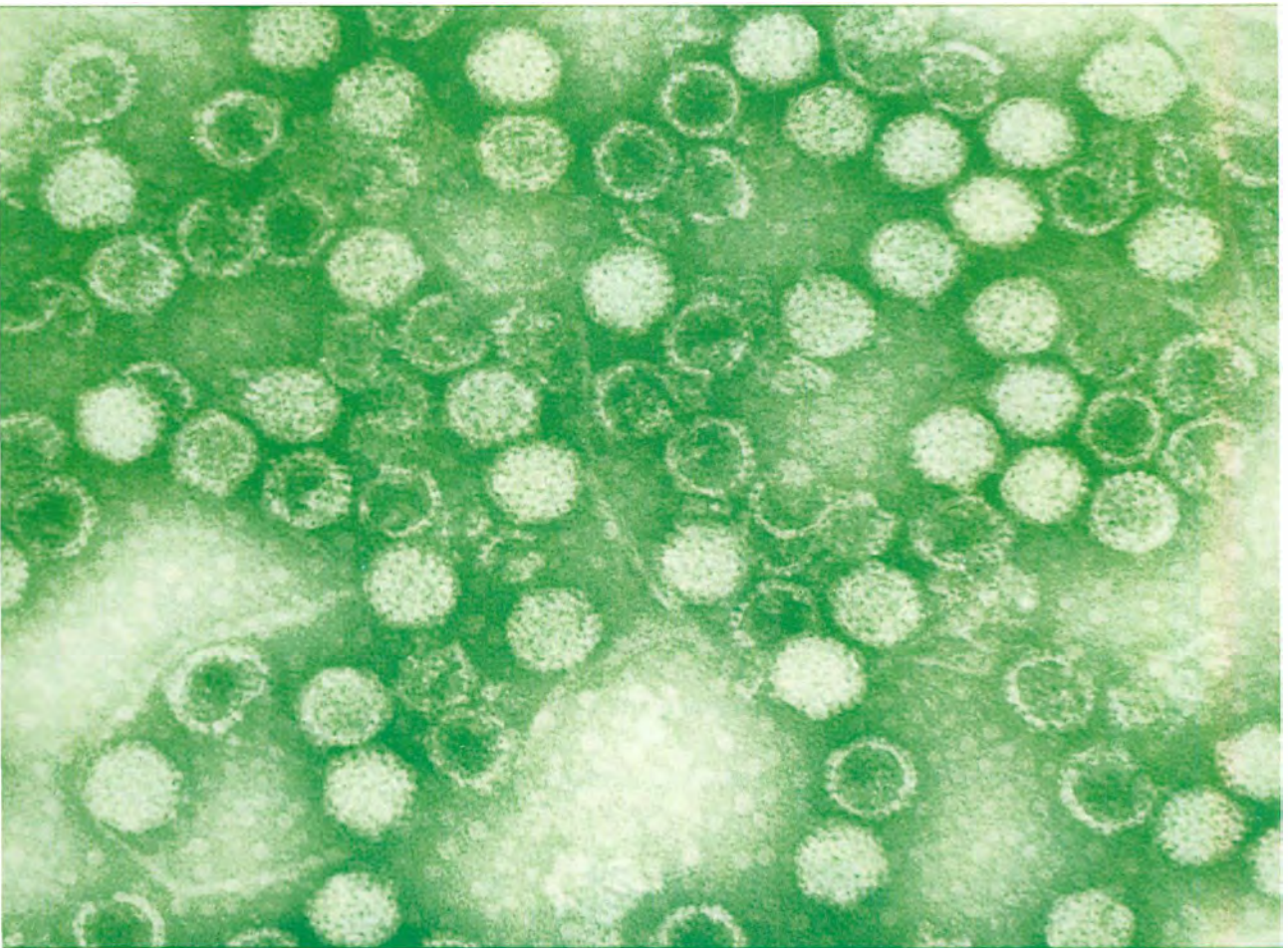


植物防疫

特集 昆虫の翅多型



1996 **7** VOL 50

畑のチャンピオン、ガゼットくん。

野菜・畑作害虫をノックアウト



- 抵抗性コナガ、キスジノミハムシ、ミナミキイロアザミウマなど難防除害虫に優れた効果を示します。
- かんしょやいちごのコガネムシ類(幼虫)、さとうきびのハリガネムシなど土壌害虫にすぐれた効果を示します。
- 優れた浸透移行性により、薬剤のかかりにくい部分でも十分な効果を示します。
- 優れた残効性により防除回数を減らすことが可能です。

適用作物

キャベツ、はくさい、ブロッコリー、だいこん、ねぎ、きゅうり、なす、ピーマン、メロン、すいか、かんしょ、ばれいしょ、とうがん、いちご、さとうきび、たばこ、きく、ストック、水稲



ガゼット[®]粒剤

カルボスルファン…3.0%

®は米国FMC社の登録商標です。



日産化学



原体供給元
FMCコーポレーション

省力・経済防除。
 水稻初期害虫を
 同時にノックアウト。



- ★高い浸透移行作用により、イネミズゾウムシ成虫・幼虫を強力に防除します。
- ★初期害虫であるヒメトビウンカ、ツマグロヨコバイ、イネドロオイムシなどを同時に防除できます。
- ★残効が長いので薬剤の使用回数を減らすことができるので経済的です。
- ★箱施用なので省力的です。薬害が出にくいので田植3日前から直前まで使用できます。



ガゼットくん



ガゼット® 粒剤

カルボスルファン…3.0%

®は米国FMC社の登録商標です。



日産化学



原体供給元
 FMCコーポレーション

あなたの喜びが、私たちの喜びです。



研究開発のいちばんの大きなテーマは、あなたの満足です。

効果、品質、安全。すべての面において最良の製品であること。

私たちの企業のテーマはここにあります。

そしてそれをよりレベルの高い次元で実現するために、絶え間ない研究開発を続けています。

生産から販売さらには消費という、私たちのお届けする製品が関わるあらゆる場に

喜びをもたらすために、笑顔をもたらすために、私たちは努力を惜しみません。

私たちは日本サイアナミッドです。

日本サイアナミッド株式会社

東京本社 東京都港区六本木1-4-30 六本木25森ビル 〒106 TEL.03-3586-9712

田原研究所 愛知県渥美郡田原町大字六連字神ヶ谷16-1 〒441-34 TEL.05312-7-1630

掛川工場 静岡県掛川市細谷字山合635-15 〒436-01 TEL.0537-26-3721

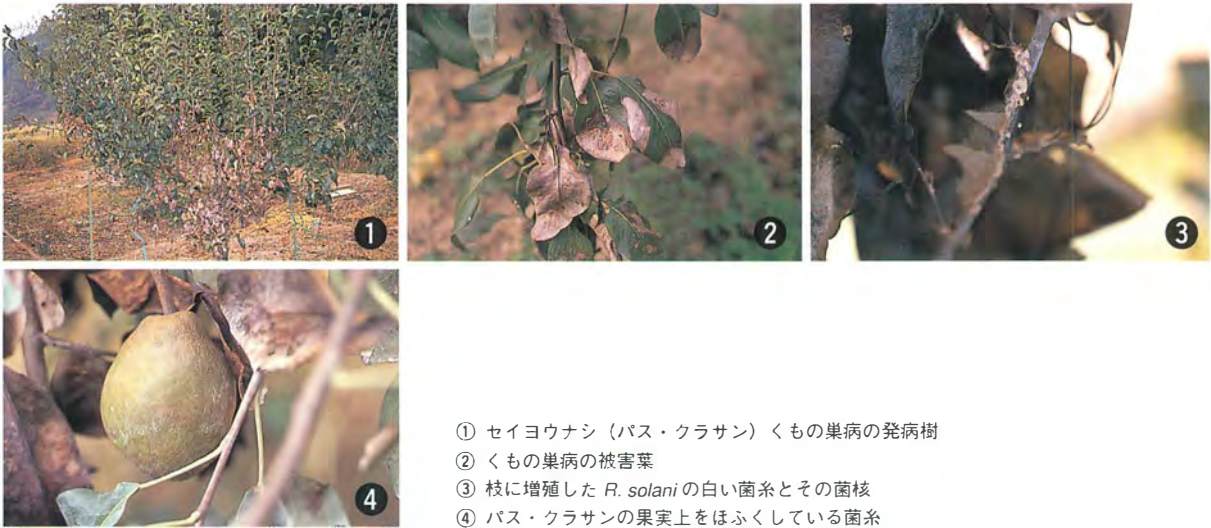
フリーダイヤル

0120-22-3388

●ラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●小児の手の届く所には置かないでください。

セイヨウナシの新病害 “くもの巣病”

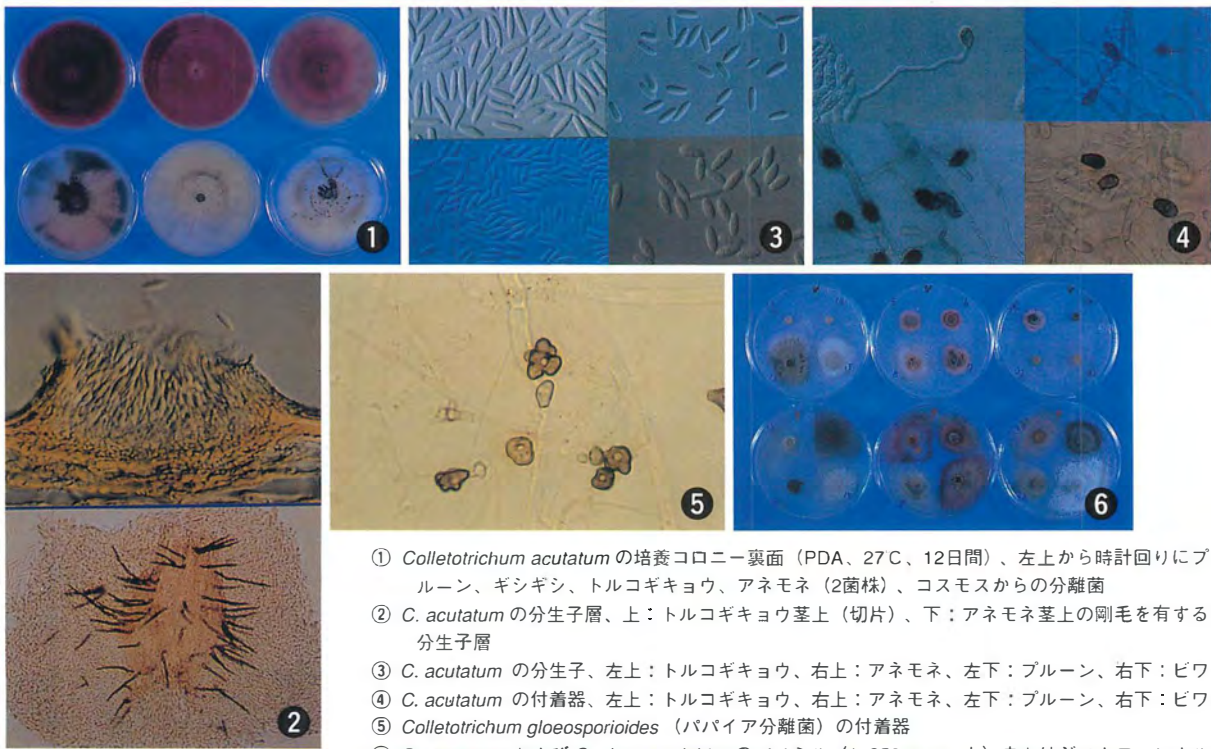
(那須英夫氏原図、本文 15 ページ参照)



① セイヨウナシ（バス・クラサン）くもの巣病の発病樹
② くもの巣病の被害葉
③ 枝に増殖した *R. solani* の白い菌糸とその菌核
④ バス・クラサンの果実上をほふくしている菌糸

炭疽病菌の分類の問題点と同定法

(佐藤豊三氏原図、本文 19 ページ参照)



① *Colletotrichum acutatum* の培養コロニー裏面 (PDA、27℃、12日間)、左上から時計回りにブルー、ギンギシ、トルコギキョウ、アネモネ (2菌株)、コスモスからの分離菌
② *C. acutatum* の分生子層、上：トルコギキョウ茎上 (切片)、下：アネモネ茎上の剛毛を有する分生子層
③ *C. acutatum* の分生子、左上：トルコギキョウ、右上：アネモネ、左下：ブルー、右下：ピワ
④ *C. acutatum* の付着器、左上：トルコギキョウ、右上：アネモネ、左下：ブルー、右下：ピワ
⑤ *Colletotrichum gloeosporioides* (パパイア分離菌) の付着器
⑥ *C. acutatum* および *C. gloeosporioides* のベノミル (1, 250 ppm、上) またはジエトフェンカルブ (625ppm、下) 添加 PDA 培地上での生育 (25℃、11日間)、5、6、7、8、15、29： *C. acutatum* (両培地で生育)、13、14、30、31、32： *C. gloeosporioides* (ジエトフェンカルブ添加培地 (下) でのみ生育)、16： *C. gloeosporioides* のベノミル耐性菌 (ベノミル添加培地 (上) でのみ生育)

新しい防除シーン を提案します。

フェロモン製剤は
新しい防除シーンを
提案します。

害虫の発生を予測する。
交信を攪乱して交尾を阻害する。
大量に誘引して防除する。

害虫の抵抗性を
発達させることがなく、
また殺虫剤の
散布回数を軽減する。

サンケイ化学のフェロモン製剤

【交信攪乱用製剤】

●コナガコン® (コナガ用)

●ヨトウコン®-S

(シロイチモジヨトウ用)

【大量誘殺用製剤】

●アリモドキコール®

(アリモドキゾウムシ用)

●オキメラノコール®

(オキナワカンシャクシコメツキ用)

【発生予測用製剤】

●コドリングコール® (コドリング用)

●SEルアー (ニカメイガ、コナガ、

シロイチモジヨトウ、カブラヤガ、

モモハモグリガ、キンモンホソガ、

チャノボンガ、シバツツガ、

スジキリヨトウ、ヒメコガネ、

アリモドキゾウムシ用)

※は登録商標



サンケイ化学株式会社

本社: ☎890 鹿児島市唐湊4-17-6

☎(0992)54-1161

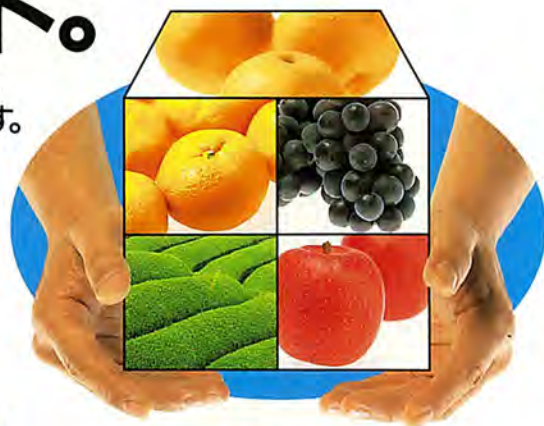
東京本社: ☎110 東京都台東区東上野6-2-1 (都信上野ビル) ☎(03)3845-7951

タフな効きめで、 しっかりガード。

ぶどう、りんご、なしなどの病害に優れた
効果を示す、新しいタイプのEBI剤です。

●特長

1. 広範な病害の防除
2. 優れた持続力
3. 安定した効果
4. 低薬量・低濃度
5. 難防除病害にも有効



ツイン・アクションの園芸用殺菌剤



マネーヅ® 水和剤



北興化学工業株式会社 〒103 東京都中央区日本橋本石町4-4-20

®は北興化学工業の登録商標

植物防疫

第 50 卷 第 7 号
平成 8 年 7 月 号

目 次

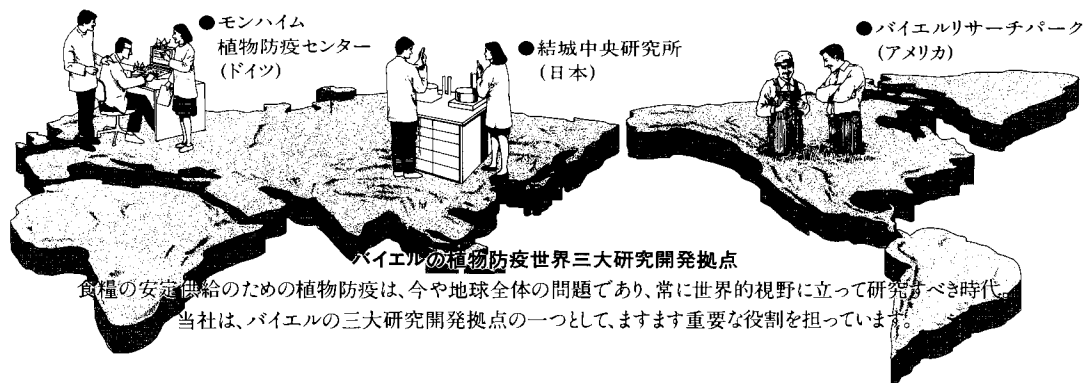
Shokubutsu bōeki
(Plant Protection)

特集：昆虫の翅多型

ウンカ類における翅多型：その多様性と意義	岸本 良一	1
翅多型の機能と進化	藤崎 憲治	7
飛翔多型の生理的特性：産卵と飛翔筋のトレードオフ	田中 誠二	11
セイヨウナシの新病害“くもの巣病”	那須英夫・金谷 元	15
炭疽病菌の分類の問題点と同定法	佐藤 豊三	19
アブラナ科植物根こぶ病研究の最近の進歩	田中 秀平	27
非対象生物に及ぼす化学農薬の影響評価基準案——EU の例——	平井 一男	31
灰色かび病菌 (<i>Botrytis cinerea</i>) の選択分離培地を用いた空中孢子密度測定法	岡田 清嗣	36
(リレー随筆) 産地の研究室から——地域ブランドを育てる／(10)いぐさ (くまもと畳表)	梶原 祐三	41
植物防疫基礎講座		
農業害虫および天敵昆虫等の薬剤感受性検定マニュアル(1)連載にあたって	浜 弘司	43
新しく登録された農薬 (8.5.1～5.31)		45
農薬紹介		47
協会だより	18	主な次号予告 48

自然の恵みをより豊かにするために。

「確かさ」を追求…バイエルの農薬



新しい時代のニーズに合った

夢の新殺虫剤

アドマイヤー®

Bayer 

日本バイエルアグロケム株式会社

東京都港区高輪4-10-8 ☎108

美しい穂の仕上げをお手伝いします。

田植から収穫までにいろいろな病原菌が
イネの生育や米の品質に悪い影響を与えています。
ブラシン剤は、いもち病・ごま葉枯病をはじめ米の品質を低下させる
穂枯れ性病害に幅広く作用して美しい穂に仕上がります。



●いもち病・ごま葉枯病・変色米・紅変米に



●殺虫剤・殺菌剤の混合剤も取り揃えています。

いもち病菌

ごま葉枯病菌

すじ葉枯病菌

アルタナリア菌 (褐変穂起因菌)

カーブラリア菌 (変色米起因菌)

エピコッカム菌 (紅変米起因菌)

すみ黒穂病菌

●農業は正しく使いましょう！

- 使用前にはラベルをよく読んで下さい。
- ラベルの記載以外には使用しないで下さい。
- 本剤は小児の手の届く所には置かないで下さい。



新発売

水稻の広域防除に空中散布専用剤

ブラシン[®]ゾル

武田薬品工業株式会社 アグロカンパニー 東京都中央区日本橋2丁目12番10号

特集：昆虫の翅多型〔1〕

ウンカ類における翅多型：その多様性と意義

前 三重大学生物資源学部 ^{きし}岸 ^{もと}本 ^{りょう}良 ^{いち}一

はじめに

有翅亜綱では一対の中胸翅と一対の後胸翅を持つが、この翅が二次的に退化したり消失したものがある。これに対して脚のほうはほとんど変化がないし、頭部や生殖節の付属肢も種内や近縁種間の変異は少なく、翅が生活史の変化に対応して変化しやすいことを示している。変化したものと正常なものとは並立するとき翅多型と呼ばれ、その出現機構や存在意義は興味深い。翅多型はいろいろな科で発達しているが、半翅目の中の植物吸汁性のアブラムシ類、ウンカ類、カメムシ類、捕食性のアメンボ類についての研究が多い。これは害虫としての重要性に負うところが大きいが、その半面研究対象が害虫に偏るおそれもある。

翅多型が一つの個体群の中で併存するためには、季節や生息場所が変わるとき翅型間で綱引きのようなことが起こり、併存が種全体としては有利に働くと考えるのが妥当なところであろう。例えば長翅型は翅とこれを動かす飛翔筋の発達に多くのエネルギーを必要とし、また産卵前期間も長いので目の増殖という点では不利であるのに対して、短翅型は翅の発達に要するエネルギーを繁殖に使えるし、産卵前期間が短いという利点がある。一方、新生息地を求めて移動分散するという点では長翅型が明らかに有利であるが、移動に伴う危険もあり、季節を誤れば移動は全くむだになる。いろいろな種を調べていくと、よく似た生活史を持ちながら違った翅多型様式を示すものがあり、その多様性の大きいことがわかる。一つの科または亜科はそれに属する種が互いに牽制しつつ、あるいは補完しつつ生息環境を埋めているように見える。どのような生息条件に適応して翅多型が発達したか、どのような利点があるかは、一つの生息域にすむできるだけ多くの種（全種）について考えなければならないであろう。

I ウンカ類 (Delphacidae) の生活

ウンカ上科 (Fulgoroidea) にはウンカ科をはじめ 20

科が含まれ、アオバハゴロモ科 (Flatidae) など少数の農業害虫を含む科もあるが、大部分はあまり目立たないが変化に豊かな形や生活史（土中や樹皮下生活など）を持つ小型の吸汁性昆虫で、近年生活史の研究対象として注目されるようになった (NAULT and RODRIGUEZ eds., 1985; DENNO and PERFECT eds., 1994)。

ウンカ科はウンカ上科の中ではアリズカウンカ科 (Tettigometridae: 幼虫は土中生活) について原始的な科で、この科だけに豊富な翅多型が発達している。記載された種数は最も多いが、翅多型や生活史についての研究はまだ十分とはいえない。東アジアでは種数も豊富であり、個体数密度も概して高い。日本では作物害虫として 20 種があげられている (農林有害動物・昆虫名鑑, 1987) が、生活史に関する研究もほとんど重要害虫に限られてきたといえよう。

日本産ウンカ科は幾つかの亜科からなる。セスジナガウンカ (Stenocraninae), コブウンカ (Tropidocephalinae), タケウンカ (Stirominae), ホソミドリウンカ (Saccharosydinae) 亜科ではセスジナガウンカ亜科以外は種数も少なく、長翅型しか出現せず (ヤスマツナガウンカは前後翅とも変形して飛翔できないが短翅型とはいえない), 2 翅型が現れるのはヨシウンカ (Chlorioninae), ザオウンカ (Kelisiinae, 本文には含まれていない) 亜科と種数の多いウンカ亜科 (Delphacinae) である。越冬は休眠状態にある成虫、幼虫、卵のほか低温による発育の遅れや停止によると思われるものが幾らかある。食草はイネ科とカヤツリグサ科 (セスジナガウンカ亜科のうちの多く) に偏っており、ほかにはイボクサ (ツユクサ科) にクロウンカ, ミゾソバ (タデ科) にシロカタウンカ, ミズイモ (サトイモ科) にタロイモウンカが寄生する (南西諸島) 程度である。タケウンカがタケ類を食草とし木本性といえるかもしれないが、ほかには木本植物に寄生する種は日本本土にはいない (以下、ウンカ種名はウンカを略したカタカナで、寄主植物名はウンカ種名のあとに (カタカナ) で示す)。

生息環境は、湿度の高い池、沼、海岸、低湿地、休耕水田から、乾燥した畑地、路傍、土手、山間の荒地にまたがっている。いずれも日当たりの良い、寄主植物の単純植生またはそれが優占する場所で発生数が多い。大

型植物(例えばヨシやマコモ)には大型種, 小型植物(シバ, ギョウギシバ)には小型種がすみ, 植物の大きさ(例えば草丈)とウンカの大きさ(例えば体長)の間には高い相関が見られる。飛び立った長翅型成虫は一時的に寄主以外の植物上に着陸することがあり, 寄主植物の取り扱いには注意を要する。

II ウンカ科における翅多型

ウンカ科における翅多型の問題点は, 長翅型を原形とするウンカ科においてイネ科植物を主な食草に限定しつつ比較的豊富な種群に分化してきた過程で短翅型との併存がどのような役割を果たしたかを明らかにするものといえよう。東海～近畿地方(一部関東, 南西諸島)産約50種(図-1に一部を示す)について野外調査または室内飼育したが, 日本新分布4種, 未同定少数個体種2種(議論には含まれない)が発見された。野外調査はバキューム型採集機と捕虫網を併用した。

ウンカ類の翅多型の形態的特徴を雌の翅端長/体長で示すと, 短翅型ではタテヤマヨシ(ヨシ), *Delphacodes nigriella*(仮称: ヒメクロ, チゴザサで飼育はできたが十分とはいえない)が最も小さく約0.5で翅は顕著に退化している。全体的には体長との相関は見られず0.5~0.8である。この比が1に近いかそれを超えるもの, クワハラ(クサヨシ), カヤ(ススキ)では長翅型にかなり接近し, 中翅型といえるかもしれないが, 他種の短翅型と連続している(図-2)。一つの種の中で中間型が得られるこ



図-1 日本産ウンカ類の例

各組み合わせのうち右が雌, 左が雄, 4個体がならんでいるのは長翅型(右)と短翅型(左)。上第1列右からテラウチ(夏型), エゾナガ, エゾナガ(黒斑型), タマガワナガ, ヒロズ, 2列 ホソミドリ, トビイロ, セジロ, ヒメトビ, ゴマフヒラアシ, 3列 コブ, タテゴト, タロイモ, クワハラ, シロオビ, 4列 タテヤマヨシ, クロ, サメシマ, チビ。

とがあるが例外的である。一方, 長翅型ではホソミドリ(マコモ)とホホグロ(ススキ)でこの比が高いが, これを除けば1.2~1.3で体長との相関は見られない。長翅型だけの亜科でもこの比は同じかまたはコブウンカ亜科ではむしろ低い。

III 短翅型率の雌雄相関による翅型様式

個体群中の2翅型の比率は季節や生育条件によって変わるが, この変化は雌雄間で異なる。翅多型の種間差異の一つの指標としてその相関をとると幾つかの型に分けることができる(図-3)。

1 MM型

雌雄ともに長翅型しか現れない種。セスジナガウンカ, コブウンカ, タケウンカ, ホソミドリウンカ各亜科の種はすべてこの型に入る。ウンカ亜科ではわずかにハコネホソ(ススキ)だけがこの型にはいるが, ほかの種で野外ではいまだで発見されなかった翅型が飼育条件下で出現することがしばしばあり, この種でも全く短翅型が出ないかどうか今後検討してみたい。この型にはかなり灯火に飛来する種もあるが, 移動性が高いというほどではない。

2 BM型

雌では2翅型が現れるが, 雄では長翅型だけもしくは

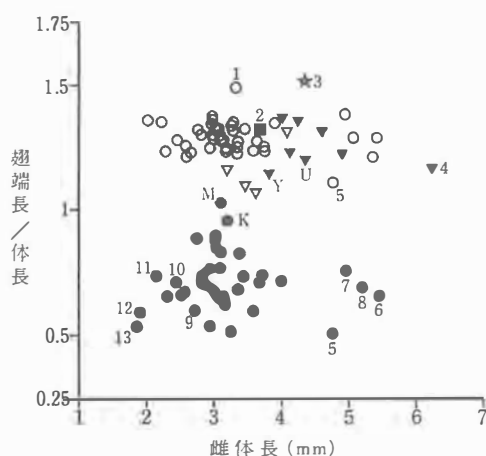


図-2 ウンカ科(雌)における体長と(翅端長/体長)比の相関

1: ホホグロ, 2: ハコネホソ, 3: ホソミドリ, 4: テラウチ, 5: タテヤマヨシ, 6: クロスジオオ, 7: サッポロ, 8: ヒロズ, 9: セスジ, 10: サメシマ, 11: タテゴト, 12: チビ, 13: ヒメクロ, ▼: セスジナガウンカ類 (U: ウプサラ産 *Stenocranus minutus*, Y: ヤスマツ, □: コブウンカ3種, K: クワハラ, M: カヤ。熱帯産も含めて, 短翅型(●)は37種, 長翅型は54種について示した。

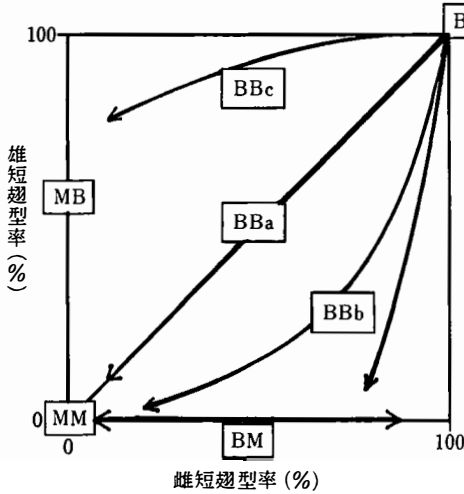


図-3 ウンカ科各種における短翅型率の雌雄相関の各型

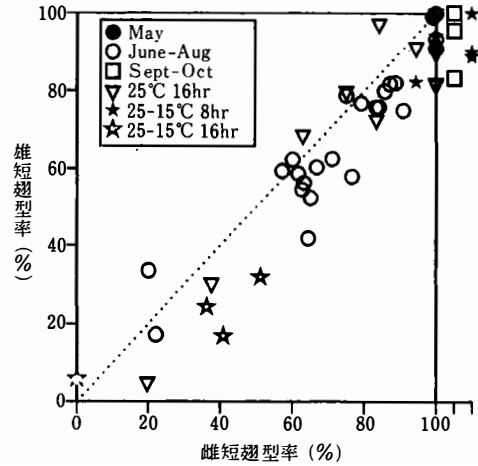


図-4 ニセトビロウンカにおける野外調査、室内飼育 (16, 8時間照明) による短翅型率の雌雄相関

短翅型が非常に少ない種。セジロ(イネ), セジロモドキ(メヒシバ), ヒエ, *Tagosodes pusanus* (仮称ネットタイヒエ, いずれもイヌビエ) は熱帯原産種で, 夏の間は長距離分散して温帯でも1年性イネ科植物の上で増殖する。雌では好適生育条件(高品質の餌, 低密度)下で短翅型率が, 不適当になると長翅型率が増加する。短翅型率は中程度ないし低い。雄の短翅型は長年の研究でも見つからない(セジロではウンカシヘンチュウに寄生された雄に短翅型が出る)。これらの種では休眠現象とは関連がないが, 短日(8時間照明)下で雌の短翅型率が少し増加する。

温帯産種ではセスジ(スズメノヒエ), クロスジオオとタチヤマヨシ(ヨシ)がこれに入るが, 後の2種ではまれにオスにも短翅型(今までの調査でそれぞれ2個体)が得られ, またセスジでも越冬明け個体の中には(翅端長/体長)比が1に近いものが今までに5個体得られ, 中翅型と考えてもよいが, 典型的な長翅型と連続しているので, さらに解析する必要がある。いずれの種でも雌の短翅型率は越冬世代で非常に高く, 夏~初秋には長翅型率が20~50%になる。したがって熱帯産のBM型とは別扱いしたほうがよいかもしれないし, 次のBBb型と完全に区別することはできないかもしれない。

3 BB型

雌雄ともに2翅型が現れるが, どちらの短翅型率が優勢かによって3型に分けられる。

(1) BBa型

短翅型率が雌雄平行して変動する型で, 安定した標準型といえよう。発生数の多いニセトビイロとトビイロモ

ドキ(アシカキ), クワハラ(クサヨシ), サメシマ(チゴザサ)のほか, クロモンヒラアシ(アキメヒシバ), ゴマフヒラアシ(チガヤ), サツポロトビ(ケカモノハシ), 日本新分布種 *Ecdelphax dentata* (仮称チガヤチャイロ; チガヤ), *Numata corporaali* (仮称チガヤシロ; チガヤ), *Indozurriel dantur* (仮称ミスジウンカ; ウシノシツペイ), *Laoterthrona testacea* (仮称トグシバウンカ; トグシバ)もこれにはいる。これらはいずれも多年生のイネ科植物(アキメヒシバは一年生)に寄生するが, いずれも春世代(5月)と秋世代(9~10月)では短翅型率が非常に高く, 夏世代(6~8月)では長翅型が低率(ゴマフヒラアシ)または高率(トグシバ)に現れることもあるが, 多くの種では中程度である。25~15°C, 8時間照明下で飼育すると幼虫期の休眠を経過するか否かにかかわらず短翅型が, 16時間照明下では長翅型が高率で現れる。長翅型率は飼育密度を高くすると16時間では顕著に増加するが, 8時間ではほとんど増加しない。ニセトビイロでの調査結果を図-4に示す。

(2) BBb型

短翅型率は変動するが雌のほうが常に高いという, 移動の役割の性的差異を考えるとBM型につながる型と思われる。雌雄ともに短翅型率の変動幅の広い場合の例として熱帯から温帯まで分布圏の広いシロウスでは, 越冬世代(1~5月)には短翅型率は雌雄ともに非常に高いが, 夏世代(6~8月)には長翅型率が増加し, 雌で50%くらい, 雄で80~90%に達する。秋冬期には短翅型率が再び増加する(図-5)。BBa型の場合と同様16時間照明下では長翅型率は高く, 飼育密度が高くなると顕著に増

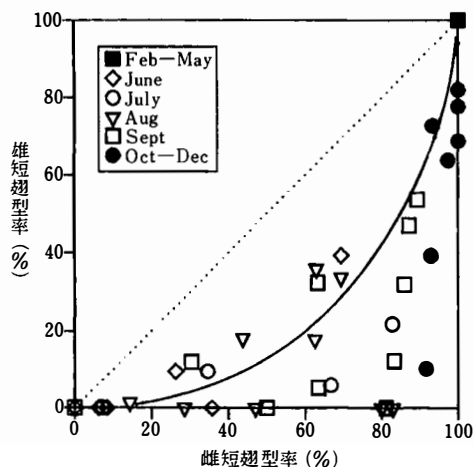


図-5 シロウズンカ (*Toya propinqua*) における発生時期別短翅型率の雌雄相関

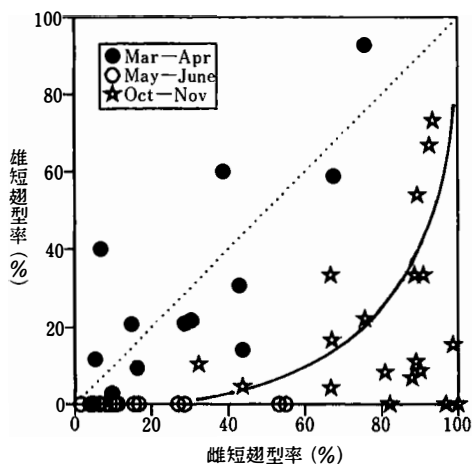


図-6 ヒメトビウンカ (*Laodelphax striatellus*) における発生時期別短翅型率の雌雄相関、曲線は秋期の短翅型率相関を示す。

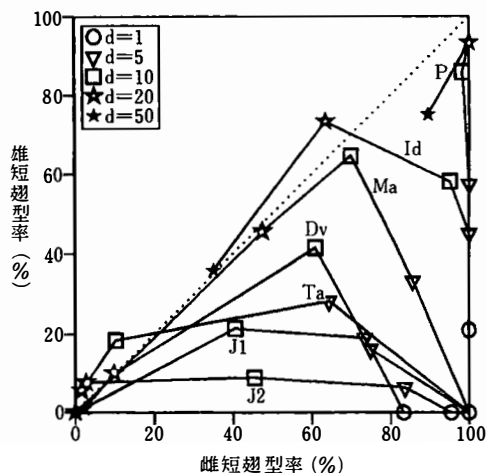


図-7 アジア各地産トビイロウンカ (*Nilaparvata lugens*) における短翅型率の雌雄相関 (KISIMOTO, 1989 より一部変更)

雄短翅型率が中間密度で増加し、雄短翅型出現にとって最適密度が存在することを示しているが、その率は産地によって変動する。Dv:ダバオ(フィリピン), Id:インドネシア, J1:八丈島, J2:石垣島, Ma:マレーシア, P:ロスバニョス(フィリピン), Ta:タイ

短翅型率だけが季節的に BBb 型に沿って変動する。サッポロ(ヨシ), タテゴト(カゼクサ), 日本新分布の *Sogatellana semicirculara* (仮称カモノハシウンカ, 寄主:ケカモノハシ) もこの型に入る。

トビイロウンカはイネの害虫としてアジアに広く分布し、熱帯の系統には日本産に比べて短翅型率が非常に高いものがある (IWANAGA et al., 1987; KISIMOTO, 1989)。熱帯でのイネの周年連続栽培に伴って短翅型率の高い系統が出てきたものと考えられ、日本産からでも短翅型率の高い系統を選抜することができる。各地産のものを 25°C16 hr 照明, 密度 1, 5, 10, 20 で飼育した結果, BM 型から BBA 型の間に分散したものとなった (図-7)。ロスバニョス(フィリピン)産は雌では密度が変化してもほとんど短翅型のみで、雄では密度が高くなると短翅型率が非常に高くなる。選抜すると長翅型をほとんど出さない系統がつかれる。インドネシア, マレーシア, ダバオ(フィリピン)産では密度 1 では雌短翅型率・雄長翅型率が高く、5 では雌雄ともに 2 翅型が現れ、10 では雌雄同率線に近づき、20~50 では同線に沿って長翅型率が増加した。タイ産では雄の短翅型率がさらに低い。長距離飛来虫の子孫と考えられる日本産では BM 型に近く、密度 5~10 で雄に 5~10% の短翅型が現れた。熱帯産トビイロにおいても雄短翅型出現が幼虫期の最適密度

加する。8 時間照明下では短翅型率が高く、高密度でも長翅型率の増加は顕著ではない。雌短翅型率が常に高い (60%以上) チビ, シロカタでは、雄短翅型率が季節的に大きく変動する。

ヒメトビではやや複雑で、季節によって型が変わるように見える (図-6)。越冬世代 (3~4 月) には短翅型率が雌雄同等で BBA 型であるが、夏世代 (5~6 月) には一転して BM 型となり、雄の短翅型はほとんど現れない。秋世代 (10~11 月) には日長が短くなって幼虫休眠に入る前には雌雄ともに短翅型が現れ、BBb 型を示す。同じく休眠幼虫で越冬するチクゼン (ジュズダマ) もこの型に入るが、野外では雌の短翅型率がいつも高いので、雄の

で促進され、条件が満たされれば BBb から BBa へ移行することがわかった。トビイロは、多年生の野生 *Oryza* 属植物 (*O. sativa spontanea*, *O. perennis*) 上でよく育つことが分かっているが、野生イネだけを生息場所とする系統が存在すれば、トビイロモドキ、ニセトビイロと同様 BBa 型に入るのではないと思われる。

BBb 型に入る種のうちサッポロ、タテゴトでは、長日下でも幼虫発育期に密度がある程度高いと雄短翅型が出現することがわかった。したがって短翅型率の雌雄相関図で BM 型線の中央あたりに中高の部分 (短翅型雄の出現) ができ、トビイロのタイやダバオ産のような形となる。夏野外で雄短翅型が得られることは少ないが、飼育では 40% に達することもある。両種とも休眠幼虫で越冬し、休眠明けには雌雄ともに短翅型が非常に高い。

(3) BBc 型

野外では雌雄ともに短翅型率が非常に高く、雌に低率の長翅型が現れる型。ニホン (マコモ)、ヒロズ (ヨシ) はウンカ類の中でも大型で大型寄主植物の地際に住む定住性の高い種で、幼虫越冬する。しかし、16 時間照明、高密度下で飼育すると雄にも長翅型が現れるが、その率は雌よりはるかに低い (図-8)。この型は高度な短翅型化を達成した後、移動分散の必要が生じたときには雌の長翅型に依存するという戦略をとったのであろう。ヒロズの雌は灯火に飛来することがあるが、長翅型雄を野外採集したことはない。このほか湿地に生息するナカノ (サヤヌカグサ)、クロ、ヒメクロのほか山地性のシロオビ (ヌカボ、ホソムギ)、カヤもこの型に入り、案外多いことがわかった。いずれも室内で長日、高密度で飼育すると雌ではかなり高率で、雄でも低率ながら長翅型が得ら

れる。

4 MB 型

雌は長翅型だけで、雄に短翅型が高率に出現するという種は発見されていない。

IV ま と め

ウンカ上科の多くの種は、多年性の木本～草本を寄主とし、長翅型を主とするのに対し、ウンカ科がイネ科～カヤツリグサ科の多年生草本を主な寄主とし、種を多様化するとき比較的少数の極相的優占種を寄主を選び、その上での生息環境を層化して生息場所を多様化し、飛翔機能をかなり残しているものや定住を目指して極端に短翅型化するものが分化し、ウンカ上科の中では例外的に変化に富んだ翅多型を持つようになったものと思われる。

1 翅型に及ぼす系統的背景的影響

ウンカ科の中でも翅多型を示すのはウンカ亜科、ヨシウンカ亜科に限られ、さらに同属の種は同じ短翅型率の雌雄相関型を示す例が幾つか見られる。これは系統発生が生活と深い関係を持ちながら進められ、翅型分化にも強い影響を与えることを示すものと考えられる。

2 生息場所と翅型率

短翅型は飛翔機能を省略し、そのエネルギーを他の機能に動員できる利益があるが、移動機能 (飛翔による配偶相手の探索や生息場所の開拓) が犠牲になる。実際には多年生極相型の寄主では飛翔による脱出の必要はあまりなく、むしろ飛翔移動に伴う危険性のほうが高いのかもしれない。多年生餌植物や永続的植生にすむ種では短翅型率が高いといわれているが、ウンカ科では一年生草本を食草とする種はむしろ少なく、一年生イネ科を寄主とする *Sogatella* 属 (BM 型) が移動性が高いことはこれと適合するが、シロカタ (BBb 型) やクロ (BBc 型) はこれでは説明がつかない。むしろ食草の上での生息場所によって翅型率型が異なる場合が多い。例えばヨシ群落では草冠部にテラウチ (MM)、エゾナガ (MM)、中間～下部にクロスジオオ (BM)、ヨシ (BM)、下部～地際部にサッポロ (BBb)、ヒロズ (BBc)、マコモでは草冠部にホソミドリ (MM)、地際部にニホン (BBc)、ススキでは草冠部にハコネホソ (MM)、地際部にナガラガワ (BBa)、チガヤでは草冠部にコブウンカ 3 種 (MM)、下部にゴマフヒラアシ、チガヤシロ、チガヤチャイロ (各 BBa) が異所的に生息する。BBa, BBc 型の種は長大～短小寄主ともに密生した植生の地際のやや暗い所を好む傾向が強い。

3 体長と翅型

体長と短翅型率雌雄相関型との間には、明確な相関は

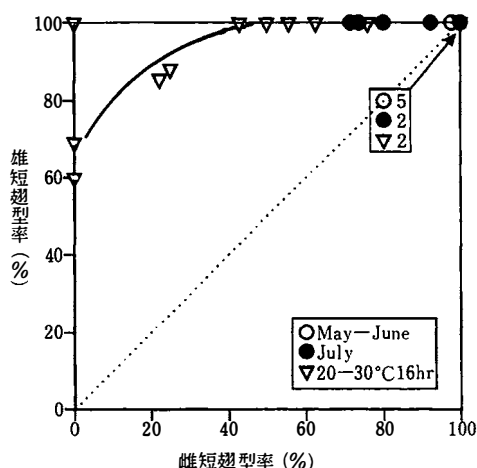


図-8 ヒロズウンカ (*Hirozunka japonica*) における短翅型率の雌雄相関

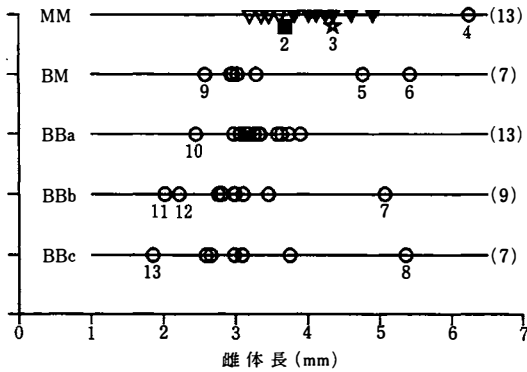


図-9 ウンカ科各種における体長(雌)と短翅型率雌雄相関型との関係。(数字)は種数, 番号のついたウンカ種名は図-2と同じ。

見られない(図-9)。しかし各型の小型種だけではMM>BM>BBa>BBb>BBcの傾向がうかがわれ、小型種が短翅型化に適合しやすかったことを示唆するものであろう。同一種内で短翅型と長翅型の間には体長や頭幅に差はほとんど見られない。

4 日長と翅型

移動分散と定住の機能を季節的に分担し、長日を寄主植物の繁茂期のシグナルとしてとらえて長翅型発現、短日を定住季節のシグナルとして短翅型発現を促進するメカニズムは、どちらに重点をおくにしても、またどの翅型率相関型をとる種においても有利であろう。翅型率の季節的変動に及ぼすこの効果は明確で、これに矛盾する例はない。休眠にあまり関係のない熱帯産種においても人為的短日下で短翅型率が増加する傾向が見られるのは、このメカニズムの根深さを示すものと思われる。

幼虫越冬するヒメトビ、チクゼンでは休眠誘起の臨界短日に達する以前の日長下では初めは雌、しだいに雄でも短翅型率が増加し、翌年休眠から覚めて羽化したものでは短翅型率は雌雄平行して高くなる。短翅型化と休眠入りが同じ系列で、臨界値が異なる現象であることを示している。このことはBBa, BBc型、また成虫越冬、卵越冬の種にもあてはまると思われる。日長はテラウチの季節型にも決定的効果を示す。

5 雌雄による翅型の役割の差

一般に雌は餌、産卵場所を探すために移動するが、雄はこのほかに雌を探すためにも、多分きめの細かい移動を考えると考えられる。雌が持つ新しい生息、産卵場所の探索のための移動は種の生存にとって決定的重要性を持ち、生息条件、主として餌条件に単純に反応して好適なら短翅型率、不適なら長翅型率が増加して移動に備える。最も定住性の進んだBBc型の種で雄よりも雌に長翅型

出現の能力が多く残されていることはこのことを示していると考えられる。

雄では翅型に及ぼす要因に対する反応の振幅も大きく、日長に対する短翅型率反応でも高低極端な反応をすることが多い。またBBb型の幾つかの種では好適密度下で短翅型が現れるという雄ならではの反応もある。この雄の反応の変異が翅多型の様式を複雑にしていると考えられる。しかし雄の短翅型には、幼虫発育期間が短いということのほかにはどのような利点があるのか、単に利用価値の少ないものは省略するというだけなのかよくわかっていない。

6 密度と翅型

実験的に密度を変えて飼育すると、多くの場合密度の増加にしたがって長翅型率が増加し、特にBBc型種で自然では見られないような高密度下で初めて低率ながら雄に長翅型が現れた。しかし密度の増加の効果には餌条件の劣化も含まれており、秋たいの餌植物の地上部は衰弱、枯死するので、これに反応して長翅型が出現することは種にとって不利益であり、実際野外では短翅型率が顕著に増加する。長翅型率の増加は長日下では顕著であるが、短日下では低い。したがって長翅型率の季節変動における密度効果の果たす役割には限界があると考えられる。むしろ中間密度で雄の短翅型が出現することのほうが生態的に興味深い。

7 害虫ウンカと翅型

作物害虫ではないウンカ類の様子がわかってくると、害虫とその近縁のウンカ類の翅多型がかなり偏ったものであることがわかる。温帯産のウンカ類は短翅型化が進んでおり、一年生のイネ科作物に適應できたのはわずかにヒメトビだけで、セジロ、トビイロは南方からの飛来虫である。南西諸島ではタロイモ(ミズイモ)、トウモロコシ(トウモロコシ)、ウシウンカ類(サトウキビ)が発生する。詳しくは今後の研究に負うが、いずれもBB型で、多年生作物に適應していると思われる。本土でも牧草など多年生イネ科作物の栽培が続くと、温帯産ウンカ類の中にこれらに適應する種が現れるかもしれない。

参 考 文 献

- 1) DENNO, R. F. and T. J. PERFECT (1994): Planthoppers, Their Ecology and Management, Chapman & Hall, New York, 799 pp.
- 2) IWANAGA, K. et al. (1987): Entomol. Exp. Appl. 43: 3~10.
- 3) KISIMOTO, R. (1989): 1st Asia-Pacific Conf. Entomol., Abstr.: 9.
- 4) Nault, L. R. and J. G. Rodriguez, eds (1985): The Leafhoppers and Planthoppers, John Wiley & Sons, New York, 500 pp.

特集：昆虫の翅多型〔2〕

翅多型の機能と進化

岡山大学農学部応用集団生態学研究室 藤^{ふじ}崎^{さき}憲^{けん}治^じ

はじめに

昆虫の進化的成功の要因の一つに、飛翔能力の獲得が挙げられる。飛翔は、食物や配偶者を探索するのに用いられるし、また生息場所を変えるのにも用いられる。このように、飛翔行動が大きな適応の意義を持っていることは論を待たない。それにもかかわらず、その貴重な飛翔能力を、二次的に喪失する方向への進化をたどった昆虫も多数存在する。通常このような昆虫は無翅化しているか短翅化しており、全く飛ぶことを放棄した種も存在する。しかし、飛翔できる有翅型や長翅型といった移動型と、飛翔できない無翅型や短翅型といった定住型の両方の型を生産することができる昆虫も存在し、それらは翅多型性昆虫あるいは翅二型性昆虫と呼ばれる。翅多型性 (wing polymorphism) は、飛翔能力に影響する多型性であるため、分散多型性 (dispersal polymorphism) の典型であるとみなされる (HARRISON, 1980)。

翅多型性は、少なくとも甲虫目、双翅目、異翅目、同翅目、膜翅目、直翅目、鱗翅目、アザミウマ目、チャタテムシ目、およびハサミムシ目の10の目の昆虫種に見られる、極めて普遍的な性質である。このことは、翅多型性が様々な目で独立に進化し得る、何か共通の生態学的背景と選択圧が存在することを示唆している。この小論の目的は、そのことに関する近年の知見を紹介することにある。

I 雌における短翅化の意義

昆虫が飛翔できるのは、翅や飛翔筋といった飛翔器官を発達させているからである。また、それだけでなく、それらを維持し活用するためのエネルギーも必要とする。例えば、飛翔筋は昆虫の体重の10~20%にも達する (ROFF, 1990)。アブラムシ類では、飛翔器官を発達させると生殖腺のサイズが20%も減少することがわかっている (DIXON et al., 1993)。また、コオロギ類では飛翔のための燃料であるトリグリセリドの生合成と飛翔筋の維持に対して、飛翔筋の形成よりも大きなエネルギーコスト

がいることが示唆されている (ZERA and MOLE, 1994)。これらの事実は、飛翔による利益を得るためには極めて大きなエネルギーコストを代償として支払わなければならないことを示している。その結果として、卵生産に大きなエネルギーコストをかけなければならない雌においては、しばしば初産齢の延長や産卵数の減少を招く。すなわち、卵形成と飛翔はトレードオフの関係にあるという、いわゆる卵形成-飛翔症候群 (oogenesis-flight syndrome) (JOHNSON, 1969) が存在する。いずれにしても、繁殖の遅れや繁殖能力の減少は内的自然増加率の減少を招くため、もし飛翔の必要性がなければ、適応度を減少させることにつながる。

このように飛翔が大きなエネルギーコストを伴うことが、昆虫における短翅化という進化が起こる第一義的な要因であると考えられる。すなわち、飛翔器官の形成とその維持に費やすエネルギーをいち早く卵生産に回すことによって繁殖能力を強化することこそが、雌にとっての短翅化の機能であり、適応的意義であるとみなされる。実際、これまで様々な翅多型性昆虫において短翅型と長翅型の繁殖能力の比較がなされてきたが、短翅型のほうが繁殖開始が早く、かつ産卵数が多いのが一般的である (ROFF and FAIRBAIRN, 1991) ことは、このことを支持している。

II 雄における短翅化の意義

多くの翅多型性昆虫において雌だけでなく雄にも多型性が存在するにもかかわらず、これまで翅多型性の適応的意義に関する研究は主に雌について行われてきた。したがって、それは雌において進化してきた性質であり、雌雄間の遺伝相関の単純な結果として雄にも存在しているに過ぎないとみなされてきた (ROFF and FAIRBAIRN, 1991)。事実、コオロギの一種 *Gryllus firmus* (ROFF and FAIRBAIRN, 1993) やカンシャコバネナガカメムシ (*Cavelerius saccharivorus*) (FUJISAKI, 1993) において、雌雄間で翅長に関する強い正の遺伝相関があることがわかっている。しかし、まだ例数は少ないが、短翅化は雄においても適応度上の利益をもたらすことを示唆する研究も増えてきている。

やや特殊な例であるが、アザミウマの一種 *Hoplothrips*



図-1 カンシャコバネナガカメムシ雄成虫の短翅型 (左) と長翅型 (右)

karnyi には翅二型性と関連した前肢の二型性が存在し、無翅の雄は長い前肢を、有翅の雄は短い前肢を持っている (CRESPI, 1988)。本種においては長い前肢を有する雄が雌の産卵場所をめぐる雄間競争に勝利しやすいことがわかっている (CRESPI, 1988)。それゆえ、この場合の短翅化は保有エネルギーの武器への転換による競争能力の強化といった、明らかな適応度上の利益をもたらしていると考えられる。しかし、雄にとっての短翅化の恐らくもっと一般的な利益は、性的成熟を早めることである。カンシャコバネナガカメムシの雄もやはり長翅型と短翅型の翅多型性を持つ (図-1) が、短翅雄は長翅雄に比べて性的成熟が早く、その結果として、短翅雌のみならず移出前の長翅雌とも交尾が可能である (FUJISAKI, 1992)。本種では雌より雄で短翅の出現率が高いが、このことは短翅化が雌より雄のほうでむしろ適応度上の利益をもたらしていることを示唆しているのかもしれない。短翅型の出現率に関する性差は興味深い問題であるが、ROFF and FAIRBAIRN (1993) は、短翅型の出現比率が雌より雄でもっとも高い傾向にある日は、直翅目であることを見いだした。このことは直翅目の昆虫の雄の重要な特徴であるコーリングが、大きなエネルギーを必要とする行動であり、それゆえ、長翅化することとの間にトレードオフが存在していることを示唆している。実際にコオロギの一種 *G. firmus* で、短翅雄は長翅雄よりコーリングにより時間を費やし、より雌を引きつけやすいことが、近年明らかとなった (CRNOKRAK and ROFF, 1995)。

これらの研究は、雄においても、長翅になることと交尾能力との間にトレードオフが存在し、それが雄の翅多型性が維持される第一義的な要因になっていることを示している。したがって、雄における翅多型性は、自らの適応度上の利益と雌との遺伝相関の両方の進化的産物であるといえる。

III 短翅化の生態学的要因

これまで昆虫が短翅化することの適応度上の利益について、雌雄それぞれについて述べてきた。しかし、そのことが利益を持ち、自然選択により促進されるには、何らかの生態学的要因が存在するに違いない。短翅化を促進する生態学的要因として一般に考えられているのは、①生息場所の永続性、②生息場所の不連続性、③生息環境の均質性、④飛翔に不適な気象的環境、⑤日常生活における翅の不必要性、などである。したがって、これらの要因について検討していくことにする。

生息場所の永続性であるが、これはこれまでもっとも重視されてきた要因である。SOUTHWOOD (1962) は、昆虫類を初めとする様々な陸生の節足動物において、不安定で非永続的な生息場所を利用する種ほど、移動性が高いことを見だし、生息場所の永続性の程度こそが移動性の進化の第一義的な要因であることを主張した。アメンボ類は水系を生息場所としているが、湖などの安定した永続的な水系ほど無翅化した種が多いことがわかっている (VEPSÄLÄINEN, 1978)。コオロギ類などの直翅目でも、無翅化した種が多いのは、森林、洞窟、高山、およびツンドラなどの、比較的安定した生息場所においてであることが知られている (ROFF, 1990)。DENNO et al. (1991) は、ウンカ類において、生息場所の永続性と長翅出現率との関係をより定量的に解析したが、この場合も両者には明確な負の相関が見いだされた。より永続的な生息場所ほど移動の必要性は低いであろうから、このような研究結果は直感的にもうなずけることである。

生息場所の不連続性であるが、このことは生息場所間の移動成功率に影響を及ぼす。パッチ性が強い、あるいは隔離の度合いが強い生息場所を利用する昆虫では、移動個体は不利であるため、個体群から除去されていき、短翅化が促進されやすいだろう。アメンボ類においては、依拠する水系の永続性だけでなく、水系の隔離の度合いも翅型に影響しており、隔離の度合いが強いと無翅化する傾向があることがわかっている (VEPSÄLÄINEN, 1978)。アブラムシ類では、樹上性の種と草本性の種を比較した場合、後者のほうが無翅虫を生産する傾向が強く、その理由としては草本は寄主植物としてより空間的に不連続に分布することから、移動成功率が低いことが考えられている (DIXON et al., 1993)。このように生息場所の不連続性が、昆虫の短翅化を促進させる一つの要因であることは間違いないものと思われる。

生息場所の均質性であるが、生息場所がどこも均質であることは移動をしても利益がなく、移動というコスト

をかける分だけ適応度を下げることになるので、やはり短翅化を促進させる要因になるものと考えられる。ROFF (1990) は、既に述べた直翅目に関する研究において、無翅化した種が多い生息場所は、安定しているだけでなく、より均一な性質も持っていることを指摘している。ただし、理論的には、全く均質な環境であっても分散行動が進化すること、すなわち定住よりは分散のほうが進化的に安定な戦略であることが証明されている (HAMILTON and MAY, 1977)。環境が均質であるかどうかは、当然そこに棲む種の特性によって決まってくる。例えば、単食性の種より多食性の種にとっては、餌はどこにでも存在することになるであろうから、環境はより均質化する。ナガカメシ科の地上はいかい性の種には短翅化した種が多いが、これらの種の特徴の一つとして、極めて多食性であることが指摘されている (SOLBRECK et al., 1990)。

低温や強風などの飛翔に不適な気象要因も、短翅化を促進させると考えられている。例えば、年2化性であるヒメシロモンドクガ (*Orgyia thyellina*) は、夏世代の雌は翅があるが、秋世代の雌は翅がなくて飛翔できない (KIMURA and MASAKI, 1977)。このことは、秋の低温が鱗翅目における無翅化の進化的要因であることを示唆している。しかし、雄は常に翅を持ち飛翔できるので、このような仮説は妥当でないとも考えられている (ROFF, 1990)。南極圏に接する地域での昆虫も飛ばない種が多いが、この場合は低温とともに強風がその進化的要因とみなされている (WAGNER and LIEBHERR, 1992)。

日常生活において飛翔が不必要であれば、このことも短翅化を促進する。DENNO (1994) は、ウンカ類において長翅種はほとんどが樹上性であり、逆に短翅種はほとんどが草本性であることを見だし、二次元的なより単純な構造の生息場所を利用するような種では日常的な飛翔の必要性は低いため、短翅化が起こりやすいことを指摘した。ただし、樹上性でも、ガ類、ナナフシ類、およびカイガラシ類などに属する昆虫では、雌において飛翔性を喪失したのが見られる (ROFF, 1990)。これらは成虫が摂食しない (ガ類) か、隠蔽的防衛戦略を採用している (ナナフシ類) か、固着性である (カイガラシ類) かで、いずれも摂食のために飛翔を必要としない種ばかりである。

以上、昆虫の短翅化を促進する生態的要因を列挙してきたが、これらの要因が互いに関連していたり、同時に複数の要因が関与している場合もあるだろう。しかし、短翅化の進化において、生息場所の特性が重要であることは間違いないことである。

IV 翅多型性の進化

これまで、昆虫における短翅化の適応度上の意義と短翅化を促す生態的要因について述べてきた。しかし、翅多型性昆虫は、短翅型だけではなく長翅型も産出する。したがって、翅多型性の進化を説明するには、もともと長翅型ばかりの個体群からどのようにして短翅型が出現し定着し得たのかといった問題と、短翅型ばかりにならずにどうして翅多型性が維持されているのかといった問題の二つを考察しなければならない。

このような問題について ROFF (1994) は、ある期間存続する不連続なパッチからなる環境に存在する長翅単型個体群に、短翅型を生産する突然変異が生じた場合を想定したシミュレーションモデルを構築することにより解析した。その結果、突然変異により生じた短翅対立遺伝子が優性で、かつ短翅型の適応度がより高い場合には、長翅単型個体群にそれが速やかに広がるものの、長翅の対立遺伝子にすべて取って変わるわけではなく、ある平衡的な頻度に落ちつくことが示された。さらに、個体群中の長翅の頻度を決定する要因としては、パッチの存続期間、長翅であることのコスト、移動個体の割合、および他のパッチに移動できる確率のすべてが重要であるが、とりわけ初めの二つが重要であることが明らかとなった。また、翅型の遺伝様式が1遺伝子座とポリジーンの場合とで翅型の平衡頻度が比較されたが、両者にはほとんど違いがないことも明らかとなった。

このような解析結果は、翅型が1遺伝子座、2対立遺伝子で支配されている場合はすべて短翅が優性であること、また既に述べたように生息場所の永続性と短翅化が関連していることが多いことなどの観察結果とよく合致している。しかし、多くの翅多型性昆虫の場合、翅型の決定には遺伝要因だけでなく環境要因も重要な役割を果たしていることが多い。すなわち、同じ遺伝子型でも表現型は環境に反応して極めて可塑的であることが多い。例えば、ウンカ類を初めとして多くの翅多型性昆虫では、高い個体群密度は長翅型の出現を促進させることがわかっている (HARRISON, 1980)。このことは、こみ合い過ぎにより悪化した生息場所からのエスケープの戦略として理解されよう。また、ホルバートカタピロアメンボ (*Microvelia horvathi*) やケシカタピロアメンボ (*M. douglasi*) では、幼虫期の密度が高まると有翅型が出現しやすい (MURAJI and NAKASUJI, 1988)。一時的な水系を利用しているこれらのアメンボ類では、密度の高まりは水たまりなどがやがて干上がることのシグナルになっていると考えられる。もしそうなら、個体群密度はパッチの

存続性のよい尺度となっていることになり、密度依存的な長翅型の生産は適応的であろう。

日長や温度などの季節的要因もしばしば翅型の決定に重要な役割を果たしている。例えば、アメリカ産のアメンボの一種 *Limnoporus canaliculatus* では、日長が短くなることに反応して長翅型が生産されるようになる (ZERA et al., 1983)。これは冬が訪れる前に越冬場所に移動する必要があるからと考えられている。アメンボ (*Aquarius paludum*) は、休眠を誘起する臨界日長よりは長いがやはり短日で長翅型を生産するので、8月中旬から9月上旬に出現する第二世代は長翅化し、かつ繁殖も行う (HARADA and NUMATA, 1993)。9月には台風などの影響で水系が豊富になることがそのことの生態的要因であると考えられている。カンシャコバネナガカメムシの場合は、高密度だけでなく高温と長日にも反応して長翅型を生産するため、これらの条件がそろいやすい夏世代で長翅型が卓越する (FUJISAKI, 1989)。この時期は気温も高く、またサトウキビの生育も旺盛で好適な移動先が増えることで、移動飛翔に適した季節であるためと考えられている。

このように長翅型の生産における季節性は、生息場所の季節的な変化、あるいは異質性に対応するための生活史戦略であるとみなされる。したがって、このような場合、翅多型性は季節多型の一種であるともいえる。いずれにしても、昆虫の翅多型性は、生息環境の異質性に対応するために移動型である長翅型や有翅型を適宜出現させる能力を保持した、短翅化の戦略である。飛翔による移動分散は大変適応的な性質であるが、それが同時にエネルギー的に極めてコストのかかる適応であり、初産齢や産卵数といった重要な適応度形質を制約しかねない。このようなジレンマを解決する一つの進化的道筋が、移動型と定住型といった二型を種内に作り出す、翅多型性であったと考えられる (ROFF and FAIRBAIRN, 1991)。

おわりに

以上、昆虫における翅多型性の機能と進化について、近年の知見を中心に紹介してきた。紙面の都合で主に生態学的な側面について限定したが、翅多型性の進化機構は、生理学的側面や遺伝学的側面を抜きにしては論じることができない。これらの側面を含めて、昆虫の翅多型性についてより総合的に解説したものとしては、藤崎

(1992, 1994 a, b) の総説を参照していただきたい。

昆虫の翅多型性に関する研究は、単にそれ自体の機能や進化を解明することにとどまらず、移動分散の進化や個体群内での多型性の維持機構といった、より一般的な問題の解決にも貢献するものである (ROFF, 1994)。したがって、翅多型性は単に特殊な興味深い現象であるというよりは、生物学的に重要ないくつかの問題を解決するための、格好の研究素材であるといえよう。それだけに、今後の発展が望まれるところである。

引用文献

- 1) CRESPI, B. J. (1988): Behav. Ecol. Sociobiol. 23: 93~104.
- 2) CRNOKRAK, P. and D. A. ROFF (1995): Anim. Behav. 50: 1475~1481.
- 3) DENNO, R. F. (1994): Res. Popul. Ecol. 36: 127~135.
- 4) ——— et al. (1991): Ame. Nat. 138: 1513~1541.
- 5) DIXON, A. F. G. et al. (1993): J. Anim. Ecol. 62: 182~190.
- 6) FUJISAKI, K. (1989): Appl. Entomol. Zool. 24: 287~294.
- 7) 藤崎憲治 (1992): 「生物の科学 遺伝」別冊 4号「適応」, pp. 126~137.
- 8) FUJISAKI, K. (1992): Res. Popul. Ecol. 34: 173~183.
- 9) ——— (1993): ibid. 35: 317~324.
- 10) 藤崎憲治 (1994 a) 岡山大学農学報 83: 113~132.
- 11) ——— (1994 b) 応動昆 38: 231~244.
- 12) HAMILTON, W. D. and R. M. MAY (1977): Nature 269: 578~581.
- 13) HARADA, T. and H. NUMATA (1993): Naturwissenschaften 80: 430~432.
- 14) HARRISON, R. G. (1980): Ann. Rev. Ecol. Syst. 11: 95~118.
- 15) JOHNSON, C. G. (1969): Migration and Dispersal of Insects by Flight, Methuen, London, 763 pp.
- 16) KIMURA, T. and S. MASAKI (1977): Konchû 45: 97~106.
- 17) MURAJI, M. and F. NAKASUJI (1988): Res. Popul. Ecol. 30: 315~327.
- 18) ROFF, D. A. (1990): Ecological Monographs 60: 389~421.
- 19) ——— (1994): Ame. Nat. 144: 772~798.
- 20) ——— and D. J. FAIRBAIRN (1991): Amer. Zool. 31: 243~251.
- 21) ——— (1993): Evolution 47: 1572~1584.
- 22) SOLBRECK, C. et al. (1990): Insect Life Cycles: Genetics, Evolution and Co-ordination, Springer-Verlag, New York, pp. 197~214.
- 23) SOUTHWOOD, T. R. E. (1962): Biol. Rev. 37: 171~214.
- 24) VEPSÄLÄINEN, K. (1978): Evolution of Insect Migration and Diapause, Springer-Verlag, New York, pp. 218~253.
- 25) WAGNER, D. L. and J. K. LIEBHERR (1992): Tree 7: 216~220.
- 26) ZERA, A. J. and S. MOLE (1994): Res. Popul. Ecol. 36: 151~156.
- 27) ——— et al. (1983): Evolution 37: 513~522.

特集：昆虫の翅多型〔3〕

飛翔多型の生理的特性：産卵と飛翔筋のトレードオフ

農林水産省蚕糸・昆虫農業技術研究所 田 中 誠 二

はじめに

飛翔多型は、同じ種でありながら飛翔能力を持つ個体と持たない個体が混在する現象であり、一般に前者は移動型、後者は定住型といわれている。種によって移動型と定住型が同時期に混在する場合と、季節的にどちらかの型だけが現れる場合とがある。移動型と定住型はそれぞれの機能に結びついた形態的分化が見られる。その分化の程度は種によって異なり、体色の違いや飛翔器官の有無といった顕著なものから、脂肪体組織の発達程度の違いに見られるような、内部形態のみの分化にとどまる場合まで多様である。

翅型多型現象は、コオロギ、ウンカ、アブラムシ、カメムシなど多くの昆虫のグループに普遍的に見られ、移動型は飛翔に適した長い翅を持った長翅型、定住型は短翅型または無翅型として知られている。トノサマバッタなどに見られる相変異では、移動型（群生相）と定住型（孤独相）との間の形態的変異は連続的であり、中間型（転移相）の存在が知られているのに対し、翅型多型の変異は一般に不連続であることから、飛翔多型の研究には理想的なシステムとなっている（藤崎，1994）。

二つの翅型間では、短翅型が定住型で長翅型が移動型であるという機能的な分化と関連した様々な生理的・行動の違いが見られる。その中で最も顕著な違いの一つが、産卵スケジュールである。使用可能なエネルギーと時間的資源に限りがあるとすれば、その使い方次第で形質間にトレードオフが起きると考えられる。長翅型は羽化後飛翔筋を完成しそれを維持するためにエネルギーを費やすが、短翅型はそのエネルギーを繁殖に向けることができる。このような違いが、二つの翅型間の繁殖開始時期や繁殖能力の差をもたらすと考えられている。しかし、どのようなメカニズムでその差が生じてくるのかに関しては、ほとんどの場合、概念的に論議されているだけで実証されている例は少ない。本稿では、卵巣発育と飛翔筋発育との因果関係、そして卵巣発育と飛翔筋退化の内分泌制御について論じ、いくつかの問題点について考え

てみたい。

I 長翅型と短翅型には産卵能力に差があるのか？

HARRISON (1980), DINGLE (1983, 1985), ROFF (1986) などの総説の中で、これらの問題を扱った例がまとめられている。それらの情報によると、例外はあるが翅型多型現象を示す多くの種において、長翅型は短翅型に比べ産卵開始時期が遅れ、しばしば生涯産卵数も少ないことが明らかにされている。それらの集められた報告を一つ一つ読んでみると、用語の定義の問題や実験方法の問題など様々な不可解な疑問にぶつかる。例えば、ROFF (1986) では、total fecundity の比較をしたコオロギ (*Allonemobius fasciatus*) の例を挙げているが、これはふつうに読めばその昆虫の総産卵数または生涯産卵数とも解釈できる。実際、注釈には生涯産卵数と記し、別の種で行われた生涯産卵数の比較と同等に論議している。しかし、原著論文 (ROFF, 1984) を見ると、羽化後6週間以内の総産卵数を意味していることがわかる。第6週には長翅型の平均産卵数はピークに達しており、ここで中断して短翅型と比較すれば、当然長翅型の産卵数を過小評価することになる（結果は翅型間で差がないという結論になっている）。同様に、ROFF は、同じ用語を1990年の *Gryllus firmus* の論文でも使っているが、ここでは28℃で羽化後4週間以内の total fecundity を計算し翅型間では統計的な差がないと結論し、30℃で有意な差を得た結果と対比している。藤崎 (1994) は、これを温度による翅型間の繁殖力の違いを示す例として扱っている。しかし、28℃ではまだ平均約300卵も産卵している第4週で実験を締め切っており、一方、30℃では平均約100卵にまで減少した第6週で総産卵数を計算している。このような比較では、結果をどんな統計法で比較しても意味ある結論は何も期待できない。どの週で実験を締めるかによって、結論は180°変わってしまうからである。

上述した *Allonemobius fasciatus* (ROFF, 1984) の結果では、もう一つの問題がうかがわれる。このコオロギの総産卵数(6週間以内の総産卵数)は、翅型間で有意な差がないと結論されているが、平均総産卵数が異常に少なく、明らかに供試虫が何らかの非常なストレス条件下に

あったことがわかる。短翅型でわずか平均 111 卵、長翅型で 72 卵であった。この種は、シバズ (*Dianemobius mikado*) などの小型種と比べ、体サイズも大きくかなりの多産種である。ちなみに、彼が 6 週間で得た短翅型の総卵数は、同じ温度で筆者が飼育した場合、産卵開始後わずか 7 日間 (羽化後約 10 日間) で達せられている (TANAKA, 1991)。

成虫の初期産卵数は、個体群サイズの増加に重要な影響を持つのにに対し、実験室で得た生涯産卵数は、その昆虫の潜在能力の指標にはなっても生態的な解釈は単純ではない。ともあれ、翅型間の比較が人為的な要因に帰せられるような例は排除されねばならない。

II 長翅型の初期産卵数はなぜ少ないのか？

1 初期産卵に及ぼす三つの要因

繁殖能力を比較するには、産卵数を数えたり、卵巢の重さを測定する方法がよく用いられる。産卵数の違いは、三つの要因によって影響を受ける。それらは、産卵前期間、造卵速度そして交尾である。シバズ (*D. mikado*) の長翅型雌は、短翅型より産卵前期間が長い (図-1 A)。

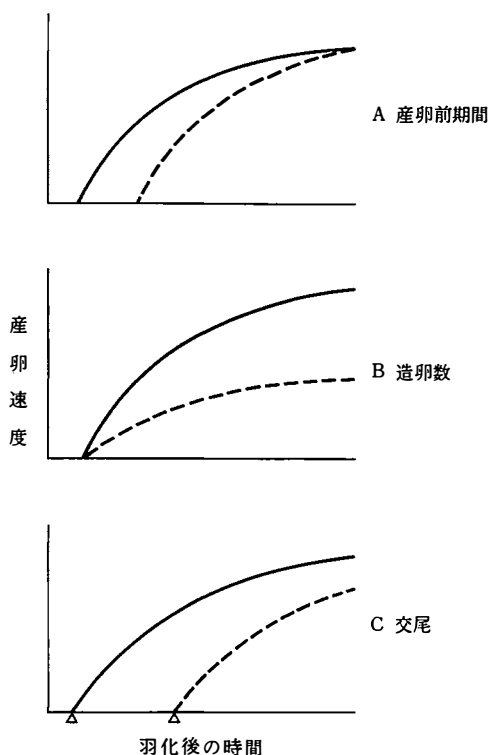


図-1 初期産卵に及ぼす三つの要因

A: 産卵前期間の差, B: 造卵速度の差, C: 交尾時期の差, C の△は、交尾時期を示す

ヒメコガタコオロギ (*Modicogryllus confirmatus*) では、産卵前期間には大きな差はないが造卵速度に二型間で著しい差があり (図-1 B), 羽化後 5 日または 10 日以内の初期平均産卵数の差は、2~3 倍にまで達する (田中, 未発表)。多くのコオロギでは交尾しないと産卵しないので、交尾時期によって産卵数が大きく変化することになる (図-1 C)。種によっては、これらすべての要因が産卵数に影響する場合もあるが、どの要因が産卵数の差を引き起こしているのかを見極めないと、二型間の繁殖力の意味ある比較はできない。例えば、産卵前期間に違いがあると、羽化後どの時点で比較するかによって結論が変わる場合もある。卵巢の重量の差が直接産卵数に反映されるとは限らないし、産卵数の差が単に交尾時期の違いによる可能性も否定できないこともあろう。

2 飛翔筋発育との因果関係

長翅型の初期産卵能力が短翅型のそれと比べて劣る理由については、形質間のトレードオフによる説明がしばしばなされる (ROFF, 1986, 1989; MOLE and ZERA, 1993)。羽化した長翅型昆虫は飛翔筋を維持したり、さらにそれを充実させるためにエネルギーを費やすが、短翅型は機能ある飛翔筋を持たないことからエネルギーを卵巢発育に費やすことができる。また、ZERA et al. (1994) は、ノハラコオロギの一種、*Gryllus firmus* の、長翅型の成虫が短翅型に比べてトリグリセリドを多く蓄えており、これが長翅型のエネルギーコストとなって初期産卵能力に影響すると考えた。これらの説明は、一見道理にかなっているように見えるのだが、それを直接支持する実験データは提出されていない。飛翔筋の有無やトリグリセリドのレベルと産卵数との負の相関から断定しているにすぎず、それらの相関が因果関係に基づいているのか否かも検証されていない。例えば、飛翔筋の維持や発達にはどのくらいのエネルギーが必要であるのか、またそのエネルギー量は実際何個分の卵に相当し、それによって翅型間の初期産卵能力の差がどれくらい説明されるのだろうか。数種のコオロギでは、上述のトレードオフが翅型間の初期産卵数の差を少なくとも一部説明できるデータが最近得られている。

ヒメコガタコオロギの長翅型雌成虫は、羽化後 5 日間で飛翔筋 (間接飛翔筋) を乾燥重で約 75% 増加させるが短翅型では全く変化しない。5 日目と比較すると長翅型の飛翔筋は短翅型のそれと比べ約 20 倍重い (図-2)。羽化後 5 日以内に生産される卵数は、短翅型で約 190 卵であるのに対し、長翅型ではわずか約 70 卵である。実験的に長翅型の飛翔筋を退化させると 5 日間に約 190 卵となり、短翅型の結果と有意な差はなくなるのである。飛翔

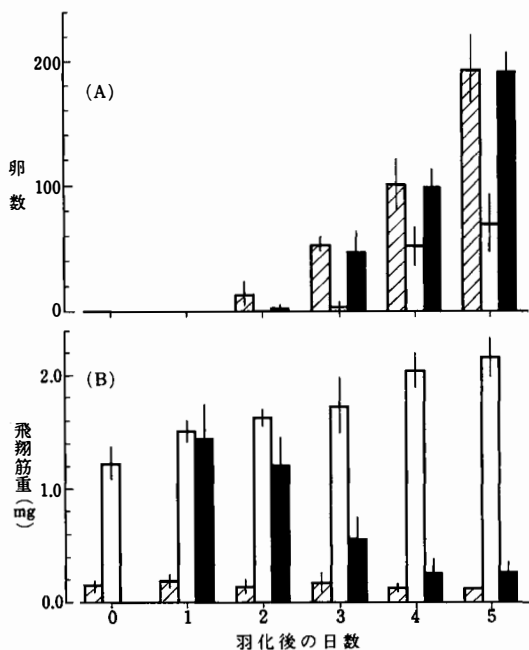


図-2 ヒメコガタコオロギの造卵数(A)と間接飛翔筋(DLM)の乾燥重(B)
短翅型(斜線), 長翅型(白), 羽化時に後翅を除去した長翅型(黒)

筋を退化させた結果、飛翔筋を発達させたり維持するエネルギーを卵生産に充てたためと解釈できるかもしれない。同様の結果は、シバズ (TANAKA, 1976) や *A. fasciatus* (TANAKA, 1986) でも報告されている。しかし、その結論には、二つの翅型間には飛翔筋以外の形質において全く差がないという仮定が前提条件となっており、これを実証しなければ上述した例と同様、単なる外見上の相関と価値は変わらない。

ヒメコガタコオロギの長翅型では、後翅を除去して飛翔筋を退化させた個体はそれを維持している個体と比べ摂食量が増加し、ほぼ短翅型個体の摂食量と同じになる。つまり、飛翔筋を退化させた個体の産卵数の増加は、摂食量の増加によっても説明できる、と主張することも可能である。MOLE and ZERA (1993) は、*Gryllus rubens* で短翅型と長翅型との間には、摂食量に有意な差がないことを報告しているが、彼らの比較は羽化後2週間にもわたる総摂食量であり、産卵初期に微妙な差があったとしても、その後の旺盛な食欲と個体間のバラツキによって検出されなかった可能性がある。たぶん最も重要な問題は、ヒメコガタコオロギの場合、摂食量が卵生産にどのくらい貢献し、飛翔筋発育を中止することによって何個の卵が生産されるのか、ということであろう。これには

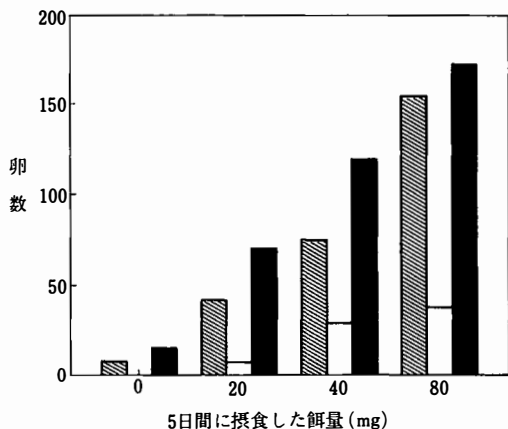


図-3 ヒメコガタコオロギの摂食量と卵生産
横軸には5日間に与えた餌(昆虫用飼料, オリエンタル酵母工業)の総量, 縦軸は5日目に解剖して数えた卵数の平均。
短翅型(斜線), 長翅型(白), 羽化時に後翅を除去した長翅型(黒)

食物の量を同じにして、卵生産を比較する必要がある。

食物量がゼロだと短翅型の雌成虫は羽化後5日間に平均7個の卵を生産したのに対し、長翅型は0個であった(図-3)。しかし、後翅を除去して飛翔筋を退化させた個体は平均15個の卵を生産した。したがって、長翅型では飛翔筋の発育と維持に卵15個分のコストがかかっているといえる。その値から短翅型の卵数(7個)を差し引いた値(8個)が、飛翔筋を退化させその養分を卵に転化させた量と考えられる。毎日の餌量を4~16 mgの範囲で与えるとすべて食べ切った。これらの餌量の範囲では、飛翔筋を退化させた長翅型は、餌1 mgにつき約2.4個の卵を生産した。そして、この値は短翅型のそれ(2.0個/mg)に近い値であった。一方、飛翔筋を維持した長翅型では、餌1 mg 当たりわずか0.3個の卵しか生産していない。この低い卵生産効率は、飛翔筋の発育と維持に費やしたコストであると考えられる。つまり、翅型間の初期卵生産の差は、飛翔筋とのトレードオフによって一部説明がつく。餌を制限されない場合は、飛翔筋を維持している長翅型は短翅型個体より摂食量が少ないため、卵生産における両翅型間の差はさらに増大することになる。このように、長翅型の飛翔筋が維持されるか退化するかは卵生産に著しい影響を与えることがわかる。

III 卵巣発育と飛翔筋退化の内分泌制御

卵巣発育が幼若ホルモン(JH)によって制御されていることは多くの昆虫で明らかにされている。JHと飛翔筋との関係についても様々な種で調べられているが、コ

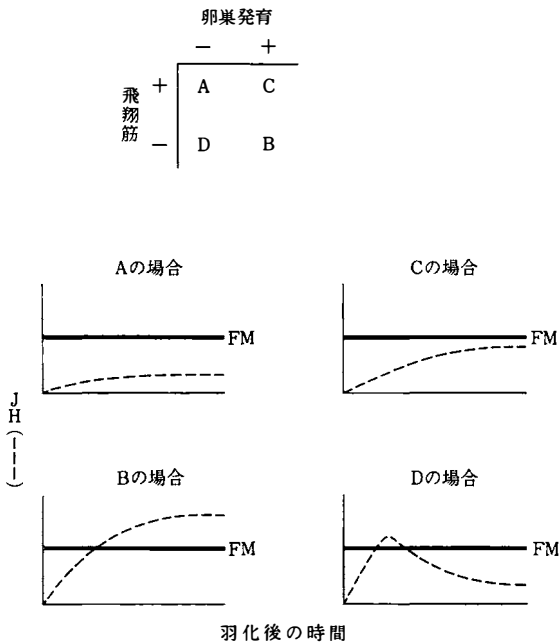


図-4 幼若ホルモン(JH)の量の変化による飛翔筋と卵巣発育制御のモデル

FMは飛翔筋退化の閾値、破線は体液中のJHの濃度

ロラドハムシ (*Leptinotarsa decemlineata*) で代表されるように JH が飛翔筋発育を刺激する場合と、逆にキクイムシ (BORDEN and SLATER, 1968) やカメムシ (DAVIS, 1975) のように JH が飛翔筋を退化させる場合がある。翅型多型を示すアブラムシ (KOBAYASHI and ISHIKAWA, 1994) やヒメコガタコオロギ (TANAKA, 1993) では、JH が飛翔筋退化を引き起こすことを示唆する実験結果が報告されている。アリの一種では、交尾によって誘導されるペプチドが女王アリの飛翔筋退化を引き起こすが (DAVIS et al., 1989), JH の役割に付いては明らかにされていない。

卵巣発育を開始して腹部が肥大したコオロギの雌成虫は、飛翔筋を退化させている場合が多い。このような相関から、体液中の JH の量が飛翔筋退化と卵巣発育を同時に制御していることが、しばしば指摘されている。しかし、この関係は完全ではなく (GOMI et al., 1995), 時には卵巣が発育しているにもかかわらず飛翔筋はまだ維持されていたり、逆に飛翔筋は退化しているのに卵巣がほとんど発育していない場合がある。もし、この二つの現象が共通のホルモンによって制御されているとすると、上述のすべての組み合わせを説明するのは困難であるように思える。しかし、①飛翔筋退化が JH に対して閾値反応を示し、一方、②卵巣発育は JH に量的な反応をする、と考えると、それらの組み合わせを説明することが

できる(図-4)。このアイデアは、断頭したヒメコガタコオロギの長翅型雌成虫に幼若ホルモン類似体(メソプレレン)を塗布したときの反応から暗示されたものであるが (TANAKA, 1994), 飛翔筋退化における神経の関与に関しては全く情報が無い。

飛翔筋退化が起こると卵巣発育が促進されるのは、これらが因果関係にあるからではなく、むしろ共通の刺激(幼若ホルモン)に対する反応であり、条件によっては両方が同時に表現されない場合もある。飛翔筋退化と卵巣発育は、長翅型が移動相から繁殖相に移行する際に生ずる生理的变化であり、この適応的变化は、アブラムシ (JOHNSON, 1959), アリ (DAVIS et al., 1989), カメムシ (EDWARDS, 1969) などにも見られる。

おわりに

翅型多型現象の生理学については、翅型決定機構を含め長年多くの研究がなされてきた。しかし、ほとんどの場合、基本的な制御機構や因果関係に関する問題は結論には至っていない。飛翔多型は、多くのグループの昆虫に普遍的に見られる現象であり、最近特に注目されている研究課題である。その中で気になる問題の一つは、生態学でよく用いる形質間の相関に基づいて生理機構を推論しすぎる点であろう。その推論や仮説がいついつ一人歩きすると、あたかもそれが実験的に証明された事実であるかのように扱われ、生理学に関心の薄い研究者の間で誤った情報が飛び交うことになる。最近は分析機器の発展がめざましく、これまでの知識を基礎に翅型多型現象を生理学や分子生物学のレベルでアプローチする絶好の機会であると思われ、今後の発展に大いに期待するところである。

引用文献

- 1) DINGLE, H. (1995): Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology, Pergamon Press, Oxford, pp. 375~415.
- 2) 藤崎憲治 (1994): 応動昆 38: 231~244.
- 3) GOMI, T. et al. (1995): J. Exp. Biol. 198: 1071~1077.
- 4) HARRISON, R. G. (1980): Annu. Rev. Ecol. Syst. 11: 95~118.
- 5) MOLE, S. and A. J. ZERA (1993): Oecologia, 93: 121~127.
- 6) ROFF, D. A. (1984): ibid. 63: 30~37.
- 7) ——— (1986): Evolution 40: 1009~1020.
- 8) ——— (1990): Heredity 65: 169~177.
- 9) TANAKA, S. (1991): Ann. Entomol. Soc. Am. 84: 29~36.
- 10) ——— (1993): J. Insect Physiol. 39: 493~498.
- 11) ——— (1994): ibid. 40: 483~490.
- 12) ZERA, A. J. and S. MOLE (1994): Res. Popul. Ecol. 36: 151~156.
- 13) ——— et al. (1994): J. Insect Physiol. 40: 1037~1044.

セイヨウナシの新病害“くもの巣病”

岡山県立農業試験場 なす 那須 ひでお 英夫 かなだに 金谷 げん 元

はじめに

岡山県のナシ栽培面積は、1995年177ha、そのうちセイヨウナシはわずか11haである。しかし、セイヨウナシの主力品種であるパス・クラサンは極晩生品種で果実が大きく食味が良いことから、地域特産物として赤磐郡赤坂町で主に栽培されている。このナシは11月下旬に収穫して追熟した後、1月中旬から2月上旬に販売される。

岡山県ではパス・クラサンに発生する病害は主に輪紋病、胴枯病であった。ところが、1989年7月に同町のパス・クラサンの1園場および1993年10月には岡山市のナシ園場内のラ・フランス1樹で、葉が褐変枯死する障害が発生した。その原因究明を行った結果、本症状は *Rhizoctonia solani* によって起こる新しい病害であることが判明した(那須ら、1996)ので、紹介し参考に供したい。

I 病徴および発生状況

病徴として、葉には初め1~3mmの褐色斑点あるいは葉縁部に不定形の褐色斑を生じ、多湿なときにしだいに拡大し、葉全体が侵され、褐変して枯死する。それらの葉は菌糸により葉と葉が絡まり合って枝に付着し、地表面に落下することは少ない。葉が激しく侵されると、白い菌糸は枝にもまん延し枯死させることがある。袋掛けを忘れていた果実の表面上に菌糸が広がっていたが、果実の発病は認められなかった。被害葉や枝にはしばしば直径1~3mmで、灰褐色の菌核が形成されるが、被害葉には担子胞子の形成は認められなかった。本症状は地上30~150cmの高さの葉に発生することが多い。

1990~92年の3か年にわたって赤磐郡赤坂町で葉枯れ症状が発生したセイヨウナシ栽培園場のパス・クラサン36樹について、6月中旬から11月下旬まで約1か月置きに発病推移を調査した。その結果、本症状は早い年には6月中旬、遅い場合は7月中旬に初発生して、主に梅雨時期に増加し、10月ごろまで発生した(図-1)。各年の発病樹は園場周辺よりの樹に発生が多く、同じ樹が毎年発病する傾向を示すとともに、それらの発病程度は単

年だけの発病樹より高かった(表-1)。

本症状は、これまでセイヨウナシのパス・クラサンとラ・フランスに認められたが、ラ・フランスと同一園場内の幸水、豊水、新高、満月、愛宕のニホンナシには認められなかった。

II 分離菌の病原性

1989年10月に赤磐郡赤坂町のパス・クラサン、および1993年10月に岡山市のラ・フランスに発生した葉枯れ症状の葉の組織片ならびに枝上の菌核からは *Rhizoctonia* sp. が高率に分離された。そこで、パス・クラサンから分離した2菌株(Rh. 1, 2)、ラ・フランスからの1菌株(Rh. 11)を接種源として試験に用いた。ナシ葉に対する病原性を確認するため、ショ糖加用のジャガイモ寒天培地(以下、PSA培地と略す)で、25°C、5日

表-1 セイヨウナシくもの巣病発病樹の年次推移

発病樹 の番号	発病程度 ^{a)}			発病樹 の番号	発病程度		
	1990	1991	1992		1990	1991	1992
1	-	++	-	17	-	++	+++
4	+	++	+++	22	++	-	-
5	+++	++	+++	24	+++	+++	+++
6	-	+	-	25	+++	++	-
11	-	+	-	28	++	-	-
12	++	-	-	31	+++	+++	+++
13	+++	++	+	34	-	++	-
16	+	-	-				

a) : 発病程度は樹当たりの発病葉数

- : 0, + : 1~10, ++ : 11~50, +++ : 51~100, ++++ : 101~

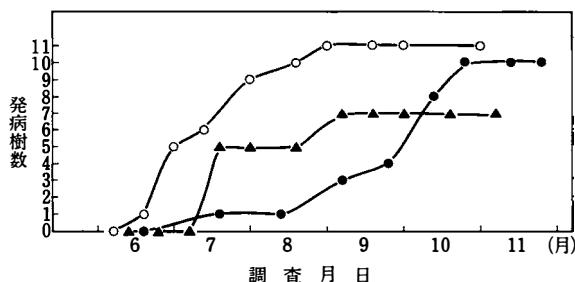


図-1 3か年におけるセイヨウナシくもの巣病の発病推移

● : 1990, ○ : 1991, ▲ : 1992

間培養した *Rhizoctonia* sp. 3 菌株の先端部から切り取った 5 mm 角の含菌寒天を、切枝のパス・クラサン成葉の 5~10 葉に針で有傷および無傷で張り付け接種した。枝の切り口を十分な水道水を含ませた脱脂綿で覆い、湿室にしたビニル製箱 (27×35×10 cm) 内に入れ、25°C、暗条件の恒温器に保ち、6 日後に発病の有無を調査した。

その結果、いずれの菌株とも有傷区でパス・クラサン葉に直径 1.5 cm の褐色病斑が高率に形成されたが、無傷区では形成されなかった。Rh. 1, 2 菌株ではニホンナシの 3 品種 (幸水、豊水、新高) にセイヨウナシの場合と同様の症状が有傷区でのみ認められた (表-2)。

次に、*Rhizoctonia* sp. は野菜苗立枯病の病原菌として

表-2 分離菌 (*Rhizoctonia solani*) のナシ葉に対する病原性

供試菌株	接種法	セイヨウナシ	ニホンナシ		
		パス・クラサン	幸水	豊水	新高
<i>R. solani</i>					
Rh. 1	有傷	6/6 ^{a)}	5/5	6/6	5/5
〃	無傷	0/6	0/5	0/6	0/5
Rh. 2	有傷	6/6	5/5	5/5	5/5
〃	無傷	0/5	0/5	0/5	0/5
Rh. 11	有傷	9/10			
〃	無傷	0/10			

a) : 発病葉数/接種葉数

表-3 分離菌 (*R. solani*) の各種作物に対する病原性

供試作物 (品種)	供試菌株	播 種 種子数	出芽率 (%)	発病苗率 (%)	
				軽症	枯死
キュウリ (四葉)	1	20	45	30	15
	3		70	35	15
	11		25	15	10
	472		95	40	0
	—		90	0	0
トマト (ポンテローザ)	1	20	90	90	0
	3		95	30	0
	11		95	10	0
	472		95	95	0
	—		95	0	0
ダイコン (白首宮重尻丸)	1	20	85	40	20
	3		60	40	5
	11		55	30	10
	472		70	15	5
	—		75	0	0
インゲン (長うずら菜豆)	1	10	0		
	3		50	40	10
	11		20	0	20
	472		50	10	10
	—		60	0	0

も知られているので、キュウリ、トマト、ダイコン、インゲンに対する病原性を検討した。接種源には、殺菌した裸麦粒で 25°C、20 日間培養した *Rhizoctonia* sp. (Rh. 1, 3, 11) および *R. solani* AG 1-IB (標準菌株 472) を用いた。直径 14 cm の素焼鉢に最初園芸培土を 600 ml 入れ、次に菌を培養した麦粒 40 ml、その上に園芸培土 100 ml を入れて病土とした後、キュウリ (品種：四葉)、トマト (ポンテローザ)、ダイコン (白首宮重尻丸)、インゲン (長うずら菜豆) を 1994 年 3 月 8 日に、キュウリ、トマト、ダイコンは 1 鉢当たり 20 粒、インゲンは 10 粒を播種した。その後、最低温度を 18°C に調整したガラス温室で管理し、4 週間後に苗立枯れの発生程度を調べた。

その結果、分離菌株の Rh. 1, 3, 11 は標準菌株の 472 と同様に供試作物に対する病原性が認められた。すなわち、分離 3 菌株はキュウリ、ダイコン、インゲンの発芽を阻害するとともに、それらの幼苗を激しく侵した。トマトの幼苗も侵したが、その程度は軽微であった (表-3)。本菌は、室内試験ではセイヨウナシのパス・クラサン以外に新高などのニホンナシにも有傷接種で病原性を有した。しかし、発生圃場のパス・クラサンに 1992 年以降高接ぎされたニホンナシの愛宕、新高や、岡山市のナシ圃場内のラ・フランス 1 樹に隣接しているニホンナシの幸水、新高、満月、愛宕には発生が見られなかったことから、セイヨウナシは本病に罹病しやすいと考えられる。一方、本菌はセイヨウナシ以外にキュウリやインゲン種子の発芽阻害と苗立枯れを起こした。

Ⅲ 病原菌の同定

高率に分離された *Rhizoctonia* sp. は菌叢の性状などから *R. solani* と考えられたので、上記の 4 菌株を含む 5 菌株 (Rh. 1, 2, 3, 11, 12) を用いて、*R. solani* の菌糸融合群 (以下、AG と略す) との類別を検討した。標準菌株として、岐阜大学保存の C-54 (AG 1-IA), 472 (AG 1-IB), F-1 (AG 1-IC), SH 3 (AG 2-1), A 153 (AG 2-2), R 404 (AG 3), OA 85-30 (AG 4), Ta-4 (AG 5) を用いた。

分離菌の菌糸融合群の判定は生越 (1976) の方法に準じた。すなわち、*R. solani* AG 1~AG 5 の各標準菌株と供試 5 菌株の菌叢片を素寒天培地上で対峙培養し、2 日後に菌糸融合の有無を調査した。また、AG 1 の IA, IB, IC²⁾ との融合については、分離菌 14 菌株を供試し、その頻度を調べた。培養型は、PSA で 25°C、30 日間培養したものについて、菌叢の形態、気中菌糸の多少、菌糸および培地の着色、菌核の有無などにより判定した。菌糸の生育温度は、PSA で 2 日間培養した供試 4 菌株 (Rh. 1,

表-4 分離菌5菌株(*R. solani*)と標準菌株との菌糸融合

菌糸融合群	供試菌株				
	Rh. 1	2	3	11	12
1 A	+ ^{a)}	+	+	+	+
1 B	+	+	+	+	+
1 C	+	+	+	+	+
2-1	- ^{b)}	-	-	-	-
2-2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-

a) : + : 菌糸融合あり, b) : - : 菌糸融合なし

2, 3, 11) の菌叢先端部を径 5 mm のコルクボーラーで打ち抜いた含菌寒天片を 9 cm シャーレ内の PSA の中央部に置床した後, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35°C の 7 段階に調整した恒温器に入れ, 3 日後に菌叢直径を測定した。

その結果, 供試 5 菌株 (No. 1, 2, 3, 11, 12) は, 菌糸の細胞核数が 1 細胞当たり 3~8 個の多核菌糸であり, 菌糸の形態的特徴は *R. solani* の判定基準 (PARMETER, 1967) に一致した。これらの菌株は AG 1 の C-54, 472, F-1 菌株とだけ菌糸融合した(表-4)。さらに, 供試 14 菌株は AG 1 の中でも IB との融合頻度が最も高かった。PSA 培地で 25°C, 30 日間培養した 14 菌株は菌叢形態がいずれもほぼ同じで, 気中菌糸は少なく, 菌叢は灰褐色から暗褐色で, その輪紋は不明りょう, 1~5 mm 大の菌核が形成され, その表面は粗造で, 短毛状の菌糸を有していた。これらの特徴は培養型 IB と一致した。

供試 4 菌株 (Rh. 1, 2, 3, 11) の菌糸生育の温度反応はいずれも同じで, 10~35°C 未満で生育し最適は 25~30°C であった。5°C と 35°C では生育しなかった。なお, 自然発生圃場での完全時代は確認できなかった。

以上の結果から, セイヨウナシに発生した葉枯れ症状は *R. solani* AG 1-IB による病害であると判断された。

渡辺・松田 (1966) によると, *R. solani* の培養型と病徴には密接な関係があり, 培養型 IA, IB によって起こる地上部病徴には, 紋枯れ, 葉腐れ, 一方, くもの巣症状があるとした。紋枯れ症状はイネ科作物に見られる。くもの巣病は, わが国ではカラマツ, ヒノキなど多くの樹木で報告され(小林, 1988), いずれの初期病徴も初め枝葉にくもの巣状の菌糸が絡み付き, その後, 前者では針葉が黄色~黄褐色に変色して枯れ, 後者では枝葉が褪色, 軟化腐敗して枯れる。セイヨウナシに発生した葉腐れ症

状は, 初期病徴として葉に褐色の斑点ができトマトやテンサイ葉腐病 (伊達ら, 1988; 宇井, 1956) の初期病徴に類似していた。しかし, 病勢が進展すると被害部の葉や枝には多数の菌糸が見られ, くもの巣症状を呈した。このように, 本症状は両症状を呈する場合があるが, 病勢が進展した場合はくもの巣症状を呈することや, *R. solani* による樹木との病名を統一するほうがよいことから, 病名として「くもの巣病」を提唱した。

R. solani による各種作物の病害は, 菌糸または完全時代である *Thanatephorus cucumeris* (FRANK) DONK の担子胞子によって伝染すると報告されている (内藤・杉本, 1978; 宇井, 1956)。セイヨウナシくもの巣病の初発生樹における初発病害は地上部 30~150 cm の高さに達するが, これは土壤中で増殖した菌糸がセイヨウナシの葉に到達して感染したもののか, 土壌表面や他の作物上に形成された担子胞子が飛散して感染したかは明らかではない。

生越 (1976), 鬼木ら (1986) の方法で本病菌の完全時代の形成を試みたが, 成功しなかった。また, 圃場周辺で同属菌による被害作物の有無について調査したが, 伝染源と思われる植物は見付からなかった。そのため, 担子胞子による感染の可能性については, 圃場での完全時代が確認できていないので, 今後検討する必要がある。なお, 第二次伝染は病葉上や枝上に多数の菌糸が広がっていたことから, 菌糸で行われるものと考えられる。発病程度の高い樹は翌年の発病も激しいことから, 翌年の発病には樹上に形成された菌核で越冬した伝染源による可能性が示唆される。

IV 有効薬剤の選抜

37 種類の薬剤を供試して, 5 mm のコルクボーラーで打ち抜いた供試 2 菌株 (No. 1, 2 菌) の菌叢先端部をそれぞれ PSA 培地上の中央部に移植し, その周辺に所定濃度の薬液を吸着させた沱紙片 (径 4 mm) を 4 枚置き, 25°C で 6 日間培養後, 菌叢の生育阻止程度を調査した。沱紙片 4 枚のうち 2 枚は同一薬剤とし, 1 区 2 反復で行った。

本病菌に対する菌糸の生育抑制効果が高かったのはベノミル, 有機銅, イプロジオン, ジクロメジン, フルトラニル, ペンシクロン, キャプタン・ベノミル, 有機銅・キャプタンであった。

お わ り に

岡山県のセイヨウナシに発生した葉枯症状は *R. solani* による病害で, 病名として「くもの巣病」を提唱

した。本病を1995年にも現地で調査したが、高接ぎしているニホンナシでの発生は見られず、パス・クラサンにわずかに発生していただけであった。しかし、リングにおいても東京都でその発生が確認されており(竹内・堀江, 1996)、今後、セイヨウナシ、リングなど果樹への本病の拡大が懸念される。

なお、本研究で供試した *R. solani* の標準菌を分譲していただいた岐阜大学農学部教授百町満朗博士に厚くお礼申し上げる。

引用文献

- 1) 伊達寛敬ら (1988) : 近畿中国農研 76 : 12~16.
- 2) 小林享夫 (1988) : 庭木・花木・林木の病害 養賢堂, 東京 200 pp.
- 3) 内藤繁男・杉本利哉 (1978) : 日植病報 44 : 426~431.
- 4) 那須英夫ら (1996) : 同上 62 : 75~78.
- 5) 生越 明 (1976) : 農技研報告 C, 30 : 1~63.
- 6) 鬼木正臣ら (1986) : 日植病報 52 : 169~174.
- 7) PARMETER, J. R. et al. (1967) : Phytopathology 57 : 218~223.
- 8) 竹内 純・堀江博道 (1996) : 平成8年度日植病大会講要集.
- 9) 宇井格生 (1956) : 北大農紀要 2 : 101~109.
- 10) 渡辺文吉郎・松田 明 (1966) : 指定試験 (病害虫) 7 : 1~131.

協会だより

○第52回通常総会, 第71回理事会を開催

5月24日, 午後2時00分から虎ノ門パストラルにおいて, 第52回通常総会および第71回理事会が開催された。出席者は128名であった。

定刻, 岩本常務理事が開会を宣し, 梶原理事長が開会の挨拶を行った。

【通常総会議事内容】

梶原理事長が議長となり, 岩本常務理事が提出議案の説明を行い, 審議が行われた結果, 平成7年度事業報告および収支決算, 8年度事業計画および収支予算案等は, すべて原案どおり議決された。

役員人事については, 昨年7月全国農薬協同組合の木幡理事が逝去されたことと団体代表者の交代に伴い, 次の理事の交代が承認された。

(就任)

武市敏男 (全国農薬協同組合)

溝口 晃 (宮崎県植物防疫協会)

(辞任)

村岡啓吾

なお, 平成8年度収支予算案は次のとおり。

【平成8年度収支予算】

	予算額	前年度予算額	増減
公益一般会計	295,747	305,898	△10,151
公益委託試験会計	2,342,301	2,355,214	△12,913
収益事業会計	152,551	142,385	10,166
JPPネット特別会計	85,810		85,810
その他特別会計	19,573	16,505	3,068
計	2,895,982	2,820,002	75,980

■農薬に関する唯一の統計資料集

■登録のある全ての農薬名を掲載

1995年版 (平成6農薬年度)

農薬要覧

農林水産省農産園芸局植物防疫課 監修

主な目次

- 農薬の生産, 出荷一種類別生産出荷数量・金額/製剤形態別生産数量・金額/主要農薬原体生産数量/種類別会社別農薬生産・出荷数量/など
- 農薬の流通, 消費一県別農薬種類別出荷金額/農薬の農家購入価格の推移/など
- 農薬の輸出, 輸入一種類別輸出数量/種類別輸入数量/仕向地別輸出金額/など
- 登録農薬一平成6年9月末現在の登録農薬一覧/農薬登録のしくみ/など
- 新農薬解説
- 関連資料一6年度農作物作付(栽培)面積/主要病害虫の発生面積・防除面積/など
- 付録一農薬の毒性及び魚毒性一覧表/関係機関等名簿/登録農薬索引/など

◆B6判・678ページ

◆定価5,400円 (本体5,243円)

◆送料サービス

バックナンバー

- 1994年版—5,200円 送料サービス
- 1993年版—5,200円 //
- 1992年版—5,200円 //
- 1991年版—5,000円 //
- 1989年版—4,400円 送料340円
- 1983年版—3,296円 送料310円

※定価は税込価格です。

■品切絶版

1963~82, 84~88, 90年版

■ご注文は, 個人は前金 (現金・振替) で, 機関は後払いも可, 本会へ

炭疽病菌の分類の問題点と同定法

農林水産省四国農業試験場 ^さ佐 ^{とう}藤 ^{とよ}豊 ^{ぞう}三

は じ め に

炭疽病は、世界中の広範な作物に発生し、その生育期間のみならず収穫後にも様々な部位に被害を及ぼすため、重要な植物病害として恐れられている。わが国においても古くから炭疽病菌による新病害の報告が跡を絶たない。現在、炭疽病菌は完全世代が *Glomerella* 属に (VON ARX and MÜLLER, 1954), また、不完全世代が *Colletotrichum* 属に統一され (VON ARX, 1957 a, b), 種も分類学的にかなり整理されてきたが、現在通用している分類体系にも幾つか問題点が残されており、再検討されるべき種も少なくない。同菌類の分類の歴史、問題点や未検討種等については、*Colletotrichum* 属菌の分類・同定に関する SUTTON (1992) および小林 (1993) の総説に詳しい。

炭疽病菌の不完全世代を形態的再検討により整理したのは VON ARX で、彼 (1957 a) は、それまで宿主により別種として新種記載されてきた約 800 種の炭疽病菌の不完全世代を、完全世代との関係と形態および病原性等により統合・整理し、*Colletotrichum* 属の 11 種 12 変種・型に再編した。それと並行して、それまでに *Gloeosporium* 属として記載された 743 種を、それぞれ *Colletotrichum* 属を始めとする適切な他の属に移し、あるいは異名として処理した (VON ARX, 1957 b)。SUTTON (1980) および VON ARX (1981, 1987) は、その後報告された新種や *Colletotrichum* 属への転属種等を加えて新たな種検索表を発表した。小林 (1993) はそのうち 25 種を日本の既報種に挙げ、チャ炭疽病菌 (*C. theae-sinensis*) を最小の分生子を持つ形態的独立種として同属に加えた。また、SUTTON (1992) は同属菌として暫定的に 38 種 1 変種 8 分化型を挙げた。

本稿では、最近、わが国における分布が明らかとなり、新病害の病原として報告の相次いでいる多犯性炭疽病菌、*Colletotrichum acutatum* の同定を中心に、小林 (1993) の解説では触れられていない SUTTON (1992) の最新モノグラフを加えて、炭疽病菌の分類・同定について概説する。

I 炭疽病菌の分類体系

1 完全世代

Glomerella 属の特徴は、以下のとおり (VON ARX, 1987)。

菌糸は宿主組織内に埋入する。子嚢果は埋入または裸出し、孤生または殻質の子座中に群生する。球形ないし卵形、孔口を持ち扁平な有色の細胞からなる壁で被われる。子嚢は細長く円筒形、一重壁で頂部は丸く、8 胞子を内包し、側糸を有する。子嚢胞子はだ円形または紡錘形、単細胞、無色透明。不完全世代は *Colletotrichum* 属。

本属のより詳細な記載は VON ARX and MÜLLER (1957), VON ARX (1957 a) および小林ら (1992) を参照されたい。小林ら (1992) によると、本属は殻菌綱の *Phyllachora* 科に属し、側糸をもたないとされている。*Glomerella* 属の基準種は *G. cingulata* で、6 種以上 (VON ARX, 1981) ～約 10 種 (小林ら, 1992) が含まれる。代表的な 3 種の宿主および生殖器官の大きさは以下のとおりである。なお、わが国で確認されている種には学名の前に * を付した。

* *G. cingulata* (STONEM.) SPAULD. et SCHRENK (anam.: *Colletotrichum gloeosporioides*): イチゴ, リンゴ, ブドウ等, 多犯性; 子嚢殻直径: 85～300 μm , 子嚢: 35～80×8～14 μm , 子嚢胞子: 9～30×3～8 μm , 分生子: 12～22×4～6 μm

* *G. glycines* LEHMAN et WOLF (anam.: *C. destructivum*): ダイズ, コモンベッチ, ニセアカシア等; 子嚢殻: 110～250×73～230 μm , 子嚢: 160～228×18～30 μm , 子嚢胞子: 19～35×3～4.7 μm , 分生子: 12.7～18.2×3.6～5 μm

* *G. tucumanensis* (SPEG.) VON ARX et MÜLLER (anam.: *C. falcatum*): サトウキビ; 子嚢殻直径: 110～220 μm , 子嚢: 60～90×12～18 μm , 子嚢胞子: 14～24×6～8 μm , 分生子: 22～38×4～7 μm

その他の種と宿主は、以下のとおり (SUTTON, 1992)。

? *G. cingulata* var. *sorghicola* SACCAS (anam.: *C. sublineorum*): ソルゴー

G. cingulata var. *minor* WOLLENW. (anam.: *C. gloeosporioides* var. *minus*): マンゴー, パパイア等

G. fusarioides EDGERTON (anam.: *C. fusarioides*): トウワタ (*Asclepias*) 属

- * *G. gossypii* EDGERTON (anam.: *C. gloeosporioides*, 異名: *C. gossypii*): ワタ (小林ら, 1992)
- * *G. graminicola* POLITIS (anam.: *C. graminicola*): トウモロコシ等
- * *G. lagenarium* STEV. (anam.: *C. orbiculare*): ウリ科
- G. lindemuthiana* SHEAR (anam.: *C. lindemuthianum*): インゲン
- G. musarum* PETCH (anam.: *C. musae*): パナナ
- G. phacidiomorpha* (CES.) PETRAK (anam.: *C. rhodocyclus* (MONT.) PETRAK): マオラン (VON ARX, 1987)
- * *G. salicina* (HARA) FUKUSHI et YAMAMOTO (異名: *G. miyabeana* (FUKUSHI) VON ARX): コリヤナギ (小林ら, 1992)

2 不完全世代

Colletotrichum 属の特徴は、以下のとおり (SUTTON, 1980)。

菌糸体は埋生し分枝して隔壁を持ち、無色透明、淡褐色あるいは暗褐色。分生子果は分生子層で宿主の角皮下、表皮中あるいは表皮下に形成され、孤生するか複数融合して大型となる。薄膜または厚膜の細胞からなる多角菌糸組織でできており、不規則に裂開する。菌核は時に培地中に形成され、暗褐色ないし黒色、しばしば合体し剛毛を有することもある。分生子果または菌核の剛毛は褐色、表面平滑、隔膜があり、先端は尖る。分生子柄は無色透明ないし褐色、隔膜を持ち基部でのみ分枝し、表面平滑、分生子果の上部細胞より形成される。分生子形成細胞は内出芽フィアライド型、無色透明、表面平滑、伸長せず円筒形、束生あるいは孤生、開孔は小さくまれに盃状部をもち、孔縁部の肥厚が顕著。分生子は無色透明、単細胞(ただし、発芽直前を除く)、真直か鎌形、表面平滑、薄膜、時に油滴を持ち、無突起あるいは先端部に長い細胞性の付属糸を持つものあり。付着器は褐色、全縁、鈍鋸歯状あるいは不規則な周縁を呈し、単生かまたは繰り返し発芽して近接した多くの付着器の連鎖を生じる。

VON ARX (1957 a, b, 1987) および小林ら (1992) の記載もほぼ上記に沿ったものであるが、分生子層の剛毛の有無は不定であることを強調している。本属は分生子果不完全菌綱の *Melanconia* 科に属し (小林ら, 1992)、基準種は *C. dematium* である (VON ARX, 1987)。

種の同定に用いられる形質は、分生子の形・大きさ、剛毛・菌核・厚膜(壁)胞子の有無、付着器の形、宿主範囲、コロニーの色等である。

以下に、SUTTON (1992) の挙げた 38 種 1 変種およびチャ炭疽病菌の記載を基に一部改変を加えて作成した

Colletotrichum 属の一覧検索表 (synoptic key: 各形質に該当する種の番号を列記した一覧) を掲げる。なお、半数以上の種については、PDA 上 12 時間近紫外線下/12 時間暗黒下、25°C で菌株を培養して得られた形質、および同条件のもとで PCA (ジャガイモ・ニンジン各 20 g/l, 10 分間煮沸後、煎汁 1 l に寒天 15 g 添加) でスライドカルチャーした際、菌糸から形成された付着器の形態よりデータが採られている (SUTTON, 1980)。分生子・付着器の各形態見出しの例は、該当する種の図を参照されたい。

アルファベット順種名一覧 (太数字は分生子・付着器の代表例を図示した種、* わが国で報告のある種)

1. * *C. acutatum* SIMMONDS ex SIMMONDS
 - a. *C. acutatum* f. sp. *pineum* DINGLEY et GILMOUR
 - b. *C. acutatum* f. sp. *chromogenum* (GORTER) BAXTER, VAN DER WESTHUIZEN and EICKER
2. * *C. capsici* (H. SYD.) E. BUTL. et BISBY
3. * *C. caricae* STEV. et HALL
4. *C. caudatum* (SACC.) PECK
5. *C. circinans* (BERK.) VOGLINO
6. * *C. coccodes* (WALLR.) S. HUGHES
(異名: *C. atramentarium* (BERK. et BR.) TAUBENH.)
7. * *C. coffeanum* NOACK
8. * *C. corchori* IKATA et TANAKA
9. * *C. crassipes* (SPEG.) VON ARX
10. *C. curvatum* BRIANT et MARTYN
11. * *C. dematium* (PERS.: FR.) GROVE
12. * *C. destructivum* O'GARA
13. * *C. falcatum* WENT
14. * *C. fragariae* BROOKS
15. *C. fusarioides* (ELL. et KELLERM.) O'GARA
16. * *C. fuscum* LAUB.
17. * *C. gloeosporioides* (PENZ.) PENZ. et SACC.
 - a. *G. cingulata* f. sp. *aeschnomenes* DANIEL et al.
 - b. *G. cingulata* f. sp. *camelliae* DICKENS et R. T. A. COOK
 - c. *C. gloeosporioides* f. sp. *clidemiae* TRUJILLO et al.
 - d. *C. gloeosporioides* f. sp. *cucurbitae* MENTEN, KIMATA et C. P. COSTA
 - e. *C. gloeosporioides* f. sp. *cuscutae* T.-Y. ZHANG
 - f. *C. gloeosporioides* f. sp. *manihotis* CHEVAUG (teleom.: *G. cingulata* f. sp. *manihotis* CHEVAUG)

18. *C. gloeosporioides* var. *minus* SIMMONDS
(teleom.: *G. cingulata* f. sp. *minor* WOLLENW.)
 19. *C. gnaphalii* H. SYD.
 20. **C. graminicola* (CES.) WILSON
 21. *C. helichrysi* (WINT.) VON ARX
 22. **C. higginsianum* SACC.
 23. *C. liliacearum* FERR. (**C. lilii* PLAKIDAS ex
BOEREMA et HAMERS.)
 24. **C. lindemuthianum* (SACC. et MAGNUS) BRIOSI et
CAV.
 25. *C. linicola* PETHYBR. et LAFFERTY
 26. **C. malvalum* (BRAUN et CASP.) SOUTHW.
 27. **C. musae* (BERK. et M. A. CURTIS) VON ARX
 28. *C. nigrum* ELL. et HALST.
 29. *C. nymphaeae* (PASS.) VAN DER AA
 30. *C. orbiculare* (BERK. et MONT.) VON ARX (異名:
**C. lagenalium* (PASS.) ELL. et HALST.)
 31. *C. paludosum* (ELL. et GALW.) VON ARX
 32. *C. phyllachoroides* (ELL. et EVERH.) VON ARX
 33. *C. psoraleae* (PECK) VON ARX
 34. **C. spinaciae* ELL. et HALST.
 35. *C. sublineolum* P. HENN.
 36. **C. trichellum* (FR.: FR.) DUKE
 37. **C. trifolii* BAIN et ESSARY
 38. **C. truncatum* (SCHWEIN.) ANDRUS et MOORE
 39. *C. typhae* H. C. GREENE
 40. **C. theae-sinensis* (MIYAKE) YAMAMOTO
- (注: 番号は 40 以外 SUTTON (1992) の種番号に一致)

形質別種番号一覧

1. 培養コロニーの色(表)

無色透明: 12 (周辺), 37 (周辺) 淡黄褐: 37 (周辺)
 黄褐~暗赤黄: 5, 淡褐~暗赤褐: 4, 橙赤: (34)
 白: 1, 2, 6, 8, 10, 11, 14, 23, 27, 36
 灰白: 13, 16, 17, 22, 34, 38, 39
 灰: 1, 8, 9, 10, 11, 20, 22, 23, 24, 27, 35
 暗灰: 2, 7, 14, 17 淡紅: 9, (23), 30 薔薇: 29
 灰褐: 1, 22, 39 暗赤: (11), 36 杏: 12 (中央)
 クリーム: 30 (周辺) ベージュ: 14 褐: 9, 36
 鼠・鮭肉・肉桂: 38 暗褐: 5, 20, 22, 25, 30
 淡赤黄: 12 (周辺) 黄土: 12 (中央), 38
 オリーブ灰: 14, 36, 37 (中央) オリーブ黒: 37 (中
 央) オリーブ緑: 7 灰黒: 30, 34 黒: 14, 16, 25,
 30

* () 内の種ではコロニーの一部が着色(パッチ状など)

2. 培養コロニーの色(裏)

白: 13, 17, 18 クリーム: 18 灰: 6, 13, 17, 35
 淡紅~朱: 1 暗赤紫: 20 明肉桂泥~橙肉桂: 27
 灰緑: 7, 35 緑褐: 4 暗灰: 14, 17, 28
 オリーブ~灰オリーブ: 18 暗オリーブ: 14
 暗褐: 2, 11, 22, 26 (中央) 黒: 23, 24

3. 培養コロニーの質感

綿毛状: 18, 20, 22, 38 ふさ状: 17
 産毛状: 12 (周辺), 37 (周辺) 水浸状: 12 (中央)
 白粉状: 12 (周辺), 37 (周辺) 羊毛状: 18, 35
 むら毛状: 16, 37, 38, 39 貼り付き状: 27, 38
 フェルト状: 17, 35, 37 (中央) 波状: 35

4. 培養コロニーの気中菌糸

密: 2, 4, 7, (13), 24, 35 薄: 6, 13
 希少~無: 8, 25

* () 内の種では部分的(パッチ状)

5. 培養コロニーの周縁形状(特徴的な種)

全縁: 9, 27 不規則: 20, 38 結節状・樹状: 20, 25

6. 培養コロニーの生育速度(極端な種)

速い: 16, 18 遅い: 7, 25 途中停止: 28

7. 菌核の形成・形態

(データなし: 3, 10, 15, 19, 21, 23, 26, 28, 29,
 31, 32, 33, 34)

形成なし: 1, 2, 4, 7, 9, 13, 17, 18, 22, 25, 27,
 (30), 35

形成あり: 5, 6, 8(長期培養で形成), 11, (12), 14,
 16, 20, (24), (30), (35), (36), 37, 38,
 39

* () 内の種では時折形成

集塊状に形成: 6, 38 不整形: 12, 17, 38

円錐形: 11

亜球形: 12, 17 クッション形: 5 レンズ形: 35
 剛毛あり: 6 105~230 μ m: 6 黒色: 11, 16, 20, 39

8. 剛毛の形成

(データなし: 19, 21, 31, 33)

形成なし: 1, 15, 17, 27, 29, 30, 39, 40

形成まれ: 1 (宿主上のみ), 7, 15 (分生子層の周縁),
 39

形成少: 12, 13, 14, 38

形成中程度: 3, 8, 10, 17, 18, 22, 24, 36

形成多: 2, 4, 5, 6, 9, 11, 14, 16, 20, 23, 25, 26,
 28, 30, 32, 34, 35, 37

9. 菌糸間生厚膜(壁)胞子の形成あり: 16, 34

10. 培地上での分生子層形成なし: 7, (29)

11. 培地上でのピオノート形成あり: (13), (39)

12. 付着器の形態等

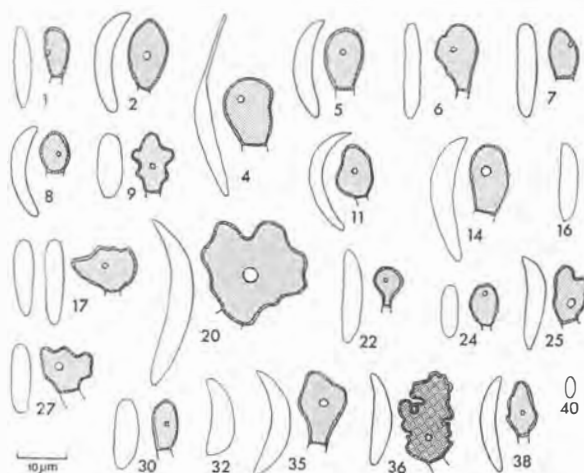


図-1 *Colletotrichum* 属菌の分生子および付着器の形態
(主に SUTTON (1980) から複写, 番号は本文種名一覧
に一致)

(データなし: 10, 15, 19, 21, 23, 26, 28, 29, 31, 32, 33, 40)

1) 形成状態

単生: 3, 36 鎖生: 2 集塊状: 2, 7, (8), 9, (36), (39)

2) 色

褐: 6, 7, 9, 11, 13, 20, 27, 34, 35

セピア褐: 2, 17

淡褐: 1, 7, 22, 24, 39 暗緑: 3 肉桂褐: 24

暗褐: 1, 9, 24, 27 黄褐: 6 チョコレート: 36

3) 形

卵: 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 24, 30, 34, 37, 39

だ円: 6, 22 洋梨: 3 倒卵: 1, 17

棍棒: 1, 2, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 17, 22, 24, 30, 34, 37, 38, 39

長棍棒: 6, 7, 9, 25 亜球: 22

不整: 5, 11, 18, 25, 27, 30, 38 やや不整: 1

4) 輪郭

全縁: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 13, 22, 24, 25

浅い切れ込み: 1, 11, (13), (17), (18), 22, 30

深い切れ込み: 6, 9, 20, 27, 36, 37

鈍鋸歯状: 9, 25, 36 やや不整: 7, 25, 35, 37

* () 内の種では時折見られる形質

5) サイズ

① 長径最小値 = 7 μm 以下: 8, 16, 17, 22, 30, 34, 37, 38

同 = 7~9 μm: 2, 6, 7, 11, 12, 18, 24, 27,

39

同 = 10~13 μm: 4, 5, 9, 13, 25, 35, 36

同 = 17 μm 以上: 20

② 長径最大値 = 10 μm 以下: 1, 7, 16, 18, 22, 24, 34

同 = 11~14 μm: 2, 4, 8, 9, 25, 27, 38, 39

同 = 14.5~17 μm: 5, 6, 12, 13, 30, 35

同 = 18 μm 以上: 11, 17, 20, 36

③ 短径最小値 = 5 μm 以下: 1, 6, 11, 16, 22, 34, 39

同 = 5.5~7 μm: 2, 5, 7, 8, 9, 12, 18, 24, 25, 30, 37, 38

同 = 8~10 μm: 4, 13, 27, 35, 36

同 = 11 μm 以上: 20

④ 短径最大値 = 4.5 μm 以下: 34

同 = 5~8 μm: 1, 5, 7, 16, 18, 22, 24, 37

同 = 9~10.5 μm: 4, 9, 12, 30, 35, 39

同 = 11.5 μm 以上: 2, 6, 11, 13, 17, 20, 25, 27, 36, 38

13. 分生子の形態

1) 集塊の色

淡ピンク~淡紅: 3, 10, 14, 18, 26

クリーム: 2, 5, 9

淡橙~橙: 6, 9, 12, 14, 38, 39

薔薇~橙ピンク: 1

淡鮭肉~鮭肉: 2, 15, 17, 23, 24, 37

橙鮭肉: 6, 20

鮭肉ピンク: 1, 13, 30, 39 橙褐: 34

橙肉桂~レンガ: 22 灰オリーブ~暗赤鮭肉: 11

鮮黄: 38 黄土: 5, 27 灰~灰緑: 35

蜂蜜~蜂蜜黄: 6, 8, 9, 24 肉桂: 27 暗褐: 5

2) 形

円筒: 1, 3, 7, 9, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 24, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 37, 39

だ円: 1, 16, 24, 26, 28, 29, 31, 33, 40

紡錘: 1, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 20, 23, 25, 34, 35, 36, 38

鎌形: 2, 4, 5, 8, 10, 11, 13, 20, 23, 34, 35, 36, 38

棍棒: 30, 39 不整: 15 付属糸: 4

3) 湾曲度・輪郭等

真直: 1, 3, 6, 7, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 37, 39, 40

中程ややくびれ: (1), 6, (39)

緩く湾曲: 12, 15, 16, 22, 25, 30, 32

強く湾曲：2, 4, 8, 11, 20, 35 不整：26, 32

* ()内の種では時折見られる形質

4) 両端の形状

鈍く尖る：1, 6, 12, 13(先), 22, 25, 36, 38(基), 40

鋭く尖る：2, 5, 8, 10, 11, 13(基), 23, 34, 35, 38(先)

円い先端：3, 7, 9, 12, 14, 15, 18, 19, 24(両端), 26, 27, 28, 30, 32(両端), 34, 37, 38, 39

截断状の基端：9, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 26, 27, 28, 34, 37, 38

5) サイズ

① 長さ最小値=7 μm 以下：37, 40

同=8~10 μm ：1, 3, 12, 19, 24, 30

同=11~13 μm ：7, 14, 17, 18, 23, 26, 27, 29, 38, 39

同=14~17 μm ：6, 8, 9, 10, 13, 16, 21, 22, 25, 28, 33, 36

同=18~20 μm ：2, 4, 5, 11, 15, 31, 32, 35

同=21 μm 以上：20, 34

② 長さ最大値=13 μm 以下：24, 40

同=15~18 μm ：1, 14, 17, 18, 19, 27, 30, 37, 38

同=19~21 μm ：3, 5, 7, 8, 16, 21, 22, 25, 28, 39

同=22~25 μm ：2, 4, 10, 12, 23, 26, 29, 32, 33, 36

同=26~30 μm ：9, 11, 13, 20, 31, 34, 35

同=31 μm 以上：15

③ 幅最小値=2.5 μm 以下：1, 11, 40

同=3~4 μm ：2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39

同=4.5~5.5 μm ：9, 14, 15, 21, 27, 30

同=6 μm 以上：31

④ 幅最大値=3 μm 以下：11, 40

同=3~4 μm ：1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 16, 22

同=4.5~5.5 μm ：13, 14, 18, 20, 23, 24, 25, 27, 29, 33, 34, 35, 39

同=6~7 μm ：3, 9, 12, 15, 17, 19, 21, 26, 28, 30, 36, 38

同=7.5 μm 以上：31, 37

14. 宿主

1. アネモネ, イチゴ, ビワ, クワ等, 多犯性 (表-1)
 - a. マツ属 b. (1の赤色色素産生系統)
2. トウガラシ, パパイア, カボチャ他 176 属, 多犯性
3. パパイア (*Carica* 属)
4. イネ科 (*Saccharum*, *Sorghum*, *Zea* 属以外)
5. ネギ属
6. ナス科
7. コーヒーノキ (果実)
8. ツナソ属 (ジュート)
9. アオキ, シキミ, ラン科
10. サンヘンブ (*Crotalaria juncea*)
11. 118 属 (腐生性)
12. ダイズ他マメ科
13. サトウキビ属
14. イチゴ
15. トウワタ (*Asclepias*) 属
16. ゴマノハグサ科
17. 470 属以上, 多犯性
 - a. アメリカクサネム (*Aeschynomene virginica*)
 - b. サルウィンツバキ (*Camellia saluensis*) の雑種
 - c. *Clidemia hirta* (クリデミア属)
 - d. キュウリ
 - e. ハマネナシカズラ (*Cuscuta chinensis*)
 - f. キャッサバ (*Manihot utilissima*)
18. マンゴー, パパイア, アボガド等 22 属, 多犯性
19. *Gnaphalium spicatum* (ハハコグサ属)
20. トウモロコシ属, シバ類
21. *Helichrysum petiolatum* (ムギワラギク属)
22. アブラナ科
23. ユリ類
24. インゲンマメ
25. アマ属
26. タチアオイ
27. バナナ (バショウ属)
28. トウガラシ属
29. スイレン属
30. ウリ科
31. *Peltandra virginia*
32. ヨモギ属
33. *Psoralea esculenta* (オランダビユ属)
34. ホウレンソウ
35. モロコシ属
36. キツタ属
37. クローバー類, アルファルファ
38. マメ科

39. ガマ

40. チャ

II *Colletotrichum acutatum* の 特徴と同定法

C. acutatum SIMMONDS ex SIMMONDS は紡錘形の分生子を持ち、培地上で比較的緩慢な生育を示す特徴により、1965 年、オーストラリアで命名・記載された (SIMMONDS, 1965)。今日まで少なくとも 18 か国から 40 種以上の作物に炭疽病を起こすことが報告されている。1992 年、わが国でも *C. acutatum* がイチゴおよびトルコギキョウの炭

疽病を起こすことが相次いで明らかにされて以来 (石川ら, 1992; 佐藤ら, 1992), これまで自然発生では 18 科 22 種, 人工接種による発病 (築尾ら, 1993) を含めると 24 科 31 種の植物に同菌による炭疽病が報告または確認されている。また, 国内では, 北海道を除く 16 県に分布が知られており, 既知宿主のうち半数の 11 種には, 従来より *C. gloeosporioides* による炭疽病も報告されている (表-1)。同菌には形態的にも *C. gloeosporioides* との中間型を示し, 非常に識別しにくい菌株も少なくない (VAN DER AA et al., 1990; 佐藤・小金澤, 1995; 表-1, 口絵カラー写真)。実際, 本邦産アネモネ炭疽病菌のように, この

表-1 日本における *Colletotrichum acutatum* の宿主および分布

発表年 (分離年)	宿主(科)/部位	発生地 (県)	備考**	報告者 (分離者)
1992	* イチゴ(バラ科)/葉	栃木	+ T	石川ら
	トルコギキョウ(リンドウ科)/茎, 葉	長崎	+ T/G	築尾ら
		宮崎	+ T/G	佐藤ら
		千葉	+ T	〃
1993	コスモス(キク科)/花	神奈川	+ T	矢口ら
	* クワ(クワ科)/葉	茨城	+ T	吉田ら
	* カキ(カキノキ科)/果実	(九州)	?	築尾ら
	* アジサイ(ユキノシタ科)/葉	〃	?	〃
	ソラマメ(マメ科)/さや	〃	?	〃
	* クリ(ブナ科)/葉	〃	?	〃
	* アーティチョーク(キク科)/総包 プロテア(ヤマモガシ科)/?	〃	?	〃
1994	* ビワ(バラ科)/果実	宮崎	?	?
	* キウイ(マタタビ科)/葉	千葉	+ T/G	佐藤ら
		鹿児島	T	〃
		神奈川	+ T	牛山ら
1995	* リンゴ(バラ科)/果実	長野	T	飯島
	アネモネ(キンポウゲ科)/全地上部	静岡	+ G!	佐藤ら
		愛媛	+ G	〃
		長野	+ T/G!	〃
	ブルーネ(バラ科)/果実	岡山	+ T	〃
		大分	T	佐藤
		神奈川	+ T	本多ら
1996 (1991) (1992) (1993) (1995)	* イチゴ(バラ科)/葉	福島	+ T	平子
	* バンレイシ(バンレイシ科)/葉	沖縄	T/G	(佐藤)
	ドクダミ(ドクダミ科)/?	茨城	T	(白田)
	* モモ(バラ科)/未熟果	福岡	G	(梶谷)
	ヒヤシンス(ユリ科)/花柄	香川	T	(佐藤)
	ギシギシ(タデ科)/葉	香川	T	〃
	* リンゴ(バラ科)/果実	千葉	T	〃
(1996)	キカラスウリ(ウリ科)/果実	香川	T	〃
合計	22 種(18 科)	16 県		

* : *C. gloeosporioides* による炭疽病の報告されている宿主

** : 備考 + : 接種試験による病原性の確認済み(空欄は未確認)

T : 病原菌は典型的 *C. acutatum*G : 病原菌は *C. gloeosporioides* との中間型! : 病原菌が以前 *C. gloeosporioides* と誤同定されていたもの

表-2 ベノミル(1,250 ppm)添加 PDA 培地上での *Colletotrichum acutatum* および *C. gloeosporioides* の生育

<i>C. acutatum</i>			<i>C. gloeosporioides</i>		
菌 株	分離源	生育度(%)*	菌 株	分離源	生育度(%)*
GCA 6	リンゴ	27.3	GCA 60	リンゴ	7.0
EA 1	〃	24.7	91135	〃	9.2
EA 2	〃	58.3	91491	ウンシュウミカン	0.0
EA 3	〃	24.6	95818	〃	0.0
C 11	〃	27.4	95124	〃	0.0
C 24	〃	22.4	6007	トマト	0.0
AR 36	〃	24.7	95116	ピーマン	14.3
9572	マンゴー	27.4	5594	マンゴー	14.2
6248	トルコギキョウ	30.7	6229	〃	11.8
6249	〃	25.5	9571	〃	0.0
6250	〃	26.3	9596	〃	0.0
6253	〃	26.3	9626	〃	9.5
To 9103	〃	27.6	9599 **	〃	29.6
5596	ビワ	23.3	9630	ビワ	9.4
6405	〃	25.5	5999	マニラヤシ	12.6
6406	〃	55.0	6008	オクラ	0.0
6408	〃	24.4	5750	パッションフルーツ	0.0
6409	〃	29.0	5974	〃	0.0
FPe 931	モモ	39.9	YP 2	モモ	0.0
CA 1	コスモス	35.7	GCPEA 9	〃	0.0
6172	バンレイシ	32.0	6293	バンレイシ	11.9
KK 2	カキ	24.7	GCPer 2	カキ	10.4
SL 5-1 c	ギシギシ	20.7	FP 9301	〃	0.0
6490	〃	36.7	911012	〃	0.0
9303	クワ	24.5	KK 61	〃	0.0
6282	イチゴ	28.7	5913	イチゴ	12.9
6283	〃	35.3	5787	パパイヤ	0.0
GCP 11	ブルーン	26.8	5789	〃	11.8
GCP 26	〃	31.9	6010	〃	15.5
GCP 29	〃	50.4	6160	〃	0.0
PSS 3	〃	26.3	9639	〃	0.0
TSS 1	アネモネ	38.1	9644	〃	0.0
FLS 151	〃	31.0	9552	ゼラニウム	13.2
AC 1	〃	33.0	9583	デイゴ	0.0
AU 1	〃	31.1	5791	スターフルーツ	0.0
AU 2	〃	28.1	YN 1	ニセアカシア	0.0
CB 5	〃	35.1	6202	シロサボテ	10.5
KA 3	キカラスウリ	28.3	6305	アボカド	0.0
Mo 9301	モロヘイヤ	23.6	5972	オオハマオモト	7.1
HF 3	ヒアシンズ	29.0	GCG 1	ブドウ	0.0
9211	ドクダミ	28.9	5998	メロン	16.3
			95104	グアバ	0.0
			95103 **	〃	36.1
			6084 **	ファレノプシス	23.8
			SK 1 **	シラヌイミカン	32.1
			YC 1 **	シンビジュウム	30.8

太字は両菌で共通の分離源

* : $\frac{25^{\circ}\text{C} 5 \text{ 日間ベノミル添加 PDA 上で生育した菌叢直径}}{\text{同無添加 PDA 上での菌叢直径}} \times 100$

** : ベノミル耐性菌株(ジエトフェンカルブ 625 ppm 添加 PDA 上で生育不能)

種に同定されるべきものが *C. gloeosporioides* に誤同定された例もある (SATO et al., 1996)。

C. acutatum は, *C. gloeosporioides* の適用殺菌剤に対して一般に感受性が低く(松尾, 1994), 前者が後者に誤同定された場合, 防除薬剤が効かないという防除上の重大な問題が生じる。したがって, 適切な防除対策を講ずる上で両者を的確に判別することがどうしても必要となる。すでに VAN DER AA et al. (1990) は両菌の類似点と相違点を明らかにしており, *C. acutatum* を分子遺伝学的手法により識別した報告もいくつかあるが (SREENIVASAPRASAD et al., 1994; FREEMAN and RODRIGUEZ, 1995), 多数の試料・菌株の判別に利用するには煩雑すぎ, 特別な機器が必要で費用もかさむ。また, 築尾ら(1993) はトマトに対する病原性の差異を利用した両種の判別法を提案したが, 生植物に接種しなければならず, 判定に手間と時間がかかる。そこで, 筆者は両者の殺菌剤に対する感受性の差に着目し, 分離菌株をより簡便に比較的短時間で判別する方法を考案した。すなわち, ベノミル 1,250 ppm, ジエトフェンカルブ 625 ppm (どちらも水和剤の 400 倍の濃度) を別々に添加したジャガイモ煎汁寒天培地(PDA), および無添加 PDA に分離菌の菌叢ディスク(直径約 6 mm) を移植し, 25°C で 5 日間培養後に生育した菌叢直径を測定して無添加 PDA (対照) 上での菌叢直径に対するベノミル添加培地上での生育直径の割合(%) を算出する。これまで, *C. acutatum* を 41 菌株, *C. gloeosporioides* を 46 菌株供試した結果, 前者はすべてベノミル添加培地上で対照の 20% 以上生育したのに対し, 後者ではベノミル耐性菌を除いて 20% 以下であった(表-2)。なお, *C. gloeosporioides* のベノミル耐性菌株は, 当然のことながらベノミル添加培地でも旺盛に生育するが, ジエトフェンカルブ添加培地

では生育できない点で、両培地で生育できる *C. acutatum* とは明りょうに判別できる(口絵カラー写真)。偶然、ほぼ同時にこれと同様の判別法がアメリカでも 72 菌株について試みられた結果、両種の判別が可能であり、18-28 S リボゾーム RNA をコードする DNA の RFLP 解析と形態学的検討の結果ともよく一致したことから、これが信頼の置ける方法であることが示された (BERNSTEIN et al., 1995)。

III 炭疽病菌の分類・同定の問題点と今後の課題

上記の *Colletotrichum* 属菌 39 種 1 変種のうち、依然として培地上の形質や付着器などの形態の不明なものが 10 種もあり、それらを早急に明らかにし、他種との異同・類縁などを検討する必要がある。また、小林ら (1992) 等によりわが国に分布する炭疽病菌も統合・整理されてきたが、依然として未検討の *Gloeosporium* 属菌が残されている (小林, 1993)。これらを再検討することにより適切な所属を明らかにする必要がある。さらに、SUTTON (1980, 1992) も示唆したように、宿主範囲の広い種や集合種の宿主別菌株を収集して寄生性と形態の関係を明らかにし、分化型 (forma specialis) 等、種以下の実用的な分類体系を確立することも今後の重要な課題と考えられる。VON ARX (1957 a) の *Colletotrichum* 属菌の統合・整理により *C. gloeosporioides* 等は比較的大きな変異幅を持つ集合種として扱われるようになったが、その異名とされた種の中には原記載を見ても明らかに同種の範疇には収まらないものがあり、上述のように *C. acutatum* 等他の種に移すべきものがまだ含まれている可能性もある。例えば、SUTTON (1980, 1992) が *C. gloeosporioides* の異名とされた *C. higginsianum* を独立種として復活させたが、それを支持する研究成果がわが国でも昨年発表された (堀江ら, 1995)。このように、炭疽病菌の分類はいまだに流動的な部分を多々残している。今後、同菌の分類をより理想的なものに近づけるため、炭疽病の発生を認めた場合には、その形態をチェックするとともに病原菌株を分離して菌株保存機関に寄託し、積極的に研究材料の蓄積と交換を進めることが望ましい。また、近年発展の目覚ましい分子遺伝学的手法や生化学的なアプローチにより、形態や病原性以外の方面からの研究も期待される。

お わ り に

今回作成した *Colletotrichum* 属菌の一覧検索表にはまだまだ不十分なところが多く、今後上記の問題点や課題を解決しながら充実させていかなければならない。この方式の検索表の利点は、二分岐式検索表のキー形質のデータがなくとも、ある程度該当種の検討がつけられること、情報量が多く変異幅の大きな種をカバーできること、パソコンのデータベースソフトを利用して検索可能であること等である。炭疽病菌の種同定に際しては本稿の検索表のみならず、SUTTON (1980) や小林 (1993) の二分岐検索表と VON ARX (1957 a) および SUTTON (1980, 1992) の個々の種の記載と図も是非参考にしていただきたい。最後に、炭疽病の試料および同菌菌株をご提供いただいた多くの方々に、この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

引 用 文 献

- 1) AA, H. A. VAN DER et al. (1990): Stud. Mycol. 32: 3~19.
- 2) ARX, J. A. VON (1957 a): Phytopath. Z. 29: 413~468.
- 3) ——— (1957 b): Verh. der Konink. Nederl. Akad. van Wostens. afd Naturk. Deel 51, No. 3 153 pp.
- 4) ——— (1981): The genera of fungi sporulating in pure culture. 3rd ed. J. Cramer, Vaduz, 424 pp.
- 5) ——— (1987): Plant pathogenic fungi. J. Cramer, Berlin, 288 pp.
- 6) ——— and E. Müller (1954): Beitr. Kripfl. Schw. 11: 1~434.
- 7) BERNSTEIN, B. et al. (1995): Pl. Dis. 79: 478~482.
- 8) 築尾嘉章ら (1993): 九病虫研会報 39: 32~35.
- 9) FREEMAN, S. and R. J. RODRIGUEZ (1995): Mycol. Resear. 99: 501~504.
- 10) 堀江博道ら (1995): 日植病報 61: 218 (講要).
- 11) 石川成寿ら (1992): 関東病虫研報 39: 129~133.
- 12) 小林享夫 (1993): 防菌防黴誌 21: 215~224.
- 13) ———ら (1992): 植物病原菌類図説. 全国農村教育協会, 東京, 685 pp.
- 14) 松尾和敏 (1994): 植物防疫 48: 343~346.
- 15) 佐藤豊三ら (1992): 日植病報 58: 544 (講要).
- 16) ———・小金澤碩城 (1995): 同上 61: 619~620 (講要).
- 17) Sato, T. et al. (1996): Ann. Phytopath. Soc. Japan 62: 170~174.
- 18) SIMMONDS, J. H. (1965): Qd. J. Agric. Anim. Sci. 22: 437~459.
- 19) SREENIVASAPRASAD, S. et al. (1994): Mycol. Resear. 98: 186~188.
- 20) SUTTON, B. C. (1980): The Coelomycetes. IMI, Kew, 696 pp.
- 21) ——— (1992): The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. In BAILEY, J. A. and M. J. JEGER ed. *Colletotrichum* Biology, Pathology and Control. CAB International, Wallingford, 1~26.

アブラナ科植物根こぶ病研究の最近の進歩

山口大学農学部生物生産科学講座 田 中 秀 平

はじめに

根こぶ病はアブラナ科植物を特異的に侵し、激しい被害をもたらす。本病防除のために、早くから効果的な対策の確立が望まれ、研究も進められてきたが、なお未解決の問題が少なくない。根こぶ病菌は人工培養ができないという点、土壌中で複雑な生活環をとるため、研究上の扱いが難しい。しかし、最近、根こぶ病の研究分野にも分子遺伝学的研究手法やその関連技術ならびに新たな視点が導入され、研究報告数は増加している。明確な結論が得られているわけではないが、研究は徐々に進みつつある。本稿では、最近数年間の報告を中心に、根こぶ病研究の進捗状況を紹介する。

I 発 生 状 況

根こぶ病は温・亜寒帯圏で発生する病害と考えられてきた。しかし、近年は熱帯や亜熱帯圏の諸国でも発生が見られるようになり、インド、台湾、インドネシアのほか、1987年にはタイでも発生が記録された(PETCHARAT et al., 1987)。タイの発生地は南部のソクラ県(北緯7度)の海岸に面し年間を通して気温の高い地域である。1993年8月に筆者も同県で、キャベツ、ブロッコリー、Chinese kaleにおける根こぶ病の発生を確認した。また、熱帯圏ではないが、中国(山東省)と韓国でも本病の発生が問題になっているようである。

一方、わが国でも、根こぶ病による被害は依然として拡大の傾向にある。1992年に、全国を対象に実施されたアンケート調査(本間, 1993)によると、発生面積が多い土壌病害として根こぶ病をあげた回答件数が1976年の調査時よりも大幅に増えている。また、近畿・中国地区を対象としたアンケート調査(岩間ら, 1993)でも、最近5年間に根こぶ病の初発生を認めたとする回答が31%に達し、以前から発生が多かった近畿地区のほか、中国地区でも発生が増加していることがうかがえる。さらに、根こぶ病の発生がほとんど問題になっていなかった九州地区でも、近年各地で本病による被害が見られるようになった。筆者は福岡、大分、長崎、熊本県での本病の激しい発生を観察している。特に長崎県島原市では、

根こぶ病が発生しにくいとされる冬期に播種して栽培した春獲りハクサイに、1987年ごろから本病の発生が見られるようになり問題となった(早田ら, 1990)。当地には極めて病原力の強い菌系の存在することが明らかにされている(田中ら, 1990)。

II 生 活 環

根こぶ病菌の生活環のうち、特に根毛感染と第二次遊走子の意義については早くから異論があり、今も結論に至っていない。GRAVELAND et al. (1992)は、*Agrobacterium rhizogenes*で形質転換させたナタネの培養毛状根に根こぶ病菌を接種したところ、こぶ形成が認められたにもかかわらず、根毛感染が認められなかったことから、第一次遊走子は皮層に直接感染できるとした。また、MITHEN and MAGRATH (1992)は、シロイヌナズナにおいて、根こぶ病菌の根毛次感染と皮層感染の両方を認めたが、第二次遊走子の成熟と同時期に mixamoebae と小型変形体の存在が皮層細胞内に観察されたことから、第一次遊走子は皮層に直接感染して mixamoebae をつくり、その二つが宿主細胞内で融合して遺伝的に異なる二つの核を持つ変形体になるとした。また、彼らは、第二次遊走子間で接合が行われるかどうかは疑わしいとし、根毛から放出された第二次遊走子は単に根毛への再感染を繰り返す独立した小さな生活環を形づくっているにすぎず、こぶ形成には関与しない可能性を示唆した。

このように、第一次遊走子は直接皮層に感染し得るとする報告が最近多い。しかし、第二次遊走子の皮層感染能の有無や遊走子(変形体)の接合(融合)が行われる時期と場所については、さらに詳しい検討が必要である。

III 病 原 性

1 レース混在の問題と単体眠胞子由来株

根こぶ病菌には、病原性を異にする多くの菌系が存在する。これら菌系の病原性の違いは、通常、レースとして分類整理され、レース判別には WILLIAMS 法と ECD 法が国際的に広く使用されている。しかし、圃場の根こぶ病菌菌系は、しばしば複数レースが混在する遺伝的に不均一な集団であることが JONES et al. (1982)を始め複数の研究者により示唆され、圃場の菌系は個体群(population)として扱われている。

根こぶ病菌は人工培養ができないので、単体眠胞子に

由来する遺伝的に均一な菌株を培地上で得ることはできない。したがって、単休眠一胞子を宿主植物に接種し、その罹病根から得られた休眠胞子が遺伝的に均一な菌株として研究に用いられるようになった。単休眠胞子接種法には、BUCZACKI (1977), JONES et al. (1982) などの方法があり、わが国では最近、KAGEYAMA et al. (1995) が簡便法を考案したほか、NARISAWA et al. (1996) は単細胞採取システムを用い高率に罹病植物を得ている。しかし、単核の単休眠胞子の接種によっては休眠胞子分化が認められないことから、これまでに各研究者が分離した単胞子由来株は2核休眠胞子に由来すると推測されている (NARISAWA et al., 1996)。なお、根こぶ病菌の1菌系 (個体群) において、核染色法 DAPI を用い各休眠胞子の核数を調べたところ、単核、2核、4核のものが観察され、それらの割合はそれぞれ 89.3, 10.3, 0.3% であったという (成澤ら, 1995)。

わが国でも、菌系 (個体群) から複数の単休眠胞子由来菌株が分離され、レース混在の有無が調べられたところ、供試2菌系ではレースの混在は観察されなかったが、他の1菌系において二つの単休眠胞子由来株間でレース判別宿主に対する病原性に違いが見られ、菌系内におけるレース混在の可能性が示唆された (KAGEYAMA et al., 1995)。このように根こぶ病菌の病原性をめぐる問題は複雑化している。

2 生化学的・分子遺伝学的手法による菌系およびレースの判別

アイソザイム分析や RAPD-PCR 法を用い菌系 (個体群) やレースを判別する試みがなされている。矢野ら (1994, 1995) によると、アイソザイム分析の結果、15 菌系 (個体群) のうち1菌系は他の14菌系と明らかに区別されたが、14菌系間の遺伝的多様度は極めて小さかった。また、任意 PCR プライマーを用いた RAPD-PCR 法においても同様の結果が得られた。一方、BUHARIWALLA et al. (1995) によると、クローニングした根こぶ病菌由来 DNA から作成した特異的 PCR プライマーを用いて菌系 (個体群) DNA の PCR を行くと、少数で、高度に増幅された多型 DNA 断片が得られた。これらの DNA 断片は菌系間で大きな多様度を示し、菌系相互の判別が容易であった。

また、レースの判別については、MÖLLER and HARLING (1996) の報告がある。彼らは、単休眠胞子由来根こぶ病菌3菌株の DNA に対し、10塩基対の任意 PCR プライマー40種を用いて RAPD を行い、得られたプロファイルを用いて ECD 法によるレース判別結果と比較したところ、使用プライマーの内の三つが菌株特異的プロファイルを示し、その内の一つがレース判別結果と一致するプロフ

ァイルを示したとしている。

なお、近年、欧州カブの遺伝子を導入してわが国で根こぶ病抵抗性 (CR) のハクサイが作出されたが、これらの品種の普及とともにその罹病が問題となり (吉川, 1989), 後にこれらの品種を侵す菌系 (個体群) と侵さない菌系 (個体群) が明確に存在することが明らかとなった (TANAKA et al. 1991; 釘貫ら, 1995)。これら両菌系 (個体群) を、分子遺伝学的手法により判別する試みが行われているが、今のところ成功していない (矢野ら, 1995)。

IV 病原性と抵抗性の生化学と分子遺伝学

1 高分子 DNA の抽出法

矢野ら (1994) は、高分子 DNA 抽出への利用を目的とし、根こぶ病菌休眠胞子のスフェロプラストの調製法を確立した。また、Ito et al. (1994) は、休眠胞子スフェロプラスト由来 DNA は高分子量を保持しており、制限酵素の基質および RAPD-PCR の鋳型として利用可能であったこと、このスフェロプラストを用いてパルス電気泳動を行うと少なくとも13本の染色体 DNA が検出されたことなどから、休眠胞子スフェロプラストは根こぶ病菌ゲノムと染色体の DNA 解析に有用であることを示した。

2 感染に伴う宿主タンパクの消長と酵素活性の変化

感受性および抵抗性宿主における根こぶ病菌感染前後の各種タンパクの消長や酵素活性の変化に注目した研究は多いが、まだ手探りの段階にある。以下に、二、三の研究を紹介する。

HANSEN et al. (1994) は、キャベツの健全根に存在するいくつかのタンパクが、根こぶ病菌の感染に伴って消失するかまたは著しく減少することを認め、感染によりこれらのタンパクをコードする宿主遺伝子の発現が抑制されるか、これらのタンパクが破壊されるためにこぶ形成が誘導されると考察している。また、Ludwig-MÜLLER et al. (1994) は、根こぶ病菌感染後のハクサイの感受性品種と耐性品種における、chitinase と peroxydase 活性の変化に注目したが、両酵素活性ともに耐性品種で有意に高くなるという結果は得られなかった。両酵素は一般に病原体に対する宿主植物の防御反応に関与しているとされるが、今のところ、根こぶ病の宿主病原体相互作用においてその証拠は得られていない。

一方、Ito et al. (1996) は、感受性および抵抗性品種に病原性を異にする根こぶ病菌2菌系をそれぞれ接種して根における各種タンパクの量的消長を調べたところ、感受性の組み合わせで特異的に増大した 25 kDa タンパク (pI 7.0) が PR タンパク group 5 と高い相同性を持つ

ことが明らかになった。しかしこのタンパクの機能や意義は明らかにされていない。

3 根こぶ病菌による宿主 DNA の取り込み

BRYNGELSSON et al. (1988) は、根こぶ病菌の休眠胞子と遊走子の DNA 中に宿主 DNA と高い相同性を持つ塩基配列が存在することを示した。これらの塩基配列は高分子の形のまま根こぶ病菌に取り込まれるが、宿主が変わると前の宿主の DNA 塩基配列は失われ、新しい宿主の DNA 塩基配列が検出される。彼らは、宿主 DNA 断片の取り込みの意義は明らかではないとしながらも、これは根こぶ病菌の進化に重要であり、宿主環境に対する根こぶ病菌の適応に関与していると考察している。また、BUHARIWALLA and MITHEN (1995) も、ナタネで継代した根こぶ病菌の休眠胞子 DNA において BRYNGELSSON et al. (1988) の見解を支持する結果を得ている。根こぶ病菌への宿主 DNA の取り込みが根こぶ病菌の病原性や宿主への適応に果たす具体的な役割について、今後の研究の進展が注目される。

4 根こぶ病抵抗性と抵抗性育種

RFLP マーカーを利用して各種アブラナ科作物における抵抗性遺伝子のマッピングや詳細な遺伝子地図の作成が進められている (LANDY et al., 1992; FIGDORE et al., 1993)。わが国でも欧州カブを抵抗性育種素材とする根こぶ病抵抗性育種において、抵抗性遺伝子に連鎖する RAPD マーカーが見いだされ、根こぶ病抵抗性個体の幼苗期での早期選抜が可能になった (釘貫ら, 1996)。

また、シロイヌナズナのエコタイプの多くは根こぶ病に感受性である (KOCH et al., 1991)。しかし、最近、特定の菌株 (pathotype) に特異的に抵抗性を示すエコタイプが見いだされた (FUCHS and SACRISTAN, 1996)。エコタイプの根こぶ病抵抗性は、単一優性遺伝子支配であるという。抵抗性エコタイプの利用により、根こぶ病抵抗性遺伝子の解明に研究の新たな展開が期待される。

V 休眠胞子の発芽機構

休眠胞子の発芽には、二価陽イオンが深くかかわっており、休眠胞子から Ca^{2+} を放出させると発芽が促進される (鈴木ら, 1988)。休眠胞子を純水に懸濁するだけでもかなり多量の Ca^{2+} が放出されるが、キレート剤 (EDTA, EGTA) を用いて休眠胞子から Ca^{2+} を一定量放出させると発芽が促進され、その量を超えてさらに放出させると発芽はむしろ抑制される (矢野ら, 1991)。また、宿主根の滲出物中に休眠胞子の発芽を促進する物質が存在し、その活性本体は熱に安定で比較的高極性 (親水性) の低分子物質であり、アブラナ科植物ばかりではなく、レタスのような非宿主植物の根の滲出物中にも見

いだされる (SUZUKI et al., 1992)。

VI 土 壌 診 断

根こぶ病防除対策の目安として、圃場土壌における根こぶ菌汚染度の簡便な診断法の確立が望まれている。TAKAHASHI and YAMAGUCHI (1987) は、土壌中の休眠胞子密度測定のために、汚染土壌から遠心分離操作を経て休眠胞子を定量する従来法に改良を加え、操作時間の短縮を図った。また、酵素抗体法を用い土壌中の休眠胞子密度を定量する方法も最近提案されている (折原・山本, 1996)。さらに土壌中の休眠胞子を顕微鏡観察により検出する方法として、蛍光抗体法 (有江ら, 1988) や蛍光色素カルコフルオールと臭化エチジウムの混合液による染色法 (TAKAHASHI and YAMAGUCHI, 1988, 1989) が考案された。前者は根こぶ病菌休眠胞子を特異的に検出できる点に、後者は休眠胞子の病原性活性も同時に評価できる点に特長がある。

根こぶ病の発生には、土壌中における根こぶ病菌の密度だけではなく、多様な誘因が関係し影響を及ぼすため、本病防除には総合防除の観点からの対策が必要となる。また、用いられるべき防除技術は圃場の諸条件等により必ずしも一様ではないことから、種々の防除技術をどう組み合わせ、個々の圃場の実態に応じた対策を講じるかが重要となる。そこで、「根こぶ病の発生予測」、「発生水準に応じた個別技術の合理的な総合化」、「総合防除技術の効果の事前評価」を目的とし、「圃場カルテシステム」が開発され (農林水産省農業研究センター, 1988)、その実用化試験が進められている。

VII 防 除

防除薬剤としては、従来、PCNB, TPN, トリクラミドの3剤が使用されてきたが、最近、フルアジナムとフルスルファミドが新規に開発、登録された。両薬剤ともに低薬量で高い効果を示す。フルアジナムは、休眠胞子に殺菌的に作用し、根毛感染と皮層感染を抑制する (鈴木ら, 1995)。フルスルファミドも類似の効果を有し (TANAKA et al., 1988)、定植以前にあらかじめ土壌に施用しても高い効果が得られる。なお、根こぶ病防除薬剤の効果は、一般的に土壌中の根こぶ菌密度のほか、菌系の病原力によっても異なる (田中ら, 1995) ので、薬剤使用の際はこれらの点も考慮することが望ましい。また、くん蒸剤によるマルチ畦内処理も効果が高く、使用薬剤としては、D-D・イソチオシアネートとダゾメットが適している (奥村, 1991)。

根こぶ病抵抗性品種としては、ハクサイ、カブ、キャベツ、ブロッコリーなどで、計 120 品種以上が育成され

普及している(吉川, 1996)。地域によってはこれらの品種での罹病が問題になっているが, 前述のとおり, これらを侵す菌系と侵さない菌系が存在する (TANAKA et al., 1991; 釘貫ら, 1995)。なお, 根こぶ病菌の傷口感染や環境ストレスなども本品種罹病の原因ではないかとされるが, 明確な結論は得られていない (吉川, 1996)。

根こぶ病の生物防除についても研究が進められている。まだポット試験の段階ではあるが, ハクサイ根部エンドファイトの一種である *Hetericonium chaetospora* の有用性が示唆されている (成澤ら, 1996)。

VIII 伝染源としてのアブラナ科雑草

わが国で根こぶ病の発生が知られているアブラナ科雑草は3種であったが, 新たにタネツケバナとオオバタネツケバナで根こぶ病の発生が記録された (TANAKA et al., 1993)。タネツケバナの根こぶ病は北海道と沖縄を除くほとんどの府県でごく普通に観察される。アブラナ科野菜に寄生する根こぶ病菌はタネツケバナにまったく病原性を示さないが, タネツケバナに寄生する根こぶ病菌はワサビに強い病原性を示し, 他のアブラナ科野菜に対しても程度は弱い病原性を示す(田中ら, 1994)。現在, 両菌の生態的・遺伝的關係について検討が進められている。

おわりに

本稿では, 根こぶ病研究の最近の動向を概括した。生活環など従来からの研究課題のほか, 新たに分子遺伝学的手法による研究が増えつつある点が最近の特徴といえよう。これら分子遺伝学的研究の多くは, まだ断片的で手探りの段階にあるが, 示唆に富んだものが少なくない。根こぶ病の発生は依然として拡大傾向にあり, アブラナ科野菜の栽培農家に深刻な打撃を与えている。今後, 研究者相互の密な情報交換と協力体制により, 研究が飛躍的に進展し, 現場の要請に的確に応え得る防除技術が確立されることを期待したい。

なお, 本稿の執筆にあたり, 農林水産省野菜・茶業試験場育種部長吉川宏昭氏, タキイ種苗研究農場研究員塩見 寛氏, 茨城県生物工学研究所研究員成澤一彦氏から資料の提供をいただいた。ここに記して厚くお礼申し上げる。

引用文献

- 1) 有江 力ら (1988): 日植病報 54: 242~245.
- 2) BUCZACKI (1977): Trans. Br. Mycol. Soc. 69: 328~329.
- 3) BRYNGELSSON, T. et al. (1988): Physiol. Mol. Plant

- Pathol. 33: 167~171.
- 4) BUHARIWALLA, H. et al. (1995): ibid. 47: 83~94.
- 5) ——— and R. MITHEN (1995): ibid. 47: 95~101.
- 6) FIGDOR, S. S. et al. (1993): Euphytica 69: 33~44.
- 7) FUCHS, H. and M. O. SACRISTAN (1996): Mol. Plant-Microbe Interact. 9: 91~97.
- 8) GRAVELAND, R. et al. (1992): Mycol. Res. 96: 225~228.
- 9) HANSEN, C. E. et al. (1994): Acta. Agric. Scand. Sect. B. Soil and Plant Sci. 44: 123~128.
- 10) 早田栄一郎 (1990): 九病虫研会報 36: 34~35.
- 11) 本間善久 (1993): 植物防疫 47: 16~21.
- 12) ITO, S. et al. (1994): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 60: 491~495.
- 13) ——— et al. (1996): J. Phytopathol. 144: in press.
- 14) 岩波 壽ら (1993): 中国農研資料 21: 133~159.
- 15) JONES, D. R. et al. (1982): Plant Pathol. 31: 229~238.
- 16) ——— et al. (1982): ibid. 31: 239~246.
- 17) KAGEYAMA, K. et al. (1995): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 61: 415~418.
- 18) KOCH E. et al. (1991): J. Phytopathol. 132: 99~104.
- 19) 釘貫靖久ら (1995): 園学雑 61 別: 218~219 (講要).
- 20) ——— (1996): 育雑 45 別 2: 100 (講要).
- 21) LANDY, B. S. et al. (1992): Genome 35: 409~420.
- 22) LUDWIG-MÜLLER, J. et al. (1994): Physiol. Plant. 90: 661~670.
- 23) MITHEN, R. and R. MAGRATH (1992): Mycol. Res. 96: 877~885.
- 24) MÖLLER, M. and R. HARLING (1996): Letters in App. Microbiol. 22: 70~75.
- 25) 成澤ら (1995): 日本菌学会第39回大会講演要旨集, pp. 100 (講要).
- 26) NARISAWA, K. et al. (1996): Mycol. Res. 100: in press.
- 27) 農林水産省農業研究センター(1988): 総合農業研究叢書 第16号, 255 pp.
- 28) 奥村直志 (1991): 今月の農業 35(12): 30~37.
- 29) 折原祥子・山本孝稀 (1996): 平成8年度日本植物病理学会大会講演要旨集, p. 33 (講要).
- 30) PETCHARAT et al. (1987): J. Thai Phytopath. Soc. 9: 15~22.
- 31) 鈴木一美ら (1995): 日植病報 61: 395~398.
- 32) 鈴木 健ら (1988): 同上 54: 114~115 (講要).
- 33) SUZUKI, K. et al. (1992): Ann. Phytopath. Soc. Japan. 58: 699~705.
- 34) TAKAHASHI, K. and YAMAGUCHI, T. (1987): Ibid. 53: 507~515.
- 35) ———, ——— (1988): Ibid. 54: 466~475.
- 36) ———, ——— (1989): Ibid. 55: 621~628.
- 37) TANAKA, S. et al. (1988): Abstrs. Int. Congr. Plant Pathol. 5th, p. 326.
- 38) ——— et al. (1991): Bull. Fac. Agric. YAMAGUCHI Univ. 39: 113~122.
- 39) ——— et al. (1993): Trans. Mycol. Soc. Japan 34: 381~388.
- 40) 田中秀平ら (1990): 山口大農学報 38: 33~45.
- 41) ———ら (1994): 日植病報 60: 256~258.
- 42) ———ら (1995): 同上 61: 228 (講要).
- 43) 矢野彰吾ら (1991): 山口大農学報 39: 105~112.
- 44) ———ら (1994): 日植病報 60: 310~314.
- 45) ———ら (1994): 同上 60: 396 (講要).
- 46) ———ら (1995): 同上 61: 233 (講要).
- 47) 吉川宏昭ら (1989): 根こぶ病抵抗性ハクサイ品種の罹病化に関する緊急調査報告書, 野菜茶試, 46 pp.
- 48) ——— (1995): 日本植物防疫協会野菜病害防除研究会現地検討会資料, pp. 16~25.

非対象生物に及ぼす化学農薬の影響評価基準案——EU の例——

農林水産省農業研究センター ^{ひら}平 ^い井 ^{かず}一 ^お男

はじめに

IPM の重要な分野である天敵を含む非対象生物と農薬との研究には 50 年の歴史があり、近年の天敵の薬剤感受性評価、農薬の生態学的影响の解析、選択性農薬の発達、天敵の薬剤抵抗性の付与管理等々に見られる進歩は、IPM の研究と推進に大いに貢献してきたという (CROFT, 1990)。

EU では、食料が完全自給の状態になった 1979 年以降、環境に及ぼす農業生産の影響に関心を持つようになった。農作物の害虫防除分野では天敵への農薬の影響評価指針の確立に向けた研究が IOBC 欧州支部¹⁾等の研究者グループにより早くから開始された (HASSAN, 1985)。おそらくこのような背景を受けたと思われるのであるが、農薬 (原文では作物保護剤と記されている) には本来の効果のほか人畜、地下水、非対象生物に悪影響を及ぼさなければならない内容と盛り込んだ農薬の認可に関する EC 通達が 1991 年 7 月に加盟国により採択され、1995 年 6 月までに EC 15 か国中ベルギー、デンマーク、フランス、アイルランド、イタリア、ポルトガル、スペイン、イギリスで施行された (HASSAN and FORSTER, 1995)。さらに 1996 年 3 月には、農薬の天敵への適切な評価のための環境毒性学的 (エコトキシコロジー) 研究が必要とされた EU 通達が出された。IOBC 関係者は非対象生物としてミツバチ、ミミズ、魚とは別に寄生蜂や捕食性小動物等の天敵が盛り込まれたのは初めてのことであり IOBC 欧州の古くからの努力の結果である (BIGLER, 1996)、と称賛している。本報は 1994 年にオランダで開催された ESCORT ワークショップ²⁾で、農薬登録と IPM 導入用農薬の選定のために提案された非対象生物に及ぼす農薬の影響評価基準案 (BARRETT et al., 1994) の概要をまとめた。

提案された影響評価基準案

ワークショップでは、試験生物の選定、室内・拡大室内試験法、半野外・野外試験法、試験法原則、データの解釈 (危険度評価と管理) に関するワーキンググループを設け基準案をまとめた。

1 試験生物の選定上の注意

試験生物は、選択性農薬の IPM への組み込みに関する情報が得られる天敵群から選定する。農薬登録用試験では IPM に必要な情報を得ることはできないので、IOBC 専門家は引き続き IPM に適切な薬剤を選定し公表する (JEPSON, 1989)。分類学上別グループに属する試験種を選定することにより、別の非対象生物への影響情報が得られることがある。殺虫剤一次スクリーニング試験やミツバチ試験の結果から、節足動物種へのリスク情報が得られることもあるが、データの外挿には注意が必要である。しかし農薬の感受性の高い種を対象に最悪条件で実施した室内試験で毒性がない場合、野外試験でも影響が出ることは少ない。

(1) 試験生物選定の原則

農業生態系に高密度で広域に分布する天敵小動物で、薬剤感受性が高く飼育と実験が容易な種を選定する。

(2) 推薦された試験生物

表-1 はワークショップにより推薦された試験生物であり、寄生蜂、捕食性ダニ、地上はいかい性天敵、葉上捕食者のように機能別に分けられている。

1) 有効成分の認可

有効成分の認可申請には、感受性生物 2 種と製剤の使用対象 (作物と害虫) に合った 2 種に対する製剤の試験データが必要である。アブラバチ科 *Aphidius rhopalosiphii* とカブリダニ *Typhlodromus pyri* の 2 種を標準種として推薦する。*A. rhopalosiphii* の代わりにタマゴコバチ科 *Trichogramma cacoeciae* の結果でもよく、*T. pyri* の代わりに *Amblyseius* sp. の試験でもよい。

2) 製剤の認可

製剤の認可は EC 加盟各国が行う。上記 1) の試験で影響が見られた薬剤については、上記とは別種で対象作物内にいる適切な 2 種を用いて試験する。1) の認可申請試験で評価された主要製剤と別の製剤については、先の試験で最も感受性の高かった 2 種を対象に試験する。この製剤が主要製剤より毒性が強かったら、さらに製剤の使用対象に合った 2 種について試験する。

2 室内試験と拡大室内試験

非対象生物に及ぼす農薬の影響を評価するには最多の暴露をねらった標準室内試験、野外条件に近い暴露を行う拡大室内試験、半野外試験、野外試験を含む連続段階試験の実施が広く認められている (図-1)。

表-1 推薦された試験生物^{a)}

生態系	寄生蜂	捕食者	地上はいかい者	葉上捕食者
果樹園	アブラバチ科	カブリダニ	コモリグモ	ハナカメムシ
温室	Aphidius	Typhlodromus	Pardosa sp.	●rius sp.
森林	タマゴコバチ科	カブリダニ	オサムシ科	ハナアブ科
ぶどう園	Trichogramma	Amblyseius	Poecilus	Episyrphus
	トビコバチ科			ヒメクサカゲロウ
	Leptomastix			Chrysoperla
	ヤドリバエ科			ナナホシテントウ
	Drino sp.			Coccinella
耕地	アブラバチ科		オサムシ科	ハナアブ科
	Aphidius		Poecilus	Episyrphus
	タマゴコバチ科		コモリグモ	ヒメクサカゲロウ
	Trichogramma		Pardosa sp.	Chrysoperla
			ハネカクシ科	
			Aleochara	

a)：試験種は試験薬剤の対象作物と害虫により選定する。試験法は HASSAN (1992)を参照。

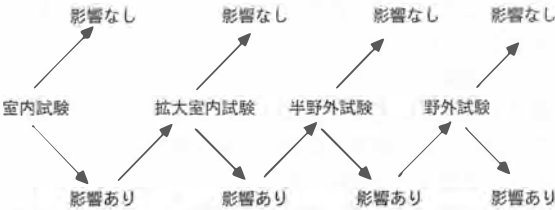


図-1 被対象生物に及ぼす農薬の影響評価の連続段階試験例 (HASSAN, 1992)

(1) 室内試験

室内試験の目的は作物に農薬を散布したときに非対象生物への影響が少ない薬剤を選出することであり、試験生物の若い発育態を容器内に閉じこめ最高薬量の残留物に暴露し調査する。評価には死亡率以外に増殖率、寄生率、摂食量に関係する亜致死率も含める。

- 1) 試験薬剤：第一次試験として代表的な剤型を用い野外での影響を考察しうる情報を得る。
- 2) 試験用器具：試験用器具は処理薬剤の安定性やデータの再現性を保証するガラス、石英砂のような不活性物質製とする。
- 3) 試験生物：試験生物は室内飼育系統を使い日齢、寿命、繁殖力、卵活性、寄生率等の質をそろえ、感受性の高い発育態を使う。必要に応じ雌雄について試験する。
- 4) 試験薬剤の処理：検量線を利用する等して単位面積当たりの薬液量 (mg/cm²) が処理面に均一になるように散布する。例) ガラス面や葉面上の液量は 1.5 mg/cm²、砂面上の液量は 6 mg/cm² とする (HASSAN, 1992)。
- 5) 試験方法：薬剤処理した器具内に餌と試験生物を入れる。試験生物が薬剤残留物に十分接触するようにするとともに残留物からの揮発物を排気しその影響を少な

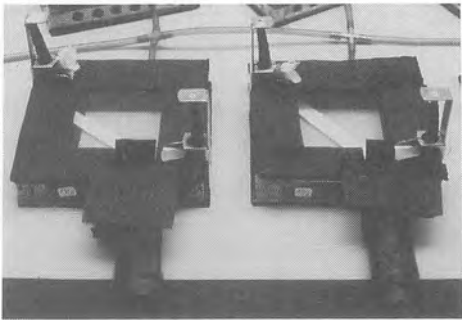


図-2 薬液噴霧したガラス板で組み立てた農薬影響調査用フレーム

フレーム内に寄生蜂と昆虫卵を入れ、被寄生卵数の多少で農薬の影響を評価する (於ドイツ農林生物研究所, 1994)

- くする (図-2)。
- 6) 調査と評価法：試験生物の活性と天敵能力を評価するために、生存率および産卵、寄生、捕食、行動変化、子の生存等に関係する亜致死率を調査する。結果は4段階評価を行う。例) 死亡率 30% (無影響), 30~79% (影響小), 80~98% (影響中), 99%以上 (影響大) (HASSAN, 1992)。
- 7) 調査基準：対照として水処理区を設け自然死および天敵機能の程度を知る。結果は統計処理ができるように反復を十分とる。
- (2) 拡大室内試験
- 室内試験で影響が見られた薬剤は必要に応じ野外条件に近い拡大室内試験を行う。この試験では土壌や植物に薬剤処理し、その上に試験生物を接種し各発育態の影響調査、薬剤の残効性、薬剤-反応曲線の研究、複数回処

理の影響調査等を行う。試験法は試験指針に準じ (HASSAN, 1992), 試験法がない場合実施方法を詳細に記録する。

1) 処理量: 1 回散布の薬剤は室内試験では最高薬量, 200~600 l/ha 相当量を散布する。鉢植えのリンゴやトウモロコシで試験する場合, 葉面沈着量は散布量の 40%, 地上沈着量は 50% として試験する。

2) 複数回処理: 2~3 回散布する薬剤は第一次室内試験で最高散布量の 2 倍量を散布して評価する。4 回以上散布の場合, 散布間隔は 14 日以内とする。

3) 注意: 種子粉衣剤, 土壌施薬剤, 誘引剤, 揮散剤のような剤型, 糸状菌, 細菌剤, IGR 剤のような作用機作が異なる薬剤は試験法を別途考案し評価する。

3 半野外試験と野外試験

前項の試験で影響のあった薬剤は半野外試験と野外試験を行う。半野外試験は室内試験と同様に単一種試験であるが, 野外試験は複数種に対する情報が得られる唯一の試験である。

(1) 半野外試験

試験は作物圃場内の囲いやケージ内で試験する。必要に応じ雨よけをしてもよいが, 環境を改変しないようにし, 温度や日照等の気象要素を記録する。試験生物は実際場面に合わせ薬剤処理前または処理後に放す。試験は実際の処理時期に合わせ最悪な条件を再現できる時期や季節に行い, 適切な処理方法で製剤の使用範囲内の最高濃度を処理する。試験区には対照薬剤と水処理区を含み反復試験を十分行う。試験区は風向, 太陽光, 傾斜等の場所の影響を考え, 無作為乱塊法やラテン方格法で配置する。

1) 試験生物: 室内飼育系統か野外採集系統を供試する。野外採集個体は試験前に室内で飼育し弱勢個体や病気個体等を除く。

2) 作物: 試験は薬剤の適用作物や試験生物が豊富な作物圃場内で行う。耕地作物, 広面積作物, 果樹等のグループ別に試験してもよい。

3) 餌: 試験生物に給餌し天敵機能を発揮させる。

4) 試験期間: 短期試験は 24~48 時間, 長期試験は 14 日間を目安とし, 試験生物や方法により適宜変更する。

5) 評価: 半野外試験では行動, 被食, 寄生, 繁殖, 寿命等の変化に関係する亜致死と死亡, ノックダウン, 試験適合性を調査する。短命のクサカゲロウ, 寄生蜂, カブリダニでは生存者の繁殖能力を調査する。

6) 半野外試験の利点: 反復数, 対照薬剤, 試験生物, 植物, 薬剤等の均一性により統計処理が容易である。室内試験に比べ施用薬剤の動態や試験生物の行動が実際場面に近い。

7) 半野外試験の制約: ケージ内が非現実的で自然の行動を抑制する。試験生物が薬剤処理面を避ける場合がある。気象や植物の選択が試験の結果に影響する。試験期間が短く複数回処理の影響を評価しにくいことがある。

(2) 野外試験

野外試験の目的は, 室内試験や半野外試験で明らかになった薬剤の影響を確認または排除することにある。野外試験では長期試験や殺菌剤を含む複数回散布の影響, 単一種と複数種の影響等も調査する。最も実態に近い試験ができるが, 試験区の設定によっては全体像を把握できないこともある。試験場所の気象や生物により影響されるので, EC 加盟各国の登録を満たすには, 条件の異なる複数の圃場で試験を行う (図-3)。

1) 試験生物: 野外生物が生息する作物や土壌に直接処理する。生物的防除が実施されているところでは試験期間中防除素材を補給する。IGR 剤では幼若期から成虫期まで調査する。

2) 試験場所: 試験薬剤の使用法に基づき実際のワーストケースを反映し, 主要動物が生息し, 反復可能な場所を選定する。試験区の大きさは試験区構成と試験生物によって決定する。

3) 処理法: 薬剤は試験製剤の最高濃度と最多散布回数で処理し, 対照薬剤と水処理区を設定する。

4) サンプルング: 処理前の個体群トレンドを観察し処理効果を定量化したり, 処理剤の影響期間を定量化するためにサンプルング頻度を多くする。試験区の中央からサンプルングし, 散布むらや小動物の移出入等の周辺効果を排除する。サンプルングでは幼若個体を含めたり, 多数の動物種, 被食者, 寄主, 高次寄生を調査する。種レベルで個体数の多い小動物を調査し統計処理する。結果は 4 段階評価とするが, レンジは室内試験より厳しい。例) 死亡率 25% 未満 (無影響), 25~50% (影響小), 51~75% (影響中), 75% 以上 (影響大) (Hassan, 1992)。

5) 野外試験の長所: 空間的・時間的に複合種の実際の



図-3 テンサイ圃場にオサムシを放した後, 農薬を散布し影響評価する野外試験 (於ドイツ農林生物研究所, 1994)

生態と行動を調査できる。しかし野外実態を完全に反映できるわけではないので、季節ごとに反復数を増やすことが必要である。

6) 野外試験の制約：野外試験は費用と労力がかかり、天候に左右される。多因子間相互作用が発生しデータは解釈しにくい。これらは対象生物が多い試験場所を選ぶことによりある程度回避できる。試験結果は薬剤が試験された実際の最悪条件の代表であるので、結果の外挿は専門的な判断にゆだねる。

4 試験の原則

(1) 試験製剤

室内試験では多数の有効成分を逐一試験できないので、製剤を使用する。

1) 有効成分認可用試験：有効成分の認可用室内試験では標準生物2種と試験作物内生物2種に対する主要製剤試験が推奨されている。非対象生物への有効成分の影響は各製剤の実際的な暴露試験により評価できる。

2) 製剤認可用試験：上記試験で主要製剤が無影響であったら次の試験は行わない。すでに評価された主要製剤とは別剤の影響について感受性の高い生物を対象に試験する。

製剤の毒性をミツバチや天敵への試験データに基づきグループ分けする。同一毒性グループ内相互間では外挿可能なので試験製剤数を減らせる。種子粉衣、ペレット、ベイト等の剤型はクモとオサムシの2種で試験する。

散布液の残留物試験は同一有効成分を有する製剤間の違いを常に区別できるとは限らない。製剤中の担体や不活性物質（界面活性剤や油剤の種類や量）は直接散布では異なる作用を示すので、場合によっては過剰散布して影響を調査する。室内試験で最も毒性の高かった製剤は野外試験、半野外試験を行う。

3) 混合剤：複数の有効成分を有する混合剤は室内で最初に試験する。しかし過去の室内試験で1成分でも有害と判明している製剤は半野外試験、野外試験に移す。

(2) 薬剤の使用

1) 室内試験：試験生物の選定とは別に、薬剤の使用時期、場所、地域、作物の作型を考慮する。試験が適切な方法で最悪条件下で行われるならば、結果は同一種に限り欧州広域に適用できる。

2) 半野外試験：半野外試験は薬剤の使用範囲内で現実的な最悪条件を組み込んで行われるので、場所や地域を考慮する必要はない。作型は試験生物により選定する。最悪条件には使用濃度内の最多暴露、試験生物の十分な活動を促す環境条件、感受性の高い発育態の選択、土壌や作型による農薬の生物利用性等が関係する。

3) 野外試験：製剤の通常の施用法や使用時期、作型

を考慮に入れ、試験生物に抵抗性の発達がなく、感受性の高い発育態が生息し、製剤登録国の気象環境条件に合致する地域や場所を選んで試験する。

(3) 薬剤の処理法

一作期に2~3回散布する製剤の残留影響試験では、最高濃度の2倍量を散布し評価する。この散布で試験生物が影響を受けるならば1倍量の試験を考える。3回以上散布の場合、14日以内の散布間隔で評価する。複数回散布による累積残留の影響増加が見込まれる場合は、拡大試験や半野外試験、野外試験の追加試験で評価する。この試験例は果樹やぶどうでの殺菌剤施用や種馬鈴薯のアブラムシ防除剤に見られる。残留影響期間の評価は4段階評価を行う。5日未満(短期残留)、5~15日(残留小)、16~30日(残留中)、30以上(残留大)(HASSAN, 1992)。

(4) 外挿

非対象生物に及ぼす農薬の影響は、同一分類グループと同一栄養レベル、機能・生態的同一グループに外挿できる。室内試験では行動生態が制限されるので、種間の外挿には同一ステージのみ可能である。半野外条件では行動が活発なので種間の外挿は室内試験より難しい。同一種でも全く別に行動し薬剤接触量が異なり感受性が異なる。室内試験で無害とされる場合、野外の影響評価に外挿できる。しかし外挿に当たり体サイズ、生態、行動、系統の感受性、残留と散布等の試験方法、試験温度、餌の有無、特にIGR剤試験では発育態等々が薬剤接触量に関係することを十分考慮する。

5 リスク(危険度)評価と管理

(1) リスク評価

農薬のリスク評価に当たり以下の3条件を考慮する。

1) IPM 未実施耕地内非対象生物

耕地内の生物は通常の農薬散布を含むプラウ耕、収穫等の農作業によりかく乱されるが、農薬の影響はできるだけ少なくするのが望ましい。

2) IPM 実施耕地内天敵

IPM 実施作物園場では、天敵小動物の自然制御能力を保全し発揮させる。

3) 耕地外非対象生物

これらの生物は、節足動物個体群の移出入や繁殖のための自然の宝庫となり、種の多様性を増大させ、ほかの非対象生物に生活資源を提供する。

耕地内外の非対象生物へのリスクは、以下の3項目を考慮し軽減する。

① 耕地内有用生物は最高薬量と散布頻度による最悪な暴露を受けやすい、有意な薬剤抵抗性生物はいない、分類上多用な種が生息する、IPM に有用な情報を提供できる、標準試験法と広範なデータベースが存在する等々

の理由によりリスク評価の指標生物として使える。

② リスクを大中小に分類し、特別な使用制限を明記したラベルを表示する。

③ IPM 計画での使用の可能性を表示する。

(2) リスク管理

1) ラベル表示によるリスク管理

農薬のラベルには適用害虫と使用方法のほか、リスクの大中小の分類、非対象生物の分類、作物の分類、作物内外の生物を保護するための使用規制、IPM への適用性等が記載されているので、リスク管理へ応用する。

2) 耕地外リスク管理

・最高濃度で試験されリスク小と評価された農薬には追加試験は不要である。リスク中と評価された薬剤も普通追加試験は必要ない。

・耕地外非対象生物へのリスクが低いことが必要である。
・耕地内無散布緩衝帯の設置等のリスク管理技術は、薬剤ごとに採用する。

(3) 地中海欧州植物防疫機関/評議会¹⁾によるリスク評価計画案 (BARRETT, 1994)

1) 地中海欧州植物防疫機関/評議会により提案されたリスク評価計画案は、個々の試験生物の閾値が設定されずに受け入れられているが、将来試験生物の個体群動態、種より広い分類群への外挿、複数回散布の影響等を考慮し閾値を設定する。この点について野外情報を組み合わせたコンピューターモデリングが重要になる。

非対象生物別の閾値設定に際し以下の指針を考慮する。

2) 修正提案

地中海欧州植物防疫機関/評議会提案の評価計画はリスク評価基準として使用できるが、将来、耕地外非対象生物を考慮した修正が必要である。

お わ り に

欧州では、現在まで最初に述べた6か国が農薬の登録、選定に際し天敵への影響評価を実施することを決め、1997年3月までにはその他のEU加盟国でも実施するようになると見られる。今後は本報で概説した基準案に

作物と条件	許容できない閾値指針 ^{注)}
1. 耕地内非 IPM 非対象生物	一定期間後に回復がなかったり重要害虫のリサージェンスがおこる。
2. 耕地内 IPM 活用天敵	重要害虫を抑制する天敵小動物に検出可能な影響がある。
3. 耕地外非対象生物	非対象生物に生態的に重要な影響 (30% <) がある。

注) : 許容できない影響がある農薬の登録は妨げないが、適切な使用法と管理法を講ずる。

沿った推薦試験生物の試験法の確立、連続段階試験での死亡率、亜致死率の種別基準値の設定、作物ごとの野外試験法の確立、非対象生物による農薬の利用可能性の評価、複数回散布剤の野外試験データの再検討等が必要とされている。わが国では天敵に及ぼす農薬の影響評価は一部自発的に行われているが、将来統一試験法の作成とそれによる試験および公表が必要となる時期がくると思われる。

用語の解説¹⁾

ESCORT ワークショップ: European Standard Characteristics of Beneficials Regulatory Testing, 有用生物統一試験欧州標準特性ワークショップ. OECD パリ, EC ブリュッセル, 各国研究所, 農薬会社などから 35 名の研究者が集まり SETAC-Europe 共催 EC 支援による BART, EPPO/coE, IOBC 合同の ESCORT ワークショップが 1994 年にオランダで開催された。

BART: Beneficial Arthropod Regulatory Testing Group, 有用節足動物統一試験グループ

EPPO/coE: European and Mediterranean Plant Protection Organization with the Council of Europe, 地中海欧州地域植物防疫機関

IOBC: International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants, 国際有害動植物生物学的総合的防除機関

SETAC-Europe: Society of Environmental Toxicology and Chemistry-Europe, 欧州地域環境毒性学・化学学会
Beneficial Arthropods (Beneficials): 有用節足動物: 天敵や花粉媒介昆虫を示す。本文では花粉媒介昆虫を対象としていない。

Neutral species: 害虫でも有用小動物でもない種。non-target 又は indifferent species ともいう。

Non-target species: 農薬散布の対象としない非対象生物。有用種ともいうがそれに限定されない。

参 考 文 献

- 1) BARRETT, K. L., N. GRANDY, E. G. HARRISON, S. HASSAN, and P. OOMEN (1994): Guidance document on regulatory testing procedures for pesticides with non-target arthropods. SETAC-Europe. pp. 51.
- 2) BIGLER, F. (1996) IOBC Newsletter 63: 2.
- 3) CROFT, B. A. (1990) Arthropod biological control agents and pesticides. John Wiley & Sons, Inc., New York. pp. 723.
- 4) HASSAN, S. A. (1985): Standard methods to test the side-effects of pesticides on natural enemies on insects and mites developed by the IOBC/WPRS working group "Pesticide and biological organisms" Bull. OEPP/EPPO 15: 214~255.
- 5) HASSAN, S. A. (1992) Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms: Description of test methods. IOBC/WPRS Bulletin 1992/XV/3, pp. 186.
- 6) HASSAN, S. A. and P. FORSTER (1995): J. d'information sur les auxiliaires entomophages, Valence 15 novembre: 39~47.
- 7) JEPSON, P. C. (1989): Pesticides and non-target invertebrates. Intercept. Dorset, UK. pp. 240.

灰色かび病菌 (*Botrytis cinerea*) の選択分離培地を用いた 空中孢子密度測定法

大阪府立農林技術センター おか だ きよ つぐ
岡 田 清 嗣

はじめに

灰色かび病は、施設栽培の増加に伴い、多くの作物に被害をもたらすようになった。被害が、果実や花弁など商品となる部位に生ずるため、多発すると農家に著しい損失をもたらす。本病は空気伝染性であり、罹病組織上に形成された多量の分生孢子が、空气中に飛散し茎葉に付着して新たな感染・発病を繰り返す。このため、空气中の飛散孢子密度が二次伝染時の伝染源密度と密接に関連し、本病による被害の多少に影響する。そこで、飛散孢子密度を迅速に把握できれば、的確な発生予測が可能となる。特に施設栽培では、分生孢子形成に好適で孢子的飛散が施設内に限定されるので、飛散孢子密度は露地栽培に比べ当然高くなる。また、感染発病に好適な条件が得られやすいことから、飛散孢子密度が発病に及ぼす影響は大きくなると考えられる。

一方、本病の防除においては、殺菌剤の散布による化学的防除が主要な位置を占めている。しかし、薬剤耐性菌の発生による効力の低下という問題を生じている。薬剤耐性は、新たに開発された効果の高い薬剤に次々と発達した。作用点の異なる複数の薬剤に耐性を有する、いわゆる多剤耐性菌の発生も確認されている。薬剤耐性の発達を助長する同一薬剤の連用をさけるために、作用点の異なる薬剤のローテーション散布が推奨されている。防除薬剤の選択に当たっては、圃場に分布する耐性菌の種類とその比率を把握することが不可欠である。これまで薬剤耐性菌の種類は、罹病組織から分離した菌株の検定培地上での菌糸伸長によって判別してきた。この方法は、菌株分離から培地検定まで長い時間と多大な労力を要するため、農家段階での薬剤選定には利用できなかった。

さて、今後の本病の防除に当たっては、環境保全型の防除の視点が望まれており、薬剤以外の防除技術も開発されつつある。将来的には各種防除技術を有機的に組み合わせた総合防除体系の確立が必要である。その中でも、効果の著しい薬剤防除は重要な位置を占めるで

あろう。薬剤防除を必要最小限とするためには、迅速かつ精細な発病予測に基づいて適切な防除技術が選択され、実施されなければならない。本病においては、分布する薬剤耐性菌の種類と空气中的病原菌密度の、迅速な把握が発生予測と防除薬剤選定に有効である。

今回、灰色かび病菌の選択分離培地および、これを利用した空中飛散孢子密度の推定法、薬剤耐性菌の種類の判定法を開発したので、それらについて紹介する。

I 選択分離培地の処方と特性

1 培地の処方

Czapek 寒天培地を用いて、灰色かび病菌の基本培地の検討を行った。その結果、炭素源はフラクトース、窒素源は L-グルタミンが有効であった。また無機塩類については、KCl および $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ を除いたほうが孢子の発芽および菌糸生育が良好であった。

次に、施設内の空气中に存在する、*Alternaria* 属菌、*Cladosporium* 属菌、*Aspergillus* 属菌、*Penicillium* 属菌、*Trichoderma* 属菌等の孢子由来の菌叢形成の阻害を目的に抗菌物質の検討を行った。その結果、酢酸トリフェニル錫は、*B. cinerea* 以外の糸状菌に対し 1 ppm 以下で強い静・殺菌効果を示したが、*B. cinerea* に対しては 3 ppm 以上で静菌作用を示した。また、*Cladosporium* 属菌や *Alternaria* 属菌の生育は、塩基性塩化銅の 25 ppm 添加によって抑制された。以上のことから、選択分離培地 (SBc 培地) の組成を表-1 に示す処方とした (岡田ら、

表-1 灰色かび病菌選択分離培地 (SBc 培地) の組成

基 本 培 地 ^{a)}		抗 菌 物 質 ^{b)}	
MgSO ₄ ・7 H ₂ O	0.5 g	硫酸ストレプトマイシン	300 ppm
NaNO ₃	2.0	酢酸トリフェニル錫 ^{c)}	1.5
K ₂ HPO ₄	1.0	塩基性塩化銅	25
L-グルタミン	2.0	ローズベンガル	25
フラクトース	10.0		
寒天	15.0		
蒸留水	1,000 ml		

- a) : 基本培地は 121℃、10 分加圧蒸気滅菌する。
b) : 抗菌物質は加熱融解後、50℃ まで冷ました基本培地に添加する。
c) : 本剤 150 mg を DMSO 100 ml に溶解し、1 ml を添加する。

Selective Medium for Detecting Air Borne Spore of *Botrytis cinerea* PERSOON. By Kiyotsugu OKADA

1992)。

基本培地は 121°C10 分間加圧蒸気滅菌すれば、長期間保存可能である。酢酸トリフェニル錫は 150 mg をジメチルスルホキシド (DMSO) 100 ml に溶解し、その他の抗菌物質とともに基本培地が約 50°C に冷めた後に添加する。pH の調製は特に必要なく、分注後の培地の pH は 5.8 ± 0.2 を示す。

2 培養条件とコロニーの形状

本選択分離培地での灰色かび病菌の培養は、20~25°C、暗黒条件で行う。明条件下では、ローズベンガルの赤色が脱色しやすく、また *B. cinerea* の発芽および菌糸伸長が悪くなることがある。*B. cinerea* の菌叢は培養 4 日目から、肉眼で観察可能となり、7 日後にはマゼンタ色で大きさ 0.5~2 mm の不整形のコロニーとなる (図-1, 2)。なお、本培地では *Penicillium* 属菌の抑制が不完全でありコロニーを形成するが、*B. cinerea* との識別は容易である。すなわち、培養 4 日後には、*Penicillium* 属菌のコ

ロニーは緑色の孢子形成が認められ、培地裏面の色は暗赤色~黒色に変色するが、*B. cinerea* 菌では表面が灰白~マゼンタ色、培地裏面もマゼンタ色を呈することから両者の識別は容易である。

3 既往の選択分離培地との比較

LORBEER and TICHELAAR (1970) や KRITZMAN and NETZER (1978) は、タマネギ灰色腐敗病菌 *B. allii* を土壌および種子から検出するための選択分離培地を報告した。その後、KERSSIES (1990) は KRITZMAN らの培地を一部改変して

表-2 各種選択分離培地における *B. cinerea* のコロニー数の比較

培地の種類	<i>B. cinerea</i> のコロニー数
SBc 培地	87.5 (83.3)
BARDINELL 氏培地	6.5 (6.2)
KERSSIES 氏培地	0.0 (0.0)
PDA 培地	105.0 (100.0)

() 内の数値は PDA 培地に対する相対値を示す。

表-3 孢子トラップ法によって各種選択分離培地に生じた *B. cinerea* のコロニー数の比較

孢子採集場所	作動 ^{a)} 時間	培地の種類		
		SBc 培地	BARDINELL 氏培地	KERSSIES 氏培地
ハウス 1	3 分	190 ^{b)}	NC ^{c)}	11
	5	612	NC	17
ハウス 2	3	734	NC	23
ハウス 3	3	760	NC	31
平均 ^{d)}	1	164	—	5.9

a) : 吸引式孢子採集器の作動時間を示す。

b) : CFU/シャーレ。

c) : コロニー判別および計数不能。

d) : シャーレ 1 枚当たり 1 分間にトラップされたコロニー数。

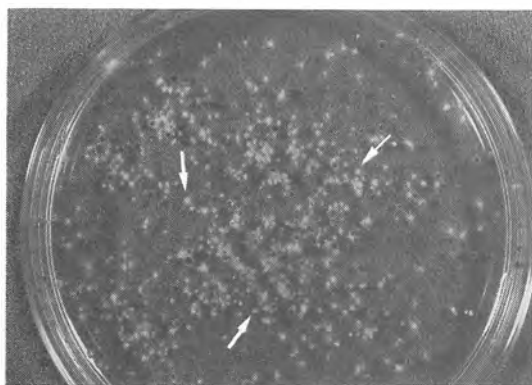


図-1 選択分離培地上における灰色かび病菌コロニーの様子 (表面: 白矢印)

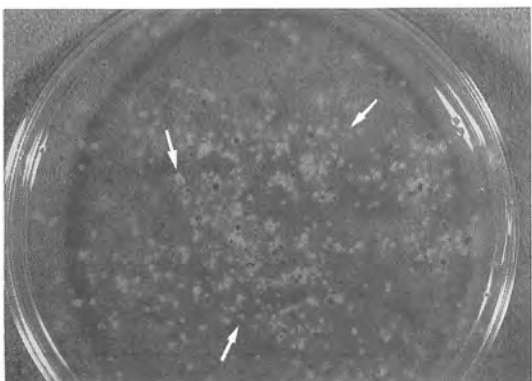


図-2 選択分離培地上における灰色かび病菌コロニーの様子 (裏面: 白矢印)

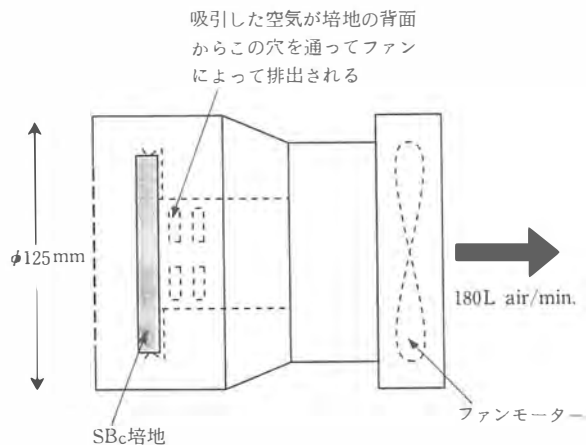


図-3 吸引式孢子採集器模式図

B. cinerea の孢子トラップ用の選択培地 (KERSSIES 氏培地) を開発し, BARDINELL et al. (1989) は薬剤耐性菌診断のための選択培地 (BARDINELL 氏培地) を発表した。

そこで上記二つの培地と SBc 培地の分離精度を, 孢子懸濁液を培地表面に展開する方法と, ハウス内で孢子を吸引式孢子採集器 (図-3, 大阪府立農林技術センター製) で吸引トラップする方法の2とおりで比較検討した。BARDINELL 氏培地および KERSSIES 氏培地に比べ, SBc 培地は病原菌の回収率が高かった (表-2)。飛散孢子密度の測定に使用した場合においても, KERSSIES 氏培地に比べ約 28 倍も精度が高く, 孢子採取にも適していることがわかった (表-3)。また, BARDINELL 氏培地では, *B. cinerea* が菌糸伸長した部分の培地色が紫から黄色に変色するが, 変色部分の重なりや *B. cinerea* 以外の糸状菌による変色も認められたため, コロニー数の計数は困難であった。これらのことから, *B. cinerea* の選択分離培地として SBc 培地が優れていると考えられた。

II SBc 培地の利用

本病の防除には, 施設環境制御による発病抑制対策が有効であることを実証した (入江ら, 1993)。しかし, 本病の発生後においては耕種的な対策を図りつつ, 薬剤主体の防除体系にならざるを得ない。効率的な防除を行うには, 発病の進展を予測して防除の要否を判断し, 最も効果的な薬剤を散布する必要がある。そのためには現状の発病が, 今後どのように影響するかを見極め, 圃場内の薬剤耐性菌の構成割合がどうなっているのかを迅速・的確に把握しなければならない。そこで, 二次伝染時の飛散孢子密度とその後の発病との関係について検討し, 同時にその耐性菌の種類判別を試みた。

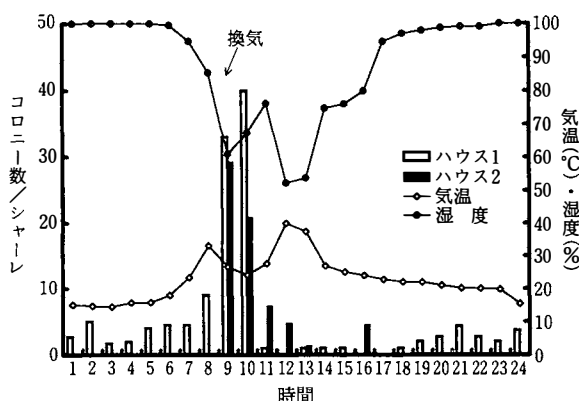


図-4 ハウス内の温湿度変化と飛散孢子量 (1990.5.2)

1 飛散孢子のトラップ

飛散孢子を効率的にトラップするためには, その飛散消長を把握する必要がある。ラズベリー畑においては午前 11 時前後と午後 4 時前後 (British summer time) の 2 回, 相対湿度が急変する時に飛散が起こりやすく, 午前中のピークのほうが大きいとした (JAVIS, 1962)。ナス栽培ハウスにおける孢子の時間別飛散量については, 当センター内で 1990 年 4 月下旬から 5 月上旬に SBc 培地を用いて調べた。培地は 1 時間ごとに畝間に設置し, シャーレのふたを 5~10 分間開放して孢子をトラップした後, 20°C, 5 日間培養して生じたコロニー数を計数した。その結果, 午前 8 時から 11 時の間はシャーレ当たり 10~40 個認められたが, 7 時以前および 12 時以降の飛散はシャーレ当たり数個以下であった (図-2)。このことは JAVIS の結果と一致し, 本培地によってハウス内の飛散孢子量を把握できると考えられ, 孢子トラップは午前 10 時前後で実施することが効率的であると思われた。

次に, 飛散孢子密度とその後の灰色かび病の発生との関係について検討を行った。SBc 培地と吸引式孢子採集器を用いて, 空気 1 m³ 当たりの飛散孢子密度を測定した (岡田ら, 1993)。本採集器は 1 分間当たり 180 l の空気を吸引する能力を有し, 約 5 分間の作動で 1 m³ の空気を選択分離培地表面へ直接触れさせることができるように設計してある。

調査は発病程度が異なるハウス 3 棟 (発病果率 0~11%) で, 3~6 月までの栽培期間中, 7~10 日間隔で 8 回空気中の飛散孢子密度の測定を行い, 同時にハウス内の発病果率を調査した。その結果, ハウス内の飛散孢子密度は 2~734 CFU/m³ air であった。飛散孢子密度 (x) と, その時点の発病果率 (y) の間には, $y = 1.3607 \ln(x) - 0.5392$ ($R^2 = 0.72$) の回帰式が得られ, 両者の相関関

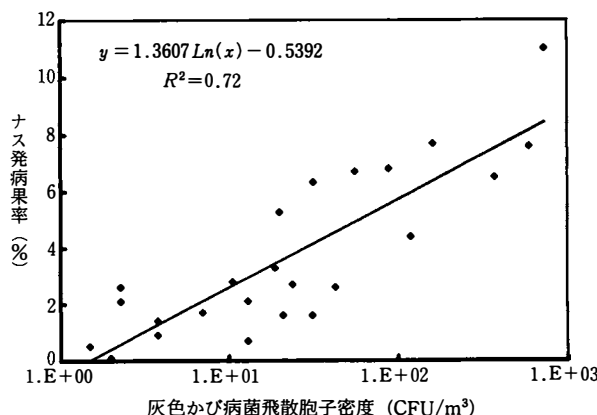


図-5 ナス灰色かび病の発病果率と飛散孢子密度

係は高かった(図-5)。このことは、SBc 培地を用いて飛散孢子密度を調べることににより、その時点の発病程度を推測することが可能なことを示している。しかし、7～10日後の発病果率とは、有為な相関は見いだせず7～10日後の発病程度を孢子密度だけで予測することは困難であった。今後は、病原菌密度とともにハウス内外の気象と発病との関係を解明してゆく必要がある。ともあれ、SBc 培地により病原菌密度を定量的に知る技術が確立されたことは、発病予測法を開発するに際しての有力な武器となるものと思われる。

2 孢子トラップ法による薬剤耐性菌検出・定量

本病の防除においては、殺菌剤の散布が主要な位置を占めているが、薬剤耐性菌の発生による効力の低下という問題を生じている。農家段階において、圃場に分布する耐性菌の種類とその割合を把握することができれば、防除薬剤の選択に非常に有効である。しかし、実際の灰色かび病の薬剤耐性菌検定は、罹病組織や標徴部から得られた病原菌を単菌糸または単孢子分離した後、検定培地へ置床し、生育した菌叢の直径を測定して検定する方法が一般的に用いられている(木曾, 1994)。単菌糸や単孢子分離は非常に操作が煩雑で、被検試料の調製に多くの時間を要する。これに対して孢子トラップ法は、前述のような調整作業を必要とせず、直接、検定培地に分生孢子をトラップし、検定することができる。そこで、胞

子トラップ法によって得られる菌叢の薬剤耐性菌の種類構成、および、孢子トラップに用いる培地として薬剤を添加した SBc 培地が有効であるか否かを検討した。

まず被検菌株が、罹病組織由来の場合と圃場内に飛散する孢子由来の場合とで耐性菌検定の結果に違いが生じるか否かを検討した。すなわち、SBc 培地を吸引式孢子採集器に取り付けて3～5分間ハウス内を通常の歩く速度(0.8 m/sec)で採集し、生じたコロニーを鈎菌した菌株と、常法により罹病組織から分離した菌株における耐性菌検定結果を比較した。その結果、孢子トラップ由来の菌株と罹病組織由来の菌株において、各種耐性菌の種類構成は大きな相違はなく、ほぼ同様であった(表-4)。

次に、防除薬剤を添加した SBc 培地に生じたコロニー数が、各種薬剤耐性菌のコロニー数を反映するか否かを検討した。培地はベノミル 10 ppm, プロシミドン 5 ppm, ジエトフェンカルブ 5 ppm をそれぞれ組み合わせて添加した SBc 培地と、薬剤無添加の SBc 培地を用意し、それぞれの培地に孢子懸濁液(SSR, SRR, RSS, RRS, RSR, RRR)を塗抹して生じたコロニー数を計数することにより比較した。その結果、SBc 培地に防除薬剤を単独または混合して添加しても、それぞれの薬剤耐性菌は無添加とほぼ同様にコロニーを形成した(表-5)。すなわち、添加する薬剤の種類に応じて各種薬剤耐性菌のコロニー数を計測できるので、薬剤耐性菌密度の測定に利用可能であると考えられた。ただし負の交叉耐性を打破する菌株(RSR, RRR)では、無添加に比べ薬剤を添加した SBc 培地でコロニー数がやや少なくなる傾向を示した。

さらにハウスにおいて、ベノミル剤 10 ppm またはプロシミドン剤 5 ppm を添加した SBc 培地で孢子トラップを行い、ベノミル耐性菌とプロシミドン耐性菌の割合

表-4 孢子トラップ由来および罹病組織由来菌株の薬剤耐性菌の種類構成

分離由来	検定菌株数	耐性菌の種類(%)			
		SSR	SRR	RSS	RRS
孢子トラップ	24	0.0	91.7	0.0	8.3
罹病組織	27	14.8	81.5	0.0	3.7

表-5 各種薬剤耐性菌分生孢子の薬剤添加 SBc 培地上におけるコロニー形成率

培地の種類	薬剤耐性菌の種類					
	SSR	SRR	RSS	RRS	RSR	RRR
SBc 培地のみ	100 ^{b)}	100	100	100	100	100
SBc+D 5 ^{a)}	100	100	0	0	100	100
SBc+P 5+D 5	0	100	0	0	0	95
SBc+B 10	0	0	100	100	100	100
SBc+B 10+P 5	0	0	0	91	0	100
SBc+P 5	0	100	0	100	0	95
SBc+B 10+D 5	0	0	0	0	85	95
SBc+B 10+P 5+D 5	0	0	0	0	0	77

a) : B 10 : ベノミル 10 ppm, P 5 : プロシミドン 5 ppm, D 5 : ジエトフェンカルブ 5 ppm をそれぞれ添加したことを示す。

b) : SBc 培地上におけるコロニー数を 100 としたときの相対値を示す。

表-6 孢子トラップ法と寒天ディスク法による薬剤耐性菌率の比較

調査圃場	ペノミル剤耐性菌率		プロシミドン剤耐性菌率	
	孢子トラップ法	寒天ディスク法	孢子トラップ法	寒天ディスク法
No. 1	62.4%	71.4%	92.9%	77.1%
No. 2	100	100	93.4	75.0
No. 3-1	98.3	93.3	100	80.0
No. 3-2	97.9	100	99.2	80.8
No. 4-1	75.0	80.6	100	55.6
No. 4-2	77.8	71.4	80.6	78.6

No. 1, 3, 4, はナス, No. 2 はキュウリを対象に調査した

ペノミル(プロシミドン)添加 SBc 培地

ペノミル耐性菌率(プロシミドン) = $\frac{\text{上のコロニー数}}{\text{SBc 培地上のコロニー数}} \times 100$

を調べた。調査の結果、供試したナスおよびキュウリ栽培ハウスにおける耐性菌率は、孢子トラップ法と慣行の寒天ディスク法においてほぼ同様の結果が得られた(表-6)。なお、プロシミドン耐性菌については、孢子トラップ法が寒天ディスク法に比較し、やや高い割合が得られた。

SBc 培地では、灰色かび病菌のコロニーが 2 mm 程度で生育が止まり、かつ、マゼンタ色を呈しコロニー計数が容易である。また、圃場内を移動してサンプリングできるので、均一な試料採集が可能で、シャーレの使用枚数が少なく済み、採集時間が短いので多数の圃場を短時間で調査できる。また孢子トラップで分離した菌株は、単孢子由来である確率が高く、孢子からの生育の可否によって薬剤耐性を検定しているので、罹病組織中に複数の耐性菌が混在していてもその割合を明らかにすることができる。

以上のことから、空中に飛散する孢子を対象に SBc 培地と吸引式孢子採集器を利用すれば簡便、迅速な耐性菌率の把握が可能であると考えられる。

お わ り に

灰色かび病の防除の主体が農薬であることから、必ず薬剤耐性菌の問題が付きまとうことになる。農家においても耐性菌問題に対する認識が高まりつつあり、耐性菌対策としてローテーション散布による薬剤散布が実施さ

れている。しかし、このような散布方法が、果たして耐性菌抑制対策になっているか否かは明りょうではない。

今回、紹介した選択分離培地は孢子採集器との併用により空気中の飛散孢子密度を比較的簡便に測定でき、本培地に防除薬剤を添加することによって薬剤耐性菌の種類構成とその密度を把握できるという利点を有している。これらを実際の農家あるいは普及センター、営農指導員等が利用することにより、防除適期に最も効果的な防除薬剤を選定できる可能性が高い。今後も培地の改良、サンプリングの手法等について検討を重ねて、適期適剤防除の推進を図っていきたい。

なお、本稿のご校閲をいただいた農業研究センター病害虫防除部土壌病害研究室 萩原 廣室長に感謝の意を表する。

参 考 文 献

1) BARDINELL, T. R. et al. (1989) : Phytopathology 79: 1213 (Abstr.).
2) 入江和己ら (1993) : 植物防疫 47: 433~437.
3) JAVIS, W. R. (1962) : Trans. Br. mycol. Soc. 45: 549~559.
4) KERSSIES, A. (1990) : Neth. J. Pl. Path. 96: 247~250.
5) 木曾 皓 (1994) : 植物防疫 48: 42~46.
6) KRITZMAN, G. and D. NETZER (1978) : Phytoparasitica 6(1) : 3~7.
7) LORBEER, J. W. and G. M. TICHELAAR (1970) : Phytopathology 60: 1301 (Abstr.).
8) 岡田清嗣ら (1992) : 日植病報 58: 554 (講要).
9) ———ら (1993) : 関西病虫研報 35: 101~102.

産地の研究室から/地域ブランドを育てる(10)

リレー随筆

いぐさ（くまもと豊表）

（熊本県農業研究センターい業研究所 いぐさのやうどう 梶原佑三）

いぐさ、その歴史

豊表の原料がいぐさであることを知っている人は多くても、実際にいぐさを見たことがある人は少ないのではないだろうか。

熊本県八代地方では、12月から7月にかけて、水田一面にいぐさが栽培されているのを見ることができ。いぐさは、もともと山野に自生していたもので、栽培の歴史は明らかではないが、古くは正倉院や法隆寺の宝物の中にい筵があることが知られている。醍醐天皇時代の書物「延喜式」（927年）に、山城の国にいぐさの栽培があるとする記録があるが、広く栽培されるようになったのは1500年代以降であろうとされている。

熊本県では、1505年に八代郡千丁町大牟田の上土城主、岩崎主馬守忠久がいぐさ栽培を特別の保護のもとに奨励したのが始まりとされており、これをもって岩崎氏はいぐさの神様として岩崎神社に祭られている。1750年代には、肥後細川藩によっていぐさの栽培・加工が八代地方の五つの村に限って奨励されたが、明治以降は自由に栽培されることとなった。

現在では、八代地方を中心に球磨地方、宇城地方でも栽培が行われている。

い業の現状

（大変ないぐさ栽培の作業）

いぐさの栽培には大変ハードな作業が多く、まず11月から12月の厳寒期にいぐさの株分けと水田への植えつけを行わなければならない。管理の途中にも、いぐさの倒伏防止網を張るための杭打ちや網張り・網引上げなどの作業があるが、一番大変なのは刈り取り作

業である。6月から7月の暑い時期に、刈り取り・泥染め・乾燥の作業を連続して行わなければならない、その困難さは昔から「い切るか（生きるか）死ぬか」といわれてきた程である。最近はかなりの作業が機械化されてきたとはいえ、猛暑の時期の収穫作業が大変であることには変わりがない。

いぐさの病虫害の主なものとしては、イグサシムシガの幼虫の食入による茎の変色枯死があげられる。この虫は4月以降に年4～5回発生するが、近年では発生第1回および第2回の防除が徹底して、大きな被害には至っていない。

（いぐさ・い製品の輸入が増えている）

いぐさの国内での栽培面積は、昭和39年の12,300haをピークとして減少しており、平成6年では約6,000haまでになっている。栽培面積減少の要因には、建物の洋風化による和室面積の減少や農家の高齢化・後継者不足による労働力不足などがあるが、一番大きな要因は国外からのいぐさ・い製品の輸入である。

昭和50年代まではいぐさ・い製品合わせて約3,000tの輸入であったが、昭和60年以降国内生産の減少や円高の影響を受けて急増し、平成6年には約40,000tに達し、その結果、豊表の国内自給率は69%にまで低下している。主な輸入元の国は中国、台湾、韓国などであるが、近年は政府が生産を奨励している中国がそのほとんどを占めるようになった。

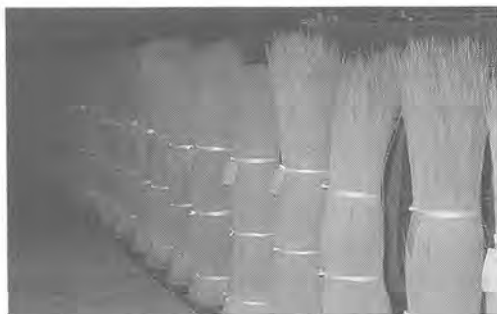
（熊本のいぐさ生産シェア全国一）

熊本におけるいぐさ栽培は全国の状況と同じように推移しており、ピークの平成元年には6,630haあったが、平成6年には5,140haになっている。

しかし、県内生産量が全国に占めるシェアは昭和40年代以降第一位になっており、平成6年のシェアは85%である。熊本以外の主な生産県は、福岡560ha、高知100haなどである。



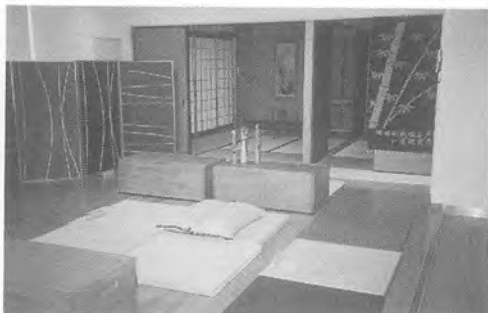
いぐさ収穫機での刈り取り



いぐさ品評会の出品



い業研究所



いぐさ製品の展示

研究所の歴史

(いぐさだけの研究所)

熊本県において、いぐさの研究機関が創設されたのは、昭和 11 年であり、当時の八代郡千丁村に県農事試験場い草試験地が置かれた。

その後、現在地の八代郡鏡町には、昭和 33 年に県八代農業経営試験場が設置され、ここでいぐさおよび野菜に関する研究が行われることとなった。

昭和 39 年に県農業試験場八代支場への名称の変更や、い業講習所の併設などがあったが、その後、農業試験研究機関の再編整備について長期間検討が行われ、平成元年に県農業研究センターとして組織の統合がなされた。

当研究所は、県農業研究センター・い業研究所となり、この統合に併せて研究本館、研修館、作業棟、ガラス温室などの施設整備もなされ、育種部、栽培部、加工部の 3 部により構成される機関として組織整備がなされた。

(研究の実績)

研究所のこれまでの業績のなかで主なものとしては、「くまがわ」、「しらぬい」などの新しい品種を育成し、県奨励品種として採用しており、また、大型乾燥機によるいぐさの乾燥技術の確立や、いぐさ刈取機導入による収穫作業省力体系を確立したことによって、作業の大幅な省力化、効率化が図られ、規模拡大を可能とした。

現在は、良質畳用・花ござ用・早刈り用などの品種育成、植付け機導入による栽培法確立、高級畳加工技術確立と新製品開発などの研究を行っている。

新製品について

いぐさ生産量国内シェア 85% を誇る熊本県としては、和室の畳の良さを広く再認識していただき、畳表の需要拡大を願うところであるが、最近では、従来の畳表以外にも大変面白いいぐさ製品が生まれてきている。

畳としては黒、赤、グレーなどさまざまな色のカラー畳や、柄を織りこんだ畳があり、それ以外の使い方

では、畳ベッド、箱畳、いぐさマットなどがある。

装飾品としては、テーブルセンターや壁材、襖材、天井材に柄畳を使ったものもあり、事例を見てみると大変面白い。

新しい感覚でのいぐさの使い方として今後検討したいものである。

今後の課題

熊本県のいぐさ生産は、国内シェア 85% という日本一の地位を確保しているが、銘柄では日本一の地位に到達していない。また、生産を受け持つ農家については、高齢化と後継者の減少という農業全般に共通する問題がある。

さらに、国際的には中国などからのいぐさ・い製品の輸入については、今後も競合は避けられない。

このようなことから、本県いぐさ生産に対してはいぐさ・い製品をより高品質化することによって国内での銘柄を確保するとともに、輸入品に対抗し得る産地体制を固めることが求められている。

また、いぐさ農作業のより省力化を図ることによって、農業労働力の減少に対応する体制を探るとともに、農家・後継者がいぐさ・い製品生産に携わることを選びやすいようにすることが求められている。

当い業研究所では、このようなことを念頭におきながら今後の試験研究をすすめていく所存である。

おわりに

当い業研究所は、熊本市から南に約 35 km の位置にあり、干拓地によって構成される八代平野の中にある。八代平野の主な農産物は、いぐさ、メロン、トマトであるが、いずれも国内でもトップクラスの生産実績を上げており、八代都市の市町村の中には 10 a 当たりまたは 1 農家当たりの所得において九州でベストテンに入るところが多い。

いぐさの生産およびいぐさの加工については、なかなか目にする機会が少ないだろうと思われるので、一度目近に見てみたいという方があれば、喜んでご案内したい。

植物防疫基礎講座

農業害虫および天敵昆虫等の薬剤感受性検定マニュアル(1)

連 載 に あ た っ て

農林水産省農業環境技術研究所 ^{はま} 浜^{ひろ} 弘 ^し 司

I 問題の背景

最近、農薬のマイナス面がマスコミ関係で強調され世論の農薬に対する安全性への懸念が高まっているが、21世紀に向けた持続的な環境保全型農業の中で農薬は病害虫の防除に不可欠な資材となることに変わりがない。その農薬が、病害虫の薬剤抵抗性の顕在化により使用場面が制限されたり、新農薬の開発のブレーキになることが懸念され、抵抗性は現在の病害虫防除上の最も大きな問題の一つとなっている。抵抗性発達を抑制・回避したり、発達した抵抗性個体を防除する抵抗性管理技術の確立が強く望まれている。

薬剤抵抗性管理の第一歩は、野外の抵抗性発達の兆候を早期に知ることと、抵抗性の発達程度や分布など、その実態の把握にある。そのためには、薬剤感受性の検定法の確立が重要である。すなわち、標準化した検定法により、感受性個体群の薬剤感受性データをあらかじめ把握しておき、野外個体群の薬剤感受性モニタリングにより抵抗性発達を早めに確認し対応を検討することにある。薬剤感受性検定法の標準化は、1970年代にWHOやFAOにより実施されたが、現在は中断している。また、GIFAP/IRAC(国際農薬工業連盟/殺虫剤抵抗性作業委員会)により主要害虫について検定法が提案されている。しかし、それらは国際的に共通する主要害虫種に限定されていることや、手法が簡易性に重点を置いているなどの問題がある。わが国では、幾つかの主要害虫について薬剤感受性検定の報告は多いが、検定法が統一されていないため、データ相互の比較、検討が難しくデータが有効に活用されていない。

一方、最近、天敵昆虫等の生物防除資材が実用化されているが、わが国のように複数の主要害虫が生息する環境下では、生物防除資材だけに依存することは難しく、化学合成農薬との併用が不可避である。欧米ではSETAC(環境毒物化学会)等の機関によって天敵生物に対する農薬の毒性評価がデータベース化されている。わ

表-1 本基礎講座に掲載予定の項目

農業害虫(ハダニ類を含む)
総論：薬剤感受性検定法の基礎
各論：イネ害虫
ヨコバイ類(ツマグロヨコバイ, イナズマヨコバイ)
ウンカ類(ヒメトビウンカ, トビイロウンカ, セジロウンカ)
ニカメイガ
*コブノメイガ
イネドロオイムシ
*イネミズゾウムシ
*カメムシ類
野菜・花き害虫
アザミウマ類(ミナミキイロアザミウマ, ミカンキイロアザミウマ)
オンシツコナジラミ
シルバーリーフコナジラミ
マメハモグリバエ
アブラムシ類(ワタアブラムシ, モモアカアブラムシ)
コナガ
シロイチモジトウ
ハスモントウ
モンシロチョウ
オオタバコガ
ハダニ類(ナミハダニ, カンザワハダニなど)
ネダニ類(ロビンネダニ)
茶の害虫
チャノキイロアザミウマ
チャノミドリヒメヨコバイ
鱗翅目害虫(チャノコカクモンハマキ, チャノホソガ, チャハマキ)
ハダニ類
果樹害虫
カイガラムシ類
アブラムシ類(ワタアブラムシ, モモアカアブラムシなど)
鱗翅目害虫(リンゴコカクモンハマキ, リンゴモンハマキ, ギンモンハモグリガ, ミダレカクモンハマキ, キンモンホソガ, ミカンハモグリガ)
カメムシ類
ハダニ類(常緑果樹)(ミカンハダニ)
ハダニ類(落葉果樹)(ナミハダニ, リンゴハダニなど)
ミカンサビダニ
線虫類
天敵生物
総論：薬剤の影響評価法の基礎
各論：イネ害虫の天敵(寄生蜂)
イネ害虫の天敵(クモ類, カマバチ類など)
野菜・花き害虫の天敵(寄生蜂など)
果樹害虫の天敵(寄生蜂など)
捕食性ダニ類(ケナガカブリダニなど)

* 抵抗性が未確認の種類。

Methods for the Mesurement of Susceptibility of Agricultural Insect Pests and Natural Enemies to Insecticides.: Introduction. By Hiroshi HAMA

が国でも天敵昆虫等の農薬に対する感受性データの蓄積を図る必要がある。

近年、従来の速効的な殺虫効力を発揮する有機リン剤、カーバメート剤などの殺虫剤とは異なる、遅効的で多面的な作用を示す昆虫成長制御剤、微生物防除剤などが開発されており、直接的な殺虫活性のほかに産卵数やふ化率などへの影響調査も必要になっている。こうした影響評価や天敵生物に対する野外での生態的な影響評価法の検討も緊要である。

こうした背景をかんがみると、薬剤感受性検定法の標準化を早急に進める必要があるが、わが国ではこれまで主要害虫以外の検討法の検討はほとんどされていない。そこで、本基礎講座ではこれまで実施された薬剤感受性検定法を広く収録して、当該する検定法の問題点を明らかにし、この基礎講座が将来の薬剤感受性検定法や薬剤の影響評価法の標準化の核となることを基本的な方針とした。

II 取り上げる範囲と内容

薬剤感受性検定法として、試験研究の目的に応じた様々な手法が開発されている。それらの方法は、室内で生物個体を用いる生物検定法から、ポットや圃場レベルの検定に大別されるが、さらに薬剤抵抗性に関与する生化学的な特性を指標とした生化学的検定法、抵抗性遺伝子を指標とした遺伝子検定法などがある。本基礎講座では、農業害虫等では薬剤抵抗性発達の検出や薬剤感受性変動の調査を目的とした生物検定法を、天敵昆虫等については生物影響評価法をそれぞれ中心に解説することとした。

具体的な掲載項目および各論で取り上げる害虫の種類

は、表-1のとおりである。すなわち、ハダニ類を含む農業害虫（露地、施設栽培）に限定し、貯穀害虫は除いた。また、抵抗性が顕在化している害虫を取り上げたが、抵抗性が顕在化していない種類でも、防除上重要で検定データがある種類は取り上げた。なお、抵抗性が顕在化している害虫であっても室内データがない種類については、各論の中で総論的に解説することとした。

農業害虫の各論の具体的内容は次のとおりで、生物検定法の解説を中心にした。

- ・抵抗性の概況（抵抗性発達の程度、分布、交差抵抗性など）
- ・検定法の概説（検定法の種類と特徴）
- ・標準となる1〜2の生物検定法の具体的解説（供試虫の採集、サンプリング法、増殖法、検定法の手順、生死の判定、結果の処理、検定法の問題点、他の種類への適用など）
- ・引用文献（検定法を中心にし、抵抗性の概況については主な文献、総説を集録）

本基礎講座各論の執筆者の選任等については、関係各位に情報、ご意見を頂いた。付記して感謝する。

参 考 文 献

- 1) CROFT, B. A. (1990): Arthropod Biological Control Agents and Pesticides. John Wiley & Sons, Inc. pp. 723.
- 2) FAO (1969): FAO Plant Protec. Bull. 17: 73~82 ほか。
- 3) IRAC ニューズレター翻訳版 (1994): 農薬工業会国際委員会、殺虫剤抵抗性部会, pp. 53.
- 4) 浜 弘司 (1992): 害虫はなぜ農薬に強くなるかー薬剤抵抗性のしくみと害虫管理一, 農山漁村文化協会, pp. 189.
- 5) 根本 久 (1995): 天敵利用と害虫管理, 農山漁村文化協会, pp. 181.

ご利用下さい。「植物防疫」専用合本ファイル



本誌名金文字入・美麗 定価 720 円 送料 390 円

本誌 B5 判 12 冊 1 年分が簡単にご自分で製本できます。

- ・貴方の書棚を飾る美しい外観。
- ・穴もあけず糊も使わず合本できる。
- ・冊誌を傷めず保存できる。
- ・中のいずれでも取外しが簡単。
- ・製本費がはぶける。
- ・表紙がビニールクロスで丈夫。

ご希望の方は現金・郵便振替で直接本会へお申し込み下さい。

新しく登録された農薬 (8.5.1～8.5.31)

掲載は、種類名、有効成分及び含有量、商品名(登録年月日)、登録番号(製造業者又は輸入業者)、対象作物：対象病害虫：使用時期及び回数など。ただし、除草剤については、適用雑草：使用方法を記載。(…日…回は、収穫何日前、何回以内散布の略)。(登録番号 19232～19252 までの 21 件、有効登録件数は 5444 件)

なお、アンダーラインの付いたものは新規化合物で、〔 〕内は試験段階時の薬剤名である。

「殺虫剤」

カーバム剤

カーバム 50.0%

NCS (8.5.13)

19233 (三洋貿易)

たばこ：ネグサセンチュウ：春期耕転時、但し、作付けの 30 日以上前：1 回：畦土壤全面処理(原液を水で 3 倍に希釈して、土壤耕転時に土壤全面に均一に散布し、直ちに土壤混和後、成畦被覆する)：疫病：春期秋期耕転時、但し、作付けの 30 日以上前：1 回：散布全面処理(原液を水で 2～4 倍に希釈して、土壤耕転時に土壤全面に均一に散布し直ちに土壤混和する)：疫病・立枯病：植付前：1 回：耕起整地後 30 cm 間隔のチドリ状に深さ約 15 cm の穴をあけて薬液を注入し、ビニール等で、7～10 日間被覆する。：立枯病・黒根病：春期秋期耕転時、但し、作付けの 30 日以上前：散布全面処理(原液を水で 2～4 倍に希釈して、土壤耕転時に土壤全面に均一に散布し直ちに土壤混和する)、せんりょう：立枯病：植付 30 日前：1 回：耕起整地後 30 cm 間隔のチドリ状に深さ約 15 cm の穴をあけて薬液を注入し覆土鎮圧する、フリージア：菌核病・花き：苗立枯病・きく：ネグサセンチュウ・赤まつ：立枯病・すぎ：ネグサセンチュウ・立枯病：植付前：1 回：耕起整地後 30 cm 間隔のチドリ状に深さ約 15 cm の穴をあけて薬液を注入し、ビニール等で 7～10 日間被覆する、きく：立枯病：植付前：1 回：原液を水で 3 倍に希釈して、ジョウロ等で均一に灌注後土壤混和し、ビニール等で 7～10 日間被覆する、果樹・茶・桑：白紋羽病・紫紋羽病：植付前：1 回：耕起整地後 30 cm 間隔のチドリ状に深さ約 15～50 cm の穴をあけて薬液を注入し、ビニール等で 7～10 日間被覆する、りんどう：褐色根腐病：植付前：1 回：(散布全面処理) 原液を水で 3 倍に希釈して、土壤耕転時に土壤全面に均一に散布し、直ちに土壤混和して、ビニール等で 7～10 日間被覆する、カーネーション：ニセナミハダニ：栽培終了後：1 回：(ハウス内くん蒸) 所定量をハウス内通路に均一に滴下し、処理後 4～6 日間密閉する、芝(目土用土消毒)：畑地一年生雑草及び多年生雑草：目土用土作成時：1 回：ジョウロ等で均一に灌注し、ビニール等で 7～10 日間被覆する、すぎ(は種床)：畑地一年生雑草及び多年生雑草：は種前：1 回：耕起整地後 30 cm 間隔のチドリ状に深さ約 15 cm の穴をあけて薬液を注入し、ビニール等で 10～15 日間被覆する

エチオン・マシン油乳剤

エチオン 2.0%，マシン油 90.0%

ミカノール (8.5.13)

19236 (トモノアグリカ)、19237 (アグロス)

みかん：ヤノネカイガラムシ・イセリヤカイガラムシ・カメノコロウムシ (若令幼虫)・ミカンアブラムシ・ハダニ類：夏期収穫 60 日前まで：3 回：散布：ヤノネカイガラムシ・イセリヤカイガラムシ・カメノコロウムシ・コナジラミ・マルカイガラムシ類・ハダニ類及びその卵：冬期：散布、りんご：ハダニ類及びその卵・アブラムシ類越冬卵：冬期：散布、なし：ハダニ類及びその卵：発芽前：散布、桑：クロシロカイガラムシ：夏切直後：散布

シロマジン水和剤〔CG-177 水和剤〕

シロマジン 14.0%

トリガード水和剤 (8.5.13)

19238 (トモノアグリカ)、19239 (日本チバガイギー)

キク・ガーベラ：マメハモグリバエ：4 回以内：散布

フェンバレレート・NAC 水和剤

フェンバレレート 10.0%，NAC 50.0%

ピレナック水和剤 (8.5.27)

19240 (アグロス)

ばれいしょ：アブラムシ類：30 日 3 日、キャベツ：アオムシ・タマナギンウワバ：14 日 3 日、日本なし：シンクイムシ類・アブラムシ類：30 日 4 日、もも：モモハモグリガ：14 日 3 日

マラソン・BPMC・NAC 粉剤

マラソン 2.0%，BPMC 2.0%，NAC 2.0%

トピノック B 粉剤 DL (8.5.27)

19241 (サンケイ化学)

稲：ツマグロヨコバイ・ウンカ類：14 日 5 回

ハルフェンプロックスマイクロカプセル剤

ハルフェンプロックス 5.0%

アニバース MC (8.5.27)

19242 (三井東圧化学)

りんご：ナミハダニ・リングハダニ：14 日 1 回

カーバム剤

カーバム 50.0%

NCS (8.5.27)

19249 (ヤシマ産業)

まつ伐倒木：マツノマダラカミキリ(幼虫)：くん蒸時間は 14 日以上・マツノザイセンチュウ：くん蒸時間は 7 日以上：1 回：加害された伐倒木を配置し本剤を散布し、直ちにビニール等で密閉し、くん蒸する：適用場所は貯木場・林内空地、すぎ伐倒木：スギカミキリ：くん蒸時間は 14 日以上：1 回：加害された伐倒木を配置し本剤を散布し、直ちにビニール等で密閉し、くん蒸する：適用場所は貯木場・林内空地

「殺菌剤」

トルクロホスメチル水和剤

トルクロホスメチル 75.0%

グランサー水和剤 (8.5.13)

19234 (アグロス)

日本芝：葉腐病 (ラージパッチ)：発病初期・疑似葉腐病 (春はげ症)：休眠期前及び萌芽前：5 回以内：1m²当り 1l を散布，ベントグラス：雪腐小粒菌核病：根雪前：5 回以内：1m²当り 0.5～1l を散布

フサライド・フルトラニル粉剤

フサライド 2.5%，フルトラニル 2.0%

モンラブ F 粉剤 DL (8.5.27)

19245 (日本農薬)

稲：いもち病・紋枯病：21 日 3 回

イプロジオン・イミノクタジナルベシル酸塩水和剤

イプロジオン 30.0%，イミノクタジナルベシル酸塩 20.0%

ベルクロープ水和剤 (8.5.27)

19250 (大日本インキ)，19251 (ローヌ・プーラン油化)

なし：黒斑病：14 日 5 回，もも：灰星病：前日 3 回，みかん：灰色かび病：7 日 3 回，きゅうり：灰色かび病・菌核病：前日 4 回，トマト：灰色かび病：前日 3 回

フルトラニル水和剤

フルトラニル 40.0%

モンカットフロアブル 40 (8.5.27)

19252 (日本農薬)

てんさい：葉腐病・根腐病：21 日 4 回，レタス：すそ枯病：14 日 3 回，ばれいしょ：黒あざ病：植付前：1 回：10 分間種いも浸漬

「殺虫殺菌剤」

エトフェンプロックス・MEP・フェリムゾン・フサライド粉剤

エトフェンプロックス 0.50%，MEP 3.0%，フェリムゾン 2.0%，フサライド 1.5%

ブラシントレスミ粉剤 DL (8.5.27)

19232 (武田薬品)

稲：いもち病・ウンカ類・ツマグロヨコバイ・ニカメイチュウ・コブノメイガ・カメムシ類・アザミウマ類：21 日 2 回，イネツトムシ：21 日 2 回

エトフェンプロックス・フサライド・フルトラニル粉剤

エトフェンプロックス 0.50%，フサライド 2.5%，フルトラニル 2.0%

モンラブトレボン F 粉剤 DL (8.5.27)

19243 (日本農薬)

稲：いもち病・紋枯病・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・カメムシ類・イナゴ類：21 日 3 回

デブフェノジド・イソプロオチラン・フルトラニル粉剤

デブフェノジド 0.75%，イソプロオチラン 2.5%，フルトラニル 2.0%

フジモンロムダン F 粉剤 DL (8.5.27)

19244 (日本農薬)

稲：いもち病・紋枯病・コブノメイガ・ニカメイチュウ・イネツトムシ・フタオビコヤガ：14 日 2 回

クロルピリホスメチル・フルトラニル粉剤

クロルピリホスメチル 2.0%，フルトラニル 2.0%

レルダンモンカット F 粉剤 DL (8.5.27)

19246 (日本農薬)

稲：紋枯病・コブノメイガ・ニカメイチュウ・イネツトムシ：45 日 2 回

テブフェノジド・フルトラニル粉剤

テブフェノジド 0.75%，フルトラニル 2.0%

ロムダンモンカット F 粉剤 DL (8.5.27)

19247 (日本農薬)

稲：コブノメイガ・ニカメイチュウ・イネツトムシ・フタオビコヤガ・紋枯病：14 日 2 回

「除草剤」

グルホシネート液剤

グルホシネート 8.5%

ハヤブサ (8.5.13)

19235 (石原産業)

かんきつ・りんご・ぶどう・なし・もも・うめ・かき：

畑地一年生雑草：雑草生育期 (草丈 30 cm 以下) 収穫 21 日前まで：3 回以内：雑草茎葉散布，くり：畑地一年生雑草：雑草生育期 (草丈 30 cm 以下) 収穫 30 日前まで：3 回以内：雑草茎葉散布，キャベツ：畑地一年生雑草：雑草生育期・定植前又は畦間処理 (収穫 45 日前まで)：2 回以内：雑草茎葉散布，きゅうり：畑地一年生雑草：雑草生育期・定植前又は畦間処理 (収穫前日まで)：3 回以内：雑草茎葉散布，なす・トマト：畑地一年生雑草：雑草生育期・畦間処理 (収穫前日まで)：3 回以内：雑草茎葉散布，ねぎ：畑地一年生雑草：雑草生育期・畦間処理 (収穫 60 日前まで)：2 回以内：雑草茎葉散布，だいこん：畑地一年生雑草：雑草生育期・は種前：2 回以内：雑草茎葉散布，さといも・やまのいも：畑地一年生雑草：雑草生育期・植付後畦間処理 (収穫 30 日前まで)：3 回以内：雑草茎葉散布，アスパラガス：畑地一年生雑草：雑草生育期畦間処理 (収穫 30 日前まで)：2 回以内：雑草茎葉散布，かんしょ：畑地一年生雑草：雑草生育期・挿苗後畦間処理 (収穫 90 日前まで)：2 回以内：雑草茎葉散布，こんにゃく：畑地一年生雑草：雑草生育期植付後萌芽前又は畦間処理 (収穫 30 日前まで)：3 回以内：雑草茎葉散布，ばれいしょ：畑地一年生雑草：雑草生育期・植付後萌芽直前：1 回：雑草茎葉散布，茶：一年生雑草：雑草生育期 (草丈 30 cm 以下) 摘採 7 日前まで：2 回以内：雑草茎葉散布，水田耕起前：一年生雑草：雑草生育期 (春期耕起前 30～15 日)：1 回：雑草茎葉散布，水田畦畔：一年生及び多年生雑草：雑草生育期 (草丈 30 cm 以下) 但し収穫 7 日前まで：2 回以内：雑草茎葉散布，桑：一年生雑草：雑草生育期・春期萌芽前及び夏切り後萌芽前：3 回以内：雑草茎葉散布，公園・堤とう・庭園・駐車場・道路・宅地・のり面等：一年生雑草：雑草生育期：3 回以内：雑草茎葉散布

ブタミホス・DBN 粒剤

ブタミホス 3.0%，DBN 4.0%

カットワン粒剤 (8.5.27)

19248 (北興化学)

みかん：一年生雑草・多年生広葉雑草：秋期の雑草発生前～発生初期・冬～春期の雑草発生前～発生初期：1 回：全面土壌散布

農 薬 紹 介

「除草剤」

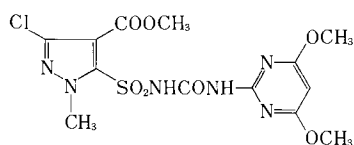
ハロスルフロンメチル水和剤 (7.3.31)

本剤は日産化学工業(株)が開発したピラゾールスルホニルウレア化合物である。広葉雑草およびカヤツリグサ科の幼植物にきわめて高い感受性を示すが、イネ科植物には感受性が低く、シバに対する安全性は高い。生育初期の広葉雑草に処理すると、根部および葉面から吸収され、生長点付近の分裂組織に移行し、雑草は生長を停止し、やがて枯死する。なお、生育の進んだ雑草に対しては枯草力が劣ることがあり、適期に処理することが肝要である。

商品名：インプール水和剤

成分・性状：製剤は、メチル=3-クロロ-5-(4,6-ジメトキシピリミジン-2-イルカルバモイルスルファモイル)-1-メチルピラゾール-4-カルボキシラートを10.0%含む類白色水和性粉末である。純品は白色の結晶性粉末で、比重は1.62(25℃)、融点は175.5~177.2℃、蒸気圧は 1×10^{-7} mmHg以下(25℃)、溶解度(g/l, 20℃)は水 3.6×10^{-2} 、*n*-ヘキサン 1.3×10^{-2} 、ベンゼン7.7、クロロホルム85.8、アセトン25.6、メタノール1.6である。熱(50℃・8週間、60℃4週間)に対し安定、強酸および強アルカリ性では分解するが、中性から弱酸性には比較的安定である。光に対しては通常の条件では安定である。

(構造式)



適用作物・使用目的および使用方法：表-1 参照。

- ① 本剤の散布適期は、雑草の発生始期から生育初期であるので、時期を失しないように散布すること。
- ② イネ科雑草類は本剤に抵抗性が強いので、イネ科雑草が多い場合はこれに有効な土壌処理剤との組み合わせで使用すること。
- ③ 周辺の植物にかかると薬害を生じるので、散布の際は芝生の中や付近にある草花や花木、畑作物に薬液がかからないようその付近での散布はさけること。
- ④ 夏期高温時には葉焼け等の薬害を生じる恐れがある

ので使用はさけること。

- ⑤ 本剤の散布に用いた器具類は、使用後直ちに洗浄し、他の用途に使用する場合は薬害の原因にならないように注意すること。
- ⑥ 本剤の使用に当たっては使用量、使用時期、使用方法などを誤らないように注意し、特に初めて使用する場合は異常気象時は、病害虫防除所等関係機関の指導を受けることが望ましい。

毒性：(急性毒性) 普通物

粉末は眼に対して弱い刺激性があるので、眼に入らないよう注意すること。眼に入った場合には直ちに水洗すること。

(魚毒性) A 類

通常的使用方法ではその該当がない。

「殺虫剤」

エスフェンバレレート乳剤 (7.4.24)

本剤は、住友化学工業(株)により開発されたピレイロイド系化合物であり、フェンバレレートの光学活性体を有効成分としたものである。フェンバレレートはその殺虫スペクトラムの広さ、速効性、残効の長さにより、野菜果樹等の殺虫剤として使用されているが、一部の作物に薬害があり、その改善を図りかつ環境面から投下薬量を低減させるために、殺虫活性を有するS体をラセミ体から分割し、これを有効成分とする剤の開発が行われたものである。エスフェンバレレートの作用機構は、ピレスロイド系化合物と同様に主として接触毒性として作用する。

商品名：スミアルファ乳剤

成分・性状：製剤は、(S)- α -シアノ-3-フェノキシベンジル=(S)-2-(4-クロロフェニル)-3-メチルブチラートを0.72%含む淡黄色澄明可乳化油状液体である。純品は白色結晶で、融点60.6~61.5℃、蒸気圧 2.6×10^{-7} mmHg(20℃)、比重1.23(26℃)、溶解度(μ g/l, 20℃)は水<10(25℃)、メタノール81、酢酸エチル500以上、*n*-ヘキサン21、アセトン500以上、アセトニトリル500以上、クロロホルム500以上である。安定性は熱に対して安定、アルカリ性で不安定である。

(構造式)

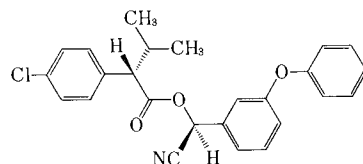


表-1 ハロスルフロンメチル水和剤 (インプール水和剤)

作物名	適用雑草名	使用時間	10 アール当たり使用量		本剤およびハロスルフロンメチルを含む農薬の総使用回数	使用方法
			薬量(g)	希釈水量(l)		
日本芝	広葉雑草 および ヒメグ ハマスゲ	芝生育期 (雑草生育期)	200~400	200~300	3回以内	散 布

適用作物・使用目的および使用方法：表-2 参照。

- ① カイコに長期間毒性があるので、散布された薬剤が飛散し、付近のクワに付着する恐れのある場所では使用しないこと。
 - ② 本剤の使用に当たっては、使用量、使用時期、使用方法などを誤らないように注意し、特に初めて使用する場合には病害虫防除所等関係機関の指導を受けることが望ましい。
- 毒性：**(急性毒性) 医薬用外劇物
- ① 医薬用外劇物。取扱いには十分注意すること。
誤って飲み込んだ場合には吐き出させ、直ちに医師の手当を受けさせること。
本剤使用中に身体に異常を感じた場合には直ちに医師の手当を受けること。
 - ② 本剤による中毒に対しては、動物実験でメトカルバモール製剤の投与が有効であると報告されている。
 - ③ 原液は眼に対して強い刺激性があるので、散布液調

製時には保護眼鏡を着用して薬剤が眼に入らないよう注意すること。眼に入った場合には直ちに十分に水洗し、眼科医の手当を受けること。

- ④ 原液は皮膚に対して刺激性があるので、散布液調製時には不浸透性手袋を着用して薬剤が皮膚に付着しないよう注意すること。
付着した場合には直ちに石けんでよく洗い落とすこと。
 - ⑤ 本剤はのど、鼻、皮膚などを刺激する場合、また、かゆみを生じる場合があるので注意すること。
 - ⑥ 散布の際は防護マスク、手袋、不浸透性防除衣などを着用すること。
作業後は直ちに手足、顔などを石けんでよく洗い、うがいをするともに衣服を交換すること。
 - ⑦ 作業時に着用していた衣服等は他のものとは分けて洗濯すること。
 - ⑧ かぶれやすい体質の人は取扱いに十分注意すること。
- (魚毒性) C 類

表-2 エスフェンバレレート乳剤 (スミアルファ乳剤)

作物名	適用害虫名	希釈倍数 (倍)	使用時期	本剤およびエス フェンバレレ ートを含む農薬の 総使用回数	使用方法
バラ キ	アブラムシ類	1,000	—	6 回以内	散 布

主 な 次 号 予 告

次 8 月号は、下記原稿を掲載する予定です。

特集：ウイルスの遺伝子解析

イネ縞葉枯ウイルスのゲノム構造と塩基配列から
みたウイルスの起源 高橋真実・島山重光
近年発見された小球形の 1 本鎖 DNA 植物ウイルス
——レンガ萎縮ウイルス (MDV) を中心に——
佐野義孝・小島 誠
非病原性トビイロウンカレオウイルスの伝搬様式
とゲノム構造：病原レオウイルスとの比較
中島信彦・野田博明
オオムギ縞萎縮ウイルスのゲノム構造と病原性
柏崎 哲

アブラムシ類の天敵・クサカゲロウ 塚口茂彦
METOS-D によるリング黒星病の感染予測 新谷潤一
トマトサビダニの関東地域での発生拡大について

渡辺 守

最近における殺ダニ剤の開発動向

瀬尾 明・山口力雄

果樹のワタアブラムシの薬剤抵抗性 早田栄一郎
植物防疫基礎講座

農業害虫および天敵昆虫等の薬剤感性検定マニ
アル/(2) 農業害虫：薬剤感受性検定法の基礎

浜 弘司

定期購読者以外のお申込みは至急前金にて本会へ

定価 1 部 800 円 送料 76 円

植 物 防 疫

第 50 卷

平成 8 年 6 月 25 日印刷

第 7 号

平成 8 年 7 月 1 日発行

平成 8 年

7 月号

(毎月 1 回 1 日発行)

＝ 禁 転 載 ＝

編 集 人 植物防疫編集委員会

発 行 人 岩 本 毅

印 刷 所 三 美 印 刷 (株)

東京都荒川区西日暮里 5-9-8

定価 800 円 送料 76 円
(本体 777 円)

平成 8 年分購読料
前金 9,000 円 後払 9,600 円
(共にサービス、消費税込み)

— 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 (03) 3944-1561~6 番

FAX (03) 3944-2103 (出版部)

振 替 0 0 1 1 0 - 7 - 1 7 7 8 6 7 番

効きめ
抜群！



コロマイト[®]乳剤

効きめ、速攻…分解が早く、環境にやさしい殺ダニ剤。

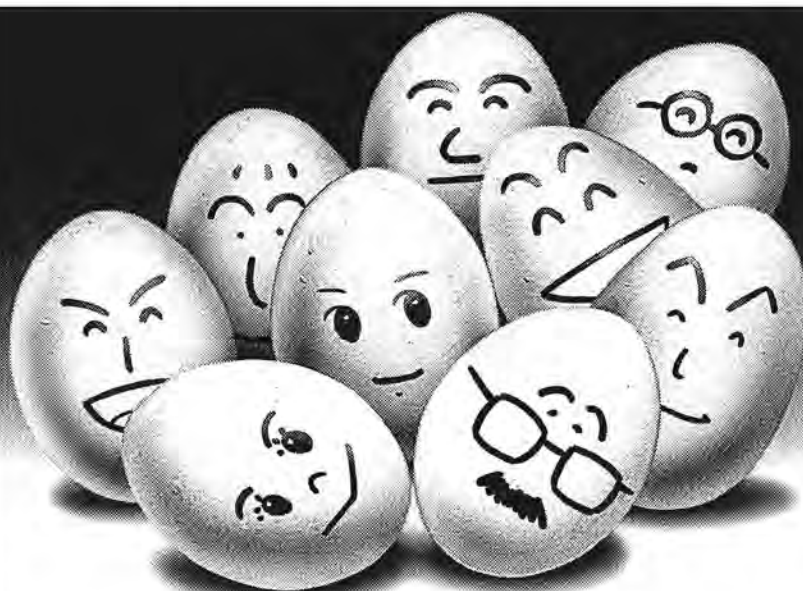
なし、もち、……………
きゅうり、なす、すいか、いちご(親株床)、
あずき、宿根かすみそうのハダニ退治に！

●使用前にはラベルをよく読んでください。
●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。



三共株式会社

農薬開発普及部
東京都中央区銀座2-7-12 〒104



●殺虫剤／トレボン・オフナック・アニバース ●除草剤／シンザン ●殺菌剤／ネビジン
●殺虫・殺菌剤／ドクロロール・クロールピクリン ●植物生長調整剤／純グリーン

多様な個性。
多彩な発想。



三井東圧化学

TEL 03-3592-4617
FAX 03-3592-4282



三井東圧農薬

TEL 03-3231-0666
FAX 03-3231-0699

しつこい害虫も即OK!

ミナミキイロアザミウマ、コナガ、ネギハモグリバエ等

難防除害虫に卓効!

オンコル® 粒剤 5

こいつはな!!
やばや



特長

- 1 浸透移行性：速やかに浸透移行し、植物全体を害虫から守ります。
- 2 残効性：残効期間が長いので、薬剤散布回数を減らすことができます。
- 3 広い殺虫スペクトル：広範囲の害虫に効果を示し、一剤で同時防除ができます。

※新たにキスジノミハムシ、アオムシ、アブラムシ等の害虫にも、登録が拡大され更に使い易くなっております。



大塚化学株式会社

大阪市中央区大手通3-2-27
農薬部 / Tel.06(946)6241

麦・りんご・かんきつ等の病害防除に

ベフラン®

液剤25
塗布剤3

ディクタジン®

塗布剤

- 幅広い抗菌スペクトラムを有しています。
- 耐性菌に対して有効で、すぐれた予防効果・残効性があります。



- 大切な梨を胴枯病から守ります。
- 固着性・残効性もバツグンです。



ベフラン普及会
クミアイ化学工業株式会社・三共株式会社・八洲化学工業株式会社・サンケイ化学株式会社
事務局 **大日本インキ化学工業株式会社**
東京都中央区日本橋3-7-20 ☎03(5203)7870

△ラベルをよく読んでください。△ラベルの記載以外には使用しないでください。△小児の手の届く所には置かないでください。



■新しい効果

新しいタイプの殺虫剤で、他の薬剤に抵抗性の発達した害虫にも有効です。

■幅広い効果

各種害虫に幅広く優れた効果を発揮します。

■浸透移行性

優れた浸透移行性により、巻葉性のアブラムシや潜葉性のハモグリガに有効です。また粒剤処理により、地上部の害虫に高い効果を発揮します。

害虫防除の新戦略

新発売

効果が新鮮!

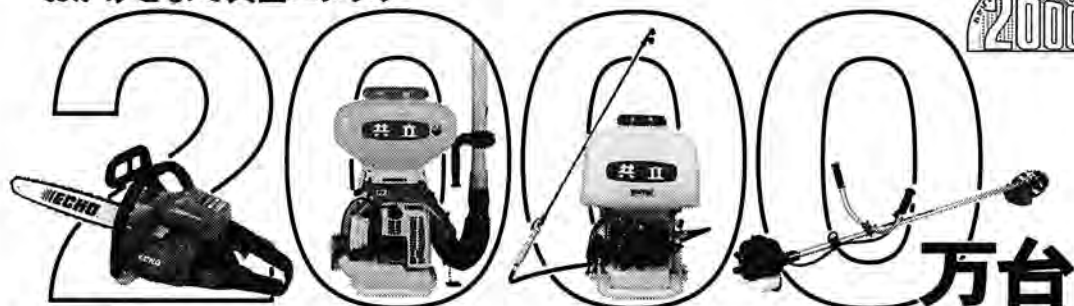


モスピラン[®] 水溶剤 粒

●ラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●小児の手の届く所には置かないでください。

モスピラン普及会 日本農薬株式会社／日本曹達株式会社
事務局 日本曹達株式会社 〒100 東京都千代田区大手町2-2-1 電話03-3245-6194

おかげさまで共立エンジン



共立は昭和31年、初めて自社エンジンを背負動散に搭載。以来、チェーンソー、刈払機と各種作業機を開発してまいりました。
おかげさまで、このたび生産累計2,000万台を突破いたしました。
これも農家の皆さまのご支援の賜物と感謝しております。
共立はこれからも農作業に役立つ使い易いすぐれた製品をお届けしてまいります。

共立エンジン2000万台突破記念

新発売プレゼントセール実施中!!

期間：平成8年1月1日～8月末日

- 対象機種：共立刈払機、背負動散、チェーンソーの全機種及び背負動噴（SHR606, SHP706, SHR045）
■応募方法：上記製品に同梱されている応募ハガキをご返送ください。（8月31日の消印まで有効）
■抽選：平成8年2月から8月まで毎月末、抽選により当選者を決定します。（計7回）
■賞品：各月毎に合計1000名（当選発表は、賞品の発送をもってかえさせていただきます。）
特等 10名 IHジャー炊飯器（1.8リットル） 2等 30名 マイコン沸騰ジャーボット（2.2リットル）
1等 20名 電気集じん式空気清浄機 3等 940名 特製テレホンカード



株式
会社

共 立

〒198 東京都青梅市末広町1-7-2

●カタログのご請求・お問い合わせは国内営業本部（☎0428-32-6181）まで

発行

日本植物防疫協会

「昆虫の飼育法」

湯嶋 健・釜野静也・玉木佳男 共編

収録種(項目)数 126 種

B5判 400 ページ

定価 12,000 円 (本体 11,650 円) 送料サービス

昆虫の飼育法

湯嶋 健
釜野静也
玉木佳男 編



社団法人 日本植物防疫協会

昆虫の飼育法について、実際に飼育に従事されている方に、独特のコツを含めて詳述していただいた。総論では、共通性のある、餌の種類／人工飼料の調整／飼育虫の病気対策／虫質管理／飼育環境／飼育施設／飼育計画と作業計画などを、各論では、126 種（項目）の虫につき、材料の採集／餌／飼育法／作業計画／注意事項と問題点／参考文献などを詳述。付録に、ビタミン混合とその作り方、無機塩混合物とその作り方、昆虫用市販人工飼料リストを付す。

〈お申し込みは前金(現金書留・郵便振替)で本会まで〉

ばか苗病・ごま葉枯病
いもち病

もみ枯細菌病・褐条病
苗立枯細菌病

を

まとめて防ぐ。

さきがけの稲用種子消毒剤

日産

スポルタック®

スターナ®SE

- 糸状菌および細菌による病害の同時防除が可能で、混用の手間がかかりません。
- 本剤のSE(Suspo-Emulsion)は粘性の低い液状タイプなので、取り扱いが簡単です。
- 本剤は主溶剤に水を用いているため安全性の高い製剤です。
- 本剤成分のプロクロラズおよびオキシリニック酸は水稻苗に対する安全性が高いことが実証されています。

®スポルタックはアグレボUK社。

®スターナは住友化学工業株式会社の登録商標です。



日産化学工業株式会社

本社 東京都千代田区神田錦町 3-7-1

自然と、



安心。

紋枯病に浸透移行… 確かな効果。

モンカット®



日本農薬株式会社
東京都中央区日本橋1丁目2番5号

おいしい笑顔の応援団

アグロ・カネショウがお手伝い。



連作障害に!!

刺激臭が少なく、散布が簡単。
使いやすい土壌消毒剤。

® **バスアミド** 微粒剤

®ドイツ国BASF社の登録商標で、
本剤は同社で製造されたものです。

バスアミドはオゾン層にやさしい土壌消毒剤です。



アグロ・カネショウ株式会社

〒107 東京都港区赤坂4-2-19

