

植物防疫

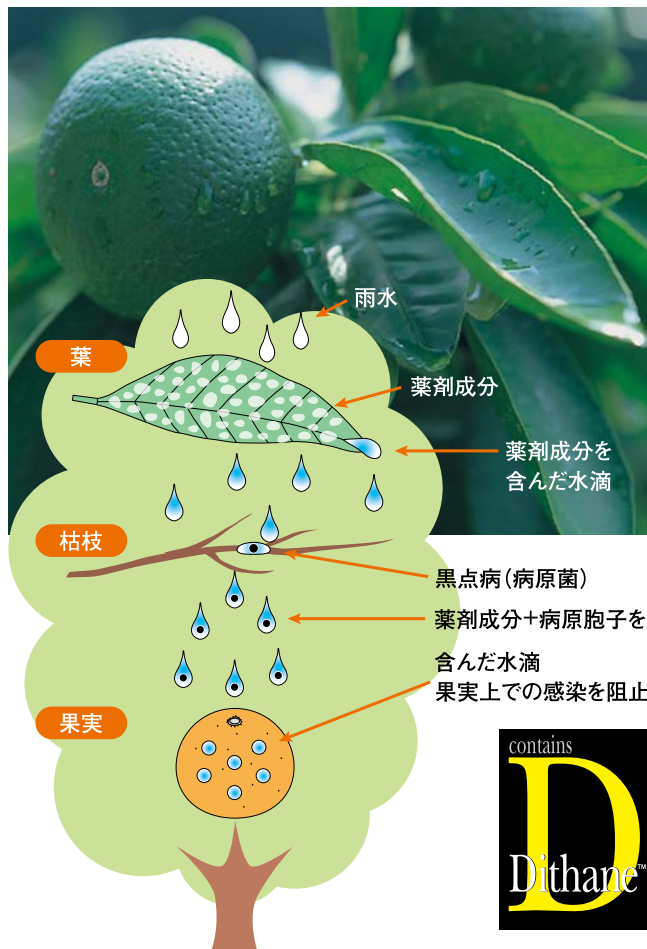
Plant Protection

11
2018
VOL.72



一般社団法人 日本植物防疫協会
Japan Plant Protection Association

かんきつを黒点病から守る、製剤技術のヒミツ。



違いが、かんきつの顔に出る 園芸用殺菌剤

ジマンダイセンTM 水和剤

黒点病は枯枝で形成された胞子が雨滴によって流れ出し、果実の上で感染します。ジマンダイセンの製剤は雨の力も利用し、黒点病を防除します。

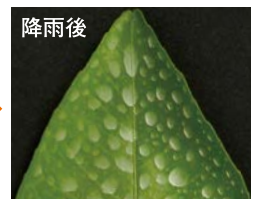
- 表面張力が高く、たくさんの薬剤を付着させることができます。



- 付着して一度乾いた製剤は耐雨性に優れ、徐々に溶け出すため、効果は持続します。



散布乾燥後



降雨後

2時間に50mmの人口降雨

※降雨のたびに薬剤付着量は徐々に減少（黒点病防除期間には、前回散布後の積算降雨量が200～250mmに達したとき、または約30日後の再散布が推奨されています）

かんきつの病害防除に優れた効果

- 使用回数は、4回以内。
- 後期黒点病と褐色腐敗病を同時防除。
- 製剤技術により安定した残効性。



ダウ・アグロサイエンス日本株式会社
〒100-6110 東京都千代田区永田町2丁目11番1号 山王パークタワー
<http://www.dowagro.com/ja-jp/japan>

®TM: ザ・ダウ・ケミカル・カンパニーまたはその関連会社商標



Dow AgroSciences

Solutions for the Growing World

来年度誌代（平成 31 年 1～12 月号分）のお知らせと誌代ご送金のお願い

本誌ご愛読いただき厚く御礼申し上げます。

お申込方法

来年第 73 巻（平成 31 年 1～12 月号分）の購読料（税抜）は、本年と同額でございますので、引き続きご購入下さいますようお願い申し上げます。

本年 12 月号で誌代切れとなります方には、本 11 月号の封筒に『12 月号で誌代切れ』と印刷させていただきました。

記

平成 31 年 1～12 月号誌代

（税込み、送料サービス）

直接前払い購読者 10,800 円

1. 個人でのご購読は、誌代前払いでお願いします。
2. 送付先住所、ご氏名、継続・新規の別をご明記下さい。
3. ご送金方法は、本号はさみ込みの郵便振替用紙をご利用いただきますと振込手数料が不要となります。現金書留を利用される場合は、上記 2 について必ずご明記下さい。
4. 直接後払い購読については、協会出版担当までお問い合わせ下さい。

月刊雑誌「植物防疫」 PDF 版のお知らせ

年間購読頂いている皆さんに第 72 巻（1～12 月）12 冊全ての掲載記事を PDF ファイルでご提供致します。パソコンや携帯型端末で手軽に閲覧頂けます。

本誌 11 月号に同封の払込取扱票にてお申し込み下さい。

12 冊分の PDF ファイルを CD に収め、来年 1 月号と一緒に送り致します。

なお、発送時のトラブルを避けるため、協会から「植物防疫」を直送している購読者のみの販売とさせていただきます。

価格：第 72 巻 1～12 月号 12 冊分 1,296 円（税込み）

一般社団法人 日本植物防疫協会

支援事業部 出版担当

TEL：03-5980-2183, FAX：03-5980-6753

mail：order@jppa.or.jp

農薬適用一覧表 2018年版

農薬適用一覧表

— 平成30年9月30日現在 —
2018年版

2018
一般社団法人 日本植物防疫協会

A4判 985頁, 本体 14,000円+消費税
送料サービス

付録CD-ROM: 農薬適用一覧DB (検索ソフト付き)

『農薬適用一覧表』は、平成30年9月30日現在の作物・病虫害別の殺虫剤・殺菌剤、作物別の除草剤、使用目的別の植物成長調整剤について、適用情報を一覧表形式で掲載しました。

また、稲用の殺虫・殺菌剤、種子処理・箱施用剤、水田用速度連動式少量散布機（ブームスプレーヤ）、常温煙霧、空中散布・無人ヘリコプターなど、用途別の登録薬剤を併せてまとめました。

農薬要覧 2018年版 (平成29農薬年度)

農薬要覧 — 2018 —

日本植物防疫協会

A5判 784頁, 本体 9,000円+消費税
送料サービス

『農薬要覧』は、わが国の農薬生産や出荷に関する統計資料の決定版として、1963年から毎年刊行しており、植物防疫の関係者に必携の資料としてご活用いただいております。最新版を発行しましたので、是非ともお買い求めください。

掲載内容

- ▶ 農薬の生産・出荷に関する、総数、種類別、剤型別などに区分した数量や金額の一覧表
- ▶ 農薬の流通・消費に関する、流通機構図、県別出荷金額・数量、農家購入価格の推移など
- ▶ 農薬の輸出・輸入に関する、国別数量・金額、種類別数量、会社別農薬取扱金額表など
- ▶ その他関連する資料

一般社団法人日本植物防疫協会 支援事業部

TEL 03-5980-2183

FAX 03-5980-6753

URL: <http://www.jpapa.or.jp/>

E-mail: order@jpapa.or.jp

べと病、疫病、白さび病を ピシッとロック!

農林水産省登録 第23952号

殺菌剤

ピカルブトラゾクス水和剤

新発売

ピシロック® フロアブル



【登録作物】

キャベツ、はくさい、ブロッコリー、レタス
非結球レタス、ほうれんそう、きゅうり、メロン、すいか
トマト、ミニトマト、たまねぎ、だいこん、てんさい



HPIはこちらから

新規有効成分ピカルブトラゾクス配合!(FRACコード U 17)

収穫前日まで使える!(はくさいは収穫3日前まで)



日本曹達株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2番1号
☎(03)3245-6178 FAX(03)3245-6084
<http://www.nippon-soda.co.jp/nougyo/>



®は日本曹達(株)の登録商標

●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。●小児の手の届く所には置かないでください。●使用後の空容器等は圃場などに放置せず、適切に処理してください。

チョウ目害虫防除に!

殺虫剤

フェニックス®

顆粒水和剤

フロアブル



71作物に登録。
幅広く使えて、効きめが長く続く!



果樹・茶のチョウ目害虫、
枝幹害虫の防除にも(ヒメボクトウ、フタモンマダラメイガ等)

●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。

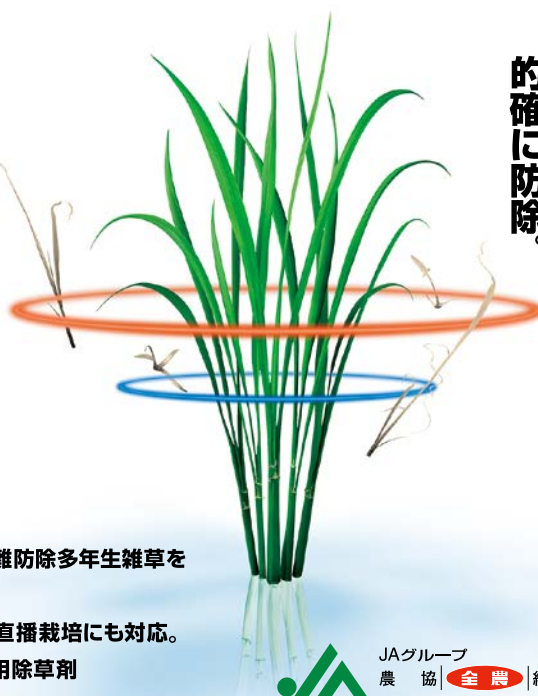
フェニックス普及会
日本曹達株式会社 事務局 日本農薬株式会社
東京都中央区京橋1丁目19番8号



ボデーガード**プロ**



一発でノビエ、難防除多年生雑草を
しっかり除草。
鉄コーティング直播栽培にも対応。
次世代の水稲用除草剤
「ボデーガードプロ」は
多角化・大規模化に貢献します。



**2成分で
稲を守る、プロ。**
高葉齡ノビエも難防除雑草も、
的確に防除。



JAグループ
農 協 全 農 経 済 連
登録商標 第4702319号



●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。®はバイエルグループの登録商標

バイエル クロップサイエンス株式会社

東京都千代田区丸の内1-6-5 〒100-8262 <https://cropscience.bayer.jp/>

お客様相談室 ☎0120-575-078 9:00~12:00、13:00~17:00
土・日・祝日を除く

農 薬 概 説 2018

一般社団法人 日本植物防疫協会 編



本書は農薬使用者に必要な行政情報、農薬の使用法や安全性・適正使用、防除対象となる病害虫・雑草に関する基本情報を網羅した解説書です。

2018年版では、主に次のような改訂を行いました。

- ・マルチローターに関連する情勢の変化に従い記述を変更するとともに、「空中散布における無人航空機利用技術指導指針」を資料編に追加しました。
- ・農薬の作用機作の解説を充実しました。
- ・農薬安全使用に関する解説をよりわかり易く、図表も加えて充実させました。
- ・「農薬の作用機構分類」はIRAC・FRAC・HRACともに最新版に更新しました。
- ・その他全般にわたって記述が古くなっている点等を見直しました。細かい改訂点については下記にまとめました。

URL <http://www.jpapa.or.jp/shuppan/pdf/gaisetsu2018.pdf>

農薬取扱業者用テキストのみならず、一般向けのテキストとしても利用できる内容となっています。

◆お問い合わせとご注文は下記へお願いします◆

一般社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部

TEL 03-5980-2183 FAX 03-5980-6753 Mail order@jpapa.or.jp

B5判 367頁 本体1,800円+消費税, 送料 実費

好評
発売中!

目 次

巻 頭 言

病害虫発生予察情報から見えるもの	野田 隆志	1
------------------	-------	---

総 説

カンキツグリーンング病対策の現状と今後の展望	富村 健太	2
------------------------	-------	---

研究報告

愛知県におけるミナミアオカメムシの発生経過と現状	石川博司・小出哲哉	7
千葉県におけるミナミアオカメムシの分布と越冬	清水 健	14
ナシ園におけるケナガカブリダニからミヤコカブリダニへの種の置換要因を探る	後藤 哲雄	19
日本の南西諸島で誘殺されたミカンコミバエ種群の推定飛来源	大塚 彰・松村正哉	25

新技術解説

果実浸漬法によるオウトウショウジョウバエ卵の薬剤感受性検定の試行	溝部 信二	30
----------------------------------	-------	----

日植防シンポジウムから

農薬取締法の改正について	石岡 知洋	35
農薬環境行政の課題と対応方針	小笠原 毅輝	39

植物防疫講座

病害編 <i>Spongospora</i> 属菌による病害の発生生態と防除	中山 尊登	44
虫害編 フタオビコヤガの発生生態と防除	奥谷恭代・福田侑記	48
農薬編 ミトコンドリア電子伝達系複合体 III 阻害剤	森下 祥	54

研究室紹介

農研機構 中央農業研究センター 虫・鳥獣害研究領域 生物的防除 G	長坂 幸吉	60
茨城県農業総合センター 園芸研究所 病虫研究室	小河原 孝司	61

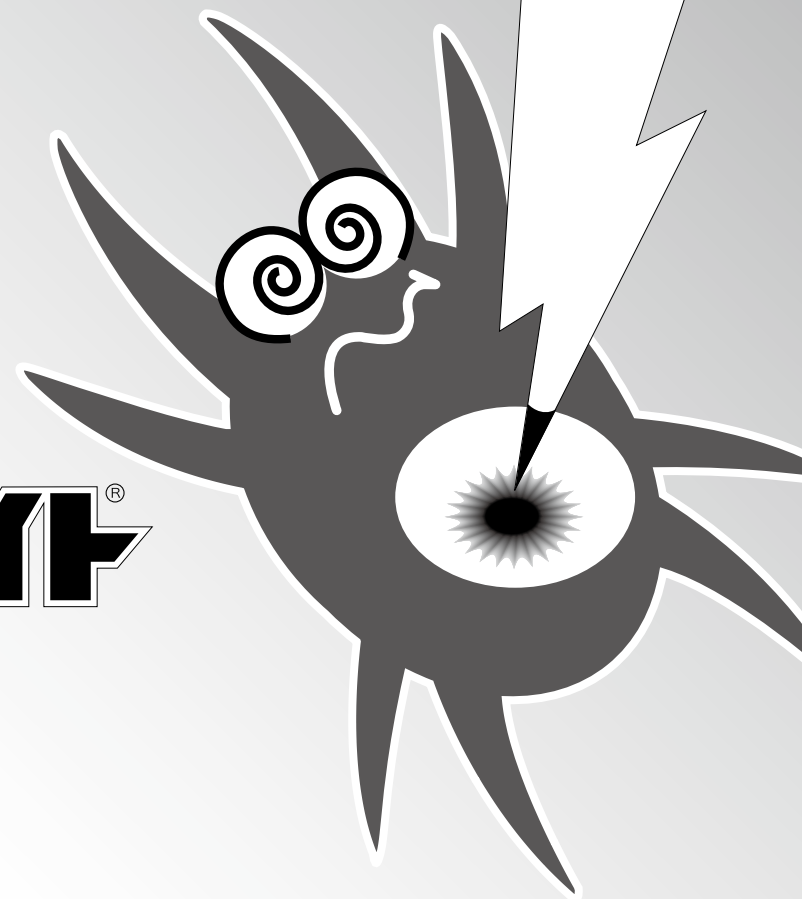
農林水産省プレスリリース (30.9.11~10.16)	59
新しく登録された農薬 (30.9.1~9.30)	6, 13, 24, 34
登録が失効した農薬 (30.9.1~9.30)	53
発生予察情報・特殊報 (30.9.1~9.30)	38

【表紙写真】

上：ダイズ莢を吸汁するミナミアオカメムシ幼虫
下左：フタオビコヤガ成虫（上雌・下雄）
下中：ジャガイモ粉状そうか病罹病塊茎
下右：カンキツグリーンング病罹病葉（富村健太氏原図）

作用点まで しっかり届く!

殺ダニ剤
スターマイト[®]
フロアブル



殺ダニ成分「シエノピラフェン」配合

だから…

● 抵抗性ハダニにもきちんと効く

殺ダニ成分「シエノピラフェン」が、ハダニ体内にある「電子伝達系複合体Ⅱ」にしっかり届き、その働きを阻害するので抵抗性ハダニにも優れた効果を発揮します。

● 卵から成虫まで、 ハダニの全ステージにしっかり効く

卵・幼虫・若虫・成虫とあらゆる生育ステージが混在して発生するハダニ類。全ステージに効くので、ハダニの様々な発生状況に対応できます。

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

 **日産化学株式会社**

東京都中央区日本橋二丁目5番1号
ホームページ <https://www.nissan-agro.net/>

お客様窓口 TEL.03-4463-8271
(9:00~17:30 土日祝日除く)

巻頭言

病虫害発生予察情報から 見えてくるもの

一般社団法人 日本植物防疫協会 技術顧問 **野 田 隆 志**



近年は、植物防疫法に基づく緊急防除がいくつか実施されているものの、幸いにも全国的にまん延して問題となる海外からの侵入病虫害がない状況が続いている。しかし、決して防除上問題となる病虫害が減ったわけではなく、地域ごとに見れば、圃場における発生の増加に特に注意すべき病虫害が毎年存在する。

この状況を最も網羅的に把握できるのが病虫害発生予察情報である。都道府県の病虫害防除所が発表する病虫害発生予察情報には、発生予報、注意報、警報、特殊報があるが、このうち警報と注意報はその時々において地域的に問題となっている、あるいは今後なる可能性が高い病虫害の発生状況を反映していると考えてよいだろう。日本植物防疫協会が運営する JPP-NET には、2000 年 4 月以降に発表された病虫害発生予察情報が蓄積されている。そこでこれを参照して、2001 年 1 月から 2018 年 9 月までに警報と注意報が発令された病虫害の種別の件数を調べ、主に害虫について多発要因を考えてみた。

まず発令件数であるが、警報は突発的に増加することが多く、特に多かったのは 2001 年の 10 件（主に斑点米カメムシ類）、2002 年の 6 件（斑点米カメムシ類と果樹カメムシ類）、2003 年の 6 件（主にいもち病）、2004 年の 8 件（複数種）、2013 年の 6 件（主にトビイロウンカ）、2014 年の 7 件（主にいもち病）であった。注意報は年ごとの変動があるものの、病虫害合計で年間のべ 100～190 件で推移しており、特に増加あるいは減少の傾向は見られない。

これまでに警報が発令された病虫害の種類は、前述のように害虫ではトビイロウンカと斑点米カメムシ類および果樹カメムシ類、病害ではいもち病が大半を占めている。注意報は地域によって発令される病虫害が異なるが、害虫については、作物合計すると年間のべ 45～121 件で推移している。病害については詳しく触れないが、作物合計すると年間のべ 30～73 件で推移しており、発令の対象となる病害名の数も害虫名より少ない。年間のべ発令件数が多い害虫種としては、水稻ではイネウンカ類と斑点米カメムシ類、果樹では果樹カメムシ類、野菜・花きではハダニ類、ハスモンヨトウ、オオタバコガが挙げられる。水稻害虫のイネウンカ類と斑点米カメムシ類については、繁殖場所が海外あるいは周辺の雑草地といった圃場の外にある種が多いため、増殖自体を抑えることは難しいが、斑点米カメムシ類については、今後大きく状況が変化する可能性がある。技術面では、既に色彩選別機の導入により、斑点米カメムシ類の防除を省

略している生産組合がある。また農林水産省は、昨年施行された農業競争力強化支援法に基づいて農産物流通等に係る規格の見直しを行うことになっており、農産物検査法で米の等級を規定している農産物規格規程が改定される可能性について一部で報道されている。斑点米（着色粒）混入についての基準が変われば斑点米カメムシ防除の様相も大きく変わるかも知れない。

果樹カメムシ類の発生は、1 年ごとに増減を繰り返しており、例えば 2009～14 年の注意報発令数は、のべ 3, 32, 1, 37, 7, 41 件と隔年で増減を繰り返している。この原因としては、越冬世代成虫の餌となる針葉樹球果の結実数が、隔年で増減することとの関連性が指摘されている。スギ、ヒノキは花粉症でも問題になるが、造林面積が広大であり、カメムシ防除のための抜本的な対策は難しい。したがって果樹カメムシ類の防除は今後も薬剤防除中心にならざるを得ないが、近年研究が進んだ光の誘引・忌避作用を利用した防除技術により、果樹園に虫を寄せ付けないための技術開発が今後さらに進展することが期待される。

野菜・花き害虫では、過去には年に数件程度であったハダニ類の注意報が、2006 年にのべ 12 件（8 県）、2007 年にのべ 14 件（10 県）と急増し、その後一時期沈静化したものの 2013 年ころから毎年 10 件前後の高止まりで推移している。この原因として最も可能性が高いのは薬剤抵抗性の発達である。既に取り組みされている話ではあるが、ハダニ類に関しては薬剤防除に頼らず、天敵と気門封鎖剤や高濃度炭酸ガス等の防除手段を中心に考えていくべきであろう。ハスモンヨトウとオオタバコガ、それに今年（2018 年）多発したシロイチモジヨトウ（9 月までに 8 府県で注意報）は、いずれも広食性で移動力が高く非休眠という特徴を持っている。多発した 2004 年には 3 種合計でのべ 32 件の注意報が発令されており、その後も毎年のように注意報が発令されていて、今後も難防除害虫の位置づけは変わらないものと思われる。

IPM の普及や、それに取り込める選択性薬剤を含む新規剤の開発、物理的・生物的防除手段の発展により、いわゆる難防除病虫害の種類は昔に比べて減ったように思われるが、それでも警報、注意報の件数はなかなか減らない。問題の解決には、既存技術の体系化だけではなく、生物学的知見に基づく新たな技術の開発も必要であり、それには公的機関における基礎研究の一層の充実が望まれる。

（「植物防疫」編集委員）



カンキツグリーニング病対策の現状と今後の展望

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
果樹茶業研究部門 カンキツ研究領域

とみ 村 けん た
富 村 健 太

はじめに

カンキツグリーニング病 (Huanglongbing; 以下 HLB) は病原体である植物病原細菌の一種がミカンキジラミにより虫媒伝染することで引き起こされる病気で、感染穂木の接ぎ木によっても引き起こされる。病原細菌は難培養性の細菌で、詳しくは *Candidatus Liberibacter asiaticus* (Las), *Candidatus Liberibacter africanus* (Laf) および *Candidatus Liberibacter americanus* (Lam) の3種である。これらのうち、後者の Laf および Lam は発生地がアフリカ周辺および南米の一部に分布が限られている。日本を含むアジアおよびアメリカ大陸においては、ほとんど Las が分布していると考えられている。症状について部位別に簡単に紹介する。まず果実では、着色不良 (グリーニングという病名の由来) を示すとともに (図-1)、しばしば小玉の果実をつける。次いで、カンキツ葉では、blotchy-mottle と呼ばれるように、主脈の左右で非対称な葉の黄化 (図-2)、葉脈の黄化 (図-3)、さらに症状が激しい場合は葉脈のコルク化 (図-4) や葉全体の黄化を示す。微量要素欠乏症に代表されるクロロシスなどの症状が本病に感染したカンキツでも見られるが、これらを生理障害と本病の感染と明確に区別することは困難である。本病を発病すると葉の落葉を経て、数年のうちにカンキツ樹が枯死する。カンキツ樹が枯死する前に、根量が著しく減少し、特に細根の発生が抑制された状態になるので、そのような根の状態からカンキツ樹を回復するのは難しい。HLB の症状を簡単に述べたが、本病に感染していなくとも生理障害などにより非常に酷似した場合もあり、このような背景が早期発見を遅らせてきた要因の一つであると考えられる。

1988 年に沖縄県西表島において本邦で初めて本病の発生が確認された。その後も南西諸島において発生が確認されているが、現在の分布域は鹿児島県の徳之島以南

である。これまで奄美大島の東に位置する喜界島では島内の一部で発生が認められたが、その後緊急防除、根絶事業および根絶確認事業が行われ、2012 年に根絶を達成することができた。限られた地域での根絶達成とはいえ、世界的にも画期的な成果であり、本成功事例を他の島、地域でも達成できるよう様々な関係者が連携して取り組んでいる。本稿では、HLB による世界的な経済損失、本病の検出技術、HLB に抵抗性のあるカンキツ品種ならびにミカンキジラミからみた HLB 防除の展望について紹介する。

I カンキツグリーニング病による経済損失

近年の異常気象に代表されるように、世界のカンキツ産業を牽引する米国においてもハリケーンの発生のたびにカンキツ産業も甚大な被害を受けてきた。フロリダ州で 2005 年に初めて HLB の発生が確認されてからは、ハリケーンなどによる異常気象による被害に拍車をかけており、オレンジ生産量はピーク時の 3 割から 5 割と減少傾向にある。アメリカ大陸には米国以外にも、ブラジルやメキシコ等のカンキツ産地があり、これらの国でも本病の発生が確認されている。南アメリカ最大の生産国ブラジルにおいても、HLB によるカンキツ産業の損失を伺うことができる。ブラジルで最大のカンキツ生産地であるサンパウロ州で 2004 年に本病の初発生が確認された。フロリダ州と異なり、サンパウロ州では本病がまん延している地域以外の新たな土地にオレンジを新規に植栽できる選択肢がある。しかしながら、大規模生産者はカンキツ生産地を移転して対策を講じることが可能であるのに対し、中小のカンキツ生産者は高いコストを支払ってカンキツ栽培を継続することが難しいようである。HLB における経済損失額の詳細については本稿では割愛するが、未発地域に HLB が発生すれば、カンキツ産業に与える損失は計り知れないものであり、世界中のカンキツ産業にとって脅威な存在であると言える。

II カンキツグリーニング病の検出技術

これまでカンキツグリーニング病原細菌の検出には、

The Current Status of a Measure Against Citrus Greening Disease and Future Prospect in Japan. By Kenta TOMIMURA

(キーワード: カンキツグリーニング病, カンキツ, 検出技術, ミカンキジラミ, 南西諸島)



図-1 カンキツグリーンング病の感染により着色不良になったタンカン果実



図-2 葉におけるカンキツグリーンング病の病徴 (blotchy-mottle 症状)



図-3 葉におけるカンキツグリーンング病の病徴 (葉脈の黄化)



図-4 葉におけるカンキツグリーンング病の病徴 (葉脈のコルク化)

JAGUEIX et al. (1994) による 16S rDNA を標的にした OI1/OI2c プライマーペアをはじめ, *nusG-rpIK* 領域を標的にした A2/J5 プライマーペア (HOCQUELLET et al., 1999), MHO353/MHO354 プライマーペア (HOY et al., 2001) が知られている。これらプライマーペアよりもさらに高感度な Las606/LSS プライマーペアが報告された (FUJIKAWA and IWANAMI, 2012)。この Las606/LSS プライマーペアは, 前に述べた 3 プライマーペアよりも高感度に検出することができ, 筆者も現在は本プライマーペアを用いてカンキツグリーンング病原細菌の検出を行っている。

PCR を用いた病原細菌検出における一連の作業で, 試料の採取とならび時間と労力がかかるのが DNA 抽出作業である。限られた時間内に大量のサンプルを検定する際に DNA 抽出作業が制約になる可能性がある。そこで FUJIKAWA et al. は, DNA 抽出作業を簡素化した試料調製法を開発した (FUJIKAWA et al., 2013)。試料調製は, 検定したいカンキツ樹の葉より切り出した主脈部をカミソ

リで裁断後, ミニホモジナイザーチューブのカラム上で滅菌水とともに軽くすりつぶす。さらに遠心ろ過したカラム通過画分の沈殿物を滅菌水で再懸濁して回収する。すなわち, 再懸濁した粗抽出液中にカンキツグリーンング病原細菌が含まれているので, これを鋳型に Las606/LSS プライマーペアを用いてダイレクト PCR を行って検出するという工程である。

本法 (ダイレクト PCR 法) と従来法 (CTAB 法) について比較すると, まず簡便性において従来法は専門技術が必要で, かつ DNA 抽出作業に使用する有機溶媒の使用と廃液処理が必要になる。従来法に比べ本法は, ミニホモジナイザーチューブと滅菌水のみで調整できるので簡便であると言える。作業時間 (16 サンプル) において, 従来法は約 2 時間から 3 時間かかっていたが, 本法では約 1 時間以内で作業でき大幅な作業時間の短縮と省労力化が期待できる。設備環境において, 従来法はドラフト設備や冷却遠心機が必要であるのに対し, 本法は微量遠心機のみで行える利点がある。大量の試料を取り

扱う際にコスト面が気になりであるが、従来法試薬が1サンプル当たり70円程度、市販のDNA抽出キットが250~600円程度かかるのに対し、本法はミニホモジナイザーチューブ160円程度のみであることから、従来法と比較して多少価格が高いようにも見えるが、作業時間などを総合的に考慮すれば本法は従来法よりも優れていると言える。既に本法は2013年より沖縄県病害虫防除技術センターにおいてカンキツグリーニング病感染樹診断法として活用されている。

III カンキツグリーニング病に 抵抗性のあるカンキツ品種

HLBの発生が限定的で根絶が達成可能な地域の場合とはともかく、既に本病の発生が地域全体に拡散し根絶が困難である場合にどのような対策が必要になってくるであろうか？本病に対して抵抗性のある品種開発もカンキツ産業を救う手段の一つになり得ると思われる。

温室などの人工的に制御された条件下で、FOLIMONOVA et al. は様々なカンキツのジェノタイプを持つ30のカンキツ品種に対してHLBの反応を調査した(FOLIMONOVA et al., 2009)。その結果、HLB感染による病徴およびカンキツの生育状態に基づいて、四つのカテゴリーに分類した。すなわち、感受性(sensitive)、適度の耐性(moderately tolerant)、耐性(tolerant)および条件によって反応が異なるケースをvariableの四つに分類した。HLBに対して感受性であると分類されたカンキツには、グレープフルーツやスイートオレンジが含まれ、クロロシス(葉の黄化)、葉脈のコルク化、成長の低下がおり、症状が激しい場合には枯死した。適度の耐性があると分類されたカンキツには、サワーオレンジ、シトロン、メキシカンライム等が含まれた。HLBによる病徴を示すものの、その病徴は旧葉にのみクロロシスが観察されるケース、旧葉で症状が軽微なケースである。ユーレカレモン、ペルシアンライムおよびCarrizo citrangeはHLBに対し耐性があり、ほとんど症状を示さなかったが、カンキツグリーニング病原細菌はPCRにより検出されている。上述の三つのカテゴリーにも分類されなかったカンキツ品種には一部のブンタン類が含まれたが、温室における症状は軽微であるにもかかわらず、人工光を照射し続けた場合にHLBの症状が激しくなる現象が観察された。本研究は、自然界におけるHLBに対するカンキツ品種間差異を調査したものではないが、これら一連の結果が自然界におけるHLB症状と一致するのかどうか今後の研究の進展が期待される。

近年、米国でマンダリン品種‘Sugar Belle’が本病に対

して耐性を持つことが明らかになっている(Stover et al., 2016)。本品種は中生のマンダリン品種で、フロリダ州では11月下旬から翌年1月上旬に成熟する品種である。現在のフロリダ州で栽培されているグレープフルーツやスイートオレンジに代わるカンキツ品種として期待されている。図-5に‘Sugar Belle’の系譜図を示したが、本品種はクレメンティンマンダリンとミネオラタンゼロの交雑により誕生した品種で、いずれの交配親も本病に対し罹病性である。さらに、交配親の片親品種ミネオラタンゼロは、ダンカングレープフルーツとダンシータンジェリンの交配により誕生した品種で、いずれも本病に対し罹病性である。本品種はカンキツ圃場での観察により明らかになった品種である。フロリダ大学Killiny et al. は、マンダリン品種‘Sugar Belle’の本病に対する抵抗性メカニズムを解明するために、揮発性成分に焦点を当てて解析を行った(Killiny et al., 2017)。その結果、他のカンキツ品種に比べて有意に多く含まれる揮発性成分を明らかにした。本病抵抗性のメカニズムの解明には道半ばであるが、これらの代謝産物を指標とした抵抗性品種の選抜などにつながっていくものと思われる。

本病に対して抵抗性がある品種が発見されてきつつあるが、本病に対して抵抗性であるかどうかを判定するためには、人工的に接種試験を行えるような実験系の確立が必要である。さらには、接種試験の際に一定濃度の病原細菌を確保するための人工培養技術が必要になってくる。実際に接種試験を行ったとしても、本病原細菌の特徴であるカンキツ樹体内の偏在性(病原細菌が樹体内に均一に分布していない性質)を考慮した抵抗性の評価が今後の課題になってくると思われる。これら研究を遂行する側からの技術的課題についてクリアできるようにな

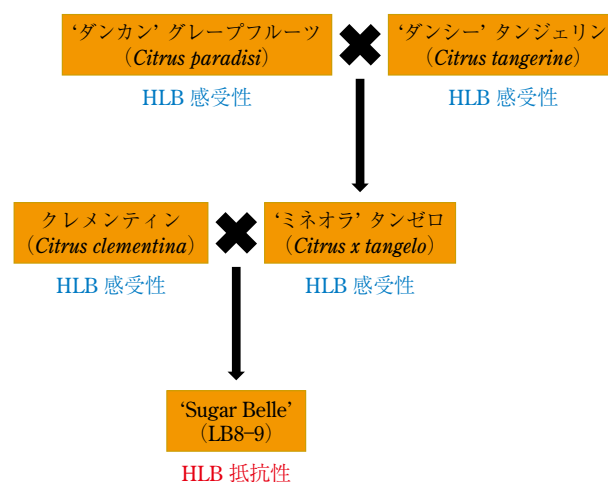


図-5 HLB 抵抗性品種‘Sugar Belle’の系譜図
(Killiny et al., 2017 より改変)

れば、次の有効な対策が見えてくるかも知れない。

IV ミカンキジラミからみた HLB 防除の展望

媒介生物が関与しないカンキツ病害の場合、病原体フリーのカンキツ苗を植栽し、感染穂木の流通を阻止することを考慮すればよいが、HLB の場合は、大きく二つの感染経路、すなわち感染穂木の流通およびミカンキジラミによる伝搬を考慮しなければならない。カンキツグリーニング病と同様に、カンキツトリステザウイルス (CTV) はミカンクロアブラムシをはじめとしたアブラムシ類によって伝搬されるが、幸い我が国においてはウンシュウミカンが CTV に比較的強いので大きな被害を免れてきた。しかしながら、CTV の伝染源がない訳ではなく、CTV に対し感受性の品種ではステムピッチングや樹勢の低下を招いているのが現状である。HLB の防除は、本病感染樹の伐採やミカンキジラミの防除を行うことで伝染源の除去を行うとともに虫媒伝染するリスクをいかに小さくするかに力点をおいて実施されている。ミカンキジラミの化学的防除の一つである薬剤散布に関して、カンキツのみならずゲッキツに対しても適用可能な農薬登録が沖縄県や鹿児島県の試験研究機関が中心となって取り組まれてきた。

HLB の媒介昆虫であるミカンキジラミは、多くのミカン科の植物に寄生する。カンキツ類だけではなく、南西諸島の生け垣などで植栽されているゲッキツにも寄生することが知られている。南西諸島のゲッキツ生け垣をよく見てみると、民家にカンキツがあるにもかかわらず、カンキツよりはむしろゲッキツ樹上でミカンキジラミが多数寄生している。ゲッキツは、民家の生け垣だけではなく、集落から離れた森でも見かけることができるが、ミカンキジラミは民家の生け垣で多数寄生していることが多い。その理由としては、民家の生け垣は定期的に刈り込まれるので、刈り込んだ後に発生する新芽を好んでミカンキジラミが寄生するのではないかと考えられている。

ゲッキツと同様にミカンキジラミが寄生する植物としてカレーリーフ (*Murraya koenigii*) も知られているが、そのカレーリーフを捕獲作物 (Trap crop) として利用する可能性について報告された (BELOTI et al., 2018)。カンキツグリーニング病原細菌をカレーリーフ実生へミカンキジラミで虫媒伝搬を試みた結果、カレーリーフに虫媒伝搬した個体は観察されなかったことから、カレーリーフは HLB に対し免疫性であることが明らかとなった。カレーリーフをミカンキジラミの捕獲作物とする利用が実用的な技術の一つとして拡大すれば、ミカンキジラミ

の密度低減に寄与するのではないかと考えている。

お わ り に

HLB の対策の現状および今後の展望について、これまでに明らかになってきた知見をもとに述べてきた。本邦における HLB の発生地は現在のところ南西諸島に限られているが、本病の被害拡大を阻止するためにも今後もその取り組みを強化していかなければならない。南西諸島における HLB 被害が経済栽培園よりはむしろ庭先や民家周辺に自生したカンキツで見られるため、一見大したことがないように考えがちであるがそれは大きな誤りである。南西諸島におけるカンキツ樹は、例えば神が宿る木として珍重されるように地域の文化に欠かせないものとして存在することから、それぞれの地域における文化の継承という意味でも HLB による被害を食い止めるべく対策を立てていかなければならない。我が国において本州を中心にカンキツが栽培されているが、それらカンキツは育種により作られてきた品種が主体である。カンキツの品種育成は長い年月を要することは周知の事実であるが、もう一つ重要な点がある。その重要な点は、カンキツ育種を行う際にどのような交配親を用いるかという点である。我が国においては、豊富な遺伝資源を背景に数多くのカンキツ品種が生まれてきた。本州地域がカンキツ品種の宝庫であるのに対し、南西諸島はカンキツ在来種 (カンキツ遺伝資源) の宝庫であると言える。これまでに遺伝資源の探索が行われてきているものの、南西諸島には誰しもが手にしたことがないカンキツ遺伝資源が発見される可能性が残されており、これら遺伝資源を次世代に継承していくためにも我が国でも HLB 対策を強化していかなければならない。

沖縄県大宜味村では、高酸カンキツの 1 種であるシークワサー (シークワシャー) の産地振興に向け、シークワサー栽培地域周辺で局所的ミカンキジラミフリーゾーンを作出することで HLB に打ち勝つための取り組みがなされている。具体的には、局所的ミカンキジラミフリーゾーンに HLB 感染穂木を持ち込まないように、あらかじめ HLB 検定で陰性であったカンキツ苗を植栽したり、カンキツ苗を育成の段階でミカンキジラミによる HLB 感染を防止するために網室でカンキツ苗を育成するなどの取り組みが実践されている。米国においても 2005 年にフロリダ州で HLB の発生が確認されてから 10 年以上の年月が経過するが、フロリダ州内で HLB の発生が収束するどころかフロリダ州に次ぐカンキツ産地であるカリフォルニア州においても HLB の発生が近年報告されている。カリフォルニア州における HLB 対策は、

これまでと同様にカンキツ罹病樹を発見しては伐採するという流れで実施されている。しかしながら、カンキツ栽培園地では HLB 罹病樹の発見は減少しているものの、高速道路沿いの住宅地の庭先カンキツでなおカンキツ罹病樹が発見される傾向である。カリフォルニア州のカンキツ生産者が HLB に関する理解があるため、罹病樹の伐採に対して前向きであるものの、住宅地のカンキツ罹病樹の伐採は地主の理解が得られにくいいため、罹病樹として残ってしまっているようである。カリフォルニア州での HLB の根絶に向けた取り組みは、我が国における HLB 対策が参考になるのではないと思われる。HLB 根絶に向けた取り組みには、生産者（地主）、行政および研究機関の 3 者の緊密な連携があつてこそ達成されうるのであると考えている。今後も試験研究機関におい

ては特效薬となるような技術開発が必要であり、行政サイドでは HLB 根絶に向けた科学的根拠に基づいた施策の策定、生産者においては HLB 対策に対する理解が必要不可欠で、双方が緊密に連携することで HLB 根絶に向けて取り組んで行けたらと考えている。

引用文献

- 1) BELOTI, V. H. et al. (2018): Phytopathology **8**: 1089~1094.
- 2) FOLIMONOVA, S. Y. et al. (2009): ibid. **99**: 1346~1354.
- 3) FUJIKAWA, T. and T. IWANAMI (2012): Mol. Cel. Probes **26**: 194~197.
- 4) ——— et al. (2013): PLOS ONE **8**: e57011.
- 5) HOCQUELLET, A. et al. (1999): Mol. Cel. Probes **13**: 373~379.
- 6) HOY, M. A. et al. (2001): Biol. Control **22**: 278~287.
- 7) JAGQUEIX et al. (1994): Int. J. Syst. Bacteriol. **44**: 379~386.
- 8) KILLINY, N. et al. (2017): Plant Physiol. Biochem. **116**: 36~47.
- 9) STOVER, E. et al. (2016): HortScience **51**: 127~132.

~~~~~

## 新しく登録された農薬 (30.9.1~9.30)

掲載は、**種類名**、登録番号：**商品名**（製造者又は輸入者）登録年月日、有効成分：含有量、**対象作物**：対象病害虫：使用時期等。ただし、除草剤・植物成長調整剤については、**適用作物**、適用雑草等を記載。

### 「殺虫剤」

#### ●トリフルメゾピリム粒剤

24122：デュボン ゼクサロン箱粒剤（デュボン・プロダクション・アグリサイエンス）18/9/21

24123：JA ゼクサロン箱粒剤（全国農業共同組合連合会）18/9/21

トリフルメゾピリム：0.75%

稲（箱育苗）：ウンカ類、ツマグロヨコバイ：は種時（覆土前）～移植当日、は種前

#### ●クロラントラニプロール・トリフルメゾピリム粒剤

24126：ホクコーフェルテラゼクサロン箱粒剤（北興化学工業）18/9/26

クロラントラニプロール：0.75%

トリフルメゾピリム：0.75%

稲（箱育苗）：ウンカ類：は種時（覆土前）～移植当日  
イネドロオイムシ、イネミズゾウムシ、コブノメイガ、ニカメイチュウ、フタオビコヤガ：移植当日

#### ●シアントラニプロール・トリフルメゾピリム粒剤

24133：ゼクサロンパディート箱粒剤（クミアイ化学工業）18/9/26

シアントラニプロール：0.75%

トリフルメゾピリム：0.75%

稲（箱育苗）：イネドロオイムシ、イネミズゾウムシ、ウンカ類、コブノメイガ：は種時（覆土前）～移植当日、は種前

### 「殺虫殺菌剤」

#### ●還元澱粉糖化物・クロチアニジン・ピリダリル・ペルメトリン・マンデストロビン水和剤

24117：ベニカX ネクストスプレー（住友化学園芸）18/9/12

還元澱粉糖化物：0.60%

クロチアニジン：0.0080%

ピリダリル：0.010%

ペルメトリン：0.010%

マンデストロビン：0.020%

なす：アブラムシ類、ハダニ類、ハスモンヨトウ、オオタバコガ：収穫前日まで

トマト：オオタバコガ、コナジラミ類：収穫前日まで

きゅうり：うどんこ病、アブラムシ類：収穫前日まで

メロン：アブラムシ類：収穫前日まで

キャベツ：菌核病、アオムシ、コナガ、ハスモンヨトウ、オオタバコガ：収穫 7 日前まで

レタス：ハスモンヨトウ、アブラムシ類：収穫 7 日前まで

リーフレタス：アブラムシ類：収穫 14 日前まで

花き類・観葉植物（ばらを除く）：うどんこ病、アブラムシ類：発生初期

ばら：うどんこ病、黒星病、アザミウマ類、アブラムシ類、オオタバコガ、クロケシツブチョッキリ、コガネムシ類成虫、チュウレンジハバチ：発生初期

樹木類（つつじ類、ひいらぎもくせい、まさき、クロトン、さるすべり、いぬまきを除く）：うどんこ病、ケムシ類：発生初期

つつじ類：うどんこ病、ケムシ類、ツツジゲンバイ：発生初期

ひいらぎもくせい：うどんこ病、ケムシ類、ヘリグロテントウノミハムシ：発生初期

まさき：うどんこ病、ケムシ類、アオバハゴロモ：発生初期

クロトン：うどんこ病、ケムシ類、ミカンヒメコナカイガラムシ：発生初期

(13 ページに続く)

# 研究 報告

## 愛知県におけるミナミアオカメムシの 発生経過と現状

愛知県農業総合試験場 いしかわ ひろし こいで てつや  
石川 博司・小出 哲哉

### はじめに

ミナミアオカメムシ *Nezara viridula* (以下, ミナミアオ, 図-1) は亜熱帯から温帯に生息する世界的にも著名な害虫である。多食性で加害植物は野菜・果樹・作物等 32 科 145 種以上が記録されている(桐谷・法橋, 1970)。特に, イネでは穂を吸汁し(図-2), 斑点米を発生させ, ダイズでは子実を吸汁し, 着莢数の減少, 板莢, 変形粒や変色粒(図-3)の増加をもたらす等, 多くの被害報告がされている(中村ら, 2009)。

ミナミアオは, 本来南方系の昆虫であるため, 1960 年までの日本における分布は沖縄県, 九州南部, 四国南部, 和歌山県に限られていた(桐谷・法橋, 1970)。しかし, その後, 分布が拡大し, 現在では, 近畿, 東海地方をはじめ, 千葉県, 神奈川県, 東京都など関東地方でも本種が確認されている(水谷, 2013; 東京都病虫害防除所, 2016)。今後, 地球温暖化の進行によりミナミアオの分布拡大が懸念されるなか, ミナミアオの防除対策の参考のために, 愛知県におけるこれまでの発生状況などについて紹介する。

### I 発生経過

愛知県では, ミナミアオは 2008 年に初めて県南東部に位置する東三河地域で生息が確認され(愛知県, 2008), 同年 12 月下旬には西三河地域のダイズでミナミアオの加害により被害面積 37 ha, 減収量 27 t の甚大な被害が発生した。これを受け, 2009 年に全市町村のおよそ 100 箇所ではミナミアオの生息状況を調査し, 30 市町村で発生を確認した(小出ら, 2010; 図-4)。このように急速に分布域が拡大し, 2017 年現在では山間部を除いた広い範囲で発生が確認されている。ミナミアオは南方系の昆虫で, 最寒月の平均気温 5℃ 以下のところでは個体群を持続的に維持できないとされている(湯川・桐谷, 2008)。そこで, 愛知県における最寒月(1 月)の平均気温を調べたところ, 1980~85 年の 6 年間の平均気温では 5℃ 以上のエリアは存在しなかったが, ミナミアオが初確認される 4 年前の 2004 年から, 県内で急速に分布域が拡大した 2009 年までの 6 年間の 1 月の平均気温では, 愛知県の南半分が 5℃ 以上のエリアに拡大していた(図-4)。特に 2007 年は山間部の稲武を除いたすべての地点において 1 月の平均気温が 5 度を上回る暖冬となり, 温暖化とともにミナミアオの生息域が愛知県



図-1 ミナミアオカメムシの成虫



図-2 イネ穂を吸汁するミナミアオカメムシの幼虫

Occurrence and Present Situation of the Southern Green Stink bug, *Nezara viridula*, in Aichi Prefecture. By Hiroshi ISHIKAWA and Tetsuya KOIDE

(キーワード: ミナミアオカメムシ, 愛知県)



図-3 ダイズ莢を吸汁するミナミアオカメムシの幼虫（左）と被害粒：板粒（中央），変形および変色粒（右）



図-4 2008年および09年にミナミアオカメムシを確認した市町村および2004~09年の1月の平均気温  
注：(°C)内は1980~85年の1月の平均気温。

へと拡大したと考えられる。

## II 生息植物の季節的移り変わり

小出ら（2010）はミナミアオを採集できた時季，植物体上での状況等をもとに愛知県における生息植物の季節的移り変わりを推察している（図-5）。これによると越冬に成功した個体は春先にセイヨウカラシナやアブラナ等を餌として活動を始める。また，水田畦畔や休耕田の雑草は，春先から初冬まで成虫や幼虫が確認できることから年間を通じて重要な発生源になっていると考えられる。コムギ，イネでは出穂期以降に，またダイズでは子

実肥大期以降に成虫や幼虫が見られるようになる。なお，夏季にはトマト，ナス，オクラ等で成虫および幼虫が確認されており，これら果菜類も発生源になっている可能性がある。晩秋になるとハクサイ，ダイコン，キャベツ等で比較的多数の成虫が見つかっており，初冬まで生存した個体は，順次越冬場所へ移動していくと思われる。

## III コムギ，早期栽培水稻，普通期栽培水稻，ダイズにおける発生消長

愛知県では西三河地域でミナミアオの発生が多くなっている。この地域ではコムギ，水稻，ダイズの輪作が行

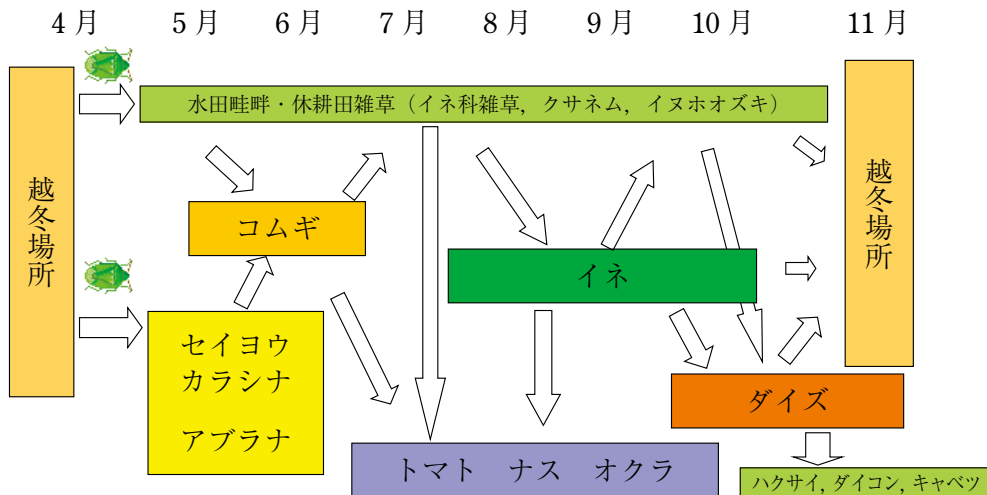


図-5 愛知県におけるミナミアオカメムシの生息植物の季節的移り変わり

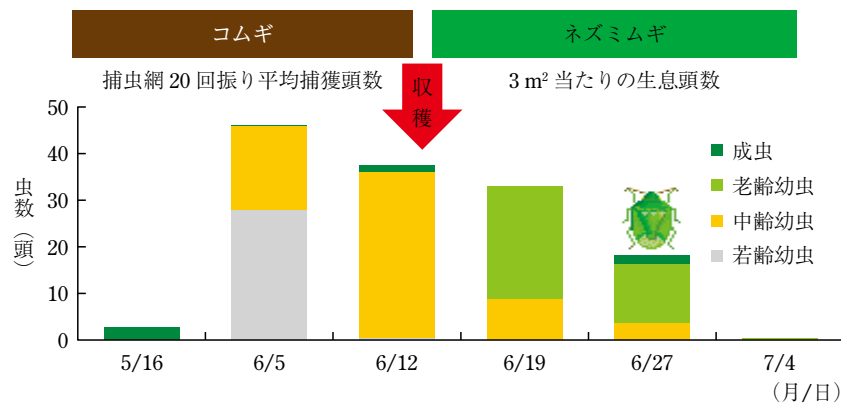


図-6 コムギ圃場におけるミナミアオカメムシの発生推移

図-7 コムギの穂を吸汁するミナミアオカメムシ  
左：成虫（5月中旬），右：幼虫（6月上旬）。図-8 タデ科雑草（左）やネズミムギ（右）に生息する  
ミナミアオカメムシ幼虫

なわれており、水稻は早期・普通期栽培の二つの作型で栽培が行なわれている。この輪作体系および水稻の二作型が存在することがミナミアオの発生に好適であると考えられた。そこで、西三河地域のコムギ、早期水稻、普通期水稻、ダイズにおけるミナミアオの発生推移を2012年に調査した。

まず、コムギ圃場における発生推移を図-6に示した。コムギでは5月中旬ころにミナミアオの越冬世代成虫が飛来、産卵し、6月上旬ころには幼虫が発生してくる（図-7）。コムギで発生した幼虫はコムギの収穫期である6月中旬までには成虫になれず、収穫後、明きよに生えているタデ科雑草やコムギ圃場周辺のネズミムギ等イネ

科雑草に移動し、それらを餌にして成育を続け（図-8）、6月下旬ころから第1世代成虫が発生する（石川・江口、2014）。

早期水稲では7月中下旬に出穂期を迎えると第1世代成虫が飛来し、8月中旬ころから第2世代成虫が発生する（図-9）。

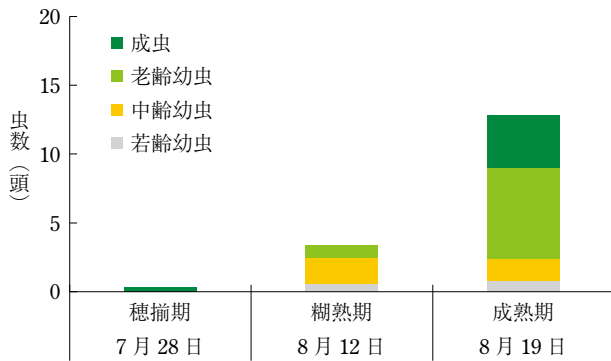


図-9 早期水稲におけるミナミアオカメムシの発生推移  
(平均捕獲頭数/捕虫網20回振り, 10~12圃場)

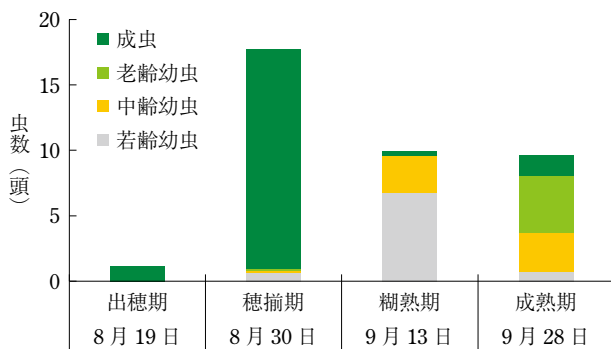


図-10 普通期水稲におけるミナミアオカメムシの発生推移  
(平均捕獲頭数/捕虫網20回振り, 6~9圃場)

普通期水稲では、第2世代成虫が8月中旬ころから飛来し始め、早期水稲の収穫時期の8月下旬にまとまって飛来する。その後、9月中旬には幼虫が多数見られるようになり、9月下旬ころから第3世代成虫が発生してくる（図-10）。

ダイズでは、主に若齢幼虫が9月中旬から確認できるようになり、子実肥大期中期にあたる9月下旬には多数の幼虫が見られるようになる。その後、ダイズで発生した第3世代成虫は、10月中旬以降、越冬場所に移動して行くと考えられる（図-11）。

コムギ、早期水稲、普通期水稲、ダイズにおけるミナミアオの発生推移から、これら作物間におけるミナミアオの移り変わりを図-12にまとめた。このように西三河地域では各世代においてミナミアオの増殖に好適な植物が、春から秋までほぼ途切れることなく大量に存在している。これまでもミナミアオの増殖に好適な餌条件が生息域の拡大をさらに容易にしているとされており（湯川・桐谷、2008）、愛知県では、西三河地域にミナミア

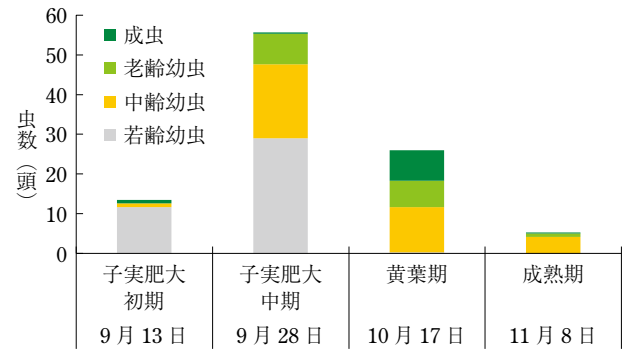


図-11 ダイズにおけるミナミアオカメムシの発生推移  
(平均生息頭数/100株, 6圃場)

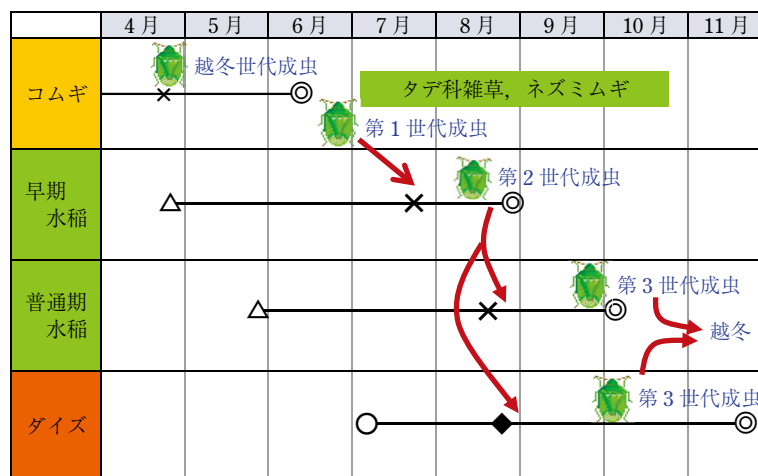


図-12 コムギ、早期水稲、普通期水稲、ダイズにおけるミナミアオカメムシの移り変わり  
注) △: 移植期, ×: 収穫期, ◎: 収穫期, ○: 播種期, ◆: 開花期,  
→: 成虫の移動。

オが侵入したことが、愛知県で急速にミナミアオの分布が拡大した要因であると推察する。

#### IV 予察灯における成虫の誘殺消長

西三河地域の西尾市に設置されている予察灯へのミナミアオの誘殺消長を図-13に示した。第1世代成虫の発生時期の7月上旬と第2世代成虫の発生時期の8月下旬に明瞭な誘殺ピークが見られ、第2世代成虫の誘殺ピーク時期は当地域の早期水稻の稲刈り時期（8月下旬～9月上旬）と一致し、稲刈りによって生息場所を失った成虫が誘殺されたと推測される（小出ら，2010）。なお、愛知県では予察灯における第1世代成虫および第2世代の総誘殺数を参考にそれぞれ早期水稻およびダイズにおけるミナミアオの発生程度を予測し、発生予察情報として提供している。

#### V 防 除 対 策

##### 1 コムギ

コムギ収穫後、コムギ圃場周辺に生えているネズミムギや明きょに生えているタデ科雑草（図-14）が早期水

稲に飛来する第1世代成虫の重要な発生源となっている（石川・江口，2014）。そのためコムギ収穫前に圃場周辺の除草を行い、コムギ収穫後はできるだけ早く圃場を耕起し明きょに生えたタデ科雑草をすき込むように指導している。

##### 2 イネ

斑点米カメムシ類に対し、広域一斉防除が効果的である（岩田・葭原，1976）。西三河地域のイネでは、2011年に穂揃い期の広域一斉防除を実施したところ、斑点米率の大幅な軽減を実現することができ、現在ではこのような防除体系が普及している。

##### 3 ダイズ

ダイズにおけるカメムシ類による被害の軽減には1回散布であれば開花期後30日ころ（子実肥大初期）の薬剤散布の効果が高いとされている（中村ら，2009）。愛知県における子実被害調査からも、子実肥大期よりも早い時期の薬剤散布は被害軽減効果が低く、薬剤散布をする場合は防除適期である子実肥大期にミナミアオの生息虫数を抑えることが重要で（小出ら，2010）、現在では、開花期後30日ころの薬剤防除が普及している。

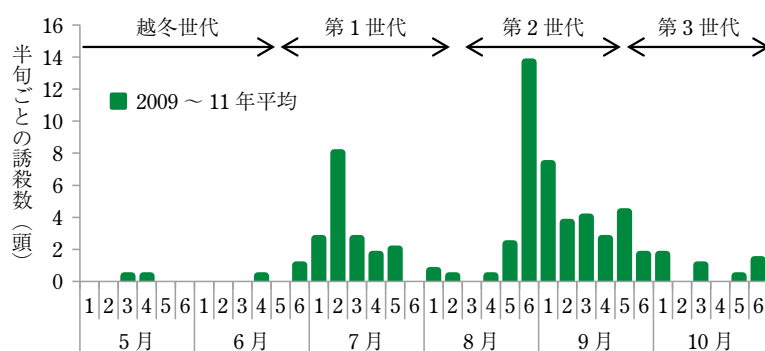


図-13 予察灯におけるミナミアオカメムシの誘殺数の消長  
(60 W 白熱灯, 西尾市)



図-14 コムギ圃場周辺に生えているネズミムギ（左図）とコムギ収穫後、明きょに生えているタデ科雑草

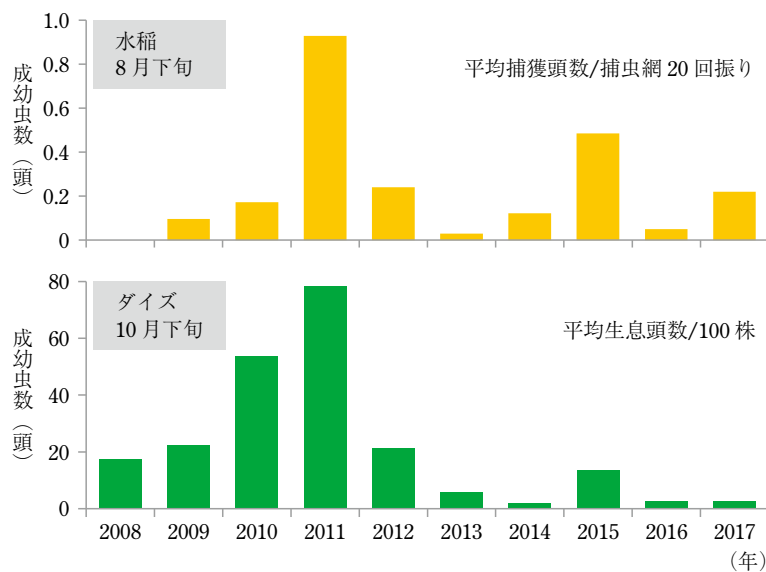


図-15 水稲、ダイズにおけるミナミアオカメムシの年次別発生状況  
(愛知県病害虫発生予察調査結果)



ミツクリクロタゴバチ♀成虫



*Trissolcus basalis* ♀成虫

図-16 愛知県で確認されたミナミアオカメムシの卵寄生蜂2種  
左：ミツクリクロタゴバチ *Trissolcus mitsukurii* (Ashmead).  
右：*Trissolcus basalis*.  
(大野徹氏原図).

## VI 近年の発生状況

イネ（8月下旬）およびダイズ（10月下旬）における2008～17年までのミナミアオの年次別発生推移を見ると（図-15）、ミナミアオの発生量はイネ、ダイズとも2011年をピークに減少している。その主要因として2012年以降イネにおける穂摘期の一斉防除やダイズにおける開花期後30日ころの薬剤防除が普及したためと考えられる。また、ミナミアオの生息地では天敵である卵寄生蜂（図-16）が確認されており（小出ら，2017）、ミナミアオの発生量の減少に寄生蜂の影響も関係してい

ると推察される。

## おわりに

今後、地球温暖化の進行によりミナミアオの分布拡大が懸念されるなか、特にコムギ、イネ、ダイズが大規模に栽培されている地域では、愛知県同様にミナミアオ侵入後、急速に分布域を拡大する可能性がある。そして、イネやダイズでカメムシ類に対する薬剤防除が実施されていない場合は、侵入後、ミナミアオによる甚大な被害が懸念される。愛知県でミナミアオが侵入当初、ダイズで甚大な被害が発生したが、そのような事態が発生しな

のように、常にミナミアオの確認情報や冬季の気温の年次推移に注意するとともに、営農指導者と生産者がミナミアオの発生生態や防除対策について情報共有を進め侵入後の防除対策について準備を進めることが大切であると考え。そして、愛知県におけるこれまでのミナミアオの発生経過などが、防除対策を立てるうえの一助になれば幸いである。

## 引用文献

1) 愛知県 (2008): 平成 20 年度病害虫発生予察特殊報第 1 号。

- 2) 石川博司・江口敏弥 (2014): 第 58 回日本応用動物昆虫学会大会講演要旨集: 48.
- 3) 岩田俊一・葭原敏夫 (1976): 植物防疫 30: 127~132.
- 4) 桐谷圭治・法橋信彦 (1970): ミナミアオカメムシ個体群の生態学的研究, 指定試験 (病害虫) 9, 農林水産技術会議事務局, 東京, 260 pp.
- 5) 小出哲哉ら (2010): 関西病虫研報 52: 163~165.
- 6) ———ら (2017): 同上 59: 122.
- 7) 水谷信夫 (2013): 植物防疫 67: 595~601.
- 8) 中村利宣ら (2009): 九病虫研会報 55: 99~104.
- 9) 東京都病害虫防除所 (2016): 平成 28 年度病害虫発生予察特殊報第 1 号.
- 10) 湯川淳一・桐谷圭治 (2008): 植物防疫 62: 14~17.

## (新しく登録された農薬 6 ページからの続き)

さるすべり: うどんこ病, アブラムシ類, ケムシ類, カイガラムシ類: 発生初期

いぬまき: うどんこ病, アブラムシ類, ケムシ類: 発生初期

●還元澱粉糖化物・クロチアニジン・マンデストロピン水和剤

24118: ベニカ V フレッシュスプレー (住友化学園芸) 18/9/12

還元澱粉糖化物: 0.60%

クロチアニジン: 0.0080%

マンデストロピン: 0.020%

りんご: うどんこ病, ケムシ類: 収穫前日まで

ぶどう: コナカイガラムシ類: 収穫前日まで

おうとう: カメムシ類: 収穫前日まで

もも・ネクタリン: アブラムシ類: 収穫 7 日前まで

すもも: アブラムシ類: 収穫 3 日前まで

かき: コナカイガラムシ類: 収穫 7 日前まで

なし・うめ: ケムシ類: 収穫前日まで

なす: アブラムシ類, ハダニ類: 収穫前日まで

トマト・ミニトマト: コナジラミ類: 収穫前日まで

きゅうり: うどんこ病, アブラムシ類: 収穫前日まで

メロン・すいか・いんげんまめ: アブラムシ類: 収穫前日まで

キャベツ: 菌核病, アオムシ: 収穫 7 日前まで

レタス: アブラムシ類: 収穫 7 日前まで

さやえんどう・こまつな: アブラムシ類: 収穫 3 日前まで

花き類・観葉植物 (ばらを除く): アブラムシ類: 発生初期

ばら: うどんこ病, 黒星病, アブラムシ類, チュウレンジハバチ, アザミウマ類: 発生初期

樹木類 (つつじ類, まさき, さるすべりを除く): ケムシ類: 発生初期

つつじ類: ケムシ類, ツツジグンバイ: 発生初期

まさき: うどんこ病, ケムシ類: 発生初期

さるすべり: うどんこ病, ケムシ類: 発生初期

●スピノサド・プロベナゾール粒剤

24121: ファーストラゾーナスピノ粒剤 (Meiji Seika ファルマ) 18/9/12

スピノサド: 1.0%

プロベナゾール: 18.0%

稲 (箱育苗): いもち病, イネドロオイムシ: は種時 (覆

土前)

●クロラントラニリプロール・トリフルメゾピリム・トルプロカルブ粒剤

24124: サンスパイク箱粒剤 (三井化学アグロ) 18/9/26

クロラントラニリプロール: 0.75%

トリフルメゾピリム: 0.75%

トルプロカルブ: 4.0%

稲 (箱育苗): いもち病, もみ枯細菌病, イネドロオイムシ, イネミズゾウムシ, コブノメイガ, ツマグロヨコバイ: 移植 3 日前~移植当日

ウンカ類: 移植当日

●クロラントラニリプロール・トリフルメゾピリム・シメコナゾール・トルプロカルブ粒剤

24125: サンエース箱粒剤 (三井化学アグロ) 18/9/26

クロラントラニリプロール: 0.75%

トリフルメゾピリム: 0.75%

シメコナゾール: 4.5%

トルプロカルブ: 4.0%

稲 (箱育苗): いもち病, 紋枯病, 稲こうじ病, もみ枯細菌病, イネドロオイムシ, イネミズゾウムシ, コブノメイガ, ツマグロヨコバイ: 移植 3 日前~移植当日

ウンカ類: 移植当日

●クロラントラニリプロール・トリフルメゾピリム・プロベナゾール粒剤

24127: ホクコービルダーフェルテラゼクサロン粒剤 (北興化学工業) 18/9/26

クロラントラニリプロール: 0.75%

トリフルメゾピリム: 0.75%

プロベナゾール: 10.0%

稲 (箱育苗): いもち病, ウンカ類, コブノメイガ: 緑化期~移植当日

イネドロオイムシ, イネミズゾウムシ, ニカメイチュウ, フタオビコヤガ: 移植当日

●クロラントラニリプロール・トリフルメゾピリム・イソチアニル・ペンフルフェン粒剤

24128: スクラム箱粒剤 (北興化学工業) 18/9/26

クロラントラニリプロール: 0.75%

トリフルメゾピリム: 0.75%

イソチアニル: 2.0%

ペンフルフェン: 2.0%

(24 ページに続く)

# 研究 報告

## 千葉県におけるミナミアオカメムシの 分布と越冬

千葉県農林総合研究センター 暖地園芸研究所 生産環境研究室 <sup>し</sup>清 <sup>みず</sup>水 <sup>けん</sup>健\*

### はじめに

昨今の地球温暖化により、全国各地で南方性の農業害虫の発生域が北上し、農産物の生産に大きく影響を及ぼしている。ミナミアオカメムシ *Nezara viridula* (Linnaeus) はその典型的な例といえ、1950年代までは九州地方を中心に発生していたが、その後、本州、四国へ分布を拡大させ、近年は関東地方各地においても発生が確認されている（桐谷・湯川，2010）。本種は極めて食性が広く、イネの斑点米の原因となるほか、豆類や多くの野菜類を加害する。また、温帯性の近縁種で以前から本州に広く分布していたアオクサカメムシ *Nezara antennata* Scott よりも増殖能力が高く（湯川・桐谷，2008）、多くの都府県で問題害虫となっている（水谷，2013；遠藤，2017；白石ら，2017）。

ミナミアオカメムシは、千葉県では2009年に初めて県南部の勝浦市に設置された予察灯に誘殺され、翌2010年には南房総地域での生息が確認された。それ以降、同地域では予察灯への誘殺や複数種の植物への寄生が継続して確認されている。本種による農業被害の程度は現段階では低いものの、今後、水稻・野菜類での被害の増加が懸念される。被害対策構築のためには、県内における本種の発生生態を明らかにし、今後の分布拡大の動向について予測することが不可欠である。そこで千葉県では、2015～17年にかけての3か年、ミナミアオカメムシの県内での発生状況を調査し、現段階での分布地域を明らかにするとともに、冬季の気温条件が異なる場所における本種の越冬の可能性について試験し、今後の分布の拡大について考察した。その研究成果について紹介する。

### I 千葉県におけるミナミアオカメムシの発生

ミナミアオカメムシの最初の発生が確認されてからまだ数年しか経過していない千葉県では、本種の発生密度は概して低く、年間を通して寄主植物を確認するのが困難であった。しかし、夏から秋にかけて栽培されるオクラやダイズにおいては比較的高密度で発生するため観察が容易で、特に家庭菜園での主要品目であるオクラは、栽培規模の大小はあるものの広く全県的に栽培されており、本種の寄生の有無を調査するには好適な植物であった（図-1）。そこで県内全域において、3か年にわたり9～10月にかけてオクラを中心とする寄主植物にミナミアオカメムシ成幼虫が発生しているかどうかを見取り調査した。調査地点数は各年73～165地点とした。

その結果、ミナミアオカメムシが県南部のほぼ全域に分布していることが確認された（図-2）。2014年の調査では発生が確認できなかった県北部の地域でも、2015年には東京湾沿いを中心に発生が確認され、さらに2016年には北部内陸部の複数地点でも確認されるなど、徐々に分布域が拡大している傾向が認められた。

2010年の初観察以降、本種が継続して発生している南房総地域に設置された予察灯（南房総市三芳地区）へは、2016年までは年間少数の個体が誘殺されるだけであったが、2017年の調査においては誘殺数が約260頭に急増した（図-3左）。この要因は明らかになっていな



図-1 オクラに寄生するミナミアオカメムシ

Occurrence and Overwintering of the Southern Green Stink Bug, *Nezara viridula* in Chiba Prefecture, Japan. By Ken SHIMIZU

（キーワード：地球温暖化，ミナミアオカメムシ，アオクサカメムシ，分布，越冬）

\*現所属：同センター 病理昆虫研究室

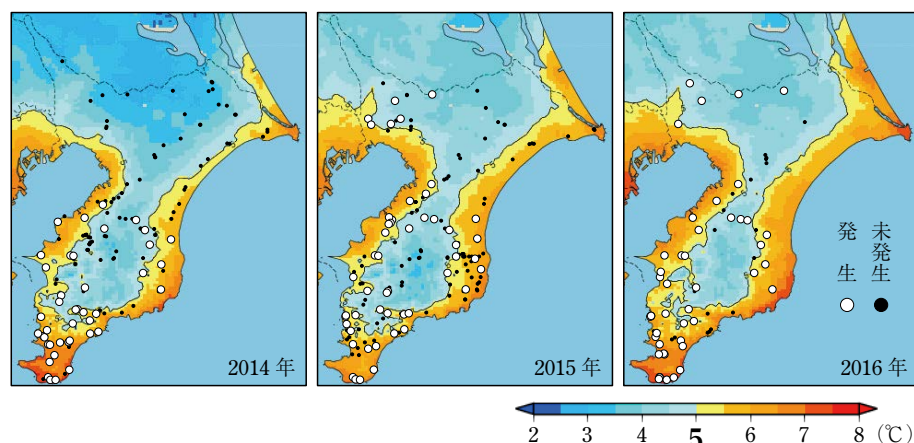


図-2 千葉県内のミナミアオカメムシ発生地点と1月の平均気温の分布図  
ミナミアオカメムシは2014年は県南部でのみ発生が確認されたが、その後、県北部でも発生が確認され、分布が拡大傾向にあることがうかがえる。平均気温の図は農研機構メッシュ農業気象データを利用して作製した。なお暖色系の着色部は5℃以上、寒色系は5℃未満を示す。

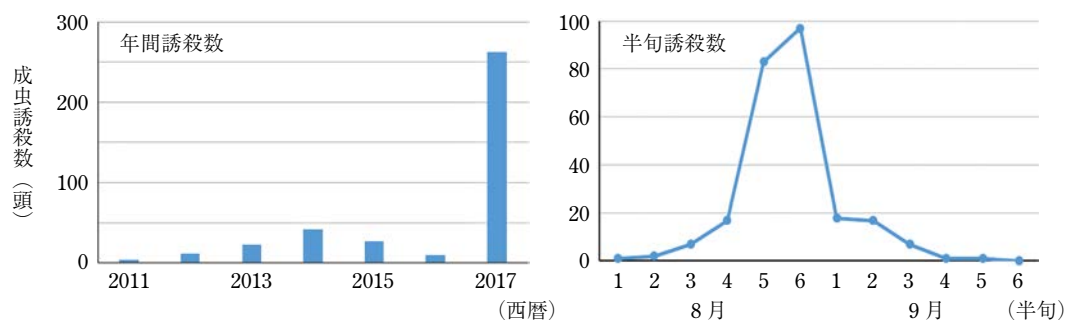


図-3 予察灯におけるミナミアオカメムシ成虫誘殺数の推移  
左：年間誘殺数，右：2017年半旬毎誘殺数（南房総市三芳地区）。

いが、南房総地域では確実に定着し、密度を増加させているものと考えられる。また、2017年における誘殺数の季節的推移は、8月上旬から徐々に増加し、8月下旬がピークとなり9月中旬には誘殺されなくなった（図-3右）。これは、水稻に寄生していた成虫が、千葉県では8月中旬から始まる稲刈りの影響を受けて、水田から一斉に移動分散し集中して誘殺されたためではなかろうか。9～10月にかけての調査時に本種がオクラにおいて高密度で発生していたのにも、こうした季節的背景が関与していると考えられる。

## II 近縁種アオクサカメムシとの種間競争

ミナミアオカメムシの近縁種であるアオクサカメムシは、種間交尾の際に被る一方的な不利益によって、ミナミアオカメムシが侵入した地域からは駆逐されてしまうことが知られている（桐谷・法橋，1970）。一方で、ミナミアオカメムシは温帯性のアオクサカメムシと比較して温帯の季節変化に不適応であり、越冬できずに死亡す

る個体が多い（MUSOLIN and NUMATA, 2003）。ある地域にミナミアオカメムシが侵入し分布を拡大させると、その周辺の寒冷地においてのみアオクサカメムシの分布が残るケースが多数報告されている（YUKAWA et al., 2009）。

ミナミアオカメムシが侵入してから間もない千葉県でも同様の傾向は観察されるのであろうか。それを確かめるため、前述の調査ではミナミアオカメムシの発生と並行してアオクサカメムシの発生も調査した。両種の成虫は腹部背面の体色を観察することで区別が可能である（桐谷・湯川，2010；図-4）。幼虫での区別は困難であるため、幼虫しか確認できなかった場合は、室内にて飼育し羽化した成虫で識別した。調査の結果、県南部を中心に発生していたミナミアオカメムシとは対照的に、アオクサカメムシは比較的涼やかな県北部を含めてほぼ県内全域に発生していることが確認された（図-5）。また、多くの地点で両種が混棲していることが確認された一方で、ミナミアオカメムシの発生が最初に確認された南房総地域の、特に房総半島の南端付近では、3か年の調査

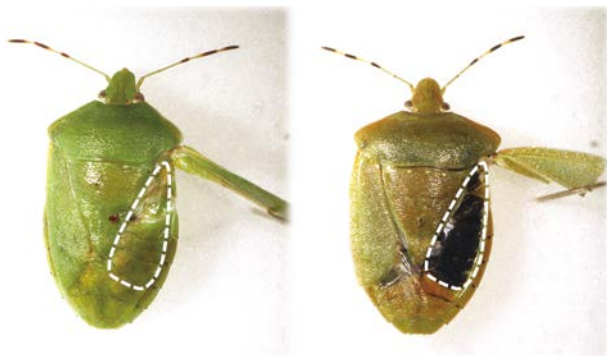


図-4 ミナミアオカメムシとアオクサカメムシの判別  
腹部背板の色で判別可能である。緑色（左）がミナミアオ  
カメムシ、黒色（右）がアオクサカメムシ。



図-6 千葉県館山市で採集されたアオクサカメムシ  
(2009年7月27日、撮影：大谷 徹)

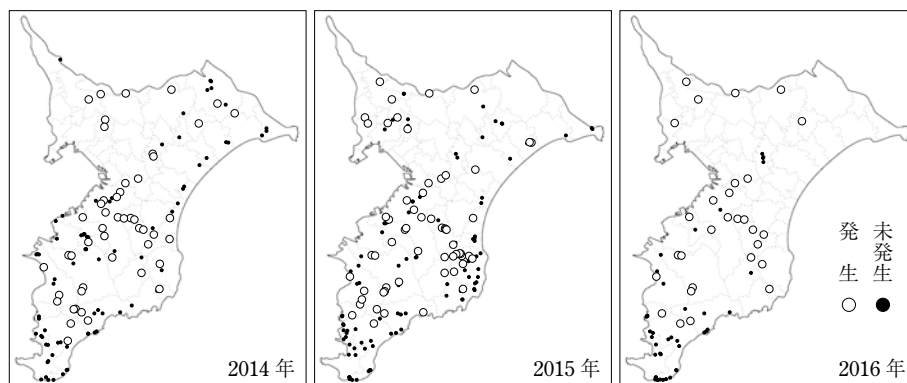


図-5 千葉県内におけるアオクサカメムシの発生地点  
アオクサカメムシはおおむね県内全域において発生が確認されたが、3か年の調査で  
房総半島南端周辺においては一度も確認されなかった。

を通じてアオクサカメムシの発生は全く確認されなかった。2009年当時は同地域においてもアオクサカメムシが発生していたことが記録されているため（図-6）、ミナミアオカメムシの侵入以降、種間競争の結果として駆逐されてしまった可能性がある。これはミナミアオカメムシが同地域において既に定着していることを示唆する証拠であるだけでなく、種間競争の結果が10年に満たない短い期間で現れるということを示す意味でも非常に興味深い。

### Ⅲ ミナミアオカメムシの越冬

これまでの研究から、ミナミアオカメムシは最寒月の平均気温が5℃を上回る地域においては成虫による越冬が可能であることが明らかにされている（桐谷・湯川，2010）。そこで、3か年の9～10月時点でのミナミアオカメムシの発生地点の結果と各年の最寒月（1月）の平均気温の分布とを重ね合わせてみたところ、発生地点のほとんどは平均気温5℃以上の地域と一致した（図-2）。

一部の発生地点はそれよりも低温の地域に位置しているが、これらはおそらく沿岸部に連続的に広がる越冬可能な地域で越冬した個体のその後の世代が移動分散して発生したものと考えられる。

実際に本種の越冬の可能性に低温が影響するかどうかを確かめるために、1月の平均気温が異なる県内2地点において簡単な実験を行った。すなわち、2016年12月から翌17年3月にかけて、館山市および千葉市緑区の2地点において鉢植え食用ナバナにミナミアオカメムシおよびアオクサカメムシ成虫を株当たり雌雄別に各7～10頭放飼し（ミナミアオカメムシ雌雄各1株、アオクサカメムシ雌雄各4株）、越冬後の生存率を調査した。なお、供試虫は2016年9～10月の調査で県内各地から採集し、野外気温条件で同年12月まで飼育していた個体である。アオクサカメムシでは大半の個体が12月の試験開始まで生存していた一方、ミナミアオカメムシでは大部分の個体が12月を待たずに死亡した。ミナミアオカメムシは特定の時期に産卵されないと羽化後に休眠

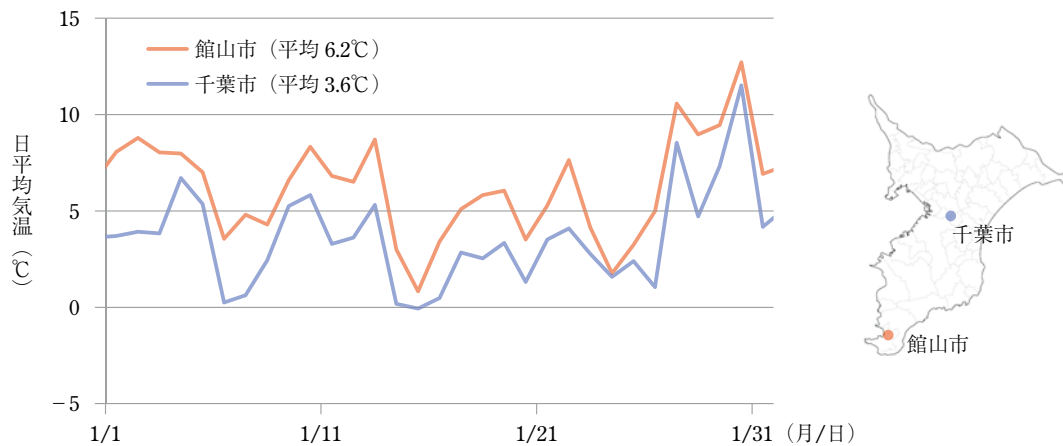


図-7 千葉市緑区と館山市の露地圃場における2017年1月の日平均気温の推移  
網掛けした鉢植食用ナバナの葉裏の気温を測定した。館山市では月平均が6.2℃であった一方で、千葉市では3.6℃となり、5℃を下回った。

表-1 千葉市緑区と館山市の露地圃場におけるミナミアオカメムシとアオクサカメムシ成虫の越冬後の生存率

| 種         | 性別 | 越冬後の生存率(%) (n) |      |      |      |
|-----------|----|----------------|------|------|------|
|           |    | 館山市            |      | 千葉市  |      |
| ミナミアオカメムシ | ♀  | 20             | (10) | 0    | (10) |
|           | ♂  | 71.4           | (7)  | 0    | (8)  |
| アオクサカメムシ  | ♀  | 30             | (40) | 32.5 | (40) |
|           | ♂  | 45             | (40) | 10   | (40) |

注1) ナバナ各株に10頭(ミナミアオカメムシ雄は7~8頭)放飼, 2017年3月15日時点の生存率。nは放飼虫の合計を示す。

2) ミナミアオカメムシ 試験場所の違いについて有意差あり(GLM,  $p = 0.0416$ )。

3) アオクサカメムシ 試験場所の違いについて有意差なし(GLMM, NS)。

2016年9~10月に採集した野外個体を野外条件下で飼育し、生存した個体を同年12月に鉢植ナバナに株当たり7~10頭を放飼してナイロンゴースで網掛けした。その鉢を2017年3月までの期間、館山市および千葉市の露地圃場において管理し、成虫の生存率を調査した。

が誘導されない(MUSOLIN and NUMATA, 2003)。ミナミアオカメムシでは採集個体に含まれる休眠誘導個体の割合がアオクサカメムシに比べて少なく、非休眠であった多くの個体が早期に死亡したものと考えられる。

網掛けした食用ナバナの鉢内部の気温を記録したところ、県内でも冬が温暖な地域として知られている館山市では1月の平均気温は6.2℃と5℃を上回り、県中央内陸部に位置する千葉市では3.6℃と5℃を下回った(図-7)。2017年3月、アオクサカメムシの越冬後の生存率に両地点での差はなく、休眠が適切に誘導される性質に加えて、寒さに強い性質も明らかとなった(表-1)。一方、ミナミアオカメムシは、館山市では雌雄ともに越冬後の

生存が認められたが、千葉市では越冬できなかった。南方系の本種は県内でも越冬可能な場所が限定されることが明らかとなった。

千葉県にはアブラナ科野菜の産地が多い。房総半島南端付近では、9~10月のオクラで発生していた地点の近傍において、その後栽培された複数のアブラナ科植物(ハクサイ、ナバナ、ダイコン)の株上で越冬しているミナミアオカメムシ成虫が確認された。これらが本種の重要な越冬場所となっている可能性が高い。一方で、ミナミアオカメムシは館山市では越冬が可能ではあるものの、同じく房総半島南端に近い南房総市の予察灯においては先述の通り8月までは誘殺が確認されない(図-3右)。このことから本種越冬成虫の発生密度は、越冬可能な地域においてもいまだに低いものと考えられる。千葉県内ではダイズやムギ類の栽培面積がそれぞれ900 ha (2017年全国第26位)、815 ha (同第27位)にとどまり、イネで増殖した後のミナミアオカメムシにとって、その後の増殖に好適な環境が少ないことが一因として挙げられるであろう。

#### IV 千葉県に見られる温暖化と ミナミアオカメムシの分布拡大の可能性

千葉県各地における1月の平均気温は観測開始以来上昇傾向が続いている(図-8)。沿岸部はミナミアオカメムシにとっては引き続き越冬に好適な場所となるであろう。注目すべきは、人口増加が進む都市部において、ヒートアイランド現象によるものと思われる上昇傾向が強いことである。以前はミナミアオカメムシの越冬限界である5℃未満であったものが現在では5℃を超えている地点も顕在化している。冬季の気温上昇によって、今後

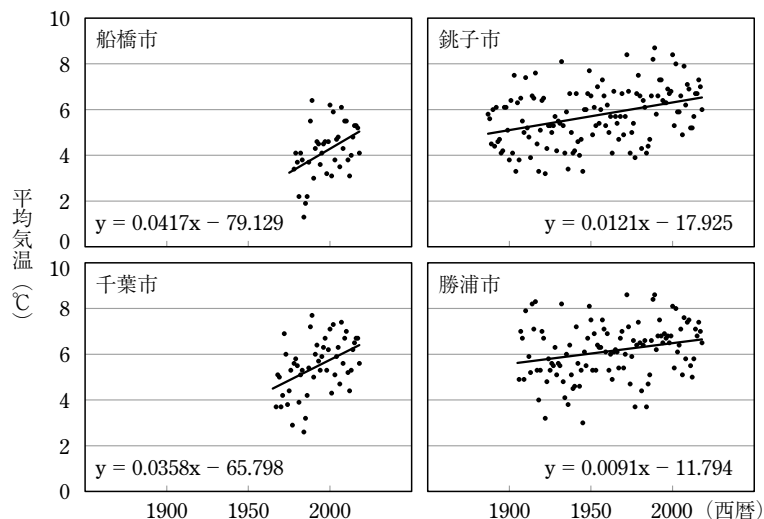


図-8 千葉県各市の1月の平均気温の推移（気象庁データ）  
いずれの回帰直線の傾きも有意にゼロより大きい。

のミナミアオカメムシの越冬可能地域のさらなる拡大が予想される。また、現在本種が越冬困難である地域においても、越冬可能地域から世代を経て個体が移動分散することによって、作物被害の発生が懸念される。被害発生を未然に防止するために警戒が必要である。

### おわりに

今後、ミナミアオカメムシによる被害の発生が多くの農作物で懸念される。しかし、イネ、ダイズ、エダマメ等多くの農作物には本種やカメムシ類に対して使用できる殺虫剤が登録されているため、発生度を把握し、適切な防除手段を講じることによって被害防止が図られる害虫であると考えられる。

今後、ミナミアオカメムシ以外にも、気候変動による

温暖化、多雨等により病害虫の発生動向に大きな変化が現れることは確実と思われる。これからも病害虫の発生動向には十分な注意を払っていただき、安定した農業生産が継続することを期待する。

### 引用文献

- 1) 遠藤信幸 (2017): 植物防疫 71: 235~237.
- 2) 桐谷圭治・湯川淳一 (2010): 地球温暖化と昆虫, 全国農村教育協会, 東京, 348 pp.
- 3) ———・法橋信彦 (1970): ミナミアオカメムシ個体群の生態学的研究, 指定試験(病害虫)第9号, 農林水産技術会議事務局, 東京, 260 pp.
- 4) 水谷伸夫 (2013): 植物防疫 67: 595~601.
- 5) MUSOLIN, D. L. and H. NUMATA (2003): Ecol. Entomol. 28: 694~703.
- 6) 白石和弥ら (2017): 関東病虫研報 64: 122~125.
- 7) 湯川淳一・桐谷圭治 (2008): 植物防疫 62: 14~17.
- 8) YUKAWA, J. et al. (2009): Appl. Entomol. Zool. 44: 429~437.


 研究  
報告

# ナシ園におけるケナガカブリダニから ミヤコカブリダニへの種の置換要因を探る

流通経済大学 経済学部 後 藤 哲 雄

## はじめに

ハダニ類は、様々な農作物に寄生し、大きな被害をもたらしているが、ハダニ類が生息している作物にはほぼ例外なく、捕食者であるカブリダニ類も発生している。その中の一種であるミヤコカブリダニ *Neoseiulus californicus* (McGregor) は、日本では1963年に東京都で初めて記録されたものの (EHARA, 1964)、その後の採集記録がなく、1980年代になって関東地方から45個体が採集されている (AMANO, 2001; AMANO et al., 2004)。これに対して、ケナガカブリダニ *N. womersleyi* (Schicha) は、全国的に分布しており、日本の慣行果樹園における優占種の地位を守り続けてきた (浜村, 1986; AMANO et al., 2004)。ところが、1990年代に入るとミヤコカブリダニの個体数が急増し、1990年代後半になると関東地方の慣行防除果樹園では、優占種がケナガカブリダニからミヤコカブリダニに置換していることが報告された (若林, 2000; AMANO, 2001; KISHIMOTO, 2002)。さらに、ミヤコカブリダニの分布域が、関東地方から西南日本へと拡大していき、2000年代には西南日本でも優占種がミヤコカブリダニに置換したことが報告された。一方、農薬登録のために、ミヤコカブリダニ製剤である Spical® が日本に初めて輸入されたのは1998年であり、温室に限って使用が開始されたのは2003年である。したがって、Spical® の利用が、関東地方における1990年代のミヤコカブリダニの急激な増加や種の置換には影響していないと考えられる。

一般的に種の置換要因として、大きく次の六つが考えられている (REITZ and TRUMBLE, 2002; 他の文献は GOTOH et al. (2014) と ULLAH et al. (2016) を参照)。つまり、①資源の先取や質の低下、②生殖干渉、③ギルド内捕食、④繁殖率や捕獲効率の違い、⑤種間競争、⑥薬剤感受性

の違いである。このうち、「資源の先取や質の低下」は、天敵では考えにくいと思われ、またカブリダニ2種の内的自然増加率がともに0.326/日であることから (GOTOH et al., 2014)、「繁殖率や捕食効率の違い」が種の置換の主要因とは考えにくい。そこで本稿では、その他の四つの要因について検討し、種の置換要因を考察したい。

## I 生殖干渉

ケナガカブリダニとミヤコカブリダニの未交尾の同種ペアを同居させると1時間以内に交尾を開始し、産卵開始後5日間では17~18卵を産下し、その性比 (雌率) は67~70%であった (表-1; GOTOH et al., 2014)。これに対して、異種のペアでは、5日間同居させても交尾行動も産卵も認められなかった。カブリダニでは、交尾しない限り産卵しないので (GOTOH and TSUCHIYA, 2008)、異種間では交尾していないことが明白である。しかしその後、同種の雄を導入すると直ぐに交尾して、同種のペアと同じ産卵数と性比を示した (表-1)。

さらに、未交尾の同種のペアに異種の未交尾雄成虫または雌成虫を同居させても、5日間産卵数と性比の値はいずれの種でも同種ペアの値との間に差がなかった (表-2)。この結果から、ケナガカブリダニとミヤコカブリダニの間に生殖干渉はないことがわかった。

## II ギルド内捕食

ギルド (guild) は、同じ資源を同じ摂食方法で利用している複数種の集まりであり、同一ギルドに属する種間に見られる捕食をギルド内捕食と呼んでいる。ギルド内捕食が種置換の要因であるかどうかを明らかにするため、カブリダニ2種の雌成虫と幼若虫に異種の卵を与えて、捕食量と発育率を検討した。その結果、ケナガカブリダニの雌成虫は、生涯でミヤコカブリダニ卵を4.4個食べたが産卵せず、成虫寿命もわずか3.9日であった。これに対し、ミヤコカブリダニの雌成虫はケナガカブリダニ卵を19.3個食べ、6.8日の成虫寿命の間に3.4個を産卵した (図-1)。さらにケナガカブリダニの幼若虫はミヤコカブリダニ卵をまったく捕食せず、成虫まで発育

Species Displacement of a Phytoseiid Predator, *Neoseiulus womersleyi*, by Another Phytoseiid Predator, *N. californicus*. By Tetsuo GOTOH

(キーワード: 種間競争, 非対称なギルド内捕食, ネオニコチノイド系殺虫剤)

表-1 ケナガカブリダニ (NW) とミヤコカブリダニ (NC) における種内・種間交尾および異種との同居後に同種と交尾した雌による5日間産卵数と雌率 (25℃)

| 雌  | 1 番目の雄 | 2 番目の雄 | n  | 交尾率 (%) |       | 5 日間産卵数 <sup>a)</sup> | 雌率 (%) <sup>a)</sup> |
|----|--------|--------|----|---------|-------|-----------------------|----------------------|
|    |        |        |    | 第 1 雄   | 第 2 雄 |                       |                      |
| NW | NW     | —      | 15 | 100     | —     | 18.1 ± 0.53 a         | 66.6 ± 1.11 bc       |
| NW | NC     | —      | 18 | 0       | —     | A                     |                      |
| NW | NC     | NW     | 15 | 0       | 100   | 18.7 ± 0.27 a         | 64.6 ± 0.97 c        |
| NC | NC     | —      | 17 | 100     | —     | 16.8 ± 0.30 b         | 69.5 ± 0.93 ab       |
| NC | NW     | —      | 16 | 0       | —     | A                     |                      |
| NC | NW     | NC     | 15 | 0       | 100   | 17.1 ± 0.31 b         | 71.7 ± 0.73 a        |

A : 5 日間異種雄と同居させても産卵が認められなかった. (GOTOH et al., 2014 を改変)

<sup>a)</sup> : Tukey HSD 検定 ( $p < 0.05$ ). 同一のアルファベット間に有意差はない.

表-2 ケナガカブリダニ (NW) とミヤコカブリダニ (NC) における異種個体との混在下での同種パートナーとの交尾による5日間産卵数と雌率 (25℃)

| 組合せ                  | n  | 5 日間産卵数 <sup>a)</sup> | 雌率 (%) <sup>a)</sup> |
|----------------------|----|-----------------------|----------------------|
| NW ♀ × (NW ♂ + NC ♂) | 13 | 16.5 ± 0.45 a         | 62.8 ± 1.18 ab       |
| (NW ♀ + NC ♀) × NW ♂ | 15 | 16.6 ± 0.75 a         | 58.6 ± 1.56 a        |
| NC ♀ × (NW ♂ + NC ♂) | 15 | 16.3 ± 0.61 a         | 67.8 ± 0.89 bc       |
| (NC ♀ + NW ♀) × NC ♂ | 12 | 15.0 ± 0.63 a         | 70.2 ± 1.98 c        |

<sup>a)</sup> : Tukey HSD 検定 ( $p < 0.05$ ). 同一のアルファベット間に有意差はない. (GOTOH et al., 2014 を改変)

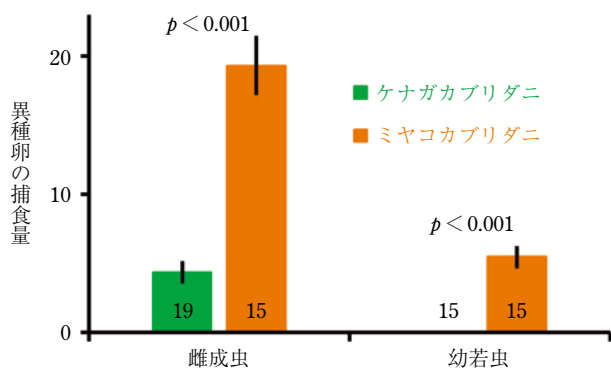


図-1 ケナガカブリダニとミヤコカブリダニの雌成虫と幼若虫による異種卵の捕食量 (GOTOH et al. (2014) から作図) ヒストグラム内の数字は供試個体数. 縦棒は標準誤差, 検定は Mann-Whitney U 検定.

することができなかった一方, ミヤコカブリダニの幼若虫はケナガカブリダニ卵を 5.5 個食べ, 66.7% が成虫まで発育した (GOTOH et al., 2014). したがって, ミヤコカブリダニはケナガカブリダニに対して, 非対称なギルド内捕食によって圧倒的に有利であることがわかった.

### III 種 間 競 争

ギルド内捕食の結果から, 種間競争の存在が示唆されたことから, ケナガカブリダニとミヤコカブリダニを 1 : 1 の比で同居させた場合, いずれかの種が排除され

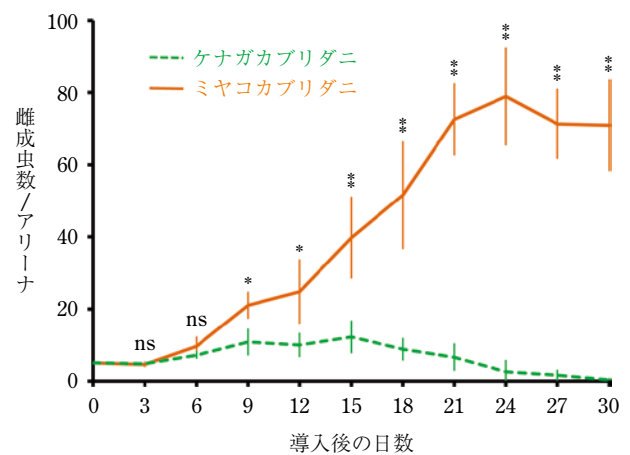


図-2 ケナガカブリダニ 5 個体とミヤコカブリダニ 5 個体を同一アリーナに導入した後の雌成虫数の変動 (GOTOH et al. (2014) を改変)

縦棒は標準誤差, ns :  $p > 0.05$ ; \* :  $p < 0.05$ ; \*\* :  $p < 0.01$ ; \*\*\* :  $p < 0.001$  (Mann-Whitney U 検定).

るかどうかを検討した。両種の 3~5 日齢の交尾済み雌成虫 5 個体ずつを 4 cm × 4 cm のインゲンマメの葉片 (以下アリーナとする) に導入して, 両種の雌成虫数を 3 日ごとに 30 日間観察した。両種の雌成虫は, 胴背毛の長さによって容易に識別できた。ケナガカブリダニ雌成虫の個体数は, 実験期間中を通して低密度であり, 30 日後には 0.4 個体/アリーナ (つまり, 5 反復で 0 または 1 個体/アリーナ) になった (図-2)。一方, ミヤコカブリダニの個体数は増加傾向を示し, 24 日目には 76 個体/アリーナ, そして 30 日目には 72 個体/アリーナになり, ケナガカブリダニを完全に駆逐した (GOTOH et al., 2014)。このように, 室内試験における 1 : 1 の放飼比率では, ミヤコカブリダニがケナガカブリダニを置換できることがわかった。

しかし, 現実的には, ケナガカブリダニが優占している圃場に, それと同数のミヤコカブリダニが一気に侵入

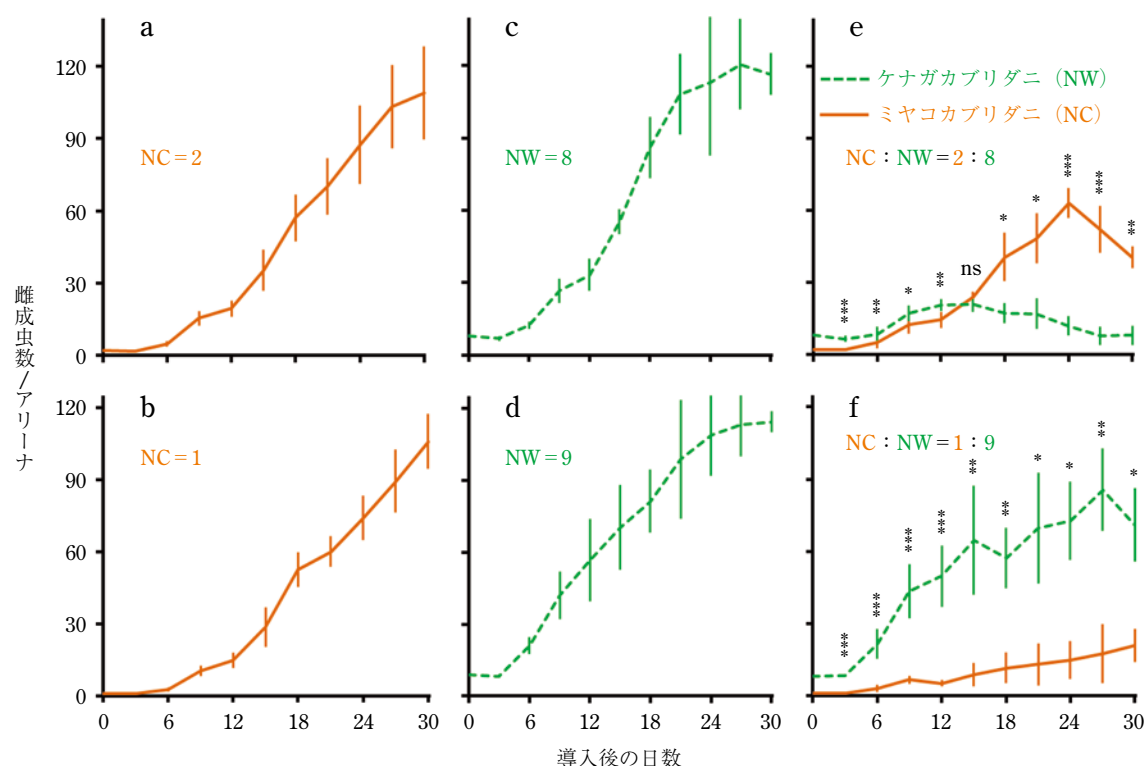


図-3 ケナガカブリダニとミヤコカブリダニを様々な初期密度で放飼した後の雌成虫数の変動 (ULLAH et al. (2016) を改変)  
 a: ミヤコカブリダニ 2 個体, b: ミヤコカブリダニ 1 個体, c: ケナガカブリダニ 8 個体, d: ケナガカブリダニ 9 個体,  
 e: ミヤコカブリダニ 2 個体: ケナガカブリダニ 8 個体, f: ミヤコカブリダニ 1 個体: ケナガカブリダニ 9 個体。  
 縦棒は標準誤差, ns:  $p > 0.05$ ; \*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$ ; \*\*\*:  $p < 0.001$  (Mann-Whitney U 検定)。

することは考えにくい。そこで次に、ミヤコカブリダニ: ケナガカブリダニの比を 2:8 と 1:9 として、その後の雌成虫の個体数変動を検討した。ミヤコカブリダニの雌成虫 2 個体または 1 個体、およびケナガカブリダニの雌成虫 8 個体または 9 個体をそれぞれ単独の種のみで飼育したところ、30 日後には初期密度にかかわらず約 100 個体に達した (図-3a~d)。これを対照として、それぞれの比で 2 種を同じアリーナに導入したところ、2:8 の比では、ミヤコカブリダニが 15 日目にケナガカブリダニの個体数を逆転し、24 日目には 63 個体/アリーナ、そして 30 日目には 40 個体/アリーナになった (図-3e)。一方、ケナガカブリダニの雌成虫は、15 日目をピーク (21 個体/アリーナ) として、30 日目には 8 個体/アリーナまで減少した (ULLAH et al., 2016)。このように、2:8 の比率では、ミヤコカブリダニがケナガカブリダニを駆逐できることがわかった。

1:9 の比率では、実験期間を通じて、ミヤコカブリダニがケナガカブリダニの個体数を上回ることがなく、30 日目にはそれぞれ 21 個体/アリーナと 71 個体/アリーナであった (図-3f; ULLAH et al., 2016)。したがって、1:9 の比率では、ミヤコカブリダニはケナガカブリダニ

ニとの種間競争に勝てないことがわかった。

#### IV 薬剤感受性

果樹園における種の置換要因の一つとして、殺ダニ剤の影響を検討した AMANO et al. (2004) は、ミルベメクチンとピリダベンが影響していたのではないかと考察している。しかし、彼らの研究は雌成虫の感受性のみを検討していたことから、さらなる調査が必要であると述べている。そこで本研究では、1985~2000 年に発行された茨城県の防除暦に記載されているナシ園で使用できる殺ダニ剤、殺虫剤、殺菌剤を抽出して、これらをさらに 1985~90 年に使用されていたものと、1995~2000 年に使用されていたものに分けて、殺虫・ダニ剤 17 剤と殺菌剤 5 剤に対するケナガカブリダニとミヤコカブリダニの感受性を検討した。実験前に、1985~90 年期中に使用されていた薬剤ではミヤコカブリダニの死亡率が高く、1995~2000 年期中の薬剤ではケナガカブリダニの死亡率が高い、という仮説を立てた。

1985~90 年期中では、殺虫剤 4 剤と殺菌剤 3 剤を検討した結果、両種間に有意差がなかった 3 剤を除いて、いずれの薬剤についてもミヤコカブリダニの死亡率がケナ

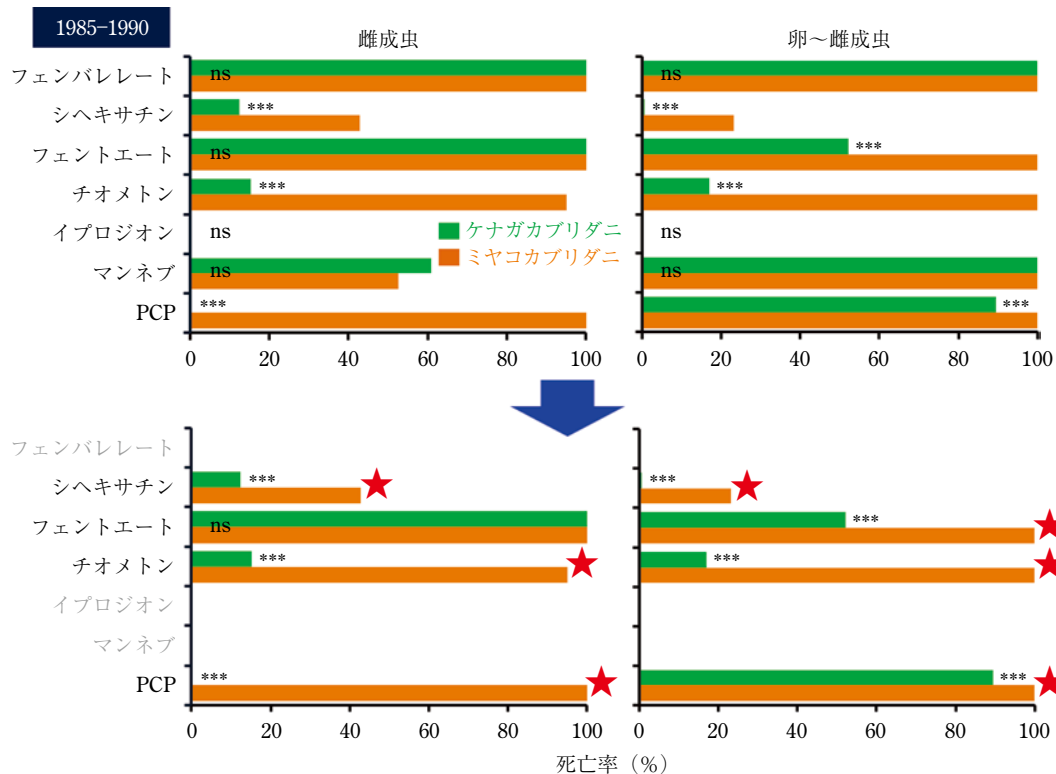


図-4 ケナガカブリダニとミヤコカブリダニにおける 1985～90 年間に散布されていた薬剤に対する死亡率 (%) (ULLAH et al. (2016) から作図)

ns :  $p > 0.05$ ; \*\*\* :  $p < 0.001$  ( $\chi^2$  検定または Fisher の正確確率検定).

星印は仮説に合致していた薬剤.

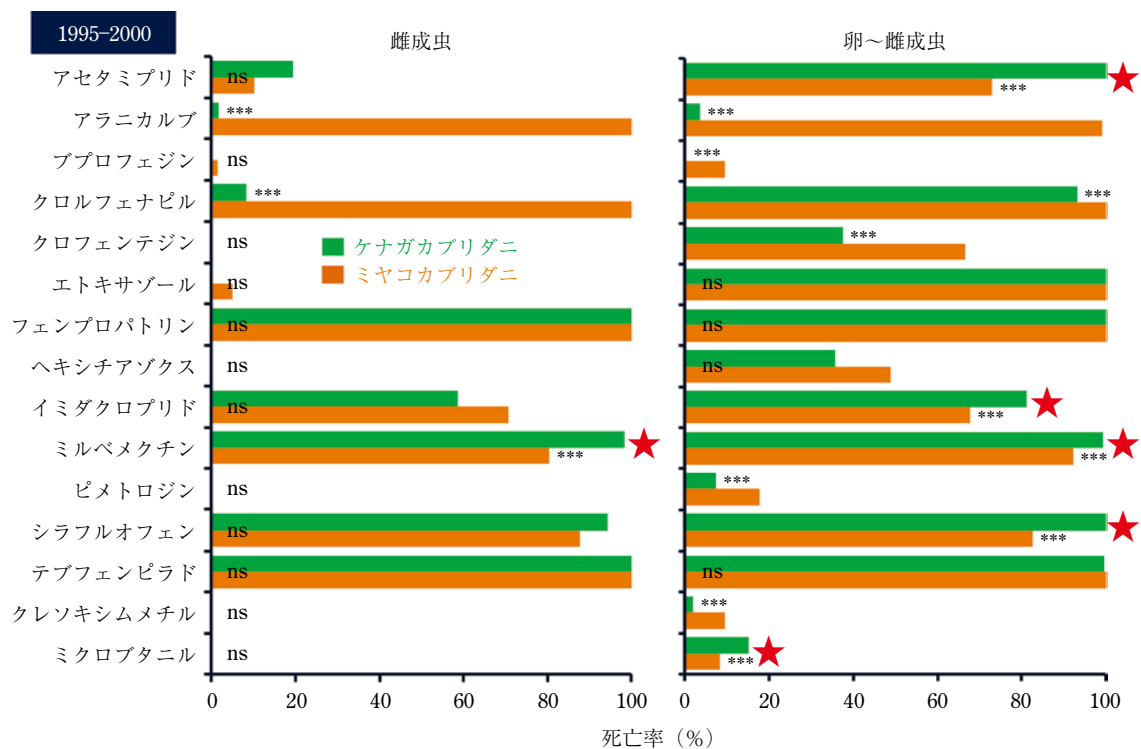


図-5 ケナガカブリダニとミヤコカブリダニにおける 1995～2000 年間に散布されていた薬剤に対する死亡率 (%) (ULLAH et al. (2016) から作図)

ns :  $p > 0.05$ ; \*\*\* :  $p < 0.001$  ( $\chi^2$  検定または Fisher の正確確率検定).

星印は仮説に合致していた薬剤.

ガカブリダニより高かった（図-4；ULLAH et al., 2016）。このことから、ミヤコカブリダニがナシ園に侵入できなかった要因の一つとして、散布薬剤による負の影響が考えられた。

1995～2000 年期中では、殺虫剤 13 剤と殺菌剤 2 剤を検討した（図-5）。まず、雌成虫と卵～成虫の死亡率の両方に有意差がなかった薬剤（エトキサゾール、フェンプロパトリン、ヘキシチアゾクス、テブフェンピラド）を除いたところ、5 剤は実験前の仮説に合致したが、6 剤は合致しなかった。しかし、これら 11 剤の中には、年間の散布回数が 1～2 回のもの（アラニカルブ、ブプロフェジン、クロフェンテジン）、ナシへの登録年が 1995 年以降であるもの（クロルフェナビル、ピメトロジン、シラフルオフェン、クレソキシムメチル）、ミヤコカブリダニに対する影響が大きいもの（ミルベメクチン）、そして両種の死亡率が非常に低いもの（ミクロブタニル）があったので、これらを除いたところ、ネオニコチノイド系のアセタミプリドとイミダクロプリドが、種の置換に影響した薬剤ではないかと考えられた。アセタミプリドを散布すると、卵の死亡率はケナガカブリダニで

50.5%，ミヤコカブリダニで 0.8%であり、イミダクロプリドを散布すると、それぞれ 37.8%と 38.6%であった（ULLAH et al., 2016）。この両剤では、雌成虫の感受性には 2 種のカブリダニ間に差がなかったものの、卵～成虫の死亡率に大きな差が見られ、特にアセタミプリドではケナガカブリダニ卵の死亡率が非常に高いという特徴が見られた。このように、ネオニコチノイド系の 2 剤が種の置換に影響した可能性が示唆された。

## V 種の置換に及ぼす薬剤散布の影響

既に定着して優占している種を新たに侵入してきた種が競争的に置換する場合、両種の初期比率が 1：9（侵入種：優占種）よりも低いことは十分にありうるので、1：9 の比率でミヤコカブリダニがケナガカブリダニを駆逐できなかったこと、両種における薬剤への感受性の差が卵～成虫でも 30% 程度であったことから、これら二つの要因が単独で作用することによって種が置換したと考えることにはかなりの無理があろう。そこで、種間競争と薬剤感受性との複合作用によって種の置換が促進されたのではないか、という仮説を立てた。この仮説を

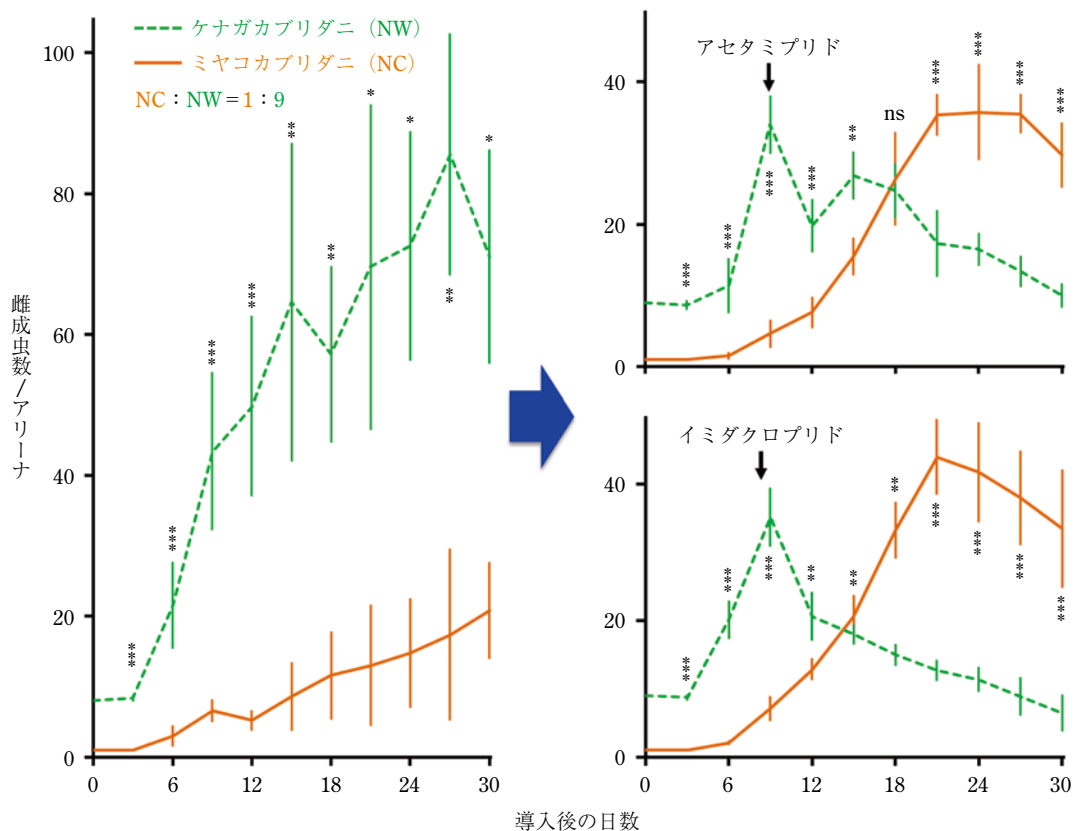


図-6 ケナガカブリダニ 9 個体とミヤコカブリダニ 1 個体を同一アリーナに導入した後、9 日目にアセタミプリドまたはイミダクロプリドを散布したときの雌成虫数の変動（ULLAH et al. (2016) を改変）

縦棒は標準誤差. ns :  $p > 0.05$  ; \*\* :  $p < 0.01$  ; \*\*\* :  $p < 0.001$  (Mann-Whitney U 検定).

検証するために、ミヤコカブリダニがケナガカブリダニを置換できなかった、両種の放飼比率が1:9の条件下で、導入後9日目に薬剤を散布し、その後の雌成虫数などのように推移するかを検討した。その結果、薬剤散布前にはケナガカブリダニの個体数がミヤコカブリダニの個体数を有意に上回っていたが、散布直後からケナガカブリダニの個体数が減少し、30日目にはアセタミプリドでそれぞれ10個体と29.8個体/アリーナ、イミダクロプリドでそれぞれ6.5個体と33.5個体/アリーナとなり、個体数が逆転した（図-6；ULLAH et al., 2016）。このことから、種間競争によって種の置換が起こらないような放飼比率であっても、優勢な種に対してより影響が大きい薬剤を散布することによって、種の置換が起こることを示した。

### おわりに

以上のように、室内試験ではあるが、ミヤコカブリダニとケナガカブリダニの放飼比率を1:9にすると、種の置換は起きないが、ネオニコチノイド系の2剤を散布すると置換が起こることを明確に示し、ナシ園における優占種の置換には種間競争と薬剤感受性の違いという二つの要因が複合して関与していた可能性を示した。も

し、この室内試験で得られた現象が実際の圃場で起こっていたのであれば、今後、散布する薬剤の種類が変遷したときに、再びケナガカブリダニが優占種に復帰する可能性があるだろう。事実、ハダニ類では散布薬剤の変遷によって、果樹園のハダニ種構成が変化することはよく知られている（中垣，1980；KISHIMOTO, 2002）。この観点から果樹園の天敵種構成の変遷をきちんとモニターするために、現場の研究者には是非とも標本の保存をお願いしたい。

### 引用文献

- 1) AMANO, H. (2001): Structure and Function in Agroecosystem Design and Management, CRC Press, New York, p.167~182.
- 2) ——— et al. (2004): J. Acarol. Soc. Jpn. 13: 65~70.
- 3) EHARA, S. (1964): J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. 6, Zool. 15: 378~394.
- 4) GOTOH, T. and A. TSUCHIYA (2008): Exp. Appl. Acarol. 44: 185~197.
- 5) ——— et al. (2014): ibid. 63: 205~215.
- 6) 浜村徹三 (1986): 茶試研報 21: 121~201.
- 7) KISHIMOTO, H. (2002): Appl. Entomol. Zool. 37: 603~615.
- 8) 中垣至郎 (1980): 茨城県果樹試報 8: 37~51.
- 9) REITZ, S. R. and J. T. TRUMBLE (2002): Annu. Rev. Entomol. 47: 435~465.
- 10) ULLAH, M. S. et al. (2016): Exp. Appl. Acarol. 69: 453~464.
- 11) 若林秀忠 (2000): 今月の農業 44(5): 113~119.

### (新しく登録された農薬 13 ページからの続き)

**稲 (箱育苗)**: いもち病, ウンカ類, コブノメイガ: は種時覆土前~移植当日

紋枯病, イネドロオイムシ, イネミズゾウムシ, ニカメイチュウ: 移植当日

●クロラントラニプロール・トリフルメゾピリム・イソチアニル粒剤

24129: 防人箱粒剤 (協友アグリ) 18/9/26

クロラントラニプロール: 0.75%

トリフルメゾピリム: 0.75%

イソチアニル: 2.0%

**稲 (箱育苗)**: いもち病, もみ枯細菌病, 白葉枯病, イネドロオイムシ, イネミズゾウムシ, ウンカ類, ニカメイチュウ, コブノメイガ: は種時 (覆土前) ~移植当日

内穎褐変病, イネツトムシ, フタオビコヤガ: 移植3日前~移植当日

●クロラントラニプロール・トリフルメゾピリム・イソチアニル・フラメトピル粒剤

24130: 箱維新粒剤 (協友アグリ) 18/9/26

24131: 箱将軍粒剤 (住友化学) 18/9/26

クロラントラニプロール: 0.75%

トリフルメゾピリム: 0.75%

イソチアニル: 2.0%

フラメトピル: 4.0%

**稲 (箱育苗)**: いもち病, 紋枯病, もみ枯細菌病, 内穎褐変病, イネミズゾウムシ, ウンカ類, ツマグロヨコバイ, コブノメイガ, フタオビコヤガ: 移植3日前~移植当日

●シアントラニプロール・トリフルメゾピリム・イソチアニル・ペンフルフェン粒剤

24132: フルスロットル箱粒剤 (クミアイ化学工業)

18/9/26

シアントラニプロール: 0.75%

トリフルメゾピリム: 0.75%

イソチアニル: 2.0%

ペンフルフェン: 2.0%

**稲 (箱育苗)**: いもち病, 紋枯病, 白葉枯病, もみ枯細菌病, イネドロオイムシ, イネミズゾウムシ, ウンカ類, コブノメイガ, ニカメイチュウ: は種時 (覆土前) ~移植当日

内穎褐変病: 移植当日

●クロラントラニプロール・トリフルメゾピリム・トリシクラゾール粒剤

24134: アンコール箱粒剤 (クミアイ化学工業) 18/9/26

クロラントラニプロール: 0.75%

トリフルメゾピリム: 0.75%

トリシクラゾール: 4.0%

(34 ページに続く)


 研究  
報告

# 日本の南西諸島で誘殺されたミカンコミバエ 種群の推定飛来源

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
農業技術革新工学研究センター高度作業支援システム研究領域

おお  
大

つか  
塚

あきら  
彰

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
九州沖縄農業研究センター生産環境研究領域

まつ  
松

むら  
村

まさ  
正

や  
哉

## はじめに

ミカンコミバエ *Bactrocera dorsalis* は体長 7~8 mm のハエ目ミバエ科の昆虫で、台湾、中国や、ベトナム、フィリピン等東南アジア、米国ハワイ諸島等に分布する (DREW and HANCOCK, 1994 ; STEPHENS et al., 2007)。この昆虫はグアバ、マンゴー、パパイヤ、バナナ等熱帯性果実やミカン等の柑橘類、トウガラシ、ピーマン、ナス、トマト等の果菜類を加害する重要害虫である (CLARKE et al., 2005 ; 沖縄県病害虫防除センター, 2012)。ミカンコミバエは、形態がよく似た複数の近縁種を含めてミカンコミバエ種群と呼ばれている (DREW and HANCOCK, 1994 ; DREW and ROMIG, 2013)。沖縄県、鹿児島県の侵入警戒調査ではミカンコミバエ種群が誘殺されているが、それらの多くはその形態や遺伝子から *B. dorsalis* であると考えられている。沖縄県の先島諸島では過去に *B. philippinensis* と遺伝子が一致する個体も誘殺されているが (MURAJI et al., 2008), 現在 *B. philippinensis* は *B. papayae*, *B. invadens* とともに *B. dorsalis* の異名 (synonymous) であるとされている (SCHUTZE et al., 2014)。したがって本解説では、ミカンコミバエ種群という呼称を用いることなく単にミカンコミバエと表記する。

ミカンコミバエは、オス成虫に対する強力な誘引剤メチルオイゲノール (methyl eugenol) を利用した雄除去法 (鹿児島県、沖縄県) や不妊虫放飼法 (小笠原諸島) を用いて、1980 年に鹿児島県から、1985 年に小笠原諸島から、1986 年に沖縄県から根絶され、我が国での根絶が達成された (吉岡, 1979 ; 潮ら, 1982 ; KOYAMA et al., 1984 ; 吉澤, 1993)。それ以来、日本でミカンコミバエの根絶状態は現場の弛まぬ努力によって今日まで維持されてきているが、沖縄県と鹿児島県の薩南諸島では時折

地域と期間を限ってミカンコミバエの誘殺が確認されている。その要因については、一般に周年発生地から海を越えてくる飛来もしくは人による寄生果実の誤った持ち込みのいずれかが考えられるが、最近になって流跡線解析を用いた飛来の可能性が検討されている (OTUKA et al., 2016 ; 大塚ら, 2018)。本解説では、その結果を解説するとともに、飛来リスクについて考察する。

なお本総説の取りまとめは、農研機構生物系特定産業技術研究支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業 (うち地域戦略プロジェクト)」の支援を受けた研究課題「奄美群島に再侵入したミカンコミバエ種群の根絶及び再侵入・定着防止対策のための技術開発と実証」の中で行われた。

## I 沖縄県での誘殺状況と飛来源

沖縄県ではミカンコミバエの侵入警戒のために、県全体に一定の密度になるように約 550 個のトラップが設置され、大部分のトラップは 2 週間おきに誘殺の有無が確認されている。トラップはスタイナー型と呼ばれ、その内部に誘引剤と殺虫剤が添加された綿のルアーがあり、オス成虫が誘殺される (STEINER, 1957)。同県での根絶後のミカンコミバエ誘殺数の推移によると、年次変動を示しながらも毎年誘殺が続いている (図-1) (OHNO et al., 2009 ; OTUKA et al., 2016)。地域的には、県南部の先島諸島の島々で誘殺が多く、北部の沖縄本島周辺の島で少ない。なお、誘殺があった場合は、誘殺地点の周りでトラップ調査の頻度が引き上げられ、臨時の寄生果実調査が行われる (OHNO et al., 2009)。寄生果が発見された場合は、テックス板 (木繊維を固めた小さな板片に誘引剤と殺虫剤を染み込ませたもの) が散布され防除が行われる (OHNO et al., 2009)。これにより日本での根絶は維持されている。

こうした誘殺事例に対して、飛来を要因とする誘殺がどの程度あり、その飛来源はどこかを推定するために、根絶後から 2012 年までの誘殺に対して後退流跡線解析

Estimated Immigration Source for the Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis*, Complex Captured on Southwestern Islands in Japan.  
By Akira OTUKA and Masaya MATSUMURA

(キーワード: ミカンコミバエ, 飛来源, 流跡線解析)

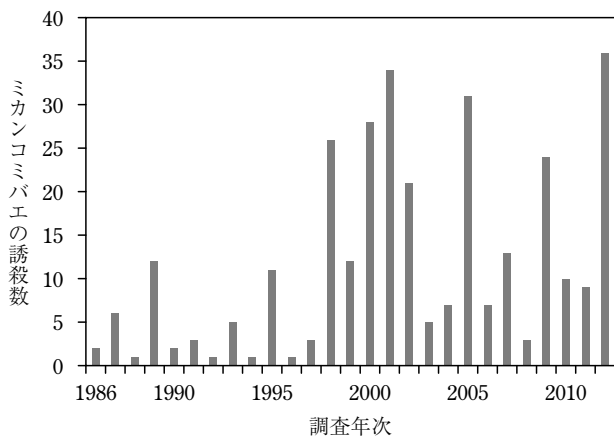


図-1 沖縄県のモニタリングトラップによるミカンコミバエのオス成虫の誘殺数推移 (OTUKA et al. (2016) を改変)

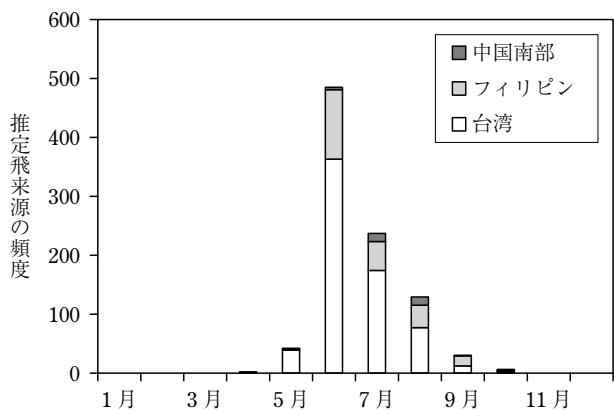


図-3 推定された飛来源の月別頻度分布 (OTUKA et al., 2016 を改変)

が行われた (OTUKA et al., 2016)。解析では誘殺があったトラップ地点を起点とした後退流跡線が計算され (例えば図-2)、前回のトラップサンプル回収日翌日から誘殺されたサンプルの回収日までの14日間に周年発生地である台湾、フィリピン、中国南部からの気流が誘殺地点に流れ込んでいたかどうか調べられた。その結果、誘殺全体のうち約66%、すなわち3分の2が想定された飛来源に到達し、ミカンコミバエが飛来によって海を越えて誘殺地点に到着したことが示唆されている (OTUKA et al., 2016)。飛来と推定された事例の飛来源は、台湾 (頻度72%) (図-2a)、フィリピン (24%)、中国南部 (4%) であった (OTUKA et al., 2016)。11~3月にかけては飛来と推定された気流の流れ込みはなく、4~5月は少なく、6月に最も多かった。その後、7~10月にかけて単調に減少した (図-3)。誘殺全体のうち、残り3分の1は飛来に好適な気流が見つからないため、人による持ち込みの可能性、もしくは解析手法の限界等が考えられるが、詳細は不明である。

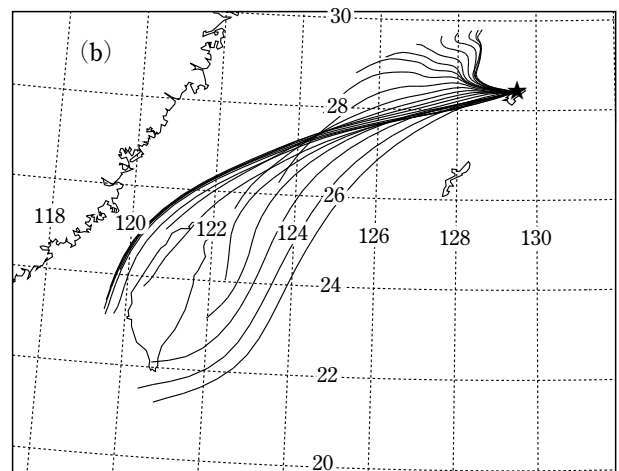
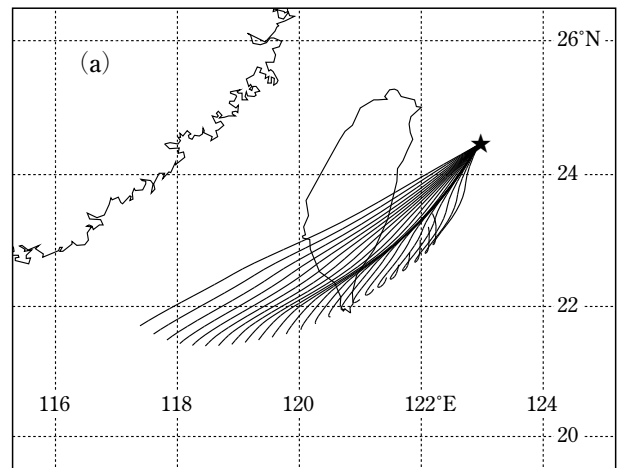


図-2 後退流跡線の例

(a) 沖縄県与那国島を起点とする2006年5月1日分の後退流跡線。

(b) 鹿児島県奄美大島を起点とする2015年6月29日分の後退流跡線。

(OTUKA et al., 2016 ; 大塚ら, 2018 を改変)

以上の結果から考察すると、台湾は沖縄県に近く、誘殺が多い先島諸島から見て南西方向に位置しており、梅雨時期の6月を中心に梅雨前線による南西風が吹くと、台湾で発生している個体の一部がその風を利用して飛来しているようであるが、この虫が自発的に、または偶発的に分散しているのかについては不明である。与那国島へは台湾の中でも南東部の台東市周辺の地域からの流れ込みが多かった (図-2a) (OTUKA et al., 2016)。与那国島と台東市の距離は約260 kmである。台湾でのモニタリングトラップによると南部ほど誘殺数が多いため (松村ら, 2018)、発生状況から見ても台湾の南東部を沖縄県で誘殺されるミカンコミバエの主な飛来源と考えてよさそうである。なお、台湾は島であり、かつ中央部に標高3,000 mクラスの高い山脈が存在するため、果樹園など農業用地は島の周囲部の低地に存在する。したがって台

湾西部の個体が中央部の山脈を越えて先島諸島へ飛来する可能性は相対的に小さいと思われる。

飛来源と推定されることが2番目に多かったフィリピンは、沖縄県の南方向に位置し、沖縄県からフィリピン北部のルソン島までの最短距離は約 640 km と、台湾と比較して遠いが、台風や太平洋高気圧の縁に吹く南よりの風によって飛来することがあると考えられる。

## II 鹿児島県での誘殺状況と飛来源

奄美大島とその南に近接している加計呂麻島、与路島、請島の全体を単に奄美大島と呼ぶ。奄美大島では 2015 年 6 月 30 日にその年最初の誘殺サンプルが回収、確認され、その後 9 月中旬まで少数が誘殺されていたが、同下旬から誘殺数が急増し、10 月下旬に 250 頭以上のオス成虫が誘殺されて最大となった(図-4)(大塚ら, 2018)。この間、9 月中旬以降奄美大島の南部を中心に寄生果実が多数確認された(図-4)。その後 10 月には誘殺数は減少に転じ、12 月下旬の 1 頭を最後に、それ以降は誘殺されなかった。12 月 13 日から 2016 年 7 月 14 日まで実施された植物防疫法に基づく緊急防除については文献を参照されたい(加藤, 2016; 鹿児島県農政部, 2017; 大塚ら, 2018)。

沖縄県での解析と同様に、奄美大島で最初の誘殺サンプルが回収された日を対象に誘殺地点から後退流跡線を計算した結果、6 月 29 日分の流跡線の一部が台湾の北西部や南東部に到達した(図-2b)。また奄美大島から南東に約 320 km 離れた沖縄県の久米島でも 7 月 3 日に

誘殺サンプルが回収されていたので、同様の解析を行った結果、奄美大島と同時期に台湾東部からの気流が流れ込んでいた。確認のために台湾北西部や西部を起点とした順方向の流跡線も計算したところ、気流が 6 月 25 日から 29 日まで連日奄美大島に流れ込んでいた。こうしたことから、台湾の西部からの気流が奄美大島に流れ込み、それを利用してミカンコミバエが奄美大島に飛来したのではないかと推定された。台湾の北西部や西部は南西部と比較して発生量が少ないものの、ミカンコミバエが発生しているため(松村ら, 2018)、飛来源になりうると考えられる。

2015 年以降、鹿児島県では 2017 年と 2018 年に複数地点で誘殺が確認された(表-1)(鹿児島県農政部, 2017; 植物防疫所, 2018)。これらについて上記と同様の後退流跡線解析を行った結果、いずれも台湾西部が飛来源と推定された(表-1)。なお、ここ数年、鹿児島県においてミカンコミバエの誘殺事例が増加している原因については不明である。

前節と本節の結果から、沖縄県の先島諸島では台湾南東部が、北部の奄美大島では台湾北西部が飛来源と推定されている。これは、ミカンコミバエが飛来するときの主要な風が南西風であるため、誘殺地点から見た南西方向にある地域が主な飛来源となっているためと考えられる(図-5)。この考え方を延長すると、九州本土地域への飛来があると仮定するならば、その飛来源は中国南部の福建省周辺となる可能性が考えられる(図-5 の点線の矢印)。実際福建省は九州本土地域に飛来するイネウ

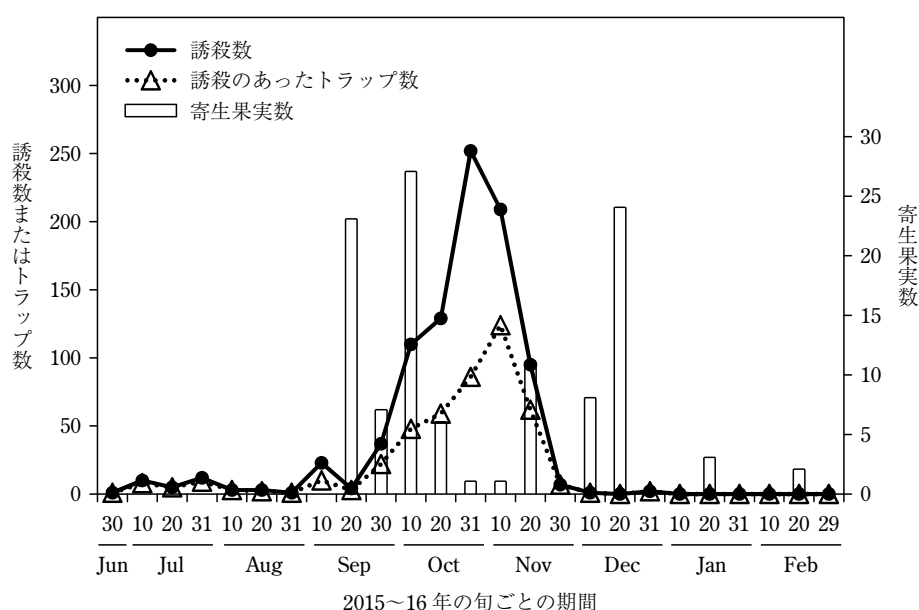


図-4 2015 年の鹿児島県奄美大島でのミカンコミバエの誘殺数と寄生果数の推移 (大塚ら, 2018 を改変)

表-1 2017 年, 2018 年の鹿児島県における誘殺と流跡線解析結果

| 回収日       | 島名    | 誘殺数 | 後退流跡線が台湾に到達した<br>解析対象日, 起点高度 | 到達地域  |
|-----------|-------|-----|------------------------------|-------|
| 2017/6/21 | 沖永良部島 | 1   | 6/12, 6/13                   | 台湾北西部 |
| 2017/6/22 | 沖永良部島 | 1   | 500 m                        |       |
| 2017/6/27 | 沖永良部島 | 1   |                              |       |
| 2017/7/5  | 沖永良部島 | 2   |                              |       |
| 2017/7/5  | 徳之島   | 1   | 6/26, 6/27, 1,000 m          | 台湾北西部 |
| 2017/7/7  | 屋久島   | 4   | 6/24                         | 台湾北西部 |
| 2017/7/10 | 屋久島   | 3   | 1,000 m                      |       |
| 2017/8/1  | 屋久島   | 1   |                              |       |
| 2017/8/22 | 屋久島   | 1   | 8/9, 8/10, 8/11              | 台湾北西部 |
| 2017/8/24 | 屋久島   | 2   | 500 m                        |       |
| 2017/8/28 | 屋久島   | 1   |                              |       |
| 2018/6/5  | 沖永良部島 | 1   | 5/27, 500 m                  | 台湾北西部 |
| 2018/6/5  | 徳之島   | 2   | 5/27                         | 台湾北西部 |
| 2018/6/14 | 徳之島   | 1   | 500 m                        |       |
| 2018/6/7  | 奄美大島  | 1   | 5/27                         | 台湾北西部 |
| 2018/6/14 | 奄美大島  | 1   | 500 m                        |       |

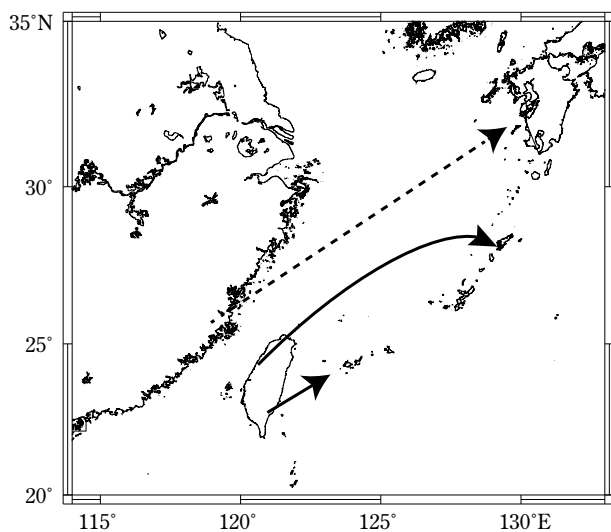


図-5 推定されたミカンコミバエの飛来経路 (概念図)  
 実線の矢印は Otuka et al. (2016) および大塚ら (2018) による。  
 点線の矢印は可能性が考察された飛来経路 (未確認)。

シカ類の飛来源として推定されている (大塚ら, 2005)。中国南部でミカンコミバエの発生密度が高まれば, 梅雨時期に飛来する可能性が出てくるだろうか。九州本土での状況と鹿児島県や沖縄県の南西諸島での状況との違いは, 2017 年に天草で誘殺が確認された事例があるものの, 九州での誘殺はまだ限定的であること, 飛来源からの距離が 1,000 km 以上と遠いことが挙げられる。しかしながら, 気候変動と中国での虫の分布域や発生密度の変化等により, 九州本土への飛来がないとも言いきれず,

今後とも西日本各県においても侵入警戒が重要である。

### III 飛来リスクの評価

飛来源からの気流の有無に基づいて, 推定された飛来源である台湾やフィリピンからミカンコミバエが飛来するリスクを表す指数が提案されている (大塚・永吉, 2015)。沖縄県に対するリスク指数は, 「対象日からさかのぼって 14 日間 (トラップの回収間隔) に台湾南東部またはフィリピンルソン島北部からの気流が沖縄県に流れ込んだ日数」として定義される。気流の流れ込みを島ごとに調べれば, 島ごとのリスク指数が求まる。気流の有無は飛来源から順方向の流跡線を計算することで求め, リスク指数は 0 (対象期間中に気流なし) から 14 (連日気流あり) までの値をとる。実際に 6~9 月までの夏期においては指数が 1 以上の値となり, その期間に誘殺サンプルが回収されることが多く, リスク指数の有効性が示されている (大塚・永吉, 2015)。また 11 月など北寄りの風が吹く秋季にミカンコミバエが誘殺されることがあるが, この時期のリスク指数は 0 であるので, 飛来は考えにくい (大塚・永吉, 2015)。

同様に鹿児島県については, 対象日からさかのぼって 14 日間に飛来源とされる台湾からの気流が鹿児島県に流れ込んだ日数としてリスク指数が定義される。このリスク指数を用いて, 台湾中西部の彰化県 (24.1115°N, 120.5274°E) から奄美大島に対する 6~9 月のリスク指数最大値を 2007~17 年までの値を計算した結果, 誘殺

表-2 奄美大島のリスク指数の最大値 (6~9月)

| 年次   | リスク指数最大値 | 年次   | リスク指数最大値 |
|------|----------|------|----------|
| 2017 | 4        | 2011 | 6        |
| 2016 | 4        | 2010 | 1        |
| 2015 | 7        | 2009 | 0        |
| 2014 | 1        | 2008 | 1        |
| 2013 | 3        | 2007 | 2        |
| 2012 | 0        |      |          |

起点は台湾中西部の彰化 (24.1115° N, 120.5274° E) とした。

があった2015年が最大で7となり(表-2)、鹿児島県の事例でもリスク指数の有効性が示されている。こうしたリスク指数は、ソフトウェア「ミカンコミバエ飛来解析システム」によって自動で計算されて提供されている(大塚・永吉, 2015)。

## おわりに

日本の南西諸島では近年ミカンコミバエの飛来が続いており、誘殺された地点周辺ではその都度防除対策がとられ、現場の大変な努力によって日本での根絶が維持されている。発生源が近くにある日本において今後とも根絶を維持していくためには、トラップ調査に基づく侵入警戒と、誘殺時の初動対策が重要であるのは言うまでもない。そのため、現在トラップ調査の強化に向けた研究が行われている。台湾では、トルラ酵母を用いたメス成虫のモニタリングや果樹園内の密度抑制が行われており、農研機構と台湾農業試験所との共同研究(地域戦略プロジェクトの支援)によって、メス成虫の捕獲効率を向上させる改良型トラップや、ミバエ類の遺伝子診断による

種の判別法の開発等が進められている。また今後の課題として、誘殺の迅速な検出のために、誘殺された虫の自動判別とインターネットによる通知などトラップの高機能化が必要であろう。今後の研究の進展が期待される。

## 引用文献

- 1) CLARKE, A. R. et al. (2005): Ann. Rev. Entomol. **50**: 293~319.
- 2) DREW, R. A. I. and D. L. HANCOCK (1994): Bull. Entomol. Res. Suppl. **2**: 1~68.
- 3) ——— and M. C. ROMIG (2013): Tropical Fruits Flies (Tephritidae: Dacinae) of South-East Asia, CABI, U.K, 644 pp.
- 4) 鹿児島県農政部 (2017): 鹿児島県におけるミカンコミバエ種群根絶のあゆみ, ミカンコミバエ緊急防除等事業実績書, 鹿児島県農政部, 鹿児島, 178 pp.
- 5) 加藤紀香 (2016): 植物防疫 **70**: 717~720.
- 6) Koyama, J. et al. (1984): J. Econ. Entomol. **77**: 468~472.
- 7) 松村正哉ら (2018): 植物防疫 **72**: 581~587.
- 8) MURAJI, M. et al. (2008): Appl. Entomol. Zool. **43**: 609~615.
- 9) OHNO, S. et al. (2009): ibid. **44**: 643~654.
- 10) 沖縄県病害虫防除技術センター (2012): ミカンコミバエ根絶防除事業概要, ウリミバエ根絶防除事業概要, 沖縄県農林水産部病害虫防除技術センター, 沖縄, 38 pp.
- 11) 大塚 彰ら (2005): 応動昆 **49**: 187~194.
- 12) ———・永吉恵一 (2015): 農業情報研究 **24**(2): 23~34.
- 13) OTUKA, A. et al. (2016): Appl. Entomol. Zool. **51**: 21~35.
- 14) 大塚 彰ら (2018): 応動昆 **62**(1): 79~86.
- 15) SCHUTZE, M. K. et al. (2014): Syst. Entomol. **40**: 456~471.
- 16) 植物防疫所 (2018): 侵入警戒調査の対象となっている病害虫の発見状況: ミカンコミバエ種群の誘殺状況, <http://www.maff.go.jp/pps/j/introduction/domestic/dsinnyuu/hakkenjokyo.html>
- 17) STEINER, L. F. (1957): J. Econ. Entomol. **50**: 508~509.
- 18) STEPHENS, A. E. A. et al. (2007): Bull. Entomol. Res. **97**: 369~378.
- 19) 潮 新一郎ら (1982): 応動昆 **26**: 1~9.
- 20) 吉岡謙吾 (1979): 植物防疫 **33**: 536~540.
- 21) 吉澤 治 (1993): 同上 **47**: 527~533.

# 新技術 解説

## 果実浸漬法によるオウトウショウジョウバエ卵の薬剤感受性検定の試行

山口県農林総合技術センター <sup>みぞ</sup>溝 <sup>べ</sup>部 <sup>しん</sup>信 <sup>じ</sup>二

### はじめに

オウトウショウジョウバエ *Drosophila suzukii* (Matsu-mura) は、オウトウの害虫として知られている。雌は腹部先端に鋸状の導卵管（図-1）を持つこと、雄は翅の先端前縁に三角形の黒い斑紋があり、前脚跗節の性櫛（せいしつ）（図-2）の特徴で種を識別できる（和多田，2006）。本虫は健全な果実に穴をあけて産卵し、産卵痕には卵柄と呼ばれる2本の糸状突起が突出する（佐々木，2000）。ふ化した幼虫は果実内を食害するため、被害果は軟化・腐敗し商品価値がなくなる。産卵された果実と健全果は識別が困難であるため、出荷された後に果実から脱出した幼虫が見つかり（図-3）、大きな問題となることがある（川瀬ら，2008）。オウトウショウジョウバエに農薬登録のある薬剤は複数あるが、卵に対する防除効果を確認する方法は確立されていない。そこで、果実を用いた簡易な薬剤感受性検定を試行した。

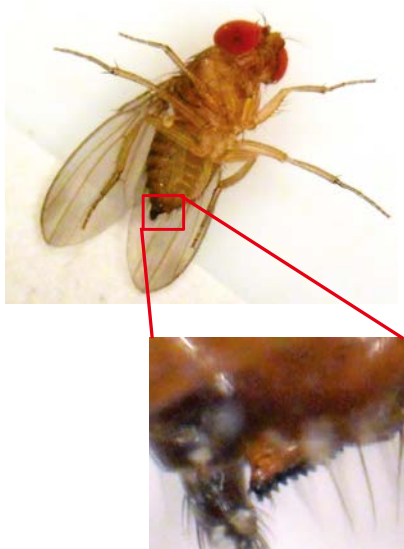


図-1 オウトウショウジョウバエ（♀）  
拡大：鋸状の導卵管。

Simple Procedure for Monitoring Insecticide Resistance for Eggs of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae), Based on Fruits Dipping Method. By Shinji MIZOBE

（キーワード：オウトウショウジョウバエ，卵，チャック付きポリ袋，薬剤感受性検定）

### I オウトウショウジョウバエの寄生する果実

オウトウショウジョウバエの寄生する果実は、オウトウ、ソメイヨシノ、キイチゴ、ナツグミ、クワ、ブルーベリー、ラズベリー、ナワシロイチゴ、モモ、ニワウメ、イヌザクラ、アメリカヤマゴボウ（佐々木，1998）のほか、ヤマモモ（行成，1988）、ブドウ（栃木県農業環境指導センター，2009）等が報告されている。山口県にお

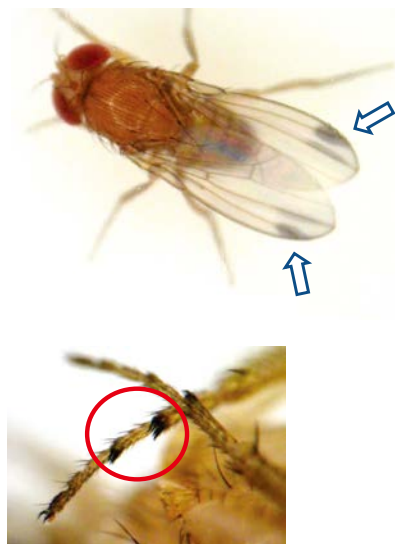


図-2 オウトウショウジョウバエ（♂）  
矢印：翅端の黒色斑紋，○印：前脚跗節の性櫛（せいしつ）。



図-3 ブルーベリー果実から脱出したオウトウショウジョウバエの幼虫



図-4 カラミザクラ果実とオウトウショウジョウバエ

いて過去に寄生が確認された果実は、カラミザクラ（暖地桜桃）（図-4）、ブルーベリー（図-5）のほか、イチゴ（施設）、ソメイヨシノ、クワ、ナワシロイチゴ、グミ、スモモ等である。

そこで、家庭果樹として広く植栽され、寄生率の高いカラミザクラと、経済栽培され全国各地で被害が問題となっているブルーベリーを用い、試験を実施した。

## II 検定用果実の保管温度

オウトウショウジョウバエの有効積算温度は、卵～幼虫で96日度、発育零点は9.4℃とされている（佐々木，1998）。自然条件で採集した産卵済み果実や、小規模な飼育によって得られる果実数には限界があることから、冷蔵によって卵のふ化を抑えて十分な供試果実数を確保することを目的に、産卵済み果実の保管に適する温度を確認した。

試験には、2017年5月10日に山口市大内において採集したカラミザクラの果実を用いた。実体顕微鏡下でピンセットを用いて果実を回転させながら観察し、オウトウショウジョウバエの卵柄の認められる産卵痕の周囲にマーカーで印をつけてカウントし、1個ずつチャック付ポリ袋（株式会社生産日本社製ユニパック B-4，85 mm × 60 mm × 0.04 mm）に入れた（図-6）。卵柄の認められない産卵痕は、ふ化済みとして調査から除外した。

ペーパータオル（日本製紙クレシア株式会社製，JKワイパー，225 mm × 215 mm）を敷いたプラスチック容器（株式会社大創産業製，A043，157 mm × 243 mm × 20 mm）に産卵を確認した果実を各10～11個並べた後、ポリ袋（プラス株式会社製，No.16，480 mm × 340 mm × 0.03 mm）に入れた。プラスチック容器は、5℃，10℃，



図-5 ブルーベリーの被害

赤矢印：被害果実，白矢印：オウトウショウジョウバエの幼虫。



図-6 チャック付きポリ袋に入れたカラミザクラ産卵痕の周囲にマーク。

15℃，25℃の暗黒条件下に保管した。

一定期間保管後、実体顕微鏡下でポリ袋の外から果実内で活発に動く黒い咽頭骨格を観察することによって、幼虫のふ化を確認できた。12日後には活動している幼虫が見られなかったため、ポリ袋の上から果実を潰して幼虫および蛹数を確認した。

調査の結果、25℃で保管した果実では6日後のふ化率は100%となったが、果実の変色・腐敗し、12日後にはカビに覆われて調査が困難となった。5℃保管は12日後でもふ化は認められなかったが、10℃保管では6日後からふ化が認められた。15℃保管では6日後、12日後とも腐敗果は少なく、調査は容易で幼虫発育も認められた（表-1）。

図-1 オウトウショウジョウバエの温度別発育状況の推移

|     | 処理前 |    | 6日後 |    |    |    |     |       |  | 12日後 |    |    |    |    |     |       |
|-----|-----|----|-----|----|----|----|-----|-------|--|------|----|----|----|----|-----|-------|
|     | 果実  | 卵  | 腐敗果 | 卵  | 幼虫 | 蛹  | 合計  | ふ化率   |  | 腐敗果  | 卵  | 幼虫 | 蛹  | 成虫 | 合計  | ふ化率   |
| 5℃  | 31  | 93 | 0   | 93 | 0  | 0  | 93  | 0.0   |  | 0    | 93 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0.0   |
| 10℃ | 30  | 65 | 1   | 63 | 4  | 0  | 67  | 6.2   |  | 5    | 56 | 17 | 0  | 0  | 17  | 26.2  |
| 15℃ | 31  | 48 | 1   | 30 | 25 | 1  | 56  | 54.2  |  | 15   | 11 | 25 | 15 | 0  | 40  | 83.3  |
| 25℃ | 30  | 99 | 6   | 0  | 84 | 19 | 103 | 104.0 |  | 30   | 0  | 79 | 21 | 0  | 100 | 101.0 |

注1) 腐敗果=腐敗またはカビの発生により卵および幼虫の確認が困難となった果実。

注2) ふ化率=(幼虫+蛹)/処理前卵数×100。

### III カラミザクラを用いた オウトウショウジョウバエの薬剤感受性検定

2017年5月10～12日に採集したカラミザクラを用いた。II章の方法で卵数を確認した後、5℃で保管し、5月17日に薬剤試験に供した。処理は1区当たり30～31個とした。

オウトウのオウトウショウジョウバエに登録のある市販薬剤のうち、シアントラニプロロール水和剤、アセタミプリド水溶剤、スピネトラム水和剤を供試した。製剤の希釈および対照区には、展着剤(5,000倍)を加用した蒸留水を用いた。

果実をチャック付きポリ袋から取り出し、1個ずつ片面にゴースを貼ったガラス円筒(浜, 1987)に入れ、薬液に10秒間浸漬した。ガラス円筒から取り出し、ペーパータオルで余分な薬液を除去した後、チャック付きポリ袋に戻して密封した。チャック付きポリ袋はプラスチック容器に並べ、ふたをしてポリ袋に入れ、15℃、暗黒条件下に静置した。処理6日後にポリ袋の外から観察してふ化の有無および幼虫数を確認した。処理12日後にはポリ袋の外から観察した後、果実を潰して幼虫および蛹の個体数を確認した。その結果、ふ化抑制効果は、スピネトラム水和剤とシアントラニプロロール水和剤では高かったが、アセタミプリド水溶剤では低かった(図-7)。

### IV ブルーベリーを用いた オウトウショウジョウバエの薬剤感受性検定

試験はカラミザクラおよびブルーベリーから羽化したオウトウショウジョウバエをブルーベリー果実で25℃、16L:8D条件下で飼育した個体を用いた。2017年7月7日に健全なブルーベリー果実を与えて1～2日間産卵させた後、穀粒計数板(100粒大豆用、不二金属工業株式会社)に並べ(図-8)、ピンセットで回転させながら実体顕微鏡下で産卵痕を確認した。産卵を認めた果実は

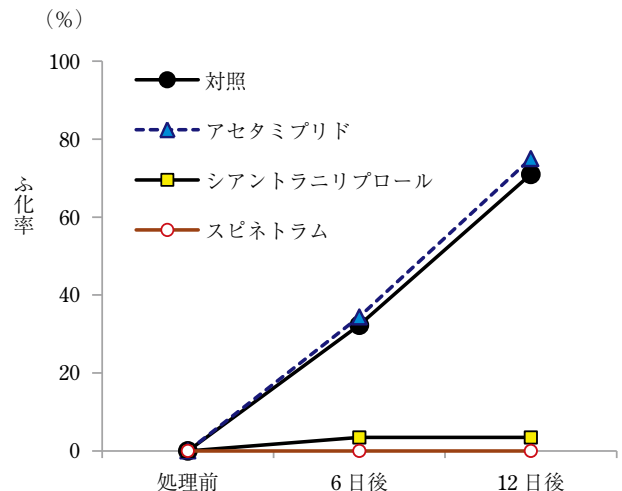


図-7 カラミザクラにおけるオウトウショウジョウバエの卵に対する簡易薬剤感受性検定



図-8 実体顕微鏡下で産卵痕を確認

卵柄の周囲にII章と同様にマークした後(図-9)、1個ずつチャック付ポリ袋に入れ、5℃で保管した。産卵を認めなかった果実は再び産卵に供試した。

7月12日にIII章と同様の方法で薬剤を処理した。ブルーベリー果実はカラミザクラに比べ腐敗しにくいこと



図-9 卵を確認したブルーベリーへのマーキング  
(マーク3点に囲まれた部分にオウトウショウジョウバエの卵柄が見える)

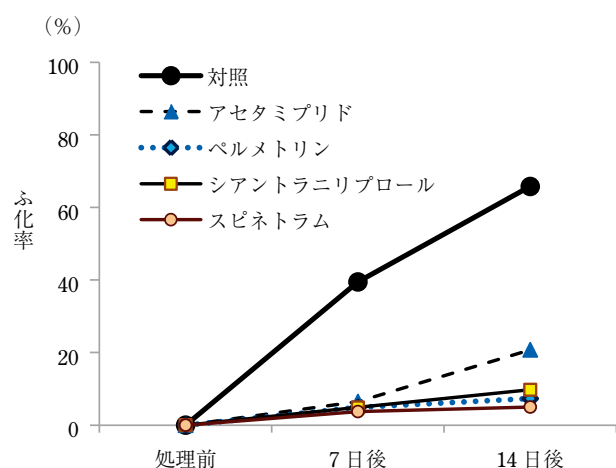


図-10 ブルーベリーにおけるオウトウショウジョウバエの卵に対する薬剤感受性検定

が確認できたため、処理後は25℃、16L:8D条件で保管した。なお、供試薬剤にはペルメトリン水和剤を追加した。

幼虫は尾端を外部に突き出して呼吸しながら果肉を摂食する(清水, 2006)ことから、処理7日後にポリ袋の外から実体顕微鏡下で観察し、ふ化の有無を調査した。処理14日後にはポリ袋の外から観察した後、果実を潰して幼虫、蛹および成虫の個体数を調査した。

その結果、ブルーベリーのオウトウショウジョウバエに登録のある薬剤ではいずれも効果は高かったが、アセタミプリド水溶剤ではやや効果が低かった。ブルーベリーでは未登録であるが、オウトウに登録があるシアントラニリプロール水和剤も高い効果が認められた(図-10)。オウトウショウジョウバエのふ化した果実は、変形・軟化が認められた。オウトウショウジョウバエのふ化しなかった果実では、一部でカビが認められたものの、形状に大きな変化はなかった。

## おわりに

近年、食品に混入した虫は、農産物や加工食品を問わず異物として認識されるため、オウトウショウジョウバエのような果実に寄生する虫に対する防除の徹底が求められている。そのためには、既存の殺虫剤に対する抵抗性の発達程度を把握するとともに、新たな有効薬剤の探索も求められている。

果実を薬液に浸漬する作業は、小型の網杓子でも可能である。使用したチャック付きポリ袋は幼虫の逃亡が防止でき、果実の取り扱いや観察も容易である。その販売価格は、1枚当たり2円程度と非常に安価であり、試験

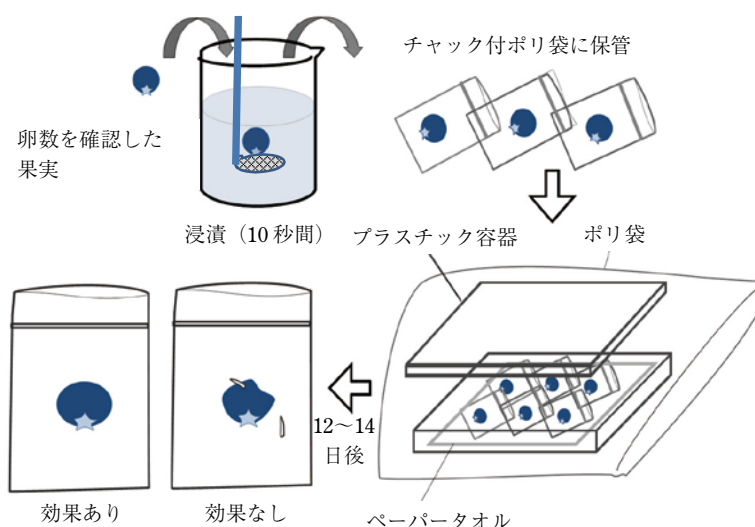


図-11 オウトウショウジョウバエの卵の簡易薬剤感受性検定法

後はそのまま処分できる利点がある（図-11）。

しかしながら、カラミザクラでは変質した果実から浸出した水分が袋内に溜まったため、ほとんどの幼虫が果汁に浸漬した状態で死亡し、蛹化した個体も羽化は認められなかった。ブルーベリーにおいても幼虫の死亡割合は高く、羽化した個体は少なかった。また、ふ化率や薬剤の効果はカラミザクラとブルーベリーで異なったが、原因は判然としなかった。これらのことから、厳密な死虫率を調査するためには、供試果実の種類や過剰な水分の対策、通気の必要性等についても検討する必要がある。

## 引用文献

- 1) 浜 弘司 (1987): 植物防疫 41(4): 159~164.
- 2) 川瀬信三ら (2008): 千葉農総研報 7: 9~15.
- 3) 佐々木正剛 (1998): 植物防疫 52: 328~332.
- 4) ——— (2000): 農業総覧, 原色病虫害診断防除編 7 (追録 30 号 20~26 オウトウ害虫), 農文協, 東京, p.29~35.
- 5) 清水喜一 (2006): 植物防疫 60(3): 103~106.
- 6) 栃木県農業環境指導センター (2009): 平成 21 年度病虫害発生予察特殊報第 3 号, 2 pp.
- 7) 行成正昭 (1988): 応動昆 32: 146~148.
- 8) 和多田正義 (2006): 愛媛県のショウジョウバエ, <http://bio.sci.ehime-u.ac.jp/evolut/NBRdir/NBR02.html>

## (新しく登録された農薬 24 ページからの続き)

稲 (箱育苗): いもち病, イネドロオイムシ, イネミズゾウムシ, ウンカ類, ニカメイチュウ, コブノメイガ: 移植 3 日前~移植当日

### ●クロラントラニリプロール・トリフルメゾピリム・チアジニル粒剤

24135: ブイゲットフェルテラゼクサロン L 粒剤 (日本農薬) 18/9/26

クロラントラニリプロール: 0.75%

トリフルメゾピリム: 0.75%

チアジニル: 6.0%

稲 (箱育苗): いもち病, 白葉枯病, もみ枯細菌病, ウンカ類, イネドロオイムシ, イネミズゾウムシ, コブノメイガ: 緑化期~移植当日  
内穎褐変病, ニカメイチュウ, イネツトムシ, フタオビコヤガ: 移植当日

## 「除草剤」

### ●ターバシル・フルミオキサジン・メコプロップ P カリウム塩粒剤

24110: モーカレタ M 粒剤 (住友化学) 18/9/12

ターバシル: 2.0%

フルミオキサジン: 0.20%

メコプロップ P カリウム塩: 1.0%

樹木等: 一年生雑草, 多年生広葉雑草

### ●カルブチレート・ターバシル・フルミオキサジン粒剤

24111: ガーデンクルー M 粒剤 (住友化学) 18/9/12

カルブチレート: 2.0%

ターバシル: 1.5%

フルミオキサジン: 0.20%

樹木等: 一年生雑草, 多年生広葉雑草

### ●ターバシル・DCBN・DCMU 粒剤

24112: ネコソギエース W 粒剤 (レインボー薬品) 18/9/12

ターバシル: 1.5%

DCBN: 1.5%

DCMU: 3.0%

樹木等: 一年生雑草, 多年生広葉雑草, 多年生イネ科雑草, スギナ

### ●グリホサートイソプロピルアミン塩・ブロマシル・メコプロップ P カリウム塩液剤

24113: ハイパーシャワー (丸和バイオケミカル) 18/9/12

24114: ネコソギロングシャワー V8 (レインボー薬品) 18/9/12

グリホサートイソプロピルアミン塩: 1.5%

ブロマシル: 0.75%

メコプロップ P カリウム塩: 0.25%

樹木等: 一年生雑草, 多年生雑草, ササ, ススキ

### ●ブロマシル・DCMU・MCPP 粒剤

24115: ハイパー SP (丸和バイオケミカル) 18/9/12

24116: ネコソギトップ V1 粒剤 (レインボー薬品) 18/9/12

ブロマシル: 2.5%

DCMU: 1.0%

MCPP: 1.0%

樹木等: 一年生雑草, 一年生及び多年生雑草

### ●ペラルゴン酸乳剤

24119: スピードスター原液 (丸和バイオケミカル) 18/9/12

24120: コケとーるスピード原液 (レインボー薬品) 18/9/12

ペラルゴン酸: 28.0%

樹木等: 一年生及び多年生雑草, コケ類

### ●チフェンスルフロンメチル水和剤

24136: ハーモニー 75DF (エフエムシーケミカルズ) 18/9/26

チフェンスルフロンメチル: 75.0%

小麦: 一年生広葉雑草, ギンギシ類, スズメノテッポウ, カズノコグサ

大麦: 一年生広葉雑草, スズメノテッポウ, カズノコグサ

牧草: 一年生広葉雑草, ギンギシ類

飼料用とうもろこし: ギンギシ類

## 農薬取締法の改正について

農林水産省消費・安全局農産安全管理課 農薬対策室 いし石 おか岡 とも知 ひろ洋

### はじめに

本年6月に、農薬取締法の一部を改正する法律が成立し、6月15日に公布された。本稿では、農薬取締法の改正内容を紹介する。

### I これまでの経緯

#### 1 我が国における農薬登録制度上の課題と対応方針

農薬取締行政の見直しは、近年、急に始まったものではない。2003年の前回の法改正後、5年が経過した際にその施行状況を検討し、2009年に、「我が国における農薬登録制度上の課題と対応方針」をとりまとめた。以降、順次、農薬取締行政の国際調和の取組を進めてきたところである。

例えば、これまでに、審査報告書の作成・公表、OECD共通の申請様式の導入、英文及び電子的試験報告書の受入れ、短期暴露評価の導入、原体規格の導入、果樹類における作物群での農薬登録の導入等の取組を行ってきた。

#### 2 農業競争力強化支援法

こうしたなか、2017年8月には、農業競争力強化支援法が施行された。

この農業競争力強化支援法では、農業が将来にわたって持続的に発展していくためには、農業の構造改革とあわせて、「良質かつ低廉な農業資材の供給」や「農産物流通の合理化」の実現を図ることが重要とされている。また、それらを実現するための施策として、農業生産資材については、①安全性を確保するための見直し、②国際的な標準との調和を図るための見直し、③規制を最新の科学的知見を踏まえた合理的なものとするための見直し、を行うこととされた。

今般の農薬取締法の改正についても、こうした観点から見直しを行っている。

### II 農薬取締法の改正内容（概要）

#### 1 農薬取締法改正の背景

農薬については、安全性を確認したものを登録し、製造・使用できる仕組みとしているが、農薬の安全性を一層向上させるためには、登録後においても、最新の科学的知見を的確に反映できる制度としていくことが重要である。また、良質かつ低廉な農薬の供給等により、より効率的で低コストな農業に貢献するため、農薬に係る規制を合理化していくことも必要である。

このように、農薬の安全性の向上と、規制の合理化を、総合的に進めることにより、農薬の一層の安全性を確保するとともに、生産コスト低減や、農薬や農産物の海外展開にも資することを目指した改正内容となっている。

#### 2 法改正のポイント

改正のポイントの一つ目は、再評価制度の導入である。これは、同一の有効成分を含む農薬について、一括して定期的に、最新の科学的知見に基づき再評価を行うものである。また、毎年、農薬製造者から安全情報の報告を求め、必要な場合には、随時評価を行い、登録内容の見直しを行うことにしている。なお、現行の3年ごとの再登録は廃止する。

二つ目は、農薬の登録審査の見直しで、具体的には、①農薬使用者に対する影響評価の充実、②動植物に対する影響評価の充実、③さらには、既登録農薬においても原体規格（有効成分及び不純物の含有濃度の規格）を設定していく等、農薬の安全性に関する審査の充実である。

また、先発農薬と原体の成分・安全性が同等である場合は、毒性試験等、提出すべき試験データの一部を免除できることとしている。

本法律の施行期日は、公布日（2018年6月15日）から6ヶ月以内としているが、農薬使用者及び動植物に対する影響評価の充実、使用期限に関する改正部分については、公布日から2年以内（以下、「第2弾施行」という。）としており、いずれも、今後、政令で具体的な期日を定める予定である。

### Ⅲ 現行法からの主な改正点

現行法からの変更箇所を中心に、条文に沿って、具体的なポイントを紹介する。

#### 〈目的〉

現行法においても、「品質」という言葉の中には、安全性の概念も含まれていたが、今般の改正で再評価の導入、農薬の安全性に関する審査の充実等を図ることとしたことに伴い、法目的として、「農薬の安全性の確保」を明確化している。

#### 〈農薬の登録（GLP 基準）〉

登録申請の際に提出する試験成績のうち、省令で定めるもの、これを法律では特定試験成績と呼んでいるが、これら特定試験成績については、試験成績の信頼性を確保するために必要な GLP 基準に従って行わなければならないことを位置付けている。

#### 〈農薬の登録（申請書への記載事項）〉

申請書への記載事項として、新たに、「農薬原体の有効成分以外の成分の種類及び含有濃度」等の農薬原体に関する事項を追加するほか、第2弾施行の際には、「使用期限」、「使用に際して講ずべき被害防止方法」、「生活環境動植物に有毒な農薬については、その旨」を、追加で記載することとしている。

#### 〈農薬の登録（提出資料の一部省略）〉

後発農薬（ジェネリック農薬）の申請において、先発

農薬の原体と成分等が同等であるときは、毒性試験等の提出を一部免除できる旨を規定している。なお、省略可能な試験の範囲、データ保護期間等については、省令で規定する予定である（図-1）。

#### 〈農薬の登録（優先審査）〉

新規申請や変更申請の際に、病虫害の防除において特に必要性が高いもの、または、適用病虫害の範囲及び使用方法が類似する他の農薬と比較して特に安全性が高いものと認める場合には、他の農薬の審査に優先して審査を行うように努めることを規定している。

#### 〈農薬の登録（登録票への記載事項）〉

申請書への記載事項と対応するが、登録票には、新たに、「農薬原体に関する事項」、また、第2弾施行後は、「使用期限」、「使用に際して講ずべき被害防止方法」等を記載することになる。

#### 〈登録の拒否〉

現行法では、申請書の記載事項に虚偽の事実があるとき等、いわゆる登録を保留する要件に該当するときは、「申請者に対して申請書の記載事項を訂正し、又は当該農薬の品質を改良すべきことを指示することができる」としているが、改正法では、こうした要件に該当すると認める場合には、登録を拒否しなければならないとしている。具体的には、「特定試験成績が GLP 基準適合試験によるものではないとき」、第2弾施行後は、「被害防止方法を講じた場合でも人畜に被害を生ずる恐れがあると

## より合理的な規制への改善

- 安全な農薬を供給するには、品質管理の強化が必須。
- 有効成分と不純物ごとの含有濃度の規格（原体規格）を、登録のある全ての農薬について設定。
- ジェネリック農薬のうち、既登録農薬の規格を満たし、毒性の強さが同等なものについては、申請時に提出すべき試験データの一部を免除。

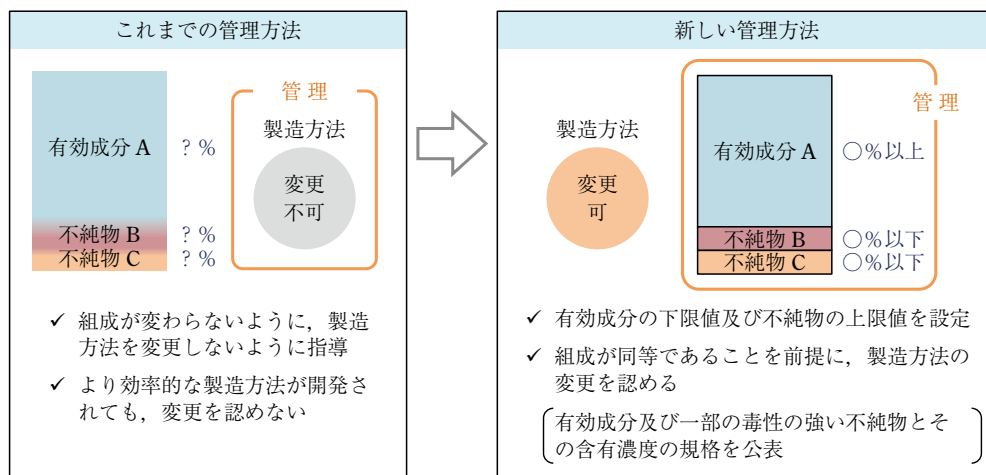


図-1 より合理的な規制への改善

き」や「生活環境動植物の被害が発生し、その被害が著しいものとなる恐れがあるとき」が、現行と比べ、変更となっている箇所である。

# 〈再評価制度の導入〉

再評価では、登録のある全ての農薬を対象に、定期的に、同一の有効成分を含む農薬について安全性を評価することとしており、再評価の期間は省令で定めることにしている。再評価の手順としては、再評価の実施前に、対象となる有効成分、提出すべき資料、提出期限を順次告示する。再評価の際に、原体規格の設定、毒性指標、使用基準等を確認するとともに、審査の結果、必要に応じて、登録の変更等を行うことになる。

また、上述したとおり、今後定期的に再評価を行うが（図-2の③に該当）、再評価を実施する時期以外でも、毎年、国がメーカーに安全性に関する情報の報告を求めるほか、国自らも情報収集等を行い、農薬の安全情報のモニタリングを実施し（図-2の①の該当）、安全性等に関する重要な知見が明らかになった場合には、再評価を待たず随時評価を行う仕組み（図-2の②に該当）としている。

なお、改正法では、再評価等に基づく変更の登録及び登録の取消しに関して、提出期限までに資料の提出がなかった場合には、登録を取り消すことができる旨規定し

ている。また、再評価の結果、登録の拒否に該当する場合には、農薬の安全性等の確保に必要な限度において、登録の変更・取消しができる旨規定している。さらに、こうした再評価を行った場合以外にも、随時評価を行い、必要に応じて変更の登録・取消しが行える旨規定している。

# 〈情報の公表等〉

透明性等を確保するため、農水省として、登録を受けた農薬に関する情報の公表に努めることとしており、具体的には、現在取り組んでいる農薬の審査報告書の作成・公表等を進めていくことにしている。

また、農薬の製造者においても、登録の変更、取消し、失効があったときは、販売者や農薬使用者にその旨を周知するように努める旨規定している。

# 〈科学的知見の収集等、報告及び検査〉

再評価の導入のところで触れたが、国として、農薬の安全性に関する情報を継続的にモニタリングしていくため、海外における評価や科学論文等、安全性に関する科学的知見の収集等に努める旨を規定している。

また、農薬の安全性に関する継続的なモニタリングを実効あるものとするため、これまで農薬製造者から毎年報告いただいている製造数量等の情報に加え、今後は、安全性に係る情報についても報告していただくこととし

## 再評価制度のイメージ

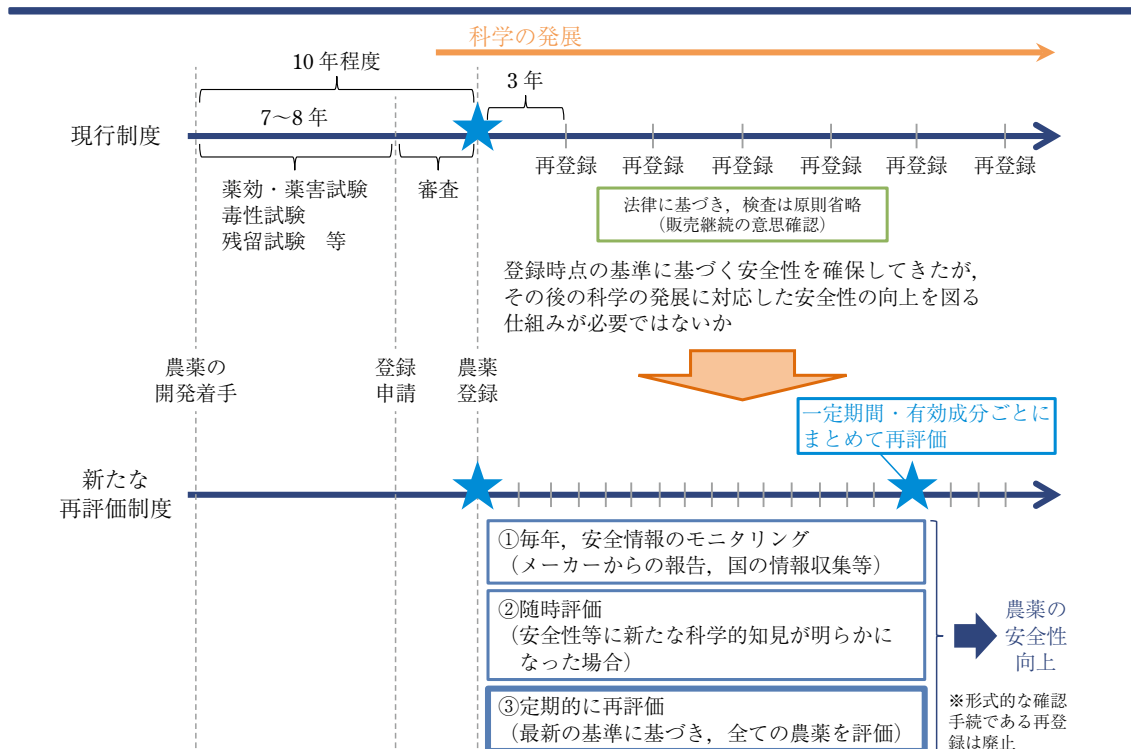


図-2 再評価制度のイメージ

### 〈販売者の届出〉

### 〈農業資材審議会への意見聴取事項〉

今般の法改正では、農業資材審議会への意見聴取事項が追加され、農薬の登録をしようとするときや、変更登録などをしようとするときは、新たに、農業資材審議会の意見を聴かなければならないこととされた。

### 〈国際的動向への配慮等〉

法の施行（登録実務等）にあたって、OECDテストガイドライン等の国際的動向を踏まえること、また、登録や再評価の実施にあたって、食安委、厚労省、環境省等の関係機関と密接に連携しなければならない旨を規定している。

以上が、今回の法改正の主なポイントである。

- ・ 法律の施行日や再評価の手数料等に係る政令
- ・ 提出すべき資料，特定試験成績及びその信頼性を確保するための基準，提出すべき資料の省略，再評価の実施期間，販売者の届出様式，生産数量等の報告義務等に係る省令
- ・ 航空機を用いた農薬使用計画書の提出，ゴルフ場における農薬流出防止のための措置，住宅地等の定義，水田における農薬の使用等に係る省令（農薬を使用する者が遵守すべき基準を定める省令の改正）

お　わ　り　に

改正農薬取締法に基づく具体的な運用等の検討にあたっては、農薬の安全性を確保しつつ、病害虫防除を行う生産現場への影響等を十分に考慮しながら進めていきたいと考えているので、引き続き、皆様方のご理解・ご協力をいただきます。

※詳しくは各県病害虫防除所のホームページまたは JPP-NET (<http://web1.jppn.ne.jp/>) でご確認ください。

■ トマト：フザリウム株腐病（茨城県：初） 9/27

## 農薬環境行政の課題と対応方針

環境省 水・大気環境局 土壤環境課 農薬環境管理室 お が さ はら 小 笠 原 たけ あき 毅 輝

### はじめに

2018年6月15日に農薬取締法の一部を改正する法律（以下「改正法」という。）が公布され、農薬の動植物に対する影響評価の対象が、従来の水産動植物から陸域を含む生活環境動植物（その生息又は生育に支障を生ずる場合には人の生活環境の保全上支障を生ずるおそれがある動植物をいう（改正法第3条）。）に拡大された。この規定は改正法の公布日から2年以内に施行される。

今後、新たに生活環境動植物に係る農薬登録基準を定める必要があるため、評価対象動植物を選定するとともに、毒性試験（試験生物種の選定を含む）、暴露評価及びリスク評価に関する方法等について検討し、農薬登録申請者等に対する周知期間を勘案して、これらを早期に示す必要がある。

本稿では、今回の農薬取締法の改正により、特に環境大臣が定める農薬登録基準における生態影響評価の拡充について、現在の検討状況とともに、その他の農薬環境行政の課題と対応方針について紹介する。

### I 農薬取締法の改正と生態影響評価の見直しの背景

#### 1 農薬登録制度における水産動植物に係る生態影響評価の変遷

現行法の下、農薬登録制度における生態影響評価は、水産動植物を対象として以下の変遷をたどってきた。

##### （1）魚毒性による評価の導入

戦後、水稻を中心とした農薬の開発、普及が進む中で、水田から河川に流出した農薬による水産動植物への被害が発生したことから、1963年の農薬取締法の改正により、農薬登録審査において水産動植物に対する影響評価を行うことが盛り込まれ、「水田使用農薬であって、コ

イに対する48時間LC<sub>50</sub>（半数致死濃度）が0.1ppm以下で、かつコイに対する毒性の消失日数が7日以上であること」を登録保留基準として定め、魚毒性の強い農薬を規制した。

##### （2）生態リスクによる評価の導入

それまでの魚毒性のみによる評価では、農薬の水産動植物に対する影響評価としては不十分であるとして、諸外国におけるリスク評価の状況も踏まえ、2005年から①魚類のほか、甲殻類等と藻類を評価対象に追加、②水田のほか、畑や果樹園等で使用される農薬を評価対象に追加、③個々の農薬の毒性値に基づく基準値と環境中での農薬の暴露量を考慮して算定した予測濃度との比較、により環境中予測濃度が基準値を超える場合には登録を保留する制度に変更した。

##### （3）ユスリカ幼虫試験の導入

ネオニコチノイド系等の殺虫剤では、甲殻類等の種によって感受性の差が大きいことが判明し、従来のミジンコを用いる試験では甲殻類等への農薬のリスクを過小評価してしまう可能性が示唆されたことから、2016年からこれらの殺虫剤については、より感受性の高い水生昆虫であるユスリカ幼虫を用いる毒性試験の提出を求め、また、2018年度からは、全ての新規登録を申請する殺虫剤を対象にユスリカ幼虫試験を必須とした。

#### 2 法改正と生態影響評価の見直しの背景

我が国の農薬登録制度における生態影響評価では、対象を水産動植物に限定していることから環境保全の観点から十分とは言えず、第4次環境基本計画（2012年4月27日閣議決定）では、水産動植物以外の生物を対象とした新たなリスク評価が可能となるよう、科学的知見の集積を図りつつ、検討を進めるとされていた。他方、EU、米国等では、すでに農薬登録制度において水産動植物以外の生物を含む生態影響評価を行っている。

さらに2017年の通常国会においては、「農業競争力強化支援法」（平成29年5月12日法律第35号）が制定され、国は、農薬の登録に係る規制について、安全性確保、国際標準との調和、最新の科学的知見により見直しを行

Issues and Policies on the Environmental Administration of Agricultural Chemicals. By Takeaki OGASAHARA

（キーワード：農薬取締法、農薬登録制度、農薬登録基準、生態影響評価）

うこととされた。

こうした状況を背景に、国民の生活環境の保全に寄与する観点から、農薬取締法の改正とともに生態影響評価の見直しに取り組むこととした。

## II 生態影響評価の充実に向けた動き

生活環境動植物に係る農薬登録基準の設定方法については、現在、専門家からなる検討会でリスク評価手法等の検討を行い、その後、中央環境審議会土壤農薬部会農薬小委員会において審議を進めているところである。主な審議の状況は以下のとおりである。

### 1 評価対象動植物の選定等の考え方

生活環境動植物に係る農薬登録基準を設定するためには、評価対象動植物を選定するとともに、必要な試験方法を明らかにする必要がある。生活環境動植物に係る評価対象動植物の選定にあたっては、国民の生活に密接に関係する動植物を対象として、我が国における評価手法に関する知見の集積状況や海外における評価の状況等を踏まえるとともに、改正法に係る国会の附帯決議において「リスク評価手法の早急な確立」と「農薬メーカーの負担への配慮」が指摘されていることを考慮する必要がある。

このため、既に毒性試験方法が確立され、国内外での既存の試験データの活用が期待できるものとして、これまでの国内での知見の集積状況と諸外国における評価状況を踏まえ、

- ・諸外国で既に評価に取り入れられているもの
- ・我が国において、これまで農薬登録申請時に毒性試験成績が提出されているもの

のうち、

- ・国際的な標準との調和を図る観点からも、評価対象生物の評価に用いることができる試験方法がOECD等による公的なテストガイドラインとして確立されているもの

の中から優先的な評価対象動植物を選定し、毒性試験方法を定める。

また、リスク評価を行う上で導入が望ましいと考えられる評価対象動植物や毒性試験方法のうち更に調査検討に時間を要するものは、優先的に進めるものとは分け、引き続き必要な検討を進める。

他方、評価対象動植物に関する暴露評価及びリスク評価の方法については、諸外国の評価方法を参考にしつつ、我が国における地形や農薬の使用実態等を踏まえ、検討を進める。

### 2 新たな評価手法を用いた基準値設定の開始予定時期

新規に登録を受けようとする農薬については、改正法の公布日から2年以内の施行日から行うが、既登録農薬については、改正法により導入される再評価の実施時に行う。

ただし、新たな評価対象動植物によるリスク評価手法が導入された場合等で、先に再評価を終えている農薬についても、早急に評価が必要であると農薬小委員会等で判断された場合には、次の再評価まで待たずに試験成績の提出を求め、評価を行う場合がある。例えば、海外において生態影響評価により同種の農薬の使用等が規制された場合等を想定している。

### 3 農薬の藻類、水草に対する影響評価の方法（案）

#### （1）検討の経緯

水域における生態影響評価については、水産動植物を対象としているが、特に除草剤では、藻類の緑藻に比べ他の種類の藻類や維管束植物である水草に高い感受性を示すものがあることが判明した。

2016年3月の農薬小委員会（第50回）において、「藻類の感受性差については、引き続き科学的知見を集積し、試験生物種の追加や不確実係数の設定等について、具体的な検討を行うこと」とされた。

このため、藻類等の一次生産者に対する影響評価において、藻類とともに水草を評価対象とした評価手法について調査検討を進めてきたが、今回の法改正により、評価対象が水産動植物以外にも拡大されることから、水草を含めた水域の動植物に関する生態影響評価、基準値の設定方法等について検討を進めた（図-1）。

#### （2）藻類等（一次生産者）の急性影響濃度の算定方法

全農薬において、緑藻のムレミカヅキモを必須とし、加えて除草剤及び植物成長調整剤についてはウキクサも必須とする。

全農薬において、任意で追加試験を行うことができるものとし、追加対象種は、水草のウキクサ、緑藻のイカダモ、珪藻のナビクラ並びにシアノバクテリアのアナベナ及びシネココッカスとする。また、毒性試験方法は、OECDテストガイドライン201及び221に準拠して行う。

それらの試験のEC<sub>50</sub>（生長速度が半分に抑えられた濃度）のうち最小となる数値を不確実係数で除した値を藻類等（一次生産者）の急性影響濃度とする。

不確実係数は、試験生物種が1～2種の場合は10、3種の場合は4、4種の場合は3とする。さらに試験生物種の数を増やした場合についても検討中。

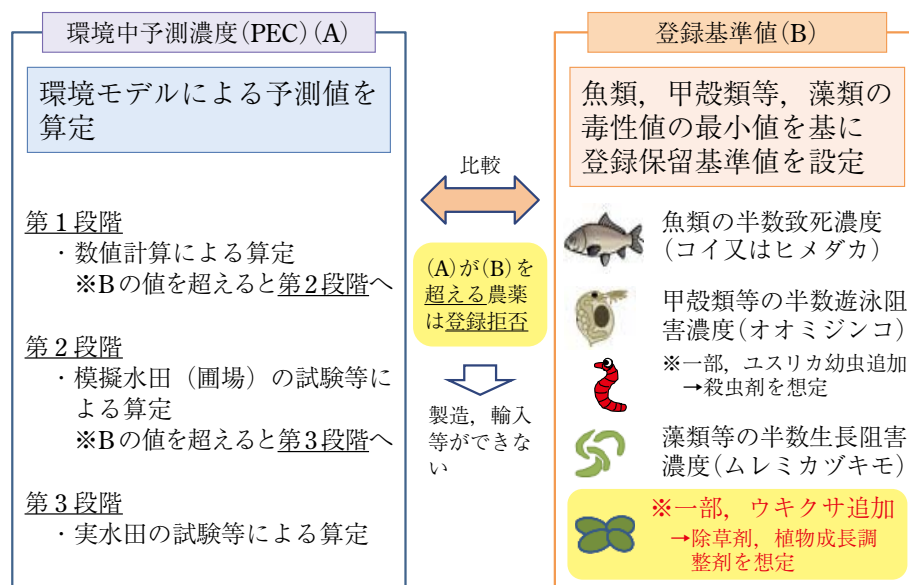


図-1 水域動植物の生態影響評価の仕組み

(3) 環境中予測濃度(PEC)算定における評価期間  
環境中予測濃度(PEC)とは、環境モデルによって算定される圃場から流出した農薬の公共用水域における残留濃度である。

PECの第1段階では机上の数値計算により安全を見込んだ上で算定され、必要に応じて第2段階として、圃場試験等による個別のデータを用いてより精緻に算定する。

魚類、甲殻類等、藻類等(一次生産者)の $LC_{50}$ (半数致死濃度)又は $EC_{50}$ (半数影響濃度)を不確実係数(より安全側に立ったリスク評価を行うための係数)で除した急性影響濃度のうち最小値を水域動植物の農薬登録基準値(以下「基準値」という。)とする。

評価期間が2日間、3日間、4日間及び7日間のPECのうちの最大値を水域動植物のPECとして算定し、PECが基準値を超えていないことを確認する。PECが基準値を超える場合には、その農薬は登録できないことになる。

基準値のキー生物種がウキクサで、第2段階PECを算定する場合は、ウキクサの毒性試験の暴露期間と同じ7日間でPECを算定することが適当である。ただし、7日間PECは他のPECに比べて通常は低いことから、他の試験生物種においては2~4日間の第1段階PEC又は第2段階PECと比較し、それらのPECが当該試験生物種の急性影響濃度を超過することがないことを確認してから、7日間の第2段階PECを評価に用いる。

#### 4 農薬の鳥類に対する影響評価の方法(案)

##### (1) 検討の経緯

環境省では、農薬による陸域生態影響評価の技術開発調査を進め、陸域動植物の被害事故等の情報や、海外に

おける評価手法等について調査を行い、2014年3月に取りまとめを行った。

その後も調査を進め、2008年度からはリスク評価技術を開発するための検討を始め、その取組の中で、鳥類を評価対象としたリスク評価手法を開発することとして調査検討を進め、2013年5月に「鳥類の農薬リスク評価・管理手法マニュアル(鳥類マニュアル)」を作成・公表し、農薬メーカーにおける自主的な活用を促している。

こうした中、今回の法改正により、農薬登録基準の設定における評価対象が、水産動植物以外の陸域動物にも拡大されることになった。

鳥類については、諸外国では既に農薬登録制度におけるリスク評価対象に取り入れられており、我が国においても有用生物として毒性試験成績によるハザード評価が行われるとともに、農薬メーカーにおいては自主的なリスク評価が行われていることから、生活環境動植物に係る農薬登録基準の設定における評価対象動植物の候補として、リスク評価の方法等について検討を進めてきた(図-2)。

##### (2) 鳥類の毒性評価及び基準値設定の方法

OECDテストガイドライン223等に準拠した経口投与試験により、 $LD_{50}$ (半数致死量)を求める。 $LD_{50}$ を指標種の体重で補正する。

複数の $LD_{50}$ がある場合は、同一種毎に幾何平均値を算出し、次に複数種がある場合は、種間差をさらに幾何平均を行う。

最終的に $LD_{50}$ を不確実係数で除すことにより、鳥類に係る農薬登録基準値を設定する。

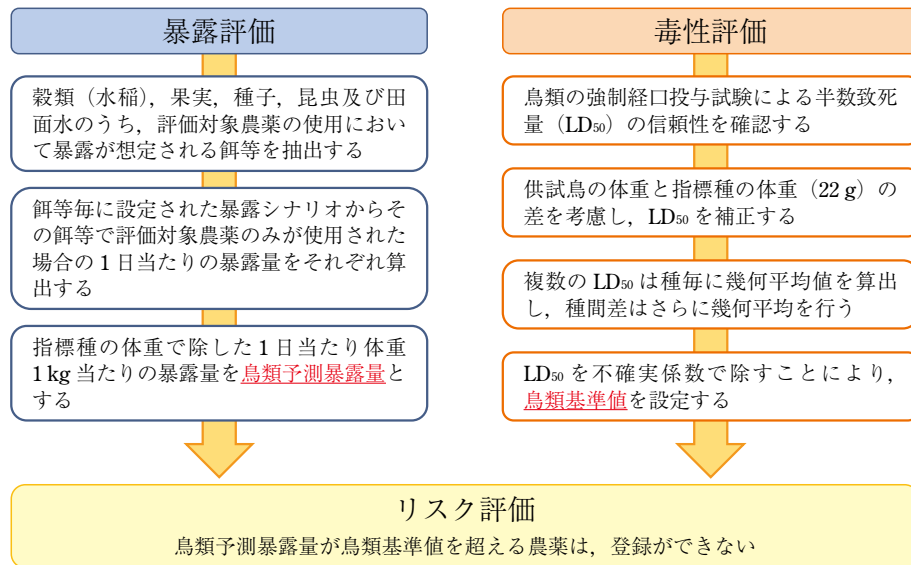


図-2 農薬の鳥類に対するリスク評価の方法

### （3）鳥類の暴露評価方法

暴露評価の対象となる指標種は、スズメ大（体重22g）の仮想の小型鳥類とし、指標種の予測暴露量は、農薬暴露が大きくなると考えられる主な餌タイプごとに、農薬に暴露された単一の種類の餌だけを摂取するというワーストケースを想定し、以下の前提条件で行う。

- ①摂餌量及び飲水量については、実測に基づくデータから数値を設定する。
- ②農薬の単位散布量については、水田、非水田のそれぞれについて、評価対象となる農薬（原体）の想定される適用の中で散布量が最大となる値を使用する。
- ③残留農薬濃度については、評価対象農薬の物理化学的性状や散布方法等により、付着量・残留性等が大きく異なるが、初期評価では、単位散布量又は単位使用量当たりの残留農薬濃度を餌タイプごとに算定し、二次評価では、評価対象農薬の作物残留試験成績等を用いて、より精緻な鳥類予測暴露量を算定する。

## III 農業環境行政の推進に必要なその他の取組

### 1 河川中の残留農薬濃度のモニタリング調査

環境省では、水産動植物の被害防止及び水質汚濁に係る農薬登録保留基準を定めるとともに、登録された農薬の使用場面において、実環境中で基準値を超過する事態が生じていないかを確認し、必要に応じてリスク管理措置を検討するとともに、リスク評価手法の妥当性について検証することとしている。このため、基準値と環境中予測濃度が近接する農薬を優先に、河川中の残留農薬濃度のモニタリング調査を都道府県の協力も得ながら進め

ているところである。

## 2 農薬の適正使用の推進

安全性が審査された農薬であっても、使用方法を誤れば人の健康や動植物に対する被害を及ぼすことがあるため、登録基準の設定とともに、農薬の適正使用の推進に一層取り組んでいきたい。

### （1）農薬の適正使用推進における環境省の役割

今回の法改正により、環境大臣は、新たに農林水産大臣、都道府県知事とともに、農薬の使用による人畜、生活環境動植物の被害、水質の汚濁等を防止するため必要な知識の普及、情報の提供、農薬の安全かつ適正な使用等に関する助言、指導等を行うように努めると規定された（改正法第28条）。

### （2）農薬の使用基準省令の改正

今般、農薬の使用に関するルールを定めた農薬を使用する者が遵守すべき基準を定める省令（2003年制定、2005年最終改正、農林水産省・環境省）（以下「使用基準省令」という。）の改正について検討を進めている。主な改正点としては、

- ・第2条（表示事項の遵守）において、芝、樹木等の非食用農作物に農薬を使用するときも、農薬の表示事項に従って安全かつ適正に使用することを努力義務として明記する
- ・第5条（ゴルフ場における農薬の使用）において、農薬使用計画書を農林水産大臣に加えて環境大臣にも提出する。また、ゴルフ場外への農薬の流出防止措置を講じることを努力義務として明記する等がある。

### （３） 農薬の使用に関する通知・ガイドライン等

農薬の飛散を原因とする住民、子ども等の健康被害が生じないようにするため、使用基準省令の第６条により農薬の飛散防止措置を求めているが、飛散防止対策の一層の徹底を図るため、環境省は農水省と共同で「住宅地等における農薬使用について」（２０１３年４月２６日付け局長通知、農林水産省・環境省）を発出し、毎年その周知に努めている。さらに環境省では、公園緑地・街路樹等における病害虫の管理に関する基本的な事項や考え方を整理し、自治体等がそれぞれの環境等に適した管理体系を確立していく上での参考情報として、「公園・街路樹等病害虫・雑草管理マニュアル」（２０１０年５月作成（２０１８年３月改正）、環境省）や全国の優良な取組を紹介する優良事例集（２０１３年５月、２０１７年３月作成、環境省）を作成し、提供している。

### （４） ゴルフ場で使用される農薬に関する指導指針

ゴルフ場で使用される農薬による水質汚濁、水産動植物の被害を防止するため、１９９０年５月に「ゴルフ場で使用される農薬による水質汚濁の防止に係る暫定指導指針」（環境省局長通知）、２０１７年３月に「ゴルフ場で使用される農薬による水質汚濁の防止及び水産動植物被害の防止に係る指導指針」（環境省局長通知）を作成し、水濁指針値と水産指針値を定め、都道府県におけるゴルフ場への指導に用いられている。本指導指針に基づき、都道府県には、ゴルフ場からの排水の実態把握に努めてもらい、毎年、その結果を集計・公表し、関係者による情報の共有に努めているところである。

## ３ 今後の課題と取組

現在、新たな生態影響評価に関する審議が進められているが、農薬環境行政の推進として、次の課題についても本格的な検討を進めていきたいと考えている。

### （１） 陸域における動植物の影響評価

農林水産省における養蜂用ミツバチに対する農薬のリスク評価手法との整合にも留意しつつ、我が国における野生ハチ類に対する農薬の影響評価についての方法。

### （２） 水域における長期（慢性）影響評価

現行の水産基準は、試験生物種の急性毒性試験の結果を基に設定しているが、農薬の流出が長期にわたれば慢性影響を及ぼす可能性があるため、長期間継続的に散布される、分解しにくい、環境中に蓄積しやすい、といった農薬に対応した慢性影響評価の方法。

### （３） 底生生物への影響評価

現行の水産基準は、底質での有害性を評価するための試験を実施していないが、土壌吸着性や残留性が高く、使用後、底質中に留まる可能性がある農薬をより適切に評価するため、底生生物種の導入等による毒性試験、リスク評価の方法。

### （４） 水域における分解物の影響評価

現行の水産基準は、原体の有効成分である化合物（親化合物）について設定しているが、化合物が水中で分解し、その分解物が親化合物に比べて毒性が強い農薬に対応するためのリスク評価やモニタリング調査等についての方針や技術的手法。

## お わ り に

海外でネオニコチノイド系農薬の一部にミツバチ等に対するリスクのおそれがある等として規制が行われ、我が国においても対応が求められる中、これまでハチ類やトンボ類への影響について調査を進めるとともに、水産動植物への影響評価としてユスリカ幼虫試験を導入し、農薬登録基準値の見直しを行ってきた。

今般、農薬の安全性に関する審査の充実を図るため農薬取締法が改正されたことにより、生態影響評価においては、陸域を含む生活環境動植物を対象を拡大する道が拓けた。

新たな動植物の導入による登録基準の設定について検討するにあたっては、申請者の負担や実験動物の命にも考慮しつつ、これまで集積してきた科学的知見を活用し、新たな一歩を踏み出していきたい。

|   |   |   |
|---|---|---|
| 植 | 物 |   |
|   | 防 | 疫 |
| 講 | 座 |   |

## 病害編-11

*Spongospora* 属菌による病害の発生生態と防除

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
北海道農業研究センター

なか やま たか と  
中 山 尊 登

## はじめに

ジャガイモは我が国の農業において重要な基幹作物の一つであり、広大な農地を利用して大規模畑作が行われている北海道において、平成 29 年度には、全国生産の約 8 割にあたる 188 万トンが生産されている。ジャガイモの生産阻害要因の一つに土壌病害があり、*Spongospora* 属菌によるジャガイモ粉状そうか病もしばしば大発生し被害をもたらしている。本稿では粉状そうか病菌を中心に *Spongospora* 属菌による病害の発生生態と防除について解説する。

I *Spongospora* 属菌の分類

*Spongospora* 属菌は、原生生物の一群であるケルコゾア (Cercozoa) 門のネコブカビ綱ネコブカビ科 (Plasmodiophoraceae) に属し、本科にはほかに農業生産上重要なネコブカビ菌 *Plasmodiophora* やポリミキサ菌 *Polymyxa* 等が属する。ネコブカビ類は菌糸体を形成せず、感染した宿主体内で認められるアメーバ様の変形体、耐久生存器官である休眠孢子、ならびに鞭毛を有し運動能をもつ遊走子の各形態をとる。ネコブカビ類はいずれも人工培地で培養のできない絶対寄生菌であり、宿主細胞なしでは生活環を全うできない。*Spongospora* 属菌は内部に空洞を有するスポンジ状の休眠孢子塊 (以下孢子球) を形成するのが特徴で (図-1)、同属には 3 種 *S. subterranea*, *S. campanulae* [以下 Sca], ならびに *S. cotulae* [同 Sco] が知られており、これらのうち *S. subterranea* には 2 分化型 *S. subterranea* f.sp. *subterranea* [同 Sss] および *S. subterranea* f.sp. *nasturtii* [同 Ssn] が存在する。いずれも植物寄生性で、Sca はカンパニュラ (*Campanula* spp.) に、Sco はコツラ (*Cotula* spp.) に、Sss はナス科植物に、Ssn はオランダガラシ (クレソン, *Nasturtium* spp.) に寄生する (KARLING, 1968)。

Epidemiology and Control of Plant Diseases Caused by *Spongospora*.  
By Takato NAKAYAMA

(キーワード: *Spongospora* 属, ジャガイモ粉状そうか病)

## II ジャガイモ粉状そうか病菌

*(S. subterranea* f.sp. *subterranea*) の生活環と特徴

*Spongospora* 属菌のうち、我が国において農業上重要なのは、主としてナス科植物を寄主範囲とするジャガイモ粉状そうか病菌 (以下 Sss) であり、ジャガイモに粉状そうか病 (powdery scab) を引き起こすほか、ジャガイモ塊茎褐色輪紋病の原因ウイルスであるジャガイモモップトップウイルス (potato mop-top virus; PMTV) を媒介する (JONES and HARRISON, 1969)。粉状そうか病は Sss がジャガイモ地下部 (根、塊茎) に感染することで、塊茎表面に瘡蓋状の病斑や、根部にゴールが形成されるが、地上の茎葉部に病徴は現れない。主たる伝染源は土壌中や種いも表面に付着した孢子球である。孢子球は淡褐色、楕円～卵円型で、内部に空隙があり、大きさは 19～85  $\mu\text{m}$  で、1 個の孢子球中には休眠孢子 (直径約 4  $\mu\text{m}$ ) が平均で 667 個 (155～1,526 個) 含まれていたとの報告がある (FALLOON et al., 2011) (図-1)。種いもが植え付けられると、宿主根部からの浸出物に反応して休眠孢子が発芽し (MERZ, 1993; BALENDRES et al., 2016)、長短 2 本の鞭毛を持つ、球～卵型の 1 個の遊走子を生じ、土壌



図-1 ジャガイモ粉状そうか病菌の孢子球

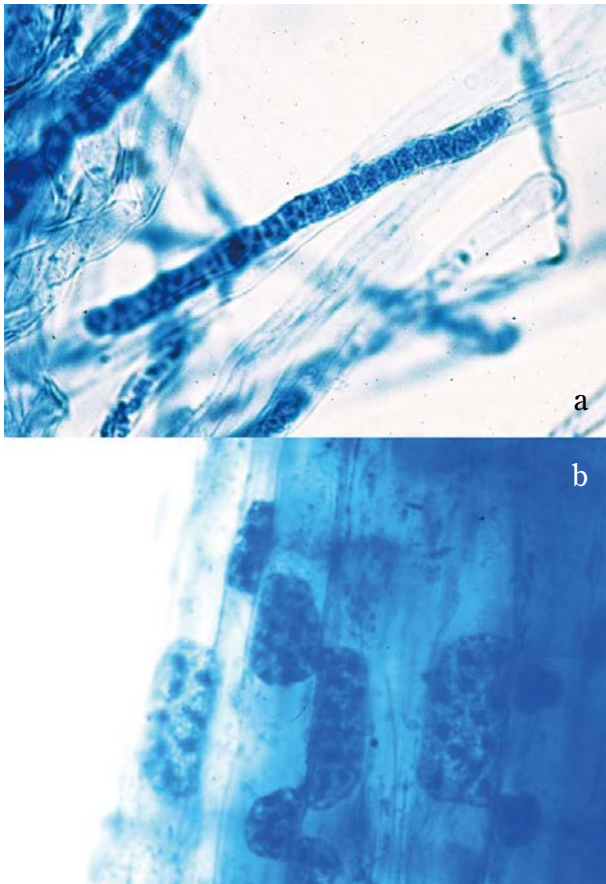


図-2 ジャガイモ粉状そうか病菌のトマト根毛中の遊走子のう (a) と表皮細胞中の変形体 (b)

水中を遊泳して宿主の根毛や根の表皮細胞に感染する。感染した Sss は根内部で変形体となり、さらに遊走子のうへ分化する (図-2 a,b)。そこから生じる 2 次遊走子がさらに根部、塊茎に感染し、2 次変形体、休眠孢子へと分化する過程で病斑が形成される (図-3)。初期に生じる微小な褐色斑点から、感染細胞の増殖、肥大に伴って表皮が裂けて白色いぼ状の隆起病斑となり、その内部は孢子球で満たされる。塊茎の成熟に伴って隆起病斑組織は褐変、崩壊し、内部の孢子球が土壤中に放出されるとともに病斑は陥没し、周囲に表皮断片がひだ状に残された特徴的な病斑となる (図-4 a~d)。子いもへの感染は塊茎形成初期から起こり、未熟皮目、新鮮な傷、芽部を通して起こる。病原菌の宿主への侵入は低温 (17~19℃)、多湿条件下で旺盛であるが、20℃ 以上では抑制される (成田・宇井, 1958)。このため、塊茎形成期以降に冷涼・多雨の年に多発する傾向がある。土壌 pH は本病の発症程度にはほとんど影響しないと考えられている (MERZ, 1989 ; 2008)。

Sss の孢子球は耐久性が非常に高く、宿主植物がない状態でも土壤中で 10 年以上生存できる (MERZ, 2008)。耐熱性も高く、pH が中性条件の懸濁液中では、80℃、60 分間の加熱によっても死滅しないため (NAKAYAMA and MAOKA, 2013)、堆肥化熱ですべて死滅させることが困難である (清水, 2012)。また、家畜の消化管を通過しても完全には死滅しないことが知られている (PETHYBRIDGE,

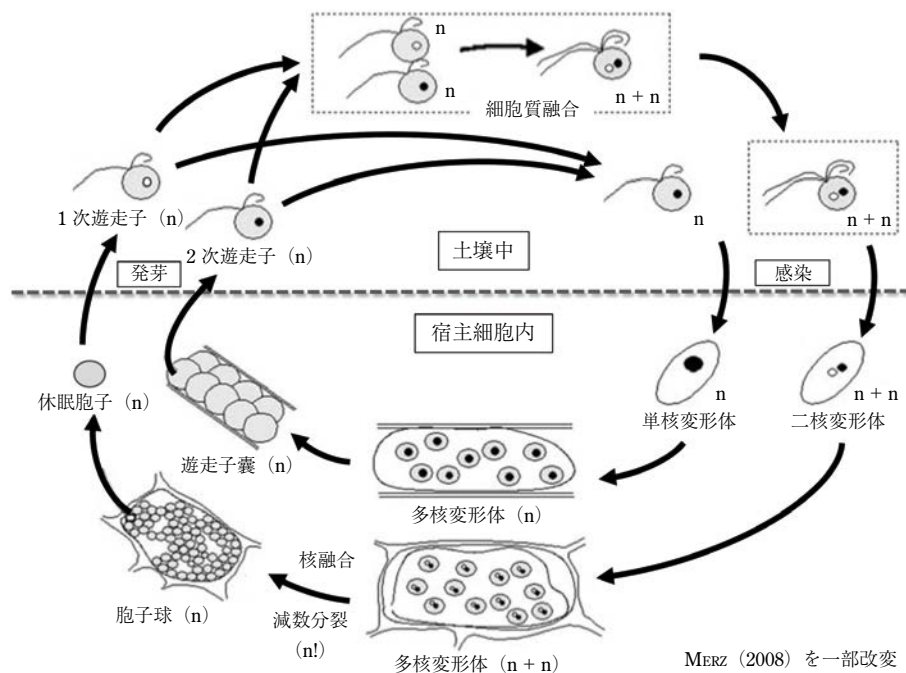


図-3 ジャガイモ粉状そうか病菌の生活環  
点線内は未確認。

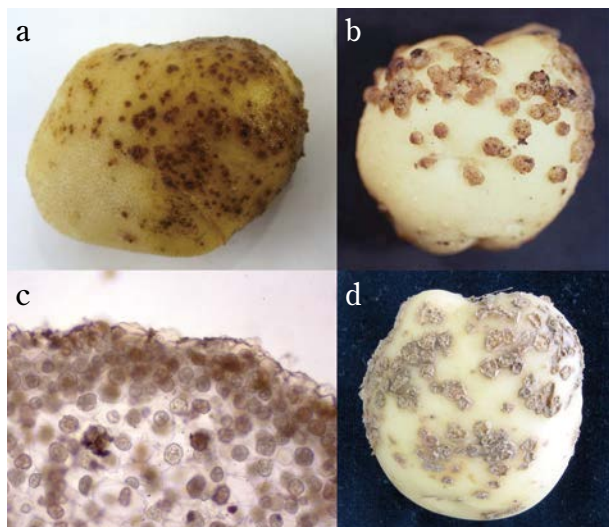


図-4 ジャガイモ粉状そうか病の病徴  
a: 初期病斑（褐色斑点）、b: 隆起病斑、  
c: 隆起病斑の断面、d: 典型的な病斑。

1911; MERZ et al., 2008)。近年の輸入飼料価格の高騰を背景に、ジャガイモでん粉製造過程の副産物であるでん粉粕が飼料資源として注目されているが、でん粉原料には粉状そうか病の罹病いもが含まれることがあり、そうした原料から発生するでん粉粕には、Sss が含まれる可能性がある。これを飼料として家畜に給与すると、その排泄物中には Sss の孢子球が生きた状態で排出され、そのまま畑地に還元すると菌の拡散の原因になる。一方ででん粉粕はサイレージ発酵により良質の飼料となるが、その発酵条件を制御することにより、でん粉粕中の Sss を死滅させられることがわかっている（中山・村井，2012）。そのため、でん粉粕の飼料利用にあたっては、サイレージ化や排泄物の堆肥化等の処理を組合せて Sss の菌密度低減に努め、菌の拡散に注意を払う必要がある。

### III ジャガイモ粉状そうか病による被害

粉状そうか病は、我が国においては 1954 年北海道で国内初発生が報告された後（明日山，1954）、長崎、佐賀、宮崎、岡山、広島、兵庫、石川、愛知、静岡、群馬等の各県などでも発生が確認され、現在、我が国のジャガイモ栽培地帯に広く分布している。ジャガイモの主産地である北海道において、本病は毎年栽培面積の約 10% 程度で発生が認められており、2017 年度には 3,641 ha（栽培面積の 7.1%）で発生が報告されている（北海道農政部ほか，2017）。本病の被害は、主として収穫された食用、加工用用途の塊茎表面に病斑が形成されることによる商品価値の喪失によるものであるが、本病の病斑が土壌中の疫病菌や黒あざ病菌など他の病原菌による二次感染の



図-5 根部に形成されたゴール

経路になると報告されている（MERZ, 2008）。本病はジャガイモの収量には影響を及ぼさないと考えられてきたが、FALLOON et al. は Sss の根部感染によってジャガイモ根の機能が低下し、その結果、茎葉部や根部の重量が減少し、収量が 42% 低下したと報告している（FALLOON et al., 2016）。

### IV ジャガイモ粉状そうか病の見分け方

粉状そうか病の病徴は、*Streptomyces* 属放線菌によるジャガイモそうか病と病徴が似ているため、両者は現場で混同されていることが多い。実際の生産現場において両者をまとめて「そうか」として扱っている例も見受けられる。しかし、両者は病原菌が全く異なり、前述のように本病は冷涼、多湿条件下で多発する傾向にあるのに対し、そうか病は高 pH 土壌（pH6.5 以上）や、より高温で乾燥した条件下で発生が多いなど、発生好適条件が異なる。このため確実な防除対策を実施するためにも、両者は区別して取り扱う必要がある。本病は病斑の直径が数～5 mm 程度で、そうか病の病斑と比較して小さく、周囲に破れた表皮片がひだ状に残されている特徴がある。また病斑をスパチュラなどで軽く削ることにより、病名の由来である粉状物がこぼれ落ち、これを少量採取して検鏡し、孢子球の存在を確認することや、根部にゴールが形成されることで、そうか病と識別できる（図-5）。

### V 粉状そうか病の防除法

本病に対する耕種的防除対策としては、無病種いもの使用、抵抗性品種の利用、4 年以上の輪作、圃場排水性

の改善, などが生産現場において指導されている (北海道病害虫防除所・北海道農政部, 2017; 長崎県農業経営課, 2018)。抵抗性品種の利用は有力な被害回避の手段であるが, 本病に対して免疫性を示す品種は知られていない。しかしながら, 本病に対する抵抗性には明確な品種間差があることが判明している。例えば‘男爵薯’は弱, ‘キタアカリ’, ‘トヨシロ’はやや弱, ‘農林1号’, ‘ワセシロ’, ‘コナフブキ’は中, ‘メークイン’, ‘ホッカイコガネ’, ‘さやか’, ‘アーリースターチ’はやや強, ‘スノーマーチ’, ‘スノーデン’は強と評価されている (中山ら, 2011)。このほか, アブラナ科作物であるカラシナ (*Brassica juncea*), セイヨウアブラナ (*B. napus*) を輪作体系における緑肥として組み込むことによる, 後作ジャガイモにおける本病の発病抑制 (LARKIN and GRIFFIN, 2007) や, カラシナを用いたバイオフューミゲーションによる本病の発病抑制が報告されている (PHILLOT and MERZ, 2014)。殺菌剤施用も本病防除に有効であり, 植付前にフルアジナム剤, フルスルファミド剤またはアミスプロロム剤の全面散布土壌混和処理を行う。生物的防除に関して実用段階あるものはないが, ジャガイモ栽培圃場土から分離された拮抗糸状菌 *Aspergillus versicolor* Im6-50 株の種いも処理による本病の発病抑制が報告されている (NAKAYAMA, 2017)。また, ジャガイモの植付前の圃場の Sss による汚染程度を知る方法として, おとり植物を用いた土壌汚染程度評価法が考案されており, Sss の感染ポテンシャルと粉状そうか病の発病程度の間に関連があることが報告されている (NAKAYAMA et al., 2007)。これを利用して本病の発病程度を事前に予測することができれば, 作付品種の選択や薬剤施用の要否判断等, 本病防除の効率化につながることを期待される。

## おわりに

ジャガイモ粉状そうか病は初発生報告が 1950 年代と, 他の病害と比較して歴史の浅い病害である。近年の気候温暖化の影響で, 発生が減少傾向にあるように感じられ

る一方で, 数年に一度大きな発生を認めている。本病の発生生態にはまだ不明な点があり, 知見を積み上げ, その全容を明らかにしていくことが, 本病の克服に重要である。

## 引用文献

- 1) 明日山秀文 (1954): 植物防疫 8(12): 510~513.
- 2) BALENDRES, M. A. et al. (2016): J. Agric. Food Chem. 64(40): 7466~7474.
- 3) FALLOON, R. E. et al. (2016): Plant Pathol. 65(3): 422~434.
- 4) ——— et al. (2011): Acta Protozoologica 50(2): 121~132.
- 5) 北海道病害虫防除所・北海道農政部 (2017): 平成 30 年度 北海道農作物病害虫・雑草防除ガイド (付植物成長調整剤使用ガイド), p.106.
- 6) 北海道農政部ほか (2017): 平成 29 年度 農作物有害動物発生予察事業年報, p.143.
- 7) JONES, R. A. C. and B. D. HARRISON (1969): Ann. Appl. Biol. 63: 1~17.
- 8) KARLING, J. S. (1968): The Plasmodiophorales (2nd ed.), Hafner Publishing Co., N.Y., p.68~76.
- 9) LARKIN, R. P. and T. S. GRIFFIN (2007): Crop Protection 26(7): 1067~1077.
- 10) MERZ, U. (1989): Bulletin OEPP 19: 585~592.
- 11) ——— (1993): Proceedings of the Second Symposium of the International Working Group on Plant Viruses with Fungal Vectors, Denver, USA, p.103~106.
- 12) ——— (2008): Am. J. Potato Res. 85: 241~246.
- 13) ——— et al. (2008): Abstract of the Seventh Symposium of the International Working Group on Plant Viruses with Fungal Vectors, Quedlinburg, Germany, p.33.
- 14) 長崎県農業経営課 (2018): 平成 30 年病害虫防除基準.
- 15) NAKAYAMA, T. (2017): J. Gen. Plant Pathol. 83(4): 253~263.
- 16) ——— et al. (2007): ibid. 73: 229~234.
- 17) ——— and T. MAOKA (2013): Proceedings of the Ninth Symposium of the International Working Group on Plant Viruses with Fungal Vectors, Obihiro, Japan, p.45~48.
- 18) 中山尊登・村井 勝 (2012): 北日本病虫研報 63: 46~51.
- 19) ———ら (2011): 北日本病害虫研究会報 61: 52~56.
- 20) 成田武四・宇井格生 (1958): 北海道立農業試験場集報 3: 25~45.
- 21) PETHYBRIDGE, G. H. (1911): J. Dept. Agric. Tech. Instr. Ireland 11: 417~419.
- 22) PHILLOT, M. and U. MERZ (2014): Second International Powdery Scab Workshop, Pretoria, South Africa, [http://www.spongospora.ethz.ch/SA\\_2014/docus/day3/Merz%20Musc\\_tard\\_trial\\_2013.pdf](http://www.spongospora.ethz.ch/SA_2014/docus/day3/Merz%20Musc_tard_trial_2013.pdf)
- 23) 清水基滋 (2012): 北日本病虫研報 63: 42~45.

|   |   |   |
|---|---|---|
| 植 | 物 |   |
|   | 防 | 疫 |
| 講 | 座 |   |

## 虫害編-10

## フタオビコヤガの発生生態と防除

鳥取県農業試験場 おくたに 奥谷 やすよ 恭代・ふくだ 福田 ゆうき 佑記

## はじめに

フタオビコヤガ *Naranga aenescens* Moore は、日本および東南アジアに広く分布する水稻害虫(図-1)である。本種は1960年代半ばまでは一般的な水稻害虫であった(宮原, 1972)が、その後急激に減少し、ごく一部の常発地以外では防除対象から除外されていた。ところが、2000年ころから各地で本種の発生面積が急増し、常発地のみならず平坦部においても多発地域が拡大した(小谷ら, 2005; 衛藤, 2009)。鳥取県においても、2005年に突然本種の被害が顕在化し、2011年ころまで発生面積率50~90%で推移し、一部では減収被害が発生し

た。この状況をうけ、本種は全国的に再び水稻の主要害虫として位置づけられ、2016年に植物防疫法に基づく指定有害動植物の対象となっている。

## I 形態

成虫は体長7~11 mm、前翅長18~25 mmの小型の蛾である。前翅の色は第1世代以後では濃黄色で、越冬世代成虫では暗色をおびる。前翅には名前の由来になったと思われる暗紫色の2本の太い斜線がある。雄の斜線は明瞭であるが、雌ではやや不明瞭である(図-1)。

卵は直径0.5 mm程度のまんじゅう型で、特定の場所に集中することなく数粒ずつ点々と葉面に産卵される。

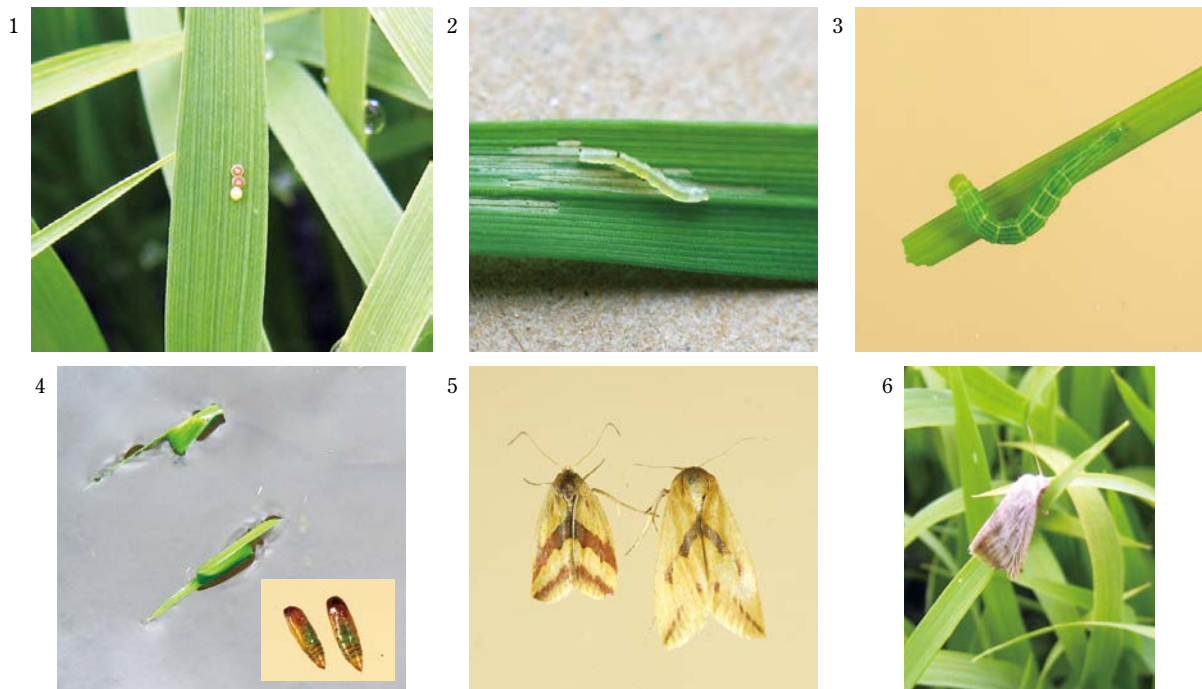


図-1 フタオビコヤガの各態

1: 卵, 2: 1 齢幼虫, 3: 終齢幼虫, 4: 水面に浮いているツトと蛹,  
5: 成虫 左: 雄, 右: 雌, 6: 越冬世代成虫。

Ecology and Management of Green rice caterpillar, *Naranga aenescens* Moore (Lepidoptera: Noctuidae). By Yasuyo OKUTANI-AKAMATSU and Yuki FUKUDA

(キーワード: フタオビコヤガ, 発生生態, 発生予察, 管理方法)

産卵直後はクリーム色であるが、時間経過とともに紅色の環が現れ、ふ化が近くなると全体が紫黒色に変化する(図-1)。

幼虫は淡い緑色でシャクトリ状に歩行する。ふ化幼虫は体長 1~1.5 mm、頭幅 0.2~0.3 mm 程度、終齢幼虫は体長 20~22 mm 程度となる(図-1)。終齢幼虫はイネの葉先を 2~3 重に巻いてちまき状のツト(蛹室)を作り、その中で蛹化する。蛹は緑褐色から濃褐色で、体長 8~9 mm 程度である(図-1)。

## Ⅱ 発 生 生 態

越冬は蛹で行われる。主要な越冬場所は水田の土壌表面や稲わらである。東北から九州北部では 4 月下旬から 5 月上旬、北海道では 5 月下旬ころから越冬世代成虫が

羽化する。本種は多化性で、水田内で世代を数回繰り返す。年間の発生回数には地域間差が大きく(宮下, 1956)、北海道~東北では年 3~4 回(宮下, 1956; 木幡・井上, 1964; 岸野・佐藤, 1975; 遠藤ら, 1989; 橋本, 2004)、西日本では年 5~6 回(宮下, 1956; 小谷ら, 2005; 衛藤, 2009; 奥谷, 2011)発生する。越冬世代成虫は水田に移植されたイネの葉上に産卵するが、周囲の水田の大半が移植前場合には、育苗中の苗に産卵することが多く、移植前の育苗箱内ですでに幼虫が発生する(奥谷, 2011)。水田における幼虫の発生は、北日本から北陸では 6 月上旬中旬から 9 月上旬、西日本では 5 月下旬から 9 月下旬である。幼虫の発生盛期も地域あるいは栽培体系によって変化するが、おおむね北海道から北陸地域では 8 月上旬(第 3 世代幼虫)、中国・四国地方では 7 月中

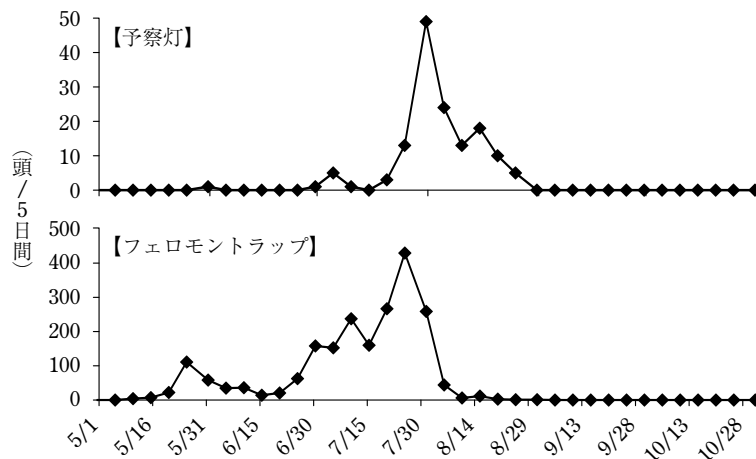


図-2 鳥取県平坦部におけるフタオビコヤガ成虫の発生活長

注) 調査場所：鳥取県鳥取市(鳥取県農業試験場内)、調査年：2007 年、予察灯；60 W 白熱灯を光源とし、誘殺成虫数を日別に計数し、5 日間分を合計。

フェロモントラップ；SE 粘着トラップ(S 型)の粘着部の中央にフタオビコヤガ合成性フェロモン剤を取り付け、粘着面が水稻の草冠部となるように水田畦畔に設置。調査は約 5 日ごとに行い、誘引源は 1 か月ごと、粘着板は調査ごとに交換。

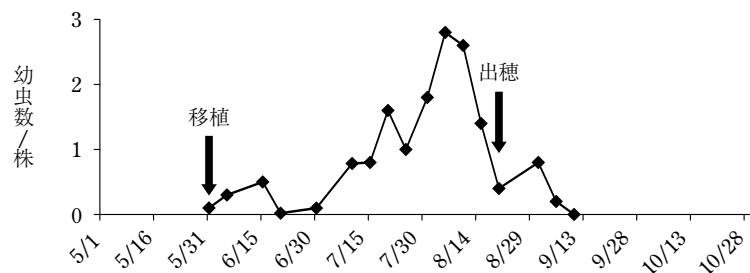


図-3 鳥取県平坦部の水田におけるフタオビコヤガ幼虫の発生活長

注) 調査場所：鳥取県鳥取市(鳥取県農業試験場内)の害虫無防除水田、調査年：2007 年、移植日：5 月第 6 半旬、出穂日：8 月第 4 半旬。

調査方法：50 株について、5~6 月中旬は見取り、6 月下旬~9 月は払い落としで株当たりの幼虫数を計数。

旬～8月上旬（第3～4世代）、九州の平坦部では8月中下旬（第4～5世代）である（宮下，1956；木幡・井上，1964；岸野・佐藤，1975；小谷ら，2005；衛藤，2009；奥谷，2011；相花ら，2013）。なお、これらの時期は、各地域とも幼穂形成期～出穂前後にあたるため、幼虫の食害による水稻への被害も最も大きくなる。西日本では、6～7月上旬に発生する第1～2世代幼虫が多発する事例もある（宮下，1956）。成虫と幼虫の年間の発消長の例として、鳥取県の平坦部に位置する鳥取県農業試験場で調査した結果を図-2および図-3に示すので、参考にいただきたい。

フタオビコヤガの発育速度は、15～30℃の範囲では直線的に増加し、高温になるほど速い（岸野・佐藤，1975）。25℃の飼育条件下では、卵が3～5日間、幼虫が13～17日間、蛹が5～6日間、産卵前期間が1～2日間であり、約28日間程度で1世代を経過する（岸野・佐藤，1975；奥谷・福田，2017）。幼虫は乾燥に弱く、特にふ化直後から若齢幼虫期はこの傾向が顕著である。発育に適する湿度は80～90%で、60%以下では幼虫の生存率が急激に低下する。幼虫の湿度に対する反応は、野外の水稻上における幼虫の寄生部位からもうかがわれる。晴天の日の昼間、幼虫は、湿度が比較的高い下位葉に多く、曇雨天の日や夜間で湿度が高い時間帯は上位葉に移動する。また、発生量は、降雨日数および湿度との間に高い正の相関が認められる（江村・小嶋，1974）。さらに、繁茂程度を変えた水稻に対するフタオビコヤガの増殖の差が検討されており、産卵数、幼虫および蛹の寄生数は繁茂程度の高い条件で多いこと、要因として、繁茂により幼虫の成育に好適な湿度条件となったことに

加え、窒素過多による葉の栄養状態も幼虫発育に好適であったことが明らかになっている（小嶋・江村，1976）。

フタオビコヤガの休眠の誘起には、種々の条件が複雑に関与していることが知られている。岸野・佐藤（1975）によると、休眠の誘起には光周期が主導的役割を果たしているが、休眠誘起の臨界日長は水稻の生育状態や気温によって異なり、栄養成長期より生殖成長期の水稻で長く、高温に比べ低温で長くなる。東北地方の個体群では、休眠蛹の出現する臨界ふ化時期は7月中旬であり、7月下旬以降に出現する成虫由来の世代から休眠が誘起される。

### III 被害と要防除水準

1～2齢幼虫は水稻の葉の表面を食害し、3齢以上の幼虫は葉の縁を蚕食する。したがって、加害初期は白いかすり状の食痕、中期以降は階段状の食痕が発生する（図-4）。多発した水田では葉がほとんど食べ尽くされ、上位葉だけが残っている状態になる。1～2齢幼虫の食害量は少ないが、幼虫が3齢以上になると食害量が急増するため、被害は急激に拡大する。水稻の出穂前後に加害された場合が最も被害が大きく、食害量が多い場合は収量に影響を及ぼす。幼穂形成期前の食害では穂数や籾数の減少、幼穂形成期以降では登熟歩合の低下や千粒重の減少が起こる（橋本，2004；中島・横山，2011）。また、水稻の生育初期の著しい食害によって、株の消失もしくは生育遅延を引き起こすこともある。

本種による被害は北海道や東北地方で詳細に解析され、要防除水準が設定されている。北海道では、切葉処理から求めた被害許容葉面積を、幼虫の摂食面積を用いて被害許容幼虫密度に換算し、第1回目幼虫発生時期の



図-4 フタオビコヤガの食害  
左：1～2齢幼虫，右：3齢以上の幼虫。

6月下旬では2.7頭/株、第2回目幼虫発生時期の7月下旬では9.2頭/株、第3回目幼虫発生時期の8月下旬では27.2頭/株を要防除水準としている（橋本，2004）。山形県では、幼虫の発生食害調査および切葉処理による被害解析から、本種の食害株率および食害度を指標とし、6月上旬では食害株率100%、食害度75、7月中旬および8月上旬では食害株率100%、食害度25を要防除水準としている。なお、食害度は、食害葉面積率50%以上、30%以上50%未満、15%以上30%未満、15%未満の被害株数をそれぞれA、B、C、Dとし、 $(4A + 3B + 2C + D) / (4 \times \text{調査株数}) \times 100$ の式により算出した（中島・横山，2011）。

#### IV 発生予察

7～8月に発生する第3～5世代の幼虫が最も大きな被害をもたらすため、その1～2世代前の成虫や幼虫の発生量や発生時期を知ることが予察上重要である。

##### 1 調査方法

成虫の調査には古くから予察灯が用いられている。6月以降の各世代の発生状況は、予察灯への誘殺数の推移で把握可能である。しかし、越冬世代は予察灯へ誘殺されない、もしくは誘殺数が非常に少ないことが指摘されている（木幡・井上，1964；岸野・佐藤，1975；遠藤ら，1989）。これは、越冬世代発生時期の夜間の気温が飛翔活動の下限温度付近で推移するためと考えられている。

一方で、フタオビコヤガの性フェロモン剤が市販されており、フェロモントラップによる調査も行われている（遠藤ら，1989；衛藤ら，2007；2008；横山ら，2012）。トラップでの誘殺数は予察灯への誘殺数の4～10倍程度と強い誘引力を示すこと、予察灯では誘殺されにくい越冬世代も確実に誘殺されること、6月以降のフェロモントラップと予察灯の誘殺数の推移パターンは類似すること等、フェロモントラップ調査には利点が多い（遠藤ら，1989）。なお、本種のトラップ調査において、水田畦畔もしくは水田内に、SE粘着トラップ（S型）を高さ地上50 cm～草冠上部30 cmになるよう設置すると、捕獲数が多く、明瞭な誘殺ピークが捉えられる（衛藤ら，2008）。

幼虫は水稻の葉と同じ色をしているが、常に水稻の葉の上にいるので、発生の有無を簡単に見分けることができる。なお、前述の通り、晴天の日の昼間、幼虫は株の下位葉にすることが多く、反対に曇雨天の日は日中でも上位葉に比較的多く見られるので、調査の際はこの点も考慮する。また、幼虫はイネ株をたたくとすぐに落下するので、発生量を調査する際は、水面もしくはバット等に幼虫を払い落として虫数を調査する。また、発生量が

多い場合は、捕虫網によるすくい取りによっても調査可能である。ただし、すくい取り調査による発生程度別基準は設定されていないので、調査結果の取り扱いには注意が必要である。

##### 2 発生しやすい条件

若齢幼虫期は乾燥に弱いことから、気象条件として、幼虫期間、特に若齢幼虫期に曇雨天が多く、湿度が高い年は発生が多くなる。また、圃場条件として、湿度が高くなりやすい圃場、例えば、山間や山沿いの地域、集落周辺、堤防沿い等風通しの悪い水田、草型が大きくなりやすい品種を栽培している水田、窒素過多によって過繁茂となっている水田では本種が発生しやすい。

##### 3 発生時期の予測

山形県では、メッシュ気温データおよび近傍のアメダス気温データを用い、本種の発育零点および有効積算温度から越冬世代～第2世代成虫の羽化時期を推定するとともに、推定された羽化時期をフェロモントラップ調査による成虫誘殺盛期と比較することによって、その適合性が検討された（横山ら，2012）。その結果、成虫の発生時期には調査を行った地域間で大きな差が見られたが、1 km 四方メッシュ気温データを用いて推定した羽化時期は、フェロモントラップ調査の結果と、いずれの地域においてもよく一致し、成虫発生時期を推定できることが明らかとなった。予察灯やフェロモントラップによる調査に加えて、気象データを利用することにより、さらにきめ細かい予測が可能となるであろう。

#### V 管理方法

前述の通り、フタオビコヤガの幼虫は、その発消長に地域間差が認められるものの、水田内でおおむね6～9月に発生する。この期間中、特に7～8月に発生する幼虫による水稻の食害が最も問題視されていることから、この時期に発生する幼虫を重点的に防除する。現在、水稻害虫に対する薬剤防除は、育苗箱施用剤の播種時～移植時処理と、本田における殺虫剤の茎葉散布に大別され、本種の防除においても各地域の水稻防除体系に沿った方法を選択する。

##### 1 育苗箱施用剤

育苗箱施用剤は、イネミズゾウムシ、イネドロオイムシのような初期害虫、ウンカ・ヨコバイ類、チョウ目害虫、いもち病、紋枯病等の病害を同時に防除可能な薬剤が多く、日本全国で広く普及している。近年の水稻栽培では、高年齢化や担い手不足による防除体制の弱体化、急激な規模拡大、農薬成分数が制限された特別栽培米の面積拡大等により、突発的に発生した病害虫に対する追

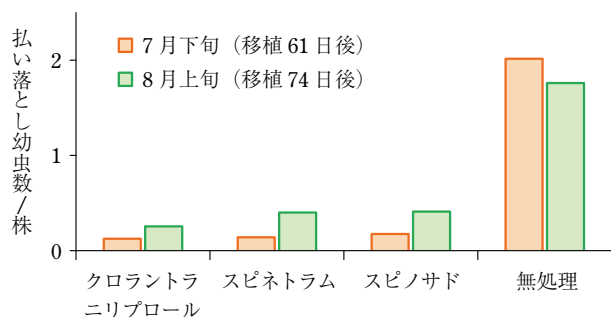


図-5 フタオビコヤガ幼虫に対する育苗箱施用剤の防除効果

注1) 試験の概要

試験場所：鳥取県鳥取市（鳥取県農業試験場内）、  
試験年：2010年。  
耕種概要：移植日：5月第6半旬，稚苗機械移植  
（18箱/10a），出穂日：8月第5半旬。

注2) クロラントラニプロロール：クロチアニン・クロラントラニプロロール・イソチアニル粒剤。

スピメクトラム：クロチアニン・スピメクトラム・イソチアニル粒剤。

スピノサド：イミダクロプリド・スピノサド・イソチアニル粒剤。

※いずれも，移植当日，50g/箱を手まき散布した。

加防除が困難な状況にある。したがって，フタオビコヤガに対して効果が高い育苗箱施用剤を選択すれば，現行の防除体系を大きく変更する必要がないため，生産現場への導入が容易である。

近年，チョウ目害虫に対して卓効を示すジアミド系およびスピロシン系の殺虫剤を含有した育苗箱施用剤が開発され，これらの薬剤のフタオビコヤガに対する防除試験が各地で行われた。その結果，いずれの薬剤も防除効果が高く，薬剤の残効期間も十分であることが確認された（小谷ら，2005；衛藤，2009；相花ら，2013）（図-5）。これらの殺虫成分は，他の水稻の主要病害虫に農薬登録されている殺菌剤あるいは殺虫剤と混合されて市販されており，現在，全国で広域に普及するに至った。しかし，熟期が遅い水稻品種栽培圃場において，幼虫の発生盛期に十分な防除効果を示さない事例があり，育苗箱施用剤の残効切れが原因と推察された（衛藤，2009）。このような場合は，次項を参考にして茎葉散布剤の追加防除を行う。

## 2 茎葉散布剤

フタオビコヤガは薬剤に対する感受性が高く，殺虫剤による防除効果が上がりやすい害虫とされている（小嶋・平井，2003）。現在，本種に農薬登録をもつ化学合成の殺虫剤は，若齢幼虫主体の激発条件下（衛藤，2009），または中齢幼虫が主体の中～多発生条件下（奥谷，未発表）において，高い効果を有することが示されている。さらに，近年，微生物殺虫剤（BT剤）も本種

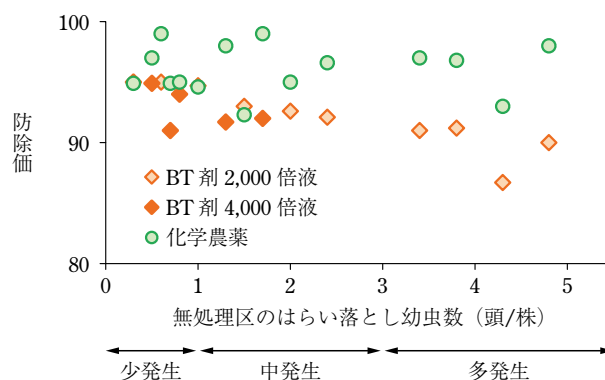


図-6 フタオビコヤガ幼虫に対する茎葉散布剤の防除効果

注1) 試験の概要

試験場所：鳥取県八頭郡八頭町。

試験年：2011年および2012年，移植日：5月第3～4半旬，散布日：幼虫発生盛期（7月第4～5半旬）。

注2) 供試薬剤

化学農薬：シラフルオフェン乳剤（2,000倍），BT剤：チューンアップ顆粒水和剤（200倍もしくは4,000倍）。

※100～150 l/10aを背負い式動力噴霧器で散布し，薬液に展着剤を加用。

注3) 防除値は散布7日後のはらい落とし幼虫数から算出。

に農薬登録され，その効果は化学農薬と同等からやや低いものの，実用上十分であった（図-6）。BT剤の特性上，効果の発現は化学農薬よりやや遅いが，防除場面では特に問題ないと考えられる。

茎葉散布剤の散布は本種の防除に有効な手段である。しかし，特に夏期は幼虫期間が短く，食害量が急激に増加して被害が日ごとに拡大することから，防除適期は若～中齢幼虫期とされている。しかし，この期間は1週間程度と短く，さらに，若齢幼虫は微小であるため，水田での観察によりの確に発生時期を把握することは難しい。この状況をうけ，近年，フェロモントラップの誘殺数の推移から防除適期を判断する試みが行われている。佐賀県では，トラップ誘殺消長を基にした本田における防除適期の把握と防除効果が検討された。その結果，トラップ誘殺数の推移から本田における幼虫の発生時期が予測可能で，8月中旬ころの最多誘殺日から10日後以内の防除で被害を抑制できることが明らかとなった（衛藤ら，2011）。本田防除に重点をおく地域では参考にして頂きたい。

## おわりに

2000年ころからのフタオビコヤガの急激な発生増加の理由は明らかにされていないが，防除体系の変化が要因の一つとして指摘されている。少発生の時代は長期残効型の育苗箱施用剤が導入される前であり，本田において複数回の殺虫剤散布が行われていた。本種は茎葉散布

の殺虫剤に対する感受性が高いため、本種以外の害虫防除を目的とした殺虫剤の散布によって、発生増加前に同時防除されていたと推察される。その後、長期残効型の育苗箱施用剤の普及によって本田防除回数が激減し、さらに当時使用されていた育苗箱施用剤の本種に対する防除効果が不十分であったことも重なって、結果として発生が徐々に増加し、やがて被害が顕在化したと考えられる（小谷ら、2005；衛藤、2009）。

現在、フタオビコヤガに対して効果が高い育苗箱施用剤が広く使用されているため、全国的に少発生で推移し、多発圃場が減少している。しかし、本種は気象条件、天敵等の環境要因に影響も受けやすく、その発生様相は複雑である（梶原ら、1986）ことから、様々な要因の変化をきっかけに再び多発する可能性もある。今後も本種の発生動向には注意し、発生増加の兆候がある場合は的確な防除対策を講じて欲しい。

## 引用文献

- 1) 相花絵里ら (2013): 北日本病虫研報 **64**: 143~146.
- 2) 江村一雄・小嶋昭雄 (1974): 新潟農試研報 **23**: 27~36.
- 3) 遠藤秀一ら (1989): 北日本病虫研報 **40**: 105~107.
- 4) 衛藤友紀 (2009): 植物防疫 **63**: 95~97.
- 5) ———ら (2007): 第 51 回日本応用動物昆虫学会大会講演要旨, 146 (講要).
- 6) ———ら (2008): 第 52 回日本応用動物昆虫学会大会講演要旨, 43 (講要).
- 7) ———ら (2011): 九病虫研会報 **57**: 101 (講要).
- 8) 橋本庸三 (2004): 北日本病虫研報 **55**: 155~159.
- 9) 梶原敏宏ら (1986): 作物病害虫ハンドブック, 農林水産省農業研究センター, 養賢堂, 東京, p.761~762.
- 10) 木幡寿夫・井上 寿 (1964): 北日本病虫研報 **15**: 87~89.
- 11) 岸野賢一・佐藤テイ (1975): 東北農試研報 **50**: 27~62.
- 12) 小嶋昭雄・平井一男 (2003): 農業総覧原色病害虫診断防除編 1 普通作物, 追録第 33 号, 農文堂, 東京, p.55~56.
- 13) ———・江村一雄 (1976): 新潟農試研報 **25**: 53~60.
- 14) 小谷基文ら (2005): 四国植防 **40**: 39~45.
- 15) 宮原義雄 (1972): 応動昆 **16**: 163~165.
- 16) 宮下和喜 (1956): 農業技術研究所報告 **C6**: 11~16.
- 17) 中島具子・横山克至 (2011): 北日本病虫研報 **62**: 212 (講要).
- 18) 奥谷恭代 (2011): 応動昆中国支会報 **56**: 44 (講要).
- 19) ———・福田侑記 (2017): 植物防疫 **71**: 539~542.
- 20) 横山克至ら (2012): 北日本病虫研報 **63**: 145~149.

## 登録が失効した農薬 (30.9.1~9.30)

掲載は、**種類名**，登録番号：**商品名**（製造者又は輸入者）登録失効年月日。

### 「殺虫剤」

- シハロトリン・ジフルベンズロン水和剤  
17903：ICI ビリーブ水和剤（シンジェンタ ジャパン）  
18/9/6

### 「殺菌剤」

- フェリムゾン・フサライド水和剤  
18017：ホクコーブラシン水和剤（北興化学工業）18/9/13
- ペンシクロン粉剤  
16133：ヤシマモンセレン粉剤 DL（協友アグリ）18/9/24
- チウラム・TPN 水和剤  
13043：ダコグリーン（エス・ディー・エス バイオテック）18/9/28

### 「殺虫殺菌剤」

- MEP・バリダマイシン・フサライド粉剤  
15407：ホクコーラブバリダスミ粉剤 3DL（北興化学工業）18/9/13
- エトフェンプロックス・フェリムゾン・フサライド水和剤  
18233：ホクコーブラシントレボン水和剤（北興化学工業）18/9/13
- シラフルオフエン・フサライド粉剤  
18989：ホクコーラブサイドジョーカー粉剤 DL（北興化学工業）18/9/13
- アセフェート・ペルメトリン・イミベンコナゾールエアゾル  
20476：ホクコーオルトラン MP（北興化学工業）18/9/29

### 「除草剤」

- メトスルフロンメチル水和剤  
22530：デュボンサーベル DF（エフエムシー・ケミカルズ）18/9/1
- オキサジクロメホン・クロメプロップ・プロモブチド粒剤  
22443：黒帯ジャンボ（日本農薬）18/9/2
- ブタクロール・ベンゾビスシクロン・ベンゾフェナップ粒剤  
23693：メルタス 1 キロ粒剤（日産化学）18/9/9
- レナシル・PAC 水和剤  
21771：デュボン レナパック顆粒水和剤（エフエムシー・ケミカルズ）18/9/20
- オキサジクロメホン・ピラゾスルフロンエチル・ベンゾビスシクロン粒剤  
21773：シリウスいぶき 1 キロ粒剤（日産化学）18/9/20
- オキサジクロメホン・ピラゾスルフロンエチル・ベンゾビスシクロン水和剤  
21775：シリウスいぶき顆粒（日産化学）18/9/20
- カフェンストロール・ダイムロン・ペンスルフロンメチル・ベンゾビスシクロン粒剤  
21777：シロノック 1 キロ粒剤 51（デュボン・プロダクション・アグリサイエンス）18/9/20
- プロパモカルブ塩酸塩液剤  
22805：プロプラント液剤（アリスライフサイエンス）18/9/27

# 植物防疫講座

## 農薬編-10

### ミトコンドリア電子伝達系複合体 III 阻害剤

アグロ カネショウ株式会社 もり森

した下

さき祥

#### はじめに

化学農薬の持つ主要な役割は病虫害および雑草による作物の収量減を防ぐこと、品質の向上などである。一方、種々の化学農薬に対する抵抗性を発達させた病虫害のまん延は、農業生産の現場において重要な問題となっている。抵抗性管理の取り組みとして行われている同じ作用機作を持つ農薬の連用を避ける薬剤ローテーションには、農薬の作用機作に関する理解が必要である。

本稿では IRAC 分類の 20, ミトコンドリア電子伝達系複合体 III 阻害剤 (農薬工業会, 2018; 表-1) について解説する。現時点でミトコンドリア電子伝達系複合体 III 阻害剤として分類されている薬剤は 20A ヒドラメチルノン, 20B アセキノシル, 20C フルアクリピリム, 20D

ビフェナゼートである (図-1)。また, 2018 年 3 月に国内登録されたフロメトキンもミトコンドリア電子伝達系複合体 III 阻害剤であるとされている (武内ら, 2018)。

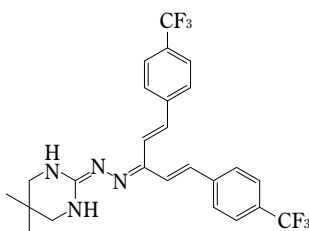
#### I 開発経緯

ヒドラメチルノン (hydramethylnon) は米国アメリカン・サイアナミッド社 (現 BASF 社) が発明した化合物で, 衛生害虫 (ゴキブリやアリ等) の防除剤としてアリの巣コロリ® (アース製薬株式会社) やコンバット® (大日本除虫菊株式会社) 等の給餌式殺虫剤などに用いられている。

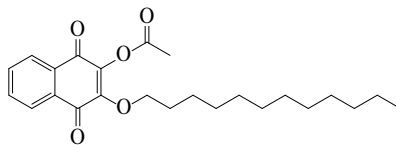
アセキノシル (acequinocyl) は 1975 年に米国 DuPont 社より特許が公開され, 創製された 1,4-ナフトキノン系の化合物である。日本においては, 1982 年より DPX-

表-1 IRAC 殺虫剤作用機構分類 (一部抜粋, 改変)

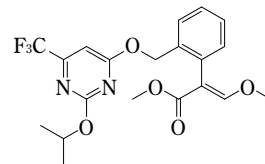
| 主要グループと 1 次作用部位                   | サブグループ<br>あるいは代表的有効成分 | 有効成分     | 農薬名 (例)<br>(剤型省略) | 標的<br>生理機能 |
|-----------------------------------|-----------------------|----------|-------------------|------------|
| 20<br>ミトコンドリア電子伝達系<br>複合体 III 阻害剤 | 20A ヒドラメチルノン          | ヒドラメチルノン |                   | エネルギー代謝    |
|                                   | 20B アセキノシル            | アセキノシル   | カネマイト             |            |
|                                   | 20C フルアクリピリム          | フルアクリピリム | タイタロン             |            |
|                                   | 20D ビフェナゼート           | ビフェナゼート  | マイトコーネ            |            |



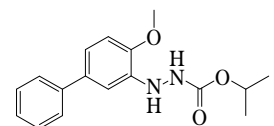
ヒドラメチルノン



アセキノシル



フルアクリピリム



ビフェナゼート

図-1 ミトコンドリア電子伝達系複合体 III を作用点とする化合物の化学構造式

Mitochondrial Complex III Electron Transport Inhibitors. By Saki MORISHITA

(キーワード: ミトコンドリア電子伝達系複合体 III, ユビキノーラーシトクロム *c* オキシドレダクターゼ, シトクロム *bc<sub>1</sub>* 複合体, ユビキノール, Q サイクル, 殺虫剤, 殺ダニ剤, 作用機構, ヒドラメチルノン, アセキノシル, フルアクリピリム, ビフェナゼート)

3792 の試験名で効果試験が実施されたが実用上の問題があり開発を断念した。アグロ カネショウ(株)はアセキノシルの殺ダニ剤としての活性に着目し、1985 年より原体製造方法、製剤方法、効果試験を開始し、剤型をフロアブル剤に変更することでその実用性を高めた。1990 年より AKD-2023 の試験名で日本植物防疫協会新農薬実用化試験を開始し、1999 年に農薬登録され、現在、カネマイト®フロアブルの商品名で販売されている。

フルアクリピリム (fluacrypyrim) は、ドイツの BASF 社からのライセンスアウトを受けた特許化合物群から日本曹達(株)が選抜、開発したメトキシアクリレート系の化合物である。フルアクリピリムは 1998 年から NA-83 のコード名で新農薬実用化試験を開始し、2002 年に農薬登録を取得し、タイタロン®フロアブルとして上市された。

ビフェナゼート (bifenazate) は、1992 年に米国ユニロイヤル社 (現アリスタ ライフサイエンス社) より特許が出願されたヒドラジンカルボキシレート系の化合物である。米国において同社により 1992~94 年にかけて効果などを検討し、本格開発が決定され、日本では 1996 年から日産化学(株)が導入し開発検討を開始した。1997 年から、NC-1111 のコード名で新農薬実用化試験を開始し、2000 年に農薬登録を取得した。現在、マイトコーネ®フロアブルの商品名で販売されている。

フロメトキン (flometoquin) は、Meiji Seika ファルマ(株)と日本化薬(株)の共同研究によって見いだされたキノリン骨格を有する新規殺虫剤である。2008 年から、ANM-138 のコード名で新農薬実用化試験を開始し、2018 年にファインセーブ®フロアブルとして農薬登録さ

れた (図-6, 三宅ら, 2018 と武内ら, 2018)。

## II 作用機構

### 1 ミトコンドリア電子伝達系阻害剤

ミトコンドリア電子伝達系複合体 III 阻害剤は生物のミトコンドリア内で行われる生命活動に必要なエネルギー (ATP) 生産を止める働きを持つ。エネルギー生産を阻害されると生物は死に至ることとなる。動物が摂取した食物は体内で糖類、アミノ酸、脂質等に分解される。これらの栄養物質は細胞内で生体の構成成分となると同時に、有機物を分解してエネルギーを取り出す呼吸鎖の働きに利用される。呼吸鎖では生命活動に必要な ATP が合成される。動物のエネルギー生産の過程は解糖系、クエン酸回路、電子伝達系に大別される。細胞の中にある小器官の一つであるミトコンドリアで、クエン酸回路により電子伝達系で利用される NADH, FADH<sub>2</sub> が生成され、電子伝達系ではこれらを使用して ATP を合成するために必要なプロトン勾配を作り出す。この電子伝達系にはミトコンドリア内膜に埋め込まれた I から IV の酵素複合体が存在する。本稿で解説するミトコンドリア電子伝達系複合体 III 阻害剤はこの酵素複合体 III を標的とする (図-2)。ミトコンドリア電子伝達系複合体 III はユビキノール-シトクロム *c* オキシドレダクターゼであり、シトクロム *bc*<sub>1</sub> 複合体と呼ばれる。この酵素はミトコンドリア内膜内で行われるユビキノール (QH<sub>2</sub>) 分子の酸化、および膜間腔側表面で行われるシトクロム *c* 分子の還元を触媒する (図-3)。

エネルギー生産の仕組みはほとんどの生物に共通して存在するため、この部位を作用点とする農薬が開発され

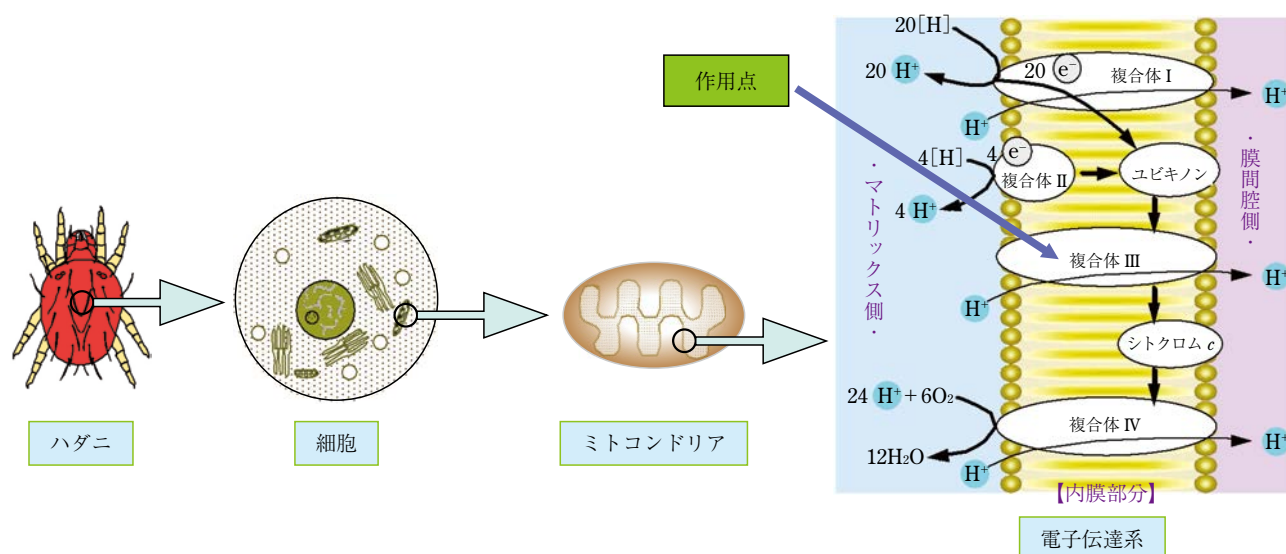


図-2 ミトコンドリア電子伝達系複合体 III 阻害剤の作用点

ている。ミトコンドリア（呼吸鎖）に作用する薬剤の IRAC, FRAC による分類を表-2 に示す。殺虫剤・殺菌剤ともに同じ作用点を持つものがある。殺虫・殺菌両方の活性を持つ薬剤もあるが、多くの場合、化学構造によりその活性スペクトルは異なっている。

## 2 各薬剤の作用機構

IRAC 作用機構分類のグループ 20B に分類されているアセキノシルはハダニ体内の代謝により脱アセチル化された活性本体である水酸化ナフトキノン化合物（図-4）がミトコンドリア電子伝達系複合体 III のシトクロム *b*

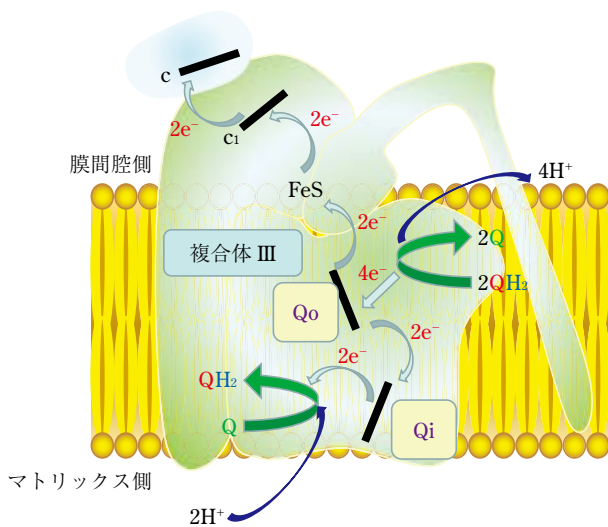


図-3 ミトコンドリア電子伝達系複合体 III 内外のプロトンと電子の流れ

表-2 ミトコンドリア（呼吸鎖系）に作用する薬剤の IRAC, FRAC による分類

|              | IRAC による分類 | FRAC による分類           |
|--------------|------------|----------------------|
| 電子伝達系複合体 I   | 21         | C1                   |
| 電子伝達系複合体 II  | 25         | C2                   |
| 電子伝達系複合体 III | 20         | C3 (QoI)<br>C8 (QoS) |
| 電子伝達系複合体 IV  | 24         | C4                   |
| ATP 合成酵素阻害   | 12*        |                      |
| 酸化的リン酸化脱共役   | 13         | C5                   |

\*：日本での登録薬剤はない。

の Qo 部位（ヘム *bl*）に結合し、Qo 部位で行われるユビキノール分子の酸化を阻害する（図-3）（KOURA et al., 1998）。

グループ 20C に分類されているフルアクリピリムはその化学構造がメトキシアクリレート系殺菌剤（QoI 殺菌剤, FRAC 作用機構分類：C3）に類似することから電子伝達系複合体 III に作用すると推測されている（図-1, 図-5）（DEKEYSER, 2005）。

グループ 20D に分類されているビフェナゼートは当初、神経系に作用する薬剤として Cl イオン作動性 GABA 受容体に作用するとされていたが（DEKEYSER, 2005）、作用機構解析の研究結果に基づいた考察ではなかった。2006 年に LEEUWEN et al. はビフェナゼートがハダニ体内で代謝されることで活性本体に変換され（図-4）、エネルギー代謝系を阻害することを明らかにした（LEEUWEN et al., 2006）。また、ビフェナゼートとアセキノシルが交差抵抗性を示すことから、両剤は、同じミトコンドリア電子伝達系複合体 III に作用する可能性が示唆され（NIEUWENHUYSE et al., 2009 a）、さらに、ビフェナゼートはアセキノシルと同様にシトクロム *b* の Qo 部位に結合しエネルギー代謝を阻害することが明らかにされた（NIEUWENHUYSE et al., 2012 b）。アセキノシルやビフェナゼートのように対象害虫の体内で代謝を受けて活性本体となり、効果を示す薬剤をプロドラッグという。ビフェナゼートの作用点が複数報告されているのはビフェナゼートがプロドラッグであったためと考えられている。

フロメトキン（flometoquin）の作用点は電子伝達系

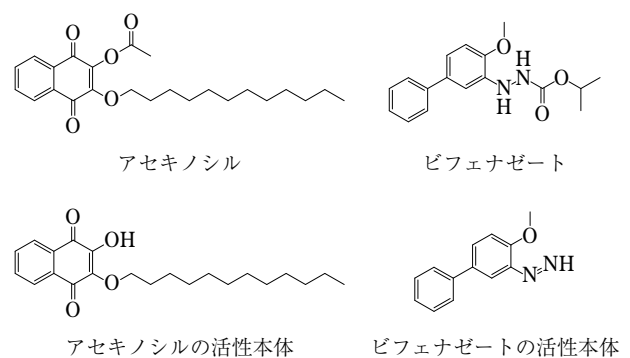


図-4 アセキノシルとビフェナゼートの活性本体の化学構造式

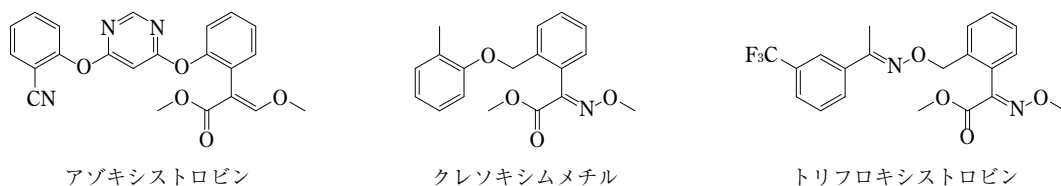


図-5 電子伝達系複合体 III を作用点とする殺菌剤の化学構造式

複合体 III の Qi 部位（ヘム *b<sub>H</sub>*）であることが明らかにされている（武内ら，2018；図-3，図-6）。電子伝達系複合体 III の Qi 部位はキノンの還元部位であり，殺菌剤ではシアゾファミドとアミスルブロムがある。フロメトキンはこれらの殺菌剤と化学構造が異なっており，殺虫剤では今まで報告されていない。フロメトキンは殺虫剤においては新規の作用性を有する薬剤といえる。

### III 作用特性

電子伝達系複合体 III 阻害剤は，エネルギーの生産を断つために，きわめて高い速効性を示し，これらの剤で処理されたハダニ類，アザミウマ類等は 24 時間以内にほぼ死に至る。電子伝達系複合体 III 阻害剤のうち，Qo 部位に結合する作用機構を有する薬剤の活性スペクトルは，アセキノシルおよびピフェナゼートの両剤は各種ハダニ類，ホコリダニ類およびサビダニ類に対して高い殺ダニ効果を示し，フルアクリピリムはハダニ類に限定的ではあるが，その効果は高い（満井，2003）。薬剤を処理されたハダニの成虫は速効的に脱力し始め，ゆるやかに死亡する。その死亡症状は神経系に作用し殺ダニ効果を示す薬剤とは異なり，力が抜けたように開脚した状態で致死する（図-7）。上記の 3 剤は各種ハダニ類の卵から幼虫，若虫，成虫の各発育ステージに対して有効である（表-3）（WATANABE et al., 1999；春山，2001；満井，2003）。

テトラナカス属のハダニの一種であるナミハダニの卵はやや黄緑がかった半透明な卵であるために，産卵後卵

内部で細胞分裂し，眼点ができ，さらに幼虫体が形成されていく過程が観察できる。そのため産卵直後の卵に薬剤を処理し，どの過程で死亡しているかを確認することが可能である。エネルギー代謝の阻害剤は，細胞分裂を阻止してしまうため，卵殻を通して中に入っていくことができる場合，卵内部で細胞分裂が始まった早い段階で効果を発揮する。アセキノシルを産卵直後の卵に処理した場合，眼点が形成される前に死亡していることが観察される（図-8）。一方，フルアクリピリムとピフェナゼートは，同様に処置しても，幼虫がふ化した直後にしか効果を発揮しないことが知られている。この現象の要因は明確ではないが，両剤が卵殻を通じて卵内部に入ることができなかった結果と考えられる。産卵直後の卵に薬剤を処理した場合に，眼点形成前に死亡が確認される薬剤の作用点は，エネルギー代謝の阻害である可能性が高い。このような観察は作用機構の解明の一助となると思われる。

Qi 部位に結合するフロメトキンの活性範囲は，Qo 部位に結合する薬剤とは異なり，ハダニ類に活性は示さな

表-3 アセキノシル，フルアクリピリム，ピフェナゼートのカンザワハダニに対する発育ステージ別効果  
（WATANABE, 1999；春山，2001；満井，2003 から改変）

| 発育<br>ステージ | LC <sub>50</sub> 値 (ppm) |          |         |
|------------|--------------------------|----------|---------|
|            | アセキノシル                   | フルアクリピリム | ピフェナゼート |
| 卵          | 2.9                      | 1.20     | 27.0    |
| 幼虫         | 0.9                      | 0.12     | 0.30    |
| 第一静止期      | 1.9                      | ND*      | ND*     |
| 第一若虫       | 1.6                      | 0.07     | ND*     |
| 第二静止期      | 1.7                      | ND*      | ND*     |
| 第二若虫       | 3.7                      | 0.19     | ND*     |
| 第三静止期      | 4.2                      | ND*      | ND*     |
| 成虫（雌）      | 2.0                      | 0.21     | 0.62    |

リーフディスク散布法で検定。各発育ステージで散布し，次のステージでの死亡も含め算出。

\*；ND, No Data

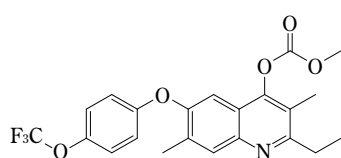
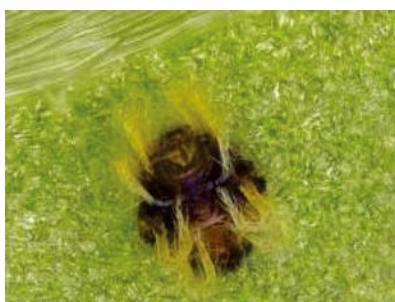


図-6 フロメトキンの化学構造式



アセキノシル処理個体



有機リン系殺虫剤処理個体



電子伝達系複合体 I  
阻害剤処理個体

図-7 作用機作別のカンザワハダニの死亡状態  
（左からアセキノシル，有機リン系殺虫剤，電子伝達系複合体 I 阻害剤）

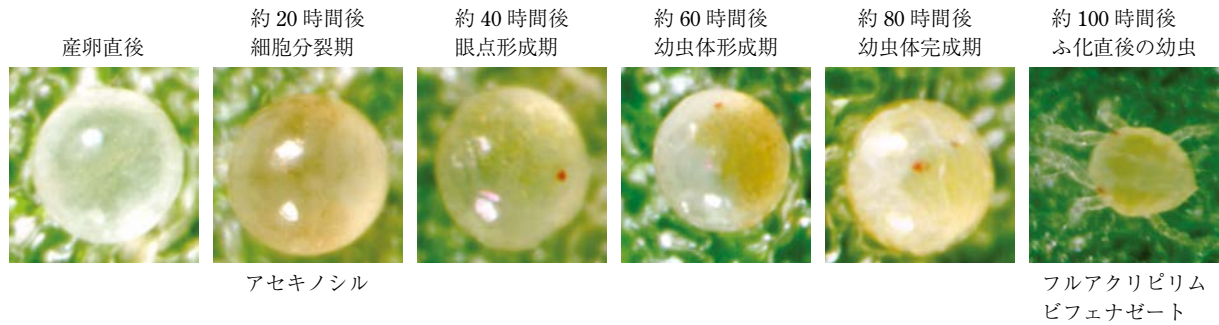


図-8 ナミハダニの産卵直後の卵にミトコンドリア電子伝達系複合体Ⅲ 阻害剤を処理した場合の効果発現時期

表-4 ミトコンドリア電子伝達系複合体Ⅲ 阻害剤の物理化学的性状 (FAMIC HP 農薬抄録より)

|                       | アセキノシル                       | フルアクリピリム                     | ビフェナゼート                        | フロメトキン                       |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 外観                    | 淡黄色結晶性粉末                     | 白色固体                         | 白色結晶性固体                        | 白色綿状粉末                       |
| 臭気                    | 無臭                           | 無臭                           | 僅かな芳香族化合物臭                     | 僅かな芳香族化合物臭                   |
| 融点, °C                | 59.6                         | 107.2~108.6                  | 123~125                        | 116.6~118.3                  |
| 蒸気圧, Pa               | $1.69 \times 10^{-6}$ (25°C) | $2.69 \times 10^{-6}$ (20°C) | $< 1.33 \times 10^{-5}$ (25°C) | $9.04 \times 10^{-9}$ (25°C) |
| 水溶性, g/l              | $6.7 \times 10^{-6}$ (25°C)  | $3.44 \times 10^{-4}$ (20°C) | $2.06 \times 10^{-3}$ (20°C)   | $1.20 \times 10^{-5}$ (20°C) |
| オクタノール/水分配係数 (LogPow) | $> 6.2$ (25°C)               | 4.51 (25°C)                  | 3.4                            | 5.41 (室温)                    |

いが、ダニ目のサビダニ類、アザミウマ目害虫、チョウ目害虫のコナガやチャノホソガ等、カメムシ目のタバココナジラミに高い活性を示す。

表-4 にミトコンドリア電子伝達系複合体Ⅲ 阻害剤の物理化学的性状を示す。全般的にこれらの剤は、水溶性が低く、オクタノール/水分配係数が3.4~6.2 以上と高いことから、茎葉や根からの浸透移行性は有していないが、茎葉への吸着性は高いと推察される。高い防除効果をあげるために、散布むらが起こらないように処理する必要がある。

#### Ⅳ 抵抗性管理

ハダニ類の抵抗性発達は他の害虫種に比べて特に早いとされている。その理由は以下のように説明されている(真梶, 1970)。

①淘汰圧として加わる薬剤処理面積に比べハダニの行動範囲が小さい。このため比較的隔離された集団で薬剤の淘汰を受けることになり、均質な集団となりやすい。

②ハダニは一般的に発育日数が短く、発生回数が多い。このため淘汰を受ける機会が多くなる。

③ハダニの性決定は単数倍数性の関係で決まる。雌よりも雄のほうが多くの殺ダニ剤に対して感受性が高いから、抵抗性遺伝子をもった雄との交雑によって抵抗性が発達しやすくなる。

④近親交配が行われやすい。ハダニの行動習性として1 個体もしくはそれに近い個体数の雌が新しい葉に移動してそこで産卵し、これらから育った雄と親子交配も起こり得るし、雌雄が兄弟交配も行う。

抵抗性発達の要因としては、解毒代謝酵素活性の増大、標的部位のアミノ酸変異、昆虫皮膚透過性の低下、共生微生物による解毒代謝能の獲得が知られている。

20B アセキノシルと 20D ビフェナゼートの感受性低下にはミトコンドリア電子伝達系複合体Ⅲ シトクロム *b* のアミノ酸変異が寄与していることが明らかにされている。262 番目のアミノ酸残基のプロリンからスレオニンへの変異 (P262T) に起因するもののほかに、126 番目のアミノ酸残基のグリシンからセリンへの変異 (G126S) および、136 番目のアミノ酸残基のイソロイシンからスレオニンへの変異 (I136T)、141 番目のアミノ酸残基のセリンからフェニルアラニンへの変異 (S141F) の三つのアミノ酸残基の変異による感受性の低下が報告されている。また、アセキノシルとビフェナゼートの2 剤は交差抵抗性を示すことが明らかにされている (NIEUWENHUYSE et al., 2009 a)。

#### おわりに

ハダニ類は薬剤に対する抵抗性の発達が速いために、それを防除する殺ダニ剤としてこれまで多くの薬剤が開

発され、上市されてきたが、すべての薬剤が数年で抵抗性発達の問題から、登録抹消や使用量が極端に減少することとなった。抵抗性ハダニのまん延を防ぐための取り組みとして、作用機構の異なる薬剤によるローテーション使用や、ハダニ類の天敵利用による防除、あるいはマシン油やある種の界面活性剤による物理的な防除等が導入されているが、根本的な解決には至っていない。このため、既存の薬剤と交差抵抗性を示さない、新規な作用機構を有する薬剤の開発・上市が常に期待されている。本稿が殺ダニ剤、エネルギー代謝系の一部であるミトコンドリア電子伝達系複合体 III の作用機作への理解と抵抗性管理の一助となること、ならびに新規殺ダニ剤の研究の一助となることを期待する。

## 引用文献

- 1) DEKEYSER, A. M. (2005): *Pest Manag Sci.* **61**: 103~110.
- 2) 独立行政法人 農林水産消費安全技術センター HP: <http://www.famic.go.jp>
- 3) 春山裕史 (2001): *植物防疫* **55**: 321~324.
- 4) KOURA, Y. et al. (1998): *J. Pesticide Sci.* **23**: 18~21.
- 5) LEEUWEN, T. V. et al. (2006): *Insect Biochemistry and Molecular Biology* **36**: 869~877.
- 6) 真梶徳純 (1970): *植物防疫* **24**: 455~460.
- 7) 満井 順 (2003): 同上 **57**: 28~31.
- 8) 三宅孝明ら (2018): 第 62 回日本応用動物昆虫学会大会, p.6.
- 9) NIEUWENHUYSE, P. V. et al. (2009): *Pest Manag Sci.* **65**: 404~412.
- 10) ——— et al. (2012): *Pesticide Biochemistry and Physiology* **104**: 88~95.
- 11) 農薬工業会 (2018): 殺虫剤の作用機構分類 (IRAC による), [http://www.jcpa.or.jp/lab/pdf/2018/mechanism\\_irac.pdf](http://www.jcpa.or.jp/lab/pdf/2018/mechanism_irac.pdf)
- 12) 武内晴香ら (2018): 第 62 回日本応用動物昆虫学会大会, p.6.
- 13) WATANABE, T. et al. (1999): 9<sup>th</sup> International congress IUPAC, 1999.

## 農林水産省プレスリリース (30.9.11~30.10.16)

農林水産省プレスリリースから、病害虫関連の情報を紹介します。

<http://www.maff.go.jp/j/press/syouan> の後にそれぞれ該当のアドレスを追加してご覧下さい。

- ◆ 「平成 30 年度病害虫発生予報第 7 号」の発表について  
(9/12) [/syokubo/180912.html](http://www.maff.go.jp/j/syokubo/180912.html)

## 研究室紹介

# 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター 虫・鳥獣害研究領域 生物的防除グループ

中央農業研究センター生物的防除グループは、総合的病害虫管理（IPM）の中でも、天敵利用への関心が近年高まってきたことから、平成28年の組織改革にて設置されました。現在は6名体制です。

当研究グループでは、生物的防除手段を中心にして、園芸作物の難防除害虫の防除法を開発しています。これまで、施設野菜での「バンカー法」を用いた害虫防除など、防除効果の安定化を図る技術を開発してきました。「バンカー法」とは、生産圃場内に天敵の餌場を設けて天敵を長期継続的に維持することにより、害虫を待ち伏せし、低密度に抑制する技術です。現在、生産者が使いやすい天敵資材や従来用いられてきた外来天敵ではなく土着天敵を活用するバンカー法などについて農食事業、SIP事業、科研費などの競争的資金を活用し、地方自治体試験研究機関・普及組織、天敵会社や生産者等の皆様との連携を通じて開発・実用化しています。これにより、安定した生物的防除技術をIPMに組み込み、持続的な農業生産体系に寄与することを目指しています。

五つのトピックスを以下に簡単にご紹介します。

### 捕食性天敵タバコカミカメの天敵温存植物との併用による効果的利用技術の開発

タバコカミカメは害虫だけでなく植物も食べる雑食性なので、天敵温存植物のみを用いてバンカー法を構築可能です。これによって、これまで生物的防除技術の導

入が遅れていた施設栽培キュウリやトマトでの重要害虫アザミウマ類やコナジラミ類を安定的に防除できる体系の構築を目指しています。

### 忌避剤と天敵等との併用による植物ウイルス媒介性微小害虫防除技術の開発

ジャスモン酸類縁体をアザミウマ類の忌避剤として用いることにより、植物ウイルスの媒介リスクが特に高い育苗期や栽培初期に効果的に害虫を植物から遠ざけ、ウイルス感染を回避可能であることが示唆されています。そこで、本忌避剤と天敵等とを組合せた環境保全型防除技術を開発すべく研究を進めています。

### 天敵増殖資材「バンカーシート」の開発・実用化

バンカーシートは、園芸作物で問題となるハダニ類やアザミウマ類、コナジラミ類の防除を目的とした新たな資材で、資材内部にカブリダニのバック製剤を入れて作物に設置します。本資材には高い天敵保護効果と天敵増殖効果があり、施設内の過酷な環境下でも天敵を安定的に放飼できます。そのため、イチゴなどの施設野菜類で普及が進んでいます。

### 施設園芸のアブラムシ類への基盤的防除のための次世代型バンカー資材キットの開発

アブラバチを活用したバンカー法は、これまでは煩雑な手順が必要だったため、普及が停滞していました。そこで購入したらすぐにバンカーとして機能するバンカー型製剤（ムギ上にアブラバチのマミーと寄主となるトウモロコシアブラムシが付いたもの）を開発し、これを中心とした次世代型バンカー資材キットを実用化しています。  
**分子生物学的識別技術を用いた害虫と天敵の識別や捕食機能の解析**

害虫や天敵には、外部形態による同定が困難な種が多く存在します。また、天敵が実際に害虫を捕食しているかどうかをモニタリングすることも重要です。これらの課題を解決するため、DNA解析を用いた種の識別法や検出技術の開発に取り組んでいます。

こうした天敵利用技術について、都道府県の皆様に対して講習会や実習を行っています。今後も、都道府県や民間企業の皆様と協力して、生産者の皆様が簡単に実施できる天敵利用技術を開発していきたいと思っています。

（グループ長 長坂幸吉）



天敵識別実習の様子（説明者：長坂）

〒305-8666 茨城県つくば市観音台2-1-18  
TEL 029-838-8939

## 研究室紹介

### 茨城県農業総合センター園芸研究所 病虫研究室

茨城県農業総合センター園芸研究所では、ナシ、ブドウ、クリ等の果樹類、メロン、イチゴ、トマト、レンコン、葉菜等の野菜類、コギク、バラ、グラジオラス等の花き類を対象に、高品質・安定生産技術、安全・安心な病害虫防除技術、環境にやさしい施肥・土壌管理技術、鮮度保持・貯蔵・加工技術の開発等に取り組んでいます。病虫研究室は、病害担当と虫害担当で構成され、室長を含む研究職員6名と非常勤職員4名で研究を行っています。

当研究室では、これまでにナシ黒星病や白紋羽病、メロン・スイカの土壌病害、キュウリ褐斑病、レタス根腐病、ネギ黒腐菌核病、キク白さび病等の病害防除や、ピーマンのIPM、レンコン黒皮症の原因究明と防除技術、クリシギゾウムシに対する臭化メチルくん蒸代替技術等の害虫防除の研究に取組み、現場で活用できる技術を開発し、普及を図ってきました。近年では、葉菜類の土壌病害虫対策、薬剤耐性や抵抗性の発達により難防除化している病害虫対策、果実食入性害虫の防除対策、ウイルス病の簡易診断法の開発等に取り組んでおり、ここでは研究内容の一部をご紹介します。

**ミズナ周年栽培圃場における立枯れ症の防除対策：**ミズナは県の主要農産物の一つですが、夏季を中心に立枯れ症状が発生し、収量低下が問題となります。本研究により、立枯れ症の原因が主に萎凋病とリゾクトニア病であることを確認し、周年栽培体系の中で実施可能な物理的・化学的防除技術について検討しています。

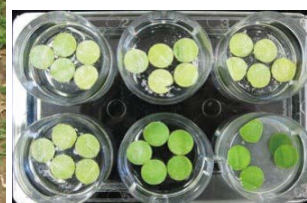
**薬剤耐性うどんこ病菌の発生実態と防除対策：**ピーマンおよびキュウリ栽培においてうどんこ病が多発生する事例が増加したことから、薬剤の使用履歴をもとに各種薬剤のうどんこ病菌に対する感受性を調査するとともに、効果的な防除体系について検討しています。

**トマトに発生するウイルス病対策：**トマト栽培で問題となる黄化葉巻病および黄化病の初期症状は生理障害との区別が難しく、防除対策が遅れる場合があることから、普及センターや農家が実施できる簡易な診断技術の開発に取り組んでいます。また、タバコカスミカメなどを活用したタバコナジラミのIPM体系の確立に取り組んでいます。

**ネギアザミウマの薬剤抵抗性の診断法と防除対策：**「ゲノム情報等を活用した薬剤抵抗性管理技術の開発委託事業」に参画し、ネギ属をはじめ多くの作物を加害するネギアザミウマについて、生殖型や抵抗性遺伝子に着



ミズナの立枯れ症状



リーフディスク法による  
うどんこ病の薬剤検定



いが上のクリシギ  
ゾウムシ成虫



病害診断の様子

目し、薬剤抵抗性個体群の県内分布調査や薬剤抵抗性の発達を抑制する技術開発に取り組んでいます。

**レタスに発生するセンチュウ類の実態解明と防除対策：**レタス圃場内で認められる結球不良や生育のばらつきの原因の一つとして、ネグサレセンチュウ類およびネコブセンチュウ類の関与を明らかにしました。現在、これらセンチュウ類の土壌中密度、寄生程度等と生育不良程度との関係を調査し、耕種的・化学的防除法について検討を行っています。

**クリシギゾウムシの総合防除法：**本県のクリ生産ではクリシギゾウムシによる果実の被害が問題となります。生産される大量の果実を効果的かつ効率的に防除するため、新たな防除法や既存の知見をもとに大量処理できる方法について、防除効果とクリ果実への品質影響の両面から検討を行っています。

これら以外にもAIを活用したトマト病害虫診断法、イチゴ炭疽病およびミナミキイロアザミウマの薬剤感受性、園芸作物の病害虫発生予察、新農薬実用化試験等について研究を行っています。茨城県で栽培される作物は多岐に渡り、それぞれの作物で病害虫の被害が問題となります。研究員一人一人が、できる限り現場に足を運び、実態を把握し、その課題の解決に向けた技術開発にこれからも取り組んでいきたいと思っています。

(病虫研究室長 小河原孝司)

## 協会だより

## ○平成30年度「新農薬実用化試験」成績検討会の開催予定

- 10月30～31日【稲・野菜等】北陸地域（金沢）  
 11月 1～2日【稲・野菜等】東北地域（盛岡）  
       7～8日【稲・野菜等】北海道地域（札幌）  
       12～13日【稲・野菜等】近畿・中国地域（大阪）  
       15～16日【稲・野菜等】九州地域（熊本）  
       21～22日【稲・野菜等】四国地域（松山）  
       26～27日【稲・野菜等】関東地域（東京）  
       28～29日【稲・野菜等】東山・東海地域（東京）  
 12月 3～4日【寒冷地果樹】（東京）  
       5～7日【落葉果樹・常緑果樹】（東京）  
       10～11日【芝草】（東京）  
       13日【生物農薬】（東京）  
       17日【家庭園芸】（日植防）

## 学会だより

## ○第63回日本応用動物昆虫学会大会

日 時：平成31年3月25日（月）～27日（水）

会 場：3月25日：つくば国際会議場

〒305-0032 つくば市竹園2-20-3

3月26, 27日：筑波大学第二エリア

〒305-8572 つくば市天王台1-1-1

日程：3月25日（月）会員総会、学会賞・奨励賞授与式  
 および受賞講演、シンポジウム、懇親会

3月26日（火）一般講演、小集会

3月27日（水）一般講演、ポスター賞授賞式、小

## 広告掲載会社一覧（掲載順）

ダウ・アグロサイエンス日本(株)  
 .....ジマンダイセン  
 日本曹達(株) .....ピシロック  
 フェニックス普及会 .....フェニックス  
 バイエルクロップサイエンス(株)  
 .....ボディーガード  
 日産化学(株) .....スターマイト  
 石原バイオサイエンス(株) .....ケンジャ  
 サンケイ化学(株) .....主要品目  
 クミアイ化学工業(株) .....フルピカ

## 集会

大会事務局：筑波大学生命環境系応用動物昆虫学研究室

〒305-8572 つくば市天王台1-1-1

TEL&FAX：029-853-4708（大会会期前日まで）

e-mail：2019 odktsukuba@gmail.com

## ○第29回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム

日 時：平成31年3月21日（木）10:00～16:40

場 所：明治大学駿河台キャンパス リバティタワー  
 1063教室

問い合わせ：殺菌剤耐性菌研究会事務局

JA全農 耕種総合対策部 農薬研究室 森亮太

TEL：0463-22-7704 FAX：0463-22-7502

E-mail：mori-ryouta@zennoh.or.jp

## 次号予告

次号30年12月号の主な予定記事は次のとおりです。

|                          |       |                                     |      |
|--------------------------|-------|-------------------------------------|------|
| IPMの経済的評価の考え方            | 澤田 守  | 海外のジェネリック農薬の現状と我が国における展望            | 影島 智 |
| 野菜作におけるIPMの経済的効果         | 棚田光雄  | 植物防疫講座 病害編 疫病菌による病害                 | 景山幸二 |
| 水稲作におけるIPMの経済的効果         | 宮武恭一  | 植物防疫講座 虫害編 イネ コブノメイガ                | 井上栄明 |
| リンゴ作におけるIPMの経済的効果の計測     | 長谷川啓哉 | 植物防疫講座 農薬編 生物農薬（殺虫剤）                | 山中 聡 |
| 広食性カブリダニに対する薬剤感受性検定法     | 岸本英成  | 研究室紹介：農研機構 中央農業研究センター 病害研究領域 抵抗性利用G |      |
| トマト半身萎凋病菌の新レース（レース3）について | 宇佐見俊行 | 道総研 中央農業試験場 病虫部                     |      |
| 再評価制度と課題                 | 横田篤宜  |                                     |      |

## 植物防疫

平成30年  
11月号

（毎月1回1日発行）

第72巻 平成30年10月25日印刷

第11号 平成30年11月1日発行  
 （通算863号）

編集発行人 上路 雅子

印刷所 三美印刷（株）  
 東京都荒川区西日暮里5-9-8

定価947円

本体877円

平成30年分購読料  
 前払10,800円、後払11,364円  
 （送料サービス、消費税込み）

## ——発行所——

〒114-0015 東京都北区中里2丁目28番10号

一般社団法人 日本植物防疫協会

電話（03）5980-2181（代）

FAX（03）5980-6753（支援事業部）

振替 00110-7-177867番

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。また、無断複写・複製（コピー等）は著作権法上の例外を除き禁じられています。

新規殺菌剤

# ケンジャフロアブル®

®は登録商標

[ イソフェタミド ]



**灰色かび病・菌核病に  
賢い選択・賢く防除**

## ケンジャフロアブルの特長

### ①優れた予防効果

本剤は、病原菌の生活環の多くのステージに作用します。特に感染前（孢子発芽～付着器形成期）に高い防除効果を発揮します。

### ②薬剤感受性低下菌に対して有効

本剤は、既存薬剤に対して感受性が低下している病原菌に対しても高い効果を示します。

### ③優れた浸達性を有し、残効性、耐雨性に優れる

有効成分が速やかに葉表⇒葉裏（葉裏⇒葉表）へ浸達することで、安定した防除効果を発揮します。

### ④サニテーション効果（次世代菌密度低減効果）により、二次感染を抑える

孢子形成を強く阻害し、孢子飛散による病害の拡大を防ぐことで、次世代の菌密度を効率的に抑えます。

### ⑤有用生物・天敵に対する安全性

訪花昆虫や天敵に影響がほとんどなく、IPMIに適合した薬剤です。

### ■サニテーション効果

灰色かび病菌に感染したきゅうり子葉に本剤を処理し、その後の孢子形成を調査した結果、孢子形成を強く阻害した。

ケンジャフロアブル 1,500倍



無処理区



社内試験 石原産業株式会社 中央研究所 (2011)

●使用前に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。  
●空容器は圃場などに放置せず、3回以上水洗し、適切に処理してください。洗浄水はタンクに入れてください。



**SANKEI**  
ECO PRODUCTS



植物油脂パワー！  
**サンクリスタル乳剤**



チョウ目害虫退治の生物農薬！  
**サンケイ  
サブリナフロアブル**



植物保護薬！  
**サンケイ  
ジーファイン水和剤**



硫黄の力でうどんこ病防除！  
**サンケイ  
クムラス**



安定した銅の効果！  
**サンボルドー**



キュウリ・カボチャのうどんこ病に！  
**ハッパ乳剤**



硫黄と銅の強力タッグ！  
**園芸ボルドー**



**サンケイ化学株式会社**

本社 〒891-0122 鹿児島市南栄2丁目9  
東京本社 〒110-0005 東京都台東区上野7-6-11

☎(099) 268-7588  
☎(03) 3845-7951

自然に学び 自然を守る



**フルヒカ**  
フロアブル  
農林水産省登録 第19100号

灰色かび病、うどんこ病に



JAグループ  
農協 | 全農 | 経済連



自然に学び 自然を守る  
**クミアイ化学工業株式会社**  
本社: 東京都台東区池之端1-4-26 〒110-8782 TEL03-3822-5036  
ホームページ <http://www.kumiai-chem.co.jp>



●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。  
●防除日誌を記帳しましょう。

