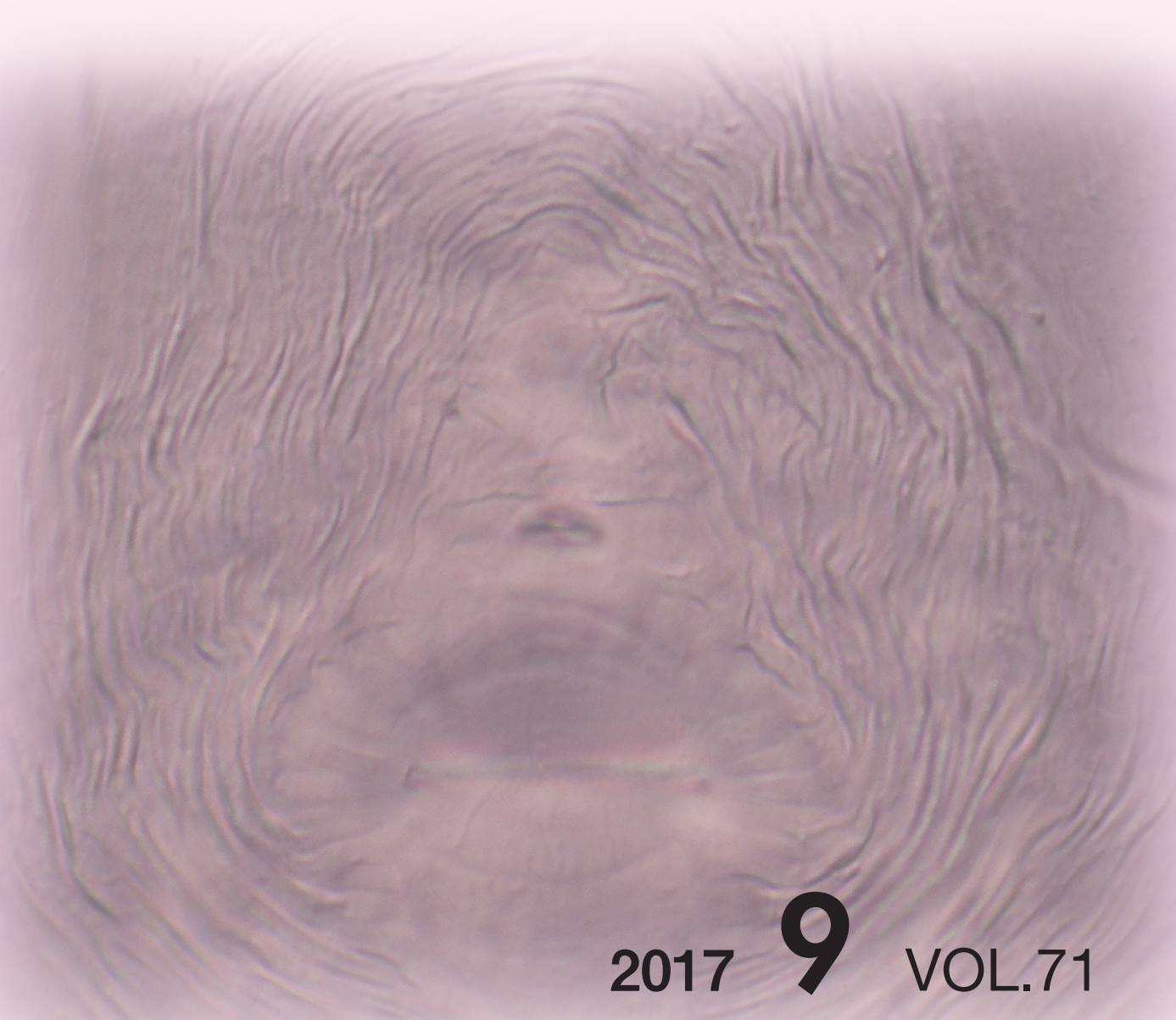
平成29年8月25日　印　刷　第71巻　第9号　平成29年9月1日　発　行（毎月1回1日発行）

ISSN 0037-4091

植物防疫

Plant Protection

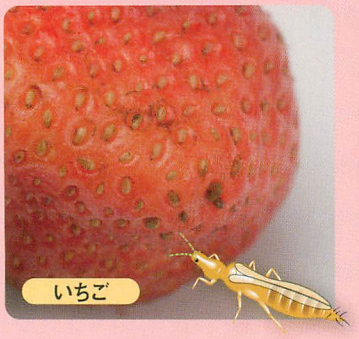


2017 9 VOL.71

スピノエース™ 顆粒水和剤

知らず知らずに進む、害虫の被害

ミカンキイロアザミウマ



ハモグリバエ類(ナモグリバエ)

ハイマダラノメイガ

栽培形態と使える農薬

	農薬 有機JAS規格別表2に含まれない農薬	有機JAS規格別表2の農薬 マシン油剤、銅水和剤、生石灰、性フェロモン剤、天敵など生物農薬、スピノサド水和剤、他(一部化学合成農薬を含む)
慣行栽培	○ 使用可	○ 使用可
特別栽培※1	○ 使用可※2	○ 使用回数にカウントされない
有機栽培	× 使用不可	○ 農作物の被害が予想される場合に使用可

スピノエースが有機農産物で使えるようになった!

有機農産物とは? 有機農産物の日本農林規格(有機JAS規格)の規定に従って生産された農産物(飲料食品)のことです。

※1 慣行栽培と比較して農薬の50%を削除
※2 使用回数にカウントされない農薬も一部あるが、地方自治体によって基準が異なる

スピノエース顆粒水和剤の主な特長

- 天然物由来の全く新しい作用
- アザミウマ類、チョウ目害虫に優れた効果

ダウ・アグロサイエンス日本株式会社
本社／〒140-8617 東京都品川区東品川2丁目2番24号 天王洲セントラルタワー
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® Dow AgroSciences

Solutions for the Growing World

LED を用いた UV-B 照射による トマトモザイクウイルス（ToMV）の発病抑制

（本文 21 ページ参照，松浦昌平氏原図）

口絵①　図-5　タバコにおける UV LED 光照射によるトマト黄化えそウイルス（TSWV）の抑制効果
波長 280 ～ 290nm の LED 光 1 日照射量 1400J/m² で照射
左：無照射，右：UV LED 光照射

青森県における DMI 剤耐性リンゴ黒星病菌の発生と防除対策

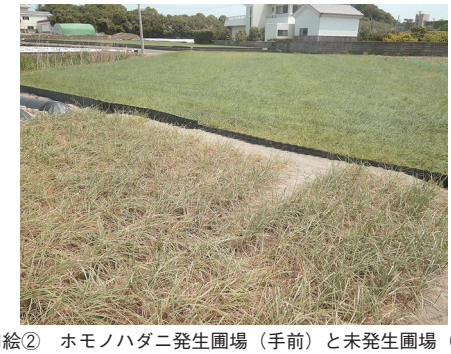
（本文 38 ページ参照，赤平知也氏原図）

口絵①　左：被害葉の黄変落葉　中：果そう葉の病斑　右：幼果の被害

徳島県におけるラッキョウのホモノハダニの発生

（本文 55 ページ参照，中野昭雄氏原図）

口絵①　ラッキョウ葉に発生したホモノハダニと被害症状



口絵②　ホモノハダニ発生圃場（手前）と未発生圃場（奥）

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　☎(099) 268-7588
東京本社　〒110-0005 東京都台東区上野 7-6-11　☎(03) 3845-7951

BAYER

ナティーボ®
フロアブル

収穫前日まで使えるナティーボで、
後期黒点病を防除し、
キレイな果実を収穫しましょう！

新登場
殺菌剤

開花期にも、収穫前日にも。
ナティーボなら、できる。
●開花期のそうか病、灰色かび病、黒点病の同時防除にも有効です。

●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　www.bayercropscience.co.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

植物防疫

Shokubutsu bōeki
(Plant Protection)

第 71 巻 第 9 号
平 成 29 年 9 月 号

目　次

農薬に関する情報発信……上路　雅子…　1

農薬はどう教えられているのか？―教科書に登場する農薬―……宮川　恒…　5

農薬関連の講義におけるいくつかの試みとその受講生による記述文……巣山　弘介…10

京都府におけるネギハモグリバエの発生生態……徳丸　晋…16

LED を用いた UV-B 照射によるトマトモザイクウイルス（ToMV）の発病抑制……松浦　昌平…19

喜界島におけるゴマダラカミキリ類の昆虫病原糸状菌製剤“バイオリサ・カミキリ”による防除
……津田勝男・坂巻祥孝…24

チャノホソガの殺虫剤検定法と薬剤感受性……上室　剛…29

長野県におけるナシ黒星病の‘幸水’果実肥大期の主要感染時期……岩波　靖彦…35

青森県における DMI 剤耐性リンゴ黒星病菌の発生と防除対策 ……赤平知也・平山和幸・花岡朋絵…38

イネウンカ類におけるピメトロジンに対する感受性検定法の開発……真田幸代・松村正哉…44

宮城県における QoI 剤耐性イネいもち病菌の発生と対応
……櫻田史彦・宮野法近・辻　英明・鈴木智貴・笹原教子・佐藤直紀…49

徳島県におけるラッキョウのホモノハダニの発生……中野　昭雄…55

リレー連載：農薬製剤・施用技術の最新動向⑰静電噴口～その特徴と今後の展望～……本荘　陽一…57

農林水産省プレスリリース（29.7.14 ～ 29.8.15）……54

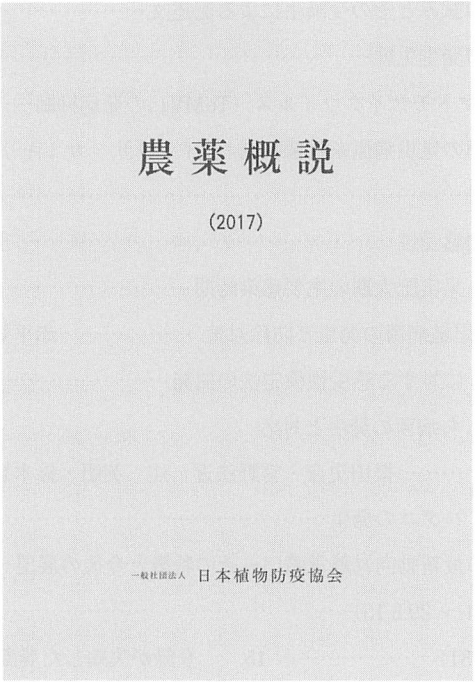
新しく登録された農薬（29.7.1 ～ 7.31） …… 15　　登録が失効した農薬（29.7.1 ～ 7.31）……23

発生予察情報・特殊報（29.6.30 ～ 7.31）……28

農 薬 概 説 2017

B5判 本文358頁
本体1,800円＋税，送料実費

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・雑草に関する情報を網羅した解説書です。

2017 年版では，主に次のような改訂を行いました。

・マルチローターの実用化が始まったことから，普及状況等を追加。
・「住宅地等における農薬使用について」の通知を資料編に追加。
・「農薬の作用機構分類」は IRAC・FRAC・HRAC ともに最新版に更新。

細かい改訂点については下記にまとめました。
http://www.jppa.or.jp/shuppan/pdf/gaisetsu2017.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。

◆ お問合せとご注文は下記へお願いします ◆

〒114-0015 東京都北区中里 2-28-10
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@jppa.or.jp**
HP **http://www.jppa.or.jp/**

総　説

農薬に関する情報発信

一般社団法人 日本植物防疫協会　上路雅子（うえじ まさこ）

はじめに

国連は，世界人口が2050年に97億人程度まで増加すると予測しており，食糧の確保が最重要課題としている。これまで，科学技術の進歩は私たちの生活に大きな利便性をもたらしてきたが，一方で，その科学技術の発展に伴う多様な人間活動が，地球温暖化，砂漠化，土地荒廃，大気汚染等様々な環境問題を引き起こし，食糧生産の場となる農耕地にもそれらの影響が及んでいる。また，我が国における食糧自給率はわずか39％（2015年度，カロリーベース）と低い状況にあり，多くを外国からの輸入に頼っている。今後の世界的な人口増加と環境問題を考えると，いかにして食糧を安定的に確保するか，そして，そのための「農業」はどうあるべきか，これらを十分に検討しながら，環境に配慮した農業技術を開発していくことが求められているといえる。

第二次世界大戦以降，主食である米をはじめ，野菜，果樹等農産物の面積当たりの収量が大幅に増加した。また，国民の食に対する多様な要望に応えて，高品質で豊富な種類の農産物を安定的に生産することが可能になった。これらは，品種の改良，施肥や病害虫・雑草防除に関係する技術開発，さらに，農業機械や施設栽培等各方面における技術が飛躍的に発展し，農業生産技術として総合化されたことによってもたらされた結果である。特に，農薬は一連の生産技術の中で病害虫・雑草防除資材として利用され，その果たしてきた役割は極めて大きいし，これからも農業に不可欠な資材であることは間違いない。そのため，農薬にかかわる貢献の内容や程度について，国民に十分に理解され正当な評価が行われることが重要である。しかしながら，農薬について便益（ベネフィット）の視点で論じられるよりも，農薬使用そのものが「農産物や環境に，ひいては人の健康に悪い影響を及ぼす」として不安・不信を抱かれることも多く，農薬に長年かかわってきた者として忸怩たる思いがある。

ここでは，その原因とリスクコミュニケーションの重要性を再認識し，今後，農薬に携わるすべての人たちが，国民にどのように説明し，理解を求めていくべきかについて整理したい。

Communication of Information on Pesticides.　By Masako Ueji
（キーワード：農薬，情報発信）

I　農薬に関する情報の発信

1　情報発信の現状

現在使用されている農薬は過去のものと比較して，易分解性で選択性も高く，毒性や残留性の面で格段に改善され，また，使用しやすい製剤や処理法が開発されている。これからも，さらに優れた農薬効果を持ち，環境への負荷が小さい農薬およびその利用技術の開発が推進されるものと期待される。しかし，農薬の有効性や役割に関する社会的認知が必ずしも高くない現状にあることも否定できない。その背景には，多くの科学的データの存在や，農薬が農薬取締法をはじめとする多くの法律や規制等に基づき管理されている実態など，農薬についての「正しい」情報が十分に伝達されていないことが大きな問題点といえる。

農薬の開発経緯として，農薬成分の物理化学的特性，防除効果，薬害発現の有無，人や環境生物に対する毒性，環境挙動，農産物等の食品における残留性など多方面からの検討項目について多くの経費と期間を要して試験が行われ（農薬工業会HPによれば一剤の開発に約10年，40～50億円を要する），これらの結果をもとに正式に「農薬」として登録される。しかし，これらの科学的データの全容は「農薬抄録」として（独）農林水産消費安全技術センター（FAMIC）のHPで公開されているものの一般の目に止まる機会は少ない。そのため，一般の人にとって，使用されている農薬の性質，毒性等を判断するための基本的な情報が見えにくいと指摘されている。

また，使用された農薬を追跡するために，農薬取締法，食品衛生法等各種法令に基づいて設定された基準が遵守されているか否かを判断する監視（モニタリング）が続けられている。調査する対象は，主として河川水などの環境水，および作物などの残留農薬濃度であり，随時，その結果が公表されている。なお，その分析結果としての数値は概して低く，環境基準や残留基準などの基準値を超過する事例は極めて少ない。例えば，食品衛生法のもとに，国や都道府県の衛生部局を中心に毎年度数万～数百万点の食品について残留農薬濃度が測定されている

が，平成24年度の基準値超過は国産品で0.0004%，輸入品で0.011%である。また，平成9～27年度に毎年実施されたゴルフ場排水口における水質調査の結果，指針値超過は総数に対してゼロからわずか0.0004%の範囲であった。このような各種調査事業の結果はニュース性に乏しいためか，新聞記事などマスコミ報道により発表されることはほとんどなく，「使用農薬の実態」を知る機会は限られている。行政機関による調査事業のデータが見えやすい形で公表されることが，農薬を理解するための情報源の一つとして有効であると考えられるのだが…。

また，ある農薬について「環境中の生物に大きな影響を与えない」，「作物や環境中で速やかに代謝分解する」等，農薬による影響が極めて小さいという研究結果が論文化されにくいことも過去にはあった。開発メーカーや研究者により，安全性を検証するための重要な研究成果として積極的に取りまとめていくことが必要であろう。

2　正確な情報発信のあり方

現在，日本農薬学会，農薬工業会，内閣府食品安全委員会等関係官庁・団体主催で，農薬全般についての理解増進を図るためシンポジウムの開催などが進められており，徐々にその成果が出てきたといえる。一例として，平成26年度食品安全委員会の食品安全モニター報告では，「事業者（農業生産者など）の法令遵守に不安を抱く」ものの，食品の安全性についての農薬リスクを77%程度が「おおむね理解できる」としている。一方，新聞などのマスコミ報道，あるいは子供漫画をはじめとした各種雑誌が農薬の情報源になることも多い。その場合，農薬の正確なデータや知識に基づいた表現よりも，「農薬は悪い」ということを前提に捉えていることが現実の状況としてある。そのため，農薬に対するマイナスのイメージが先行し，先入観でもって農薬に対する意識が醸成されているように思われる。例えば，農薬がアレルギー症状など深刻な健康被害や環境における生物相変化の原因であるとされたり，さらには，「農産物の残留農薬は死を招く毒物である（科学的なデータに基づく残留基準値以下であっても）」といった不確実で誤った情報が流布されることも多い。農薬関係者には，科学的知見の積極的でかつ効果的な公表を心がけることで，社会に向けた一層の啓発活動が求められる。

多様な媒体から得られる情報の中には，不正確で一元的なものが格段に多いのが事実であるが，信頼性の高い情報源として下記のものがあげられる。

①農林水産省「農薬コーナー」（農薬取締法，農薬の基礎知識，農薬一覧，各種基準，農薬疑義資材，特定防除資材（特定農薬），マイナー作物対策，報道発表資料等）：http://www.maff.go.jp/nouyaku

②厚生労働省（食品衛生法，残留基準，ポジティブリスト制度，残留農薬試験法等）：http://mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/kenkou-iryou/shokuhin/zanryu

③環境省（農薬登録保留基準，農薬飛散リスク，農薬生態リスク，農薬流出防止技術，ゴルフ場使用農薬等）：http://www.env.go.jp/water/noyaku.html

④内閣府食品安全委員会（農薬専門調査会，食品健康影響評価（リスク評価），リスクコミュニケーション等）：http://www.fsc.go.jp/senmon/nouyaku

⑤（独）農林水産消費安全技術センター（FAMIC）（農薬の基礎知識，農薬抄録，農薬登録申請，農薬関連法令，農薬審査報告書，残留農薬分析技術等）：http://www.acis.go.jp

⑥農薬工業会（農薬コラム，作用機構分類，農薬Q&A，農薬安全性情報等各種情報）：http://www.jcpa.or.jp

⑦日本農薬学会（農薬全般に関する科学情報，毒性試験概要等技術情報）http://pssj2.jp/

⑧日本食品衛生学会（残留基準，食品残留分析法，残留実態結果等の科学的データ）http://www.shokuhineisei.jp/

⑨（一社）日本植物防疫協会（農薬登録情報，各種基準値，各種農薬試験法技術情報等）：http://jppa.ne.jp

⑩（公財）日本植物調節剤研究協会（除草剤・植物生育調節剤の解説，水稲除草剤技術指標等）：http://www.japr.or.jp

II　農薬に関するリスクコミュニケーション

1　農薬のリスクとベネフィット

農薬に限らず，ある対象（物）の「リスク」と「ベネフィット（便益）」との関係の捉え方やその相対的な評価は，各個人の置かれた時代背景，生活の水準や環境条件，職業，幼年期からの教育など，多くの要因で大きく異なるものといえる。農薬についてみると，ベネフィットは，病害虫・雑草防除剤や植物成長調節剤等農業資材としての利用によってもたらされる安定的で高品質な農作物の確保（藤田，2007），さらに草取りなど農業労働の軽減（横山，2007）である。一方，リスクは，農薬使用基準に反して不適切な使用をした場合などで発生する。例えば，農薬散布時のドリフト（飛散）で，近隣住民とのトラブルが生じたり，残留基準超過となる作物付着が懸念される（地上防除ドリフト対策マニュアル，2005）。また，農薬散布時における装備不十分，泥酔等による健康状態不良や誤飲誤食等により人に対する事故原因となることもある（農林水産省，2017）。すなわち，

不適切な使用法により作物残留，水質汚濁，野生生物に対する影響，土壌や大気への環境汚染，さらには人に対する健康被害の発生も想定される。このような事故は起きてはならないものであるが防止可能であることも多く，農薬使用前に，農薬容器に記載された注意を遵守することが強く望まれる（図-1）。

なお，一般に，このようなリスクと考えられる事態が生じた場合，既に何らかの要因に拠って登録失効した過去の農薬のマイナス面と合わせて報道されることが多く，ベネフィットを矮小化してリスクのみが強調される傾向が強い。農薬やその利用法に関する研究開発の方向性は，リスクを可能な限り小さく，ベネフィットをできるだけ大きくすることであり，科学技術が進歩することに伴って農薬も一層安全なものに進化している。リスクコミュニケーションにおいてもこのことを考慮したうえで議論することが重要で，リスクとベネフィットとの関係が明確に理解できるよう，提供情報を継続的に更新するなど，国民への説明努力が必要である。

図-1　農薬危害防止運動啓発ポスター

2　農薬に係るリスクの評価・管理・コミュニケーション

それでは，農薬のリスクはどのように評価され，そして管理されるのか（図-2 参照）。農薬を含む化学物質によるリスクは，当該物質の有害性の程度（ハザード）と暴露量（あるいは摂取量）の積でほぼ決定される。毒性が小さくても暴露の濃度や時間（頻度）が高いとリスクは大きく，逆に強い毒性を有する物質でも暴露量が極めて少なければリスクは大きくならない。リスクの程度を知ることが「リスク評価」であり，その結果（「リスク判定」）に基づき，リスクを回避あるいは低減する方策が検討される（「リスク管理」：農薬では使用方法の改善など）。リスク管理の実施にあたっては，社会がどの程度，当該リスクを受け入れることができるか，その際には，「リスク/コスト」とベネフィットとのバランスも勘案した社会科学的な考察が必要となる。

さらに，人の健康や生態系への被害を与える可能性のあるリスクについては，利害関係をもつ人の間で正確な情報を共有し相互に意思の疎通を図ること，すなわち，

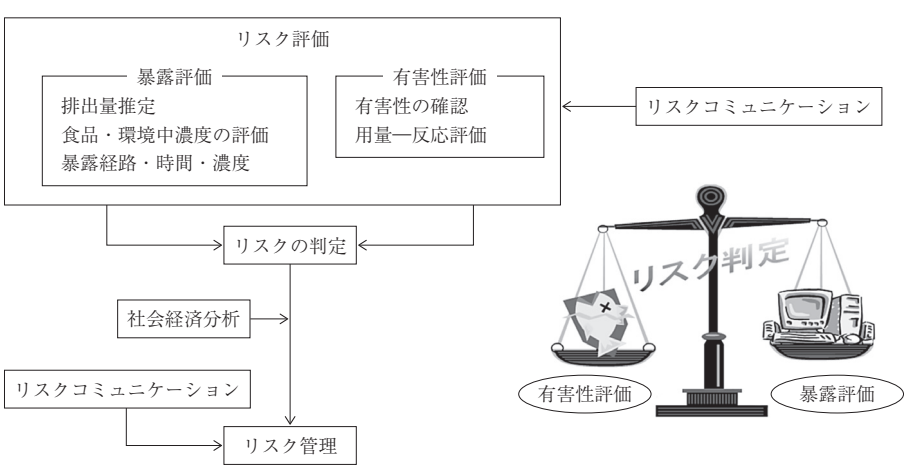


図-2　化学物質のリスク分析の流れ

リスクコミュニケーションが重要である。実際には，科学者や行政担当者等の専門家，事業者，マスコミ，消費者団体や一般の人々も参加することによって，リスクが公正に伝わり，互いの信頼関係が築かれ，そして，リスクの認知や判断について共通認識の構築や合意形成を図ることが可能となる。最近ではリスク評価およびリスク管理のすべての段階でリスクコミュニケーションが必要であるという考え方が主流となっており，農薬行政にかかわる施策を推進するうえで，関係者間での意見交換会，パブリックコメントによる意見聴取，HPを通した情報発信などの実施が必須の手段になっている。

3　科学的データを正しく理解できる学校教育の必要性

Ⅱ章1節で記したリスクとベネフィットの大きさを冷静に判断する能力が求められる。農薬の場合，リスクの判断材料となる残留基準や環境基準等は，当該農薬の毒性，残留性，環境動態，各種食品の平均摂取量（我が国における）等に係る多くの科学的データを基に設定されていることから，その設定根拠を理解することから始まる。近年，超微量物質でも測定可能となる分析機器が開発され，非常に低濃度でも検出できるようになった。しかし，この測定値の意味を理解せずその数値だけが報道されることも多い。測定値が各種基準値を超過しているか否かが問題であり，リスクの有無については慎重に評価・判断すべきである。

なお，得られた数値が各種の基準値より低くても問題視される傾向が強いのも事実である。いわゆる，「ゼロリスク」を求めることであるが，我々を取り巻く環境や食品には自然毒やアレルギーを引き起こす成分も多く，「ゼロリスク」はあり得ないという考え方が国際的な常識である（日野，2009）。農薬のみならず，商品化された多くの化学製品はその時代に対応できる科学的知見を最大限活用し「リスクを可能な限り小さく」との観点から開発され，利用が図られている。科学は常に成長を続けており，将来的にみても「絶対に安全」と言い切れることはありえない。

ところで，農薬に対する「毒物で危ない」という概念は，幼少期からの学校教育の影響や一般生活の中で得られたものが大きいと考えられる。農薬に対する偏見を打破するには，学校教育のあり方を問うことも大切である。農作物生産に使用される農業資材としてのベネフィットと，生理活性物質としての特性に起因する様々なリスクの両者について，「食」・「農」の重要性も十分に考慮しての教育が望まれる。

お わ り に

地球環境を保全することが国際的な共通認識であり，同時に世界人口の増加に対応できる食糧生産が大きな課題になっている。2015年9月，国連総会において「持続可能な開発目標（SDGs：Sustainable Development Goals）」が採択され，各分野において持続可能性の追求が示されたことより（地球環境戦略研究機関，2015），食糧生産での農薬使用もこれまで以上にSDGsを強く認識して行動することが重要である。

農業生産技術に関連する環境問題やリスクの評価・管理およびリスクコミュニケーションについては，あらゆる研究分野で十分に情報交換することが必須になっている。また，国民が病害虫・雑草防除剤としての農薬について正確な理解を可能にするため，研究者や行政担当者をはじめとした農薬関係者に課せられた役割も大きい。農薬の開発から登録までに蓄積した毒性や残留性等の膨大な科学的データの公表と，研究から得られた各種成果をわかりやすい形で国民に伝えることも必要である。そして，学校教育を通して各種データを科学的に理解し解析できる能力を身につけ，農薬の使命について真剣に議論することが重要であろう。

なお，本稿は「農薬の環境科学最前線―環境への影響評価とリスクコミュニケーション―」（日本農薬学会編）（上路，2004）を一部加筆修正したものである。

引 用 文 献

1）地上防除ドリフト対策マニュアル（2005），日本植物防疫協会，東京，p.1～47.
2）地球環境戦略研究機関（2015）：持続可能な開発目標（SDGs）案，http://www.csonj.org/blog/mdgsnews/owg-sdgs-japanese-traslation/
3）藤田俊一（2007）：日植防シンポジウム「病害虫と雑草による影響を考える」：1～14（講要）.
4）日野明寛（2009）：食品の化学物質危害防止ハンドブック，サイエンスフォーラム社，東京，p.1～28.
5）農林水産省（2017）：農薬の使用に伴う事後及び被害の発生状況について，http:www.maff.go.jp/j/nouyaku/n_topics/h20higai_zyokyo.html
6）上路雅子（2004）：農薬の環境科学最前線―環境への影響評価とリスクコミュニケーション―，日本農薬学会，東京，p.339～344.
7）横山昌雄（2007）：日植防シンポジウム「病害虫と雑草による影響を考える」：15～24（講要）.

調査報告

農薬はどう教えられているか

―教科書に登場する農薬―

京都大学大学院農学研究科　宮川　恒（みやがわ　ひさし）

はじめに

農業生産の現場において農薬は必須の資材として認識され，生産性の向上に大きく貢献しているにもかかわらず，社会における農薬に対するイメージは極めて悪い。農薬は食品を汚染し，健康を害するものであり，使わないほうがよい，あるいは使うべきではないものとして認識されている。結果として「無農薬」や「減農薬」という用語が「こだわりの」や「からだに優しい」を売りにする食材や食品に対して「有機」「オーガニック」とともに，商品を何か普通のものとは違う「よい」ものとして差別化するために頻繁に利用される。

その一方で人々は農薬のことを実際にはほとんど知らない。例えば授業で，風邪薬や胃腸薬なら名前を挙げることのできる学生に対して「知っている農薬の名前を挙げて下さい」と尋ねても，ほとんどの場合の答は「知りません」である。ただし少数ではあるが「DDTというのは聞いたことがある」という答も必ず出てくる。「農薬のことはあまり知らないけれど，からだや環境によくないものである。その代表はDDT」というのが一般的なイメージであるようだ。

どうしてこのようなイメージが作られるのだろうか？筆者は先頃，この疑問に関連して日本で農薬がどのように教えられているのかについて調べ，その結果を小文にまとめた（宮川，2017）。本稿では，その続編として，農薬が小学校から高校の教科書にどのような形で登場するのかをより詳しく紹介したい。

I　学習指導要領と農薬

文部科学省が示している小学校から高校（普通科）までの学習指導要領（文部科学省，2008；2009）に「農薬」という単語自体は出てこない。高校農業科ではいくつかの教科の内容の取り扱いの中に「農薬」の文字が見えるが，病害虫・雑草防除における農薬の役割を解説せよという趣旨にはなっていない。

直接「農薬」という言葉は出てこないが，農業や農家の仕事，地域の生産活動を学ぶことが小学校3・4年および5年の社会で求められている。

中学校の要領には，調べた限り農薬が関連しそうな事項は見当たらない。

高校では化学で「化学と人間生活」，「有機化合物の性質と利用」等を取り上げることになっており，題材として農薬を取り上げることが考えられる。また生物では「生態系」に関連して農薬など化学物質の影響が言及されることがあるだろう。

以上をふまえ，以下実際に教科書の中で，どのように「農薬」が登場するのかを見ていきたい。

II　教科書に登場する「農薬」

1　小学校社会

（1）　3・4年

小学校3年生から4年生にかけて，社会は一つの科目として2年間で学ぶことになっている。指導要領(2)は，選択であるが農家の仕事を地域の生産活動の一つとして取り上げることを求めており，この説明の中で農薬が登場する。

まず東京書籍「新しい社会」上巻（2015）では，「はたらく人とわたしたちのくらし」として仙台近郊のまがりねぎ栽培のことを調べるようすが記されている。子供たちが，作業の内容に興味を持って質問し，生産者（関内さん）が答えるという形で話が進む中，「虫がつかないわけ」については次のように述べられている（以下，引用文は適宜漢字を交えて書き直している）。「虫がつかないように農薬をまいています。ねぎに虫がつくのは，おいしい証拠ですが，売れないと困ります。ねぎに虫がついたり，病気になったりしないように，年に3回ほど農薬をまいています。できるだけ少ない回数ですむように工夫しています。」この中で「ねぎに虫がつくのはおいしい証拠」は科学的には問題と思われる。

また，この東京書籍版は下巻（2015）で指導要領（6）ウの「特色ある地域の人々の生活」に，「コウノトリを育てる町」兵庫県豊岡市の活動を紹介する形で対応して

How are the Pesticides Taught in Elementary and Secondary Educations in Japan?.　By Hisashi Miyagawa

（キーワード：農薬，教育）

いる。そこではまず，「コウノトリを守り育てる様子」として1971年にコウノトリが絶滅し，その後人工飼育に成功したことが述べられた後，「コウノトリは田にいる生き物を餌にします。農家では農薬を減らして米を育てているそうです」と説明する。続く「コウノトリを生かす」という節では，「豊岡市では，コウノトリを守るために減農薬や無農薬でつくった農産物を，『コウノトリの舞』という印をつけて売り出しています」という記述があり，朝市で売られる農産物が写真で示される。さらに「コウノトリを目印にした農産物がまちの特産品になっているんだね」という小学生のコメントが加えられ，これに対する農家の根岸さんの話として「わたしは，農薬や化学肥料をなるべく使わないで生き物を増やす『コウノトリを育む農法』で米を作っています。『コウノトリの舞』は，こうしたコウノトリや人にやさしい方法で作られた，安全で安心な作物であることを表す印です。多くの人に，私たちの作った米や野菜を食べてもらえたらうれしいです。」と，「農薬を使わない」＝「安全」というイメージを植えつけている。この節がおかれている位置から見て，この教科書を採択した小学校では4年生の後半でこれを学ぶものと思われる。

教育出版「小学社会」（2015）では，「農家の仕事」として加藤さんのコマツナづくりの工夫が紹介される。種まきの後にシートをかぶせ，土を暖めて育ちを早める工夫を行っていることが述べられ，さらにこのシートの使用は「害虫が入るのも防ぎ，使う農薬を減らすことができる」として害虫を防ぐ工夫にもなっているという。

また，この教育出版版は下巻の「地域の暮らし」の項で，福岡のさつき松原が地域に果たした役割を取り上げる。防風林，防砂林，燃料供給の機能が述べられた後，現在では松の葉を燃料にすることもなくなり松原は手入れされなくなったこと，それでも守る活動を続けてきたが10年ほど前から，松を枯らす害虫が増え，大きな被害を受けるようになったという吉村さんの話が紹介されている。これに続いて「害虫にやられた松は切り倒さなくてはなりません」という記述があり，「害虫を防ぐ薬」と題した樹幹注入による防除の様子を示す写真が添えられている。なおこの写真には「薬は費用がかかるため，一度に多くの松に与えることはできません」という説明文が添えられているが，その意図は不明である。

日本文教出版「小学社会」（2015）では「くらしとまち」の中で「畑ではたらく人々の仕事」として姫路市，高田さんのレンコン栽培が説明されている。「おいしいレンコンを作るために」と題したセクションには，「レンコン畑を荒らすカモ」と「レンコン畑の害虫」（名前は書かれていない）のイラストがついていて，小学生が「害虫や病気からまもるために毎日畑を見まわってレンコンのようすを確かめている」ことを工夫の一つとして気づいた旨書かれている。さらにおいしいレンコンを作るために毎日いろいろな作業をしなければならないことに気づき，その中に「害虫や病気を防ぐための仕事」が含まれることが述べられて，「必要なときに害虫を防ぐための農薬をまきます」という説明のついた「害虫を防ぐために農薬をまく」という写真と，害虫がついていないか，病気になっていないかを毎日見まわっている「畑の見回り」という写真が掲載されている。全体的に妥当な説明と言えるだろう。

光村図書出版の「社会」（2015）では，農家の仕事は取り上げられてはいない。この教科書が採択された学校ではこの時期に農薬のことを学ぶ機会はないのだろう。

（2） 5年

「私たちの食生活と食料生産」を学ぶために，米作りのさかんな地域を取り上げ，現状と問題点が紹介される。

日本文教出版「小学社会」（2015）では山形県庄内平野の地理的な条件が解説された後，鶴岡市の押井さんの農事暦が示される。5月中ごろに田植えをして，除草剤をまく，8月に農薬散布を行うとあり，暦の隣には無人ヘリコプターによる散布の写真が添えられている。本文には，押井さんの話として，米作りは丈夫な苗を育てることからはじまり，土づくりにも力を入れており，「農薬についてもどうしても必要と考えられる場合にかぎり，与える時期や量に気をつけて使用しています」とある。この後，圃場整備や品種改良の説明があり，「消費者が求める米作り」という節では，「できるだけ農薬や化学肥料を使わない米を買うようにしている」という人の話が出てくる。続き引用すると「日本ではせまい農地で収穫量を増やすために，これまでたくさんの農薬や化学肥料が使われてきました。しかし農薬や化学肥料を使いすぎると，自然や人体への影響が出ることが心配されています。最近では，これらの使用をできるだけ減らし，たい肥などを使った米作りもおこなわれています。押井さんたちも，普通の栽培方法と比べて，農薬や化学肥料の使用を半分以下にした米作りをしているそうだよ。」さらにこの隣にアイガモ農法の写真と「アイガモは雑草や害虫を食べるので農薬がいらず，さらにアイガモのふんがそのまま肥料になるので，化学肥料の量を減らすことができます」との説明が添えられ，「農薬を使わない方がよい」という印象を与えている。

東京書籍「新編新しい社会」（2015）では米作りの盛んな地域，山形県庄内平野の事情を取り上げ，5月に除

草剤，7月に農薬をまくことを含め様々な作業が書き込まれた岡部さん（酒田市）の農事暦を調べた小学生が「米作りにこんなにいろいろな仕事があるとは思いませんでした」と感想を述べる。また「最近では小型のヘリコプターを使って農薬をまくことも多いそうです」として，ヘリコプター散布資格を持つ人たちが地域のすべての田に散布しているという協力体制を説明している。全体として農薬に関し否定的な記述は見られない。

光村図書出版「社会」（2015）は庄内平野，酒田市の後藤さんの農業を教材としている。農薬に関しては，農事暦の7～8月に「防除：ラジコンヘリコプターを操作して病害虫を防ぐ薬をまきます」という説明があるのみだ。一方で，後藤さんは，おいしくて安心して食べられる米作りには土づくりが大切とし，土づくりには肥料が欠かせないが化学肥料だけを与えているとイネに病気が出やすくなる，と「化学」に対する不信を示す。さらに，化学肥料の使いすぎは，健康や自然への影響も心配されるので，養豚農家から出る糞尿からつくる肥料をつかい，土づくりに努めていると，述べる。

教育出版「小学社会」（2015）の「おいしい米を作るために」の節では新潟県南魚沼市，今井さんの水田で稲の間をかき分けて，かもが泳いでおり，「水の管理をするとともに，雑草や害虫を食べてくれるかもを水田に放すことで，農薬をまく回数を抑えることができます。今井さんは，環境のことを考えながら，より安全に食べることのできる米を作ろうと努力しています。」との記述がある。これに続く「農薬や化学肥料にたよらない，栽培の工夫」という囲みになった補足説明では「雑草や害虫の発生を防ぐ農薬は，使いすぎると，人の健康に悪い影響を及ぼす心配があります。また化学肥料は効率よく稲に栄養分を取らせることができますが，使いすぎると土が硬くなったり，稲が成長しすぎて倒れたりする心配があります。これらの心配を減らすために，農家の人たちは様々な工夫に取り組んでいます。」とあり，工夫の例としては堆肥の使用などによる土づくりなどがあがっている。次の「変わってきた米作り」では，データをもとに昔と比べて単位面積当たりの収穫量が増えている点に着目，いろいろな工夫をしているからだろう，化学肥料や農薬を使うようになったからではないか？などの意見が交わされる形で話が進む。しかしこの後，特に化学肥料や農薬の貢献については触れられない。むしろ品種改良で作られたコシヒカリの解説で，コシヒカリが病気に弱く，うまく育てるためには「農薬をまいて病気を防ぐことも必要」と書く一方，「しかし，農薬をまく回数が多いと，仕事の手間がかかる上，環境にもよくありません」と否定的な記述がある。以下，耐病性の向上をめざしたコシヒカリBLの育種と普及の説明が続き，あたかも農薬による防除は必要でないような印象を与えている。「今井さんの心配」の節では米の国内消費の減少と海外との価格競争の状況が説明され，これに対して今井さんが「外国産の米は安いですが，わたしたちはおいしさや安全性に自信を持って米作りをしていますよ」と述べる。さらに次節「これからの米作りは？」で今井さんは「みなさんに安心して米を買ってもらえるようにすることが大切です。そこで，生産者の名前や顔写真，農薬や化学肥料の使用を抑えた米であることを知らせる表示などを米袋にのせたり（略），国内の他の産地や安い外国産米との競争に負けないように，値段が高くても買ってもらえる，質のよいおいしい米の生産に取り組んでいます。」と述べる。小学生がどれほど興味を持つのか疑問だが，この項には米作りのコストダウンに向けた動きの説明にあわせて米10 a当たりの生産にかかる費用（2011年農水省データ）が示されている。費用合計11万9,355円のうち農家の収入や人件費は30.7%，農機具，農薬，肥料にかかる費用はそれぞれ22.4%，6.2%，7.5%である。

小学校社会を通じて，農薬に対する扱いは断片的であり，農薬がなぜ使われるのかや必要性への言及が乏しいと言わざるをえない。

2　高等学校理科

現在，高校の理科は「科学と人間生活」「物理」「化学」「生物」「地学」の5種類の科目が設けられている。物理，化学，生物，地学にはそれぞれ「基礎」を付すものと付さないものの2種類があり，付さないものは「基礎」より発展的な内容を扱う。一般的には「基礎」を付した科目の中から3科目をとることが必修となっており，理科系の大学をめざす場合は，さらに「基礎」を付さない科目のいずれかを二つ履修するのが普通である。

（1）　化学

指導要領から見ると農薬のことが触れられていてもよいはずだが，例えば実教出版「化学基礎」（2013）の「化学と人間生活」の章では，金属，プラスチック，セラミックス，セッケン，食品添加物が取り上げられているのみである。「基礎」を付さない「化学」（2013）の「有機化合物と人間生活」と題する章にも登場しない。農薬は人間生活に利用されている有機化合物の代表的なものではないようだ。

（2）　生物

選択必修科目の一つになっている生物基礎に農薬が登場する。

数研出版「新編生物基礎」(2013) では第5章として「生態系とその保全」がおかれ，その中の「生態系のバランスと保全」において「人類と生態系」と題するセクションがある。そこではまず「農耕地の拡大」が取り上げられ，増大する人口を支えるためには，大規模な農耕地が必要であり，そこでは，特定の植物だけを育てるために雑草の侵入を阻止しなければならず，また収穫物を独占できるように他の消費者（病害虫・雑草）の増加を抑えなければならない，と防除の必要性と農薬の役割が述べられる。以下「そのため，除草剤や殺虫剤の大量投与が行われてきた。しかし，農薬散布によって生態系を構成する生物種が減り食物網が単純になると，生態系が不安定になり，バランスが崩れやすくなると考えられている。」と懸念が示され，もっともではあるが，農薬の適正使用の観点がほしい。

そして次の「水界生態系の変化」の中で，生物濃縮の説明がでてくる。本文中にDDTの名前は示されないが「DDTの生物濃縮の例（アメリカ，ロングアイランドの湾，1961年)」という図が掲載されている。この図には「DDTは殺虫剤で残留性が高い。現在，アメリカや日本ではDDTの使用は原則禁止されている」との注釈が付され，水系に流入したDDTが，動物プランクトンに0.04，魚介類のハマグリに0.42，イワシに0.23，ダツに2.07，鳥類のコアジサシに5.58，セグロカモメに8.35（数字はそれぞれppm値）に濃縮される様子が描かれる。この欄外には「DDT以外にも有機水銀やカドミウムなどでも生物濃縮の例が知られている」という説明もある。DDTによって生物濃縮という現象が注目されるようになったのは確かだが1961年と言えばすでに50年以上も前である。このあと100年たっても取り上げられるのだろうか？

第一学習社「高等学校生物基礎」(2013) でも同じく第5章で人間活動による生態系への影響という節がおかれ，その中の「水質汚染」で生物濃縮のことが触れられる。ここでは「たとえば，かつて農薬として使用されたDDTは，自然界では分解されにくく，脂肪に蓄積されやすいため，生物濃縮される。」と説明があり，先と同じように「アメリカ・ロングアイランドにおけるDDTの生物濃縮」が，年代は示されずに，参照図として掲載されている。図中に描かれる生物の種類と蓄積濃度はほぼ数研出版のものと同じだが，水中の濃度が0.000003 ppmと明示されている点が異なる。またこのあと「DDTを高濃度に蓄積した鳥類は，殻のもろい卵を産むことがある。この卵は，親が温めている間に割れてしまう。アメリカでは，DDTの生物濃縮によってミサゴやペリカンの個体数の減少が起こった。このため，高次消費者の個体数が激減して，食物連鎖に影響を及ぼした。現在，このような物質の規制に関する国際的な取り組みが進められている。」と生物濃縮の影響が解説されている。

実教出版「生物基礎」(2013) では第4章として「生物の多様性と生態系」が置かれ，「生態系と物質循環」の中で生物濃縮が取り上げられる。「現在では使われていないが，塩素を含む有機物であるDDTなどが，殺虫剤として，農作物や家庭内の害虫駆除のために大量にまかれていた。DDTには毒性があり，きわめて分解されにくく，長期間にわたって生態系にとどまり，生物濃縮を起こす物質として問題になった。DDTのような，毒性があり，生物濃縮を起こす物質は，高次の消費者に移るごとに高濃度に濃縮され，高次消費者の生命が危うくなることがある。」DDTの残留性および生物濃縮性が高いのは事実であり，この反省が新たな農薬の創製に大きな知見を与えたと考えられる。

また，この項にも「農業で使用されたDDTの生物濃縮」という図がついている。しかし，ここでは場所は特定されず，ヘリコプターでまかれたDDTが水中に移行した濃度も0.0006 ppmで第一学習社版と少し異なる。またプランクトン，泥，水生昆虫，魚における濃度はそれぞれ1.0，1.5，1.5，2.0 ppm，さらに鳥における蓄積濃度が魚食性のものと虫食性ものにわけて示され，それぞれ4.0から57.2 ppmおよび1.3から12.8 ppmのように幅を持たせて書かれている。

この実教出版版では続く「生態系のバランスと保全」の中で人間活動による生態系の変化が解説され，化学物質の影響として内分泌かく乱物質，環境ホルモンへの言及がある。本文には出てこないが，「化学物質の発生と移動の経路」というタイトルの図が載っており，その中に代表的な化学物質の発生源として「農薬」「工場廃液」「廃棄物処分場」が示され，環境中に分布してヒトに移行していく様子が描かれている。

東京書籍「新編生物基礎」(2013) の第4編「生物の多様性と生態系」と題する章では，生物濃縮は触れられていない。しかしこの中の「生態系を保全する試み」というセクションで，「自然界で一度滅んだ生物を再び自然界に戻すことは可能か？」という議論が提起され，コウノトリを例に「日本では，農薬散布や餌・営巣木の不足などの理由で絶滅してしまったと考えられているコウノトリやトキを再導入する試みが行われている」という形で農薬が登場している。

啓林館「新編生物基礎」(2013) でも生物濃縮は取り上げられていない。この一つ前のバージョンと考えられ

る同社の「生物基礎」(2013) には生物濃縮の記述があるが，例として用いられている化合物は PCB である。

なお，このほか家庭基礎および農業科のいくつかの科目にも農薬が登場するが，今回は紙数の制限により省略する。

おわりに

以上，小学校と高校の教科書に農薬がどのような形で登場するかを紹介した。農薬による化学防除の必要性が述べられる箇所もあるが，全体的に「使わない方がよいもの」として否定的に扱われていることがわかる。知っている農薬の名前を尋ねると少なからず DDT の名前が出てくるのも，生物濃縮との関連であろう。また小学校の教科書のところどころで示される「生産者も実はあまり使いたいと思っていない」というイメージは小学生のみならず，それを教える教員にも影響を与えているだろう。

初等・中等教育を通じて形成される否定的なイメージが，マスメディアやインターネットにあふれる大量の「懸念」によって増幅されていく。また，大学の教育もしばしば「農薬に頼らない新しい防除技術」，「環境・生態系保全」など各教員の研究を背景として実施されており，学生が持つ否定的なイメージによく適合するので特に疑問はもたれない。

このような状況で，いかに農薬に対する正しい理解を深めていくかは非常に難しい課題である。起死回生の妙手というものはないだろう。地球上の限られた資源を有効に使って食料生産を確保していくための有用なツールのひとつが農薬であることを，機会を積極的に設けて粘り強く伝えていくことに尽きる。特に，農薬登録の仕組みとリスク管理体制に関してわかりやすく説明し，納得していただくのが重要である。同業を含め自然科学分野の研究者でも，この仕組みすら知らない人もおり，これらの人が農薬に関し否定的な発言をされるのに驚くことが少なからずある。説明の機会を増やす必要性を痛感する。

また上述したように，一般的な教育課程に関する学習指導要領の中で農薬のことを具体的にどう教えるかが書かれているわけではない。教科書の編集者ともコミュニケーションをとり，科学的知見に基づき不適切な記述を指摘したり，不必要に「大量」や「できるだけ使わない」といった客観性に欠ける字句表現を加えないよう意見を申し立てたりする機会をつくっていくことも重要だと考えている。

引用文献

1) 文部科学省 (2008, 2009) : 現行学習指導要領 (本文，解説，資料等) http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/index.htm
2) 宮川　恒 (2017) : 農薬誌 **42** : 153 ～ 158.

高校教科書
1) 浅島　誠ら (2013) : 新編生物基礎，東京書籍，p.170 ～ 195.
2) 井口洋夫・木下　實 (2013) : 化学基礎，実教出版，p.6 ～ 15.
3) ――――・―――― (2013) : 化学，実教出版，p.299 ～ 302.
4) 本川達雄・谷本英一 編 (2013) : 新編生物基礎，啓林館，p.126 ～ 144
5) ――――・―――― 編 (2013) : 生物基礎，啓林館，p.174 ～ 190.
6) 嶋田正和ら (2013) : 新編生物基礎，数研出版，p.173 ～ 205.
7) 庄野邦彦ら (2013) : 生物基礎，実教出版，p.190 ～ 213.
8) 吉見勝利ら (2013) : 高等学校生物基礎，第一学習社，p.250 ～ 291.

小学校教科書
1) 小学社会 3・4 上 (2015) : 教育出版，p.86 ～ 95.
2) 小学社会 3・4 下 (2015) : 教育出版，p.146 ～ 151.
3) 小学社会 3・4 上 (2015) : 日本文教出版，p.48 ～ 109.
4) 小学社会 5 年上 (2015) : 日本文教出版，p.48 ～ 69.
5) 小学社会 5 上 (2015) : 教育出版，p.56 ～ 73.
6) 新編 新しい社会 3・4 上 (2015) : 東京書籍，p.70 ～ 83.
7) 新編 新しい社会 3・4 下 (2015) : 東京書籍，p.160 ～ 167.
8) 新編 新しい社会 5 上 (2015) : 東京書籍，p.74 ～ 91.
9) 社会 3・4 上 (2015) : 光村図書出版.
10) 社会 5 (2015) : 光村図書出版，p.56 ～ 77.

調査報告

農薬関連の講義におけるいくつかの試みとその受講生による記述文

島根大学生物資源科学部　巣山（す やま）　弘介（こう すけ）

はじめに

筆者は農薬に関する情報伝達のより良い形を模索するため，これまで後述するいくつかの試みを取り入れた講義を行い，その概要や受講生の反応について各種の学会で報告した（巣山ら，2013；2014；2015 a；2015 b；巣山，2016）。そして，それらの内容などを取りまとめ，社会心理学的な視点での考察を試みた（巣山，2017）。ただ，その中では受講生による記述文について断片的にしか紹介せず，彼らの反応をリアルにお伝えできなかった。そこで，本稿では，農薬関連の講義における筆者の試みについて概略を述べた後，できる限り多くの記述文をそのまま紹介したい。つまり，本稿は既報（巣山，2017）の資料編のような位置づけであり，そちらも併せてお読みいただければ幸いである。

Ⅰ　農薬関連の講義における「四つの試み」

筆者は，担当または分担している複数の講義科目において，近年，主に次の四つを試みている。

1. 架空の農薬候補物質（試験名AKB−48）が開発され，農薬取締法第三条に規定されている登録保留要件をクリアして登録に至る過程を解説した後，実際の農薬の残留状況などを示す。また，登録保留要件を「ハードル」，登録に至る過程を「デビューへの道のり」と比喩する等，全体的に「物語・たとえ話」になっている。
2. それらの過程に「携わる人々」をイメージさせるイラストなどをスライドの随所に付す。
3. 「多くの（試験），厳しい（基準），安全性が確認・確保されている，大丈夫」等の，また，携わる人々の「配慮，努力，苦労」等の主観的な語句は用いない（それらの反意語も）。
4. オーディエンス・レスポンス・システム（以下，クリッカー）を用いて農薬に関する基礎知識やリスクへの許容度等を受講生に問い，回答分布を示しながら双方向的に進行する。なお，クリッカーとは，電卓のようなテンキー端末をあらかじめ受講生に配布しておき，講義中に質問と選択肢を示していずれかのキーを押してもらうと直ちに回答分布が投影されるシステムである。

Ⅱ　教養育成科目における講義「農薬のリスク管理」

1　講義の概要

島根大学には「環境問題通論A」および「環境問題通論B」という教養育成科目がある。前期のAと後期のBはほぼ同じ内容で，学生は片方しか履修できない。それぞれ全15回（各90分間）の中で環境や健康等にまつわる講義を10名の教員がオムニバス形式で担当している。その一つとして筆者は「農薬のリスク管理」と題した講義を上述の試みを取り入れて行ってきた。その概要は下記の通りである。詳細な内容，クリッカーの設問や回答分布等については既報（巣山，2017）を参照していただきたい。

（1）　主な農薬の種類・製剤・処理法
（2）　開発プロセス（分子設計，合成，効果の評価，製剤設計等）
（3）　AKB−48デビューへの道のり(1)：作物における農薬残留基準のクリア
（4）　デビュー後のリスク管理（使用基準の順守義務と罰則，農家への指導等）
（5）　デビュー後のチェック（トータルダイエット調査の概要と結果等）
（6）　AKB−48デビューへの道のり(2)：水産動植物への被害防止に係る農薬登録保留基準のクリア
（7）　デビュー後のリスク管理（使用上の注意の表示義務，農家への指導等）
（8）　デビュー後のチェック（農薬残留対策総合調査の概要と結果）
（9）　農薬の変化の例（選択性殺虫剤，溶出制御製剤等）
（10）　農薬の引退（失効），まとめ

2　提出課題

2014年度までに行った計5回の講義の受講生（のべ

Some Trials in Lectures on Pesticides and Several Description Sentences by Students.　By Kousuke Suyama

（キーワード：農薬，講義，受講生，記述文）

1,041 名）には下記の 2 課題を講義前に示し，講義の中盤に記入用紙を配布した。また，講義後には約 10 分間の記入時間を設けた。

1）講義を通じて学んだことを人に伝えるための『端的な標語かキャッチコピーなど』を作り，その理由を説明してください。

2）講義の感想や考えたこと，農薬に関してこれから行動しようと思うこと等，何でも自由に書いてください。

なお，解答用紙には「いずれも成績評価対象であるが，農薬への賛否は点数に影響しない」旨を明記した。

Ⅲ　受講生による記述文

既報（巣山，2017）では，2014 年度までに行った計 5 回の講義の受講生（のべ 1,041 名）が記した提出課題 1）と 2）への記述文に含まれていた主な要素を 7 通りに分類し，それらを記述していた受講生の割合を示した（表-1）。どの学期であっても「農薬の登録制度や残留状況等への新知識や驚き，多くの試験・厳しい基準・安全等」について約 8 割の受講生が記述し，「知識の大切さや知ってから判断すべき」と約 3 割の受講生が記述していた。

しかし，実際の記述文は「千人千色」で，そのことを感じていただければと，実例を以下に紹介する（枠内，原文を記載，農薬の世界で使われる文言とは異なっている場合がある）。『　』内は『端的な標語かキャッチコピーなど』である。また，〈　〉内は筆者（巣山）による注釈や感想等である。

●受講生 A さん（女性）
1）『農薬＝エリート』〈理由は割愛〉
2）「農薬」と言えば，一般的には悪いイメージで，「無農薬」がつくものがもてはやされる。そのため，今回の講義では「農薬は害を及ぼすから危ないよ，無農薬のものを買おう」という結論にどうせなるんだろう，と考えていた。結論を決めつけるという授業があまり好きではないので少し構えていた。それなのに，結局，農薬が良いのか悪いのか言われなかったので少し驚いた。〈以下，割愛〉

〈筆者が主観的な語句は用いずに講義したことに言及した例である。〉

●受講生 B さん（女性）
1）『稲を守る魔法の粉，AKB-48』
2）の下線部より，魔法のようだと感じたからです。

表-1　環境問題通論 A および B における講義「農薬のリスク管理」の提出課題に対する回答に含まれていた要素とそれを記した受講生の割合（巣山，2017）

年度		2012	2013	2013	2014	2014
学期		前期	前期	後期	前期	後期
受講生数		358 名	286 名	108 名	230 名	59 名
回答に含まれていた要素	①	89% [a]	86%	（未集計）	84%	84%
	②		84%		80%	50%
	③	65%	15%		26%	10%
	④		15%		10%	17%
	⑤	11%	16%		29%	10%
	⑥	47%	22%		30%	29%
	⑦		16%		31%	15%

[a] すべて各学期における受講生数に対する割合.
① 登録制度や残留状況等への新知識感や驚き，農薬へのイメージの変化.
② 「多くの（試験），厳しい（基準），安全，大丈夫，安心」等の語句を自ら使用.
③ 携わる人々の「安全性への配慮，努力，苦労」等の語句を自ら使用.
④ 携わる人々や農薬への信頼感や期待感，それらに感情移入したような表現.
⑤ 適正使用が大切（リスクはあるから/努力や手間を要したものなのだから）.
⑥ 知識が大切，知ってから判断すべき，偏見はよくない旨.
⑦ 講義内容を多くの人に知らせるべき，知ってほしい，伝えたい旨.

そして，ポジティブなイメージ，キラキラした印象にしたかったので魔法という言葉を使いました。
2）農薬がデビューするまでの過程について初めて学びました。
こんなにたくさんの研究をして，時間も労力もたくさんかけて，絶対に絶対に安心と証明されたものたちのみが，市場に出まわっているということをしりました。
難しい内容もあったけど，「そんなに心配しなくても，もう大丈夫です」って言いたくなるくらいすごく念入りに検査をしたり，基準を低くしておられて，すごく驚きました。そして，農薬を作っている人はこんなにも頑張っておられたのに，勝手に「農薬はダメなもの。悪いもの。」と思っていたことが本当に申しわけなく感じました。
初めの方のクリッカーで「農薬を作っているのは？」というものがあり，悪魔とか神様という選択肢がありました。その時，私は普通に「人間（会社）」を押して，「悪魔とか神様って（笑），先生，おもしろいなぁ！」って思ってましたが，授業をうけてからは，「もしかしたら，本当に神様かもしれない！」という思いも出てきました。お米を虫やウイルスなどから守ってくれて，人間に害を出さない薬を作り出せるなんて，本当に神の技のようです。〈以下，授業の進め方への感想につき，割愛〉

〈表-1の要素①～④を含むと判断した記述文である。Bさんにとって，新知識感や驚き，農薬へのイメージの変化がいかに大きかったかを窺がうことができる。〉

●受講生Cさん（女性）
1）『のうやく　～農業と自然との約束～』
私はかつて「沈黙の春」を読んだことがあり，農薬は危険なものだと思っていた。だけど，今は違う。時代は変化したのだと思った。
農薬がデビューするまでに多くのハードルを越えて，人や自然にできるだけ害がでないように工夫されていた。
過去の失敗から学び，新しい道を歩き出していた農薬。
失敗を生かし，農業（人）は人と自然を（最低限）傷つけないと約束をした。
その努力が今現在も続けられているのだ。
2）農薬へのイメージが大きく変化した。良い変化はこの先もずっと続いていってほしいと思う。
時代が変化し，環境も技術も変わっている。
科学が危ない橋を渡ることもあるが，農薬に関しては成功と言えるのではないだろうか。

〈要素①～④を含むと判断した記述文である。また，「農業と自然との約束」を「のうやく」と表したユニークな標語である。なお，農薬は危険なものと思った契機として，「沈黙の春」以外には，親の言葉，小・中・高校時代の先生の言葉，マスコミ報道等を挙げる例が多かった。〉

●受講生Dさん（男性）
1）『No薬からKnow薬へ!!』
一方的に農薬を否定するのではなく，農薬について理解を深め，よく知ることが大切と思ったから。
2）農薬について今まで深く考えたことがなく，自分の中のイメージと先入観で，農薬というのは人間やその他の生態系に害があるのではないかと思っていました。しかし，必ずしも農薬は害があるもの，一方的に悪い影響を生態系に与えるものじゃないんだ，ということを知ることができてよかったと思いました。日々，改良が加えられる農薬について理解を深めることが大切だとも思いました。

〈主に要素⑥を含むと判断した記述文である。このように「一方的に否定する前に知ることが大切」という意味の標語を書いた受講生はかなり多かった（『農薬を　知らず嫌いは　もうやめよう』等）。〉

●受講生Eさん（女性）
1）『知ってください。農薬のこと。学んでください。みんなのために。』
今回の講義を受けて1番おどろいたことが，農薬登録までの厳しい審査と長い流れです。そのことを知っている人は，いったいどれだけいるのだろう，私達がいったいどれだけ農薬のことを知っていたのだろう，と思いました。
何をもって有害とするかということも判断できていない私達が有害だととなえるのはおかしい気がしました。人体への影響というのならば，まず，どういったものが農薬であるかを知り，学んでからでないと理解ができないと思いました。
農薬について何か言うのは，農薬について知って，学んでからだと思います。
2）私は農薬ときくと，農薬＝有害とすぐに直結して考えていました。体に悪いもの，虫などを殺すの

だから人の体にも影響を及ぼすにちがいないと思い，米国などでは大規模農業でものがつくられ，ヘリコプターで農薬をまいたりなどしているのだから，食べるのがイヤだと思っていました。しかし，農薬として使われるまでに，はっきりと言えば，非常にめんどうなことを，これでもかというほど行っていることを知り，ただ有害なだけのものであるとしていた自分がどれほど表面上しかみていなかったのかということを知りました。また，農薬として認められるだけでも大変であるのに，農薬を使う人にも規則が多くあるとしり，非常におどろきました。

ADI，これを本当に大切にして農薬をつくってくれているのだなと思いました。

しかし，人が農薬に対して安全であるために数えきれないほどの動物たちを犠牲にしてしまっていることがショックでした。人への影響を私たちは1番最初に考えます。そのために，人の安全のために犠牲や実験の対象となってくれた動物たちのことを考えると，有害と考えてはならないなと思う一方，実験や犠牲が必要なものをつかおうとしていることが少し怖かったです。

結論として，私たちは農薬のことを知り，良いか悪いかだけで判断するのではなく，農薬がいったいどういうものであるのかをしっかりと知る必要があると思います。自分たちの生活を他人任せにしていてはいけないと思いました。私たちが知らなさすぎることがあまりにも多いなと感じました。そして，日々，リスク減のために努力してくださっている人々がいることをしっかり覚えておかなければならないと思います。

〈要素①～④および⑥を含むと判断した記述文である。また，筆者が講義に込める願いを代弁してくれた標語であり，分身が現れたように感じられる。また，各文節を敢えて「。」で区切って願いを強調しており，文才を感じる。一方，筆者は，動物実験について供試動物数も含めて詳細に説明しており，複雑な心境や批判的な意見を綴る受講生も少なくなかった。ただし，次のような展開もあった。〉

●受講生 F さん（女性）

1)『農薬を使うときには，ラベルの指示通りに！』

農薬は農林水産省などがきびしい規定を設け，その規定には多くの命を犠牲にしている。その規定を乗り越え，登録された農薬を指示通りにしなければ，登録に関わった人々の苦労やマウスなどの命がムダになってしまう。また，指示通りにしなければ，自分に害が返ってくる。だから，農薬を使用するときには指示通りにしなければならないと思う。

2)店に置いてある農薬がこれだけのハードルを乗り越えていることに驚きました。あらゆる状況を想定してハードルを設けていることにも驚きでした。また，農薬の登録に多くの命が犠牲になっていることを知り，もし農薬を使うときには感謝の気持ちをこめて，指示通りに使用しようと思いました。

〈要素②，③および⑤を含むと判断した記述文である。使用基準の順守を求める理由としては，この例のようなものが多く，「罰則があるから」はまれであった。〉

●受講生 G さん（女性）の記述文

1)『悪者にされがちな農薬だけど　適量使用は安心・安全』〈理由は割愛〉

2)我々は「農薬」というものに悪いイメージを持ちがちである。しかし，今回の講義で「農薬」が「農薬」として認定されるまでに実に厳しいテストを経ているかを知った。想定される一番弱い物（生物）に対しても影響が出ないようにするというテストの方法は「農薬」というものに対しての悪いイメージを払拭するものであった。

だからこそ，この農林水産省をはじめとする農業に関わるたくさんの人々の努力をもっと多くの人が知る必要があるだろう。

イメージや先入観で判断してしまう私達，消費者。そして，イメージだけで「有害」か「無害」かを決めてしまう我々消費者の方が「農薬」より危険なのではないだろうか。

しかし，「農薬」の方もまだ100％安全というわけではない。

よって100％安心という日がくるまで「農薬」に関する努力は続けられていくだろう。そして我々も「知る」という努力を続ける，もしくは始めよう。

〈要素①～⑥を含むと判断した記述文である。〉

●受講生 H さん（男性）

1)『農薬安全　一日にして成らず』〈理由は割愛〉

2）農薬と聞くと，不安なイメージや乱用されているイメージが頭をよぎっていた。
授業を受けた今も，そのイメージは頭の中に残っている。しかし，新たに増えた農薬のイメージもある。それは安全の為へのたゆまない努力である。
前々から，農薬の試験という存在を知っていたが，それがここまで緻密で時間をかけている物だとは知らなかった。
だからといって，農薬が100％安全だという訳でもない。しかし，100％安全でないという訳でもない。
多くの人の頭の中にあるのは後者のイメージではないだろうか。
今回の授業を通して，農薬のことを伝えたいと思う様になった。
安全だ，という事を伝えたいのではなく，知識を知らない人に安全の有無，選択を考える上で必要となる知識を伝えていきたい。

〈要素①～③および⑦を含むと判断した記述文である。また，最後の一文は筆者の講義に込める想いを代弁してくれており，分身が現れたように感じられた。〉

●受講生Iさん（男性）
1）『みんなで知ろう　農薬の大切さ』
「農薬」と聞くと，プラスのイメージを持っている人よりマイナス（危険，健康への影響）のイメージを持っている人が圧倒的に多いはずで，私もそのうちの一人です。
農薬には消費者により良い形で作物を食べてもらおうという思いも込められていることを知ってほしいと思いました。
2）例えば，友人と買い物に行ったり，将来結婚して妻と一緒に野菜を買いに行く機会があるはずです。そのときに，ただ価格や見栄えを見るだけでなく，有機野菜の特徴や，危険なイメージしかないであろう農薬について，こんな側面もあるんだ，ということを説明できるようになりたいと思いましたし，今回の講義でそれがある程度できる知識を学ぶことができました。

〈要素①，④および⑦を含むと判断した記述文である。講義内容を友人や将来の妻に伝えたいと具体的に書かれている。他に，親，出身地の農家の人などをあげた受講生もいた。〉

●受講生Jさん（男性）
1）『農薬は　この瞬間にも　進化する』
今回の講義を受けて，農薬が商品として売り出されるまでに，常に最悪のケースを考えて，いくつもの厳しいハードルを乗り越えた精鋭であり，私が中学・高校時代に学んだ農薬たちはすでに進化に追いつけずに淘汰されていったということを知り，いつまでも他の人達に古い基準で農薬を評価してほしくないという思いが生まれ，この標語に設定した。
2）〈割愛〉

〈「古い基準で農薬を評価してほしくない」という部分から，④の「携わる人々や農薬に感情移入したような表現」に分類した。このほかに「偏見だけで農薬を見ないで欲しい」，「簡単に否定せず，もっと農薬について見直して欲しい」，「農薬へのイメージが悪いままだと損しているような気がした」，「偏ったイメージを少しでも変えられるようにしたい」等があった。〉

お わ り に

上述のように，解答用紙には「農薬への賛否は点数に影響しない」旨を明記したものの，いずれも成績評価対象として課した課題である。それゆえ，「学生は単位のためなら先生が気に入りそうなことを察し，それを書くものだ。」というご意見もあろうが，読者の皆様はどのようにお感じになっただろうか。そのようなことなど，どんなことであっても，ご感想やご意見をお聞かせいただきたい。

また，受講生による記述文と簡単な注釈や感想を列挙した本稿についてはご批判の声を賜るかも知れないが，「はじめに」に記した通り，既報（巣山，2017）の内容をよりリアルにご理解いただくためにはできるだけ多くの記述文をそのままお読みいただくことが重要と考えるに至り，敢えてこのような内容とさせていただいた。可能であれば，既報（巣山，2017）も併せてお目通しいただき，ご感想，ご意見等をお寄せいただきたい。

また，本稿では紹介できなかったが，農薬について批判的な記述を多く含むものやそれに終始するものもある。機会があれば，それらもご紹介したい。そういった情報を共有し，多くの方々のご意見，ご提案等を頂戴しつつ農薬に関する情報伝達のよりよい形を模索していきたいと考えている。

筆者の想いは，奇しくも受講生が代弁してくれたよう

に『知ってください。農薬のこと。学んでください。みんなのために。』であり，また「安全だ，という事を伝えたいのではなく，知識を知らない人に安全の有無，選択を考える上で必要となる知識を伝えていきたい。」に尽きる。

最後に，環境問題通論AおよびBの補助スタッフの皆様（文献1～4の共著者）には，クリッカーの運用や提出課題用紙の配布等，多大な援助をいただきました。また，受講生の皆様（2012～14年，延べ1,041名）が様々な想いを綴ってくれたからこそ本稿があります。それらすべての皆様に感謝いたします。また，農薬に携わっておられるすべての方々に心より感謝するとともに，敬意を表します。

引　用　文　献

1）巣山弘介ら（2013）：日本農薬学会第38回大会講演要旨集，p.100.
2）――――ら（2014）：第15回日本有機農業学会大会資料集，p.69～71.
3）――――ら（2015 a）：日本農薬学会第40回記念大会講演要旨集，p.96.
4）――――ら（2015 b）：人間・植物関係学会2015年大会研究発表要旨，p.28～29.
5）――――（2016）：日本農薬学会第41回大会講演要旨集，p.77.
6）――――（2017）：日本農薬学会誌 **42**(1)：p.159～166.（http://pssj2.jp/journal/jjps.html：2017年9月ごろまでは学会員限定，その後はオープンアクセスになる予定）

新しく登録された農薬（29.7.1～7.31）

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」

●タイリクヒメハナカメムシ剤
23960：**オリスターA**（住化テクノサービス）17/7/26
タイリクヒメハナカメムシ成虫：250頭/250ミリリットル
野菜類（施設栽培）：アザミウマ類：発生初期

「殺菌剤」

●ピカルブトラゾクス水和剤
23952：**ピシロックフロアブル**（日本曹達）17/7/18
ピカルブトラゾクス：5.0%
ミニトマト：疫病：収穫前日まで
だいこん：白さび病，ワッカ症：収穫前日まで
ブロッコリー，ほうれんそう，きゅうり，メロン，キャベツ，レタス，非結球レタス，たまねぎ：べと病：収穫前日まで
すいか：褐色腐敗病：収穫前日まで
はくさい：べと病：収穫3日前まで
23953：**ピシロック顆粒水和剤**（日本曹達）17/7/18
ピカルブトラゾクス：20.0%
みょうが（花穂），しょうが：根茎腐敗病：収穫前日まで
みょうが（茎葉）：根茎腐敗病：みょうが（花穂）の収穫前日まで但し，花穂を収穫しない場合にあっては開花期終了まで
てんさい：苗立枯病（アファノミセス菌），苗立枯病（ピシウム菌）：は種時～定植前
23955：**ナエファインフロアブル**（日本曹達）17/7/18
ピカルブトラゾクス：10.0%
稲（箱育苗）：苗立枯病（ピシウム菌），苗立枯病（フザリウム菌），苗立枯病（リゾープス菌），ムレ苗防止：は種時
稲（箱育苗）：苗立枯病（ピシウム菌），ムレ苗防止：は種時から緑化期但し，移植15日前まで
●ピカルブトラゾクス粉剤
23954：**ナエファイン粉剤**（日本曹達）17/7/18
ピカルブトラゾクス：0.70%
稲（箱育苗）：苗立枯病（ピシウム菌），ムレ苗防止：は種前

「除草剤」

●ピリミノバックメチル・ベンタゾン粒剤
23951：**日農ヒエクリーンバサグラン粒剤**（日本農薬）17/7/12
ピリミノバックメチル：0.40%
ベンタゾン：11.0%
移植水稲：水田一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ウリカワ，ミズガヤツリ，ヘラオモダカ，オモダカ，クログワイ，シズイ
直播水稲：水田一年生雑草，マツバイ，ホタルイ
●メタミホップ乳剤
23956：**ピゼロ乳剤**（科研製薬）17/7/19
メタミホップ：3.3%
移植水稲：ノビエ
23959：**トドメMF乳剤**（科研製薬）17/7/19
メタミホップ：4.9%
移植水稲：ノビエ
●メタミホップ粒剤
23957：**ピゼロ1キロ粒剤**（科研製薬）17/7/19
メタミホップ：0.90%
移植水稲：ノビエ
23958：**トドメMF1キロ粒剤**（科研製薬）17/7/19
メタミホップ：1.35%
移植水稲：ノビエ

研究報告

京都府におけるネギハモグリバエの発生生態

京都府農林水産技術センター農林センター　徳丸（とくまる）　晋（すすむ）

はじめに

ネギハモグリバエ *Liriomyza chinensis* Kato は，幼虫がネギ科（Alliaceae）のネギ（岡崎・會田，1951；村井，1953），ラッキョウ（友永ら，1960）およびニラ（山下，2002）の葉肉を摂食し，白い筋状の潜孔を形成する。ネギやニラでは収穫対象である葉が直接損傷を受けるので，わずかな加害でも生産物の品質は著しく低下する。

本種は，これまでに福岡県（山村，2004），大分県（甲斐，2002）および京都府（徳丸・岡留，2004）の葉ネギ栽培で多発し，その被害が問題になった。また，北海道のタマネギでは幼虫が葉身だけでなく鱗片も加害し，品質を低下させている（北海道立総合研究機構 中央農業試験場病虫部予察診断グループ，2015）。

本種の防除対策を構築するためには，日本産個体群の生物学的特性を明らかにする必要があるが，これまでに本種の発育については福岡個体群（Tran et al., 2007）と岩手個体群（田替・大友，2002），増殖能力については福岡個体群（Tran and Takagi, 2005）でのみ報告されているが，依然として不明な点が多い。そこで本稿では，最近の京都府におけるネギハモグリバエの発生状況について報告するとともに，本種の発育に及ぼす温度と日長の影響ならびに増殖に及ぼす温度の影響についても述べたい。

I　京都府におけるネギハモグリバエの発生状況

調査は，2016年の4～11月にかけて，京都府の露地ネギ栽培圃場（6～10圃場）において行った。各月の中旬に各圃場でネギをランダムに25株選択し，調査株とした。調査株の全葉を対象に，ネギハモグリバエによる被害の有無を目視で確認し，被害度および被害株率（被害株数/調査株数）を求めた。その結果，ネギハモグリバエによる被害株は4月から見られた。その後，7月までは被害度および被害株率ともに増加傾向を示したが，いずれも平年（2006～15年の平均）を下回る値で推移した。9月には，被害度および被害株率ともに急激に増加し，いずれも平年と同等の値になったが，10月以降には再び減少した（図-1）。

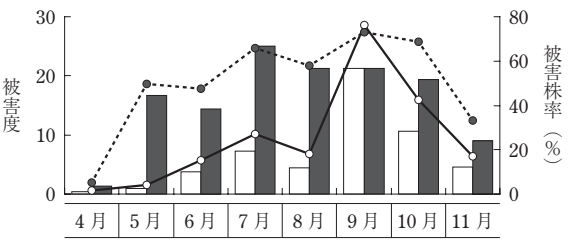


図-1　京都府の露地ネギ栽培におけるネギハモグリバエによる被害度および被害株率（2016年）
棒グラフ（白：2016年，黒：平年値（2006～15年））：被害度．
折れ線グラフ（○：2016年，●：平年値（2006～15年））：被害株率．

徳丸・岡留（2004）は，京都府の露地ネギ栽培における本種の発生は，6月下旬～8月に多くなると述べている。そこで，2016年から過去10年およびネギハモグリバエが多発して問題になった2000～03年（徳丸・岡留，2004）の7月の被害度および被害株率を比較した（図-2）。2000～03年までの被害度のデータはないが，2009年を除いて過去10年間の本種による被害度および被害株率は，年々減少傾向で推移しており，特に2014～16年の3年間は，被害度および被害株率ともに低く推移している。

以上のことから，最近の京都府の露地ネギ栽培におけるネギハモグリバエの発生は，本種による被害が問題になった2000年ころ（徳丸・岡留，2004）に比べて少ない状況にあると考えられる。

II　発　　育

アイスクリームカップ（直径10 cm×高さ4.5 cm）に植えたネギ（品種：‘浅黄系九条’，葉長20 cm，葉数2～3枚，1本植え）を2～3本入れたプラスチック製飼育ケージ（20 cm×20 cm×30 cm）にネギハモグリバエの成虫を10～20匹放飼し，所定の温度（15，18，20，25，30℃）と日長条件（15時間明期9時間暗期：全温度，10時間明期14時間暗期：18℃のみ）に設定した恒温器内でそれぞれ24時間産卵させた。その後，苗を飼育ケージから取り出し，同じ温度と日長条件下で飼育し，産

Biology of *Liriomyza chinensis* Kato in Kyoto Prefecture.　By Susumu Tokumaru

（キーワード：ネギハモグリバエ，発育，増殖，寿命，被害度）

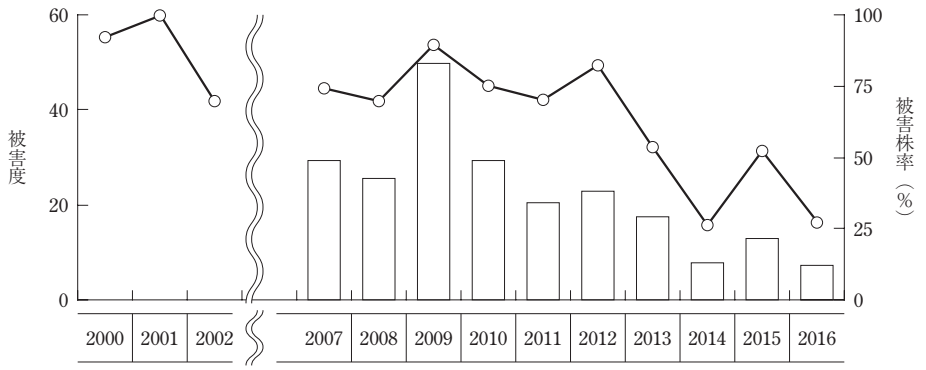


図-2　京都府の露地ネギ栽培におけるネギハモグリバエによる被害度（2007 ～ 16 年）および被害株率（2000 ～ 03 年および 2007 ～ 16 年）
棒グラフ：被害度．折れ線グラフ：被害株率．

表-1　5 温度 2 日長条件下におけるネギハモグリバエの産卵から羽化までの発育所要日数

温度	日長	発育所要日数[1)]	成虫数
15℃	15L9D	68.3 ± 5.5	7
18℃		46.0 ± 1.2	52
20℃		35.7 ± 2.0	64
25℃		23.3 ± 1.2	91
30℃		19.4 ± 0.9	17
18℃	10L14D	155.7 ± 16.2*	46

1) 平均値 ± 標準偏差.
* 日長間で有意差あり（Mann–Whitney の U 検定，$p < 0.05$）.

卵から羽化までの日数を調べた。

表–1 にネギハモグリバエの各温度および日長条件下における産卵から羽化までの発育所要日数を示した。ネギハモグリバエの産卵から羽化までの発育所要日数は，温度が高くなるほど短くなった。発育所要日数から最小二乗法によりネギハモグリバエの温度と発育速度の回帰式を求めたところ，$y = 0.00254x - 0.02314$（$R^2 = 0.98969$, $p = 0.0004$）となり，発育零点は 9.1℃，有効積算温度は 393.6 日度となった。

18℃ 長日条件（15 時間明期 9 時間暗期）下では，発育所要日数が 18℃ 短日条件（10 時間明期 14 時間暗期）下に比べて，約 110 日も短くなった（$p < 0.05$）。短日条件下では発育所要日数が 193 日に及ぶ個体も見られた。今後，より厳密な調査が必要であるが，発育所要日数の延長が蛹期で顕著であったことから，本種は蛹休眠する可能性が考えられた。

III　増　　殖

II 章と同様にアイスクリームカップに植えたネギを 1 本入れた飼育ケージにネギハモグリバエの羽化後 1 日以内の成虫を 1 ペアずつ放飼し，所定の温度（20，25，30℃）と長日条件（15 時間明期 9 時間暗期）に設定した恒温器内で産卵させた。24 時間後にネギを取り出し，雌成虫が死亡するまで毎日新しいネギと交換した。雄成虫が死亡した場合は，羽化後 1 日以内の新しい雄成虫を 1 匹放飼した。取り出したネギはアイスクリームカップに植えたまま，同条件下で保持した。終齢幼虫が葉から脱出する直前に葉をアイスクリームカップの地際部から切取り，約 50 ml のバーミキュライトを入れたアイスクリームカップ（直径 10 cm × 高さ 8 cm：250 ml）に入れて，成虫を羽化させた。羽化終了後にアイスクリームカップ内の雌雄別の次世代成虫数，死亡幼虫数，蛹数（抜け殻と未羽化蛹数）を記録した。次世代成虫数を卵のふ化率，蛹化率および羽化率で除すことにより，総産卵数を推定した。

ネギハモグリバエの次世代成虫数，総産卵数，成虫の寿命および内的自然増加率を表–2 に示した。次世代成虫数は，25℃（103.6 匹，最大値 232 匹）で最も多く，次いで 20℃（55.4 匹，最大値 153 匹），30℃（42.6 匹，最大値 80 匹）の順に少なくなったが，3 温度間に有意差は認められなかった。総産卵数も同様の結果となった。雌成虫の寿命は，20℃（17.8 日，最長 36 日）で最も長く，次いで 25℃（12.9 日，最長 21 日）であったが，2 温度間に有意な差はなかった。雄成虫の寿命も，20℃（8.9 日，最長 15 日）で最も長く，次いで 25℃（7.1 日，最長 14 日）であったが，2 温度間に有意な差はなかった。雌成虫の総産卵数と寿命の間には，3 温度区とも有意な正の相関が認められた（図–3）。内的自然増加率は 25℃（0.11）で最も高く，次いで 30℃（0.10），20℃（0.07）の順に低くなった。以上の結果から，本種の増殖には 25℃ が

表-2 3温度条件下におけるネギハモグリバエの次世代成虫数，総産卵数，寿命および内的自然増加率

温度	次世代成虫数（匹）[1]	総産卵数（個）[2]（推定値）	寿命（日）[3]		内的自然増加率
			♀	♂	
20℃	55.4 ± 55.1	74.1 ± 73.9	17.8 ± 7.2 a	8.9 ± 3.7 a	0.06
25℃	103.6 ± 87.7	115.6 ± 97.9	12.9 ± 4.8 a	7.1 ± 3.1 a	0.10
30℃	42.6 ± 40.2	55.0 ± 51.9	6.5 ± 3.2 b	4.0 ± 1.8 b	0.09

[1),2),3)] 平均値±標準偏差．異なる文字間で有意差あり（Tukey–Kramer法の多重比較検定，$p < 0.05$）．

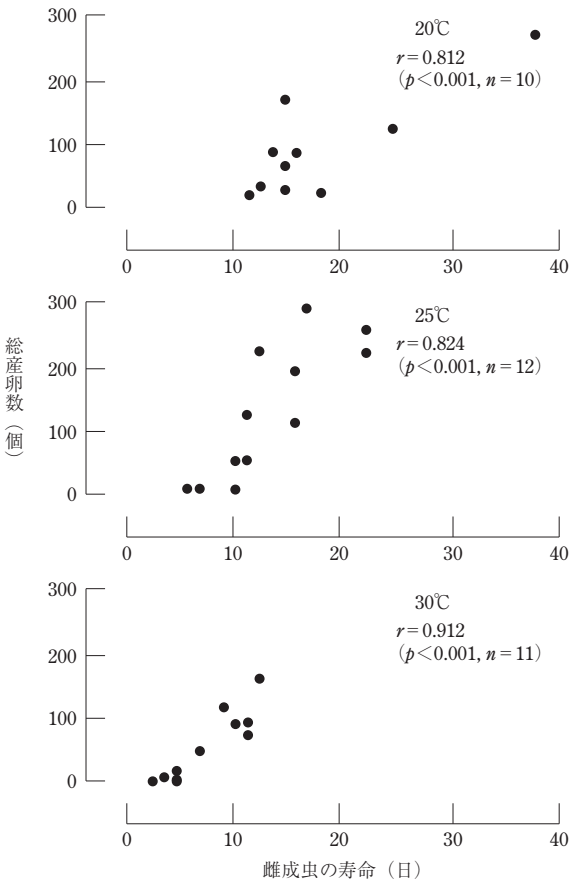


図-3 3温度長日条件下におけるネギハモグリバエ雌成虫の寿命と総産卵数の関係

最も適していると考えられる。

ネギハモグリバエと同属のトマトハモグリバエ*L. sativa* Blanchard，マメハモグリバエ*L. trifolii*（Burgess）およびナスハモグリバエ*L. bryoniae*（Kaltenbach）のインゲンマメを寄主にした場合の総産卵数および内的自然増加率は，トマトハモグリバエで639.6個および0.21，マメハモグリバエで203.6個および0.17，ナスハモグリバエで91.4個および0.12と報告されており（徳丸・阿部，2003），ネギハモグリバエの値と比較すると，いずれもトマトハモグリバエおよびマメハモグリバエより低く，ナスハモグリバエに近いものであった。したがって，本種の増殖能力は，トマトハモグリバエやマメハモグリバエよりも低いと言える。しかし，本種は収穫対象であるネギなどの葉を直接加害するので，増殖能力が低いとしても，わずかな加害が大きな被害となる。

お わ り に

現在，京都府のネギ栽培地域において本種は比較的低い発生密度で推移していると考えられる。その原因の一つとして，スピノシン系，ジアミド系，アベルメクチン系等，本種に対して卓効（徳丸，未発表）を示す殺虫剤が多く開発されたことが考えられる。また，本種は土中で蛹になることから，土中での蛹化を防止するマルチ栽培の普及も本種の発生が落ち着いている原因の一つと考えられる。

2001年には，新害虫アシグロハモグリバエ*L. huidobrensis*（Blanchard）が我が国で初めて発生が確認された（岩崎ら，2004）。本種は，トマトやキュウリ等の果菜類に加えてネギへの加害も確認されている（林ら，2005）。今後は，アシグロハモグリバエの発生に注意するとともに，本種とアシグロハモグリバエが同時に発生する可能性があることから，アシグロハモグリバエのネギを寄主とした場合の生物学的特性について本種と比較して調べる必要があろう。

引 用 文 献

1）林かずよら（2005）：北日本病虫研報 **56**：149 ～ 151.
2）北海道立総合研究機構 中央農業試験場病虫部予察診断グループ（2015）：北農 **82**：116 ～ 133.
3）岩崎暁生ら（2004）：植物防疫 **58**：13 ～ 19.
4）甲斐伸一郎（2002）：今月の農業 **46**(9)：74 ～ 78.
5）村井貞彰（1953）：北日本病虫研報 **4**：146 ～ 147.
6）岡崎勝太郎・會田 良（1951）：同上 **2**：53.
7）田替美佳・大友令史（2002）：同上 **53**：245 ～ 247.
8）徳丸 晋・阿部芳久（2003）：応動昆 **47**：127 ～ 134.
9）――――・岡留和伸（2004）：京都農研報 **26**：1 ～ 6.
10）友永 冨ら（1960）：北陸病虫研報 **8**：95 ～ 98.
11）Tran, D. H. and M. Takagi（2005）：J. Fac. Agr. Kyushu Univ. **50**：375 ～ 382.
12）―――― et al.（2007）：Environ. Entomol. **36**(1)：40 ～ 45.
13）山村裕一郎（2004）：今月の農業 **48**(12)：46 ～ 49.
14）山下 泉（2002）：同上 **46**(12)：34 ～ 37.

研究報告

LED を用いた UV-B 照射による トマトモザイクウイルス（ToMV）の発病抑制

広島県立総合技術研究所農業技術センター 生産環境研究部 松浦昌平（まつうらしょうへい）

はじめに

紫外線（UV）は波長の長い（光子エネルギーが小さい）ほうから UV-A（315 ～ 380 nm），UV-B（280 ～ 315 nm），UV-C（100 ～ 280 nm）に分けられる。このうち，有害な UV-C と大部分の UV-B はオゾン層で吸収され地表にはほとんど届かない。UV の農業利用としてまず思い浮かぶのは，UV-B 領域を含むタフナレイ® によるイチゴやバラのうどんこ病，ハダニ類防除の実用化である。その作用機構として，UV-B の照射による植物の病原菌防御応答の活性化やハダニの卵，成幼虫に対する致死作用が考えられている（神頭ら，2011；村田・刑部，2014）。一方，植物のウイルス病害に関しては，UV-C をタバコに照射してタバコモザイクウイルス（TMV）の発病が抑制されるという現象が既に 1990 年代に報告されている（Brederode et al., 1991；Yalpani et al., 1994）。

LED は放射波長幅が狭く，任意の単一波長を高い電力効率で照射できる利点がある。また，水銀ランプと比べ耐久性にすぐれ，動作電圧も低い。さらに，サイズが小さく軽量化が容易など，利点が多い。近年，LED は可視光領域（400 ～ 700 nm）で全光源あるいは補光手段として，植物工場などで農業に利用され始めている。1990 年代に入り LED の短波化が進み，2000 年代に入ると，窒化アルミニウムガリウム（AlGaN）系半導体の結晶化の成功により，深紫外線領域（波長 300 nm 以下）の波長の LED が実現され，近年ではその高出力化も著しい（Shur and Gaska, 2010）。これらにより，UV LED の農業利用も夢ではなくなった。

作物のウイルス病害は虫媒性，接触伝染性ともに，ウイルスに直接作用する農薬はなく，防除は感染株の抜き取りや，媒介虫の駆除が中心となる。また，一度施設内がウイルスに汚染されると，根絶が難しいケースもある。そこで，未来の技術を先取りするという視点から，UV LED を用いた植物ウイルス病害の防除技術の開発を目指し，主としてトマト苗を使ってトマトモザイクウイルス（ToMV）に対する発病抑制作用や UV 障害の影響について調査してきたので，ここに紹介したい。

Suppression of *Tomato Mosaic Virus* Disease in Tomato Plants by Deep Ultraviolet Irradiation Using Light-emitting Diodes.　By Shohei Matsuura

（キーワード：トマトモザイクウイルス，UV-B，LED，発病抑制）

I　UV LED 照射によるトマトモザイクウイルスの抑制

実験には広島県内の栽培トマトから分離された抵抗性遺伝子 *Tm-2a* 打破系トマトモザイクウイルス（ToMV）（久保田ら，2014）と本抵抗性遺伝子をヘテロに保持するトマト品種 ‘桃太郎 8’ を使用した（Matsuura and Ishikura, 2014）。UV LED（日機装技研社製 TO46FW；発光出力 1.25 mW）で照射モジュールを作成し，人工気象器内（22℃，16 時間照明）で実験を行った。UV-C および UV-B の 3 波長の LED（λ = 260 ～ 270 nm；λ_{peak} = 265 nm，λ = 280 ～ 290 nm；λ_{peak} = 285 nm，λ = 295 ～ 305 nm；λ_{peak} = 300 nm）を使用して，トマト苗に対して明期に葉面上で 5 μW/cm^2 の照射強度を 1 日 8 時間，約 1.4 kJ/m^2 の照射量で照射した（波長 260 ～ 270 nm は約 0.7 kJ/m^2）。UV 照射は ToMV 接種 3 日前から開始し，接種後も 7 日間照射を継続した。その結果，波長 290 nm 以下の UV LED 光を照射した区で，病徴の軽減とトマト体内ウイルス蓄積量の低下が認められた（図-1，2）。波長 260 ～ 270 nm の UV LED 光を照射したトマトでは，縮葉，わい化等の激しい UV 障害が発生したが，波長 280 ～ 290 nm では，UV 障害も比較的軽度であった。一方，波長 295 ～ 305 nm では，UV 障害は全く発生しなかったが，ウイルスの抑制効果も全く認められなかった。以上のことから，UV-B によるウイルス病の発病抑制には波長 290 nm 付近が効果発現の閾値になっていることが示唆された。290 nm 以下の波長は地表に届く割合が極端に少ないだけでなく，植物に多くの（抑制も含めた）遺伝子発現調節を引き起こすことが知られており（Ulm et al., 2004），興味が持たれる。接種後だけ UV 照射したトマト苗よりも接種前だけ照射した苗のほうが抑制効果が高いことから，発病抑制には UV 照射による宿主の抵抗性誘導がかかわっていることが示唆された（図-3）。つぎに，波長 280 ～ 290 nm の UV 照射量と抑制効果の関係を調べた結果，1 日当たり明期に 0.7 kJ/m^2 以上の照射量で抑制作用が発現されることが明らかとなった

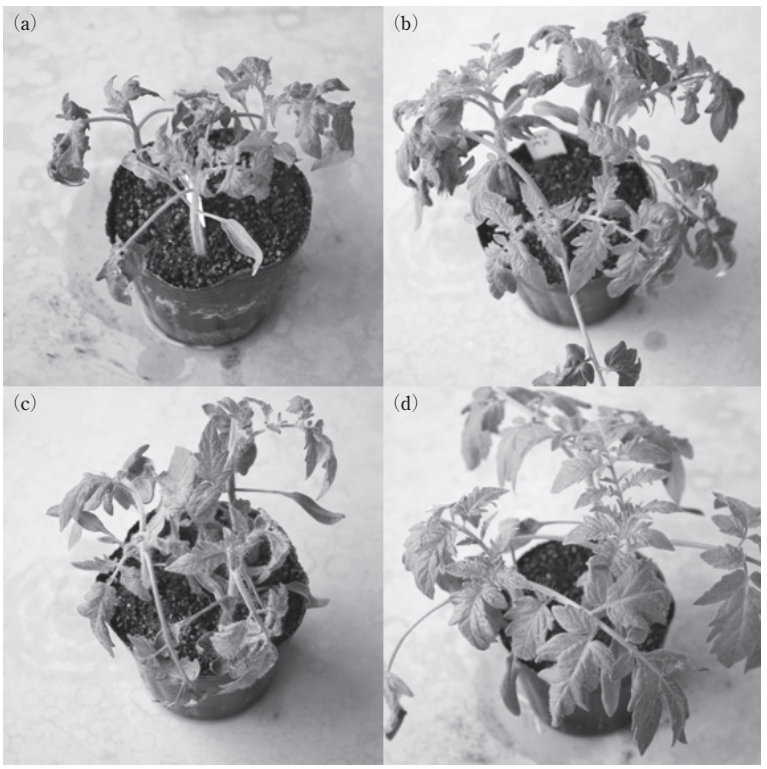


図-1　各種波長の UV LED 光照射がトマトにおける ToMV の発病と UV 障害の発生に及ぼす影響
a：波長 260 ～ 270 nm，1 日照射量 720 J/m^2，ToMV 接種，b：波長 280 ～ 290 nm，1 日照射量 1,440 J/m^2，ToMV 接種，c：無照射，ToMV 接種，d：無照射，無接種.

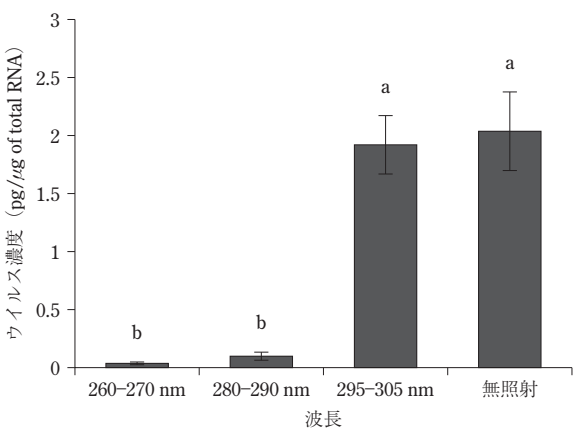


図-2　各種波長の UV LED 光照射がトマトにおける ToMV 蓄積量に及ぼす影響
ToMV 接種 3 日前より 1 日照射量 1,440 J/m^2（波長 260 ～ 270 nm は 1 日照射量 720 J/m^2）の照射エネルギーで 10 日間照射した.

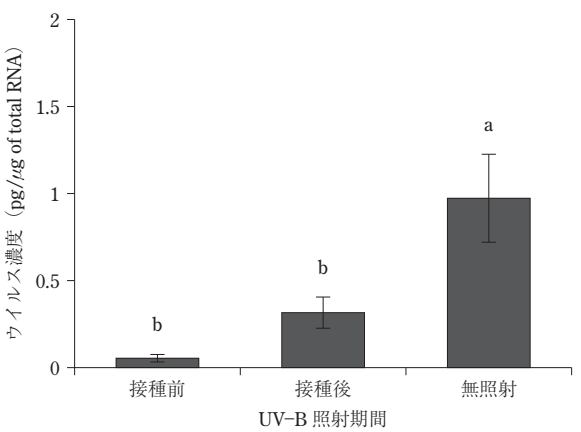


図-3　UV LED 光照射時期の違いがトマトにおける ToMV 蓄積量に及ぼす影響
波長 280 ～ 290 nm を 1 日照射量 1,440 J/m^2 で照射した.

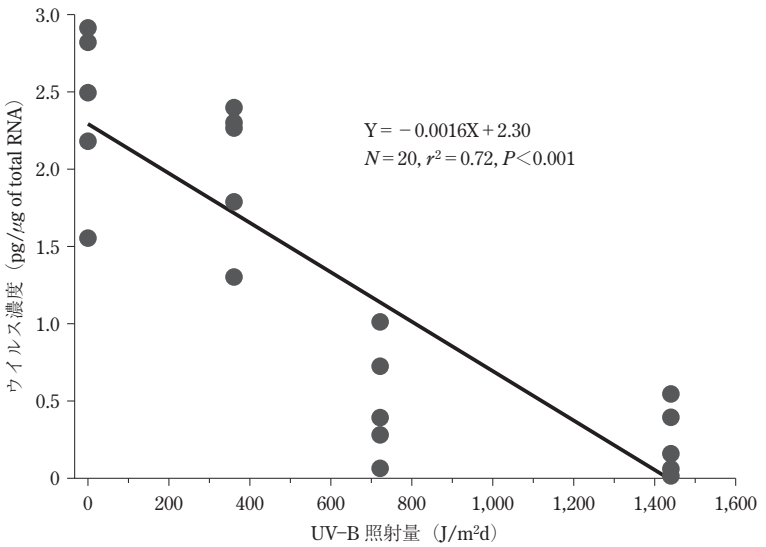


図-4　各照射量の UV LED 光がトマトにおける ToMV 蓄積量に及ぼす影響
波長 280 ～ 290 nm の植物体表面での照射強度が 5 μW/cm² になるように設定.

（図-4）。UV 障害の発生を検討した結果，明期の 1 日 1.4 kJ/m² の UV LED 光の照射では巻葉とワックス層の増加による葉の光沢が生じたが，0.7 kJ/m² ではこれらの障害はほとんど認められなくなった。また，いずれの照射量でもクロロフィル含量や光エネルギーの利用効率の指標となる光化学系 II の量子収率（Fv/Fm）に対する悪影響は認められなかった（Matsuura and Ishikura, 2014）。

II　他のウイルス病害への効果と発病抑制のメカニズム

この技術が他のウイルス病害に適用できるかを検討した。アブラムシ媒介性のキュウリモザイクウイルス黄斑系統（CMV-Y）とトマト苗を用いて同様の実験を行った結果，UV LED 光照射による病徴の軽減効果は不十分であったが，ウイルス蓄積量の有意な低下が確認された（竹下ら，2016）。また，既に小林ら（2012）は UV-B（タフナレイ®）を照射したタバコでトマト黄化えそウイルス（TSWV）の発病が抑制されることを報告しているが，UV LED 光を用いた実験においても同様に高い発病抑制作用が確認された（図-5，口絵①）。*N* 遺伝子を保有するタバコ ‘サムスン NN’ では UV LED 光の照射で ToMV 感染による局部病斑形成の明らかな抑制効果が認められたが，*N* 遺伝子を持たない nn タバコでは ToMV の増殖抑制作用は認められたものの，その程度は不十分であった（データ省略）。これらの結果から，UV 照射によるウイルス病の発病抑制作用にはえ死を伴う宿主－ウイルス間では有効であるが，モザイクなどのえ死を伴わない組合せでは効果が現れにくい可能性が示唆された。タバコの *N* 遺伝子やトマトの *Tm-2a* 遺伝子はいずれも過敏感反応（え死病斑）によりウイルスを封じ込めるいわゆる *R* 遺伝子（Resistance gene）である。実際，抵抗性遺伝子打破系 ToMV を接種したトマト苗に UV LED 光を照射することにより，全身え死株が減り，局所的な過敏感反応を起こす株が増えてくる。これはあたかも，UV 照射により全身え死反応から本来の過敏感反応によるウイルスの封じ込め機構が回復したかのような様相を呈している。近年，*R* 遺伝子産物とウイルス因子の結合体がその

図-5　タバコにおける UV LED 光照射による TSWV の抑制効果
波長 280 ～ 290 nm の LED 光 1 日照射量 1,400 J/m² で照射.
左：無照射，右：UV LED 光照射.

後の防御応答を引き起こすと考えられており（Whitham et al., 1994；佐藤・渡辺，2006），UV-B はこのような *R* 遺伝子由来の抵抗性の発現を特異的に増強しているのかもしれない。これを裏付けるかのように，UV LED 光を照射したトマトでは，過敏感反応との関連が示唆される感染時特異的タンパク質の遺伝子 *PR1a* の転写活性の増加が認められた（竹下ら，2016）。また，近年，UV-B 照射に対する植物の応答は分子レベルで解明されつつある。特に，UV-B 受容体である UVR8 二量体は UV-B の照射を受けて単量体となり，それが引き金となり防御応答関連遺伝子を含む多数の植物遺伝子の発現を調節すると考えられている（Jenkins, 2014）。これらを踏まえて，UV-B の照射によるウイルス病抑制作用のメカニズムについて宮崎大学農学部と共同で，マイクロアレイを用いた網羅的な遺伝子解析により，抵抗性関連遺伝子やサイレンシング関連遺伝子の動態を解析中である。

III　実用化に向けた今後の展開

現在，波長 300 nm 以下の UV LED チップは高価であり，まずは栽培面積の狭い育苗圃での利用が現実的である。育苗段階で UV-B を照射することでウイルス病の感染予防と濃度上昇の抑制を図り，本圃への持ち込み量を軽減することで，その後の二次感染を遅らせるというコンセプトである。もちろん，将来 UV LED チップの単価が下がれば，大面積の本圃での利用による発病抑制も夢ではない。LED は光の指向特性が鋭いため，植物への均一照射が水銀灯よりも難しい。このため，最適な照射モジュールはクリスマスツリーに飾るライトのように，光源を一定間隔に配置するのが理想的であろう。そこで，育苗床で利用可能な防除用 UV LED 照射機プロトタイプを有限会社ケイ・ワイ技研と共同で製作した。

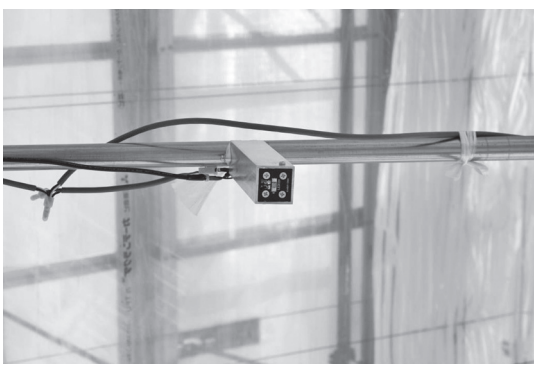


図-6　ウイルス病防除用 UV LED 照射モジュール・プロトタイプ（モジュール 1 機に日機装技研社製，波長 280 ～ 290 nm，発光出力 45 mW の LED チップ 1 個を実装）

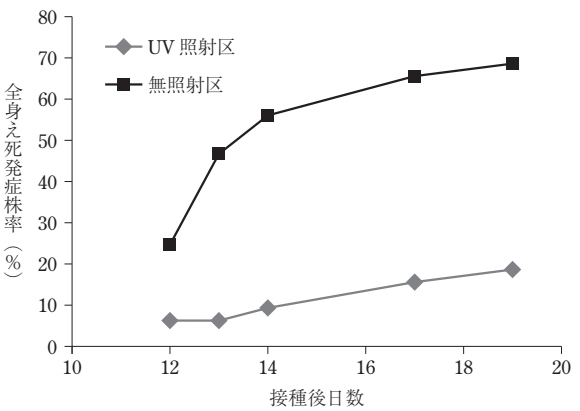


図-7　育苗ガラス温室内でのプロトタイプ照射による ToMV 全身え死の抑制効果
UV 照射開始 7 日後のトマト苗の第 1 ～ 2 葉に ToMV を汁液接種し，その後 19 日間照射を継続した．

図-8　育苗ガラス温室内でのプロトタイプ照射による ToMV 全身え死の抑制状況
（左）UV 照射区；（右）無照射区．

放熱のためヒートシンクを兼ねて長めのアルミボディーとし，モジュールの温度上昇を抑え，発光出力の低下を防いだ（図-6）。このプロトタイプをガラス温室に導入し，トマト苗への照射強度が均一になるように配置し，UV 照射することで抵抗性打破系 ToMV の発病が抑制できるかを実証実験した。その結果，ToMV の全身え死を効果的に抑制することができ，UV 障害も葉にわずかの光沢と縮れが観察されたのみで，実用上問題ないレベルであった（図-7，8）。今後は，育苗圃での他のウイルス病や糸状菌病等の他病害の抑制効果を評価しながら，プロトタイプを改良し，製品化を目指したい。

最後に，プロトタイプの作成，発病抑制機構の解明等でご協力を賜った有限会社ケイ・ワイ技研の兼田健一氏，宮崎大学農学部の竹下　稔氏，農研機構野菜花き研究部門の佐藤　衛氏に感謝申し上げる。本研究の一部は，科学技術振興機構 JST 研究成果最適展開支援プログラム A-STEP（2013 年），内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「次世代農林水産業創造技術」（管理法人：生研支援センター）（2014 ～ 16 年）によって実施された。

引　用　文　献

1）Brederode, F. T. et al.（1991）: Plant Mol. Biol. **17** : 1117 ～ 1125.
2）Jenkins, G. I.（2014）: Plant Cell **26** : 21 ～ 37.
3）神頭武嗣ら（2011）: 植物防疫 **65** : 28 ～ 32.
4）小林光智衣ら（2012）: 日植病報 **78** : 262.
5）久保田健嗣ら（2014）: 同上 **80** : 17 ～ 18.
6）Matsuura, S. and S. Ishikura（2014）: Lett. Appl. Microbiol. **59** : 457 ～ 463.
7）村田康允・刑部正博（2014）: 植物防疫 **68** : 539 ～ 543.
8）佐藤昌直・渡辺雄一郎（2006）: ウイルス **56** : 155 ～ 164.
9）Shur, M. S. and R. Gaska（2010）: IEEE Trans. Electron Devices **57** : 12 ～ 25.
10）竹下　稔ら（2016）: 日植病報 **82** : 80.
11）Ulm, R. et al.（2004）: PNAS **101** : 1397 ～ 1402.
12）Whitham, S. et al.（1994）: Cell **78** : 1101 ～ 1115.
13）Yalpani, N. et al.（1994）: Planta **193** : 372 ～ 376.

登録が失効した農薬（29.7.1 ～ 7.31）

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」

●**ビートアーミルア剤**
17605：**ヨトウコンーS**（信越化学工業）17/7/4
●**チオシクラム・BPMC 粉剤**
15781：**エビセクトバッサ粉剤 DL**（三井化学アグロ）17/7/11
●**酸化フェンブタスズ水和剤**
21720：**オサダンフロアブル**（BASF ジャパン）17/7/11
●**リトルア剤**
19290：**ヨトウコンーH**（信越化学工業）17/7/22

「殺菌剤」

●**フルトラニル水和剤**
15932：**日産モンカット水和剤**（日産化学工業）17/7/13
●**銅水和剤**
22214：**コサイド DF**（デュポン・プロダクション・アグリサイエンス）17/7/23
●**ジフェノコナゾール・フルトラニル水和剤**
19309：**バイプラスフロアブル**（日本農薬）17/7/30

「殺虫殺菌剤」

●**フェンプロパトリン・テトラコナゾール液剤**
20853：**ダブルプレー AL**（保土谷アグロテック）17/7/2
●**エトフェンプロックス・メトキシフェノジド・トリシクラゾール粉剤**
20857：**ビームトレランナー粉剤 5DL**（クミアイ化学工業）17/7/2
●**クロチアニジン・プロベナゾール水和剤**
22558：**側条オリゼメートダントツ顆粒水和剤**（Meiji Seika ファルマ）17/7/4
●**クロチアニジン・テブフロキン・バリダマイシン粉剤**
23243：**トライ 2 メイジン粉剤 DL**（Meiji Seika ファルマ）17/7/4
●**エトフェンプロックス・ベンスルタップ・バリダマイシン・フサライド粉剤**
17615：**ラブルーバントレバリダ粉剤 DL**（住友化学）17/7/24

「除草剤」

●**イソウロン・シアナジン・DBN 粒剤**
22182：**ワイドウェイ X 粒剤**（保土谷アグロテック）17/7/9
22183：**ネコソギエース X 粒剤**（レインボー薬品）17/7/9
●**プロピリスルフロン粒剤**
23493：**協友ゼータワンジャンボ**（協友アグリ）17/7/9

研究報告

喜界島におけるゴマダラカミキリ類の昆虫病原糸状菌製剤“バイオリサ・カミキリ”による防除

鹿児島大学農学部　津田（つだ）　勝男（かつお）・坂巻（さかまき）　祥孝（よしたか）

はじめに

ゴマダラカミキリは黒地に白い紋を持つ大型のカミキリムシで，市街地でもその姿を見ることができる。そのため一般に最も知られているカミキリムシの一種である。小島・中村（1986）によるとゴマダラカミキリ幼虫は46種以上の樹木を食べる広食性で，特にカンキツ類とセンダンを好み，カンキツ類の害虫として問題になっている。

奄美諸島ではゴマダラカミキリ類によるカンキツ類の被害が問題になっており，特に喜界島ではカンキツ類が次々と枯死している。奄美諸島には元々オオシマゴマダラカミキリ *Anoplophora oshimana*（以下オオシマゴマダラ）が生息していたが，カンキツ類の被害は以前にはそれほど問題とされていなかった。その要因として，オオシマゴマダラは加害植物としてイスノキやスダジイを好むと考えられていた（大林・新里，2007）。

しかし，喜界島では2008年ころからゴマダラカミキリ類による被害が目立ち始めた。一方，本州から九州，屋久島まで分布していたゴマダラカミキリ *A. malasiaca*（以下ホンドゴマダラ）は1970年代に奄美諸島へ侵入したことが確認されており，それ以降はカンキツ類の被害が散見されていたとも言われている。このため，地元では侵入してきたホンドゴマダラがカンキツ類に被害を与えていると考えられてきた。ただし，筆者らの2011年以降の調査では，カンキツ園では実際にホンドゴマダラだけでなくオオシマゴマダラ，さらに両種の交雑種と思われる個体が採集されている（坂巻ら，2016）。

本稿では，オオシマゴマダラおよびホンドゴマダラ，さらに両種の交雑種と思われる個体群も含めて「ゴマダラカミキリ類」として記述する。

九州本土のカンキツ園では通常ゴマダラカミキリの防除対策として，殺虫剤の散布および捕殺による成虫期防除のほか，殺虫剤の食入孔注入や針金による捕殺などの幼虫期防除が行われるが，喜界島においては十分な防除対策がとられていなかった。また，喜界島においては経済栽培園以外に一般家庭の庭先に植栽されているカンキツ類も多く，これらのカンキツ類の被害も発生を助長していると考えられていた。さらに，喜界島においては生活用水を地下水源に依存しており，殺虫剤の散布には制約がある。

表-1　喜界島におけるゴマダラカミキリ買取数の年次推移

年度（年）	買取数（頭）
2007	2,040
2008	1,953
2009	–
2010	–
2011	1,730
2012	1,358
2013	1,686
2014	3,173
2015	3,601
2016	1,427

データは喜界町役場産業振興課提供.
2009年と10年は買取りを行っていない.
2015年からバイオリサ全島施用を開始.

喜界島では，ゴマダラカミキリ類の防除対策として2007年から成虫の買上げを行っている。この取り組みには地域住民にゴマダラカミキリ類がカンキツ類の害虫として重要であることを認知してもらう意味も込められている。表-1に喜界島町における買取り数の推移を示した。買取り数は，2011年，2012年に減少したが，2014～15年と再び増加した。買い取りによる効果はあったと考えられるが，残念ながら成虫の買取りだけでゴマダラカミキリ類の発生量を抑えることはできなかった。

そこで，ゴマダラカミキリの生物的防除素材として普及している“バイオリサ・カミキリ”の利用について検討した。

Biological Control of the Whitespotted Longicorn Beetles, *Anoplophora* spp. by an Entomogenous Fungus, *Beauveria brongniartii* in Kikaijima Island.　By Katsuo Tsuda and Yositaka Sakamaki

（キーワード：喜界島，ゴマダラカミキリ類，カンキツ，バイオリサ・カミキリ，*Beauveria brongniartii*，広域施用）

I　天敵糸状菌を利用したゴマダラカミキリの防除

『バイオリサ・カミキリ　スリム（出光興産株式会社；以下バイオリサ）』は昆虫病原糸状菌の一種である*Beauveria brongniartii*を紙パルプを主成分とした不織布に固定させた生物的防除資材である。*B.brongniaritii*は主にコウチュウ目昆虫から発見されることが多い菌で，バイオリサにはゴマダラカミキリ類とキボシカミキリに対して病原性が強い菌株が使用されている。不織布はスリットの入った板状に成形し，培養液を含ませてあり，接種した菌は増殖し表面に分生子を形成する。使用時には，スリットに沿って切り離しベルト状（幅2.5 cm，長さ50 cm）となった不織布をカンキツ樹の幹部に巻き付け固定する（後出の図–2）。カミキリムシはこのベルトの上を歩行する際に分生子が体に付着して感染する。分生子懸濁液を散布するといった従来の発想を転換させた画期的な防除資材と言える。

バイオリサの設置位置，設置時期，設置密度等の設置方法については九州地域の果樹害虫担当者を中心とした研究により明らかにされている（橋元ら，1992；九州農業試験研究推進会議，1994）。

昆虫病原糸状菌は昆虫の体表に付着した胞子が発芽し，皮膚を通して体内に侵入する。体内に入った菌が体内で増殖して充満した結果，その昆虫は死亡する。このため感染してから死亡するまでには1～2週間程度の時間を要する。また，菌に感染した個体はいずれ死亡するにしても死亡する2日前までは健康な個体と同様に行動する（柏尾・氏家，1988；津田・山中，1995）。産卵するためにミカンの木に飛来した雌成虫がそこに設置してあったバイオリサに接触して菌に感染したとしても，その後の約10日間は卵を産み続けると考えられる。ゴマダラカミキリ類は約100日間に渡って100個以上の卵を産むので，菌に感染したとしても感染後11日目から100日後までに産むはずだった卵の産卵を防ぐことはできるが，最初の10日間の産卵は防ぐことができない。一方，カミキリムシによっては成虫として羽化した時点では卵巣がいまだ成熟していないために産卵できない性質を有する場合がある。この期間を産卵前期間と呼ぶが，ゴマダラカミキリは幸いにもこの性質を有しており，卵巣が成熟するまでの産卵前期間が約10日間である。したがって，羽化直後の個体が菌に感染すれば産卵を始めるころに死亡することになる。この場合は100%の産卵を防止することが期待できる。この効果を狙って，バイオリサを設置する際には主要な羽化脱出部位である地上30～50 cm付近に菌を設置する。また，設置時期については，ゴマダラカミキリの成虫が羽化を始める時期に合わせる。喜界島では5月1日ころがゴマダラカミキリの羽化開始時期であることから，この時期にバイオリサを設置する。

また，成熟個体が周囲圃場から侵入することを防止するためには，バイオリサを広域に施用する必要がある。

バイオリサは菌を不織布で培養することによって，効果の持続が期待される。例えば菌を直接散布した場合には，そこに居た虫に感染させることは可能であるが，虫の体に付着しなかった菌は降雨で流されてしまう。この場合は新たに発生あるいは飛来した成虫に対する効果はない。毎日あるいは数日おきに散布しなければならなくなるので相当な労力が必要になる。一方，菌を培養したベルトはいったん設置するとそこに残って胞子を維持する。降雨で表面の胞子が流された場合でも胞子は再生産される。これまでの実証実験で，バイオリサをミカンの木に設置した場合には1か月間は活性が保たれることが確認されている。また，降雨の影響がまったくないハウスでは2か月間も効果が保たれた例も報告されている（九州農業試験研究推進会議，1994）。

II　喜界島におけるバイオリサの広域施用

バイオリサは，効果が約1か月は持続することから管理不足あるいは放置園が多い地域での利用にも向いている。ただし，奄美諸島での使用例が非常に少なかったため九州本土で開発された技術が喜界島の防除にそのまま適用できるか不明であった。また，喜界島と同様にオオシマゴマダラとホンドゴマダラおよび両種の交雑個体が発生する沖縄本島では成虫の発生期間が3月下旬から7月末まで長期に及ぶこと，カンキツ園の周辺にゴマダラカミキリ類の寄主植物となるセンダン，イタジイ，イスノキ，クスノハカエデ等が多く自生していること，カンキツ園と周辺環境の間での移出入が頻繁におこっていること等の理由からバイオリサによる被害防止効果は低いと判断されている（九州農業試験研究推進会議，1994）。

このため九州本土と沖縄本島の中間に位置する喜界島でバイオリサによる効果が十分発揮できるか懸念されていた。しかし幸いなことに2012年から同島の大朝戸・西目地区（図–1）においてバイオリサを広域施用する実験を行ったところ，2014年までの3年間で顕著な効果が得られた。

バイオリサの広域施用を実施した大朝戸・西目地区の被害状況を表–2に示した。処理前年の2011年11月では調査樹の約7割で幼虫の食入がみられ，1樹当たり食入数も1.26頭/本と最も高かった。九州本土の試験では

図-1　喜界島の大朝戸・西目地区におけるカンキツ類の植栽培状況
注）網掛け部はカンキツの経済栽培園または庭先にカンキツ類を植栽している住宅.

表-2　喜界町大朝戸地区におけるゴマダラカミキリ幼虫の食入数の推移

年度（年）	調査本数（本）	被害本数（本）	被害樹率（%）	幼虫食入数（頭）	1樹当食入数（頭/本）
2011	34	23	67.6	40	1.26
2012	108	47	43.5	81	0.75
2013	108	12	11.1	12	0.11
2014	548	45	8.2	55	0.10
2015	166	15	9.0	25	0.15
2016	146	8	5.5	9	0.06

調査は毎年11月に実施.
2011年度は予備調査.

十分な効果を得るためには複数年の処理が必要とされているが，バイオリサの設置を開始して半年後の2012年の秋に行った幼虫食入調査でも，食入樹の割合は約4割まで低下し，1樹当たりの食入孔数も0.75頭/樹に減少するなど効果が認められた。さらに，バイオリサ施用2年目となる2013年の秋の調査では食入樹の割合が約1割まで低下し，1樹当たりの食入孔数も2012年の約10分の1に減少した。

喜界島におけるバイオリサの広域施用により顕著な防除効果がえられた要因として，まず，成虫の発生時期が比較的短期間に集中したことが挙げられる。それ以前の研究蓄積および観察例から，奄美諸島におけるゴマダラカミキリ類成虫の羽化は4月下旬から始まり5月中に発生のピークを迎えると考えられていたが，羽化がいつごろまで継続するか明らかでなかった。喜界島では，2012年はバイオリサの施用のため訪れた5月1日に羽化が始まった。その後，2週間おきに羽化脱出の消長を調査した結果，5月末までに羽化した個体は全体の70%を超え，その後の羽化は激減することが確認された。2015年および2016年の調査でも，5月末までに羽化した個体の割合は，2015年が83%，2016年が78%と2012年と同様に高かった。このことから喜界島におけるゴマダラカミキリ類の羽化は5月上中旬に集中し，その後も6月中まで継続するもののその数は非常に少なく，7月以降はほとんど羽化しないことが確認された。奄美諸島におけるゴマダラカミキリ類の成虫は8～9月まで，年によっては10月に観察される場合もあるが，これらの個体は5～6月に羽化した成虫が生き残っていると考えられる。

ふたつ目の要因として，25 haというこれまでにない広域施用を行ったことがあげられる。ゴマダラカミキリ類は飛翔能力が高いため，隣接するカンキツ園同士あるいは周辺環境との間を頻繁かつ広域に移動していると考えられている。このため，小面積での施用効果は期待できず，可能な限り広域で施用することが推奨されている。ゴマダラカミキリの飛翔能力については，大分県で5日間で2.4 km移動した例が確認されている（九州農業試験研究推進会議，1994）。ただし，大部分の個体は園地間の400 m程度の移動にとどまっていると考えられている。大朝戸・西目地区でのバイオリサの広域施用

の範囲はおよそ500 m四方の約25 haに及んでいる。また，近隣の集落とは1 km以上は離れており，非施用区からの飛び込み個体は少なかったと考えられる。

表–3にバイオリサ施用区と非施用区における感染率を示した。2013年度は施用区において施用18～23日後で72%という高い感染率が認められた。一方，非施用区では感染個体はまったく認められなかった。このことは，施用区で感染した個体が非施用区まで移出した可能性が低いことを示している。研究開発段階では1 ha以上を広域施用と定義して九州各県で試験が行われた。これらの試験の中で最も面積が広かった例は鹿児島県垂水市本城の8 haである（九州農業試験研究推進会議，1994）。大朝戸・西目地区の広域施用はこの約3倍規模と大きく上回っている。

本研究では施用区の大朝戸・西目地区においてゴマダラカミキリ類の羽化脱出が短期間に集中したこと，施用区が隔離された環境で周辺からの移入がほとんどなかったことが顕著な効果が得られた要因として考えられる。

また，施用区においては区域内のすべてのカンキツ樹にバイオリサを施用することができたことも大きく貢献している。このことについては，地元の皆さんの協力を抜きにしては語れない。各家庭の庭先に植えてあるカンキツ（図–2）はもちろんのこと，藪の中に隠れてしまっていた木を探し当ててバイオリサを施用すること（図–3）は，筆者らだけでは到底できなかった。

大朝戸・西目地区で顕著な防除効果が得られたことで，喜界島においてはさらに規模を拡大して2015～19年度まで5年間にわたって島全体のカンキツ全樹にバイオリサを施用する事業が始まった。喜界島全体のカンキツは約4.8万本と推定されている。喜界島の面積は56.93 km^2に及び，今回の施用面積である25 haの約227倍に達する。何よりも島全体に及ぶ大規模な取り組みは世界でも類を見ないもので，大きな成果を期待したい。

喜界島には在来カンキツとして喜界島特産のケラジミカン *Citrus keraji* やキカイミカン *C. keraji*，クネンボ *C. nobilis*，等の“島ミカン”が植栽されている（山本ら，

表–3　2013および2014年のバイオリサ施用区および非施用区における感染虫の推移

調査日	施用区			非施用区		
	採集虫数（頭）	感染虫数（頭）	感染率（%）	採集虫数（頭）	感染虫数（頭）	感染率（%）
2013年度						
5月18日～23日	25	18	72	12	0	0
2014年度						
5月16日	18	12	67	–	–	–

2013年度および2014年度とも5月1日にバイオリサを施用.
2013年度は大朝戸・西目地区で採集.
2014年度は坂嶺地区で採集.

図–2　喜界島におけるバイオリサ広域施用の様子(1)
経済栽培園以外に庭先果樹として植栽されているカンキツの多くは“島ミカン”.

図–3　喜界島におけるバイオリサ広域施用の様子(2)
地元の方々の協力で藪に隠れたカンキツも探し出しバイオリサを施用.

2006）。これらの中にはいまだに特性が解明されていない“島ミカン”が存在すると考えられているが，ゴマダラカミキリの被害を放置していれば，これらの“島ミカン”が人知れず消えていくことも懸念された。バイオリサは喜界島のカンキツ産業を守るということだけでなく遺伝資源として極めて貴重な“島ミカン”を未来に残していくという点でも貢献している。

お わ り に

本研究を実施するにあたり，研究助成をいただいたサンケイ科学振興財団に深く感謝する。また，現地における調査にご協力いただいた喜界町役場の上地義隆氏，實浩希氏および園田裕一郎氏，さらに，バイオリサの施用にご協力いただいた大朝戸・西目集落の方々に厚くお礼申し上げる。

引 用 文 献

1）橋元祥一ら（1992）：植物防疫 **46**(2)：12 ～ 16.
2）柏尾具俊・氏家　武（1988）：九州病害虫研究会報 **34**：190 ～ 193.
3）小島圭三・中村慎吾（1986）：日本産カミキリ食樹総目録，比婆科学教育振興会，広島，336 pp.
4）九州農業試験研究推進会議（1994）：九州地域重要新技術研究成果，No.22：97 pp.
5）大林延夫・新里達也（2007）：日本産カミキリムシ，東海大学出版会，東京，830 pp.
6）坂巻祥孝ら（2016）：南太平洋海域調査研究報告 No.57：41 ～ 42.
7）津田勝男・山中正博（1995）：九州病害虫研究会報 **41**：114 ～ 116.
8）山本雅史ら（2006）：鹿児島大学農学部農場研究報告 **29**：5 ～ 11.

発生予察情報・特殊報（29.6.30 ～ 7.31）

各都道府県から発表された病害虫発生予察情報のうち，特殊報のみ紹介。**発生作物：発生病害虫**（発表都道府県）発表月日。都道府県名の後の「初」は当該都道府県で初発生の病害虫。

※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/）でご確認下さい。

■**カンキツ類：カンキツそうか病（ナツダイダイ型）**（神奈川県：初）6/30
■**ニガウリ：スイカ灰白色斑紋ウイルス**（福岡県：初）7/5
■**サクラ，モモ，スモモ，ウメ：クビアカツヤカミキリ**（群馬県：初）7/6
■**ミニトマト：ミツユビナミハダニ**（和歌山県：初）7/19
■**ナス：黒点根腐病**（埼玉県：初）7/25
■**ナス：タバコノミハムシ**（三重県：初）7/27
■**ナシ：ナシコスカシバ（仮称）**（京都府：初）7/28
■**すもも（プラム）：クビアカツヤカミキリ**（埼玉県）7/31

研究報告

チャノホソガの殺虫剤検定法と薬剤感受性

鹿児島県農業開発総合センター茶業部　上室（かみむろ）　剛（たけし）*

はじめに

チャノホソガ *Caloptilia theivora*（Walsingham）（図-1）は，雌成虫がチャの新葉の葉裏に水滴様の卵を1粒ずつ産下する。ふ化直後の幼虫は卵底から直接葉の組織に潜り込み，しばらく葉組織内部を食害する（潜葉期）。その後，生育に伴い葉の縁を巻き（葉縁巻葉期），4齢幼虫期になると葉表に出て別の葉を三角に巻葉する（以下，三角巻葉期；図-2）（南川・植田，1960）。三角巻葉を含む新芽から製造された茶は，巻葉内に堆積された虫糞（図-3）の影響で浸出液が赤みを帯び，製品の品質を落とす（小泊，1975）ため，本種はチャの重要害虫である。これまで本種の防除は，三角巻葉の形成を防ぐため，萌芽期から開葉期に実施するのが効果的とされ（松比良ら，1999），昆虫成長制御剤（以下，IGR剤），ネオニコチノイド系またはジアミド系などの薬剤が使用されてきた。しかしIGR剤のうち，ベンゾイル尿素系IGR剤については，鹿児島県枕崎市，南九州市等の薩摩半島南部地域（以下，南薩地域）において，本種に対する防除効果の低下が2009年ころから指摘され始め，薬剤感受性を検定する必要が生じた。

一般に害虫の薬剤感受性検定では，供試薬剤が効果を発揮する発育ステージを対象に実施する必要がある。しかし，本種は室内飼育が困難で，発育ステージが揃った虫を十分に準備できなかったため，これまで薬剤ごとの効果的な発育ステージが特定されておらず，薬剤感受性検定法も未確立であった。しかし，最近，枝から切り離したチャ新葉の寿命を延ばし，餌を交換することなく本種を卵期から葉縁巻葉期まで飼育する方法が開発された（坂巻ら，2011）。これにより，チャノホソガの室内飼育が容易となり，各種薬剤が効果を発揮する発育ステージの詳細が明らかになった（上室ら，2016）。そこでこれらをもとに，南薩地域を含む鹿児島県内各地域個体群の薬剤感受性検定を実施した。ここでは検定のための飼育方法・検定方法および検定結果の概略について紹介する。なお，詳細なデータについては，上室ら（2017）を参考にされたい。

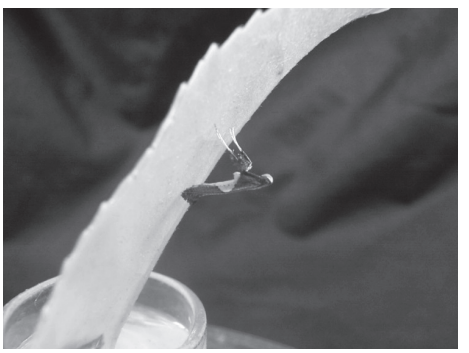


図-1　チャノホソガ成虫

図-2　三角巻葉（円内）

図-3　三角巻葉内の老齢幼虫
右上の丸い粒が虫糞.

Methods for Testing the Effects of Pesticides and Susceptibility on the Tea Leaf Roller, *Caloptilia theivora*（Lepidoptera: Gracillariidae）.　By Takeshi Kamimuro

（キーワード：チャノホソガ，チャ，薬剤感受性，検定法）

*現所属：鹿児島県農業開発総合センター大隅支場

I 検定虫の飼育および検定方法

1 供試虫の採集

前述のように本種は，潜葉期から葉縁巻葉期までは葉内で生育していることから，この時期までの採集ではその後の飼育上の取り扱いが困難である。そのため，三角巻葉を形成した時期に採集するのが適当である。茶園から採集した三角巻葉の中から老齢幼虫を取りだし，チャの新梢（2～3葉）を与えて，湿らせたろ紙を敷いたシャーレ内で飼育する。この際，営繭場所としてパラフィン紙を入れると良い。

2 飼育・検定用のチャ葉の調整

幼虫の飼育はチャの新葉で行うことから，試験期間を通して常に新葉が得られるようにせん枝時期が異なる区画の茶園を事前に設ける。品種は，‘やぶきた’で通常に飼育できるが，チョウ目に効果のある薬剤を使用しないで茶園を管理しておく必要がある。飼育・検定用のチャ葉は，この茶園からチャノホソガの卵や潜葉痕がない健全な新梢を採取し，坂巻ら（2011）の方法によって調整する。具体的には，採取した新梢から上位1～2葉目の完全展開葉を1枚ずつ葉柄基部で切除し，中肋を残して基部側の半分の葉身を切除する（図-4）。次に葉身を切除した中肋部分を脱脂綿で巻き，5%のショ糖液を入れた試験管（口径1.2 cm，高さ6 cm）に1枚ずつ挿す（以下，試験管と表記）（図-5）。

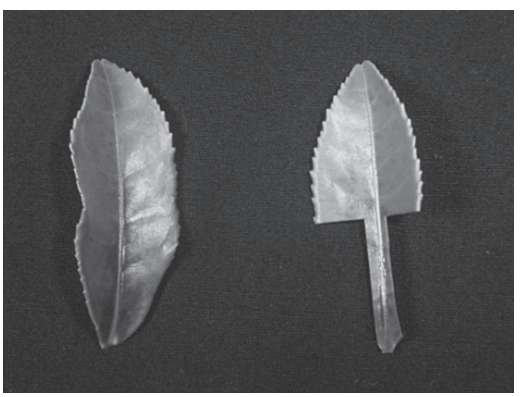


図-4 飼育・検定用チャ葉の調整
左：切除前，右：切除後.

3 累代飼育法

三角巻葉から回収した幼虫は24℃では2週間前後で羽化する。羽化後2～3日間は産卵前期間であり産卵行動は行わない。この間に雌雄合わせて約50頭以上の成虫を飼育容器に入れ交尾を行わせる。飼育容器には採餌用に5%のショ糖液をしみ込ませた脱脂綿を入れる。その後成虫は，雌雄2ペアを採卵ケージに入れる。採卵ケージは特別なものは必要ない。筆者らは円筒形の容器（直径20 cm，高さ25 cmの透明アクリルパイプで上部はゴース張り，底部はプラスチック製の箱のふた）（図-6）を使用しており，採卵ケージにはあらかじめ準備した，飼育・検定用のチャ葉を10本挿した試験管立てを入れている。

翌日に採卵ケージから試験管を回収し，ふ化後の幼虫同士の競合を防ぐため，葉当たり卵数1～2卵となるよう余計な卵は針で潰して調整する。採卵ケージは10個前後セットしておき，数日間に渡り毎日採卵できるようにしている。なお，採卵期間中に成虫が死亡した場合はその都度，補充する。

試験管上の卵は所定の期間が経過するとふ化し，潜葉する（図-7）。試験管のショ糖液が減ってきたら必要に応じて水を追加する。なお，24℃（14L10D）で飼育した場合は卵期間が約3日，潜葉期間が約5日，葉縁巻葉期間が約2日，三角巻葉期間が約5日，蛹期間が約14日である。

三角巻葉は別の葉で形成するため，葉縁巻葉形成

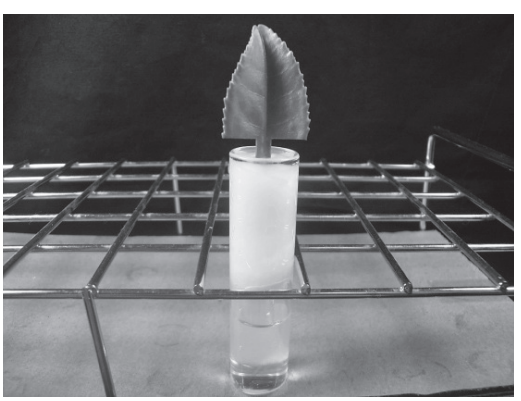


図-5 葉を挿した試験管

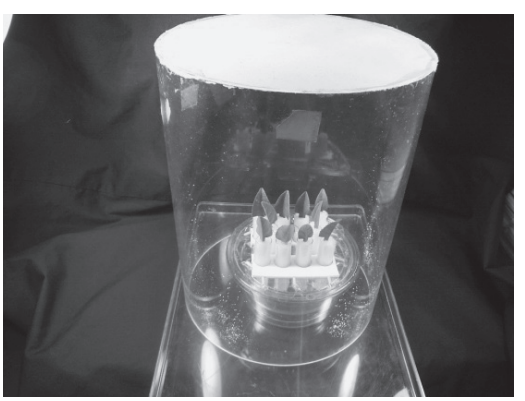


図-6 採卵ケージ

（図–8）後にチャ葉は試験管開口部（脱脂綿部分）で切り離し，湿らせたろ紙を敷いたプラスチックシャーレ内に，薬剤無処理の新梢と並置する。この際，営繭場所としてパラフィン紙を入れる。

葉縁巻葉脱出後の幼虫は，並置した新梢の葉で自ら三角巻葉を形成（図–9）後その内部で生育し，所定期間後三角巻葉から脱出し，パラフィン紙や葉脈の脇等で営繭する（図–10）。

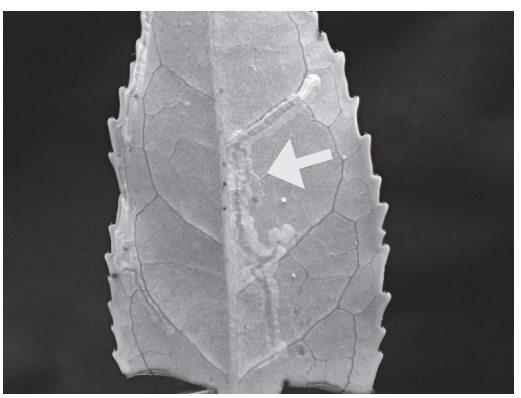
4　薬剤処理時期および方法

今回検定に供試した薬剤は，フルフェノクスロン，テフルベンズロン（以上 IGR 剤，ベンゾイル尿素系），ジノテフラン（ネオニコチノイド系），クロラントラニリプロール（ジアミド系）である。薬剤処理時期は，それぞれの供試薬剤が効果を発揮する発育ステージ（上室ら，2016）とし，フルフェノクスロン，テフルベンズロン，クロラントラニリプロールは卵期（産卵 1 日後）および潜葉前期（産卵 4 日後）を，ジノテフランは卵期（産卵 1 日後）とした。なお，今回の一連の試験は毎回一定温度（24℃）で行ったため，これ以外の温度で試験を行う場合，試験実施温度条件下における発育所要日数をあらかじめ把握し，処理時期・調査時期を決めておく。

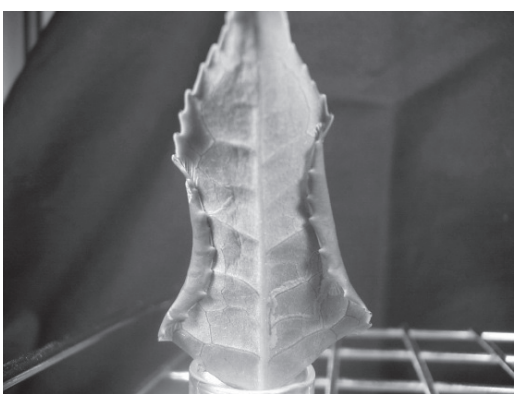
薬剤処理は以下のように行う。茶葉を挿した試験管を逆さまにし，葉を所定の濃度に調整した薬液に 5 秒間浸漬し，葉に付着した余分な薬液をティッシュペーパーで吸収した後，試験管立てに静置して風乾する。対照は蒸留水で処理する。

5　調査方法

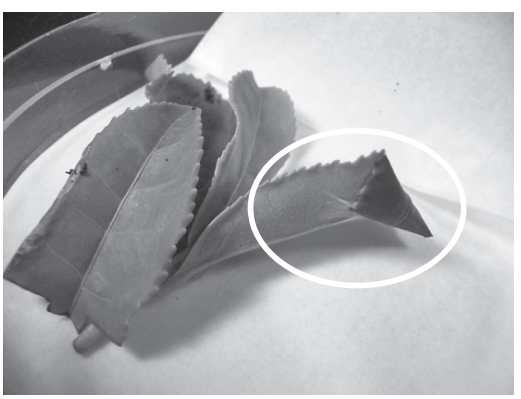
本種は 3 齢幼虫まで潜葉するため，生育途中で葉を分解しての生死確認調査は，それ以降の継続調査を困難にする。そこで薬剤の効果は，処理後の発育ステージを観察することにより間接的に評価することとした。すなわち，次ステージに達することが想定される調査時にそのステージに達していない個体を死亡として扱った。具体的な生死判別は以下の通りである。卵期（産卵 1 日後）処理では，産卵 8 日後の葉縁巻葉の有無を調査する。潜葉前期（産卵 4 日後）処理では，産卵 13 日後の三角巻葉の有無を調査する。なお三角巻葉を調査する場合は，調査後の葉縁巻葉を脱脂綿部分で切り離し，三角巻葉を形成させるための健全な新梢とともに湿らせたろ紙を敷いたプラスチックシャーレ内に入れて飼育を継続する。



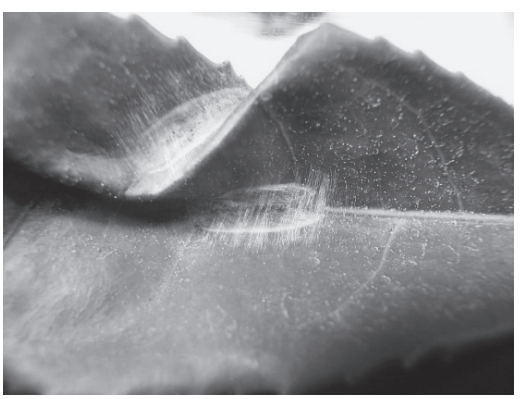
図–7　潜葉痕（矢印）



図–8　葉縁巻葉



図–9　三角巻葉（白丸内）



図–10　繭

表-1　各薬剤に対するチャノホソガ各地域個体群の補正死亡率[a)]

個体群		ベンゾイル尿素系 IGR								ネオニコチノイド				ジアミド			
		フルフェノクスロン EC（×4,000）[b)]				テフルベンズロン EC（×4,000）[b)]				ジノテフラン SG（×2,000）[b)]				クロラントラニリプロール F（×4,000）[b)]			
		卵期処理		潜葉前期処理		卵期処理		潜葉前期処理		卵期処理[c)]				卵期処理		潜葉前期処理	
市町名	地域名	*n*[d)]	死亡率（%）[e),f)]	*n*[d)]	死亡率（%）[e),f)]	*n*[d)]	死亡率（%）[e),f)]	*n*[d)]	死亡率（%）[e),f)]	*n*[d)]	死亡率（%）[e),f)]			*n*[d)]	死亡率（%）[e),f)]	*n*[d)]	死亡率（%）[e),f)]
枕崎市	国見町	22	50.9 ab	19	48.3 ab	27	80.0 c	23	81.0	23	100			28	50.9 ab	26	100
	まかや町	26	11.7 a	23	9.5 a	25	17.9 a	21	68.7	23	100			26	11.7 a	23	100
南九州市	知覧	20	85.0 bc	18	100 b	20	75.0 abc	23	100	23	100			21	85.0 bc	22	100
	頴娃	26	85.9 bc	18	87.8 b	29	49.2 ab	20	78.0	26	100			25	85.9 bc	21	95.3
霧島市	溝辺	21	100 c	23	100 b	24	87.0 c	22	84.3	22	100			20	100 c	22	100
湧水町	木場	23	100 c	20	100 b	24	95.1 c	21	100	22	100			24	100 c	21	100
さつま町	求名	27	100 c	21	100 b	27	100 c	24	100 NS	26	100 NS			25	100 c	20	100 NS
曽於市	末吉	23	100 c	22	100 b	23	100 c	19	100	23	100			23	100 c	17	100
錦江町	田代麓	26	100 c	26	100 b	24	90.6 c	27	88.1	26	100			26	100 c	27	100
鹿屋市	東原	26	100 c	28	100 b	27	86.9 c	27	90.8	27	100			26	100 c	25	100
西之表市	古田	23	95.1 c	25	95.4 b	23	90.2 c	23	90.0	23	100			24	95.1 c	22	100
屋久島町	安房	28	100 c	21	100 b	28	95.8 c	21	100	27	100			26	100 c	18	100
	楠川	22	100 c	22	100 b	26	95.3 c	26	95.4	25	100			25	100 c	25	100

[a)] 上室ら（2017）を一部改変した．

[b)] 常用濃度を処理した．剤型の略称は，EC：乳剤，SG：顆粒水溶剤，F：フロアブルである．

[c)] ジノテフランは，潜葉前期以降のステージには効果が低いこと（上室ら，2016）から卵期処理のみとした．

[d)] 供試個体数．

[e)] 死亡率は，葉縁巻葉形成阻害率（卵期処理）または三角巻葉形成阻害率（潜葉前期処理）を用いて算出した．死亡率は Abbott（1925）の式により補正した．

[f)] 同列内の異英小文字間は有意差あり（Steel–Dwass test, $p < 0.05$）．NS：有意差なし．

表-2　チャノホソガ各地域個体群の薬剤感受性[a)]

殺虫剤の作用分類	殺虫剤名	個体群		卵期処理				潜葉前期処理			
		市町名	地域名	*n*[c)]	LC_{50}（ppm）	LC_{50} 値の 95% 信頼区間（ppm）	RR[d)]	*n*[c)]	LC_{50}（ppm）	LC_{50} 値の 95% 信頼区間（ppm）	RR[d)]
IGR	フルフェノクスロン EC（× 4,000；25 ppm）[b)]	枕崎市	国見町	218	21.48	11.74–33.79	238.67	115	24.01	12.53–45.73	150.06
			まかや町			NT[e)]		134	57.01	38.52–78.77	356.31
		南九州市	知覧	229	1.22	0.33–2.23	13.56	211	1.46	0.83–2.11	9.13
		錦江町	田代麓	300	0.02	0.01–0.02	0.22	216	0.05	0.02–0.09	0.31
		鹿屋市	東原	293	0.01	0.01–0.02	0.11	249	0.06	0.03–0.09	0.38
		屋久島町	安房	310	0.06	0.03–0.09	0.67	237	0.12	0.04–0.22	0.75
			楠川	289	0.09	0.05–0.15	–	280	0.16	0.08–0.27	–
ネオニコチノイド	ジノテフラン SG（× 2,000；100 ppm）[b)]	枕崎市	国見町	159	13.85	9.68–21.69	3.13				
			まかや町	177	5.95	3.10–8.89	1.34				
		南九州市	知覧	130	14.26	11.24–18.00	3.22			– [f)]	
		屋久島町	安房	183	6.92	4.60–9.68	1.56				
			楠川	170	4.43	2.32–6.29	–				
ジアミド	クロラントラニリプロール F（× 4,000；25 ppm）[b)]	枕崎市	国見町	323	0.05	0.03–0.08	1.00	342	0.22	0.14–0.34	1.22
			まかや町			NT[e)]		209	0.12	0.08–0.18	0.67
		南九州市	知覧	182	0.07	0.05–0.12	1.40	231	0.20	0.11–0.39	1.11
		錦江町	田代麓	224	0.01	0.00–0.05	0.20			NT[e)]	
		鹿屋市	東原	209	0.01	0.01–0.02	0.20			NT[e)]	
		屋久島町	安房	291	0.03	0.02–0.05	0.60	146	0.13	0.08–0.19	0.72
			楠川	282	0.05	0.03–0.08	–	244	0.18	0.11–0.27	–

[a)] 上室ら（2017）を一部改変した．
[b)] 常用希釈倍率とその濃度を示した．剤型の略称は表-1 と同様．
[c)] 供試個体数（対照（蒸留水）処理を含む）．
[d)] 抵抗性比＝各地域個体群の LC_{50} 値/楠川地域個体群（感受性個体群）の LC_{50} 値．
[e)] NT：試験なし．
[f)] ジノテフランは，潜葉前期以降のステージには効果が低いこと（上室ら，2016）から卵期処理のみとした．

Ⅱ 鹿児島県内各地域個体群の感受性検定結果

各薬剤の常用濃度に対する各地域の個体群の効果を表−1に示した。フルフェノクスロンに対して，南薩地域にある枕崎市2地区の個体群の死亡率は，卵期および潜葉前期処理のいずれの処理でも約10～51%と低かった。しかし，同地域の南九州市2地区および南薩地域以外の個体群の死亡率は，いずれの発育ステージに処理しても85%以上と高かった。テフルベンズロンに対して，南薩地域である枕崎市および南九州市の各1地区の個体群の死亡率は，卵期処理で約18～49%と低かった。潜葉前期処理ではいずれの地域個体群の死亡率は69%以上を示した。一方，ジノテフラン，クロラントラニリプロールに対して，すべての個体群の死亡率は95%以上と高かった。

各地域の個体群のフルフェノクスロン，ジノテフラン，クロラントラニリプロールに対するLC_{50}値を表−2に示した。フルフェノクスロンに対するLC_{50}値は，南薩地域にある枕崎市国見町個体群の卵期処理で21.48 ppm，潜葉前期処理で24.01 ppm，同市まかや町個体群の潜葉前期処理で57.01 ppmであり（常用希釈濃度（25 ppm）と比べてもほぼ同値か高い値），これらの値は，感受性個体群（屋久島町楠川個体群）のLC_{50}値（卵期処理：0.09 ppm，潜葉前期処理：0.16 ppm）に比べて約150～356倍（抵抗性比）高かった。また，南薩地域である南九州市知覧町のLC_{50}値も1.22～1.46 ppmで抵抗性比が約9～14倍であり，南薩地域以外のLC_{50}値（0.01～0.16 ppm）と比べると比較的高い値を示した。一方ジノテフランに対するLC_{50}値は，供試したすべての個体群で4.43～14.26 ppmの範囲にあり，常用希釈濃度（100 ppm）の約1/7～1/23の低い値を示した。クロラントラニリプロールに対するLC_{50}値は，供試したすべての個体群で卵期処理で0.01～0.07 ppm，潜葉前期処理で0.12～0.22 ppmと常用希釈濃度（25 ppm）の1/100以下と非常に低い値を示した。

これらの結果から，鹿児島県の南薩地域（枕崎市，南九州市）におけるチャノホソガは，フルフェノクスロンに対する抵抗性を発達させていることが明らかになった。また，当該地域個体群では，テフルベンズロンも感受性の低下が認められることから，ベンゾイル尿素系IGR剤全体に対しても抵抗性を示すことが推察された。フルフェノクスロンは，鹿児島県の茶園では1994年から使用され始め，当初はチャノホソガ以外の重要害虫であるチャノミドリヒメヨコバイ，チャノキイロアザミウマ，チャノコカクモンハマキおよびチャハマキに対しても卓効を示していた。そのため，当該地域ではチャノホソガを含めこれら害虫類を対象に，約10年以上に渡って本剤を毎年2～3回使用していた事例も確認された。南薩地域以外ではこのような事例はなく，これらのことが当該地域のチャノホソガがフルフェノクスロンに対して抵抗性を発達させた要因の一つと推察される。テフルベンズロンについては，南薩地域で年間多数回の散布を行っていた事例はなかった。しかし，コナガ（Ismail and Wright, 1991）やコドリンガ（Sauphanor and Bouvier, 1995）では，ベンゾイル尿素系のIGR剤間での交差抵抗性が報告されており，今回のチャノホソガの事例もベンゾイル尿素系のIGR剤間での交差抵抗性の可能性が考えられる。

なお，南薩地域以外の個体群については，ベンゾイル尿素系のIGR剤は常用濃度で効果が高く，LC_{50}値も低いことから現在のところ感受性は高いと考えられる。また，ベンゾイル尿素系のIGR剤以外のネオニコチノイド系やジアミド系はいずれの個体群も感受性が高かった。これらの結果を踏まえ，現在鹿児島県では，本種に対して各地域の実情に合わせた体系防除を行っている。

お わ り に

今回紹介した方法によりチャノホソガの薬剤感受性を検定することが可能になり，フルフェノクスロンに対する薬剤感受性低下も明らかになった。現在のところ本種は，ネオニコチノイド系やジアミド系に対する感受性は高い状態にあるが，チャや果樹等のチョウ目害虫であるチャノコカクモンハマキでは，ジアミド系薬剤の感受性低下が静岡県で既に報告されている（Uchiyama and Ozawa, 2014）。そのため，チャノホソガについても感受性の動向を引き続き注視していく必要がある。また，今回紹介した検定方法は，産下された卵以降の生育ステージを対象としている。本種の実際の防除時期は，成虫が飛翔し，産卵する前に薬剤が散布される場面も想定される。そのため，薬剤の種類によっては，成虫への直接的な効果や産卵忌避，薬剤が付着した後に産下された卵への効果等についても今後検討する必要がある。

引 用 文 献

1）Abbott, W. S.（1925）: J. Econ. Entomol. **18**: 265～267.
2）Ismail, F. and D. J. Wright（1991）: Pestic. Sci. **33**: 359～370.
3）上室 剛ら（2016）: 応動昆 **60**: 111～118.
4）————ら（2017）: 同上 **61**: 99～107.
5）小泊重洋（1975）: 茶研報 **42**: 25～30.
6）松比良邦彦ら（1999）: 九病虫研会報 **45**: 123～129.
7）南川仁博・植田熊治（1960）: 茶研報 **16**: 17～22.
8）坂巻祥孝ら（2011）: 蝶と蛾 **62**: 51～55.
9）Sauphanor, B. and J. C. Bouvier（1995）: Pestic. Sci. **45**: 369～375.
10）Uchiyama, T. and A. Ozawa（2014）: Appl. Entomol. Zool. **49**: 529～534.

研究報告

長野県におけるナシ黒星病の‘幸水’果実肥大期の主要感染時期

長野県南信農業試験場　岩波靖彦（いわなみやすひこ）

はじめに

長野県におけるニホンナシの栽培面積は現在約800 haで，全国第6位である。栽培品種では，‘幸水’が最も多く，次いで県オリジナル品種である‘南水’，‘豊水’の順となっている。かつて長野県は鳥取県に次ぐ‘二十世紀’の生産地であり，昭和50年代には栽培面積約1,300 haのうち7割以上を占めていた。‘二十世紀’は現在では珍しいナシ黒斑病に感受性の品種で，防除のために発芽前から収穫期まで，毎月2～3回の殺菌剤散布に加え，年2回の果実袋の被袋を必須とされていた。黒斑病防除は‘二十世紀’栽培のうえでは最優先の課題であり，試験研究も黒斑病を主な対象として行われていた。昭和60年代になると‘幸水’，‘豊水’等黒斑病抵抗性品種の栽培が増加し，平成に入ると長野県でも‘幸水’が‘二十世紀’を抜いて栽培面積第一位となった。‘幸水’は黒斑病には抵抗性であるが，黒星病には感受性であり，‘幸水’の栽培面積割合が増加するにつれ，ニホンナシ全体で黒星病による被害が黒斑病による被害を上回るようになった。

ナシ黒星病はナシ黒星病菌（*Venturia nashicola*）によって引き起こされるニホンナシの最重要病害で，DMI剤に対する薬剤耐性の発達などもあり（菊原・石井，2007；2008；岩波，2016）全国的に被害が増加傾向にある。春先，日本なしの発芽期～開花期に前年の被害落葉から子のう胞子，芽基部病斑からは分生胞子を飛散させ，ナシの幼果，新葉，果柄，葉柄および新梢に感染する。感染後2～3週間で発病し，病斑上に黒灰色すす状の分生胞子を多数形成して次々と2次感染を繰り返すが，気温の上昇や植物体の感受性低下により病勢は停滞する。通常栽培園では幼果時に感染発病した果実は摘果によって取り除かれ，収穫期まで残ることはないが，‘幸水’では収穫した果実に黒星病の病斑が認められることがある。これは，‘幸水’の果実ではいったん低下した感受性が，果実肥大期に再び高まるためで，梅本（1993）によって明らかにされている。梅本の試験では接種による発病程度から感受性の変化を明らかにしており，その結果を基に6月下旬から7月上旬が，‘幸水’果実の防除適期として現地への指導も行われてきた。しかし，現地では発病が‘幸水’の収穫期である8月中下旬になってからも認められることから，感染時期に疑問を持たれることもあった。そこで，本試験ではより自然感染条件に近い暴露法を用いて，‘幸水’収穫期の黒星病の果実発病について，長野県における正確な感染時期を解明し，適期防除を可能とする目的で試験を実施した。

Major Infective Period of the Pear Scab, *Venturia nashicola*, on Japanese pear ver. Kosui in Nagano Prefecture.　By Yasuhiko Iwanami

（キーワード：ナシ黒星病，感染時期，‘幸水’果実）

I　材料および方法

1　試験開始までの管理

供試する果実は，試験開始までに黒星病に感染することのないように，開花期から5月中旬までは殺菌剤散布により，それ以降は殺菌剤の効果による感染阻害を受けないように果実袋の被袋によって自然感染を防いだ。具体的には2013年は，4月16日，5月1日にはジフェノコナゾール顆粒水和剤4,000倍液，5月15日にジチアノンフロアブル1,000倍液を散布し，5月21日に小袋，6月11～12日に大袋を被袋した。2014年は，4月16日，5月2日にはジフェノコナゾール顆粒水和剤4,000倍液，5月16日にイミノクタジンアルベシル酸塩水和剤1,500倍液を散布し，5月28～30日に小袋，6月26日に大袋を被袋した。2016年は4月12日にジチアノンフロアブル1,000倍液，4月15日，27日にジフェノコナゾール顆粒水和剤4,000倍液，5月12日にチウラムフロアブル500倍液またはシプロジニル顆粒水和剤2,000倍液を散布し，6月3日に小袋，6月15日に大袋を被袋した。なお，暴露開始のために除袋した時点で病斑が認められた果実は除去した。ジチアノンフロアブルの散布は供試樹の半数のみに実施した。

試験はいずれも長野県南信農業試験場場内8号圃場の棚仕立ての‘幸水’成木を用いて行い，樹齢は2013年には31年生，2014年は32年生，2016年は34年生であった。

2　暴露法による時期別果実感染時期

果実感染を検討する暴露法では，感染を防ぐために被

袋した果実袋を一定期間除袋して感染を促す方法で，接種に比べてより自然感染に近い状況を作り出せる。

本試験では，2013年は6月11日から10日ごとに50果ずつを除袋し，10日経過後には除袋期間を記した果実袋で再被袋した。2014年は6月16日から10日おきに50果ずつを除袋し，同じく10日経過後には除袋期間を記した果実袋で再被袋した。2016年は6月3日時点で発病のない果実50果にマークし，15日後に被袋した。6月15日以降は，15日おきに約50果を除袋し，約15日後に除袋期間を記した果実袋で再被袋した。8月1日に除袋した果実は収穫期まで無袋とした。いずれの年も除袋した果実の果柄へ毛糸を結びつけマークした。暴露期間の満開後日数は場内における日本なし生態調査の結果から算出した。

3　調査方法

収穫適期となった2013年は8月29日，2014年は9月2日，2016年は8月18日に，供試果実を全果収穫し，果実ごとに発病の有無および病斑数を調査し，発病果率，果当たり病斑数を算出した。2013年は併せて暴露期間ごとの発病果の病斑の大きさを達観で調査した。

Ⅱ 結果と考察

2013年は，6月11～21日に暴露した果実での感染が最も多く，7月1～11日，6月21日～7月1日がこれに続き，7月11日以降の感染はわずかで，8月に感染はなかった（表-1）。感染の多かった期間は6月中旬から7月中旬で，満開後では52～82日であった。

また，果実の病斑は，感染時期の早いものほど明瞭で大きく，ややくぼむ傾向であった（図-1）。7月22日～8月1日の暴露区では不明瞭で小さな病斑のみが認められた（図-2）。

2014年は7月6日～16日の間に暴露した果実での発病が最も多く，次いで6月26日～7月6日の間に暴露した果実であった。6月16日～25日の間は，2期間に次いだが，期間中の降雨日，降水量が少なかったことも影響もあったものと考えられた。7月16日以降は果実感染が少なく，特に8月8日～17日の間は降雨日数，降水量ともに多かったものの感染は全く認められなかった（表-2）。感染の多かった期間は6月下旬から7月上中旬で，満開後63～83日であった。

2016年は6月15日～7月1日の間に暴露した果実で

表-1　ナシ黒星病に対する‘幸水’果実肥大期の時期別感染（2013年）

暴露期間		満開後日数	調査果数	発病果率（%）	病斑数/果	降雨日数	降水量（mm）	病斑の大きさ
除袋日	再被袋日							
6月11日	6月21日	52～62日	36	41.7	1.6	5	64.5	中
6月21日	7月1日	62～72日	30	13.3	0.1	6	35.5	中～小
7月1日	7月11日	72～82日	42	16.7	0.2	5	37.5	小
7月11日	7月22日	82～92日	37	2.7	0.0	5	45.0	小
7月22日	8月1日	92～103日	39	5.1	0.2	4	34.5	極小
8月1日	8月12日	103～114日	48	0	0	3	9.0	−
全期間有袋		−	62	0	0	−	−	−

図-1　果実肥大期に感染し収穫期に発病した‘幸水’

図-2　2013年7月22日～8月1日の暴露区における果実病斑

表-2　ナシ黒星病に対する‘幸水’果実肥大期の時期別感染（2014年）

暴露期間		満開後日数	調査果数	発病果率（%）	病斑数/果	降雨日数	降水量（mm）
除袋日	再被袋日						
6月16日	6月26日	53～63日	37	8.1	0.1	4	9.0
6月26日	7月6日	63～73日	40	60.0	3.5	6	71.5
7月6日	7月16日	73～83日	47	85.1	6.3	7	75.5
7月16日	7月26日	83～93日	45	6.7	0.1	2	6.5
7月26日	8月7日	93～105日	43	2.3	0.0	6	37.0
8月7日	8月17日	105～115日	39	0	0	9	143.5
全期間有袋		−	50	0	0	−	−

表-3　ナシ黒星病に対する‘幸水’果実肥大期の時期別感染（2016年）

暴露期間		満開後日数	調査果数	発病果率（%）	病斑数/果	降雨日数	降水量（mm）
除袋日	再被袋日						
（6月3日）	6月15日	40～52日	19	0	0	5	20.5
6月15日	7月1日	52～68日	29	34.5	1.3	12	140.0
7月1日	7月15日	68～82日	35	28.6	1.7	5	61.0
7月15日	8月1日	82～99日	39	5.1	0.1	3	7.0
8月1日	（8月18日）	99～117日	24	0	0	8	63.5
全期間有袋		−	39	0	0	−	−

の発病が最も多く，次いで7月1日～15日の間に暴露した果実であった（表-3）。7月15日～8月1日の感染は少なく，8月1日以降の感染はなかった。感染の多かった期間は6月中下旬から7月上中旬で，満開後52～82日であった。

以上の結果から，長野県における‘幸水’果実の肥大後期の黒星病感染には年次間差はややあるものの，6月中旬から7月上旬が主要な感染時期で，満開後約50～80日と考えられた。また，7月下旬の感染はわずかで，8月に入るとほぼ感染しないものと考えられた。

梅本（1993）は，果実感受性は6月中旬から高まり，7月上旬または中旬（満開後75日～90日）にピークに達し，その後急激に低下するとしており，本試験による感染ピークは，暦日で約1旬，満開後日数でも約10日早い結果となった。

これらの結果から防除適期を考察すると，感染が増加し始める6月中旬から7月上旬と考えられた。

お　わ　り　に

ニホンナシでは，かつて重要病害であった赤星病は感染生態に基づく中間宿主ビャクシンの除去によって，黒斑病は‘幸水’，‘豊水’等の抵抗性品種の導入によって，その被害を克服してきた。現在では土壌病害である白紋羽病，木材腐朽菌による萎縮病を除けば，黒星病が最重要病害で，特に全国栽培面積第1位の‘幸水’が本病に対して感受性が高く栽培上も重要な問題ともなっている。これまで30年以上にわたって本病防除に重要な役割を果たしてきたDMI剤では，長らく懸念されていた効力低下が現実のものとなってきている。長野県ではDMI剤の効力低下の一因として，それまで開花期2回の使用が大半であったものが，発生が増加するのに伴い，果実肥大期の感染予防にも使用され年3回の使用が常態化したことが考えられる。本試験で，‘幸水’果実肥大期の感染時期から防除適期が明らかとなった。今後はDMI剤以外の薬剤でも，適期防除によって十分な効力が得られることを明らかにし，DMI剤の効力低下に歯止めがかかるようにしたい。併せて，近年では黒星病抵抗性品種，耐病性品種がいくつか品種登録されている。抵抗性育種がさらに進み，‘幸水’に変わるような良品質な品種の登場にも期待したい。

引　用　文　献

1）岩波靖彦（2016）：関東東山病虫研報 **63**：129（講要）.
2）菊原賢次・石井英夫（2007）：九病中研会報 **53**：127（講要）.
3）――――・――――（2008）：九病中研報 **54**：24～29.
4）梅本清作（1993）：千葉農試特報 **22**：44～46.

研究報告

青森県におけるDMI剤耐性リンゴ黒星病菌の発生と防除対策

（地独）青森県産業技術センターりんご研究所　赤平（あかひら）　知也（ともや）・平山（ひらやま）　和幸（かずゆき）・花岡（はなおか）　朋絵（ともえ）

はじめに

先ごろ発表された農林水産省の統計によると，平成28年産リンゴの結果樹面積は36,800 ha，収穫量は765,000 tであり，このうち青森県の占める割合はそれぞれ54%（19,900 ha）と59%（447,800 t）になっており，結果樹面積，収穫量ともに日本一を誇るリンゴ産地となっている。このリンゴの一大産地である青森県において，ここ数年生産者を悩ませているのが「リンゴ黒星病」である。本病は近年，慣行防除園でも普通に散見されるようになり，2015年と2016年は連続して多発した。特に2016年は前年の多発生で園地内の菌密度が高まっていたこともあり，多くの園地では葉や果実のほかこれまでまれであった果梗にまで発病が確認され，一部園地では実害を伴う激しい被害も確認された。各産地の発生状況から，多発原因としてDMI剤に対する感受性の低下が疑われ，生物検定や薬剤添加培地による検定を行ったところ，DMI剤耐性のリンゴ黒星病菌が津軽地域に広域に存在していることが明らかとなった（平山，2016；赤平ら，2017；平山ら，2017；雪田，2017）。そこで，2016年の多発生状況とその要因解明について紹介するとともに，DMI剤を使用しない防除体系を構築したので，その概要を報告する。

I　青森県におけるリンゴ黒星病防除の変遷

リンゴ黒星病は，葉，果実，枝に発病するが，商品価値に直接影響する果実発病は実害が大きい。激発すると葉では早期に黄変落葉し，果実では幼果期に生じた病斑がかさぶた状となり，果実肥大とともに裂果する（口絵①）。本病の防除には，1980年代に登場したDMI剤が高い効果を示したことから（中沢・福島，1990；仲谷・高橋，1990；新谷・藤田，1996），1987年に黒星病菌の子のう胞子の飛散ピークに合わせた「落花直後」におけるDMI単剤の1回使用を普及した。また，1994年には子のう胞子の飛散ピークが早い年にも対応させた「開花直前」と「落花直後」におけるDMI単剤の2回使用を普及に移した。その後，耐性菌の問題を回避するために開発されたDMI混合剤の利用について検討し，15日間隔の散布体系を想定しても問題ないとの結論から，1996年には「開花直前」にDMI単剤，「落花直後」と「落花15日後頃」にDMI混合剤を配置し，防除回数を削減した新しい防除体系を普及に移して今日に至っている（藤田，1998；雪田，2004）。一方，青森県では1995年にリンゴ黒星病菌のフェナリモル感受性について調査を実施し，弘前市の1園地で感受性低下菌の出現を確認したものの，その後に実施したリンゴ苗木への接種試験では実用濃度で防除効果の低下は認められなかった（藤田，1998）。2007年にはリンゴ黒星病の現地多発事例が見られたが，DMI剤の種類による防除効果の差が要因であるとし（雪田ら，2008），その後，今日に至るまで低感受性菌の出現は確認されていなかった。

II　2016年のリンゴ黒星病の発生状況

1　現地の発生実態

2016年5月中旬ころより青森県の津軽地方の園地を中心に「リンゴ黒星病が多発している。」という相談が相次いだ。そこで，5月23日～6月22日にかけて津軽地域9市町34のリンゴ園地において，‘ふじ’と‘王林’を対象に黒星病の発生状況を調査した。その結果，‘ふじ’，‘王林’を含めた発生園地割合は94.1%と非常に高く，果そう葉の発病葉率は0.9～82.8%（21園地），新梢葉の発病葉率は0～45.6%（34園地）であった（表–1）。果柄感染も含めた発病果率は0～83.3%（34園地）であった。品種別では，‘ふじ’は果そう葉の発病葉率0.9～78.9%（21園地），新梢葉の発病葉率0～45.6%（34園地），発病果率0～79.3%（34園地）であった。‘王林’は果そう葉の発病葉率0.9～82.8%（9園地），新梢葉の発病葉率0.5～39.2%（10園地），発病果率0～83.3%（10園地）であった。また，7月1～13日に行った青森県内4地域の農業普及振興室による調査では，三八地域（県南地方）を除く津軽地方の3地域（東青，西北，中南）

Occurrence and Control of DMI-resistant strains of *Venturia inaequalis*, the causal fungus of Apple Scab in Aomori Prefecture.　By Tomoya Akahira, Kazuyuki Hirayama and Tomoe Hanaoka

（キーワード：リンゴ，黒星病，DMI剤，耐性菌）

表-1　津軽地域における 2016 年の黒星病発生状況（※は多発園として調査）

月日	調査場所	品種	発病葉率（%）		発病果率（%）
			果そう葉	新梢葉	
5 月 23 日	青森市 A	ふじ	1.4	0.5	1.0
	五所川原市 A	ふじ	1.0	0.8	0
		王林	0.9	0.5	0
	つがる市 A	ふじ	2.0	0.8	1.0
		王林	0.9	0.5	0
	つがる市 B	ふじ	1.0	0.5	0
		王林	0.9	0.5	0
	弘前市 A	ふじ	6.8	6.5	7.0
		王林	2.5	4.2	0
	板柳町 A	ふじ	1.4	3.1	1.0
		王林	1.0	5.9	0
	青森市 B	ふじ	26.4	20.0	28.0
		王林	9.2	3.4	9.0
5 月 25 日	青森市 C	ふじ	28.8	15.9	13.3
	板柳町 B ※	ふじ	54.2	22.2	22.0
	藤崎町 A	ふじ	51.1	35.6	46.7
	弘前市 B ※	ふじ	78.9	27.8	79.3
		王林	82.8	39.2	83.3
5 月 26 日	青森市 D	ふじ	1.9	0.5	1.0
		王林	3.1	2.2	0
	黒石市 A	ふじ	18.1	3.4	11.0
	青森市 E ※	ふじ	33.9	25.5	38.0
5 月 26 日	青森市 F ※	ふじ	59.3	30.2	48.0
5 月 30 日	弘前市 C	ふじ		0.7	7.7
	平川市 A	ふじ		0	0
	藤崎町 B	ふじ		0.2	0.3
	板柳町 C	ふじ		1.8	0.3
	板柳町 D	ふじ		2.8	2.0
	板柳町 E	ふじ		1.8	13.3
5 月 31 日	黒石市 B	ふじ		0.3	0
	黒石市 C	ふじ		0	0
	黒石市 D	ふじ		0.7	0.3
	黒石市 E	ふじ		0.4	0
6 月 3 日	黒石市 F	ふじ		0.5	0
6 月 7 日	藤崎町 C	ふじ	19.6	14.0	13.3
		王林	16.3	19.2	17.3
6 月 8 日	青森市 G	ふじ	23.0	4.3	17.0
	青森市 H	ふじ	5.3	11.1	4.7
	板柳町 F	ふじ	6.9	1.2	8.0
	板柳町 G	ふじ	5.6	1.8	4.7
6 月 10 日	大鰐町 A	ふじ	61.9	45.6	37.3
6 月 22 日	弘前市 D	王林		2.0	2.7
	弘前市 E	ふじ		1.9	3.3

5 月 25 日，県予察圃の無防除樹の‘ふじ’新梢葉の発病葉率 6.3%（平年 2.5%）.

で上記の調査と同様な発生が確認された。一方，りんご研究所内の県予察圃（殺菌剤無散布）における‘ふじ’の新梢葉の発病葉率を調査すると，5月25日の段階で6.3%と現地の発生状況と比べ低かったものの，平年（2.5%）に比べて発生率は高かったことから，2016 年は黒星病の感染に好適な条件であったと考えられた。

2　現地の薬剤散布経過

青森県のリンゴ黒星病の重点防除時期は「開花直前」,「落花直後」および「落花 15 日後頃」となっている。2016 年における現地の散布実態を調査すると，「展葉 1 週間後頃」を含めた各時期の散布は適期に行われていた（表-2）。また，散布日と散布薬剤は「展葉 1 週間後」（4 月 22 ～ 23 日）がイミノクタジン酢酸塩液剤,「開花直前」（5 月 2 ～ 3 日）が DMI 単剤（テブコナゾール水和剤，フェンブコナゾール水和剤，ヘキサコナゾール水和剤),「落花直後」（5 月 12 ～ 13 日）と「落花 15 日後頃」（5 月 23 ～ 24 日）が DMI 混合剤（ジフェノコナゾール・マンゼブ水和剤，フェンブコナゾール・マンゼブ水和剤，マンゼブ・ミクロブタニル水和剤）であり，薬剤選択に問題はなかった。前年も黒星病の発生が多かったこともあり，現地ではこの時期の散布間隔を空けないように注意しながら散布を実施している園地が多かった。また，被害が多かった園地の新梢葉の発病葉率は前年の 4 ～ 10 倍に拡大しており，被害が多かった園地では被害が少なかった園地と比べて前年の新梢葉の発病葉率が明らかに高く，被害の程度は前年の発生に大きく左右され

表-2 現地の薬剤散布事例（2016）

調査園地	展葉1週間後頃	開花直前	落花直後	落花15日後頃	発生状況	昨年の状況
藤崎町A	イミノクタジン酢酸塩（4/22）	テブコナゾール（5/2）	マンゼブ・ミクロブタニル（5/12）	フェンブコナゾール・マンゼブ（5/23）	多	やや多
弘前市B	イミノクタジン酢酸塩（4/21）	フェンブコナゾール（5/2）	ジフェノコナゾール・マンゼブ（5/10）	マンゼブ・ミクロブタニル（5/23）	甚	やや多
青森市F	イミノクタジン酢酸塩（4/22）	テブコナゾール（5/2）	マンゼブ・ミクロブタニル（5/9）	フェンブコナゾール・マンゼブ（5/19）	甚	少
板柳町D	イミノクタジン酢酸塩（4/22）	ヘキサコナゾール（5/3）	フェンブコナゾール・マンゼブ（5/13）	ジフェノコナゾール・マンゼブ（5/23）	少	少
藤崎町C	イミノクタジン酢酸塩（4/21）	テブコナゾール（5/2）	フェンブコナゾール・マンゼブ（5/13）	マンゼブ・ミクロブタニル（5/24）	やや多	少
大鰐町A	イミノクタジン酢酸塩（4/21）	フェンブコナゾール（5/2）	ジフェノコナゾール・マンゼブ（5/12）	チウラム（5/23）	多	やや多
（参考）りんご生産情報	イミノクタジン酢酸塩（4/21 ～ 22）	DMI単剤（5/1 ～ 2）	DMI混合剤（5/11 ～ 12）	DMI混合剤（5/25 ～ 26）	－	－

表-3 多発園地および少発園地における黒星病の発生動向

調査園地	品種	2015			2016		
		調査月日	発病葉率（%）	発病果率（%）	調査月日	発病葉率（%）	発病果率（%）
藤崎町A	ふじ	6月12日	8.6	8.0	5月25日	35.6	46.7
弘前市B	ふじ		4.4	0.0		27.8	79.3
	王林		－	－		39.2	83.3
大鰐町A	ふじ	6月17日	4.4	0.0	6月10日	45.6	37.3
青森市D	ふじ	6月12日	0.2	0.3	5月26日	0.5	1.0
	王林		－	－		2.2	0.0
板柳町C	ふじ		0.2	0.0	5月30日	1.8	0.3

注）新梢葉における発病葉率.

る傾向が見られた（表-3）。

以上のことから，園地や地域により差は見られるものの，黒星病の発生は津軽地域で広範囲に見られており，特に前年黒星病が多発した園地やその周辺では菌密度の高まりが多発生につながった可能性がある。また，現地の薬剤散布経過の状況から2016年のリンゴ黒星病の多発は散布時期や散布間隔に起因したものではないと考えられた。

III 2016年の気象と黒星病の感染時期

2016年は1月以降，降雪が少なく経過したため，積雪の少ない年となった。加えて3月以降は気温が高めに推移したため，りんご研究所における消雪は3月9日と平年（3月29日）よりも20日早まった。また，3～5月の気温は高めに，降水量は少なめに推移したことから，当研究所におけるリンゴの生育は‘ふじ’の発芽が4月2日（平年4月9日），開花が5月4日（平年5月8日）となるなど，平年に比べて4～7日早まった。このような気象条件の中，前年の多発を受けて本病原菌の子のう胞子の飛散消長を把握するために，黒星病罹病葉を敷き詰めた木枠（1 m × 1 m × 0.4 m）を殺菌剤無散布圃場に設置し，吸引式胞子採集器を用いて，粘着テープに付着した子のう胞子数を日別に計数した。その結果，胞子の飛散が4月3日に最初に確認されて以降，5月下旬まで断続的に続き，その最盛日は4月28日となった（図-1）。4月中旬以降の子のう胞子の飛散は降雨と関係があり，

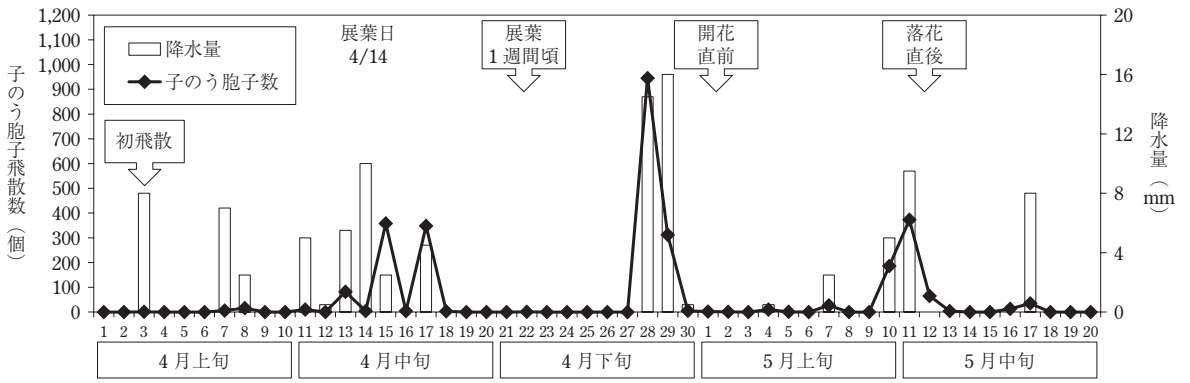


図-1　2016 年の黒星病の感染時期

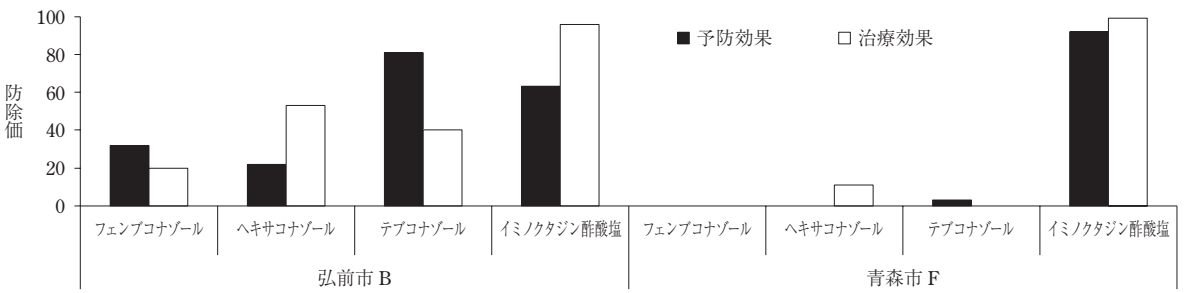


図-2　現地のリンゴ黒星病菌に対する DMI 剤の効果

4 月 13 ～ 17 日，4 月 28 ～ 29 日，5 月 10 ～ 11 日の連続した降雨で子のう胞子の飛散も確認された。

このことから，2016 年はこれら 3 回のまとまった胞子飛散により感染が生じたものと考えられ，潜伏期間を考慮すると，現地の発生時期ともおおむね一致した。

Ⅳ　リンゴ黒星病菌の DMI 剤に対する感受性低下

生産現場では，2015 年の多発を教訓に 2016 年は散布時期や散布間隔に気を配りながら薬剤散布を実施していたにもかかわらず，多発園が多数存在したことから，本病に対する防除薬剤の効力低下が疑われた。そこで，黒星病菌の DMI 剤に対する感受性検定をポット植えリンゴ樹を供試した生物検定，フェナリモルおよびジフェノコナゾールの薬剤添加培地検定により実施した。

1　生物検定

生物検定では表-1 の弘前市 B と青森市 F の現地多発園から採取してきた黒星病菌を供試して，予防試験と治療試験を実施した。予防試験では 1 年生のポット植えリンゴ樹 'ふじ'/マルバカイドウを 1 区 3 樹供試し，各薬剤の散布 5 日後に病原菌の分生子懸濁液（約 5.0×10^5 個/m*l*）を接種して防除効果を評価した。その結果，弘前市 B から採集した菌に対して，テブコナゾール水和剤は防除価 81 とある程度の効果が認められるものの，フェンブコナゾール水和剤およびヘキサコナゾール水和剤はそれぞれ防除価 22，32 と効果が低かった（図-2）。青森市 F から採集した菌に対しては，いずれの薬剤も防除価 0 ～ 3 と防除効果が認められなかった。また，治療試験は 1 年生のポット植えリンゴ樹 'ふじ'/マルバカイドウを 1 区 3 樹供試し，病原菌の分生子懸濁液（約 5.0×10^5 個/m*l*）を接種した 5 日後に各薬剤を散布して治療効果を評価した。その結果，弘前市 B から採集した菌に対してはいずれの薬剤も防除価 20 ～ 53 と効果が低かった。青森市 F から採集した菌に対しては，いずれの薬剤も防除価 0 ～ 11 と効果が認められなかった。さらには県内で実施された同様な予防試験において，DMI 剤のイミダゾール系，トリアゾール系，ピリミジン系の各薬剤でも効果が認められず，交差耐性の可能性が高い（雪田，2017）との指摘もあり DMI 剤耐性は深刻な状況にあるといえる。

以上のことから，園地や薬剤によって効果の程度に違いはあるものの，いずれの DMI 剤も効果が低いことが明らかとなった。一方，2015 年には多発園 5 園地から採集した黒星病菌をフェンブコナゾール水和剤散布後に接種する予防試験を実施しているが，防除価は 81 ～

100と効果が認められていた（データ省略）。このような短期間で防除効果に差が見られた要因については不明である。

2　薬剤添加培地検定

薬剤添加培地検定では津軽地域23園地の被害葉または果実から単胞子分離を行い，1園地当たり5～30菌株，計524菌株を供試して，フェナリモルおよびジフェノコナゾールをそれぞれを添加した培地における各菌株の生育状況を調査した。検定はフェナリモルまたはジフェノコナゾールを最終有効成分濃度が0，0.01，0.05，0.1，0.5，1，5，10，50，100 ppmとなるように添加したPDA培地を用いた（石井，1998）。供試菌株をPDA培地にて20℃・暗黒条件下で約1か月間前培養し，直径4 mmのコルクボーラーで菌そうを打ち抜き，菌そう面が下になるように検定培地に置床した。その後，20℃・暗黒条件下で3週間培養し，菌そうの直径を測定し，各薬剤の添加培地におけるEC_{50}値を算出して評価した。この調査は1996，2005，2015年にも実施（ジフェノコナゾールは2005年未実施）しているが，2016年のフェナリモルのEC_{50}値の平均は0.404～1.029 ppmとなり，2015年までの結果との比較ではいずれの園地もEC_{50}値は上昇傾向にあることが示された。一方，ジフェノコナゾールのEC_{50}値の平均は0.007～1.036 ppmとなった。園地によってばらつきはあるものの，2015年まではいずれの園地もEC_{50}値の平均は0.1 ppm以下であったことから，多くの園地でEC_{50}値は上昇傾向にあることが明らかとなった（図-3）。また，前述の生物検定を実施した弘前市B，青森市FのEC_{50}値の平均値も高く，生物検定の結果を裏付けるものとなった。

以上の結果から，2016年の黒星病の多発生にはDMI剤に対する耐性菌の発生が大きく関与していたと推察された。そのほか，前年に黒星病が多発した園地やその周辺では病原菌密度が高まっていたことにより，発生を助長する状況が生じたものと考えられた。

V　今後の防除体系の構築

上記の結果を踏まえて，2017年のリンゴ黒星病対策は以下のように実施することとした（図-4）。

1　DMI単剤とDMI混合剤の削除

1987年に黒星病の特効薬として本県の「りんご病害虫防除暦」に採用されたDMI単剤，同じく1996年より採用されたDMI混合剤であるが，今回の薬剤の効力低下により2017年の防除暦から「開花直前」のDMI単剤，「落花直後」と「落花15日後頃」のDMI混合剤を削除した。

2　黒星病に対して有効な薬剤の採用

DMI単剤とDMI混合剤の削除を受けて，「開花直前」にはDMI剤耐性の黒星病菌に対しても効果の高い，SDHI剤のペンチオピラド水和剤またはAP剤（アニリノピリミジン系殺菌剤）のシプロジニル水和剤（雪田，2017）を散布する。「落花直後」は同じくペンチオピラド水和剤のみ，またはシプロジニル水和剤にチウラム水和剤またはマンゼブ水和剤を加用して散布する。なお，ペンチオピラド水和剤，シプロジニル水和剤ともに耐性菌の発生が懸念されることから，連続して散布しないように注意喚起した。

3　「落花10日後頃」と「落花20日後頃」の防除

DMI混合剤の削除を受けて，「落花15日後頃」の散布が廃止となったことから「落花10日後頃」と「落花20日後頃」の散布を設け，チウラム水和剤またはジマンダイセン水和剤を配置した。

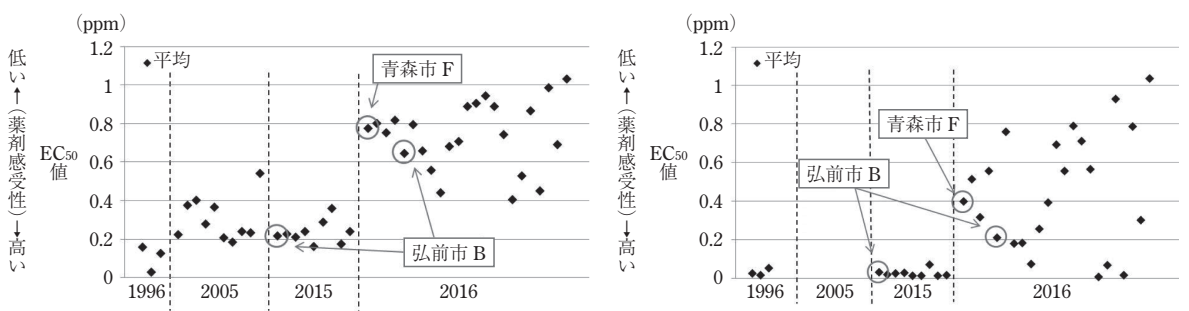


図-3　リンゴ黒星病菌のDMI剤に対する感受性推移
（左：フェナリモル，右：ジフェノコナゾール）
（注）2016年に津軽地域23園地から得られた菌株を供試し，各薬剤添加培地を用いてEC_{50}値を算出した．
調査園地：青森市4園地，弘前市4園地，五所川原市2園地，黒石市1園地，つがる市1園地，板柳町2園地，藤崎町2園地，大鰐町4園地，鰺ヶ沢町1園地，田舎館村2園地．

1996 ～ 2016 年

回数	散布時期	基準薬剤
1	展葉 1 週間後頃	イミノクタジン酢酸塩液剤
2	開花直前	DMI 単剤 フェンブコナゾール水和剤 ヘキサコナゾール水和剤 テブコナゾール水和剤
3	落花直後	DMI 混合剤 マンゼブ・ミクロブタニル水和剤 ジフェノコナゾール・マンゼブ水和剤 フェンブコナゾール・マンゼブ水和剤
4	落花 15 日後頃	DMI 混合剤 マンゼブ・ミクロブタニル水和剤 ジフェノコナゾール・マンゼブ水和剤 フェンブコナゾール・マンゼブ水和剤

2017 年～

回数	散布時期	基準薬剤
特別散布	芽出し当時（発芽 8 ～ 9 割）	イミノクタジン酢酸塩液剤
1	展葉 1 週間後頃	イミノクタジン酢酸塩液剤
2	開花直前	ペンチオピラド水和剤 または シプロジニル水和剤
3	落花直後	ペンチオピラド水和剤 または （シプロジニル水和剤 ＋ チウラム水和剤 またはマンゼブ水和剤）
4	落花 10 日後	チウラム水和剤 またはマンゼブ水和剤
5	落花 20 日後	チウラム水和剤 またはマンゼブ水和剤

図-4　リンゴ黒星病を対象にした防除体系

4　耕種的防除の積極的な実施

被害落葉には翌年の伝染源となる子のう殻が多数形成されるので，かき集めて処分するか，土中にすき込むことで子のう胞子の飛散が少なくなり，初期発生が抑えられる（山本ら, 2008）。また，病原菌の密度を下げるため，被害葉・被害枝・被害果は摘み取って処分するなど，耕種的防除の積極的実施を周知した。

お　わ　り　に

2017 年から青森県では DMI 剤を使用しない防除体系に取り組んでいる。昨年の多発により菌密度が高まったことから，葉の表裏や果柄に黒星病の病斑が確認される園地が多いものの，春先から防除対策を徹底したことにより，現在のところ，昨年よりも発生は少なく推移している。今後，春先の防除の主軸を担っていく SDHI 剤あるいは AP 剤も DMI 剤同様，薬剤耐性の獲得しやすい薬剤であることから，生産現場や研究サイドはもちろんのこと，薬剤の販売や流通等に携わるすべての関係者も含め，使用について考え方を今一度，見直す必要があると考えている。さらに，青森県内で実施された生物検定の結果から黒星病に対する QoI 剤の薬効低下が示唆されている（雪田，2017）ことや，遺伝子診断によるチトクローム *b* 遺伝子の確認および感受性検定における感受性低下からも，QoI 剤耐性菌が本県の津軽地域において広域に発生していることが明らかとなっており（平山，2017），予断を許さない状況にある。

青森県のリンゴ園で薬剤耐性管理のもと，リンゴ黒星病防除に 30 年の長きにわたり貢献してきた DMI 剤において，耐性菌が発達したことは残念で仕方がない。この反省として，DMI 剤，SDHI 剤および QoI 剤など耐性菌発生リスクの高い薬剤については，耐性菌発生の兆候をいち早くとらえるために，数年ごとに薬剤感受性モニタリングを実施するなど，他の地域あるいは他の作物でも可能な限り取り組む必要があると考える。また，菌密度が高い状態でこれらの薬剤を使用すると耐性菌発生リスクを高める要因になるため，被害葉の処理など，菌密度の低下を図る耕種的防除を現場において徹底させていくことも重要である。今後もリンゴ黒星病の沈静化に向け，現場の状況を注視しながら，県内のリンゴ関係者一丸となって，取り組んでいきたい。

引　用　文　献

1）赤平知也ら（2017）：日植病報 **83**：33 ～ 34.
2）新谷潤一・藤田孝二（1996）：青森りんご試報 **29**：1 ～ 16.
3）藤田孝二（1998）：第 8 回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集：36 ～ 44.
4）平山和幸（2016）：平成 28 年度寒冷地果樹研究会資料：47 ～ 53.
5）――――ら（2017）：日植病報 **83**：（掲載予定）.
6）――――（2017）：北日本病虫研報 **68**：（掲載予定）.
7）石井英夫（1998）：植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル，日本植物防疫協会，東京，p.73 ～ 76.
8）中沢憲夫・福島千萬男（1990）：青森りんご試報 **26**：15 ～ 38.
9）仲谷房治・高橋　哲（1990）：北日本病虫研報 **41**：89 ～ 91.
10）雪田金助（2004）：植物防疫 **58**：515 ～ 519.
11）――――ら（2008）：北日本病虫研報 **59**：94 ～ 98.
12）――――（2017）：北日本病虫研報 **68**：（掲載予定）.
13）山本晋玄ら（2008）：東北農業研究 **61**：127 ～ 128.

新技術

イネウンカ類におけるピメトロジンに対する感受性検定法の開発

農研機構 九州沖縄農業研究センター　真田（さなだ） 幸代（さちよ）・松村（まつむら） 正哉（まさや）

はじめに

イネウンカ類（トビイロウンカ・セジロウンカ・ヒメトビウンカ）はアジア地域に広く分布するイネの重要害虫である。トビイロウンカが増殖するとイネを一斉に枯死させる“坪枯れ”を起こしたり，3種がそれぞれ別々のウイルス病を媒介したりする。トビイロウンカとセジロウンカは毎年梅雨の時期に，発生地であるベトナム北中部から中国南東部を経て日本へ飛来する。両種ともイネでしか成育できないため，冬にイネがなくなる日本では越冬できない。一方，ヒメトビウンカはムギやイネ科雑草でも成育でき，日本全土に土着の個体群が生息する。ヒメトビウンカは長らく海外飛来しないと考えられてきたが，2008年に中国東部から九州地域への多飛来が確認されたことから，海外飛来することが知られるようになった（Otsuka, 2010）。

イネウンカは日本では江戸時代のころから，たびたび大きな被害を出してきたが，1990年代初頭にイネウンカに有効な殺虫剤：イミダクロプリドとフィプロニルが開発され，イネを栽培するアジア地域一帯に普及すると，イネウンカによる被害はほとんど見られなくなった。しかし，2005年以降に，イネウンカの多発生がアジア各地で再び報告され始め，坪枯れやウイルス病の被害も増加した。この原因の一つが，イネウンカがイミダクロプリドとフィプロニルに対して，どちらか，あるいは両方の殺虫剤に抵抗性を発達させたことである（Matsumura et al., 2008）。

最近では，イミダクロプリドやフィプロニルの代わりに，ピメトロジン（商品名：チェス）の使用がアジア地域全体で増加している。日本では，ピメトロジンは箱施用剤として普及がすすみ，イネウンカの防除に威力を発揮している。一方，飛来源であるベトナムや中国等多くのアジア地域では，ピメトロジンが本田散布剤として使用されている。箱施用剤が育苗期に一度だけ使用されるのに対して，散布剤はイネの栽培期間に複数回使用されることが多く，イミダクロプリドやフィプロニルのように飛来源で本剤が多用されることで，近い将来に抵抗性が発達するのではと危惧されている。殺虫剤抵抗性の発達を防ぎながら，有効な防除対策を行うためには，まずはピメトロジンに対するイネウンカの殺虫剤感受性（殺虫剤がどのくらい害虫に効いているかを評価する指標）を正確にモニタリングし，状況を把握することが重要である。

New Method for Evaluating Susceptibility of Rice Planthoppers to Pymetrozine.　By Sachiyo Sanada-Morimura and Masaya Matsumura

（キーワード：微量局所施用法，次世代幼虫数，半数効果薬量（ED_{50}），海外飛来）

I　ピメトロジンの殺虫剤感受性新検定法

1　ピメトロジンの特性

ピメトロジンは他の多くの殺虫剤とは異なり，即効的な殺虫活性が弱い。一方で，昆虫の神経系に作用して行動を阻害し，イネウンカが植物体にうまく取りつけなくて水面に落下し天敵に捕食されたり，雌が十分にイネを吸汁できず，その結果産卵数が減少したりする。このような効果により，水田での増殖が抑制され，ウイルス病の媒介も低減されると考えられている。ピメトロジンがどのようなメカニズムで昆虫の行動を抑制しているかはまだ解明されていない部分も多いが，次世代への増殖率の抑制効果が，その最大の特徴といえる。そのため，ピメトロジンの殺虫剤感受性の評価は，殺虫剤で死亡する害虫の割合（死虫率）を基にする従来の検定法（半数致死濃度（50% lethal concentration：LC_{50}）や半数致死薬量（50% lethal dose：LD_{50}）等を算出）を適用することができない。

2　IRACのピメトロジン感受性検定法（葉鞘浸漬法）

殺虫剤抵抗性の問題に取り組む国際的組織である“殺虫剤抵抗性対策委員会（Insecticide Resistance Action Committee, IRAC）”は，イネウンカのピメトロジンの殺虫剤感受性検定法として，葉鞘浸漬法（イネの葉鞘に殺虫剤を塗布し，そのイネをウンカに吸汁させる）で雌にピメトロジンを処理した後，雌が産んだ次世代の幼虫数を計測し，半数効果濃度（50% effective concentration：EC_{50}）を算出する検定法（IRAC：no.005）を開発した（IRAC, 2012）。この検定法の開発によって，即効的な致死効果の弱いピメトロジンで殺虫剤感受性検定が初めて可能となった。しかし，葉鞘浸漬法では，様々な殺虫剤

濃度の薬液に植物体を浸し，それを昆虫に吸汁させるため，実際に昆虫体内に取り込まれた殺虫剤の薬量は，それぞれの実験で使用される植物体の大きさや生育状態等によって異なり，その正確な量を測定できない。そのため，IRAC：no.005 では，同時に行った実験セットの中で感受性系統（抵抗性を発達させていない系統）と対象系統（感受性を測定したい系統）を比較し，抵抗性比として抵抗性発達程度を検証することは可能であるものの，異なる研究者や異なる時期に検定した EC_{50} 値を直接比較することができない。

3　ピメトロジン感受性新検定法（微量局所施用法）

異なる地域で，異なる研究者が，異なる時期に検定したピメトロジンの殺虫剤感受性データを直接比較できるようにするため，九州沖縄農業研究センターでは，シンジェンタジャパンと共同で，IRAC 法を改良し，微量局所施用法を用いた新たな検定法を開発した（Tsujimoto et al., 2016）。この新検定法の手法を以下に概略する。

（1）　検定前の準備

1）薬液

塗布する薬液は，アセトン（純度 99%）にピメトロジン原体（純度 95%以上）を溶かし 0.02%（200 ppm）濃度の薬液を準備する。これを原液（最も濃い濃度）として，2 倍，4 倍，8 倍と倍々に希釈し，14 段階ほど準備する。コントロール処理用のアセトンのみ（ピメトロジン 0%）も準備する。

2）イネ幼苗を入れた大型試験管

イネ幼苗（播種後約 7 日（25℃，室内），1 ～ 1.5 葉期）を 20 本ごとにまとめ，ティッシュペーパなどで根を包み，水（液体肥料入り）を入れた大型試験管（直径 3 cm × 高さ 30 cm）にセットする。その上から，1%寒天液（40℃）を根元から 2 cm 上部まで注ぎ入れ，常温で冷やし固める（図-1）。シリコン製キャップなどで開口部を閉じる。一つの処理濃度ごとに，繰り返しを 3 ～ 4 本準備する。コントロール含めて 7 処理濃度で検定を行う場合は，大型試験管を 21 本～ 28 本準備することになる（図-2）。

（2）　感受性検定の手順

1）微量局所施用法

イネウンカの雌（羽化後 5 日以内の長翅個体）1 個体ごとに，マイクロアプリケータ（図-3）などを使用して薬液を塗布する。例えば，バーカード社製マイクロアプリケーター（50 μl シリンジを装てん）の場合，1 個体当たり約 0.08 μl の薬液を塗布できる。ほかにも様々な装置が使用されているが，1 個体当たりの塗布量が多くなると溶媒であるアセトンによる致死が無視できなくなるため，塗布はできるだけ少量が望ましい。ハミルトン社製ハンドアプリケーター（10 μl シリンジを装てん）で施用すると，薬液が 1 個体当たり約 0.24 μl となるが，この量のアセトンによる影響はイネウンカの検定において問題ないことを確認している（Sanada-Morimura et al., 2011）。一回の検定で使用する濃度の範囲は，コントロールを含め 6 ～ 7 段階とする。

2）次世代幼虫数の計測

薬液を処理した雌（5 頭）と無処理雄（3 頭：交尾用）

図-1　1%寒天液で根元を固めたイネ幼苗

図-2　ピメトロジン新検定法に使用するイネ幼苗入り大型試験管

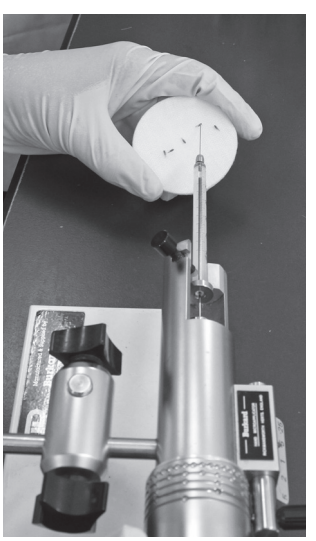


図-3　マイクロアプリケーター（バーカード社製）による微量局所施用

を，準備した大型試験管に入れ，7日間産卵させる（7日目には雄雌とも取り除く）。成虫を除去してから8日後（幼虫が十分にふ化してくる），大型試験管ごとに幼虫数を計測する。

（3） ED_{50} 値の算出

1）薬量の算出

処理区ごとの薬液濃度，1個体に塗布した薬液の量，虫1個体の平均体重（g）から，虫1g当たりに塗布した薬量（$\mu g/g$）を算出する（図-4）。

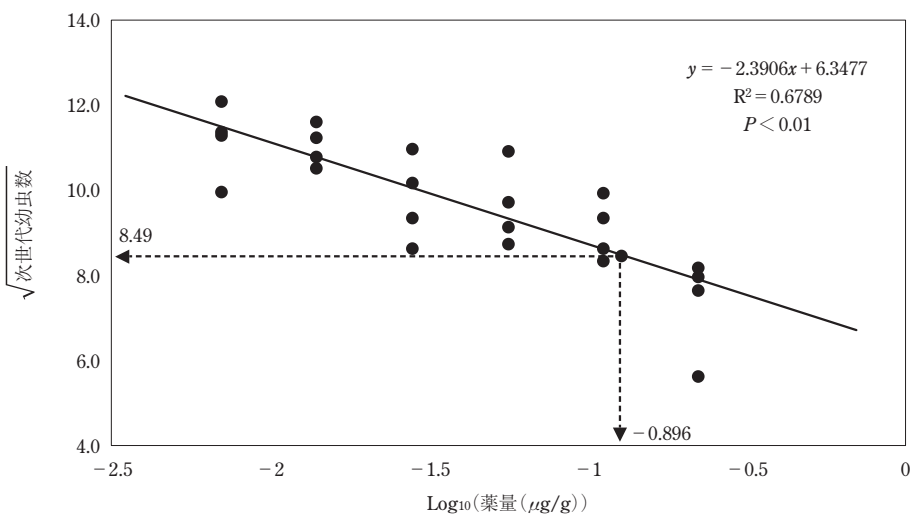
2）回帰分析による ED_{50} 値の算出

各処理区の薬量（対数変換値）と次世代幼虫数（平方根変換値）を回帰分析し，統計的に有意な直線回帰式が得られれば，コントロール処理区の次世代幼虫数の“半数”となる薬量（半数効果薬量（50% effective dose：ED_{50}））を算出する（図-5）。

濃度（ppm）	イネウンカA系統								
	薬量（$\mu g/g$）	Log_{10}（薬量）	次世代幼虫数				√（次世代幼虫数）			
			1	2	3	4	1	2	3	4
0	0	−	150	144	122	160	−	−	−	−
0.2	0.007	−2.155	147	130	99	128	12.12	11.40	9.98	11.31
0.4	0.014	−1.854	135	127	111	117	11.62	11.27	10.54	10.82
0.8	0.028	−1.553	121	88	104	75	11.00	9.38	10.20	8.66
1.6	0.056	−1.252	95	77	84	120	9.75	8.77	9.17	10.95
3.1	0.112	−0.951	88	75	70	99	9.38	8.66	8.37	9.95
6.3	0.223	−0.652	59	64	32	67	7.68	8.00	5.66	8.19

コントロール処理（0 ppm）の平均次世代幼虫数＝（150＋144＋122＋160/4）＝144.

図-4　ED_{50} 値を算出するためのデータと変換値（実測値でない）
（イネウンカ類の薬剤感受性検定マニュアル（2017）から引用）



直線回帰式　$y = -2.39x + 6.35$

$\sqrt{\text{コントロール処理区の平均次世代幼虫数の半数（50%）}} = \sqrt{144/2} = 8.49$

$8.49 = -2.39x + 6.35$

$x = (8.49 - 6.35) \div (-2.39)$

$x = -0.896$

$ED_{50} = 10^{-0.896} = 0.13\ (\mu g/g)$

図-5　ED_{50} 値を算出するための直線回帰式と計算法（実測値でない）
プロットデータは図-4の数値を利用.

4　新検定法の特徴

新検定法では，異なる研究者が異なる時期に検定を行っても，実際に昆虫に塗布した殺虫剤の薬量が正確にわかるため，ED_{50} 値を直接比較することができる。また，新検定法では IRAC：no.005 よりも，省スペース・短期間で検定が行えるように，イネ幼苗と大型試験管を利用している。IRAC：no.005 でも採用されているが，1%寒天液でイネの根元を固めること（図-1）で，ふ化したばかりの幼虫が水面に落ちて死亡しないように処置している。本検定法の詳しい手順は九州沖縄農業研究センターのホームページ上で「イネウンカ類の薬剤感受性検定マニュアル」で公開しているので参照されたい（九州沖縄農業研究センター，2017）。本マニュアルでは，新検定法を含め，ウンカの採集・飼育方法，殺虫剤薬液の調整，微量局所施用法等を解説している。

5　ピメトロジンの新検定法によるモニタリング

新検定法を用いて，トビイロウンカの 1971 年に大阪で採集した系統と，2011 年に熊本で採集した系統の ED_{50} 値を測定したところ，同程度の値を得た（Tsujimoto et al., 2016；表-1）。1971 年大阪系統はピメトロジンが水稲栽培で普及する以前に採集した系統であり，実験室で長期間にわたって経代飼育した系統ではあるものの，その ED_{50} 値は感受性系統としての参考データになると考えている。また，トビイロウンカの野外個体群でのデータ収集も進めており，2016 年までのところ，複数の野外個体群で 1971 年大阪系統と同程度の ED_{50} 値を得ている（真田ら，2017）。セジロウンカとヒメトビウンカでも新検定法によって ED_{50} 値が算出できることを確認し，2016 年までの九州各地のモニタリングでは，トビイロウンカの結果とほぼ同程度の値を得ている（真田ら，2017）。これらの結果から，日本国内では，少なくとも 2016 年まではピメトロジンの感受性低下（抵抗性の発達）は起こっていないものと考えられる。

6　葉鞘浸漬法と微量局所施用法の長所・短所

IRAC：no.005 で採用されている葉鞘浸漬法と，ピメトロジン新検定法で採用した微量局所施用法にはそれぞれに長所と短所がある。葉鞘浸漬法の長所としては，手順が簡易で特別な施用装置や技術等を必要としない。検定に使用する殺虫剤も商業用に市販されているものを用いて行われるのが一般的で，入手が容易である。一方，短所としては，既に述べてきたとおり，異なる研究者や異なる時期のデータを直接比較できず，海外の薬剤感受性動向を正確に把握することが難しい。微量局所施用法はこの問題点を解決し，海外との情報共有を目指すうえで非常に有用な手法である。また，ピメトロジンと同様の効果を持つ，他の殺虫剤の感受性検定法として利用できる。一方，短所としては，微量を塗布するには特殊な施用装置が必要であること，昆虫 1 個体ごとに殺虫剤を塗布するにはある程度の技術が必要であることが挙げられる。これらの二つの手法をどのように使い分けるかは，これらの長所・短所を踏まえたうえで，データを収集する目的に応じて適切に判断すべきである。

II　海外普及への取り組み

トビイロウンカとセジロウンカは毎年海外から飛来し，日本で増殖し，イネに被害をもたらしている。トビイロウンカとセジロウンカが，それぞれイミダクロプリドとフィプロニルに抵抗性を発達させたのは，飛来源であるベトナムや中国での殺虫剤の多用が原因と考えられている。2008 年に起こったヒメトビウンカの中国からの飛来では，これまで日本では見られなかったイミダクロプリド抵抗性の個体群が飛来し，定着したと考えられる（Sanada-Morimura et al., 2011）。このように，イネウンカでは，飛来源において抵抗性を発達させた虫が海外

表-1　トビイロウンカにおけるピメトロジンに対する薬量と次世代幼虫数との関係および ED_{50} 値

薬液濃度（ppm）	1971 年大阪採集系統				2011 年熊本採集系統			
	薬量[1]（μg/g）	次世代[2]幼虫数	ED_{50} 値（μg/g）（95%信頼区間）	回帰直線の傾き	薬量[1]（μg/g）	次世代[2]幼虫数	ED_{50} 値（μg/g）（95%信頼区間）	回帰直線の傾き
0	0	214			0	144		
0.2	−	−			0.007	129		
0.4	0.016	191	0.036	−7.0	0.014	123	0.091	−3.0
0.8	0.032	90	（0.014–0.079）	$p < 0.05$	0.028	100	（0.018–1.652）	$p < 0.05$
1.6	0.063	89			0.056	95		
3.1	0.123	56			0.112	82		
6.3	−	−			0.223	44		

データは Tsujimoto et al.（2016）の一部を転載.
[1]薬量は虫体 1 g 当たりに塗布した薬量（μg），[2]試験管当たりの平均幼虫数.

図-6 ベトナム植物保護研究所でのピメトロジン新検定法の実習

飛来するという，他の害虫には見られない特徴がある。このため，日本のみならず，飛来源での情報を基に抵抗性発達を防ぐための防除対策を策定し，飛来源と日本で協力して実施していくことが，イネウンカの殺虫剤抵抗性の発達を防ぐうえで非常に有効である。

九州沖縄農業研究センターでは，中国とベトナムでピメトロジン新検定法の普及を目指し，検定法講習の開催や抵抗性対策に関する共同研究等の活動を続けている。中国では江蘇省にある南京農業大学と，広州市にある広東省農業科学院でピメトロジン新検定法の講習を行った。ベトナムでは北部ハノイ市にあるベトナム植物保護研究所とベトナム南部の Tien Giang 省にあるベトナム南部植物保護センターで，害虫防除担当の研究職員や周辺の大学研究者を対象にピメトロジン新検定法の講習を開催した（図-6）。これらの講習では，多くの参加者が意欲的に実習を行い，普及に向け大きな成果を得ることができた。一方で，新検定法を現地で実施するにあたって様々な課題も見えてきた。例えばベトナムにおける主な課題としては，①イネ幼苗の栽培状態を均一に準備できない，②ふ化後の日数を揃えた雌成虫を十分に準備できない，③ピメトロジンの原体（純度 95％以上）を現地で入手するのが難しい，等が挙げられる。このため，現地の害虫防除担当者らが十分な技術を習得するために，今後も継続的に共同研究を行っていく予定である。

IRAC は，ピメトロジン感受性検定法 no.005 のほかにも，様々な殺虫剤・殺菌剤等の検定法をホームページ上で公開している。その多くは，各国の病害虫防除所や大学等の研究機関で，標準的な感受性検定法として採用されている。九州沖縄農業研究センターでは，ジンジェンタジャパンと協力し，新検定法の IRAC への掲載を目指している。

お わ り に

イネウンカは，国をまたがって長距離移動するという，他の多くの害虫とは異なる特性をもつ。そのため，一度飛来源で殺虫剤抵抗性が発達すれば，抵抗性のイネウンカが短期間に広域に拡散し，飛来地で甚大な被害をもたらす。このため，飛来源での殺虫剤抵抗性の発達を未然に防ぐことが最も重要な防除対策の一つである。しかし，過去に飛来源で行われてきた，化学農薬を大量に，無計画に使用するような防除法では，殺虫剤抵抗性の発達を防ぐことは難しい。殺虫剤抵抗性発達を防ぐためには，作用機作の異なる殺虫剤を入れ替わりで使用したり（ローテーション），適切な濃度と時期での殺虫剤散布を徹底するなどの技術を複合的に活用する殺虫剤抵抗性管理（IRM）の普及が必要である。また，こうした殺虫剤の適切な管理を踏まえたうえで，天敵や害虫抵抗性品種の導入による総合的害虫管理（IPM）を進めていくことが，飛来源を含めたアジア地域全体での防除対策として有効となるだろう。既に，ベトナム南部（注：日本に飛来してくるイネウンカの飛来源はベトナム北中部）やフィリピン等では，水田周辺にイネウンカの天敵を増やすための花などを植栽する事業（Ecological engineering 手法と呼ばれる）を推進しており（松村，2017），生産農家を対象とした啓蒙活動やテレビ等のメディアを利用した広報活動が行われている。こうした IRM，IPM を実行するうえでも，現在使用されている殺虫剤の感受性動向を正確にモニタリングし，その情報をアジア地域全体で共有することが重要である。九州沖縄農業研究センターでは，国際農林水産業研究センター（JIRCAS）などとも協力し，ベトナムや中国の研究機関との連携を強化している。今後は，ピメトロジンだけでなく他の殺虫剤を含めた殺虫剤感受性モニタリングを飛来源で継続的に実施し，その情報を共有する体制を整備していく。

引 用 文 献

1）IRAC（2012）: http://www.irac-online.org/content/uploads/Method_005_v4.1.pdf
2）松村正哉（2017）: ウンカ防除ハンドブック，農山漁村文化協会，東京，95 pp.
3）Matsumura, M. et al.（2008）: Pest Manag. Sci. **64**（11）: 1115 ～ 1121.
4）農研機構 九州沖縄農業研究センター（2017）: イネウンカ類の薬剤感受性検定マニュアル（和文），http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/files/21eb52f021c1527f9abd3c7687ca308a.pdf,（英文），http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/files/Manual_for_insecticide_susceptibility_of_rice_planthopper_E_v10.pdf
5）Otsuka, A. et al.（2010）: Appl. Entom. Zool. **45**（2）: 259 ～ 266.
6）真田幸代ら（2017）: 日本応用動物昆虫学会第 61 回大会講演要旨集 : 8.
7）Sanada-Morimura, S. et al.（2011）: Appl. Entom. Zool. **46**（1）: 65 ～ 73.
8）Tsujimoto, K. et al.（2016）: ibid. **51**（1）: 155 ～ 160.

トピックス

宮城県における QoI 剤耐性イネいもち病菌の発生と対応

宮城県古川農業試験場　櫻田（さくらだ）　史彦（ふみひこ）・宮野（みやの）　法近（のりちか）・辻（つじ）　英明（ひであき）・鈴木（すずき）　智貴（ともたか）*・笹原（ささはら）　教子（のりこ）*・佐藤（さとう）　直紀（なおき）**

はじめに

イネいもち病は水稲栽培における最重要病害であり，薬剤による予防防除が基本となっている。その中でも，QoI 剤（表-1）はイネいもち病に対して高い防除効果があり，特にオリサストロビンを含む薬剤の上市以降，宮城県においても広く普及してきた。

一方で，本系統の薬剤は他作物・他病害での事例からイネいもち病でも耐性菌が発生しやすいと考えられてきたが（Brent and Hollomon, 2007），2012 年以降，西日本を中心に耐性菌が確認されてきた（図-1）。本県においても 2009 年から発生状況の調査を実施してきた。その結果，2014 年に耐性菌を確認したので，調査の経緯とその後の対応を紹介する。

I　QoI 剤と耐性菌の発達について

農薬は，病原菌に対する作用機構の違いにより，作用機構が似ている成分ごとにグループ分けされており，殺菌剤の場合，日本では Japan FRAC が監修したものが公開されている（田辺，2013；Japan FRAC ホームページ（http://www.jfrac.com/）***）。水稲対象の QoI 剤は，いもち病菌の呼吸を阻害することで殺菌作用を発揮するグループの薬剤であり，それぞれ成分は違うが，働く仕組みはほぼ同じである。このため，オリサストロビンを使っていて耐性菌が発生した場合，その耐性菌は同じグループのメトミノストロビンやアゾキシストロビンにも耐性を示すことが知られている（石井, 2014）。このように，一つの薬剤に対して耐性を獲得した菌が，同じ系統の別の薬剤に対しても耐性を示すことを交差耐性と呼ぶ。つまり，一つの薬剤に耐性が発生すると，同系統の薬剤では防除効果が得られない恐れがある。しかしながら，QoI 剤が効かなくなった菌でも，作用の異なる別系統の農薬（イネいもち病の場合はメラニン生合成阻害剤や抵抗性誘導剤等）を用いることにより，この耐性化を避けることができる。

II　宮城県における水稲対象 QoI 剤の使用状況

本県においては，水稲病害を対象とした QoI 剤の流通は 2006 年以前からあったが，茎葉散布剤や水面施用剤によるもので，その面積は 1,800 ha 程度（2006 年）であった（図-2）。その後生産現場では，育苗箱施用粒剤（以下，箱粒剤）による病害虫防除が普及し，QoI 剤を含めた 2016 年の使用面積は 47,750 ha，栽培面積の 72％となった（宮城県病害虫防除所）。その中で，オリ

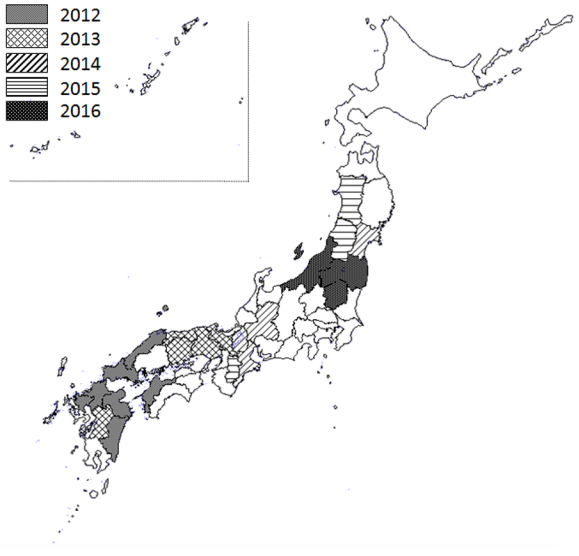


図-1　全国における QoI 剤耐性イネいもち病菌の発生確認状況
（各都道府県の発生予察・防除情報をもとに作図）

*** 2017 年 6 月 30 日現在の最新版は 2017 年 4 月発行

Occurrence of QoI Fungicide-resistant Rice Blast Fungus and Fungicide Control in Miyagi Prefecture.　By Fumihiko Sakurada, Norichika Miyano, Hideaki Tsuji, Tomotaka Suzuki, Noriko Sasahara and Naoki Sato

（キーワード：QoI剤，耐性菌，イネいもち病菌，育苗箱施用剤）

現所属：* 宮城県仙台地方振興事務所 仙台農業改良普及センター
**宮城県気仙沼地方振興事務所 本吉農業改良普及センター

表-1 水稲病害対象の QoI 剤

有効成分名	剤型	商品名（例）	対象病害
オリサストロビン	粒剤 （育苗箱施用）	嵐箱粒剤	**いもち病，紋枯病**
メトミノストロビン	粒剤 （水面施用）	オリブライト 1 キロ粒剤	**いもち病，紋枯病，** ごま葉枯病，穂枯れ，白葉枯病， 葉鞘腐敗病，黒しゅ病，墨黒穂病
アゾキシストロビン	水和剤 （茎葉散布）	アミスターエイト	**いもち病，紋枯病，** 穂枯れ，変色米，稲こうじ病

※ 1　オリサストロビン箱剤は，殺虫成分との混合剤が主流である．
※ 2　いずれの薬剤も主な対象はいもち病・紋枯病の 2 病害である．

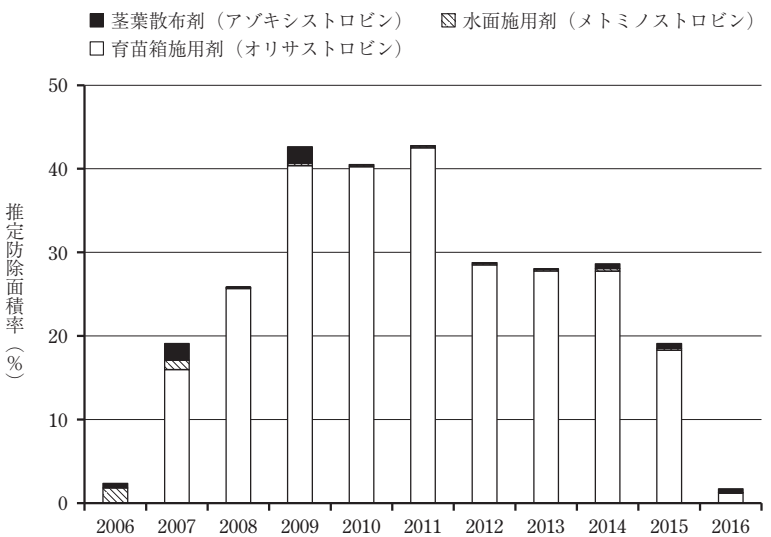


図-2 宮城県における QoI 剤による防除面積の推移（宮城県植物防疫年報から作図）
注 1）防除面積は各薬剤の登録に基づき計算した．
注 2）育苗箱施用剤は 1 kg/10 a（苗箱 20 枚/10 a），茎葉散布剤は 1 回防除と仮定した．

サストロビン箱粒剤が 2007 年の流通開始から急速に普及が進み，ピーク時は県内作付面積の 4 割以上，耐性菌を初確認した 2014 年までの 3 年間も 3 割弱と，箱粒剤の中でも比較的高い割合を占め，各地域で使用されてきた（図-2）。

III　耐性菌の発生状況調査（2009 年～）

QoI 剤の使用に関しては，耐性菌発生リスクの高さを考慮し，採種圃での使用禁止や一般生産圃場でも連用をしないこと等，流通開始当初より指導を行ってきた。しかし，生産現場での急激な使用面積の拡大を受け，耐性菌発生時の対応の混乱を避けるため，当試験場は病害虫防除所，各普及センター，JA やメーカー等の関係機関と協力し，2009 年から耐性菌の発生状況を調査してきた。

1　調査方法

調査の概要を図-3 に示す。

耐性検定に用いる菌は，葉いもちや穂いもちの病斑から単胞子の形で菌を分離した。また，1 圃場当たり異なる病斑から 1 菌株ずつ 3 菌株を目安に分離した。

耐性検定は，本耐性菌が一箇所の遺伝子変異に起因することが知られていることから，この変異を検出する遺伝子検定を実施することで，耐性菌か否かを判定した（Adame and Koller, 2003；Kim et al., 2003）。

2　調査結果と被害状況

2013 年までは耐性菌は検出されなかった。

2014 年に調査地点 69 地点中 10 地点で耐性菌が県内

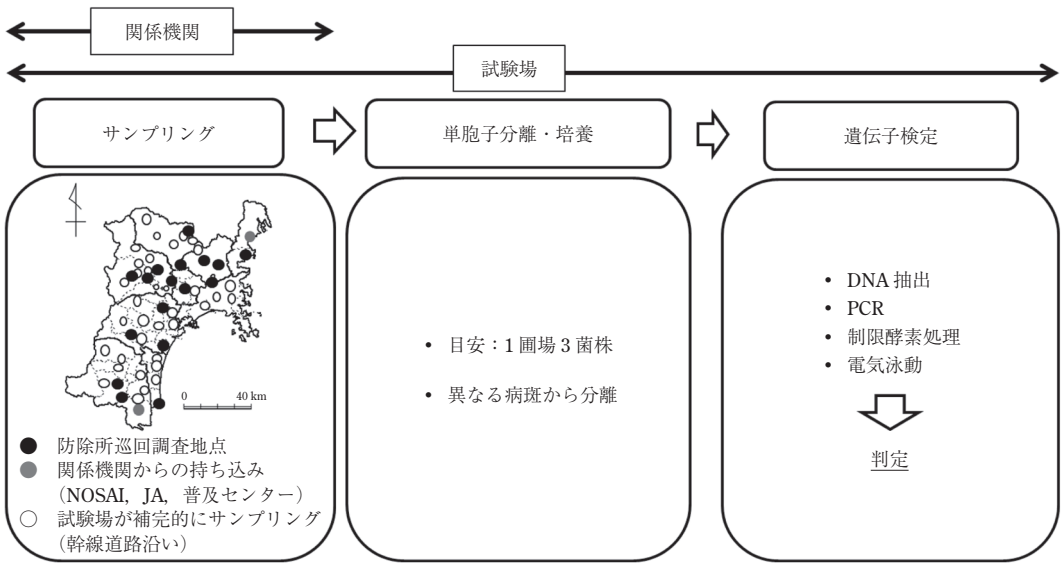


図-3　耐性菌発生状況調査の実施方法と体制

表-2　耐性菌検定結果の概要

年次	採集地点数	菌株数		耐性菌株発生地点数	発生地点率（%）	耐性菌株率（%）
		感受性	耐性			
2009	19	129	0	0	0	0
2010	9	25	0	0	0	0
2011	4	14	0	0	0	0
2012	12	62	0	0	0	0
2013	54	68	0	0	0	0
2014	69	180	29	10	14.5	13.9
2015	41	107	46	15	36.6	30.1
2016（県北部 A 市）	9	28	0	0	0	0
2016（その他）	13	27	9	2	15.4	25.0

※ 2016 年は調査地点に偏りがあるため，集中的に採集した A 市とその他地域で分けて表示した．

初確認され（表-2），分布範囲は県内広域に及んでいたが（図-4），被害の報告はなかった。

QoI 剤使用自粛期間となった 2015 年にも耐性菌が確認され（45 地点中 15 地点），前年からさらに拡大が見られた（表-2，図-4）。2015 年は，オリサストロビン箱粒剤を使用した 1 圃場で早期に葉いもちが激発し，圃場全体がずりこむ症状にまで発展した。当該圃場の葉いもちから分離したいもち病菌（9 菌株）はすべて耐性菌であった。2015 年はオリサストロビン箱粒剤を継続使用した生産現場もまだ多かったが（図-2），被害が報告されたのはこの 1 圃場のみであり，他の圃場での被害はひどくても坪状の発生にとどまり，実質的な被害にはつながっていなかった。

2016 年には水稲病害対象の QoI 剤を県全体で原則中止とし，防除面積は 1,100 ha まで減少した。過去に発生率が高かった地域や継続使用を行った一部の地域では耐性菌が継続して確認されたが（表-2，図-4），減収などの被害は報告されていない。

Ⅳ　耐性菌発生要因の推定

防除履歴の判明している病害虫防除所の巡回圃場においては，最長で 8 年間連用していた。また，QoI 剤を防除暦に採用していた地域で特に確認地点が多かったことから，QoI 剤の長期にわたる連用が第一に挙げられる。耐性菌が確認された一部の圃場では QoI 剤を使用していなかったり，連用歴が 2 ～ 3 年程度とそれほど長くな

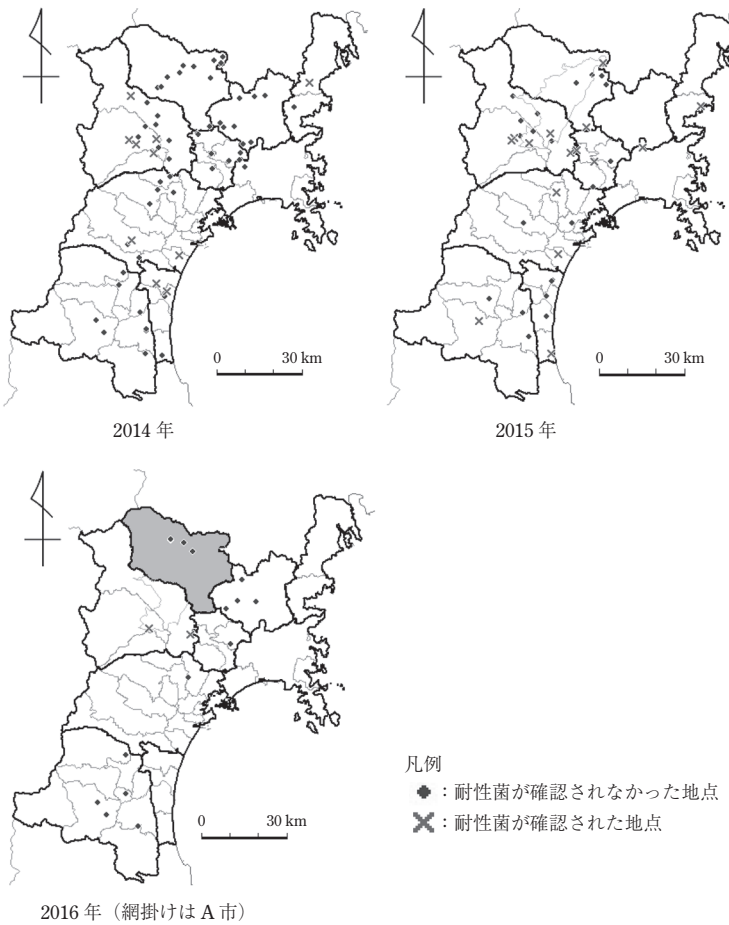


図-4　宮城県における QoI 剤耐性イネいもち病菌の分布
注 1）灰色の線は行政区画，実線は農業改良普及センター管轄区域.
注 2）2016 年は調査地点数に偏りがあるため，地点数の多い A 市を網掛けで示した（表-2）.

かったりすることから，周辺の耐性菌発生圃場からの飛び込みも要因として推定される。

また，本県では，効果の持続期間が長い箱粒剤が主に使用されたことや，広範囲に使用されていたことが耐性発達を助長する大きな要因になったと考えられる。

いもち病の伝染経路は，一次伝染源が汚染種子や前年の罹病残渣（稲わらや籾殻）等からの空気伝染と考えられ，それ以降は本田で発生したものが空気伝染するのが主要な経路と考えられる（大畑，1989）。高橋ら（2010）は，岩手県における MBI-D 剤耐性イネいもち病菌について遺伝的に解析し，県内で同時かつ広域に発生した要因の一つに種子を介した伝搬の可能性を示唆している。今回，耐性菌がどのように拡大したか，その経路は判明しておらず検討を要するが，岩手県同様宮城県内でも広域で耐性菌が確認されたことから，種子更新率も 9 割を超えて高い本県でも，考慮すべき要因である。

V　耐性菌発生確認後の対応

1　QoI 剤の使用自粛～中止

当初は，県内で本耐性菌が発生した場合，本病原菌の増殖・拡大のしやすさと水稲圃場が県内ほぼ全域にわたることから，最悪の場合被害が広域に及ぶ恐れがあったため，対策として本剤の使用を速やかに中止することを想定していた。一方，使用の中止は生産現場への影響が大きいことから，農研機構・九州沖縄農業研究センターに検定を依頼し，クロスチェックを行うとともに，関係機関と連携し QoI 剤の取扱いについて協議した。クロスチェック結果を確認後，防除情報を発行し，耐性菌の

発生と今後の QoI 剤使用の方針を指導した。

耐性菌を確認した翌年の 2015 年から QoI 剤以外の薬剤に切り替えることとしたが，防除情報の発行が 2 月になり，すでに翌年の農薬準備が進められていた。そのため，他系統剤での対応は困難であり，オリサストロビン箱粒剤を使用する場合，いもち病発生時には他系統の本田剤で速やかに対応できるよう発生状況を注視することを条件とした。2016 年からは QoI 剤の使用を原則的に全面中止することとし，宮城県農作物病害虫・雑草防除指針からも削除した。2016 年現在，QoI 剤の推定使用面積は，オリサストロビン箱粒剤の上市前と同程度に減少しており，薬剤切り替えの対応は現場にも浸透していると考えられる（図-2）。

2　対応の根拠

流通経路などによる種子伝染については本県独自の検討が必要だが，いもち病菌の胞子の飛散は，1 回で最大 1 km 程度の範囲におよぶとされている（石黒・小林，1999）。いもち病菌は水稲の作付け期間に 5 世代程度発生を繰り返すと推定され，収穫時には半径数 km の範囲に広がることが予想される。したがって，耐性菌が確認されていない圃場でも，周辺で発生した耐性菌が入り込むことで大きな被害につながる恐れがあり，事前の予定通り県内全域での使用中止が必要と考えられた。

Ⅵ　QoI 剤使用中止後の状況

1　生産現場の反応

オリサストロビン箱粒剤使用初期からの耐性菌発生状況の調査と防除情報等での情報提供により，本県では耐性菌の発生状況を早期に把握するとともに，薬剤切り替えに対する生産現場の協力により大規模な被害を未然に防ぐことができた。一方，耐性菌が確認されず，QoI 剤で高い防除効果を得てきた地域からは，全県一律の使用中止方針に対して懐疑的な声もある。

しかし，耐性菌が継続して確認されている状況を踏まえ，極力使用しないこと，もし使用する場合は，発生状況を注視して，いもち病発生時には別系統薬剤による対応を速やかに行うよう指導している。

2　QoI 剤使用中止後の防除体系と薬剤選択

防除体系自体に変化はなく，種子消毒と箱粒剤，発生状況に応じて本田で水面施用粒剤や茎葉散布剤を用いるのが基本である。箱粒剤を用いない場合は，本田で葉・穂いもち対象の粒剤を 2 回程度散布する。近年は葉・穂いもちの発生が少ないことから，箱粒剤を用いた場合は本田防除が省略されることも多い。

薬剤選択においては，抵抗性誘導剤やメラニン生合成阻害剤（MBI-R 剤）に置き換わっている。両系統剤ともに，作用機構や過去の使用状況に対する耐性菌の発生状況から，耐性菌が発生するリスクは極めて低いと考えられる。水稲のような重要な作物でこのような薬剤があることは大変心強い一方，代替剤の存在への甘えが耐性菌対策をおろそかにする要因になっている側面も否めないと感じる。

Ⅶ　今後の展望

耐性菌発生状況の調査により，被害が拡大する前に使用中止の判断ができた一方，使用面積や連用の防止等事前の耐性菌管理がしっかりとできていれば，より長い期間使用することが可能だったかもしれず，このことは本事例の反省点である。

耐性菌発生後に発生地域以外の地域で当該農薬を使用すべきかどうかは判断が難しいところである。これまでも QoI 剤耐性イネいもち病菌発生リスク管理のガイドライン（日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会，2008）が提唱されていたが，最近，より詳細に農薬の使用状況や発生地域，剤型を考慮してその方向性を判断する際の指標として，「殺菌剤耐性イネいもち病菌対策マニュアル〈QoI 剤〉」が，農研機構・中央農業研究センターを中心にまとめられた（農研機構，2017）。本県では水稲病害に対する QoI 剤の使用を原則的に全面中止としたが，これらを防除指導に活用することで，使用面積の制限により広域への拡大を防止することが期待できる。

併せて，農薬による作用機構の違いによるグループ分けや同じグループの薬剤で交差耐性が生じる可能性を示すことで，耐性菌管理の重要性と具体的な取り組み方法について，現場の理解を高め，実地に取り組んでもらえるよう，今回の事例を教訓とした指導体制の確立に努めていきたい。

おわりに

農薬が効かない耐性菌や抵抗性害虫の問題は，QoI 剤に限らず存在する。今回の事例では，オリサストロビン箱粒剤の連用が耐性菌発生の主な原因になっていると考えられた。それは，オリサストロビン箱粒剤を広く連用した場合は耐性菌が発生しやすく，逆に QoI 剤を使用していてもその面積が少なかったり，残効期間が比較的短い茎葉散布剤，水面施用剤を主に用いていたりした都道府県では発生が見られないことからも裏付けられると考えられる（農研機構，2017）。このような事例は薬剤の使用面積の管理ができれば，同一系統の薬剤を長期にわたって使用できることの一つの根拠になり得ると考え

られる。

効果が高い農薬を使用したいのは生産者として当然のことだが，将来的な耐性菌発生のリスク，それによる生産現場への影響も踏まえて複数系統剤の組合せ使用を実践するような指導をしていくことが重要と考えられる。

引 用 文 献

1）Adame, C. and W. Koller（2003）: Curr Genet **42**: 332 ～ 338.
2）Brent, K. and D. Hollomon（2007）: FRAC Monograph No.2 second,（revised）edition, FRAC, Belgium, 53 pp.
3）石黒　潔・小林　隆（1999）: 化学と生物 **37**(7): 433 ～ 434.
4）石井英夫（2014）: 日本農薬学会誌 **39**(1): 53 ～ 57.
5）Kim, Y. S. et al.（2003）: Phytopathology **93**: 891 ～ 900.
6）日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会（2008）: イネいもち病防除におけるQoI剤及びMBI-D剤耐性菌対策ガイドライン，1 pp.
7）農研機構・中央農研（2017）: 殺菌剤耐性イネいもち病菌対策マニュアル〈QoI剤〉，58 pp.
8）大畑貫一（1989）: 稲の病害―診断・生態・防除―，全国農村教育協会，東京，565 pp.
9）高橋直子ら（2010）: 北日本病虫研報(61): 9 ～ 13.
10）田辺憲太郎（2013）: 農薬時代 **194**: 7 ～ 11.
11）――――（2017）: 植物防疫 **71**(6): 54 ～ 60.

農林水産省プレスリリース（29.7.14 ～ 8.15）

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 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29年度病害虫発生予報第5号（水稲特集）」の発表について**（7/26）　/syouan/syokubo/170726.html

トピックス

徳島県におけるラッキョウのホモノハダニの発生

徳島県立農林水産総合技術支援センター　中野昭雄（なかの あきお）

はじめに

徳島県の最北東部に位置する鳴門市鳴門町の大毛島ではラッキョウが栽培されている。鳴門の渦潮でよく知られている鳴門海峡に面した銀砂と呼ばれるミネラルを豊富に含んだ海砂で栽培するところが特徴である。‘鳴門らっきょ’というブランド名でも知られており，約 70 戸の農家が約 30 ha を栽培し，年間約 500 t を出荷する。

近年，栽培期間中に発生し問題となっている病害虫は，*Fusarium avenaceum*（Fries）Saccard によるラッキョウ赤枯病とネダニ類であり，いずれも農家はその防除に苦慮している。特に，ネダニ類は卓効を示していたメソミル剤（商品名：ランネート DF）の製造が一時期，中止されていたことから，新たな農薬の登録拡大や化学農薬に頼らない防除方法が待望されていた。

このような中，本年 5 月に突如，ホモノハダニが生産現場の数圃場で発生した。これまで，ホモノハダニがラッキョウで発生し，問題となったことはなかったことから，本稿では本種の本県生産現場における発生状況と特徴について，紹介する。

I 発生経緯

前述したように，本年 5 月に鳴門市鳴門町で栽培されているラッキョウにおいて，赤茶色のハダニが多発生し，吸汁害により葉が白化（口絵①），もしくは黄変症状を示す株が出現した（口絵②）。これまでラッキョウにおいて，ハダニ類の多発生とこのような被害症状は確認されていなかったことから，鳴門藍住農業支援センターで発生状況を調査したところ，鳴門市鳴門町の 31 圃場のうち，21 圃場でその発生が確認された。また，本種虫体を茨城大学後藤哲雄教授に同定依頼した結果，ホモノハダニ *Petrobia latens*（Müller）と判明した。なお，幸いラッキョウは収穫間近であったこともあり，葉が黄変した株の収量への影響はなかった。

Occurrence of Brown Wheat Mite *Petrobia latens*（Müller）on Shallot in Tokushima Prefecture.　By Akio Nakano
（キーワード：ラッキョウ，ホモノハダニ，砂地畑）

II 発生要因

発生要因として，次の 2 点が考えられる。1 点目は，本年 5 月の降水量が 62.5 mm と平年（148.5 mm）に比べて少なく，半分にも満たない（以上，観測地点：徳島）ことが，多湿を好まない（Blodgett and Johnson, 2002）本種の生息に適したものと考えられる。2 点目は，前述したように近年，従来より農家がネダニ類の防除に慣行として利用してきたメソミル剤が利用できなかったことである。なぜなら，メソミル剤は本種にも高い殺虫効果を示す（兼田ら，2012 a）ことから，ネダニ類防除に利用されたときには，同時に本種も防除されたが，利用されなかったときには，温存された可能性が高い。発生に圃場間差が大きいこと（口絵②）がその裏付けと考えられるが，農家の農薬使用履歴を確認できていないことから，あくまでも推察に過ぎない。以上二つの要因が相まって，本種の多発生につながったと考えられる。

III ホモノハダニの特徴

本種は，一見カンザワハダニや赤色型ナミハダニに似ているが，第 1 脚が突出して長いのが特徴である。雌成虫の大きさは体長 0.6 mm × 体幅 0.5 mm 内外で，成虫の生存期間は約 15 日である（Khan et al., 1969）。体色は赤みがかった黒褐色で，成熟した成虫の体表は金属光沢を帯びる。背面から見ると楕円形で，側面から見ると背が盛り上がっている。胴背毛は短く，大部分は隣の胴背毛の起点には達しない。胴は細長く，第 1 脚は胴部と同長かやや長い。一般にはメスのみが存在し，単為生殖を行うが（Sharma and Srinivasa, 2004），中国の一部ではオスも確認されている（Lu, 1979）。

本種の寄主範囲は広く，国内ではスカシタゴボウ，エンバク，オーチャードグラス，オオムギ，コムギ，コウゾリナ，タンポポ，ヒメジョオン，イチゴ，アカクローバー，アズキ，アルサイククローバー，アルファルファ，インゲン，シロクローバー，ダイズ，ネギの報告がある（Ehara, 1956；今林，1971）が，いずれも大きな被害は認められていない。しかし，2011 年 3 月以降，本県板野郡板野町，同郡上板町，同郡藍住町，吉野川市と美馬市のトンネル栽培のニンジン圃場で本種が確認され，中

には枯死株が出るほどの激しい被害を示す圃場も見られた（兼田ら，2012 b）。本県のトンネル栽培のニンジンでは，播種後のトンネル被覆から収穫までの間，灌水はほとんど行われていない。このことが本種の発育や増殖に好適であったのであろうと推察されている（兼田ら，2012 b）。

防除法は，国内では全く報告がなかったが，兼田ら（2012 a）によって種々の薬剤の感受性が検討されている。その結果では，プラスチック容器を利用したドライフィルム法では，メソミル水和剤 1,000 倍，エマメクチン安息香酸塩乳剤 2,000 倍，ビフェナゼート水和剤 1,000 倍，DBEDC 乳剤 500 倍，ピリダベン水和剤 1,000 倍，ミルベメクチン水和剤 2,000 倍およびレピメクチン乳剤 2,000 倍の各希釈液で 90％以上の補正死虫率が示され，有効薬剤と評価された（兼田ら，2012 a）。

お わ り に

本年 5 月に本県鳴門市のラッキョウ生産現場で広範囲に発生したホモノハダニの発生状況と特徴を紹介した。前述したように，幸い収量が低下するほどの被害はなかった。しかし，現在のところ，登録農薬が少ないことや栽培地が砂地畑で，常に乾燥気味であることから，秋季に発生し好天が続くような場合には深刻な問題となる可能性がある。このことから，今後は応急的な防除手段の一つとして，農薬の適用拡大に取り組みたいと考えている。

引 用 文 献

1）Blodgett, S. and G. D. Johnson（2002）: Montana State. Univ. Ext. Serv. http://msuextension.org/publications/AgandNaturalResources/MT200212AG.pdf#search=%27montana+state+university+Brown+wheat+mite%27（2017 年 8 月 10 日アクセス確認）
2）Ehara, S.（1956）: J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. 6 zool. **12**（3）: 246 ～ 272.
3）今林俊一（1971）: 北日本病虫研報 **22** : 35 ～ 37.
4）兼田武典ら（2012 a）: 日本ダニ学会誌 **21** : 21 ～ 29.
5）――――ら（2012 b）: 植物防疫 **66**（6）: 342 ～ 347.
6）Khan, R. M. et al.（1969）: Indian. J. Entomol. **31**（3）: 258 ～ 264.
7）Lu, T.（1979）: Acta Entomol. Sin. **22** : 477.
8）Sharma, A. and N. Srinivasa（2004）: Netw. Co-od. Al. Ind. Netw. Proj.（Agri.Aca.）Dep. Ent., p.1 ～ 12.

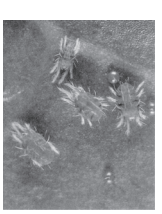
植物防疫
特別増刊号 No.10

植物ダニ類の見分け方

B5 判　本文 120 頁，カラー口絵 3 頁
本体 **2,400** 円＋消費税　送料実費

◆農作物に寄生するダニ類およびその天敵のカブリダニの分類について，国内第一人者が最新の和名に従って詳細に解説しています。

【 掲載内容 】
・ダニ科の見分け方
　ビラハダニ亜科，ナミハダニ亜科に属する 82 種を解説。
・ヒメハダニ科およびケナガハダニ科の見分け方
　ヒメハダニ科およびケナガハダニ科に属する 16 種を解説。
・フシダニ類の見分け方
　フシダニ類に属する 4 科 55 種を解説。
・コナダニ類の見分け方
・カブリダニ科の見分け方
　ムチカブリダニ亜科，ホンカブリダニ亜科，カタカブリダニ亜科に属する 85 種を解説。



お問合せは下記へ
一般社団法人日本植物防疫協会　支援事業部
〒114-0015 東京都北区中里 2-28-10
TEL 03-5980-2183　FAX 03-5980-6753
http://www.jppa.or.jp/　order@jppa.or.jp

リレー連載

農薬製剤・施用技術の最新動向⑰
静電噴口　その特徴と今後の展望

みのる産業株式会社　研究本部第一研究部　　本荘　陽一（ほんじょう　よういち）

はじめに

静電噴口は，噴霧した薬剤に静電気を帯電することで付着効率を向上させ，高い防除効果を得ることができる。みのる産業株式会社は，薬液に加圧して噴霧する1流体（液体のポンプだけで噴霧する）静電噴霧技術を利用した新しい噴口『静電噴口』を開発，2003年12月に業界で初めて商品化した。本稿では，静電噴口の特徴と将来の発展について紹介する。

I　静電噴口とは

静電噴口は，古くから工業化された静電塗装技術を応用したものである。その仕組みは，噴霧ノズルの近辺に正極性の帯電電極（以下，電極）があることで，誘導帯電により噴霧された液滴は負極性に帯電する（図-1）。帯電した液滴は空中に浮遊するため，導体であっても電荷の逃げ場がなくなり，電荷を保持するようになる。帯電した液滴は葉などに近接すると，誘導帯電により葉の表面には正極性電荷が，葉の内側は負極性電荷が表れる。これにより，負極性電荷を持った液滴は葉に引き付けられ葉の表面，裏面に均一に付着する。このように静電噴口は，慣行の散布機では難しかった葉の裏側などにもムラの少ない安定した薬剤の付着を実現することができる。

II　流体方式と電極電圧

古くから，煙霧機など圧縮空気を利用して液体を微粒化する2流体ノズル（2系統に分けられた圧縮空気と液体を混合し噴出する方式のスプレーノズル）を用いた静電噴霧機が販売されていた。2流体ノズルには噴霧粒径を小さくできるメリットがある。誘導帯電において液体はその表面が帯電するため，噴霧粒径を小さくすれば単位体積当たりの表面積を増やすことになり，静電効果を高めることにつながる。これにより少量の薬液で効率よく防除を行うことができる。

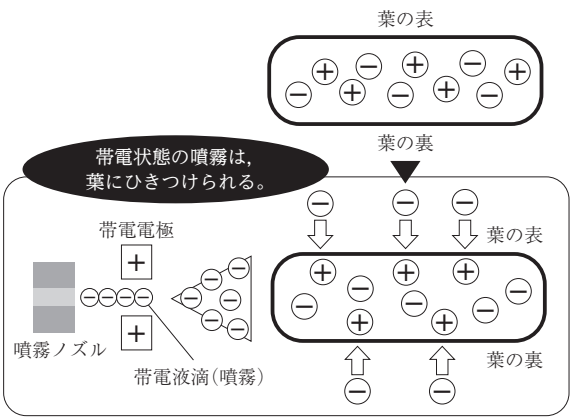


図-1　帯電付着のメカニズム

しかし，2流体ノズルは，構造上多量噴霧が困難で，また，圧縮空気を作り出すコンプレッサーを別途用意する必要があるなど，高価で構造が複雑なものになってしまう課題があった。加えて，2002年12月の農薬取締法改正により，高濃度少量散布での登録がある農薬以外の使用はできなくなった。

そこで，慣行の防除機と同様の低濃度多量散布に対応した1流体散布による静電噴口の開発，電極電圧とサイズの最適化が行われた。

誘導帯電によって液滴に帯電させる場合，電極と噴霧ノズルとの間の電位差が大きいほうが基本的には帯電の効果を高めることができる。しかし，電位差が大きすぎると，空中放電により絶縁破壊が発生する。電位差を維持するためには電極と噴霧ノズルとの距離を広くとる必要があり，その結果噴口部の大型化につながってしまう。

開発した静電噴口においては，噴口部の小型化と静電

Characteristics and Future Prospects on Electorostatic Spray Nozzles.　By Yohichi Honjoh

（キーワード：静電噴口，1流体，低濃度多量散布，ヒーター電極）

効果を照らし合わせた最適化の結果，電極電圧を6,000 Vに設定した。基本設計として電源は1.5 Vの単三電池4本とした。6,000 Vという電圧に恐怖を感じられる方は多いと思われるが，静電噴口の昇圧回路内に電流過多になれば昇圧を停止する安全回路が組み込まれていること，電源が小形の電池であることから，人体への影響は極めて少なくなっている。通電中に電極に触れるとパチッと電気を感じることはあるが，冬場の静電気では20,000 Vを超えることも珍しくなく，それよりは衝撃は小さい。

III　ヒーター電極の構造とその特徴

静電噴霧の効果を得るためには，電極と噴霧ノズルとの間はしっかり絶縁されることが必要となる。しかし，静電噴口では噴霧ノズルから常に帯電した微小な液滴が噴霧され，その一部は近くの物体にも引き付けられる。このことで電極周りは噴霧直後から濡れ始め，電極と噴霧ノズルの間は液体で連続的に接続し，絶縁破壊が発生してしまう。2流体ノズルでは圧縮空気によって電極と噴霧ノズルの間を乾燥させることができるが，1流体ノズルではできない。そこで，電極と噴霧ノズルの間に碍子のような形状を設けて濡れにくくすることで解決を図ったが，使用後の農薬の固着や冬季使用時に保管場所と防除施設内の温度差が原因の結露などによる絶縁破壊が発生することがあり，その対策として使用後の電極洗浄を強いる機械となっていた。

メンテナンスフリーを目指すことをテーマに，絶縁構造内に小型ヒーターを組み込んだヒーター電極を2012年に商品化した（図-2）。組み込まれた小型ヒーターに通電すると，周囲の気温より絶縁構造内の表面温度が高くなり，絶縁部の乾燥が促される。また，冬季の結露の恐れもなく，メンテナンスの必要を少なくすることができた。

ヒーターに通電することで消費電力が増加するが，それを抑制するため入力電圧をモニターして，マイコン制御を行っている。電池残量が多い使用初期では，入力電圧も高くヒーターの温度上昇も速くなるため，ヒーター通電時間の割合を少なくしている。逆に，電池残量が少なくなると，入力電圧が低くなりヒーターの効果が落ちるため，ヒーター通電時間の割合を増加させヒーターの効果を維持するようにしている。このような方法でヒーターの効果と省電力のバランスをとり，連続使用可能時間が手持ち式では7時間以上，10頭口静電噴口で6時間となり，1日の作業に対応できるようになった。

IV　現在の静電噴口のラインナップ

商品化された静電噴口には，手持ち式静電噴口・カート式静電噴口があり，みのる産業株式会社をはじめ農機具メーカーから販売されている。

手持ち式静電噴口では，噴口ごとの噴霧角度調整が可能になっており，平面作物から誘引作物まで様々な作物の散布に対応可能となっている（図-3）。カート式静電噴口（図-4）では，車輪を装備することで作業者の負担を減らし，手持ち式では防除作業が重労働となる中～大規模圃場にも対応可能となっている。また，ヒーター電極特有の形状を活かし，ノズルを作物から近接しすぎないよう配置することで，誘引作物が生い茂り通路が狭くなった圃場においても，よりムラのない噴霧が可能となっている。

また，流量センサーの出力からマイコンが瞬間流量を算出する防除ナビが販売されている（図-5）。瞬間流量と積算流量を視認できることにより，薬液タンクの残量を手元で確認でき，また，作業中に適宜流量を確認できることで農薬使用量削減につなげることができる。防除

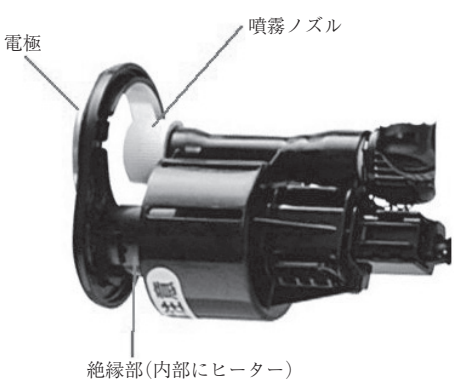


図-2　絶縁構造内に小型ヒーターを組み込んだヒーター電極

図-3　噴口ごとの噴霧角度調整が可能な手持ち式静電噴口

図-4　縦型5頭口の噴管を左右に装備したカート式静電噴口

図-5　流量センサーの出力からマイコンが瞬間流量を算出する防除ナビ

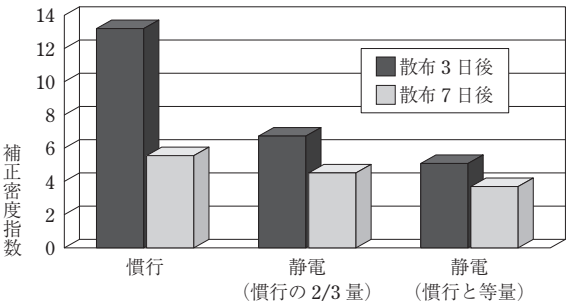


図-6　イチゴのナミハダニに対する防除効果（みのる産業(株)）

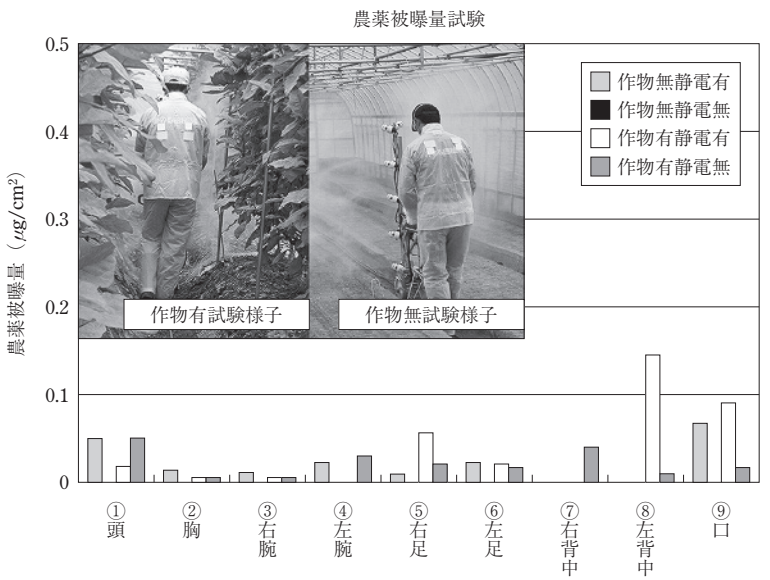


図-7　カート式静電噴口使用時の作業者への農薬付着量

ナビには，静電噴口に内蔵されたものと外付けできるものがある。

V　評価試験について

静電噴口を市販化するにあたり，慣行ノズルとの性能および残留農薬などの差異の確認試験を行った。

1　防除効果試験

防除効果について様々な評価試験を行った。その一例であるイチゴのナミハダニに対する防除効果を示す（図-6）。静電噴口（慣行と等量）区，静電噴口（慣行の2/3量）区は，慣行ノズルを使用した慣行区よりも防除効果が高く，静電噴口は付着性能の向上により防除効果の安定化，薬液散布量の削減に寄与できると推察される。

なお，より簡易な試験として感水紙による付着評価を行うことがあるが，静電噴口においては感水紙による付着評価は困難である。試験結果において，感水紙の変色程度が小さく見えても，防除効果が慣行よりも優ることが，みのる産業株式会社の試験で確認されている。同様の知見がほかにも報告されている（近藤ら，2007）。これは，感水紙が50 μm以上の液滴に反応し（窪田ら，2010），それより小さい液滴では変色しないため，感水紙では評価できない小さな液滴が静電噴口においては防除に効果があるためと推察される。

2　残留農薬について

静電噴口は農薬の付着が向上するため，残留農薬が増加するのではという懸念を受け，ナス，イチゴ，およびシロナの3種類の作物での農薬残留試験を実施し，残留農薬分析を(一財)日本食品分析センターに依頼した。残留農薬分析の結果，ナス，イチゴでは定量限界値未満の残留，シロナでは静電噴霧，慣行噴霧もほぼ同等の残留

図-8　静電噴口を組み合わせた防除ロボット

図-9　噴霧の後方から送風するエアアシスト式静電防除機

農薬値で，かつ残留農薬基準値未満であった。また，販売開始後13年以上が経過するが，静電噴口による残留基準値超過の事例は報告されていない。

3　農薬被曝量試験

静電噴霧特有の帯電による付着力は，作業者の人体にも農薬を付着させると懸念されていた。徳島県立農林水産総合技術支援センターの協力のもと，カート式静電噴口使用時の作業者への農薬付着量を確認した（図-7）。

農薬付着量は静電有無条件で有意な差はないが，静電有のほうが静電無に比べてやや多かった。また，作物の有無で比較すると，作物がない場合は静電有無の差が顕著に現れるが，作物がある場合は静電有無の差が小さくなっていた。付着絶対量ではいずれも人体に影響を与える数値以下であり，極度に問題視することはないと考える。しかし，静電噴口を使用する際には，防護服，マスク，保護ゴーグル等作業者の安全を守る防除作業に適した服装が必要である。

Ⅵ　今後の展開について

最後に静電噴口の今後の展開について，個人的な希望や見解を含みつつ述べる。

日本農業は露地，施設ともに圃場が大規模化してきている。それに対応した多頭口化への要望が今後ますます大きくなると予想しており，それに適応した多頭口型静電噴口システムの構築が進むであろう。また，省力化と安全性確保を図りつつ効果の高い防除作業の実現を目指し，防除ロボットと静電噴口の組合せも進むであろう（図-8）。

さらに，より性能を向上させる方法として噴霧の後方から送風するエアアシスト式静電防除機の開発を農研機構，株式会社やまびこ，みのる産業株式会社で農業機械等緊急開発事業（緊プロ事業）として行った（吉永，2016）。静電噴霧では付着性が向上するが，繁茂した作物では手前側に多く付着し，茂みの内側には帯電した液滴が届きにくい場合がある。その解決策として送風することで奥まで帯電した液滴を送り込むことを狙ったもので，3年間の研究で一定の効果が確認できた。軽量化や取扱性の向上等，製品化するにあたっての課題を解決できれば，将来的に市販化も視野に入ると思われる（図-9）。

お わ り に

みのる静電噴口が販売されて今年で13年になる。まったく新たな挑戦であったこの商品とともに，全国様々な農家の元へ伺い様々な意見をいただいて一歩ずつ前進してきた。使用いただいたユーザーの皆様方に育てていただいた商品であると実感している。

今後とも静電噴口をよりよいものに育て上げ，高付加価値の農作物生産に寄与したいと考えている。

引 用 文 献

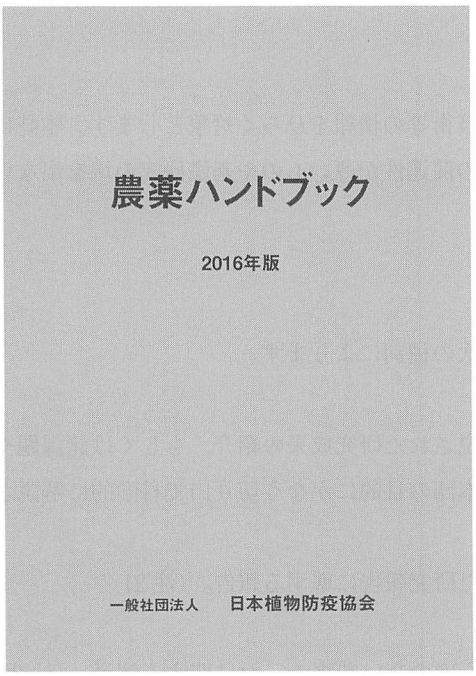
1）近藤知弥ら（2007）：佐賀県研究成果情報：http://www.pref.saga.lg.jp/kiji00310704/3_10704_38_h19seika_30.pdf（2017年8月10日アクセス確認）
2）窪田陽介ら（2010）：農業情報研究 **19**(2)：16～22.
3）吉永慶太（2016）：植物防疫 **70**(6)：47～53.

改訂新版　農薬ハンドブック 2016版

一般社団法人 日本植物防疫協会 編

A5判　1,089頁
本体12,000円＋税
送料サービス

◆我が国の登録農薬*の原体 496 成分について詳しく解説
* 2015年6月10日現在



【 掲載内容 】

殺虫剤：187 成分，殺菌剤：128 成分，除草剤：138 成分，植物成長調整剤：33 成分，
その他：10 成分（展着剤は1成分としてカウント）について以下の内容を詳しく解説しました。
開発会社，開発の経緯，登録年月，物理化学性状，作用特性，主な製剤・用途，
主な使用上の注意事項，安全性（哺乳類，水生生物，鳥類，その他有用生物）

【 付　録 】

・化学農薬の作用分類及び各種基準値等一覧表
・化学農薬の構造式一覧表
・毒物劇物の判定基準

◆ お問合せとご注文は下記へお願いします ◆

〒114-0015　東京都北区中里 2-28-10
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@jppa.or.jp
HP　http://www.jppa.or.jp/

月刊「植物防疫」は，植物防疫に関する専門的な技術情報誌です。全国の植物防疫に携わる研究者・指導者等に実践的に役立つ新しい情報を提供するために，下記規程に則って関係者に積極的な投稿・ご執筆をお願いしております。構想の段階でもご相談に応じますので，ご連絡いただきますようお願い致します。

掲 載 規 程

1．掲載記事の分野

植物防疫に関する行政・研究・技術等の情報をひろく対象とします。本誌は実践的に役立つ情報提供を重視していることから，植物防疫との関連性が薄いものや基礎研究の域を出ないものは，原則として掲載しません。

2．掲載記事の種別

本誌に掲載する記事はおおむね次の種別によります。

（1） 研究報告および総説

狙いや結果がわかりやすく解説された研究成果の紹介，もしくは諸課題や一連の研究成果等，関心度の高い技術テーマに関する総説。本誌の目的にかなう切り口で科学的に解説されているもの。(注1)

（2） 調査報告

調査を元にとりまとめ解説した研究報告に準ずる報告。(注2)

（3） 時事解説

行政の施策や世界動向等，関心度の高い時事テーマに関する解説。(注3)

（4） トピックス

新たに問題化した病害虫や薬剤耐性その他防除上のトピックス（地域限定の場合も含む）並びに新農薬の紹介等の諸情報。(注4)

（5） 新技術解説

新たな実験技法（圃場試験法や感受性検定法等），調査法，防除法の紹介。(注5)

（6） その他

新規農薬登録・特殊報・登録失効・農林水産省プレスリリース，新刊図書の紹介，行事案内など。(注6)

注1) テーマは病害虫・雑草防除研究に限らず，農薬のリスクや管理に関するもの，製剤・施用技術に関するもの等，幅広く掲載可能です。本誌の目的にかなう切り口で科学的に解説いただきます。既発表の研究報告である時は，他誌掲載内容と異なる実践的な切り口でとりまとめて下さい。総説では，最近まで取り組まれてきた関連研究を体系的に解説いただきます。必ず引用文献を付記して下さい。図表を含め

刷り上がり4頁程度を目安として下さい。

注2) テーマは植物防疫に関連して幅広く掲載可能です。例えば海外の登録制度情報の収集・比較や文献調査などが該当します。図表を含め刷り上がり4頁程度を標準としますが，必要に応じて調整可能です。

注3) 植物防疫に関連した時事で，テーマは幅広く掲載可能です。例えば施策に基づいた事業・法令改正の解説が該当します。図表を含め刷り上がり4頁程度を標準としますが，必要に応じて調整可能です。

注4) 早急に知見を周知する必要がある病害虫の発生・薬剤耐性等の情報が該当します。多少のデータ不足・限られた地域の事例でも可です。図表を含め刷り上がり2～3頁程度を目安としますが，更に短いものでも可とします。新農薬紹介は，記事広告ではなく，新規に登録となった有効成分について，物理化学性・作用機構と特長・適用表など基本情報の提供を目的とした記事です。基本的に図表を含め刷り上がり2頁とします。但し，活用法等の研究成果については（1）研究報告および総説で受け付けます。

注5) 従来の技術と比べた利点・活用法を明確に解説されていることが必要です。必要に応じて引用文献を付記して下さい。図表を含め刷り上がり4頁程度を標準としますが，必要に応じて調整可能です。
一連の技術が多数ある場合は連載化も検討します。

注6) 基本的に事務局が企画・執筆する記事ですが，新刊図書紹介・行事案内については，他者からのご提案の掲載も検討します。基本的に刷り上がり1頁以内です。
※1頁の字数は400字詰め原稿用紙換算5枚：2000字が目安です。

3．掲載の決定

（1） 専門家による審査体制を設置し，本誌の目的にかなうテーマであるかどうか，科学的に適正な内容であるかどうか等について審査し，掲載の有無を決定します。

（2） 審査の結果，内容の一部修正等をお願いすることがあります。

4．執筆に当たっての留意事項

（1） 外部からの支援あるいは他の機関との共同で実施された研究を紹介しようとする時は，その旨を明記するものとし，執筆者の責任で関係者の事前了解を得るものとします。

（2） 本誌掲載記事の著作権は当協会に帰属するものとします。

（3） 本誌掲載のほか，当協会ホームページで1頁目の見本提示，ダイジェストの作成・公開，PDF版への収録などに利用させて頂きます。

（4） 本誌掲載から2年を経過した時は，当協会ホームページ内の「植物防疫アーカイブ」に電子版として公開されます。

（5） 詳細を定めた「執筆要領」が必要な方は，事務局にご請求下さい。

5．投稿・連絡先

電話：03-5980-2183　　mail：genko@jppa.or.jp
一般社団法人　日本植物防疫協会　支援事業部　「植物防疫」編集担当
投稿はメールでの受け付けとなります。

学 会 だ よ り

○日本植物病理学会関西部会

日　時：9月19日　総会，一般講演，情報交換会
　　9月20日　一般講演
会　場：大阪府立大学中百舌鳥キャンパス
　　大阪府堺市中区学園町1–1
　　http://www.osakafu-u.ac.jp/
事務局：大阪府立大学大学院　生命環境科学研究室
　　植物生体防御学グループ　望月知史
　　大阪府堺市中区学園町1–1
　　TEL/FAX：072–254–8459
　　e-mail：h29bukai@plant.osakafu-u.ac.jp

○日本植物病理学会関東部会

日　時：9月22日　口頭発表，特別講演，懇親会
　　9月23日　口頭発表
会　場：横浜国立大学　教育文化ホール
　　横浜市保土ヶ谷区常盤台79–1
　　http://www.ynu.ac.jp/access/index.html
事務局：横浜国立大学　大学院環境情報研究院
　　環境遺伝子工学研究室　平塚和之
　　横浜市保土ヶ谷区常盤台79–1
　　TEL/FAX：045–339–4413
　　e-mail：hiratsk@ynu.ac.jp

〔広告掲載会社一覧〕　（掲載順）
ダウ・アグロサイエンス日本(株)…スピノエース
サンケイ化学(株)……主要品目
バイエルクロップサイエンス(株)…ナティーボ
日本曹達(株)……アベイル
日本農薬(株)……フェニックス
日産化学工業(株)……スターマイト
アリスタライフサイエンス(株)……天敵製剤
クミアイ化学工業(株)……プロポーズ
協友アグリ(株)……エコピタ

○日本植物病理学会東北部会

日　時：9月28日　幹事会，一般講演，懇親会
　　9月29日　総会，一般講演
会　場：弘前大学農学生命科学部402講義室
　　青森県弘前市文京町3
　　http://nature.cc.hirosaki-u.ac.jp/about#access
事務局：弘前大学農学生命科学部　田中和明
　　青森県弘前市文京町3
　　TEL/FAX：0172–39–3816
　　e-mail：k-tanaka@hirosaki-u.ac.jp

主 な 次 号 予 告

次号29年10号に予定されている掲載記事は次のとおりです。

Btワタ普及による熱帯アジアにおける棉作害虫相の変化とアカホシカメムシ類の防除における捕食性天敵ベニホシカメムシへの期待　河野勝行
国内侵入が懸念されるポスピウイロイドの種子伝染　松下陽介
8種ポスピウイロイドの同時検出技術の開発と利用　柳澤広宣
畦内土壌中での薬剤分布を把握するための蛍光塗料の利用　福田　健
DNAを用いた捕食性天敵の捕食歴の解析手法　三浦一芸
イチゴ苗の蒸熱処理技術について　高山智光
静岡県のイチゴ栽培における蒸熱処理技術を基幹としたIPMの構築　片山晴喜
岡山県の水稲乾田直播水田におけるシハロホップブチル抵抗性ヒメタイヌビエに対する防除対策の構築　那須英夫
和歌山県におけるトマト褐色輪紋病の発生と防除対策　菱池政志
世代間ローテーションを基礎とした新たな殺虫剤抵抗性管理戦略とIRACの活動　島　克弥
リレー連載：農薬製剤・施用技術の最新動向
⑱ドリフト防止（防除機，ドリフト防止ノズル）　宮原佳彦

植　物　防　疫
平成29年
9　月　号
（毎月1回1日発行）

第71巻　平成29年 8 月25日印刷
第 9 号　平成29年 9 月 1 日発行
（通算849号）

定価947円
本体877円

平成29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）

編集発行人　上路　雅子
印 刷 所　三 美 印 刷 ㈱
東京都荒川区西日暮里5–9–8

――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。

新発売

アセタミプリド・シアントラニリプロール粒剤

農林水産省登録
第23623号

殺虫剤 アベイル® 粒剤

特長
◆セル苗やポット苗に対して育苗期後半の株元処理が可能です。
◆速効性と残効に優れ、害虫が媒介する病害をも減少させます。
◆混合剤の為、薬剤抵抗性害虫の発達抑制も期待できます。
◆天敵、訪花昆虫に対して影響の少ない薬剤です。

ツバメ印 日本曹達株式会社

本社 〒100-8165 東京都千代田区大手町2-2-1
TEL:03-3245-6178 FAX:03-3245-6084
http://www.nippon-soda.co.jp/nougyo/

野菜、果樹、茶、だいず等の
チョウ目害虫
防除に!

ハスモンヨトウ
オオタバコガ
コナガ
リンゴコカクモンハマキ
モモシンクイガ
チャハマキ

明日の農業を考える

効きめが長いから安心!

殺虫剤
フェニックス®
顆粒水和剤

®は登録商標

日本農薬株式会社

東京都中央区京橋1丁目19番8号
ホームページアドレス http://www.nichino.co.jp/

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載内容以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届くところには置かないでください。●空容器・空袋等は圃場などに放置せず、適切に処理してください。

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。

日産化学工業株式会社

商品に関するお問い合せは
農業化学品事業部 03-3296-8141

〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3-7-1
http://www.nissan-agro.net/

作物を守り、人を助ける ムシがいる。

天敵製剤と言えば、
信頼と実績のアリスタです。

1995年、スパイデックス®の発売以来、
アリスタは薬剤抵抗性害虫への対策、
また防除作業の省力化対策として、
生物農薬（天敵、微生物）を用いたIPMを推進して来ました。
営農指導員、流通関係者、普及員、研究機関のみなさま、
生産者のみなさまと共に。
これまでも。そして、これからも。

農薬は正しく使いましょう。●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。

Arysta LifeScience

アリスタ ライフサイエンス株式会社
http://www.arystalifescience.jp/
本　社　〒104-6591 東京都中央区明石町8番1号 TEL.03-3547-4415 FAX.03-3547-4695
札幌営業所　〒060-0001 札幌市中央区北1条西3丁目2番地 井門札幌ビル10F TEL.011-242-3964
名古屋営業所　〒464-0075 名古屋市千種区内山3丁目10番17号 今池セントラルビル7F TEL.052-744-1470
福岡営業所　〒810-0001 福岡市中央区天神4丁目2番20号 天神辛ビル2F TEL.092-717-1122

平成二十九年九月一日発行（毎月一回一日発行）定価九四七円 本体八七七円（送料サービス）

雑　誌　04497-09

4910044970978
00877