 : 137～139.
41) Taenicke, L. et al. (1974) : J. Am. Chem. Soc. 96 : 3324～3326.
42) Uno, I. and T. Ishikawa. (1973) : J. of Bact. 113 : 1240～1248.
43) Barksdale, A. W. and L. L. Lasure (1974) : Appl. Microbiol. 28 : 544～546.
44) McMorris, T. C. et al. (1975) : J. Am. Chem. Soc. 97 : 2544～2545.
45) ——— et al. (1978) : Tetrahedron Lett. : 335～338.
46) Obata, Y. et al. (1973) : Agr. Biol. Chem. 37 : 1989～1990.
47) Abe, H. et al. (1976) : Tetrahedron Lett. : 3807～3810.
48) Uchiyama, M. and H. Abe (1977) : Agr. Biol. Chem. 41 : 1549～1551.
49) Sakurai, A. et al. : ibid. 40 : 255, 1057 (1976) ; 41 : 389～393 (1977).
50) Kamiya, Y. et al. : ibid. 41 : 1099～1100 (1977) ; 42 : 1239～1243 (1978).
51) ——— et al. (1978) : Biochem. Biophys. Res. Comm. 83 : 1077～1083.
52) Sakagami, Y. et al. (1978) : Agr. Biol. Chem. 42 : 1093～1094, 1301～1302.
53) Preus, M. W. and T. C. McMorris (1979) : J. Am. Chem. Soc. 101 : 3066～3071.

糸状菌の胞子形成と光条件

農林水産省東北農業試験場　本田雄一（ほんだゆういち）

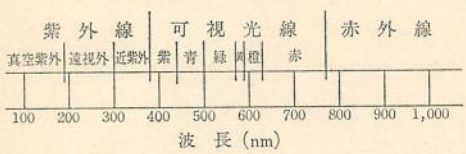
はじめに

糸状菌の胞子形成に及ぼす光の影響に関する観察は，19世紀後半から断片的に行われており，MARSH ら(1959)による文献集には，1877 年から 1959 年までに行われた約 300 編の報告が収録されている。胞子形成の誘起に有効な波長域は菌の種類によって異なるが，大部分は緑色光より短い波長の光，特に青色光によって胞子形成を誘起される菌が多い。しかし，LEACH (1962) は，種々の菌の胞子形成に及ぼす光の影響を観察し，青色光よりはもっと波長の短い紫外線が有効であるものが多いことを明らかにした。

光の作用は，光質，強さ，照射時間によって異なるので，一般的に「光」というだけではあいまいさが残る。特に，紫外線にだけ反応する菌が多く含まれている植物病原菌の場合には，光質を視覚によって感覚的に捕らえるだけでは不完全であり，光質は分光エネルギー分布を測定し，波長構成で表すのが望ましい。

生物学関係で一般に用いられている光の波長区分は，第1図に示したようである（JAGGER, 1967)。太陽光のうち，大気層を通過して地上に到達するのは近紫外線までであるが，菌の胞子形成に影響する波長域は 300 nm 以下の遠紫外線にも及んでいるので，近紫外線と遠紫外線を区別せず紫外線として一括して扱うほうが内容を正確に表現できると思われる。

菌類に及ぼす光の影響については，胞子形成だけでなく，色素形成や屈光性も含めた総説が幾つか出されている（LEACH, 1967, 1971 ; CARLILE, 1970 ; TAN, 1978 ; DURAND, 1976 ; FURUYA, 1977）ので，本稿では筆者らの研究結果を中心にして，単色光に対する菌の胞子形成反応の類別，光による誘起作用と阻害作用の間の可逆反応，光以外の環境条件と光の作用の相互関係及び胞子の形態に及ぼす光の影響などの一端を紹介し，光に対する菌の胞子形成反応を整理してみたい。また，イネごま葉枯病菌と灰色かび病菌については各論的に触れる。



第1図　紫外線，可視光線，赤外線の波長による区分（JAGGER, 1967）

I　光胞子形成（photosporogenesis）の波長依存性

LEACH (1971) は光に反応する不完全菌と子のう菌を，紫外線にだけ反応する菌群，紫外線と青色光の両方に反応する菌群の2群に分けているが，干渉フィルターによって得られる 300～700 nm の単色光に対する各種糸状菌の胞子形成反応は，第2図に示したように，6種に類別される。

① 紫外線誘起型：暗黒下では胞子を形成せず，330 nm 以下の紫外線によって胞子形成が誘起される。

② 紫外線促進型：暗黒下でも胞子は形成されるが，330 nm 以下の紫外線によって促進される。

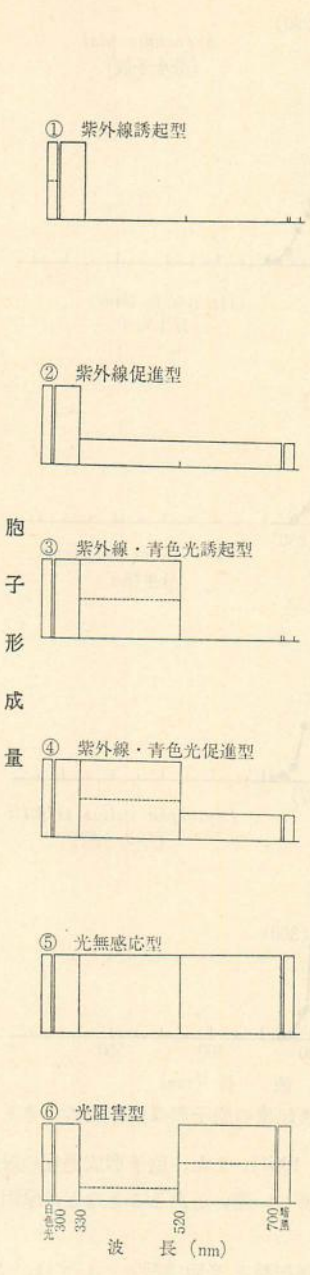
③ 紫外線・青色光誘起型：暗黒下では胞子は形成されず，520 nm 以下の光によって胞子形成が誘起される。

④ 紫外線・青色光促進型：暗黒下でも胞子は形成されるが，520 nm 以下の光によって促進される。

⑤ 光無感応型：暗黒下でも胞子は形成され，しかも光照射によって影響されない。

⑥ 光阻害型：340～520 nm の波長域の光によって胞子形成が阻害または抑制される。

紫外線誘起型と紫外線・青色光誘起型には，各々対応する促進型がある。この区分は絶対的なものではなく，*Mycosphaerella caricae*, 573-m は，26°C では暗黒下で胞子を形成せず，紫外線誘起型に入るが，28°C 以上では暗黒下でも子のう殻や分生子殻が形成され，*Mycosphaerella* sp., M307 と同様に，紫外線促進型に分類される。同様の現象は *Exserohilum rostratum* でも認められ，28°C 以上では暗黒下でも光照射下と同程度に胞子が形成され，しかも，青色光によって胞子形成が阻害されるので光阻害型の反応となるが，24°C 以下では紫外線を必要とする紫外線誘起型の反応を示すようになる。誘起型と促進型が他の条件の変化に応じて相互に転換する場合のあることから，これらには同一の光受容機構が関与していると考えられるので，反応型は紫外線誘起型，紫外線・青色光誘起型及び光阻害型の三つに大別できると考えられる。



Mycosphaerella caricae, 573-*m*, (子のう殻, 分生子殻)
Mycosphaerella sp., M307, (成熟子のう殻, 分生子殻)
Sclerotinia sclerotiorum, S65, S120, (子のう盤)
S. trifoliorum, S6, (子のう盤)
Botryodiplodia theobromae, 574, (成熟分生子殻)
Alternaria solani, A303, (分生胞子)
Bipolaris oryzae, B.o. 1, (分生胞子)
B. urochloae, Magoons, (分生胞子)
Botrytis cinerea, CB196, (分生胞子)
Cercospora kikuchii, C311, (分生胞子)
Exserohilum rostratum, 539, (分生胞子, 24°C 以下)
Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici*, F. 345, (大型分生胞子)
Pyricularia grisea, 328, (分生胞子)
Stemphylium sp., St 332, (分生胞子)

Mycosphaerella sp., M307, (全子のう殻, 分生子殻)
Cercospora zebrina, C312, (分生胞子)
Glomerella cingulata, G326, (分生胞子)
Pyricularia grisea, P.o.337, (分生胞子)

Botryodiplodia theobromae, 574, (全分生子殻)
Calonectria crotalariae, C296, (子のう殻)
Calonectria sp., 148, (子のう殻)
C. kyotoensis, C297, (分生胞子)
Nectria sp., 77-104, (子のう殻)
Phoma asparagi, Ph306, (分生子殻)
Phomopsis sp., 576, (分生子殻)
Trichoderma viride, T302, (分生胞子)

Phytophthora palmivora, 170, 176, (遊走子のう)
Botrytis alli, B339, (分生胞子)
Calonectria sp., 148, (分生胞子)
Fusarium oxysporum f. sp. *cucumerinum*, F344, (大型分生胞子)
Glomerella cingulata, G326, (分生子層)
Nectria sp., 77-104, (分生胞子)
Pyricularia grisea, 325, Kona, (分生胞子)
Verticillum albo-atrum, V353, (分生胞子)

Phytophthora castanea, 196, (卵胞子)
Mycosphaerella caricae, 573-s, (子のう殻, 分生子殻)
Exserohilum pedicellatum, 549, (分生胞子)
Fusarium oxysporum f. sp. *cucumerinum*, F344, (小型分生胞子)
Rhizopus sp., R230, (胞子のう)
Septoria cucurbitacearum, Se351. (子のう殻, 分生子殻)

Alternaria alternata, 7, A1265, (分生胞子)
Alternaria sp., A321, (分生胞子)
Bipolaris sacchari, 583, (分生胞子)
Curvularia trifolii, Cu304, (分生胞子)
Exserohilum rostratum, 539, (分生胞子, 28°C 以上)
E. turcicum, 278, 290, (分生胞子)
Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici*, F 345, (小型分生胞子)
Stemphylium lycopersici, St352, (分生胞子)

第2図　単色光に対する菌の胞子形成反応の類別（本田，未発表）

菌の胞子形成に及ぼす影響によって，光は三つの波長帯に区分される。

① 330 nm 以下：誘起的または促進的に作用する。例外的に，阻害的に作用する場合がある。

② 330～520 nm：誘起的・促進的に作用する場合と，阻害的・抑制的に作用する場合とがある。

③ 520 nm 以上：多くの場合，暗黒と同様で不活性な波長域であるが，粘菌の胞子形成の誘起（Rakoczy, 1965）や青色光による阻害の回復（Lukens, 1965；Tan, 1974 b）などの作用があるとの報告がある。しかし，植物病原菌を扱う限りは，520 nm 以下の波長域を全く含まない赤色光は安全光として使用できる。

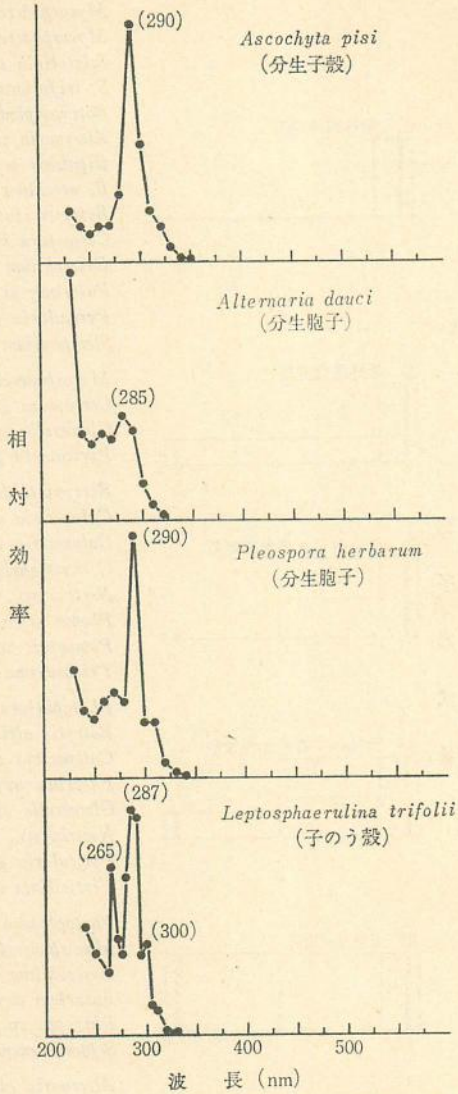
分類上の類縁関係と光に対する反応では，同一属の種でも種々の反応型を示し，また，同一種においてさえ，菌

株が異なると異なった反応型を示す場合がある。*Mycosphaerella caricae*, 573-m は紫外線誘起型を示し, *M. caricae*, 573-s は光無感応型である。573-m は暗黒下で全く胞子を形成せず, 573-s は暗黒下でも多量の胞子を形成するので, 暗黒下で培養することによって, これら二つの菌株は明瞭に識別できる。両菌株は親和性があり交配できるが, 雌雄同株であるため, 暗黒下で混合培養を行うと 69.5% の子のうは自殖によって形成されるので 573-sの子のう胞子だけが得られる。しかし, 30.5% の子のうは交配によって形成される。交配して形成された子のう, 47 個からは 573-m と 573-s の子のう胞子が各4個ずつ得られ, すべての子のうで例外なく, 二つの型が 1 : 1 に分離した。

形成される胞子の種類によって反応型が異なる場合もある。*Caronectria* sp., 148 では, 子のう殻は紫外線・青色光誘起型であるが, 分生胞子は暗黒下でも形成され, 紫外線・青色光促進型となる。*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, F344 と *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, F345 では, 小型分生胞子と大型分生胞子で反応型が異なる。更に, *Botryodiplodia theobromae* では, 分生子殻の形成は紫外線・青色光誘起型であるが, 分生子殻が成熟し, 分生胞子を溢泌する過程は紫外線誘起型である (Honda ら, 1978d)。

II 胞子形成に影響を及ぼす光の作用スペクトル

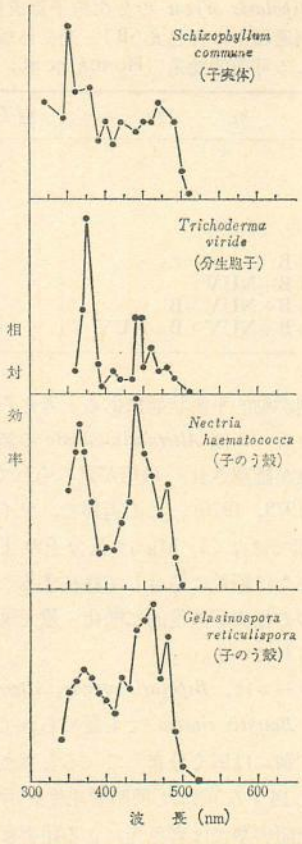
紫外線誘起型の作用スペクトルは, 第3図から明らかなように, 互いに類似しており, 第1表に示した作用スペクトルの極大値の波長も一致している。同様に, 紫外線・青色光誘起型でも第4図と第1表に示したように, 作用スペクトルの特徴が一致している。これら二つの反応型には各々同一または類似の光受容体が関与していることをうかがわせる。これに対して, 光阻害型の作用スペクトルは, 第5図に示したように, 共通的な特徴が少なく, 有効上限波長も作用の極大値の波長も互いに異なる。*Stemphylium botryosum* では, 520 nm 以下の光は強弱の差はあってもすべて阻害的であり, しかも, 480 nm のほかに 280 nm にも阻害作用のピークがある (Leach, 1968)。この 280 nm の紫外線は, 紫外線誘起型では誘起作用のピーク波長である。また, 光阻害型の反応を示す8種 10 菌株 (第2図) のうち, 330 nm 以下の波長によって胞子形成が阻害されるのは, *Stemphylium lycopersici* だけで, 他の菌はむしろ胞子形成が促進される。このように, 光による胞子形成阻害作用は多様性に富んでいるが, このことは, この反応が強い温度依存性を示すこと (Aragaki, 1961), また, 胞子形成過程の段階によって阻害作用に著しい違いがあることなどに原因があると思われる。



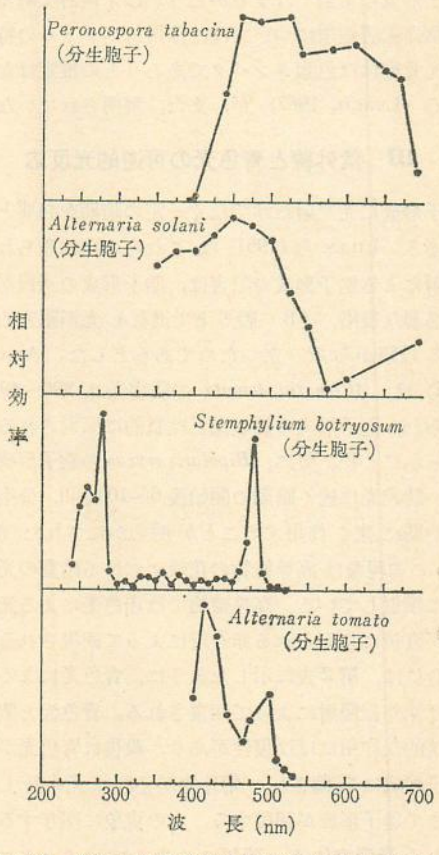
第3図　紫外線誘起型の胞子形成の作用スペクトル

紫外線・青色光誘起型と光阻害型については, *Stemphylium botryosum* の光阻害を除いて, 300 nm 以下の作用スペクトルが決定されていない。紫外線誘起型では作用の極大値は 300 nm 以下にあるが, 他の反応型では未検討であるため, 比較検討できない現状にある。

作用スペクトルを決定する目的は, 光受容体の吸光特性を推定して, 光受容体を検索することにある。胞子形成の日周リズムの阻害など青色光反応に関しては, 最近, フラビンが光受容体であることを示す証拠が得られている (Muñoz ら, 1975) が, 紫外線・青色光誘起型



第4図　紫外線・青色光誘起型の胞子形成の作用スペクトル



第5図　光による胞子形成阻害の作用スペクトル

第1表　胞子形成の誘起及び阻害に関する作用スペクトルの特徴

反応の種類	糸状菌名	極大値 (nm)	上限 (nm)
分生子殻形成誘起	*Ascochyta pisi*[1]	230 260 290	360
分生胞子形成誘起	*Alternaria dauci*[2]	230 260 280	360
分生胞子形成誘起	*Pleospora herbarum*[2]	230 270 290	360
子のう殻形成誘起	*Pleospora herbarum*[2]	230 290	380
分生胞子形成誘起	*Stemphylium solani*[3]	230 260 280	320
分生胞子形成誘起	*Helminthosporium oryzae*[4]	230 298	330
子のう殻形成誘起	*Leptosphaerulina trifolii*[5]	240 265 287 300	350
分生胞子形成誘起	*Botrytis cinerea*[6]	231 268 283 303	355
子実体形成誘起	*Schizophyllum commune*[7]	350 480	525
子のう殻形成誘起	*Nectria haematococca*[8]	360 440 480	510
子のう殻形成誘起	*Gelasinospora reticulispora*[9]	370 420 450 480	520
分生胞子形成誘起	*Trichoderma viride*[10]	380 440 480	520
菌傘形成誘起	*Favolus arcularius*[11]	390 420 445 480	520
胞子のう形成阻害	*Peronospora tabacina*[12]	460–520 620	720
分生胞子形成阻害	*Alternaria solani*[13]	375 450 700	700
分生胞子形成阻害	*Stemphylium botryosum*[14]	280 480	520
分生胞子形成阻害	*Alternaria tomato*[15]	420 500	530

1) Leach and Trione (1965), 2) Leach and Trione (1966), 3) Sproston (1971), 4) Yamamura et al. (1977), 5) Leach (1972), 6) Honda and Yunoki (1978), 7) Perkins and Gordon (1969), 8) Curtis (1972), 9) Inoue and Furuya (1975), 10) Gressel and Hartmann (1968), 11) Kitamoto et al. (1974), 12) Cruickshank (1963), 13) Lukens (1963), 14) Leach (1968), 15) 熊谷・尾田 (1968)

の胞子形成にも当てはまるかどうかは未検討である。また，紫外線誘起型については，作用スペクトルの特徴から，光受容体は色素タンパクであろうとの推定はなされている (Leach, 1967) が，まだ，解明されていない。

III 紫外線と青色光の可逆的光反応

胞子形成に光照射だけでなく一定の暗期を必要とする菌がある。Lilly ら (1951) は，これらの菌にみられる連続照射による胞子形成の阻害は，胞子形成の過程が (A) 光が必要な段階，(B) 暗黒下で進行し光が阻害的に作用する段階から成り立つためであるとした。Aragaki (1962) は，*Alternaria tomato* の阻害光は 390～490 nm に限られ，胞子形成の誘起光とは質的に区別されることを明らかにした。更に，*Bipolaris oryzae* の胞子形成阻害光は，誘起光に続く暗期の開始後 6～10 時間，分生子梗の成熟期に強く作用することが明らかにされた (第 6 図)。この現象は高等植物の花成における暗期の光中断効果に類似している。高等植物では赤色光による光中断効果が直後に与えられる赤外線によって回復される。菌の場合には，第 2 表に示したように，青色光による阻害作用は紫外線照射によって回復される。青色光と紫外線の桔抗的な作用には反復性があり，最後に青色光がくれば胞子形成は抑制され，紫外線がくれば光中断しない水準まで胞子形成が回復する。この現象に関与すると推定される光受容体は，菌類にちなんでマイコクローム (mycochrome) と名付けられた (本田，1969)。マイコクロームは青色光吸収型の M_B 型と紫外線吸収型の M_{NUV} 型の二つの形態をとり，光の作用によって相互に可逆的に転換し，紫外線と青色光の両方を含む光の下では，二つの型が動的平衡状態にあると考えられた。その後，マイコクロームは *Alternaria tomato* の無細胞系で分光学的に存在が確認され，単離が試みられている (Kumagai ら，1973，1976)。この過程で，マイコクロームは単一の色素ではなく，M_B は低分子の上清分画に，M_{NUV} は膜または顆粒に結合して存在することが明らかにされ，二つの色素が共役的に酸化・還元反応を行っていると推定されている。

第 6 図　*Bipolaris oryzae* の分生胞子形成における暗期過程中の青色光阻害の時間的推移
ブラックライトランプによる 12 時間照射後，それに続く 24 時間の暗期中に青色光を 2 時間ずつ照射し，照射しなかった場合の胞子形成量を 100 として胞子形成率を算出した (Honda ら，1968)．

第 2 表　*Bipolaris oryzae* の分生胞子形成における暗期過程中の青色光 (B) と近紫外線 (NUV) による可逆的効果 (Honda et al., 1968)

光　処　理	胞子形成 (%)
暗　黒	100
NUV	95
B	11
B+NUV	93
B+NUV+B	38
B+NUV+B+NUV	86
B+NUV+B+NUV+B	34
B+NUV+B+NUV+B+NUV	91

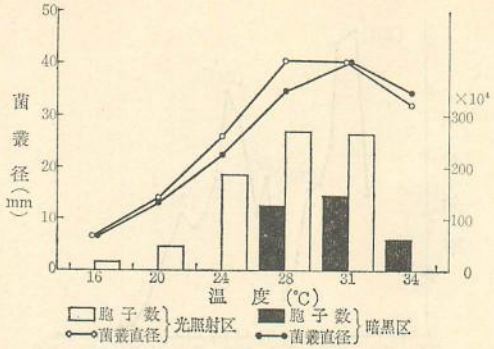
マイコクロームは，*Bipolaris oryzae*, *Alternaria tomato* だけでなく，*Botrytis cinerea* でも認められており，明暗要求性を示す菌には広く分布していると考えられる。紫外線誘起型に属する菌には明暗要求性を示すものが多く，また，光阻害型では青色光による阻害に加えて，紫外線による促進作用の認められる菌が多いので，これら二つの反応型の胞子形成にもマイコクロームが関与している可能性が強い。

可逆的な光反応を起こす紫外線と青色光のうち，紫外線は胞子形成を新たに誘起するのに有効であり，既に，詳細な作用スペクトルも決定されている。しかし，青色光阻害の回復に有効な紫外線の作用スペクトルは検討されていないため，紫外線による二つの作用の関連性は明らかではない。なお，マイコクロームに関する研究の現状は，尾田 (1970)，Kumagai (1978) の総説に詳しい。

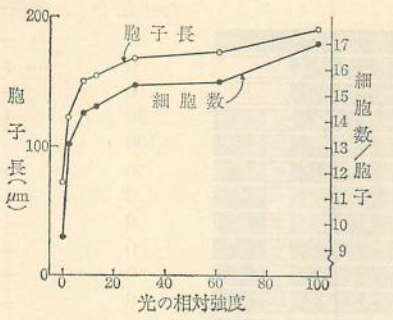
可逆的な光反応に関連して，Lukens (1965) は青色光による *Alternaria solani* の胞子形成の阻害が，その直後の赤色光によって回復する現象を観察し，高等植物にみられるファイトクロームが関与している可能性を示唆した。更に，*Botrytis cinerea* でも同様の現象が確認されており (Tan, 1974 b)，菌類にも高等植物と同一の光受容体があり，形態形成に関与している可能性を示すものとして注目される。

IV 温度と光の相互作用

菌類の胞子形成に及ぼす光の作用は，他の環境要因の



第7図　*Exserohilum rostratum* の生育と胞子形成に及ぼす光と温度の影響
野菜ジュース寒天（60 mm のシャーレ）に単胞子接種し，5日間（16°C は 7日間）培養した（Honda・Aragaki, 1978b）.



第8図　*Exserohilum rostratum* の胞子の形態に及ぼす光強度の影響
光の相対強度；0：暗黒，100：4,700 erg/cm²/sec（Honda・Aragaki, 1978b）.

影響を受けるが，特に温度との相互作用が顕著である。*Exserohilum rostratum* の生育と胞子形成は温度に強く影響される。第7図に示したように，24°C 以下では暗黒下で胞子を形成せず，胞子形成には光が必須であるが，28°C 以上では暗黒下でも胞子を形成する。逆に，34°C の高温下では，光によって胞子形成が阻害される（Honda ら，1978b）。

より一層顕著な温度依存の光反応は，連続照射光による胞子形成の阻害である。*A. tomato* では，24°C を境として，25°C では光によって胞子形成が完全に阻害されるのに対し，23°C では全く阻害されない（Aragaki, 1961）。このような現象は胞子形成が連続光によって阻害される菌類の多くで認められることである。光照射に対する生理反応が強い温度依存性を示すことは，光化学反応が温度依存性の暗反応と複雑に絡み合っていることを示すものである。

実用上の立場からは，高い温度で連続照射すると，光による胞子形成の阻害が起こる可能性があるので，温度を低くする（20～24°C）こと，また，温度が下げられないのであれば，明暗交互条件を設定することが胞子形成には望ましい。

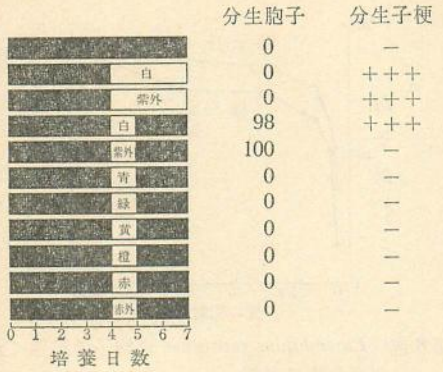
V　胞子の形態に及ぼす光の影響

光は菌の分類の基準となる胞子や遊走子のうなどの大きさや形に影響を与える。*Phytophthora palmivora* の遊走子のうは，光照射下で形成されると細くなる（Hendrix, 1967）。また，*Fusarium* 属菌（Snyder ら，1941）や *Exserohilum* 属菌の分生胞子は光によって長くなる傾向がある。*Exserohilum rostratum* の分生胞子は連続照射される光の強さに応じて長くなり，第8図に示したように，暗黒下で形成された胞子の倍以上の長さになる。光による胞子の伸長は細胞数の増加によるものである。胞子の伸長をもたらす光の有効波長域は，*E. rostratum* では胞子形成を促進する波長域と一致して，330 nm 以下の紫外域である（Honda ら，1978c）。更に，*Exserohilum* 属菌の重要な形態的特徴である分生胞子の突出したへその形成も光と温度の影響を受ける（Honda ら，1978c）。特にへその突出性を失いやすい *E. turcicum* では 24°C 以上，暗黒下で培養するとへそは突出しなくなるが，光照射するとこれが保持される。

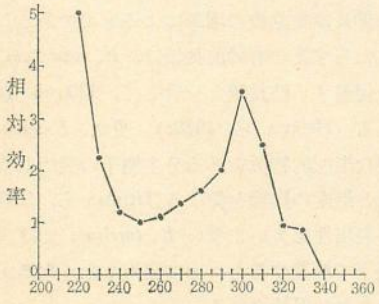
VI　イネごま葉枯病菌，*Bipolaris oryzae* の分生胞子形成

Bipolaris oryzae の培養型は多様であり，Tochinai ら（1937）が報告しているように，菌叢表面がビロード状で光沢があり，暗黒下でもよく胞子を形成する Strain No. 1 のような菌系から，菌叢が灰緑色，綿毛状で，暗黒下では胞子を形成しない Group V の菌系までである。しかし，罹病籾や病斑から分離される菌株の多くは，後者の菌系に類似しており，Strain No. 1 はほとんど分離されない。*B. oryzae* の胞子形成と光条件に関連して，西門（1928）は純粋培養の輪紋形成が変温及び明暗変化に対応していることを観察している。

Bipolaris oryzae の胞子形成は，第9図に示したように，白色光や紫外線の照射によって誘起されるが，これらの光も連続的に照射されると，分生胞子の形成過程は分生子梗の段階にとどまり，分生胞子は形成されない。分生胞子形成の誘起に有効な光の波長域は，紫外域に限定され，第10図に示したように，作用スペクトルも決定されている。作用の極大値は 298 nm にあり，250 nm を中心とした活性低下帯をはさんで，230 nm に向けて活性が増大するとともに，有効上限波長は 336 nm であ



第9図　*Bipolaris oryzae* の分生胞子形成誘起に有効な光質（本田，1969）



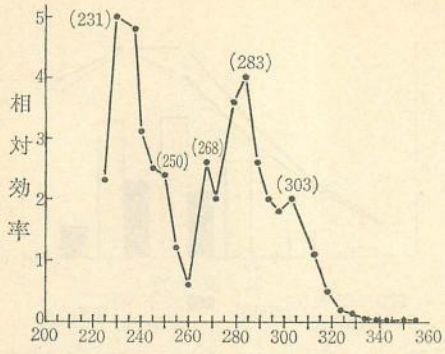
第10図　*Bipolaris oryzae* における光による胞子形成誘起の作用スペクトル（Yamamura ら，1977）.

る（Yamamura ら，1977）。これらの特徴から，*B. oryzae* は典型的な紫外線誘起型の菌であると言える。

VII　灰色かび病菌，*Botrytis cinerea* の分生胞子形成

Moreau（1913）は *B. cinerea* の胞子形成に及ぼす光質の影響を照射分光器を用いて解析し，胞子形成には紫～青色域の光が最も効果的であるとした。しかし，回折格子による照射分光器を用いて，最近決定された作用スペクトルは，第 11 図に示したように，231 nm と 283 nm にピークを持ち，有効上限波長が 355 nm であり，紫外線誘起型の作用スペクトルと一致した特徴を示すことが明らかになった（Honda ら，1978a）。黄色光，赤色光，赤外線などにも誘起効果があるとする報告（Tan ら，1973）もあるが，回折格子による単色光の長時間照射（8時間）では誘起効果を確認できなかった。

Botrytis cinerea でも，Leach(1965)，Trione ら (1966) の発見した310nmに吸収極大を持つ胞子形成誘起物質，P310 が光照射後の菌糸から抽出されているが，本菌ではこの抽出物を暗黒下で培養した菌叢に添加しても，安定した胞子形成誘起効果は認められていない。また，既に，光に対する反応性を失っている令の進んだ菌糸中にも多量の P310 が形成されることから，本菌における P310 の胞子形成誘起物質としての役割は否定的である（Tan ら，1974）。



第11図　*Botrytis cinerea* における光による胞子形成誘起の作用スペクトル（Honda・Yunoki, 1978）

Botrytis cinerea には *Bipolaris oryzae*, *Alternaria solani*, *A. tomato* などで認められたと同様の青色光による胞子形成の阻害現象がある（Tan，1974a）。青色光による胞子形成阻害が最も強く作用するのは，分生胞子形成過程の6段階（①形成直後の分生子梗，②成熟した分生子梗，③分生子梗の先端肥大，④小型歯状突起形成，⑤分生胞子形成開始，⑥分生胞子成熟）のうち，2～5 段階である。青色光を照射された分生子梗は脱分化して気中菌糸となる（Suzuki ら，1977）。また，青色光による阻害作用は直後の紫外線によって回復され，可逆的に何度も繰り返されることから，本菌の胞子形成にもマイコクロームが関与していると推定されている（Tan，1974c, 1975）。

Botrytis cinerea の胞子形成が 355 nm 以下の紫外線に依存している性質を利用して，ビニールハウスのトマトやキュウリに発生する灰色かび病を防除する試みがなされ，第3表に示したように，実用的にも使用に耐える程度の防除効果が得られた試験例もでている（Honda ら，1977）。

おわりに

菌類の胞子形成に及ぼす光の影響は多様であって，肝心の光受容体もまだ同定されていない現状にある。胞子形成の日周リズムの阻害や胞子のう柄の屈光反応などの青色光反応に関与するとみられるフラビン色素や，青色

第3表　一般農ビフィルム及び紫外線除去フィルムのハウスにおけるキュウリ及びトマトの灰色かび病の発生 (Honda et al., 1977)

野菜	罹病果実積算数[b]							
フィルム[a]	4/10	4/20	4/30	5/10	5/20	5/30	6/10	6/20
キュウリ								
一般農ビフィルム (A)	8	29	48	58	68	81	91	93
紫外線除去フィルム (B)	1	3	7	7	7	9	11	16
(B)/(A)%	13%	10%	15%	12%	10%	11%	12%	17%
トマト								
一般農ビフィルム (A)	3	6	10	18	26	37	52	70
紫外線除去フィルム (B)	0	0	1	2	2	5	5	5
(B)/(A)%	0%	0%	10%	11%	8%	14%	10%	7%

a) 一般農ビフィルム：ミツビシモンサント・クリーンエース，紫外線除去フィルム：日本カーバイド・ハイエス．

b) キュウリ 56 個体，トマト 52 個体中の罹病果数．

光と紫外線の間の可逆的な光反応に関与するマイコクロームのように，光受容体の究明が進展しつつあるものもあるが，紫外線誘起型に関与する光受容体のように，全く手が付けられていないものも残されている。青色光反応の光受容体の探索で行われたように，光反応に続く初期過程が分光学的な方法で，直接検出することができれば紫外線誘起型の光受容体の探索も進展するものと思われる。

光受容体の検索には，前提として作用スペクトルが決定されていなければならないが，光による阻害作用のように，一致した特徴を見いだすことが困難な現象もある。また，紫外線誘起型の反応を示す菌の中には，青色光による胞子形成の阻害を受けるものがあるが，同一菌株について，両方の作用スペクトルを決定し，相互関連性を検討した例もない。紫外線誘起型及び紫外線・青色光誘起型以外の反応型の可能性を含め，更に多くの作用スペクトルを決定して検討を進める必要がある。

1959 年以前の文献を収録した Marsh ら (1959) の文献集に掲載された菌の約半数が不完全菌で占められ，更に 30% を占める子のう菌を加えると，光の影響に関する研究の大半は子のう菌を対象にしているといえる。その後の解析的な研究も不完全菌と子のう菌を扱ったものが多く，担子菌類や藻菌類に関する研究は限られている。藻菌類の光に対する胞子形成反応は複雑で，*Phytophthora* 属菌に例をとると，*P. palmivora* や *P. capsici* は紫外線で遊走子のうの形成が促進されるが，*P. cinamomi* や *P. megasperma* var. *sojae* では逆に抑制される (Ribeiro ら, 1976)。一方，卵胞子は赤外線で形成が促進されるというように，光に対する反応が錯綜しており，今後，より広範な藻菌類を対象とした観察が必要とされている。

胞子形成の光依存性の遺伝解析については，*Mycosphaerella caricae* で行われた例を挙げたが，雌雄同株のため，交配で形成された子のうの数が少なく，確かな結論を得るには至っていない。

Drechsler (1923) は禾本科草種から分離される，*Helminthosporium* 属菌を同定し，新しく幾つかの種を記載したが，*Helminthosporium* (=*Exserohilum*) *rostratum* と *H. halodes* は別種として記載した。しかし，両種の最も大きな差である胞子の長さと細胞数は，既に述べたように，光条件により種の範囲を超えて極端に変動することが明らかになり，両種は同種異名とされるようになった (Leonard, 1976)。したがって，菌の分類，同定を行うために胞子を形成させる場合は，例えば，昼光色螢光燈とブラックライトランプ，各1燈で，50 cm 上方から1日 12 時間ずつ照射するというように，光条件を標準化しておくことが望ましいと思われる。

引用文献

Aragaki, M. (1961) : Phytopathology 51 : 803～805.
——— (1962) : ibid. 52 : 1227～1228.
Carlile, M. J. (1970) : In Photobiology of Microorganisms. Edited by P. Halldal. John Wiley and Sons Ltd., London.
Cruickshank, I. A. M. (1963) : Australian J. Biol. Sci. 1 : 88～98.
Curtis, C. R. (1972) : Plant Physiol. 49 : 235～239.
Drechsler, C. (1923) : J. Agric. Res. 24 : 641～740.
Durand, R. (1976) : Mycopathologia 60 : 3～16.
Furuya, M. (1977) : Recent Progress of Natural Sciences in Japan 2 : 45～68.
Gressel, J. B. and K. M. Hartmann (1968) : Planta 79 : 271～274.
Hendrix, J. W. (1967) : Mycologia 59 : 1107～1111.
本田雄一 (1969) : 東北大農研報 21 : 63～132.
Honda, Y. et al. (1968) : Plant and Cell Physiol. 9 : 603～607.

——— et al. (1977) : Plant Dis. Reptr. 61 : 1041～1044.
——— and T. YUNOKI (1978 a) : Plant Physiol. 61 : 711～713.
——— and M. ARAGAKI (1978 b) : Mycologia 70 : 343～354.
——— (1978 c) : ibid. 70 : 547～555.
——— (1978 d) : ibid. 70 : 605～613.
——— (1978 e) : Trans. mycol. Soc. Japan 19 : 23～31.
INOUE, Y. and M. FURUYA (1975) : Plant Physiol. 55 : 1098～1101.
JAGGER, J. (1967) : Introduction to research in ultraviolet photobiology. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J.
KITAMOTO, Y. et al. (1974) : Planta 119 : 81～84.
KUMAGAI, T. (1978) : Photochemistry and Photobiology 27 : 371～379.
熊谷 忠・尾田義治 (1968) : 尾田義治 (1970) : 自然 290 : 56～64. から引用.
KUMAGAI, T. and Y. ODA (1973) : Plant and Cell Physiol. 14 : 1107～1112.
——— et al. (1976) : Biochimica et Biophysica Acta 421 : 133～140.
LEACH, C. M. (1962) : Can. J. Bot. 40 : 151～161.
——— (1965) : ibid. 43 : 185～200.
——— (1967) : Proc. Int. Seed Test Ass. 32 : 565～589.
——— (1968) : Mycologia 60 : 532～546.
——— (1971) : In Methods in microbiology, Vol. 4. Edited by C. BOOTH. Academic press, London.
——— (1972) : Mycologia 64 : 475～490.
———and E. J. TRIONE (1965) : Plant Physiol. 40 : 808～812.
——— (1966) : Photochemistry and Photobiology 5 : 621～630.
LEONARD, K. J. (1976) : Mycologia 68 : 402～411.
LILLY, V. G. and H. L. BARNETT (1951) : Physiology of fungi. McGraw-Hill, Inc., New York.
LUKENS, R. J. (1963) : Am. J. Bot. 50 : 720～724.
——— (1965) : Phytopathology 55 : 1032.
MARSH, P. B. et al. (1959) : Plant Dis. Reptr. Supp. No. 261.
MOREAU, F. (1913) : Bulletin Societé Botanique de France 60 : 80～82.
MUÑOZ, V. and W. L. BUTLER (1975) : Plant Physiol. 55 : 421～426.
西門義一 (1928) : 大原農研特別報告 第4号.
尾田義治 (1970) : 自然 290 : 56～64.
PERKINS, J. H. and S. A. GORDON (1969) : Plant Physiol. 44 : 1712～1716.
RAKOCZY, L. (1965) : Acta Soc. Bot. Pol. 34 : 97～112.
RIBEIRO, O. K. et al. (1976) : Mycologia 68 : 1162～1173.
SNYDER, W. C. and H. N. HANSEN (1941) : Mycologia 33 : 580～591.
SPROSTON, T. (1971) : Photochemistry and Photobiology 14 : 571～576.
SUZUKI, Y. et al. (1977) : J. Gen. Microbiol. 98 : 199～204.
TAN, K. K. (1974 a) : ibid. 82 : 191～200.
——— (1974 b) : ibid. 82 : 201～202.
——— (1974 c) : Trans. Brit. mycol. Soc. 63 : 203～205.
——— (1975) : ibid. 64 : 215～222.
——— (1978) : In The filamentous fungi, Vol. 3. Edited by J. E. SMITH and D. R. BERRY. Edward Arnold (Pub.) Ltd., London.
——— and H. A. S. EPTON (1973) : Trans. Brit. mycol. Soc. 61 : 145～157.
——— (1974) : ibid. 63 : 157～167.
TOCHINAI, Y. and M. SAKAMOTO (1937) : J. Facult. Agric. Hokkaido Imperial Univ. 41 : 1～96.
TRIONE, E. J. et al. (1966) : Nature 212 : 163～164.
YAMAMURA, S. et al. (1977) : Plant and Cell Physiol. 18 : 1163～1166.

本会発行図書

農 薬 用 語 辞 典

農薬用語辞典編集委員会 編

B 6 判 100 ページ **1,200 円 送料 120 円**

農薬関係用語 575 用語をよみ方，用語，英訳，解説，慣用語の順に収録。他に英語索引，農薬の製剤形態及び使用形態，固形剤の粒度，液剤散布の種類，人畜毒性の分類，魚毒性の分類，農薬の残留基準の設定方法，農薬希釈液中の有効成分濃度表，主な常用単位換算表，濃度単位記号，我が国で使用されている農薬成分の一覧表，農薬関係機関・団体などの名称の英名を付録とした必携書。講習会のテキスト，海外出張者の手引に好適。

お申込みは前金（現金・振替・小為替）で本会へ

いもち病菌の胞子形成
——特に基質に依存する胞子形成——

農林水産省農業技術研究所　伊藤征男・山口富夫

はじめに

植物病原菌の胞子は，その増殖，伝搬及び分化の器官として重要であり，形態及び生態研究には多くの努力が払われてきたが，胞子形成機構に関する生理生化学的研究は最近その緒についたばかりである。いもち病菌の分生胞子は通常培地上では形成が悪いために，実験上必要な多量の胞子を得るための方法が種々検討された。また，疫学的見地から，伝染源としての生体上における胞子形成の諸要因が解析され，特に光との関係については近年その詳細が明らかになった。しかし，胞子形成の制御機構について物質レベルでの研究はほとんど行われていない。筆者らはいもち病病斑の胞子形成能の品種間差を明らかにしたが[20]，その過程でイネ葉内に胞子形成を促進する物質があることが推定され，現在実験を進めている。本稿では筆者らの実験結果を中心に，いもち病菌の胞子形成に関与する生理生態的要因について概説したい。

I　培地における胞子形成

培地上におけるいもち病菌の胞子の多量形成方法については，従来から種々の方法が考案されてきている。オオムギ，あるいはソルガム穀粒培地[4,21]，その他種々の天然物を培地として用いる方法[13,17]，前培養した菌叢を異なった組成の培地に移す方法[19]，光照射と通気に着目した方法[23]，などがあるが，現在は古田・関口（1967）の考案したオートミール培地で培養し，菌叢表面を水洗した後 BLB（近紫外光）ランプ下で培養する方法が，熟度のそろった胞子が多量に形成されるところから広く用いられているようである。詳細は本誌 21 巻[1]を参照されたい。

II　病斑上における胞子形成

病斑上では適当な温湿度条件になると多量の胞子が形成される。病斑上における胞子形成については，加藤ら[10]が「イネ葉身上での増殖過程と葉いもち病病斑の伝染源としての意義」に関する疫学的研究の中で，病斑の伸びと併せて胞子形成を詳細に検討している。分生胞子形成量の反応曲線は低温域でなだらかに増加し，適温に近づくにつれて急増し，それを過ぎると急減する。18～20°C，30°C では 28°C（適温）の場合の 1/2 量，14～16°C，32°C では 1/4 量であったとしている。また，病斑上での分生胞子形成量が時間とともにどのように変化するかを調べている。病斑を 12，16，20 及び 28°C の湿室に置いた場合，8 時間目になるとそれぞれの温度条件で差が認められ，12，16°C では 12 時間，20，28°C では 15 時間で一定になる。最近，筆者らはいもち病に対するほ場抵抗性の解析を行い，病斑上における胞子形成能の品種間差を明らかにした[20]。湿度条件については RH 90% 以上[12]，あるいは RH 89% 以上[3]で起こるとされている。

III　胞子形成と光との関係

糸状菌の胞子形成と光とが密接な関係を持つことは広く認められているところである[16]。いもち病菌の胞子形成は近紫外光により誘導される[18]。生井ら[14,15,22]は，いもち病菌の胞子形成と光との関係について詳細な研究を行った。胞子形成は近紫外光（290～410 nm）の BLB 光照射により良好になり，20 ergs/cm²/sec 以下の低エネルギーの光により形成が誘導されること，連続照射下における胞子形成が最も良好であり，多くの菌類の分生子柄分化後の胞子形成が光（特に青色光）により阻害される現象とは異なり，光阻害系は存在しないこと，分生子柄形成期が光に依存し，光照射下では分生胞子を形成するが暗黒下では気中菌糸を形成すること，菌株による胞子形成能の違いは Conidial mother hyphae の発達の違いであること，などが明らかにされ，いもち病菌の胞子形成における光制御系が解明されつつある。

IV　基質に依存する胞子形成

いもち病菌は前項IIIでも述べたように，近紫外光の照射により胞子形成が著しく促進される。しかし，本菌の胞子形成は光にのみ依存しているのであろうか。病斑を適当な温湿度条件に保てば暗黒条件下でも多量の胞子が形成される。しかし，病斑は胞子形成前は光の照射下におかれており，その時の光が効いているとの考え方もある。筆者らは最近，胞子形成の制御機構についての実験を始めており，本菌の胞子形成が光に依存しなくてもあ

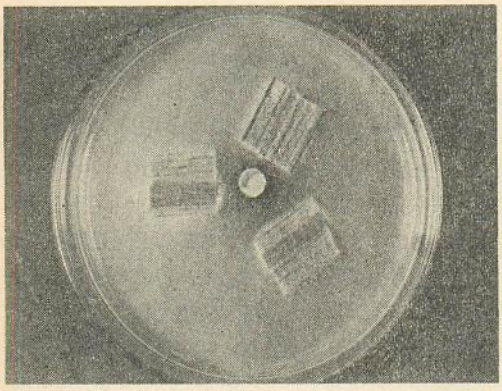
る植物体上で盛んであることを見いだし，更に胞子形成を促進あるいは誘導する物質について2，3の知見を得ている。本項では胞子形成の基質依存について述べる。

1 イネ葉片上における胞子形成

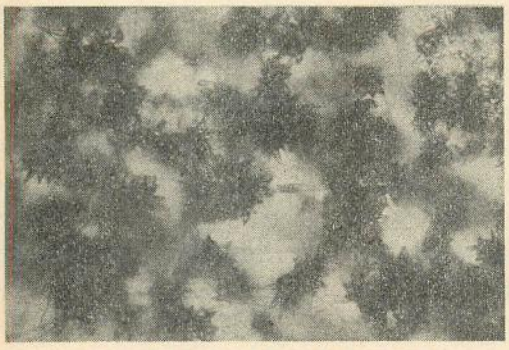
いもち病菌のイネ体上における胞子形成は，菌が病斑を形成し，その病斑上で行われる。この胞子形成は，①イネ葉が生きていることが必要なのか，②転流する物質に依存するのか，③体内成分に依存しているのか，あるいは，④光に依存しているかどうか検討した。

イネ葉（止葉）を適当な長さ（1～2 cm）に切り，オートクレーブ処理した。シャーレに流し，固化させた寒天上に並べ，その中心にいもち病菌を接種し，暗黒条件下で培養した。10日後に葉片を取り，ツウィン20の5,000倍液に入れ，激しく振とうして懸濁液を作り，胞子数を測定した。

いもち病菌は素寒天上ではほとんど生育しなかったが，周囲にイネ葉片があると生育し（恐らく水溶性の物質が素寒天中に滲出したと考えられる），イネ葉片上では盛んな生育をした（第1図）。イネ葉片上では多量の胞子が形成され（第2図），形成量は $52.9\times10^4/cm^2$ であり，病斑上[8]におけるより著しく多かった。胞子はイネ葉片上でのみ形成され，葉片周辺の素寒天上ではほとんど形成されなかった。このことはイネ葉片がいもち病菌の胞子形成に好適な培地であり，暗黒条件でも多量の胞子を形成するところから，本菌には基質に依存する胞子形成の代謝系があることを示している。しかも，オートクレーブ処理したイネ葉片で多量に形成することから依存する基質は比較的熱安定と考えている。イネの幼苗を用いて葉位別の胞子形成量をみた実験では n-2>n-1>n>n-3 葉の順であった。



第1図　イネ葉片におけるいもち病菌の生育
（培養 10 日目，25°C）



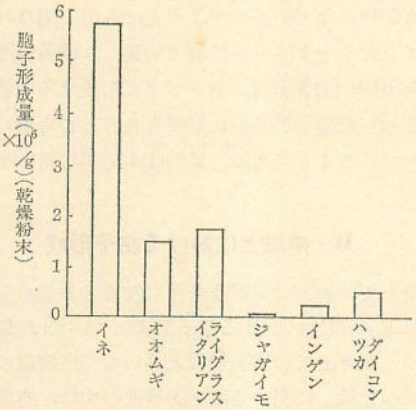
第2図　イネ葉片上における胞子形成
（培養 10 日目，25°C）

2 植物組織粉末培地における胞子形成

種々の植物組織を用いていもち病菌の胞子形成量を比較し，本菌の胞子形成が基質としてイネ体のみに依存しているのか否かを検討した。

イネ，オオムギ，イタリアンライグラス，インゲン及びハツカダイコンの葉を用い，その乾燥粉末1gを5 ml の蒸留水とともに 30 ml 容三角フラスコに入れ，オートクレーブしたのち，本菌を培養し，胞子形成量を比較した（28°C，10 日間培養）。

その結果は第3図に示すように，ジャガイモではほとんど形成されなかったが，それ以外では形成され，形成量はそれぞれ異なっていた。イネで形成量が最も多く，次いでいもち病菌の宿主とされているイタリアンライグラス，オオムギであり，インゲン，ハツカダイコンでは比較的少なかった。イネ以外の植物は，たとえ非宿主であっても胞子形成の基質となり得たが，形成量はイネに比べて著しく少なく，本菌の胞子形成はイネに含まれる物質により強く依存していると考えられる。このような現象は菌株間で異なる可能性もあり，今後，多くの菌株



第3図　各種植物葉粉末培地における胞子形成
（10 日間培養，25°C）

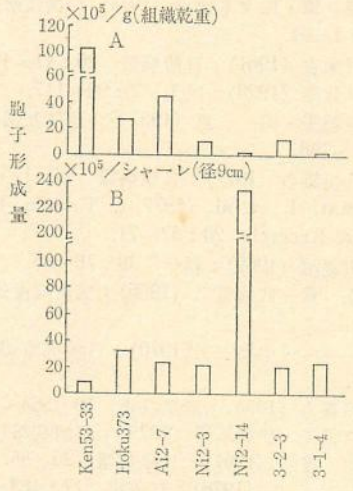
を用いてこのような関係があるか否か検討しなければならない。

3 いもち病菌の胞子形成における基質依存の菌株間の違い

イネ葉片上及びイネ葉組織粉末培地における良好な胞子形成が，いもち病菌一般に言えるであろうか。いもち病菌の胞子形成は光により誘導され，光に依存していることも事実である。胞子形成の基質依存と光依存との関係を明らかにするため種々の菌株を用いて検討した。

いもち病菌7菌株を用い，前項2と同様の方法でイネ葉組織粉末培地を用い培養した(暗黒条件)。同様の菌株によりオートミール培地で前培養後，殺菌水で菌叢表面を洗い，筆で気中菌糸を除去し，BLB ランプ下に48時間シャーレのふたを開いたまま置いた(光照射条件)。これらの2方法により形成された胞子量を菌株間で比較した（第4図)。

用いた菌株はいずれも両者の条件で胞子を形成したが，それぞれの菌株間で胞子形成量にかなりの違いがあった。すなわち基質に強く依存する菌株と光に強く依存する菌株が認められた。いもち病菌の胞子形成は基本的には基質に依存する系に光に依存する系が付随していると推定される。なぜなら胞子形成は単に胞子への分化だけでは説明されない。菌糸生育とその結果としての分生胞子形成能の獲得が重要な意味を持っている。種々の培地で培養し，近紫外光を照射して形成される胞子量が明



第4図　いもち病菌の胞子形成における基質依存（A）と光依存（B）の菌株間の違い(10日間培養，25°C)
A：イネ葉組織粉末培地（暗黒条件）
B：オートミール培地前培養後近紫外光（BLB）照射

らかに異なることは照射前の培養条件が影響することを示している。また，オートクレーブしたイネ葉片を素寒天に置床し，菌を培養すると10日間の培養で形成される胞子数は近紫外光の連続照射下では $76.02\times10^4/cm^2$ となり暗黒下における $41.87\times10^4/cm^2$ [6] と比較して多いが2倍量弱にすぎなかった。しかしながら光により誘導される胞子形成は短時間に起こる。最近，本田らは近紫外光を除去するビニール被覆下でいもち病の発生が少ないのは，罹病苗を持ち込んでも病斑上の胞子形成が近紫外光を除去することにより抑えられ，次の伝染源としての胞子形成量が少ないためとし[5]，病斑上の胞子形成は光に依存しているとしている。これらの点からもいもち病菌の胞子形成における基質依存と光依存との関係は興味ある問題である。最近，菌類の胞子形成に対する光生理学的立場からの研究がなされてきている。玄ら[2]は *Alternaria tomato* を用い光誘導効果に代替しうる胞子形成誘導因子と形成阻害因子を単離し，胞子形成の光制御系を物質代謝として捕らえようとしている。

4 いもち病菌の胞子形成促進物質

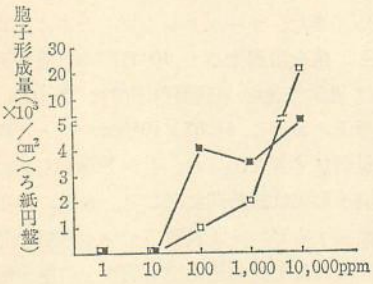
いもち病菌の胞子形成の制御機構の解明は，形成促進物質により，その手掛かりを得ることができる。本菌の胞子形成促進物質については河村[11]が稲わら，籾がら，白米中に存在し，熱安定で，灰化すると活性がなくなることを指摘している。しかしながらその後の研究はなく，本菌の胞子形成は光との関係が注目されてきた。前述したように本菌はオートクレーブしたイネ葉片上で多量の胞子を形成し，イネ葉片中には胞子形成促進物質が含まれているか，あるいは胞子形成に好適な物質組成になっていると考えられた。そこでイネ体組織から胞子形成を促進する物質の探索を試みた。物質の探索において最も重要なことは検定法の開発である。実験の遅速，あるいは成否は検定法にかかっていると言っても過言ではない。筆者らは胞子形成促進物質の探索で行われてきた種々の検定法を本菌について検討してきたが現在は次の2方法を併用して検定している[6]。

① 2% グルコース加用ジャガイモ煎汁培地で培養した菌体のホモジネートをろ紙に張り付け，検定試料を滴下し，湿室としたシャーレ内に保持する方法。

② 0.1% 酵母エキス＋1.5% 寒天培地で菌を培養し，菌叢先端に殺菌したろ紙円盤を置き，検定試料を滴下して更に培養する方法。

②については，種々の培地組成を検討した結果，本処方が検定に際し良好な結果を得ている。

イネ体の乾燥組織粉末を用い，まず各種溶媒による抽出を試みた。胞子形成に対して促進効果の認められたの



第5図　熱水抽出物(□)，エタノール抽出物(■)による胞子形成促進作用
(10 日間培養，25°C)

は水，熱水，エタノール及びメタノール抽出区であり，エーテル，ヘキサン，アセトン，酢酸エチル及びクロロフォルムでは抽出されなかった。次に溶媒系を組み合わせて部分精製を行った。イネ体組織粉末をアセトンに浸漬する。アセトン可溶部をろ別し，エタノールに浸漬する（これらの処理は各1週間）。エタノール可溶部をろ別した後，熱水抽出（オートクレーブ40分処理）した。エタノール可溶部，熱水可溶部を添加することにより，それぞれ 100 μg/ml，1,000 μg/ml 以上で胞子形成が促進された(第5図)。このことから少なくとも2種類の物質が想定されるが現段階では確証を得ていない。熱水可溶部についてイオン交換樹脂処理を行うと活性物質は陽イオン交換樹脂 (IR 120) に吸着されず，陰イオン交換樹脂(IRA 400) に吸着された。したがって，本物質は酸性物質としての性質を有していると考えられる。現在までのところ胞子形成促進物質の単離には成功していない。Kato ら[9]は病斑上における胞子形成が病斑内で起こるフェノール代謝に関連があるものと考え，分生子柄，分生胞子形成にクロロゲン酸，コーヒー酸，カテコールが促進的に作用することを明らかにしているが，筆者らがイネ体より探索している胞子形成促進物質との異同については明らかでない。また，玄ら[2]が *Alternaria tomato* の胞子形成促進物質として単離したリノール酸，リノレイン酸はいもち病菌の胞子形成を促進しなかった。

おわりに

いもち病菌の胞子形成は，これまで述べてきたように基質に依存する代謝系と光に依存する代謝系がある。しかしながらいずれが胞子形成における主たる系かは必ずしも明らかでない。胞子形成はいわゆる形態形成であり，栄養菌糸から胞子形成への代謝転換における物質の合成系があるはずである。したがって，胞子形成の制御機構の解明には種々の積み重ねられた現象の解析が重要なことは言うまでもないが，それには胞子形成を誘導する物質の探索が有効な手段と考える。最近，筆者らは近紫外光を照射した胞子形成の盛んな菌体中に，暗黒条件下で培養した胞子形成の全くない菌体中には存在しない，胞子形成を誘導する物質の存在を認めている[7]。このような近紫外光照射により生成する物質とイネ体に含まれる物質の異同，あるいは関係についてなんら知見を得ていないが，最終的には胞子形成への分化に相互に関連した物質である可能性が強い。今後，これらの関係とも併せて胞子形成の制御機構について検討していきたい。

引用文献

1) 古田　力・関口義兼 (1967)：植物防疫 21：160～162.
2) 玄　丞培 (1977)：化学　32：554～561.
3) 逸見武雄・井村純三 (1933)：日植病報 9：147～156.
4) Henry, B. W. and A. L. Anderson (1948)：Phytopathology　38：265～278.
5) 本田雄一・袖木利文 (1979)：昭和54年度日植病大会講演予稿集.
6) 伊藤征男・山口富夫 (1979)：日植病報(投稿中).
7) ――――・――――：(未発表).
8) 岩野正敬 (1977)：日植病報　43：313.
9) Kato, H. and A. E. Dimond (1966)：Phytopathology　56：864～865.
10) 加藤　肇・佐々木次雄 (1974)：農技研報告　C 28：1～61.
11) 河村栄吉 (1961)：日植病報　26：41～42.
12) 栗林数衛 (1928)：同上　2：99～117.
13) 見里朝正・原　薫 (1957)：農業及園芸　32：797～798.
14) 生井恒雄ら (1977)：日植病報　43：175～182.
15) Namai, I. et al. (1977)：Tohoku Jurnal of Agr. Recerch　28：57～71.
16) 尾田義治 (1969)：科学　39：78～85.
17) 大森　薫・武藤哲二 (1966)：関東病虫研報 13：21.
18) ――――・中島三夫(1970)：日植病報 36：319～324.
19) 高橋喜夫 (1955)：農業技術　10：563～565.
20) 山口富夫・伊藤征男 (1979)：日植病報(投稿中).
21) 山中　達ら (1961)：日植病報　26：56.
22) ――――ら (1976)：日菌報　17：483～491.
23) 吉村彰治・鈴木幸雄 (1960)：北陸病虫研報　8：65～68.

ダイズ紫斑病菌の培地での胞子形成法

農林水産省東北農業試験場　鈴木穂積・藤田佳克

ダイズ紫斑病はダイズ粒の品質を低下させるばかりでなく，発芽障害や茎葉への発病を起こし，罹病粒の播種は収量の低下も起こすので，ダイズ栽培にとって重要な病害となっている。ダイズは転換作物として再び脚光を浴び，栽培面積の増加が見込まれているが，水田転換畑など高湿度条件では本病が多発しやすいので，早急に防除法を確立することが要請されている。その中でも，紫斑病抵抗性品種の育成やそのための研究が特に要望されている。本病に対する品種の抵抗性検定は多発条件下で自然感染によって行われているが，本病の発生は気象条件の影響を受けやすく，安定した多発条件を作り出すことが難しい。そこで人為接種による方法が考えられているが，本病菌は接種源となる胞子を人工培地に形成しにくく，接種試験は主として菌糸片の懸濁液や菌糸塊の付着などの方法によって行われているのが現状である。しかし，この方法では多量の接種源を要する品種試験などには不便である。

本病菌の培地上での胞子形成に関する研究は培地の組成，量，水素イオン濃度，温度，光などで行われている[4,5,6,7,8]。しかし，これらの条件では形成しないか，わずかしか形成しない。倉田[5]は採集地やダイズからの分離部位を異にする系統を得て，PDA 培地で胞子形成度を調査し，いずれの系統も胞子形成が良好でないと報告している。しかし，氏の試験結果をみると培地を purplish black あるいは dull purple に着色させる系統の中には比較的よく胞子形成をしていると思われるものがみられる。一方，Jones[3]は菌株によって培地で胞子形成するもののあることを報告している。そこで筆者らは胞子形成菌株を探索する一方，菌類の多くが胞子形成に光が必要であることに着目して，この両面から胞子形成方法について試験を行い，多量に形成する方法を確立した[1]。この方法は抵抗性品種の育成のための検定，あるいは生態研究の場で利用できると考えられたので，ここに報告する。

I　胞子多量形成法

バレイショ煎汁寒天培地（PDA）やツァペック氏合成寒天培地に菌糸片を移植したのみでは，気中菌糸のみが伸長し，胞子はほとんど形成されない。そこで培地の種類と光照射・通気との組み合わせによって胞子を形成することがないものか，試験した。

供試培地は PDA，オートミル寒天培地，ダイズ粒煎汁寒天培地の3種で，常法によって作成した。供試菌株は紫斑病ダイズ粒及び茎葉病斑上から単胞子分離で得たものである。これらを 28°C，15日間上記各培地に培養後，気中菌糸を洗い落とし，シャーレのふたはとって食品包装用透明フィルムを軽くかけ，28°C の暗黒下もしくは 24°C の照明下に置いた。照明は 20 W 白色螢光燈を用い高さ 35 cm のところから行った。胞子形成数の測定に当たっては菌そう面を 7 mm×1.6 mm 角に切り胞子形成面を素寒天面に付着させ，付着した全胞子数を数えた。

オートミル寒天培地では，暗黒下でも照明下でも胞子形成はほとんど認められず，気中菌糸のみが盛んに生育した。しかし，PDA やダイズ粒煎汁寒天培地では照明後暗黒におくことにより多数の胞子が形成された。また，供試菌株間ではダイズ粒，茎葉といった分離部位とは無関係に，菌そうが紫黒色を呈する菌株のすべてに多量の胞子形成が認められた。そこで紫黒色菌そう菌株を供試して胞子形成に及ぼす明暗の影響について調査した。結果は第1表に示すとおりである。連続照明下では3日後から胞子形成が始まり，4日後に急激に増加し，以後の増加は少なかった。連続暗黒下では 10 日後にわずかに形成を認めたが，以後の増加はなかった。1日照明後暗黒処理では2日後からわずかに形成が認められ，その後徐々に増加した。3日間以上照明後暗黒処理では，暗黒処理1日目で多量の形成がみられたが，以後徐々に減少した。2日間以内の照明後暗黒処理では，暗黒日数が長くなるほど形成数が増加する傾向であった。気中菌

第1表　ダイズ紫斑病菌の胞子形成に及ぼす明暗の影響

実験開始後日数（日）	胞子形成数（個）*					
	連続暗黒	1日照明後暗黒	2日照明後暗黒	3日照明後暗黒	5日照明後暗黒	連続照明
2	0	20	0			0
3	0	0	90	2		2
4	0	110	70	780		320
5	0	8	210	780	180	180
6	0	290	230	610	1020	360
10	7	—	—	380	650	450

注　* 菌そう 7 mm×1.6 mm 内の胞子数

第2表　温度と胞子形成

温　度 (°C)	胞子形成数* (個)
12	0.1
15	0.7
19	80.3
23	123.6
27	151.9
30	116.4
35	16.8
40	0

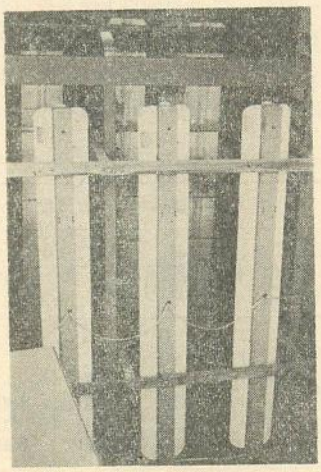
注　* 調査面積は第1表に同じ.

糸を洗い落とさず同じ明暗処理を行うと，上記と同様な胞子形成の傾向が認められたが，形成場所は散在した。

次に，一度胞子形成した培地の表面を水洗し，形成胞子を洗い落とし，12, 15, 19, 23, 27, 30, 35, 40°Cの8温度に24時間おき，胞子形成と温度との関係を調査した。結果は第2表に示すとおりである。胞子形成は15°C以下と35°C以上では極めて不良であり，23～30°Cで多量に形成し，最適形成温度は27°C付近であった。

以上の結果，ダイズ紫斑病菌の胞子形成は温度23～30°Cの条件下で光照射によって著しく促進されるが，光照射は分生枝梗形成に作用し，胞子形成はむしろ暗黒下で促進されるように考えられた。

このように，胞子形成には照明後の暗黒処理がよいが，一度形成した菌そうは胞子を洗い落としても，そのまま放置すると再び多量の胞子を形成する。そして培地が消耗しつくされるまで何回も繰り返し形成する。シャーレ10枚に形成した胞子により顕微鏡10×15倍1視野当たり約15個の胞子懸濁液を約500 ml作ることができる。この懸濁液量でポット栽培の着莢期のダイズ100本に十分噴霧接種し，発病させることができる。もし，多量の胞子が必要なときには第1図に示したような胞子形成用照明棚を作り，ここに菌培養シャーレを並べ形成させるとよい。これはイネ稚苗機械移植用電熱育苗器で，両側面から4本ずつ計8本の40 W 螢光燈を取り付けたものである。ここで胞子形成したシャーレを放置しておくと，胞子は培地とともに乾燥する。これをデシケータに入れ，約5°Cの冷蔵庫で貯蔵すると数か月以上発芽率，病原力とも低下せずに保存ができる。このことは胞子形成作業の労力配分や，常時接種源が用意されているので種々の研究場面で非常に便利である。

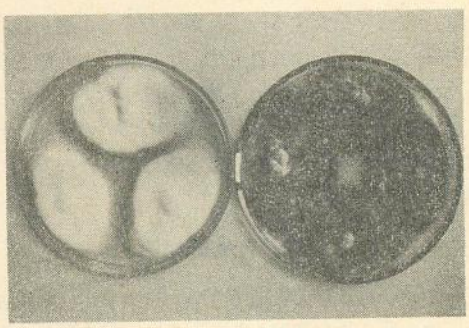


第1図　胞子多量形成用照明棚

II　胞子形成菌株の胞子形成能力の消滅

ダイズ粒に形成した胞子を単胞子分離すると，そのときはすべて紫黒色菌そうを持つ菌株（第2図）が生じる。この紫黒色菌そう株は胞子を多量に形成した。しかし，継代培養を繰り返すことにより白色菌そうを生じ，これは胞子を形成しない。紫黒色菌そうの白色菌そうへの変異について，ダイズ粒及びPDA培地に単胞子分離菌を移植し，そこに形成した胞子の単胞子分離を繰り返す方法と，菌糸片を継代培養する方法とで検討した。

紫黒色菌そう株を菌糸片で継代培養した場合，単胞子分離次代以後の紫黒色菌そう株の分離率はしだいに低下した。白色菌そう株と紫黒色菌そう株及び白・紫黒色混在菌そう株からそれぞれの菌糸片を移植したときの，それぞれの菌そう株の分離率を調べた結果は第3表に示すとおりである。白色菌そう株から菌糸片を移植した場合は白色菌そう株のみを生じる。白・紫黒色混在菌そう株の白色菌そう部の菌糸片を移植すると白色菌そう株のみが生じる。白・紫黒色混在菌そう株の紫黒色菌そう部の菌糸片及び紫黒色菌そう株の菌糸片を移植すると，両者ともほぼ同率に紫黒色菌そう株を最も多く，次いで紫黒色菌そう部の混在率の高い白・紫黒色混在菌そう株，白色菌そう株，各種の割合を持つ白・紫黒色混在菌そう株



第2図　ダイズ紫斑病菌の2種類の菌そう
右：紫黒色菌そう（胞子形成）
左：白色菌そう（胞子無形成）

第3表　紫黒色，白色，白・紫黒色混在菌そう株から移植したとき伸長する菌そうの色調

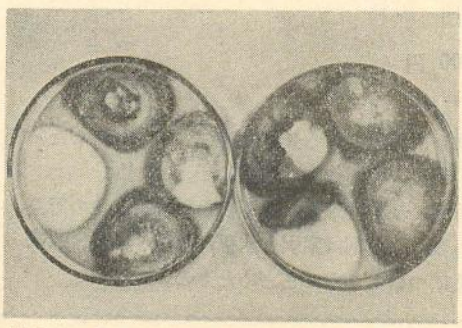
移植菌そうの色	移植後伸長した菌そうの色調別分離率					
	全面白色菌そう	20% 紫黒色部を含む菌そう	40% 紫黒色部を含む菌そう	60% 紫黒色部を含む菌そう	80% 紫黒色部を含む菌そう	全面紫黒色菌そう
全面白色菌そう	100%	0%	0%	0%	0%	0%
白・紫黒色混在菌そう 白色部	100	0	0	0	0	0
白・紫黒色混在菌そう 紫黒色部	12	1	11	11	17	49
全面紫黒色菌そう	10	6	4	13	23	44

第4表　紫黒色菌そう株からのみ菌糸片を継代移植した場合の紫黒色，白色，白・紫黒色混在菌そう株の分離率

移植回数	全面白色菌そう	20% 紫黒色部を含む菌そう	40% 紫黒色部を含む菌そう	60% 紫黒色部を含む菌そう	80% 紫黒色部を含む菌そう	全面紫黒色菌そう
1	6%	6%	7%	11%	11%	58%
2	10	6	4	13	23	44
3	11	16	3	3	15	52
4	1	3	3	2	13	79
5	1	1	2	3	20	74
6	0	1	1	3	11	84

を生じる。次に紫黒色菌そう株の菌糸片のみを継代培養したときの紫黒色菌そう株，白色菌そう株，白・紫黒色混在菌そう株の出現率について調査した結果は第4表に示すとおりである。紫黒色菌そう株からの移植を続けると，紫黒色菌そう株の出現率がしだいに高くなる。

白色菌そうの出現は第3図に示すように，菌糸片移植点からくさび状に出現する場合と，菌そうの任意部分から生じる場合などがある。どちらの出現の仕方をしても白色菌そうは胞子を形成しない。このように菌そうの胞子形成能と色調とは密接な関係にあり，互いに連鎖していると考えられる。GOODE ら[2]によるとスイカの *Cercospora citrullina* は培地で胞子を形成しない。しかし，多数の分離株の中から形成する菌株を見付け，これが培地上で胞子形成能を消失するのは菌の heterokaryosis で説明できるとしている。ダイズ紫斑病菌の場合も菌そうの色の性質は heterokaryosis で説明でき，培地上では白色菌そうの性質が強く現れ，寄生上では紫黒色菌そうの性質が強く現れると考えられる。これからして紫黒色菌そうを作る性質が homokaryon の菌糸片あるいは胞子を探し出し移植すれば安定した紫黒色菌そう株が得られる。



第3図　紫黒色菌そうからの白色菌そうの出現

III　培地形成胞子の病原力

培地に形成された胞子をダイズに接種すると，約 26°C で接種7日後に茎と莢に発病が認められた。葉の発病は7日後では少なかったが，30 日後には多くなった。また，30 日後にはダイズ粒にも発病が認められ紫斑粒となった。そこで罹病性品種ライデンを供試し，発病条件について調査した。ダイズをポット栽培し，莢については落花期から開花 20 日後のものを，葉については第一複葉展開期の単葉を調査対象とした。接種胞子濃度は顕微鏡 10×15 倍1視野当たり約 15 個とした。これを噴霧接種し，接種後 26°C の湿室に 12, 24, 36, 48, 60, 72 時間おいた後，そのまま温室においた放置区と温室で細霧を吹きかけた細霧区を作った。温室の温度は約25°C であった。発病調査は接種 10 日後に，葉は病斑面積率，莢は発病莢率で行った。得られた結果は第5表に示すとおりである。葉の発病は放置区，細霧区とも接種時間 12 時間から認められた。両区とも明瞭ではないが接種時間の長くなるほど病斑面積率が高くなる傾向がある。発病莢率は放置区では接種時間 48 時間から，細霧区では 12 時間から認められ，接種時間の長いほど発病莢率が高く

第5表　細霧噴霧区と放置区との接種 10 日後における発病状態

接種箱内時間(時間)	葉，病斑面積率(%)		莢，発病莢率(%)	
	放置区	細霧区	放置区	細霧区
12	19	12	0	20
24	14	10	0	36
36	32	20	0	32
48	31	13	29	86
60	20	21	29	100
72	27	23	24	86
84	—	—	57	—
無接種，84	0	0	0	0

なった。そして，発病莢率はいずれの接種時間区とも細霧区で高く，かつ病斑もやや大きかった。これからして本病菌は葉と莢で発病条件を異にし，莢では発病に長時間の湿潤条件を要すると思われた。MURAKISHI[8] は培養菌糸片で葉や花に接種した場合，湿室に7～10日保つことにより，接種 10～14 日後に葉や莢に発病を認めたと報告している。菌糸片の場合も胞子の場合と似た接種・発病条件であるが，本試験の胞子の場合のほうが接種時間や発病までの時間が短くして発病した。

次に本法によって形成した胞子を接種し，品種の抵抗性検定ができるものか幼苗の葉で試験した。供試品種はほ場観察で分けられた抵抗性強，中，弱の次の 12 品種である。強：農林2号，花嫁，花嫁1号，東北 207 号，中：コケシジロ，ダルママサリ，奥羽 13 号，弱：Horbinsoy, Wabask, Boone, Bonus, ライデン。接種 10 日後の単葉，第一複葉の発病程度は強品種で低く，弱品種で高く，中品種は発病程度が一定でなかった。このことはイネのいもち病ほ場抵抗性においても観察されることからして，少なくとも葉における紫斑病抵抗性検定は本法で得た胞子によって可能と思われる。

おわりに

PDA 培地を用い気中菌糸を洗い落とした後照明する方法で，実用的には十分量の病原力のある胞子が得られる。この場合は照明期間3～5日後に1～2日暗黒におくことがよい。胞子形成には菌株間差があるが，これは分離後継代培養中に生じる差である。紫黒色菌そうが胞子をよく作るので，紫黒色菌そう株の保持に注意する必要があり，そのためには保存菌株は 15 日以内に新しい培地に移植することがよい。

参考文献

1) 藤田佳克・小山隆光 (1977)：北日本病虫研報 28：65.
2) GOODE, M. J. and G. R. BROWN (1970)：Phytopathology 60：1502～1503.
3) JONES, J. P. (1958)：ibid. 48：287～288.
4) KILPATRICK, R. A. and HOWARD, W. JOHNSON (1956)：ibid. 46：180～181
5) 倉田 浩 (1960)：農技研報 C12：1～154.
6) MATSUMOTO, T. and R. TOMOYASU (1925)：Ann. Phytopath. Soc. Japan 1：1～14.
7) ——— (1926)：日植病報 2：65～69.
8) MURAKISHI, H. H. (1951)：Phytopathology 41：305～318.

本会発行新刊資料

昭和 54 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

950 円　送料 200 円

B 4判　113 ページ

昭和 54 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 17 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，除草剤は索引と水稲，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。

べと病菌の卵胞子形成条件

農林水産省農業技術研究所　稲葉忠興（いなば ただおき）

はじめに

べと病菌の卵胞子は，本菌の越冬・越夏に重要な役割をしており，本菌の生活環を考える場合，見逃すことができない重要な器官である。べと病菌の中には，卵胞子が存在することがまだ確認されていない菌もあり，確認されている菌もある。卵胞子形成条件を明らかにすることができれば，べと病の発生生態の解明に役立つだけでなく，的確な防除方法の開発も可能になると考えられる。べと病菌の卵胞子形成に関する研究は，近縁の *Phytophthora* 属菌のそれに比べると非常に少なく，不明な点が多いが，現在まで明らかになった事実を，ここに取りまとめてみたい。

I　べと病菌の卵胞子の有無

日本での発生が記録されているべと病菌の種類は非常に多いが，これらのうち主なものについて，現在までに卵胞子が確認されている菌と，確認されていない菌に分けて第1表にまとめた。全国的に広い範囲にわたって，卵胞子が容易に観察されるべと病菌は，*Peronospora destructor*（タマネギ・ネギべと病菌），*Peronospora manshurica*（ダイズべと病菌），*Plasmopara viticola*（ブドウべと病菌），*Pseudoperonospora humuli*（ホップべと病菌），*Sclerophthora macrospora*（イネ黄化萎縮病菌），*Sclerospora graminicola*（アワしらが病菌）などである。

第1表　主なべと病菌の卵胞子の有無

卵胞子が確認されている菌	
Peronospora brassicae	（ダイコン，ハクサイ，カンラン，カブ）
Peronospora destructor	（タマネギ，ネギ）
Peronospora manshurica	（ダイズ，ツルマメ）
Peronospora pisi	（エンドウ）
Peronospora schachtii	（テンサイ）
Peronospora spinaciae	（ホウレンソウ）
Peronospora trifoliorum	（アカクローバー，シロクローバー）
Plasmopara viticola	（ブドウ）
Pseudoperonospora cubensis	（キュウリ）
Pseudoperonospora humuli	（ホップ）
Sclerophthora macrospora	（イネ）
Sclerospora graminicola	（アワ）
卵胞子が確認されていない菌	
Bremia lactucae	（レタス）
Peronospora capparidis	（セイヨウフウチョウソウ）
Peronospora lotorum	（ミヤコグサ）
Peronospora mesembryanthemi	（マツバギク）
Peronospora sepium	（カラスノエンドウ）

（　）内は，主な寄主植物

卵胞子が確認されているけれども，容易には見付からないべと病菌には，*Peronospora brassicae*（ダイコン，ハクサイ，カンラン，カブなどのべと病菌），*Peronospora spinaciae*（ホウレンソウべと病菌），*Pseudoperonospora cubensis*（キュウリべと病菌）などがある。ダイコン，カブなどのべと病菌（*Peronospora brassicae*）では，地域によって卵胞子が形成されたり，形成されなかったりするようである。梅原[11]らは，石川県で採集したハクサイ及びダイコンの罹病葉で，また，塚本[10]は秋田県のカンラン，ハクサイの罹病葉で卵胞子を確認したことを報告している。筆者らも，この菌の卵胞子を探しているが，茨城県，千葉県，東京都で採集したダイコン，ハクサイ，カンラン，ハナヤサイ，カブのべと病罹病葉からは，卵胞子を全く観察することができなかった。このことは，本菌の卵胞子形成能力が分布する地域によって異なるためか，それとも，単に環境条件の違いによるためか，現在のところ明らかでない。一方，ホウレンソウべと病菌（*Peronospora spinaciae*）の卵胞子については，坂野[6]が松戸市で採集したホウレンソウで観察したと報告している。しかし，筆者らは，採集個体数が少ないためかもしれないが，千葉県，茨城県で繰り返し採集した罹病葉で卵胞子を全く観察することができなかった。樋浦ら[1]は，岐阜県においてキュウリべと病菌（*Pseudoperonospora cubensis*）の卵胞子を観察したことを報告している。その中で「一つの胡瓜畑からは沢山の卵胞子を見出したが直ぐ近所の胡瓜畑には極めて稀にしか見出し得なかった。また，同一の病葉に於ける病斑に就いても卵胞子の有無，多寡に大なる差異がある。各所の畑地から広汎に材料を集めて，綿密に調査すれば，必ずや容易に卵胞子が見出されたに違い無い。」と記述している。しかしながら，以後，日本において本菌の卵胞子を観察した報告はほとんどなく，また，外国においてもあまりないようである。このように，本菌の卵胞子の確認がなぜ困難なのかよく分からない。樋浦らが指摘したように広範に材料を集めなければ，またはほ場を選ばなければ卵胞子が見いだされないとすれば，本菌と容易に卵胞子が形成される菌とがどのように異なるかという疑問が残る。

レタスべと病菌 (*Bremia lactucae*) の卵胞子は日本でまだ確認されていない。外国においても長い間，観察した人はいなかったが，近年，卵胞子がイギリスで発見され，その研究が精力的に進められているので，その概略をここに紹介することとする。

HUMPHREYS-JONES が 1971 年に罹病レタスの茎に多くの卵胞子が形成されているのを，まず発見した。その後，1974 年に TOMMERUP らは，レタスの 4 品種の子葉に病原菌の 4 種のレース，W1, W2, W3, W5 をそれぞれ接種して卵胞子形成を検討した。その結果，品種 Trocadero Improved にレース W3 または W5 を接種したときには，多数の卵胞子が罹病子葉の約 15% に形成されたが，その他の品種・レースの組み合わせでは，卵胞子はほとんど形成されなかった。この研究は TOMMERUP グループの INGRAM ら[5]によって更に発展した。彼らは 3 種のレース，W1, W3, W5 をそれぞれ別々に 34 品種のレタスの子葉及び幼苗に接種し，卵胞子形成を詳細に調べた。子葉での実験で罹病子葉に卵胞子が形成された比率は，レース W1 で 1.0%，W3 で 5.1%，W5 で 13.6% であった。また，幼苗での実験では，卵胞子はレース W1 で 0.3%，W3 で 1.7%，W5 で 7.3% の罹病葉に形成され，子葉での卵胞子形成葉率より小さい傾向を示した。ところが，ビニールトンネル栽培したレタス 10 品種に 4 種のレース，W1, W2, W3, W5 を混合接種したところ，第 2 表に示したように，Avoncrisp, Avondefiance, Great Lakes で 33～73% の罹病葉に卵胞子が形成された。これに対し，Bremex, Kordaat ではほとんど形成されなかった。卵胞子を形成するかどうかは，葉の成熟度，罹病葉の菌のレースの種類及び数，組織中の菌糸密度と全く関係がなかったことを観察した。そして，卵胞子は形成された葉では病斑部の中央に一様に作られることを報告している。結局，この時点では本菌の卵胞子形成の機作は明らかでなかった。しかしながら，MICHELMORE は 1978 年の国際植物病理学会 (ISPP) で，本菌は卵胞子形成に関して異株性 (heterothallic) であることを報告し，現在なお研究を進めているようである。べと病菌で異株性を明らかにした例は今まで報告がないように思う。先に，ダイコン，カブなどのべと病菌 (*Peronospora brassicae*)，ホウレンソウべと病菌 (*Peronospora spinaciae*)，キュウリべと病菌 (*Pseudoperonospora cubensis*) などでは，罹病葉での卵胞子の観察が容易でないことを述べたが，これらは単に発病ほ場の環境条件の違いによるものでなく，レタスべと病菌 (*Bremia lactucae*) で明らかにされたように，異株性がこれらの菌の卵胞子形成条件の重要な一つの要因となっている可能性もある。

第 2 表　レタスべと病菌の 4 種のレース，W1, W2, W3, W5 に混合感染したレタス罹病葉での卵胞子形成 (INGRAM ら，1975)

品種名	左の品種が罹病性反応を示すレース	卵胞子が形成された罹病葉 (%)[a]
Avoncrisp	W3	73
Avondefiance	W2, W3	33
Bremex	W3	2
Cobham Green	W1, W2, W3, W5	15
Great Lakes	W3, W5	59
Kordaat	W2	0
Mildura	W1, W2	12
Munex	W3	11
Portato	W3	6
Seaqueen	W1, W2, W3, W5	5

a) 1 品種につき，10 個体から各 10 枚の罹病葉，計 100 枚について卵胞子形成の有無を調べた．

II　罹病個体での卵胞子形成部位

べと病罹病個体での卵胞子形成部位を解明することは，発生生態の解析，更には，越冬・越夏源の排除による防除方法の確立のために極めて重要である。ここでは，研究が比較的よく行われているイネ黄化萎縮病，タマネギべと病について述べることとする。

イネ黄化萎縮病 (*Sclerophthora macrospora*)[7] では，病徴が軽い個体よりも，激しく病徴が現れた個体に卵胞子がよく形成される。特に，萎縮，ねん転など病徴発現の激しい部分に多い。卵胞子は葉身，葉鞘に形成されるが，葉位の違いでは，下位葉より上位葉で多いようである。また，1 枚の葉身では，下部ほど多いという結果もあるが，上部と下部で差がないという報告もあり，イネの生育環境によってかなり異なるようである。

タマネギべと病 (*Peronospora destructor*) では，春期発病株，第 2 次感染株，越年罹病株によって卵胞子形成部位が異なることが明らかにされている。塩飽ら[8]は，卵胞子による感染で発病したと考えられる春期発病株について，卵胞子形成部位を詳細に観察している。それによると，卵胞子は，下から数えて第 1 葉では葉身と葉鞘に，第 2～5 葉では葉身だけに，また，展開中の第 6～7 葉では葉身と葉鞘に形成された。ところが，りん茎外部を包む枯死乾燥りん片及び内部りん片には全く形成されなかった。第 2 次感染株では，葉身に病斑が現れるだけで他の部分には病斑が現れない。この場合，卵胞子の形成量は，枯死した病葉の病斑と枯死しない病葉の病斑で明瞭な違いがある。高橋ら[9]は，被害ほ場から完全に枯死して褐色になった病葉と，青葉の上にだ円形の病斑がある病葉とを採集して，組織内の卵胞子形成量を比較

した。その結果によると，卵胞子は，病葉が青葉の状態では全く認められないが，枯死した病葉では多量に見いだされるという。一方，越年罹病株では，卵胞子は葉身，りん茎，根などの全身に観察されるという結果もあるが，根には全く観察されないという報告もある。これらは，越年罹病株の発病程度，更には，越年罹病株のあるほ場の環境による違いなのかもしれない。

このように，罹病個体での卵胞子形成部位及び卵胞子形成量は，罹病株の発病程度，病斑の新旧，罹病葉の生死，更に，罹病株のあるほ場の環境，気象条件によって複雑に変化するようである。したがって，自然条件下の罹病個体における卵胞子形成部位，形成量を解析する場合には，このような要因などを，べと病菌の種類によって詳細に観察研究し，検討する必要があると考えられる。

III　卵胞子形成と環境条件

べと病菌の卵胞子形成に対して好適または不適な環境条件を知ることは，卵胞子形成を制御するための最も基本的な問題であるにもかかわらず，ほとんど研究されていないのが現状である。

HODGDEN ら[2]は，アルファルファのべと病菌 (*Peronospora trifoliorum*) の卵胞子形成と温度及び光照射時間の関係について調べた。卵胞子は 16，20°C でよく形成されるが，24°C では著しく少なかった。6,500 ルックスの螢光燈照明下に感染個体を置いて，1日の照射時間を 8，16，24 時間と変えたところ，卵胞子形成量は，24 時間照明で最も多く，次いで 16 時間照明であり，8時間照明では著しく少なかった。一般に，べと病菌の分生胞子形成は，光照射時間によって影響を受けやすい傾向があり，照射時間が長いと多く形成される。HODGDEN らの結果から考えると，卵胞子形成についても分生胞子形成とよく似た場面があるように思われる。

高橋ら[9]は，タマネギべと病菌 (*Peronospora destructor*) の自然条件下での卵胞子形成量を，第2次感染株について3月から 12 月まで調査した。すなわち，3，4，5，12 月の各時期に枯死した病葉を採集して調べたところ，卵胞子は5月に採集した葉だけに形成されていた。4月と5月の平均気温は，いずれも 19°C 前後で，両月の間に差は認められなかった。この実験期間中の雨量は測定してなかったが，湿度が卵胞子形成に影響していると考え，次の実験を行っている。4月 20 日に病株を，温室内で乾燥状態においたものと，ビニール被覆をした湿室内に入れたものに分けて，卵胞子形成に差があるかどうか調べた。更に，別法として，過湿にしたシャーレと過湿にしないシャーレに罹病葉を入れて比較した。その結果，温室内実験では必ずしも断定的な結果は得られなかったが，シャーレ内では過湿条件下で多くの卵胞子が形成され，卵胞子形成には湿度が重要な要因であると報告している。

IV　ツルマメべと病菌の卵胞子形成条件

先に述べたように，べと病菌の卵胞子形成に影響を及ぼす環境条件については，十分な研究が行われているとは言いがたい現状である。筆者らは，ツルマメべと病菌 (*Peronospora manshurica*) の卵胞子形成に及ぼす水及び温度の影響について検討したので[4]，ここに紹介してみよう。

ツルマメは野原に生える1年生のマメで，栽培ダイズの起源であると考えられている。実験には茨城県で自然発病したツルマメべと病の病斑を用い，5×5 mm の大きさに切り取って供試した。まず，病斑 10 個ずつを殺菌蒸留水に浸漬して 5，10，15，20，25°C に7日間保って，蔵卵器と卵胞子の数を計測した。結果は第3表に示したように，蔵卵器及び卵胞子は 5°C では全く形成されず，25°C では供試病斑 10 個のうち4個にわずかに形成されたにすぎなかった。これに対し，10，15，20°C では，10°C で 10 病斑中1病斑で形成されなかった1例を除き，病斑によって形成量の違いはあるが，いずれの病斑でもよく形成された。最適温度は 15～20°C であった。

次に，蔵卵器及び卵胞子形成と水浸漬日数との関係を，5，10，15，20，25°C 下で調べた。水浸漬日数は最長 10 日間である。結果は第4表に示した。蔵卵器及び卵胞子

第3表　ツルマメべと病菌の卵胞子形成　病斑及び水浸漬温度による蔵卵器及び卵胞子形成の差異

形成された蔵卵器と卵胞子の数					
5°C[a]	10°C	15°C	20°C	25°C	対照[b]
0[c]	43	107	62	21	0
0	16	38	55	2	0
0	10	37	30	2	0
0	10	36	19	1	0
0	6	18	16	0	0
0	5	15	10	0	0
0	4	14	7	0	0
0	2	12	6	0	0
0	2	10	4	0	0
0	0	9	3	0	0

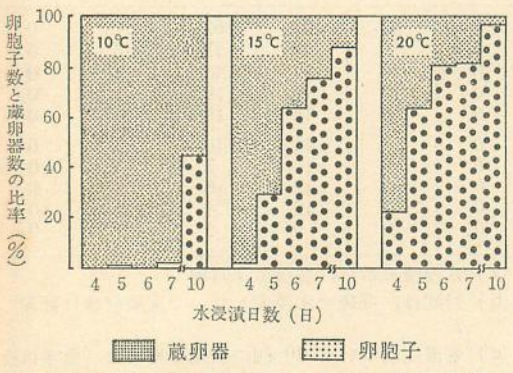
a）水浸漬日数は，各温度7日間
b）対照は，病斑を水浸漬しないで採取直後に計測した．
c）各温度について 10 個の病斑を用いた．数字はそれぞれの病斑に形成された蔵卵器と卵胞子の数であり，形成された数が多かった順に並べてある．

第4表　ツルマメべと病菌の卵胞子形成　水浸漬日数及び温度による蔵卵器及び卵胞子形成の差異

水浸漬日数	蔵卵器及び卵胞子の数/倍率200倍で10視野				
	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C
1	0	0.2	0	0	0.2
2	0	0	0	0	0
3	0	0.1	1.4	2.1	0
4	0.1	4.9	19.5	8.9	0.1
5	0.1	19.4	40.7	14.5	0.5
6	0.2	5.4	37.2	29.5	0.3
7	0.7	25.7	45.3	30.8	2.9
10	0.4	10.7	60.6	12.7	0.3
対照[a)]	0.3				

a）対照は，病斑を水浸漬しないで採取直後に計測した．

は 5°C ではほとんど形成されず，25°C ではごく少量しか形成されなかった。これに対し，10°C では，蔵卵器は水浸漬4日後から形成され始め，15，20°C では水浸漬3日後にわずかに形成され，4日後からは多く形成された。形成された蔵卵器が卵胞子になるまでの日数，すなわち，蔵卵器→卵胞子の形態形成に必要な日数を 10，15，20°C で検討した。結果は図に示したとおりである。10°C では水浸漬4日後で，蔵卵器だけで卵胞子は全く形成されていなかった。この温度では，蔵卵器→卵胞子の形態形成に必要な日数は長く，水浸漬 10 日後でも，卵胞子が 44% で蔵卵器は 56% であった。これに対し，15°C では卵胞子は水浸漬 4 日後で 1.4%，5 日後で 28.6%，6 日後で 64.4% であった。卵胞子形成は，20°C では更に速く，水浸漬4日後で 22.3%，5日後で 63.5%，6日後で 80.9% であった。このことから，蔵卵器→卵胞子の形態形成に必要な日数は，10°C で6日以上，15°C で 2～3 日，20°C 1～2 日であると考えられる。



卵胞子数と蔵卵器数の比率に及ぼす温度，水浸漬日数の影響

一方，病斑を 15°C の湿室に保った場合も，卵胞子は形成されたが，その数は水浸漬した場合よりも少なかった。しかし，湿室にしなかった場合には蔵卵器も卵胞子も全く形成されなかった。

このように，病斑の水浸漬によって形成された卵胞子の直径は，20.0～36.4 μ，平均 27.1 μ で，蔵卵器は 22.7～45.3 μ×28.0～57.3 μ，平均 33.9×39.1 μ であった。これらの値は，自然条件下で観察されるツルマメべと病病斑中の卵胞子の大きさとほぼ同じであった。

以上のように，ツルマメべと病菌の卵胞子形成には，水が重要な役割を果たしていることが明らかになった。水が蔵卵器・卵胞子形成過程のどの段階で，どのような役割を果たしているのであろうか。更に，他のべと病菌の卵胞子形成に対しても水が重要な要因であるのだろうか。これらの点については，現在試験中である。

おわりに

べと病菌の卵胞子の発芽については，既にタマネギ，ダイズ，ホウレンソウのべと病，イネ黄化萎縮病などで研究が行われている。更に，卵胞子の第1次伝染源としての重要性についても，日本ではタマネギべと病，イネ黄化萎縮病で確認されている。このように卵胞子はべと病の伝染源として重要であると考えられていながら，卵胞子形成条件については研究が十分行われているとは言い難い現状である。今後，べと病菌の卵胞子形成条件を検討するに当たって，次の三つの要因が重要と考えられる。

まず第1に，べと病菌自体の性質である。MICHELMORE がレタスべと病菌で明らかにしたように，異株性 (heterothalic) の問題である。これは，べと病菌の自然条件下での卵胞子形成の有無，菌系の分布に対して今までと異なった視点からの研究が必要であることを示唆しているものと考えられる。各種作物のべと病の中でも，特に大きな被害をもたらすダイコン，カブなどのべと病，キュウリべと病，レタスべと病などでは，実際のほ場での第1次伝染源が明らかでない場合が多い。これらの菌でも，外国でレタスべと病菌で明らかにされたような，異株性の問題があるのかもしれない。今後，この点を考慮した研究が必要であると思われる。

第2に，外的要因として，水（または湿度），温度，光などが卵胞子形成に対して影響を及ぼすことが，ツルマメ，タマネギ，アルファルファのべと病で明らかにされている。しかし，水が卵胞子形成機構のどの段階で必要であり，また，どのような役割を果たしているのかは，今後明らかにしなければならない問題である。また，実

際には場でどのくらいの湿度，雨量，更に持続時間が好適であるかも解明されなければならない。更には，これら以外の外的要因も影響しているであろうから，それらの解析も行われなければならないと考えられる。

第3に，内的要因，すなわち寄主体内の要因である。アルファルファべと病菌の卵胞子形成量は光照射時間が長いと多くなると報告されている。また，筆者ら[3]はキュウリべと病菌の分生胞子形成量も光照射時間が長いと多くなり，分生胞子形成はキュウリ葉の光合成に依存していることを報告した。これらの事実を考え合わせると，アルファルファべと病菌の卵胞子形成も，キュウリべと病菌の分生胞子形成と同じように，寄主の代謝の影響を受けやすい場面があるように思われる。このように，寄主体内の要因も卵胞子形成を制御している条件の一つであると推測され，この方向からの研究も必要であると考えられる。

以上の要因が自然条件下では複雑に絡み合って，べと病菌の卵胞子形成に影響を及ぼしていると考えられる。これらの要因を一つ一つ詳細にほぐしながら解析すれば，べと病菌の卵胞子形成条件が少しずつ明らかになり，やがてはその全貌が明らかになるであろう。

引用文献

1) 樋浦　誠・川田茂博 (1933)：農業及園芸 8 (12)：47～53.
2) Hodgden, L. D. et al. (1977)：Proc. Amer. Phytopath. Soc. 4：166～167.
3) 稲葉忠興・梶原敏宏 (1975)：農技研報告 C29：65～139.
4) ――――・日野稔彦 (1979)：投稿中.
5) Ingram, D. S. et al. (1975)：Trans. Br. Mycol. Soc. 64 (1)：149～153.
6) 坂野秀次郎 (1934)：日植病報 4(1,2)：89～92.
7) 島田尚光ら (1974)：滋賀農試特別報告 10：3～71.
8) 塩飽邦子・松尾綾男 (1972)：兵庫農試研究報告 20：97～100.
9) 高橋　実ら (1958)：日植病報 23 (3)：117～120.
10) 塚本永二 (1954)：同上 18 (3-4)：141.
11) 梅原吉広・田村　実 (1962)：同上 27 (2)：68.

本会発行新刊図書

イネミズゾウムシの生態と防除

農林水産省農蚕園芸局植物防疫課　監修

700円　送料120円

A5判　口絵カラー写真　8ページ，本文 19 ページ

イネミズゾウムシの卵，幼虫，蛹，成虫，根部を食害している幼虫，根に付着している土繭，田植え直後及び田植え1か月前後の被害，幼虫による被害，被害水田全景，幼虫による被害株と健全株，雑草（ヒエ）への加害，飛しょう（葉先に集まった成虫及び飛び立つ寸前），イネミズゾウムシ・イネハモグリバエ及びイネドロオイムシによる食痕のカラー写真 17 枚を8ページにまとめ，本文では形態及び生態等，発生状況及び被害状況，調査方法，防除，我が国への侵入を解説し，参考文献及び資料を 19 ページにまとめた書

本会発行図書

昆虫フェロモン関係文献集（II）　B5判46ページ　**400円**　送料 **120円**

同　　上　　(III)　〃　59　〃　**530円**　〃　**120円**

（II）は（I）以外の 1970～73 年の追加と 1976 年 3 月までに発表された昆虫の性フェロモンの一覧表及び INDEX と関連文献を付表として併録

（III）は 1970～73 年の追加と 1974～76 年の論文文献を併録

疫病菌の遊走子のう形成の誘導機構

京都府立大学農学部植物病学研究室　吉川正明

糸状菌の胞子形成は一般的に培地中の栄養物が消費されたのちによく認められるようである[12]。そして，胞子形成期前に栄養物，例えば高濃度のグルコースなどを培地に添加すると胞子形成は著しく阻害される[5,6,7]。この現象は，胞子形成の誘導に新しい酵素などの産生を伴う代謝変化が必要[17]と考えた場合，細菌におけるカタボライト・リプレッション (catabolite-repression)，すなわち，ある種の酵素の産生誘導がグルコースなどの代謝されやすい種々の物質（カタボライト）により阻害を受けるという現象と見掛け上類似しており，糸状菌の胞子形成誘導もカタボライト・リプレッションの制御下にあるのではないかと考えられる[11]。一方，細菌における酵素誘導のカタボライトによる阻害は cyclic AMP (cyclic 3′,5′-adenosine monophosphate) により除かれることが知られており[1]，この場合，カタボライト・リプレッションに対する cyclic AMP の作用機構は遺伝子の転写ならびに翻訳段階での分子レベルで詳細に調べられている[8]。このように，細菌のカタボライト・リプレッションと糸状菌の胞子形成を現象的に比較してみると，糸状菌の胞子形成の誘導にも cyclic AMP が関与するのではないかという可能性が考えられる。事実，現在までに，*Saccharomyces cerevisiae*[10]，*Neurospora crassa*[13]，*Coprinus macrorhizus*[14]，*Mucor racemosus*[4] などの胞子形成，また *Rhizoctonia solani*[2] の菌核形成に対して cyclic AMP が促進効果を持つことが報告されている。

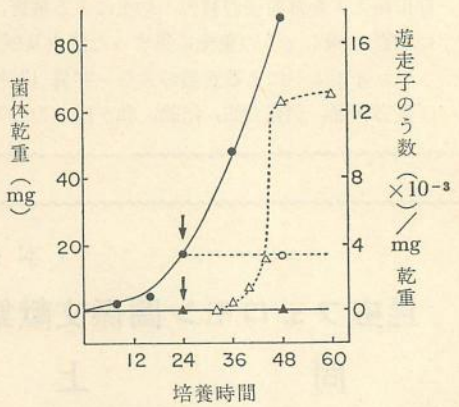
ここに紹介する疫病菌 (*Phytophthora* spp.) はその有性ならびに無性生活環において数種の胞子を形成し，胞子形成の機構の解析に好適な糸状菌であると思われる。現在までに，疫病菌の胞子形成に関しては，有性及び無性胞子の形成に対してステロールの存在が必要であるという Hendrix ら[3]の一連の研究があるが，大部分の研究は温度，湿度，光，酸素などの環境的要因の胞子形成に対する影響をみたもので[18]，胞子形成機構を生化学的に解析したものは少ないようである。

筆者らは，疫病菌の無性胞子の一種である遊走子のうの形成誘導には，前述のカタボライト・リプレッションと cyclic AMP の機構が働らいているのではないかと考え，その形成が容易である *Phytophthora capsici* 菌を用いて若干の検討を行った[15]。ここではその概略について述べる。

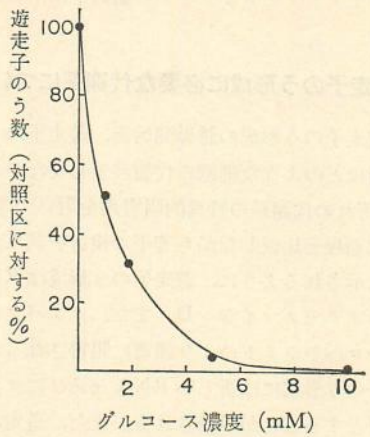
I 糖などの種々のカタボライトによる遊走子のう形成の阻害

胞子形成の誘導機構の生化学的解析を行う場合，その胞子形成が同調して起こる必要がある。また，この場合，固体培地上よりは種々の生化学的操作が行いやすい液体培地のほうが望ましい。筆者らは *P. capsici* の遊走子のう形成の同調化を試み，第1図に示されるような系を得た[16]。この系は，被のう胞子を合成液体培地に接種後，24 時間培養し，生じた若い菌糸を遊走子のう形成培地 (20 mM リン酸緩衝液，pH 6.0) に移植することによって得られ，遊走子のう形成は移植後 16～24 時間の間に最終形成量のほぼ 100% 起こった。遊走子のう形成に対する種々のカタボライトや cyclic AMP の影響をみる場合は，この遊走子のう形成培地にそれら化学物質を添加することによって検定し，形成した遊走子のう数は移植後 24 時間で計数した[15]。

第2図に示されるように，代表的なカタボライトであるグルコースは，1 mM 以上の濃度で遊走子のう形成を顕著に阻害した。この阻害は他の代謝されやすい糖，酸，またアミノ酸などの強いカタボライトによっても認められる（第1表）。しかし，グルコースに類似した物質でも代謝されにくい糖とされている 3-*O*-メチルグルコース



第1図　*P. capsici* の栄養生長培地 (closed symbols) と胞子形成培地 (open symbols) における菌体生長 (circles) と遊走子のう形成 (triangles).
矢印は栄養生長培地から胞子形成培地への菌体の移植時を示す.



第2図　*P. capsici* の遊走子のう形成に対するグルコースの阻害効果

第1表　*P. capsici* の遊走子のう形成に対する種々の糖，酸，アミノ酸の阻害効果

添加物質[a]	遊走子のう数[b]	対照区に対する%
対照区（物質無添加区）	282	100
グルコース	0	0
3-*O*-メチルグルコース	108	38
2-デオキシグルコース	145	51
フラクトース	2	1
酢酸	0	0
クエン酸	0	0
アスコルビン酸	240	85
アスパラギン酸	12	4
グルタミン酸	8	3
リジン	170	60

a）各種物質は 20 mM で検定した．
b）顕微鏡（10×10）の 10 視野当たりの遊走子のう数．方法の詳細は文献 16）参照．

や2-デオキシグルコース，また，他のいわゆる弱いカタボライトでは阻害程度は低い。これらの結果は，遊走子のう形成の誘導にはカタボライト・リプレッションの系が働らいていることを示唆する。

II　カタボライト阻害を受けた遊走子のう形成に対する cyclic AMP の促進効果

第2表に示されるようにグルコースによる遊走子のう形成の阻害は，cyclic AMP の 10^{-5}～10^{-6} M の濃度で部分的に除かれた。グルコースの存在しない場合には，cyclic AMP 単独で遊走子のう形成を促進するということはなく，むしろ遊走子のう形成に対して阻害的であった。cyclic AMP に関連した他のヌクレオチドには，グルコースにより阻害を受けた遊走子のう形成を促進する効果はなく，その促進効果は cyclic AMP に特異的であると考えられる。しかし，5 mM 以上のグルコースでほぼ完全に阻害を受けた遊走子のう形成に対しては cyclic AMP は促進効果を示さなかった（第3表）。一方，1～2 mM のグルコースで部分的に阻害を受けた遊走子のう形成に対しては cyclic AMP の効果が認められ，特に 1 mM のグルコースで弱く阻害を受けた場合に cyclic AMP の促進効果は著しかった。高濃度のグルコースで阻害を受けた場合には高濃度の cyclic AMP を与えても促進効果は認められなかった。その理由は現在のところ不明であるが，恐らく cyclic AMP の細胞内への透過性の低さ[9]や，また，高濃度の cyclic AMP それ自身の遊走子のう形成に対する阻害効果（第2表）によると推定される。また，第4表に示されるように，cyclic AMP の促進効果はグルコースのほかに，フラクトースやクエン酸などのカタボライトにより部分的に阻害を受けた遊走子のう形成に対しても認められた。しかし，カタボライト以外の化学物質，例えば呼吸阻害剤であるアンチマイシンAや，タンパク合成阻害剤であるシクロヘキシミドにより部分的に阻害を受けた遊走子のう形成に対しては cyclic AMP に促進効果を認めなかった。このように，cyclic AMP の促進効果はカタボライ

第2表　グルコース（2 mM）で阻害を受けた *P. capsici* の遊走子のう形成に対する cyclic AMP ならびに関連塩基の促進効果

塩基	塩基の濃度（M）			
	0	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}
3′,5′-cyclic AMP 単独（グルコース無添加）	243[a]（100）[b]	202（ 83）	190（ 78）	136（ 56）
3′,5′-cyclic AMP	74（100）	86（116）	99（133）	65（ 88）
5′-AMP	74（100）	78（106）	75（101）	67（ 91）
2′,3′-AMP	74（100）	72（ 97）	79（107）	83（112）
5′-ADP	74（100）	73（ 99）	58（ 78）	48（ 65）
5′-ATP	74（100）	67（ 91）	46（ 62）	35（ 47）
5′-GMP	74（100）	76（103）	70（ 95）	66（ 89）

a）10 視野当たりの遊走子のう数．4 回反復の平均値．
b）塩基無添加区に対する%．

第3表　種々の濃度のグルコースで阻害を受けた *P. capsici* の遊走子のう形成に対する cyclic AMP の促進効果

グルコース濃度 (mM)	cyclic AMP の濃度 (M)			
	0	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}
0	225[a]			
1	103(100)[b]	181(175)	197(191)	98(95)
2	69(100)	75(108)	96(139)	59(86)
5	12(100)	9(83)	11(92)	12(100)
10	1(100)	0(0)	0(0)	0(0)

a), b)　第2表と同じ.

トにより阻害を受けた遊走子のう形成だけに特異的に認められるようであり，このことは疫病菌の遊走子のう形成，特にその誘導開始は cyclic AMP により媒介されるカタボライト・リプレッションの制御下にあることを示唆する。

III　遊走子のう形成に必要な代謝系について

次に，遊走子のう形成の誘導開始後，遊走子のう形成に至る過程にどのような細胞の代謝系が必要なのかについて，それぞれの代謝系の特異的阻害剤を用いて，疫病菌の他の分化過程と比較しながら若干の検討を試みた[17]。

第5表に示されるように，遊走子のう形成は RNA 合成阻害剤のアクチノマイシンD，また，タンパク合成阻害剤のシクロヘキシミドにより顕著に阻害されることから，遊走子のう形成には新しい RNA ならびにタンパク合成を必要とすることが示唆される。また，遊走子のう形成は電子伝達系，また酸化的リン酸化の阻害剤により

第4表　種々のカタボライトならびに抗生物質で阻害を受けた *P. capsici* の遊走子のう形成に対する cyclic AMP の促進効果

カタボライトまたは抗生物質	濃　度	cyclic AMP の濃度 (M)			
		0	3×10^{-6}	10^{-5}	3×10^{-5}
対照区（無添加区）		268[a]			
フラクトース	2 mM	88(100)[b]	85(97)	118(134)	121(137)
クエン酸	2 mM	58(100)	52(90)	79(136)	65(111)
アスパラギン酸	5 mM	118(100)	185(157)	134(114)	147(124)
アンチマイシンA	0.1 μg/ml	131(100)	138(106)	139(106)	108(82)
シクロヘキシミド	0.5 μg/ml	84(100)	92(110)	70(84)	67(80)

a), b)　第2表と同じ.

第5表　*P. capsici* の種々の無性的分化過程に対する特異的代謝阻害剤の影響

阻害剤（阻害される代謝系）	濃　度 (μg/ml)	阻　害　率　(%)			
		遊走子のう形成	菌糸成長	遊走子のう間接発芽	被のう胞子発芽
アクチノマイシンD (RNA 合成)	1	6.7	0	7.4	2.8
	5	0.3	19.3	19.8	4.7
	10	48.9	38.5	30.2	4.0
シクロヘキシミド (タンパク合成)	0.5	89.3	96.2	36.9	82.2
	1	96.5	100.0	49.9	91.0
	5	100.0	100.0	78.6	99.6
アンチマイシンA (電子伝達系)	0.05	18.8	3.9	21.4	4.0
	0.2	22.4	0	55.9	0
	1	44.6	3.9	69.4	10.4
オリゴマイシン (酸化的リン酸化)	1	71.5	59.9	57.1	6.9
	5	96.0	100.0	65.0	34.1
	10	98.1	100.0	65.6	89.8
ナイスタチン (膜機能，ステロール)	5	47.3	0	16.1	19.0
	20	73.6	0	21.7	16.3
	50	68.7	0	36.2	11.2
ビンブラスチン (微小管機能)	10	14.3	15.6	19.1	15.6
	50	69.8	26.4	40.8	15.7
	100	98.2	30.3	74.5	13.4
サイトカラシンB (ミクロフィラミント機能)	10	37.1	3.9	11.5	4.6
	50	14.6	3.9	17.6	10.4
	100	13.1	0	16.2	17.1

もちろん阻害を受けるが，疫病菌の他の分化過程と比較して興味あるのは，膜のステロールに作用すると言われるナイスタチンや，微小管の機能を阻害するビンブラスチンによっても遊走子のう形成が著しく阻害を受けることである。ナイスタチンに対する感受性が遊走子のう形成の過程において特に高いのは，この過程にステロールの存在が必要である[3]ということと一致するようである。また，ビンブラスチンに対する高い感受性は，遊走子のう形成の過程には菌糸内容物の遊走子のう内への著しい移動があり，その移動には恐らく微小管が関与しているということを裏付けるものであろう。このように，特異的阻害剤を用いた実験から，遊走子のう形成には栄養生長とは異なった種々の新しい代謝系が必要であることが推定される。

おわりに

疫病菌の遊走子のう形成は，他の多くの糸状菌の胞子形成と同様に，培地中の栄養物が消費された後，また，人為的に栄養物を除いた後に誘導される。すなわち，遊走子のう形成の誘導開始の重要な要因は培地からの栄養物の除去にあると思われる。上述のように，遊走子のう形成培地にグルコースや他のいわゆる強いカタボライトを添加すると遊走子のう形成は著しく阻害される。一方，このグルコースなどのカタボライトによる阻害はcyclic AMPにより部分的ではあるが除かれた。これらの現象は見掛け上ではあるが，細菌における酵素の産生誘導の際に認められる，カタボライト・リプレッション—cyclic AMPの関係によく類似し，疫病菌の遊走子のう形成の誘導開始もcyclic AMPにより媒介されるカタボライト・リプレッションの制御下にあることを示唆する。また，一方，cyclic AMPのグルコース存在下での遊走子のう形成の促進効果は，疫病菌のグルコース消費量にcyclic AMPが影響するものでないことは確かめてあり，cyclic AMPは栄養生長から遊走子のう形成への移行を制御する代謝過程に直接に作用していると考えられる。また，第5表のように遊走子のう形成には新しいRNAならびにタンパク合成が必要なこと，更に細菌におけるカタボライト・リプレッション—cyclic AMPの分子的機構を考えた場合，疫病菌の遊走子のう形成におけるcyclic AMPの役割を次のように想定することができると思われる。すなわち，栄養生長している菌糸の周囲の栄養物がなくなるとカタボライト・リプレッションから解放され，菌体内のcyclic AMP含量が増加し，このcyclic AMPが遺伝子の転写ならびに翻訳活性を変化させ，遊走子のう形成に必要な新しいRNAやタンパク合成を誘導し，遊走子のう形成を導くと想定できる。しかし，この道すじを証明するには，実際に菌体内cyclic AMP含量の測定やcyclic AMPの転写・翻訳過程に対する影響などについてまず検討しなければならないことはいうまでもない。

ここに紹介した研究は本研究室正子　朔教授との共同研究によるものであり，また，本稿の作成にも助言をいただいた。

引用文献

1) Epstein, W. et al. (1975) : Proc. Natl. Acad. Sci., U. S. A. 72 : 2300～2304.
2) Hashiba, T. and T. Ishikawa (1978) : Phytopathology 68 : 1723～1727.
3) Hendrix, J. W. (1970) : Annu. Rev. Phytopathol. 8 : 111～130.
4) Larsen, A. F. and P. S. Sypherd (1974) : J. Bacteriol. 117 : 432～438.
5) Matthews, T. R. and D. J. Niederpruem (1972) : Arch. Mikrobiol. 87 : 257～268.
6) Miller, J. J. and D. Hoffmann-Ostenhof (1964) : Z. Allg. Mikrobiol. 4 : 273～295.
7) Niederpruem, D. J. and J. G. H. Wessels (1969) : Bacteriol. Rev. 33 : 505～535.
8) Pastan, I. and R. Perlman (1970) : Science 169 : 339～344.
9) Robinson, G. A. et al. (1971) : Cyclic AMP. Academic Press, New York-London.
10) Tsuboi, M. and N. Yanagishima (1973) : Arch. Mikrobiol. 93 : 1～12.
11) Turian, G. (1973) : J. Gen. Microbiol. 79 : 347～350.
12) ——— (1974) : Annu. Rev. Phytopathol. 12 : 129～137.
13) ———and E. Khandjian (1973) : Bull. Soc. Bot. Suisse 83 : 352～357.
14) Uno, I. and T. Ishikawa (1973) : J. Bacteriol. 113 : 1249～1255.
15) Yoshikawa, M. and H. Masago (1977) : Can. J. Bot. 55 : 840～843.
16) ——— et al. (1977) : ibid. 55 : 844～847.
17) ——— et al. (1976) : Sci. Rep. Kyoto Prefect. Univ. Agric. 28 : 57～62.
18) Zentmyer, G. A. and D. C. Erwin (1970) : Phytopathology 60 : 1120～1127.

リゾクトニア属菌の胞子形成法

北海道大学農学部植物寄生病学講座　生越 明（おごし あきら）

Rhizoctonia solani を代表とする *Rhizoctonia* 属は不完全菌であるが，その完全時代は担子菌類に属す。*R. solani* の完全時代の属名は種々変遷を重ねたが，現在は *Thanatephorus* とされており，種名は *T. cucumeris* が使用されている。*Rhizoctonia* 属の中には 2 核のものがあり（*R. solani* は多核），この完全時代は *Ceratobasidium* であるとされている。いずれも分生胞子を形成せず，その胞子は有性的に形成される担子胞子である。

Rhizoctonia 属菌は通常の培養では胞子を形成しない。菌糸の性状などから，担子菌であることは比較的容易に分かるが，その完全時代を得ようとすると容易ではない。このため種々の方法が開発された。ここでは主として *R. solani* について述べるが，これらの方法は 2 核の *Rhizoctonia* 及び *Rhizoctonia* に近縁の属にも応用できる。

以下に述べるように，*Rhizoctonia* の胞子形成は方法がめんどうであるうえに，すべての菌株が胞子形成するとは限らない。このような困難にもかかわらず，胞子形成法の開発が進められた目的は，主に次の点にある。①完全時代の形態を観察し，その分類的位置を明確にする。②単胞子分離株を得て，遺伝的解析に役立てる。③胞子を使用して，菌の生理的性質を検討する。④胞子による感染を調べるため，胞子を接種源として用いる。また，胞子感染との関連から，胞子の形成条件を検討する。

I　自然界でみられる胞子形成

R. solani の完全時代は，初め畑の植物体や土壌の表面，接種した植物体上などに生じた子実体について，観察が行われた。我が国でもイネをはじめ，種々の植物体上に子実層が形成されているのを観察した報告がある。北海道のテンサイ畑では，葉の裏面や株周辺の土壌上に子実層が，ごく普通に形成されているのが観察される。

初期の菌学的な記載はすべて，このような自然に形成された子実体を観察したものである。しかし，これらは自然に頼っているため，調べたい菌株の完全時代を観察することはできない。望む菌を望む時に胞子形成させるためには，やはりなんらかの人為的処置が必要であり，そのための努力がなされてきた。

II　植物体上に形成させる方法

自然をまねて植物体に菌を接種し，胞子形成させるのは最初に考えられる方法である。

1　Kotila (1947) の方法

殺菌土壌にテンサイを栽培する。根が直径約 2 cm になったとき，湿室に入れる。根及び葉にテンサイ分離株の盛んに生育している菌糸を接種する。相対湿度約 100 %，温度 21～25°C に保つ。約 2 週間後にはテンサイの葉柄及び葉上に子実層が見られる。

テンサイ分離株ばかりでなく，多数植物からの分離株で子実層が形成される。しかし，Kotila の供試菌は，比較的胞子形成のよい *Corticium praticola* (=*R. solani* AG-4) であることに留意しなければならない。

2　Flentje (1956) の方法

接種源：トウモロコシ砂培養；砂 100，粉砕したトウモロコシ 3，水 13 の割合（重量比）で混合し，フラスコに入れ，高圧殺菌する。供試菌株の径 8 mm の含菌寒天を接種し，25°C，1 か月培養する。フラスコはときどき振り混ぜ，培地全体に菌を生育させる。

接種：この接種源を 2.5% の割合で土壌に混合する。接種した土壌は径 9 cm，高さ 9 cm の腰高シャーレに入れ，コムギ，トマトを播種あるいは芽出ししたジャガイモ組織を植える。湿室において毎日水をやる。

子実層は土壌から菌糸が植物茎上に高さ 4～5 cm まで伸展して形成される。普通接種後 28～35 日かかるが，これは光と温度に影響される。供試 28 菌株のうち 9 菌株がこの方法で胞子形成している。

III　培地上に形成させる方法

寒天培地上に胞子を形成させることができれば，その観察，胞子形成条件の解析，胞子の利用面から最良である。次に代表的な例を記すが，このほかにも多くの工夫がなされている (Kotila, 1929；Carpenter, 1949；Hawn and Vanterpool, 1953)。その骨子は富栄養培地から貧栄養培地に移すことに尽きる。富栄養培地は天然培地に酵母エキスを添加したものが，貧栄養培地は Water agar，0.1% の酵母エキスを含む WA，土壌煎汁寒天培地及びその希釈培地，コーンミール培地及びその希釈培地などが有効である。しかし，残念ながら，培地

上で胞子形成に成功した菌株は供試菌株のうち少数であり，また，特定の菌群（*R. solani* では AG-4）に限られるのが通例である。

1 Flentje (1956) の方法

培地 1：Potato-marmite*-dextrose agar (PMDA) 200 g のジャガイモを薄く切り，500 ml の蒸留水中で 85～90°C，30 分間加熱する。煎汁液をろ過する。一方，寒天 15 g，ブドウ糖 20 g，酵母エキス 1 g を蒸留水 500 ml に溶かしておく。両者を混合して全量を 1 l とし，0.5 気圧，20 分間高圧殺菌する。

培地 2：土壌煎汁寒天培地；1 kg の風乾土に 1 l の蒸留水を加え，1 気圧，30 分間高圧殺菌する。1 夜放置した後，上澄をろ紙でろ過する。これにブドウ糖 1 g，酵母エキス 0.1 g，KH_2PO_4 0.2 g，寒天 20 g を加える。1 l にし，pH 7 に調整し殺菌する。

手順：供試菌株を PMDA で 25°C，7～8 日間培養した後，土壌煎汁寒天培地に移植する。これを 25°C，7 日間培養した後，ペトリ皿を定温器から実験台へ移す。窓際の明るい所よりも実験室の隅の薄暗い所のほうが，子実層をよく形成する。日中気温 15～30°C 間では形成に差がないが，昼夜の気温隔差があったほうがよい。子実層はペトリ皿を実験室に移してから，1～10 日で小斑点となって形成される。

* marmite は Marmite 社（ロンドン）製の酵母エキスである．もちろん他製品で代用できる．

2 Whitney and Parmeter (1963) の方法（第 1 図 1～2）

培地 1：Potato-marmite agar (PMA) 250 g のジャガイモを細かく切り，1 l の水で 60°C，1 時間加熱する。ろ液に寒天 20 g，ブドウ糖 20 g，酵母エキス 1 g を加え，0.7 kg，15 分間高圧殺菌する。これは前出の Flentje の PMDA に類似しているが，処方，製法など若干異なる。

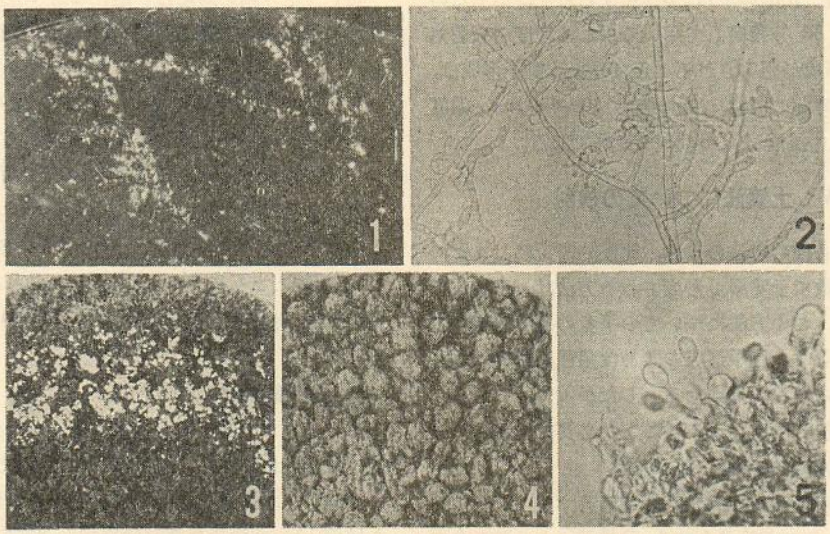
培地 2：2% Water agar

手順：PMA 上で供試菌株を室温，2～3 日間培養した後，2～3 mm³ の含菌寒天片（数本の菌糸先端細胞を含む）を，6 cm のペトリ皿の WA の一端に移植する。これを室温，散光下で培養する。

IV 土壌の上に形成させる方法—土壌法

1 Flentje (1956) の方法

培地と手順：トウモロコシ砂培養（前出）を無殺菌土壌に 2.5% の割合で混合する。これを腰高シャーレ（径 9 cm，高さ 9 cm）に入れ，ふたなしでガラス室のベン



第 1 図　1～2　Whitney and Parmeter の方法によって WA 上に形成された *Ceratobasidium* sp. の子実層．
白い斑点が子実層で，この部分をみると，球形の担子柄，小柄，担子胞子が形成されているのが観察される．ただし，この胞子は未熟．
3～5　土壌法によって形成された *R. solani* の子実層．
斑点として形成される場合や薄膜状に形成される場合があり，菌群あるいは菌株によって形成状態は異なる．これを取ってみると，担子柄，小柄，担子胞子が形成されているのが観察される．なお，写真 2 と 5 では倍率が異なっている．

チの上に置く。乾燥しないように毎日水をやる。

子実層は土壌の表面に5～21日で形成されはじめ，5～7日間続く。土壌表面が平らでなく，土塊のあったほうが形成によい。トウモロコシ砂培養の混合率を2.5%から5%に増加した場合，形成は若干劣った。土壌に菌糸片を接種しただけでは形成はよくない。上記土壌はWaite Institute soil*であるが，これを1気圧，1時間高圧殺菌して用いたり，代わりにWest Coast soil**を用いたりすると，形成しなかった。夏（平均最高気温35°C，同最低18°C）及び冬（同最高18°C，同最低10°C）のガラス室，あるいは24°Cの土壌恒温槽でも胞子は形成された。

2 Stretton ら (1964) の方法

培地と手順：供試菌株を9 cmのペトリ皿のPMDA上で7～10日間培養する。①フタを取って約1 cmの厚さに土壌を重層して，実験台の上に置く。あるいは②培養を小刀で切り刻むか，砂とともに磨砕して土壌に混合する。混合比は300 gの土壌に対して約30 cm²の培養とする。この接種した土壌は，プラスチックコップまたは紙コップに入れ，実験台の上に置く。①，②ともに乾燥しないように毎日1～3回水をやる。通常3～14日で子実層が土壌表面に形成される。

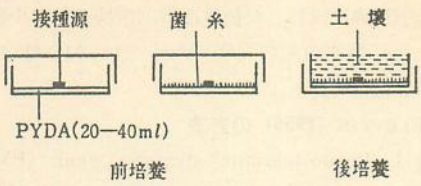
土壌には既に*Rhizoctonia*が存在する可能性があるので，71°Cで30分殺菌して用いる。この程度の殺菌処理では，胞子形成が阻害されることはない。胞子形成は，1日12～16時間の照明，光の強さ10～440 ft-c，温度20～30°C，気中湿度40～60%で良好である。

V 土壌法についての検討

以上述べた各種の方法のうち，比較的安定に，また，供試菌株の多数で子実層が形成される方法は，土壌法である。そこで，この方法についての筆者の検討結果（生越，1976）を記す。胞子形成の難易は菌種，菌群ばかりでなく，菌株によっても異なる。したがって，できるだけ多数の分離株について試みることが必要である。

1 土壌法の基本的手順（第2図）

ペトリ皿の寒天培地に供試菌株を培養する（25°C，または室温）。これを前培養とする。菌叢がペトリ皿の全面に広がったとき，その上に約1 cmの厚さに土壌をのせる。土壌は5 mmのフルイを通して用いる。土壌が飽和するまで水を加え，ふたをせず，室内の散光下に置く。



第2図　土壌法の手順

土壌が乾燥しないよう，毎日水を補給する。これを後培養とする。

2 前培養の培地

基本培地はPYDA (Potato-yeast extract-dextrose agar) である。200 gのジャガイモを細かく切り，水道水1 l中で，85～90°C，30分間加熱する。ろ過した後，ブドウ糖20 g，寒天20 g，酵母エキス0.5 gを加え，水を足して1 lとする。0.5 kg，20分間高圧殺菌する。培地はそのまま，あるいはpH 4.5～5.0に調整して用いる。

i）培地の量は少なくとも9 cmペトリ皿当たり20 mlはあったほうがよい。少ないと後培養の間に培地が乾燥して，菌が土壌中を十分生育しなくなることがある。

ii）酵母エキスの代わりに，ペプトンを用いてもよい。いずれも濃度が高く（0.5～1.0%）なるほど形成はよい。

iii）ブドウ糖の濃度は一般に2%も必要ではなく，菌株で異なるが，無添加か0.5%のほうがよいものが多い。

iv）前培養の培地はこのほかにも種々工夫されており，筆者の成功した例として，殺菌したインゲンの莢をペトリ皿に入れ，WAを注ぎ，この上に菌を培養した後，土壌をのせて後培養に移す（Parmeter ら，1967），あるいは殺菌ろ紙を希釈した酵母エキス加用のCzapek-Dox培地とともにペトリ皿を入れ，これに菌を培養した後，土壌をのせる（Warcup and Talbot, 1965），などがある。

3 後培養の条件

i）これまで胞子形成の最も良かった土壌は西ヶ原心土（火山性土壌，腐植に乏しい粘土質褐色土）であるが，このほか，北海道大学農学部ほ場土（沖積土，腐植に富む埴壌土），北海道農業試験場てん菜部ほ場土（腐植にすこぶる富む火山灰壌土），北海道網走市の土壌（火山灰，砂壌土），同本別町の土壌（沖積土，砂壌土）でも形成がみられている。しかし，一般に，重く粘土質に富む土壌が好適であるとされている。土壌は前述した理由から，軽く殺菌処理して用いたほうがよい。また，菌株によっては素焼鉢の破片でも形成するものがある。

ii）土壌の上に薄くカーボランダムをまいておくと，

* 赤褐色微砂質壌土，ほ場容水量20～22%，pH 6.5．類似の性質を持つ土壌で代用できる．

** くすんだ褐色の石灰質砂壌土，ほ場容水量20%，pH 8.9.

子実層はその上に形成され，観察するとき菌体に土壌粒子が付着せず，きれいな材料が得られる。

iii）気温 15～30°C，気中湿度 30～95% で，早いものは2日，遅いものは 10～14 日後から子実層を形成する。原因は不明であるが，春から夏にかけて形成がよいのが経験される。

iv）通気があったほうがよい。後培養のペトリ皿を置く場所としては，定温器などの中ではよくないのが普通で，窓際の散光下がよい。菌の生育が良くないものは，定温器中で数日培養した後，取り出す。

4　観察法と単胞子分離法

子実層は土壌の上に小さな斑点状あるいは薄膜状に形成される（第1図 3～5）。これをピンセットではぎ取り観察するが，土壌粒子が付着して観察困難である場合が多い。はぎ取った子実層を，蒸留水中できれいになるまで洗う。前述したように，カーボランダムを土壌上にまいておけば，子実層はその上に形成され，きれいな材料が得られる。

土壌の上に形成された担子胞子から，単胞子分離株を得ることは比較的容易である。2%WA を分注したペトリ皿のふたを取り，子実層が形成されている後培養を，そのまま静かに下向きにかぶせて，しばらく放置する。成熟した担子胞子は，担子柄を離れて WA 上に落下する。土粒が落下するのを防ぐために，土壌をある程度湿らせておくとよい。また，後培養をガーゼや細かいナイロンメッシュで覆った後，WA 上にかぶせてもよい。後培養から子実層の形成している土塊を取り，腰高シャーレの底に溶かしたパラフィンで接着させ，これを WA 上にかぶせて，胞子を落下させる方法（本間・宇井，1975）もある。

ペトリ皿の裏面から検鏡し，胞子が適当数落下しているのを確かめた後，20～25°C の定温器で培養し，胞子を発芽させる。実体顕微鏡下で発芽胞子を探し，寒天とともにその部分を切り取り，培地に移す。このとき確実に単一発芽胞子を取るためには，胞子数があまり多くないほうがよい。これは子実層を WA 上にかぶせる時間を調節することによって，適当な胞子数を得る。

単胞子分離株は原則として，単核から出発し，得られた菌株はホモカリオンであり，遺伝的に純粋であると考えられる。しかし，ときには単一胞子に2核が混入し，初めからヘテロカリオンになっている場合がある。遺伝的研究のためには，単胞子分離株に再度胞子形成させて，単胞子分離株を取り，これを必要なだけ繰り返すことによって純系を得なければならない。

VI　*Rhizoctonia* 属菌の胞子形成

1　胞子形成と菌群

R. solani には多数の菌群があることが知られている。そのうちで，AG-1 以外のものは土壌法で胞子形成がみられ，既に報告されている（生越，1976；国永ら，1979）。

2核の *Rhizoctonia* にも多くの群があり，そのほとんどの群で土壌法により胞子形成がみられる（生越ら，1979）。西川・宇井（1976）はラン科植物から分離した *Rhizoctonia* 6 菌株について，土壌法で完全時代を観察し，*Ceratobasidium cornigerum* とした。また，鬼木・酒井（1978）は *R. oryzae* の完全時代を土壌法によって発見し，*Waitea circinata* とした。

このように土壌法は，*Rhizoctonia* 属及びその近縁の属の完全時代観察のために，非常に有効な方法である。

2　胞子形成の推移

胞子形成に光が影響していることは，多くの報告から知られるところであるが，昼夜の周期の中でいつごろ胞子が形成されているのであろうか。*R. solani* の胞子形成を始めた子実層から，1時間ごとに胞子の落下量を調べた結果は，次のとおりであった。すなわち，胞子形成は15時ごろから開始され，20～21 時ごろにピークに達し，後は低下の一途をたどり，翌日 12 時ごろにはほとんど落下しなくなった。ピークの若干遅れる菌株もあった。しかし，胞子形成が夜間に多く，昼間は少ないことを示している。内藤・杉本（1979）はテンサイ畑の胞子飛散を調べた。胞子飛散は 21 時ごろより増加し始め，夜半過ぎに最高になり，明け方には激減する。昼間はほとんど見られなかった。室内実験とは条件も異なり，若干時間的ずれがあるものの，一般的経過は一致している。

主な引用文献

Carpenter, J. B. (1949) : Phytopathology 39 : 980～985.

Flentje, N. T. (1956) : Trans. Brit. mycol. Soc. 39 : 343～356.

Hawn, E. J. and T. C. Vanterpool (1953) : Can. J. Bot. 31 : 699～710.

本間善久・宇井格生(1975)：北大農邦文紀要 9：177～186.

Kotila, J. E. (1929) : Phytopathology 19 : 1059～1099.

――― (1947) : Jour. Agr. Res. 74 : 289～314.

国永史朗ら (1979)：日植病報 45：207～214.

内藤繁男・杉本利哉 (1979)：同上 45：117.

西川恒彦・宇井格生 (1976)：日菌報 17：77～84.

生越　明 (1976)：農技研報 C 30：1～63.

————ら (1979)：日植病報 45：117.
鬼木正臣・酒井隆太郎 (1978)：同上 44：348～349.
PARMETER, J. R. JR. et al. (1967)：Phytopathology 57：218～223.
STRETTON, H. M. et al. (1964)：ibid. 54：1093～1095.
WARCUP, J. H. and P. H. B. TALBOT (1962)：Trans. Brit. mycol. Soc. 45：495～518.
WHITNEY, H. S. and J. R. PARMETER, JR. (1963)：Can. J. Bot. 41：879～886.

本会発行新刊図書

ダイズ病害虫の手引

1,300 円　送料 160 円

B 5判　222 ページ　　タイプオフセット印刷

水田利用再編対策で注目をあびてきたダイズの病害虫について 19 名の専門家により執筆・解説されたダイズ病害虫の手引書

内 容 目 次

ダイズ病害虫の特性
　害虫，病害
ダイズ病害虫種類別解説
　害　虫
　　タネバエ，ダイズネモグリバエ，ダイズクキモグリバエ，ダイズサヤタマバエ，タマナヤガ，カブラヤガ，ハスモンヨトウ，キタバコガ，ツメクサガ，ヨトウガ，ウコンノメイガ，マメヒメサヤムシガ，マメシンクイガ，シロイチモジマダラメイガ，フタスジヒメハムシ，ヒメコガネ，ダイズアブラムシ，ジャガイモヒゲナガアブラムシ，マルカメムシ，吸実性カメムシ類，ダイズシストセンチュウ，ネコブセンチュウ類，ネグサレセンチュウ類
　病　害
　　モザイク病，萎縮病，ダイズわい化病，紫斑病，黒とう病，ダイズさび病，菌核病，立枯性病害，べと病，炭そ病，葉焼病
ダイズ病害虫地域別防除指針
　北海道地域，東北・北陸地域，関東・東山・東海地域，近畿・中国・四国地域，九州地域
付　表
　適用農薬一覧，品種一覧

お申込みは前金（現金・振替・小為替）で本会へ

本会発行図書

野 そ 防 除 必 携

野鼠防除対策委員会　編

A 5 判　104 ページ　**900 円　送料 120 円**

野そ防除に関する事項を 1 冊にとりまとめた講習会のテキストなどに好適な書。

内 容 目 次

第 1 章防除　　野そとは，防除の目的と手順，防除計画
第 2 章そ害発生調査　　そ害の実態調査，そ害発生環境調査，生息調査
第 3 章駆除　　殺そ駆除法，環境駆除法，忌避駆除法，駆除時期，効果判定，駆除が失敗する原因
第 4 章そ害の発生防止　　そ害発生防止の手段，ネズミの減少率と復元期間
参考資料　　野その種類と習性，ネズミの一生，ネズミの感覚，ネズミの鑑定標本とその用語，ネズミの生息数推定法，発生予察，省力試験の実例，最近の被害例，殺そ剤小史，殺そ剤のイタチに対する二次毒性試験成績，野鼠防除対策委員会，主要参考文献

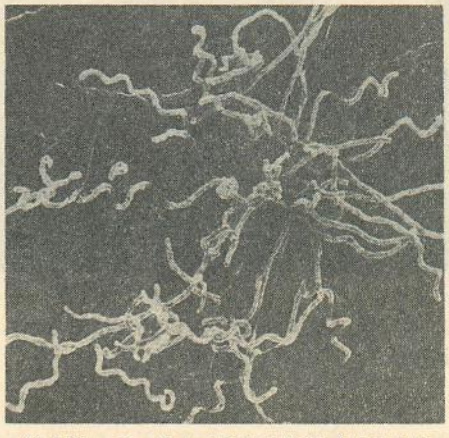
お申込みは前金（現金・振替・小為替）で本会へ

ジャガイモそうか病菌の胞子形成培地と菌の長期保存法

福島県農業試験場　松本和夫

ジャガイモそうか病菌 *Streptomyces scabies* (THAXTER) WAKSMAN et HENRICI* は，ジャガイモの塊茎表面に皮目を中心に茶褐色の円形ないし不整形の病斑を，更に感染が進むと陥没または隆起した病斑を形成する。感染個所が多いと塊茎表面はこのような病斑で覆われる結果あばた状となる。病斑部の深さは数 mm であり，収量に大きな影響はないが，その外観から品質を著しく低下させる重要病害である。ジャガイモのほか，ハツカダイコン，テーブル・ビート，テンサイ，フダンソウ，ニンジン，カブなどの根菜類に発生が認められている。

本病菌は第1図に示すように非常に繊細な菌糸（幅



第1図　ジャガイモそうか病菌（走査電顕，約 1,400 倍）

0.5 μ 程度）を持つ放線菌で，ら（螺）線状の胞子鎖を持つのが特徴である。土壌中に存在しているから，病斑部や土壌から本病菌を分離するための選択培地の研究が数多くなされているが，胞子形成培地として特に検討された報告はないようである。筆者は前任地（中国農業試験場）において本病の防除研究に当たり，試験場内に発病ほ場を作る必要から胞子形成培地を検討したので紹介する。

* 本病については，数種の *Streptomyces* 属菌が関与している[5]との報告があり，*Bergey* の manual[1]においても検討を要するとされている．また，本病原菌に生理的分化があることについても数多く報告[5]されている．したがって，本病原菌の学名については，更に詳細な研究の必要があるが，ここでは従来の本病菌名を採用しておく．

I　胞子形成培地

胞子形成培地として種々検討した結果，現在では第1表の組成の培地を採用している。

第1表　ジャガイモそうか病菌胞子形成培地の組成

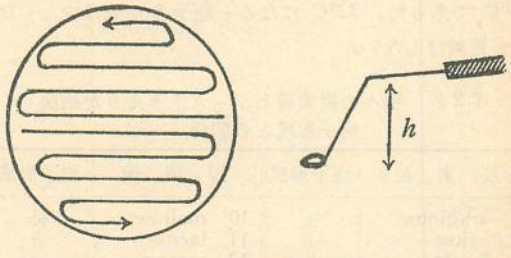
10% KH_2PO_4	1 ml
10% $NaNO_3$	1 ml
10% KCl	1 ml
10% $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	1 ml
soluble starch	10 g
sucrose	1 g
yeast extract (powdered)	1 g
agar (powdered)	18 g
distilled water	1,000 ml
pH 8 (NaOH 液で調整する)	

これは，本病菌の分離のために選択培地を検討した結果，雑菌を抑制して選択分離が容易で，しかも，本病菌の生育が比較的よいと考えられた KENKNIGHT, G. et J. H. MUNCIE[3]の選択分離培地を基本に，胞子形成の多い培地に改良を加えたものである。胞子形成に最も強い影響を持つものは炭素源であり，検討を加えた結果（後述）上記組成とした。

II　培　養　法

上記組成の胞子形成培地を平面培地または斜面培地とし，常法により表面に病原菌を塗抹接種すればよい。

胞子を多量に得る場合は，ペトリ皿に平面培養した菌（接種源）を作っておき，第2図に示すような白金耳（ニクロム線で作る）で，接種源をかき取ってバクテリアの培養操作と同様にペトリ皿の中央より上，下端に向かって培地の表面を塗抹すればよい。この方法はペトリ皿を



第2図　ジャガイモそうか病菌培養操作の模式図（塗抹法と白金耳）

上下に回転（細菌学実習提要[2]）する必要がなく，操作が簡単で迅速に行うことができる。白金耳の高さ（図中の h）は使用ペトリ皿の深さより少し高くする。

III 胞子形成に影響する要因

1 通 気

本病菌は好気性菌であるから，空気（酸素）の流通，交換（aeration）が行われる必要がある。試験管の斜面培地にあっては綿栓がよい。シリコセン（シリコン・ゴム・スポンジ栓）など空気の流通の少ない栓では本菌は生育しない。綿栓の斜面培地は培地の乾固が早いから，筆者はそれを避けるため斜面培地に十分胞子形成がみられた後，綿栓を乾熱殺菌したシリコセンに取り換えて，培地の乾固を防いで保存している。更に長期保存には後述する方法がよい。

2 湿 度

湿度が高い場合，あるいは培地表面が水分でぬれている場合は本菌の生育，胞子形成が悪い。これは菌体表面が水分で覆われ，通気が悪くなるためと考えられる[9]。

3 pH

本菌の生育する pH の範囲は pH 5～12 であるが，本培地における胞子形成の多い範囲は pH 8～8.5 であった。したがって，胞子形成培地は NaOH 液で pH 8 に調整しているが，pH 7～9 の範囲では大きな差はない。

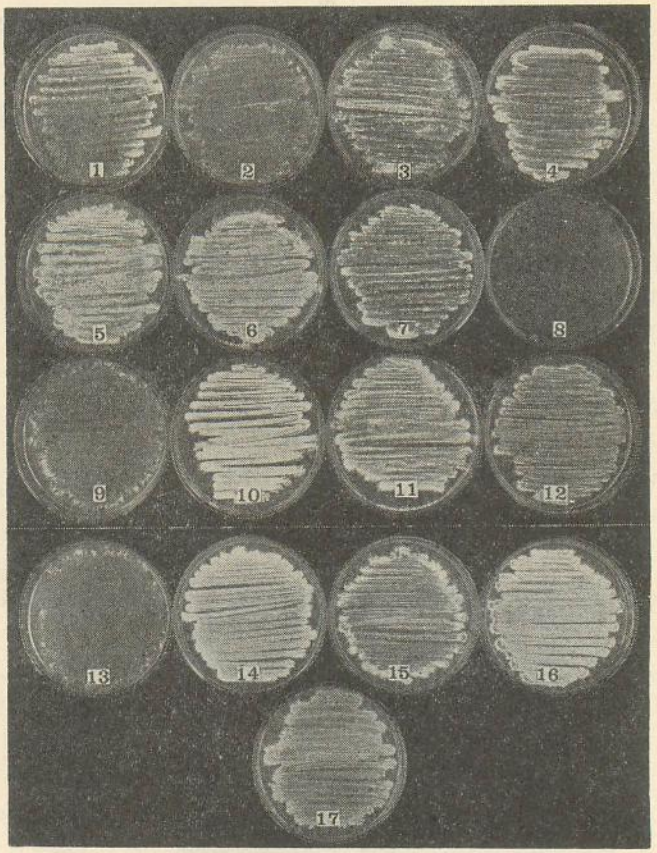
4 培養温度

5°C では生育しない。10°C では生育するが胞子形成はみられない。菌の生育，胞子形成ともによい温度は 26°C であった。32°C になると胞子の形成は少なくなるが死滅はしない。

第2表 種々の炭素源とジャガイモそうか病菌胞子形成との関係

炭 素 源	胞子形成	炭 素 源	胞子形成
1. arabinose	±	10. maltose	###
2. xylose	+	11. lactose	###
3. fructose	++	12. sucrose	###
4. glucose	++	13. trehalose	±
5. galactose	##	14. soluble starch	###
6. mannose	##	15. inulin	++
7. fructose	++	16. dextrine	###
8. solbose	−	17. glycerine	+
9. inosite	±		

1～9：単糖類，10～13：複糖類，14～16：多糖類．



第3図 種々の炭素源とジャガイモそうか病菌胞子形成との関係(図中の No. は第2表の炭素源の番号に符合する．14 日間培養後)

5 炭素源

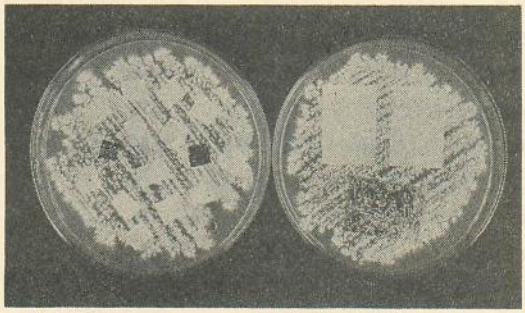
本菌の生育，胞子形成には炭素源が最も大きく関与している。Actinomycetes の分類の基準に炭素源の利用[4,8]が用いられているほどである。炭素源を検討（上記組成の培地に glucose 10 g/l に相当するC量，すなわち炭素量として4 g を加用して比較）した結果，第2表のとおりで，胞子形成は多糖類＞複糖類＞単糖類の順であった。多糖類，特に soluble starch, dextrin が最もよく，次いで maltose, lactose, sucrose（複糖類）＞ galactose, mannose（単糖類）であった。solbose は全く生育せず，arabinose, inosite, trehalose は生育，胞子形成ともに劣った。菌の生育，胞子形成状況は第3図（図中の数字は第2表の炭素源の番号と符合する）に示すとおりである。

IV 胞子の長期保存法

放線菌の長期保存については多くの方法[7,10]があるが，簡便な次の方法（ろ紙片培養—乾燥冷蔵法）を考案

した。

上記組成の胞子形成培地で平面培地を作る。このとき溶解した培地を熱いうちに平面培地とし，培地表面に凝結水が多くできるようにする。Ⅱで述べた方法で培地表面に病菌を塗抹接種する。接種した培地表面は，接種した菌と凝結水でぬれた状態になるのがよい。この接種した培地面に約 1～2 cm 角に切って乾熱殺菌しておいたろ紙片（定性用，定量用ろ紙のいずれでもよい）を置く。ろ紙片は凝結水を吸って培地表面に密着する。凝結水が不足のときは，ふたに付着している凝結水を吸い取らせて接種面におけばよい。この状態で 26～28°C の定



第 4 図　ジャガイモそうか病菌長期保存のための胞子形成法（培養 17 日目）

温器に入れ培養する。約 15～20 日後に第 4 図に示すように培地，ろ紙表面に胞子が十分形成される。殺菌したピンセットでろ紙片をはがし，殺菌したペトリ皿などに入れ，更に乾燥用シリカゲルを入れた円筒ケースなどに収容し，ビニール・テープで密封して冷凍庫または冷蔵庫で保存する。培養するときは保存ろ紙片をピンセットで取り，平面培地表面をなで（塗抹）培養すれば再び菌そう（胞子）が得られる。この方法で，筆者の所では 4 年半以上保存しているが，胞子の発芽力の低下はみられていない。冷凍庫（−20°C），冷蔵庫（5°C 程度）保存では前者が勝るが，大きな差はみられていない。室温保存では 20 か月ごろより発芽力の低下が認められた。第 4 図は培地，ろ紙片上における胞子の形成状態を写真で明示するため，墨汁で黒く染色したろ紙片をおいて形成状態を分かりやすくしてある。本法ではろ紙片には雑菌の栄養となる培地成分は少なく，乾燥冷蔵のため保存中雑菌で汚染されることは全くなかった。なお，胞子形成させた斜面培地を流動パラフィンを入れて保存してもよいが（3 年間保存しても異常がなかったが，ろ紙片—乾燥冷蔵法より貯蔵後の生育，胞子形成は劣った），上記の方法が簡便であろう。

V　発病ほ場の作り方，病原性の検定

本胞子形成培地で平面培養した菌を，培地ごとミキサーで細断し，水で希釈してジャガイモの植え溝に灌注して容易に発病ほ場を作ることができた。

病原性の検定に当たっては，ジャガイモの表面に傷を付け，菌を接種して湿ったバーミュキュライトの中に埋めて感染をみる方法[6]もあるが，十分な感染（典型的な病斑）がみられないので，本法によって殺菌土壌を入れたポットなどに接種し種イモを植えて病原性をみるほうが確実である。

引　用　文　献

1）Buchanan, R. E. and N. E. Gibbons edited (1974) : Bergey's manual of determinative bacteriology. 8th ed. 1246 pp. The Williams and Wilkins Co., Baltimore.

2）伝染病研究所学友会編（1956）：細菌学実習提要 511 pp. 丸善，東京.

3）KenKnight, G. and J. H. Muncie (1939) : Phytopathology 29 : 1000～1001.

4）Krassilinikov, N. A. edited (1974) : Biology of selected groups of Actinomycetes. (Biologiya Otdelnykh Grup Actinomitsetov. (1965)) Translated from Russian, U. S. Dept. of Agr. 618pp.

5）Labruyère, R. E. (1971) : Common scab and its control in seed-potato crops. Meded. Inst. Plziektenk. Onderz. 575 : 72 pp.

6）Lawrence, C. H. and W. G. Barker (1963) : Nature 199 : 509～510.

7）根井外喜男編（1978）：微生物の保存法 433 pp. 東京大学出版会，東京.

8）Pridham, T. G. and D. Gottlieb (1948) : J. Bact. 56 : 107～114.

9）Sanford, G. B. (1926) : Phytopathology 16 : 525～547.

10）Shinobu, R. and I. Yamazumi (1976) : 日菌報 17 : 132～139.

新刊紹介

『行動からみた昆虫』

II 「昆虫の神経生物学」

立田栄光・三村珪一・冨永佳也・小原嘉明　共著

定価　2,500 円

A5判　272 ページ

培風館　発行

(東京都千代田区九段南4の3の 12)

今までに昆虫の一般生理を解説した書は幾つか出版されているが，そのいずれもが内分泌制御ないし化学生態学への傾斜の強いものであり，神経生物学的領域はいわばそれらの盲点となっていた。本書はかかる従来の偏向を解消し，昆虫神経生物学の研究成果の普及に大きく貢献するものとして高く評価されよう。また，「行動からみた昆虫」というシリーズの一冊であることからも分かるように，常に「行動」を原点として書かれていることも本書の大きな特徴である。

構成は，昆虫の神経系 —その構造と機能— (立田栄光)，昆虫の感覚生理 (三村珪一)，感覚器の微細構造とホタルの発光生物学 (冨永佳也)，行動の組み立て，解発，切り換え (小原嘉明) の4章からなっている。第1章では昆虫の神経系の構築とその一般生理が述べられ，第2章では行動の解発刺激の入力部位としての感覚器及びより上位の神経系における感覚情報処理機構について解説されている。第3章，第4章では最終的に現れる行動を，特定の感覚入力によってトリガされる定型的運動様式の連鎖として理解し，neuroethology 的解析を試みている。いずれの章も第一線で活躍している研究者の執筆だけあって内容豊富である。

しかし，幾つかの難点のある事も否めない。まず第一に問題となるのは，innate な行動の基盤となっている定型的出力様式がいかにして形成されるのか，という決定的問題が全く論及されていないことである。言うまでもなく一つの行動は，解発刺激入力→感覚情報処理→運動性出力形成→筋への運動出力という順序で引き起こされる。本書では第2章で感覚情報の処理機構についてかなり突っ込んだ分析が与えられ，また運動出力の驚くほどの定型性が第4章で強調されているにもかかわらず，これら入出力の媒介過程については等閑に付されている。確かにこの部分は研究上非常に“厄介な”ところであろう。しかし，neuroethology にとっては結節点的重要性を持っている。70 年代に入って従来ブラックボックスであったこの領域に，細胞内記録と染色によりメスが入れられ，現在既に幾つかの興味ある事実が明らかになっているので，その解説が是非欲しかった。例えば Pearson ら (1975) は，ゴキブリが歩行する際にみられる肢の拮抗筋支配運動ニューロン間の相反的活動が，胸部神経節内の非スパイク性介在ニューロン群によって創り出されることを明らかにし，その介在ニューロンをコバルト染色で染め出している。類似の非スパイク性介在ニューロンはその後 Burrows ら (1976) によってバッタの後胸神経節中にも見いだされた。このニューロンを直接脱分極させると，後肢の屈筋ニューロンに過分極が，伸筋ニューロンにスパイクが生じ，バッタの抵抗反射の発現に一役買っていることが明らかにされた (Burrows, 1979)。これらの非スパイク性ニューロンは，純生理学的見地からもはなはだ興味深いものである。このほか，Burrows らは胸部神経節の同定された運動ニューロンに微小電極を刺入して多大の成果を挙げている。この line の仕事に本書ではわずかに一ページほどしかさかれていない (p. 32) のは実に淋しい。また，これまでの記述からも察せられるように，直接行動とかかわっている数多くの運動ニューロンや幾つかの介在ニューロンが既に同定され，その生理学的特徴が明らかにされている。個々の同定されたニューロン間でのシナプス形成の変異 (有無) までが，形態学的，生理学的の両面から追跡されるところまできている (Pearson ら，1979)。行動と直接関係のない神経系の外部形態の羅列 (第1章) よりは，これら同定されたニューロンに関する知見をまとめることのほうが有益ではなかろうか？

本書の第2の難点は，純粋に構成上の問題である。つまり，神経系の形態の一応の記述が第1章で与えられた後，感覚系の機能的 (電気生理学的) 解析 (第2章) をはさんで，再び感覚器の微細構造の記述がホタルの話と一緒に登場する (第3章)。この配列はいかにも不自然である。構成上のまとまりの悪さは，日本での共同執筆の常であるが，もう少し統一できないものだろうか？

本書はその対象を「行動」にしぼっているため，「昆虫の神経生物学」と称し得る領域のうちの幾つかの部分は，必然的にその記述から外されている。すなわち，個個の神経細胞素子の興奮のメカニズムやシナプス伝達の生理及び薬理，効果器の機能などがそれである。これらの積み残された部分をカバーするような，昆虫神経生物学のもう一つの著書の出現を期待したいところだ。

以上，随分批判的なものとなったが，それもこの本が良書なればこそである。同学諸氏の御一読をお勧めする。

(三菱化成生命科学研究所　**山元大輔**)

『行動からみた昆虫』

III 「昆虫時計」

千葉喜彦・宇尾淳子・大島長造・正木進三　共著

定価　2,200 円

A5判　224ページ

培風館　発行

（東京都千代田区九段南4の3の12）

「行動からみた昆虫」シリーズ4巻の1冊として「昆虫時計」が出たのは嬉しい。同名の SAUNDERS の大著「Insect Clocks」が出て間もないが，本書はもちろんその訳書ではなく，我が国を代表する4人の専門家の共著である。

第1章は序章，第2章は「時計の性質と概日リズム」と題され，共に千葉が担当している。氏は4年前，「生物時計」を世に問うて広く時計への関心を高める大役を果たしたが，ここでは自身で長く扱ってきた蚊を中心に，専門の生態学的観点から解説している。問題の出発点は常に自然界に有りとの立場を堅持し，野外と実験室や個体と個体群の問題を述べ，入門者へのリズム一般の解説になるような考慮も払われている。次いで「当然気になるのがリズムの具体的なしくみである」として，以下の章へと導かれる。しかし，実際にはこの具体的仕組みについて，現在のリズム学の最新の解説に欠けるという感じを受ける。実体が何も分かっていない現状では止むを得ないのであろうが，物質的基礎に立った，例えば生化学的記述がどこにも出てこないからである。

第3章は「時計の構造」。宇尾によるゴキブリの脳神経系の実験形態学的仕事は，10年以上を経てなお生彩を放っている。ただ，その後目立った進展がない為に，既に関係の仕事からきれいに身を引いた著者が，まだこの分野を担当せざるを得ない現状が残念にも思われる。評者には，むしろその後の発展についての適切な批判を交じえた紹介が興味深い。特に，「より進化の度の低いゴキブリやコオロギだけが，脊椎動物の進化の頂点に立つ哺乳類とよく似た時計構造――光受容器は複眼に，時計の本体は解剖学的に隔たった視葉にある――をもち，無脊椎動物の進化の頂点に立つ完全変態型の昆虫がむしろ原型的な形の時計――脳のどこかの細胞が光受容器と時計を兼ねている――をもっていると考えられる」としている点，また PITTENDRIGH も述べていたと思うが，「完全変態昆虫では複眼が完全に出現するのは，生涯のほとんど最終の時期であるが，概日リズムの発現は生涯の最初から見られる。光受容機構と時計機構が劇的に変化してはまずいので，変態により影響を受けない原始的とも思われる時計機構を生涯維持しているのではないか」との記述が印象に残った。

第4章は「時計の遺伝」。大島のショウジョウバエではゴキブリのような外科手術は無理だが，豊富な突然変異とマーカーを武器に現在進行中の仕事が紹介されている。ショウジョウバエの時計については PITTENDRIGH の輝かしい業績があるが，それに欠けていた遺伝学的解析ということで興味深い。騒音と時計の話も世界に類例がない。この分野では，薬品で突然変異を作り，時計遺伝子の染色体上の座位を決めた BENZER らの仕事が光っているが，多くの系統を扱わねばならない遺伝学的解析の困難さも納得させられる。

先に機構論についての不満を述べたが，第5章を受け持った正木が，「光周時計」のタイトルから想像される「種」の適応上の問題を超え，またコオロギ類などの膨大なデータに基づく自身の論理もはしょって，一般には分かりにくい多くの時計モデルを積極的に整理し，かなり分かりやすく一つのストーリーとして解説してくれているのが有難い。ここに氏の時計に対する並々ならぬ情熱と執念を読み取ることができる。本書を通じて読者は，昆虫の時計がまだまだ謎に包まれていることを知り，それだけに大いに興味をそそられるか，あるいはここまでしか分かっていないのか，との印象を持たれると思う。いずれにしても，この分野での日本のレベルを示す好著と言えよう。

最後に，時計がゾウリムシからヒトまで，もちろん植物をも含むすべての真核生物に共通した性質であることを考えると，「昆虫時計」という言い方には若干の抵抗を感じる。あくまで「生物」時計が目標で，昆虫はその好材料・好例という見方をしたい。単純な系を求めれば当然単細胞生物を材料とすることになるが，昆虫は単純さを残しつつも脳神経系を持った小システムであり，また多様性のゆえに生態，適応上の面でも興味が尽きない。最近では哺乳類のホルモンや酵素などのサーカディアン変動を記した論文が圧倒的に多い。これらは具体的物質を扱っており，説得力がある。しかし，その多くは時計がかかわる複雑な系の中の中途の現象を追っているだけで，「時計のおおもとは何か」という問題意識は感じられない場合が多い。その点本書の著者をはじめ昆虫を扱う研究者には，このおおもとの時計の姿を求める意気込みが感じられ，これが何とも嬉しい。

（玉川大学農学部　**佐々木正己**）

『行動からみた昆虫』

IV「種の生活における昆虫の行動」

日高敏隆・奥井一満・森本尚武・守本陸也・広瀬義躬・提　千里　共著

定価　2,300円

A5判　198ページ

培風館　発行

（東京都千代田区九段南4の3の12）

本書は“行動からみた昆虫”シリーズの「昆虫行動の化学」,「昆虫の神経生物学」,「昆虫時計」に続く最終巻に当たる。昆虫行動の研究と言えば，方法論的には細分化（個体）と総合化（集団）の二面を持つ科学であり，対象としてすぐ頭に浮かぶものは行動遺伝学で華やかなショウジョウバエ，社会性昆虫のミツバチ，アリであろう。ところが，本シリーズに現れる昆虫は実に多種多様，その行動も当然さまざまであって，その意義を解析することは決してやさしいことではない。しかし，言うまでもなく，昆虫のさまざまな行動は，それぞれ複雑な形で種の維持に関係している。このシリーズは，この分野における今日までの知見をとりまとめて解説した，定本的意義を持つ本として我々の望んでいたものである。

まず，日高敏隆氏による序章で総括的に，種の生活という観点から見たそれぞれの行動の意義及びその評価が述べられているが，以下の章に書かれているハイライトを引用しながらの論述に，氏の深い思索がうかがわれる。

第2章は奥井一満氏によって，オドリバエ，ガガンボモドキ，シリアゲムシなどに見られる「婚姻贈呈的な行動」（婚姻贈呈＝nuptial gift）と言う手の込んだ配偶行動について述べられている。これは雄から雌へなんらかの形で彼女の好むものを贈呈する行為が配偶行動の重要な部分を占めるというものであるが，そのすべての意味は必ずしも明らかでないと指摘されている。

第3章は森本尚武氏によるところの「集合行動の適応的な意義」であって，言うまでもなく多くの害虫に認められる若令期幼虫の集合，中・老令幼虫の分散行動は，防除に大きな関連を持っている。本章では特に幼虫期の行動を中心に，その昆虫にとって集合行動が持つ効果，集合の形成や維持にかかわるフェロモン，同時孵化性などの問題が要領よくまとめられている。

第4章は守本陸也氏による「アシナガバチの社会行動」である。フタモンアシナガバチを中心に，本種が優劣行動に基づく個体間の順位制により社会の秩序維持が成り立っているというくだりは，ミツバチの場合とは異なる社会構造としてソシオバイオロジストの興味を引く問題であろう。

第5章は広瀬義躬氏により「寄生行動の生態学――寄生バチの場合――」について述べられている。ハチが寄主を発見し寄生を完成させなければ種の存続はできないという宿命を持ちながら，今日多様な習性を持ち多種類の昆虫を寄主とするハチと被寄生者のストラテジーの仕組みの面白さが理路整然と述べられている。

最後の章は堤　千里氏の「原始的昆虫の行動と生活――イシノミ類を中心として――」となっている。我が国ではこの分野の研究者も著書も少ないこの昆虫について，生態一般の解説がなされていて，読者の理解を助けるのに役立っている。ところで，これら原始的無翅昆虫の生殖法は間接受精である点が交尾を行う有翅昆虫と明らかに異なるわけであるが，イシノミが精子の受け渡しの前後にとる配偶行動は意外にも多様で，敏しょうな個体相互のかかわりにより非定形的に行われ，そのことがかえって行動全体として非能率的であり，受精成功率の低下を招くことになる点で原始的と言えるかもしれないという解説は，なるほどと感じた次第である。

巻頭には各章のハイライトに関連したカラー写真が掲げられているが，本文中にも随所に写真，図，表が挿入され，読者の理解を助けるうえで大いに役立っている。専門家だけでなく昆虫に興味を持つ一般の方々にもおすすめする。

（九州農業試験場　井上　斉）

新しく登録された農薬 (54.8.1～8.31)

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。(…日…回は，収穫何日前まで何回以内散布の略)

『殺虫殺菌剤』

NAC・フサライド・バリダマイシン粉剤
NAC 2%，フサライド 2.5%，バリダマイシンA 0.3%
ラブナックバリダ粉剤
14111（武田薬品工業）
稲：ツマグロヨコバイ・ウンカ類（除ヒメトビウンカ)・いもち病・紋枯病：21 日5回，但し，穂ばらみ期以降は4回

BPMC・フサライド・バリダマイシン粉剤
BPMC 2%，フサライド 2.5%，バリダマイシンA 0.3%
ラブバッサバリダ粉剤
14112（武田薬品工業）
稲：ツマグロヨコバイ・ウンカ類・いもち病・紋枯病：21 日5回，但し，穂ばらみ期以降は4回

『除草剤』

DBN 除草剤
DBN 4.5%
カソロン粒剤 4.5
14113（兼商化学工業）
いぐさ：ノビエ・オオアブノメ等の水田1年生雑草及びマツバイ・ミズハコベ

シメトリン・MCPB 除草剤
シメトリン 2.5%，MCPB 1%
パウナックスM粒剤 3.5
14114（日本農薬），14115（三共），14116（北海三共）
稚苗移植水稲：ノビエ等の水田一年生雑草及びマツバイ・ホタルイ・ヘラオモダカ
普通移植水稲：ノビエ等の水田一年生雑草及びマツバイ・ウリカワ

シメトリン・MCPB 除草剤
シメトリン 1.5%，MCPB 1%
パウナックスM粒剤
14117（日本農薬），14118（三共），14119（北海三共）
普通移植水稲：ノビエ等の水田一年生雑草及びマツバイ・ウリカワ
稚苗移植水稲：ノビエ等の水田一年生雑草及びマツバイ・ホタルイ・ヘラオモダカ・ウリカワ

人事消息

森田利夫氏（農蚕園芸局果樹花き課農蚕園芸専門官）は農蚕園芸局植物防疫課課長補佐（防除班担当）に
板垣クニ氏（同上局農産課計画調整班生産計画係主任）は同上課庶務班総務係主任に
武舎修夫氏（農薬検査所総務課課長補佐）は農蚕園芸局総務課監査官に
月澤徳藏氏（果樹試験場総務部庶務課課長補佐）は農薬検査所総務課課長補佐に
大塚幹雄氏（農林水産技術会議事務局調査資料課長）は神戸植物防疫所長に
久貝晃常氏（那覇植物防疫事務所泊出張所長）は那覇植物防疫事務所国際課防疫管理官に
丹羽義夫氏（横浜植物防疫所総務部庶務課長）は農蚕園芸局繭糸課課長補佐（庶務班担当）に
板井澄子氏（農蚕園芸局植物防疫課庶務班総務係主任）は同上局蚕糸改良課庶務係主任に
岩本　毅氏（同上課課長補佐（防除班担当））は東北農政局企画調整室長に
菅原敏夫氏（科学技術庁振興局国際課長）は農林水産技術会議事務局調査資料課長に
伊藤茂郎氏（神戸植物防疫所長）は退職
小林正英氏（東京都農林水産部農芸緑生課長）は退職
仲宇佐達也氏（東京都北多摩農業改良普及所長）は東京都農林水産部農芸緑生課長に
住友商事株式会社は農薬部（東京精密化学品部農薬第一課，同第二課，大阪精密化学品部農薬を包摂）を新設，事務所を東京都千代田区神田錦町3丁目11番1号(住友商事錦町ビル）［郵便番号 101］へ移転

次号予告

次 11 月号は下記原稿を掲載する予定です。

薬剤耐性菌問題の現状—水稲—　山口　富夫
—野菜—　西　泰道
—果樹—　山口　昭
Encarsia formosa によるオンシツコナジラミの生物的防除　矢野　栄二
オンシツコナジラミで伝搬される「キュウリ及びメロン黄化病」　吉野正義他
原産地にイネミズゾウムシを訪ねて　岸本　良一
キジバトの加害習性と対策　阿部　禎
植物防疫基礎講座
変色米の原因となる *Curvularia* 属菌の見分け方　椿　啓介

定期購読者以外の申込みは至急前金で本会へ
頒価改訂1部　400 円　送料 29 円

中央だより

—農林水産省—

○地方農政局植物防疫係長会議開催

8月30日，食品安全対策事業にかかわる地方農政局担当者会議が食品流通局第2会議室において開催された。

本会議の目的は，9月1日から実施される食品安全対策事業の農産物・畜産物安全対策業務の進め方について担当者の意志統一を図るところにあり，地方農政局より流通指導官，植物防疫係長，畜産経済係長が出席した。主催者である食品流通局から事業開始の経緯の説明のあと，農産物関係では，本年度の調査対象となる作物の作期，農薬の商品名と一般名の取り扱い方及び関係文書の管理方法等に対し活発な討議が行われた。

31日，農産物の分科会ということで，農蚕園芸局第1会議室に会場を移し，植物防疫係長と植物防疫課の各班により会議を行った。

会議は，食品安全対策事業も含めた情報交換会という形式で集められた。

まず，長谷川総括課長補佐から挨拶と昭和55年度予算要求の概要について説明があった。新しい事業である病害虫防除総合対策事業についての細部説明があった後，農薬班関係では，PCNBをめぐる諸情勢の説明，スクレックス代替農薬の登録について及び非農耕地除草剤の法的なつめの進み具合等について説明があった。防除班関係では，病害虫防除所の行監による調査を踏まえた今後の病害虫防除所のあり方についての説明，55年度の発生予察関係予算の配分は実績主義で行う旨の説明があった。

予定の時間もなくなり，昼食をとりながら，会を進め各局との有益な情報交換会を終えた。

協会だより

—本　　会—

○芝草農薬現地研究会を開催す

芝草農薬研究会の54年度事業の一つとして，第3回現地研究会を8月20日静岡県小笠郡菊川町の日本平ゴルフ場菊川カントリークラブで開催した。参集者は約40名であった。午後1時より約1時間内藤　篤委員（草地試）の座長で吉田正義委員（静岡大）が「ガ類による芝草の被害」の講演を行った。続いて吉田正義委員及び服部伊楚子委員（農技研）の解説と指導により，シバツトガ・スジキリヨトウとその被害状況を見学し，夜間には大谷ゴルフ場（静岡市内）で誘蛾燈ならびにシバツトガの飛翔を実見した。

○変色米に関する現地検討会を開催す

病害虫緊急対策研究会変色米部会の54年度事業の一つとして，現地検討会を8月27，28日の両日，石川県下で開催した。参集者は9道県，農林水産省等の関係者30余名であった。

第1日目は，金沢の厚生年金会館で午後1時30分から山口富夫部会長（農技研）の座長のもとで，各担当者から昨年の変色米発生状況と本年の中間成績が報告され，それぞれ検討を行った。変色籾から分離される菌，その越冬，胞子の飛散状況及び発生誘因等について活発な討論が展開された。なお，薬剤散布試験はいずれも継続中で，結果は判明しなかった。

第2日目は，石川県農業試験場笹野市蔵環境部長・石崎久次科長などの案内で県農試の散布試験ほ場，経済連金沢事業所及び石川県米穀株式会社で色彩選別機による変色米選別状況，県砂丘地農試などを見学し現地検討会を終了した。

○少量散布に関する現地研究会を開催す

農薬散布法研究会は，54年度事業の一つとして，8月28～29日，宮城県宮城町で標記研究会を開催した。

第1日目は，宮城県農業センターに委託した，露地野菜害虫に対するトラクタマウント少量散布機による防除効果試験の見学。

第2日目は，於保信彦委員長（果樹試）の司会で研究会が開かれ下記三つの講演が行われた。

1　宮城県におけるきゃべつ害虫の発生と防除上の問題点　　宮城県農農センター　船迫勝男氏
2　少量散布における防除と問題点　　農林水産省農業技術研究所　守谷茂雄氏
3　少量散布機の開発現況と将来　　農業機械化研究所　武長　孝氏

以上の講演を終わり質疑応答と総合討論のあと散会した。参加者約70名。

○鳥獣害に関する現地研究会を開催す

鳥獣害止対策研究会は，54 年度事業の一つとして，第2回現地研究会を9月 13～14 日兵庫県で開催した。

第1日目の研究会は，岩田俊一委員長（農技研）が総合座長になり次の講演が行われた。

座長　農林水産省林業試験場　上田明一氏
1　兵庫県における農作物鳥獣害の現状と対策
兵庫県農業総合センター　山口福男氏
座長　新潟大学農学部　豊島重造氏
2　イノシシの生態
兵庫医科大学　朝日　稔氏
座長　筑波大学　草野忠治氏
3　ムクドリの被害と防除
麻布獣医科大学　宇田川竜男氏
総合討論

第2日目は，宍粟郡一宮町でイノシシ侵入防止電気柵，防護柵やトタンなどを使って防除している現地ほ場を見学した。参加者約 100 名。

○抗植物ウイルス剤現地研究会を開催す

抗植物ウイルス剤研究会の 54 年度事業の一つとして，9月 18～19 日の両日にわたり，熊本県下で第7回抗植物ウイルス剤現地研究会が開催された。府県，農林水産省，専売公社及び会社等の関係者約 120 名が参集した。

1日目は，熊本厚生年金会館で本会明日山秀文理事長，酒寄善兵衛熊本県農業試験場長，興良　清委員長（東京大学）の挨拶ののち，下記五つの講演が行われた。

座長　九州農業試験場　新海　昭氏
1　熊本県におけるウイルス病の発生と対策
熊本県農業試験場　重永　知明氏
座長　専売公社中央研究所　都丸敬一氏
2　九州におけるタバコウイルス病の発生と防除の現況
日本専売公社鹿児島たばこ試験場　日中　行久氏
座長　理化学研究所　見里朝正氏
3　園芸作物のウイルス病対策を調査して
日本植物防疫協会　明日山秀文氏
座長　果樹試験場口之津支場　山田畯一氏
4　カンキツステムピッティング病防除のための弱毒ウイルス利用の現状と問題点
広島県果樹試験場　佐々木　篤氏
座長　植物ウイルス研究所　栃原比呂志氏
5　近頃注目されたウイルス病
東京大学農学部　興良　清氏

2日目は，熊本農試重永和朗部長等の案内で，現地見学のため天草へ向かった。天草郡有明町島子でキュウリ栽培地（露地）を見学した。昭和 41，42 年とウイルス病の大発生で壊滅状態であったのが，品種の変遷，防除対策の成功によって 2 ha に復活したとのことであった。防除にはテープとマルチを組み合わせてアブラムシの飛来を防ぐ方法がとられていた。午後はソーラー測定機，原子吸光など高度な機器とコンピューターシステムを導入して，ミカン栽培に活発な活動をしている三角農協で現況について橋本営農指導員から説明を受け現地見学を終了，午後5時熊本駅で散会した。

○フェロモン利用に関する現地検討会開催

フェロモン研究会は，54 年度事業として，9月 28～29日，佐賀県農業試験場講堂において，標記検討会を開催した。

第1日目　現地検討会
座長　湯嶋　健氏
1　九州における転換畑大豆の害虫―特にハスモンヨトウの発生を中心として
農林水産省九州農業試験場　湯嶋　健氏
2　九州における性フェロモン利用による害虫の発生予察および防除
1）ネギコガ
大分県農業技術センター　北内義弘氏
2）ハスモンヨトウ
宮崎県総合農業試験場　野中耕次氏
鹿児島県農業試験場　深町三郎氏
3　南川副町（現地）における性フェロモン利用によるダイズのハスモンヨトウの防除試験
佐賀県農業試験場　宮原和夫氏

以上の講演のあと，現地大豆 40 ヘクタールを集団栽培している現地（有明海干拓地）見学を行った。

第2日　講演会
座長　石井象二郎氏
「性フェロモンの利用をめぐる諸問題」
1）フェロモン利用をめぐる海外の情勢
農林水産省農業技術研究所　玉木佳男氏
2）発生予察をめぐって
農林水産省九州農業試験場　宮原義雄氏
2　大量誘殺法をめぐって
1）ハスモンヨトウ
愛媛県農林技術センター　橋田信行氏
2）チャノコカクモンハマキ
大塚製薬株式会社　根岸　務氏
3　交信撹乱法をめぐって
農林水産省四国農業試験場　小山光男氏

以上の講演のあと，総合討論を行い閉会した。参加者約 100 名。

○昭和 54 年度各種成績検討会開催のお知らせ

いずれも午前 10 時より開催

☆リンゴ農薬連絡試験成績検討会

10 月 30 日（火）～31 日（水）
11 月 1 日（木）は農林水産省主催の 55 年度りんご病害虫防除暦編成会議
家の光会館（東京都新宿区市ケ谷船河原町 11）

☆茶農薬連絡試験成績検討会
11月6日（火）～7日（木）
長崎プラザホテル（長崎県長崎市元船町 13の10）

☆落葉果樹（リンゴを除く）農薬連絡試験成績検討会
11月 20 日（火）～21 日（水）
22 日（木）農林水産省主催の 55 年度落葉果樹病害虫防除暦編成会議
家の光会館（前出）

☆カンキツ農薬連絡試験成績検討会
12月5日（水）～5日（木）
7日（金）は農林水産省主催の 55 年度みかん病害虫防除暦編成会議

☆野菜等関係成績検討会
12月 11 日（火）～12 日（水）
12 日，午後1時より，転換作物（ムギ・ダイズ）病害虫の発生の現状と防除について
殺菌剤分科会：54 年度委託薬剤の成績検討，ムギ類，ダイズ病害の実状と薬剤防除
殺虫剤分科会：ダイズ害虫の発生動向と試験方法

☆稲関係成績検討会
12月 14 日（金）～15 日（土）
上記 2 検討会の殺菌剤関係は家の光会館 7 階大講堂（前出），殺虫剤関係は家の光ビル7階大会議室

☆桑農薬連絡試験成績検討会
12月 17 日（月）
家の光会館（前出）

☆農薬散布法に関する試験成績検討会
12月 19 日（水）
家の光会館（前出）

○その他

☆変色米に関する特別研究成績検討会
12月 13 日（木）
家の光会館（前出）

☆野菜害虫の殺虫剤抵抗性に関するシンポジウム
12月 13 日（木）
家の光ビル（前出）

○編集部より

☆本年最後の特集号をお届けします。「糸状菌の胞子形成」をテーマとして，8題の論文を掲載してあります。

なお，取り上げた課題のうち，ジャガイモそうか病菌は，糸状菌ではありませんが，接種その他実験操作上，糸状菌に準ずる面もあり，便宜的に今回の特集号に入れました。

○出版部より

☆『昭和 54 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”』ができ上がりました。特に今年からは，同表の中に“使用基準”欄を設けましたので，一層御利用いただけると思います。26ページの広告を御参照のうえ，御注文下さるようお願いいたします。

【職 員 募 集】

試験部（本部，研究所，農場）勤務
植物病理学専攻　男子若干名（大卒又は短大卒）
応用昆虫学専攻　男子若干名（大卒又は短大卒）
事務関係（専攻不問）女子1名（高卒又は短大卒）
出版部（編集）勤務
植物防疫関係図書の編集，校正に適する者
専攻不問　若干名（高卒，短大卒，大卒）
給与　国家公務員行政職㈠表に準ずる。通勤手当全額支給。食事手当月 2,000 円。住宅手当あり。
提出書類　1. 履歴書（写真添付）2. 卒業（見込）証明書 3. 成績証明書 4. 身体検査書 5. 担任教官の推せん書
締切　昭和 54 年 12 月 20 日（当日消印まで受付）
提出先　社団法人日本植物防疫協会総務部
(TEL 03-944-1561)
選考　第1次　書類選考(結果は1月中旬各自宛通知)
第2次　面接及び筆記試験（第1次選考合格者に1月中旬第2次試験期日を通知します。）

植 物 防 疫
昭和 54 年
10 月 号
(毎月 1 回 30 日発行)
禁 転 載

第 33 巻　昭和 54 年 10 月 25 日印刷
第 10 号　昭和 54 年 10 月 31 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

実費 450 円 送料 29 円　1か年 5,000 円（送料共概算）

——発 行 所——
東京都豊島区駒込1丁目43番11号　郵便番号 170
社団法人 日本植物防疫協会
電話 東京 (03) 944—1561～4番
振替 東京 1-177867番

増収を約束する 日曹の農薬

殺菌剤

トップジンM 水和剤
トリアジン 水和剤
ホーマイ 水和剤
アタッキン 水和剤
ラビライト 水和剤
日曹プラントバックス 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

ヒロダン 乳剤

植物成長調整剤

ビーナイン 水溶剤80

くん煙剤

ジェットVP
トリアジンジェット

展着剤

ラビデンSS

ウサギ印

日本曹達株式会社

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

本会発行新刊図書

茶樹の害虫

南川仁博・刑部勝 共著

5,000円　送料400円

A5判　口絵カラー写真4ページ，本文322ページ　上製本　箱入り

第1編の総論で茶樹の害虫とその被害・防除上の諸問題を，第2編の各論で茶樹につく108の害虫について形態・経過習性・防除法・天敵を，第3編の農薬概説で分類・使用の歴史・殺虫剤の特性と効果・安全使用基準を解説し，巻末に動物和名・学名・薬剤名・病菌名・事項名より引ける索引を付した解説書

内容目次

第1編　総論
1　茶樹の害虫とその被害
2　茶樹害虫防除上の諸問題
第2編　各論
1　クダマキモドキ
2　ヤマトシロアリ
3　アザミウマ類
4　カメムシ類
5　ヨコバイ類
6　アオバハゴロモ
7　ヤマモモコナジラミ
8　コミカンアブラムシ
9　カイガラムシ類
10　コウモリガ
11　ハマキガ類
12　チャノホソガ
13　メイガ類
14　アミメマドガ
15　イラガ類
16　ゴマフボクトウ
17　ミノガ類
18　シャクガ類
19　ドクガ類
20　ヤガ類
21　ヒトリガ類
22　マダラカサハラハムシ
23　キクイムシ類
24　コガネムシ類
25　バラハキリバチ
26　チャノハモグリバエ
27　ダニ類
28　土壌線虫類
29　沖縄の茶樹害虫
30　台湾産茶樹害虫目録
第3編　農薬概説
1　農薬の分類
2　茶樹に対する農薬使用の歴史
3　殺虫剤の特性と茶樹害虫に対する効果
4　殺虫剤の一般名と商品名ならびに茶用農薬の使用制限事項（安全使用基準）
索引

お申込みは前金（現金・振替・小為替）で本会へ

40～50日の長い持続効果を発揮。
しかも、手まきでカンタンです。

●散布適期幅が広く、散布にゆとりがもてます。●すぐれた効果が長期間(約50日)持続します。
●粉剤2～3回分に相当する効果を発揮します。●イネや他の作物に薬害を起こす心配がありません。
●人畜、魚介類に高い安全性があります。

フジワン®粒剤

使用薬量：10アール当り4kg
使用時期：出穂10～30日前（20日前が最適）

予防と治療のダブル効果
フジワン®乳剤 粉剤
●他作物への薬害の心配がありません。

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
植物防疫

フジワンのシンボルマークです。　®は日本農薬の登録商標です。

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
キノンドー®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
デデオン乳剤 水和剤

兼商株式会社
東京都千代田区丸の内2－4－1

新刊

北條良夫・星川清親 共編

作物－その形態と機能－

上巻

A5判　上製箱入　定価 3,200円　〒200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　作物の播性と品種生態（川口數美）　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（県　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

A5判　上製箱入　定価 2,700円　〒200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（県和一）　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　作物の倒伏と強稈性（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 東京8－176531　〒114 TEL (910) 3787

昭和五十四年十月二十五日　印刷
昭和五十四年十月三十日　発行（毎月一回三十日発行）
昭和二十四年九月九日　第三種郵便物認可
植物防疫　第三十三巻第十号
実費四五〇円（送料二九円）

ゆたかな実り＝明治の農薬

強い力がなが～くつづく

サッとひとまき
いもち病に！ **オリゼメート粒剤**

野菜・かんきつ・ももの
細菌性病害防除に **アグレプト** 水和剤・液剤

イネしらはがれ病防除に **フェナジン** 水和剤・粉剤

デラウェアの種なしと熟期促進に
野菜の成長促進・早出しに **ジベレリン明治**

Meiji 明治製菓株式会社
東京都中央区京橋 2－4－16

いい初期除草剤を選んだら、

移植された苗が、これから養分をたっぷりとって大きく育とうとする大切な時期。それだけに初期除草剤は、ちょっとしたミスも許されません。**ショウロンM**はノビエ、マツバイなどのほか、各地でふえているホタルイにも卓効。確実におさえて、中期除草に上手につなぎます。

ノビエからホタルイまで
ショウロンM 粒剤

いい中期除草剤で引きつごう

ショウロンMがおさえこんだものを、それに負けない効きめで確実に引きつぐのが**クミリードSM**。1年草はもちろん、ますます旺盛になる中期の多年草もまるで苦にしません。——ことしも水田の除草プランは、クミカの息のあった名コンビでお立てください。

1年生雑草から多年生雑草まで
クミリードSM 粒剤

農協・経済連・全農
自然に学び自然を守る
クミアイ化学
■お問合せは…
東京都台東区池之端1-4-26