

植物防疫

Plant Protection

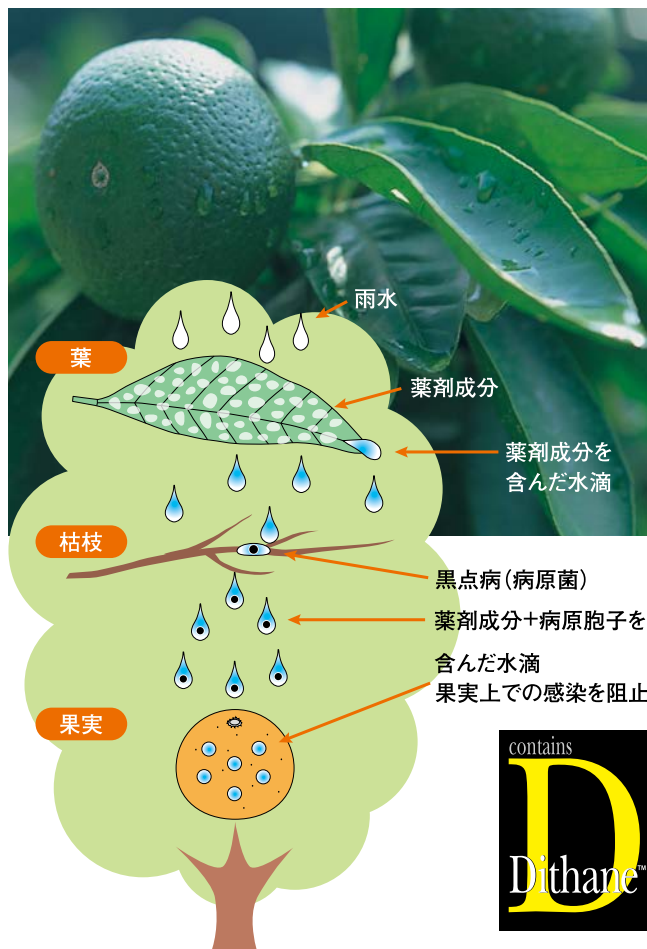
7

2018
VOL.72



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

かんきつを黒点病から守る、製剤技術のヒミツ。



違いが、かんきつの顔に出る 園芸用殺菌剤

ジマンダイセンTM 水和剤

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

- 表面張力が高く、たくさんの薬剤を付着させることができます。



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



2時間に50mmの人口降雨

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

かんきつの病害防除に優れた効果

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



ダウ・アグロサイエンス日本株式会社

本社/〒140-8617 東京都品川区東品川12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 AgroSciences

Solutions for the Growing World

明日の「農」を支える力でありたい。

自然の恵みをうけて、大きく育つ農作物。そんなみずみずしい生命を守り、
支え、確かな実りに結ぶ三井化学アグロの技術。
自然との調和を基本に、三井化学アグロはより豊かな農業のために、
より安全性の高い農薬の提供をつづけています。

殺虫剤

三井薬庄 **アルバリン**® 顆粒水溶剤・粒剤
粉剤DL・箱粒剤

トレボンスター® フロアブル
粉剤DL

コロマイト® 水和剤
乳剤

スタークル® 顆粒水溶剤

トレボン® 乳剤・EW・MC・粉剤DL
粒剤・エアー・スカイMC

ミルベノック® 乳剤

スタークルメイト® 1キロH粒剤
液剤10

アズキ® 乳剤

キックオフ® 顆粒水和剤

殺菌剤・殺虫殺菌剤・土壌消毒剤

アフエット® フロアブル

フルーツセイバー

モンガリット® 1キロ粒剤
粒剤

タチガレン® 粉剤
液剤

サンブラス® 粒剤

サントリプル® 箱粒剤

三井薬庄 **クロールピクリン**

ベジセイバー®

ネビジ® 粉剤

サンリット® 水和剤

タチガレエース® M 粉剤
液剤

ガッツスター® 粒剤

サンフェスタ® 箱粒剤

三井 **ソイリーン**®

ヒカット® フロアブル

ネビリュウ®

テーク® 水和剤

タチガレファイト® 液剤

トリプルキック® 箱粒剤

クロピクテプ

ドクロール

除草剤

アールタイプ® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

クサトリ-BSX® 1キロ粒剤75/51
ジャンボH/L・フロアブルH/L

クサバルカン® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

サンバード® 粒剤

アトカラ® SジャンボMX

シェイデン® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

キクンジャヘ-Z® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

オシオキ® MX 1キロ粒剤

ワイドアタック™ SC

セカンドショット® SジャンボMX

アルファプロ® 1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L
フロアブルH/L

イネキング® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

フォローアップ® 1キロ粒剤

草枯らし MIC®

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



三井化学アグロ株式会社

東京都中央区日本橋1-19-1 日本橋ダイヤビルディング
ホームページ <http://www.mitsui-agro.com/>

すこやか ノビノビ ハツラツ!



オルフィン プラス フロアブル

新登場

黒星病をはじめとする
主要病害を**しっかり防除**。
高品質で、美しい果実を。



®はバイエルグループの登録商標

●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。

バイエル クロップサイエンス株式会社

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

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

改訂第二版発売開始!

ひと目でわかる果樹の病害虫 —第一巻(改訂第二版)—

ひと目でわかる

果樹の病害虫

—第一巻(改訂第二版)—

ミカン・ビワ・キウイ
マンゴー・パパイア・オリーブ



B5版 195頁、本体6,000円+消費税、送料 実費

本書では、これまでミカン・ビワ・キウイを対象樹種とし、これらに発生する多くの病害虫を紹介していました。病害では発病部位や様相、病原菌やその顕微鏡写真を、害虫では卵から成虫までの各発育ステージと被害写真などを掲載しました。また発生生態や防除法について全国の研究者が簡潔に解説し、写真と解説により病害虫の診断と防除を容易にした図鑑です。今般の改訂では、既存作物に更に病害虫を追加すると共に、新たにマンゴー・パパイア・オリーブを加えて増補しました。

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

<http://www.jppe.or.jp/> order@jppe.or.jp

目 次

巻 頭 言

「持続可能な開発目標 (SDGs)」と植物防疫のアナザーストーリー	今埜 隆道	1
---	-------	---

研究報告

ネギ類の混植によるハウレンソウ萎凋病の抑制	清水 将文	2
農薬の消長から見た水稻育苗箱施用殺虫剤のイネ縞葉枯病に対する防除効果	望月 証・柳澤由加里・八瀬順也	6
イソプロチオランによるイネの割れ粉発生抑制と斑点米被害軽減	田嶋崇吉・岸上隆介	11
土地利用情報を用いた被害予測モデルによる斑点米被害ハザードマップ	田 渕 研	16

時事解説

中国の農薬管理の変遷と今後の課題	佐藤 祐二	22
------------------------	-------	----

調査報告

平成29年度新農薬実用化試験から	舟木勇樹・北條 広	27
------------------------	-----------	----

トピックス

種子伝染性病害をめぐる最近の国際動向 2018(2) International Seed Health Initiative (ISHI) で議論している種子伝染性病害	木戸一孝・塩谷純一郎・草野新太郎・佐藤仁敏・久保田健嗣・藤川貴史	32
--	----------------------------------	----

日植防シンポジウムから

大学における植物防疫教育の現状と課題	巢山 弘介	40
植物防疫研修に係る課題と実践的なプログラムの構築	曾根 信三郎	45

植物防疫講座

病害編 イネ稻こうじ病の発生生態と防除	芦澤 武人	49
農薬編 GABA 作動性塩素イオンチャネルブロッカー	郡嶋浩志・瀬古隆司	53

新農薬の紹介

殺虫剤シクラニリプロールの特長と使い方	森田 雅之	59
---------------------------	-------	----

研究室紹介

農研機構 中央農業研究センター北陸研究拠点 北陸病虫害防除 G	高橋 真実	62
福島県農業総合センター 果樹研究所 病虫害科	荒川 昭弘	63

農林水産省プレスリリース (30.5.15~6.13)	5
新しく登録された農薬 (30.5.1~5.31)	9
登録が失効した農薬 (30.5.1~5.31)	15
発生予察情報・特殊報 (30.5.1~5.31)	39

【表紙写真】

左上：ユキヤナギアブラムシ成虫と幼虫
左下：ハウレンソウ萎凋病被害（清水将文氏原図）
右上：イネ稻こうじ病に罹病した稲穂
右下：イネを加害するホソハリカメムシ幼虫



[シクラニリプロール(通称:サイクラプリン®)]

害虫防除のテッパン技



- 幅広い殺虫スペクトラムで重要害虫の同時防除が可能
- 害虫の幅広いステージで安定した効果を発揮
- 速やかな食害抑制効果
- 優れた耐雨・残効性
- 作物に対する高い安全性



チョウ目



アザミウマ目



ハエ目



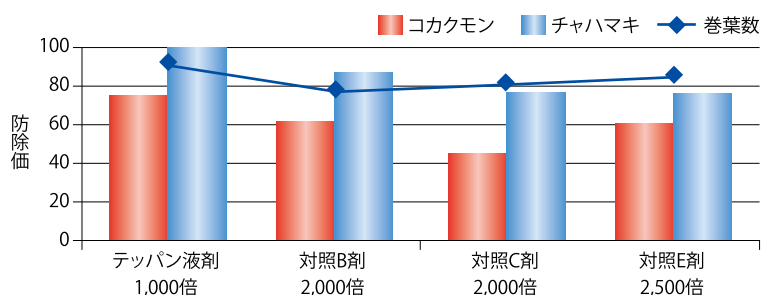
カメムシ目



複数の害虫に対する同時防除効果<茶樹>

石原産業株式会社 中央研究所 (2017年)

● チャノコカクモンハマキ、チャハマキに対する効果



試験場所: 静岡県菊川市
試験時期: 秋期防除期
品 種: やぶきた
発生状況: 少発生(コカクモン)
極少発生(チャハマキ)
散 布: 8月8日
調 査: 9月7日
試験面積: 5m×1.8m(9m²)
3区制



●使用前にラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。
●空容器は圃場などに放置せず、3回以上水洗し、適切に処理してください。洗浄水はタンクに入れてください。

巻頭言

「持続可能な開発目標 (SDGs)」と 植物防疫のアナザーストーリー

元日本農薬株式会社 取締役兼常務執行役員 こんのたかみち 今 埜 隆 道



2015年9月の国連サミットにおいて、持続可能な世界を実現するために、2030年までに地球規模での取り組みを行うための17の目標、すなわち「持続可能な開発目標 “Sustainable Development Goals (SDGs)”」が採択され、日本政府はもとより民間企業や各種団体も其々のビジョンに基づいた具体的施策を設定して活動を開始している段階にある。このSDGsの内容はすでに多方面から紹介されており、特に今後の植物防疫（農薬）の貢献については農薬工業会HPに掲載されているので、ここでは別の観点からSDGsと植物防疫の関係を探ってみたい。

第1の視点はSDGsの生い立ちである。SDGsは直截的には2001年に策定されたミレニアム開発目標 (MDGs) の後継とされているが、そもそもは地球規模での環境保護を訴えたレイチェル・カーソンの著書「Silent Spring (沈黙の春)」を原点とする指摘がある（谷林真理子：大妻多摩ニュース「校長室より」, 2017年）。本書自体、第二次世界大戦後の米国におけるDDTやドリ剤等を中心とする植物防疫の実態に基づいているため、歴史をさらに溯ればSDGsのルーツは半世紀前の植物防疫にあったとも言えよう。また本書の出版に際しては、当時の植物防疫関係団体との間に次のような逸話が残されている。まずカーソン女史自身、最悪の場合は提訴されることを懸念して、出版3か月前に雑誌New Yorkerに抜粋版を掲載して反応を見たという。案の定、賛否両論の火ぶたが切られ、その論争の様子をNew York Times紙が“Silent Spring Is Now Noisy Summer”と題して記事を掲載したこと、発売前から注目を浴びることとなった。特に当時の米国農薬工業会にとっては影響が大きかったものと推察されるが、実際の発売日が1962年の9月27日、すなわちその年の農薬販売がほぼ終了した秋になったことからまず安堵し、翌春の農薬当用期には農家も本書への関心を失っているだろうと高を括っていたという（Raleigh News & Observer紙の回顧記事, 1987年）。しかしながら、結果は業界の期待通りにはならず、本書が契機となって64年にはFIFRA（日本の農薬取締法に相当）に初めてヒトへの安全性という概念が盛り込まれ、70年の米国環境保護庁（EPA）設立、72年のDDT使用禁止へと世の中は急激に変化していった。また85年にはカナダ化学品生産者協会によるレスポンシブルケア（化学物質の開発、製造、物流、使用、廃棄の全過程で自主的に環境・安全・健康に取り組み、社会からの信頼を高めていく企業活動）が提唱され、今

や国際的な経営倫理として定着している。ただし、必ずしも全面的に女史の問題提起が支持されたわけではなく、87年には「Silent Spring Revisited」と題される専門書が米国化学会から出版され、女史が主張した内容の信憑性について科学的な検証が試みられている。また、90年代以降はDDTのマラリア防除剤としての再評価もなされ、その観点からは本書の功罪の罪を重視する専門家がいることも事実である。それでも、女史の発した警告が様々な形で尊重かつ継承され、没後50年を経た2015年のSDGsへ発展していったと見ることは極めて自然なことであり、そしてSDGsのルーツを思い起こせば、植物防疫が負っている責任もまた忘れてはならないと考える次第である。

第2の視点は教育との関連性である。SDGsについて言えば、17の目標のうち4番目にある「Education」が他のすべてのSDGsの土台になることを指摘する意見がある（P.S. Narayan, World Economic Forum, 2017）。また、冒頭に挙げた大妻多摩ニュースではSDGsを易しく解説し、都内の中高一貫校の在校生や家庭にも配信されており、すでに教育に生かされていることがわかる。一方、植物防疫の世界でも教育の重要性が指摘され、日本農薬学会や一般社団法人日本植物防疫協会のシンポジウム（2016年3月、2018年1月）では、義務教育時代から大学、社会、農業現場等の様々な場面で教育を充実させていく課題や解決策が議論されている。私事ながら筆者が初めて植物防疫（特に農薬）の教育を受けたのは高校1年の生物の授業であり、教材が1973年に「沈黙の春」に改題される前の初代翻訳本「生と死の妙薬」だったため、農薬という化学物質は強烈な印象として心に残ることになった。その後に農薬科学の発展やリスクマネジメント等に関する知識・情報を得る機会がもしなかったならばと想像すると、身をもって教育の重要性を感じているところである。

本稿では、SDGsと植物防疫の接点を見てきたが、植物防疫自体、半世紀前の農薬依存型から現在の総合的有害生物管理へ進化し、さらに地球温暖化による非生物学的なストレス軽減も含めた総合的作物管理へと発展している。このような技術・思考の深化をさらに推し進め、教育によって正しく世の中や次世代に伝えながら実効性を上げていくことが、植物防疫関係者としてSDGs達成に貢献する近道ではないだろうか。

（「植物防疫」編集委員）

研究 報告

ネギ類の混植によるホウレンソウ萎凋病の抑制

岐阜大学応用生物科学部 清^し 水^{みづ} 将^{まさ} 文^{ふみ}

はじめに

岐阜県の北部に位置する飛騨地域では、冷涼な気候を活かしたホウレンソウ栽培が非常に盛んである。特に、夏ホウレンソウの生産量は全国トップであり、盛夏期には出荷する市場の入荷量の約8割を飛騨ホウレンソウが占めており、岐阜県の基幹作物の中でもひととき重要な品目となっている。同地域のホウレンソウ生産者は、3～11月までの間に雨よけハウス内で4～5回の連作栽培を行っている。このような極端な連作を行うと、当然ながらホウレンソウ萎凋病（病原菌：*Fusarium oxysporum* f. sp. *spinaciae*）による連作障害が問題となる。そのため現地では、夏季に発生が増加する萎凋病への対策として、2連作目の作付け前の5月中旬ごろから6月上旬にクロルピクリン剤を用いた土壌くん蒸消毒が行われている。しかしながら、土壌消毒をしても本病が再発することが多いことから、土壌消毒後に行える追加防除法が求められていた。

一方で、伝統農法であるネギやニラの混植が *F. oxysporum* を病原とするウリ類つる割病の予防に有効であることが知られており、中国や日本の一部地域では昔からウリ科作物の栽培にネギ類の混植が利用されてきた（ZENG, 2008；木嶋, 2011）。実際、北海道のスイカ産地を訪れると、スイカの株元にネギが必ず植えつけられているのを目にすることができる。筆者らは、このネギ類の混植をホウレンソウ萎凋病の防除にも応用できるのではないかと考えた。しかし、刈り取り式収穫機による機械収穫が定着している飛騨地域では、ウリ科作物の場合のように株元にネギ類を植え付ける方式の混植が利用できなかった。

そこで筆者らは、飛騨地域のホウレンソウ栽培に適した混植方法を考案し、同混植法の有効性を現地圃場で確認したので、ここに報告する。

I 飛騨ホウレンソウの栽培体系に合わせた混植方法の考案

上述したように、現地ではホウレンソウ萎凋病を予防するため、2連作目の作付け前に土壌くん蒸消毒を行っている。それにもかかわらず同病が発生してしまう主な原因は消毒むらである。雨よけハウスの側面側に位置する畝肩部は消毒効果が及びにくく、萎凋病菌が土壌中に生残しやすい。その生残菌が土壌消毒後に再び活動を開始し、近傍のホウレンソウにまず感染する（図-1）。そして、連作の中盤以降になると、それらの罹病株が二次伝染源となり、畝の内側に向かって感染が広がっていく。筆者らはこの点に着目し、畝肩部にネギ類を定植すれば、雨よけハウス内での萎凋病のまん延を効果的に予防できるのではないかと考えた。また、この方式であれば、植え付けたネギ類がホウレンソウの収穫の妨げにもならず、最終収穫までネギ類の植え替えなしに混植を続けることができる。

我が国では10種以上のネギ属植物が食用として栽培されているが、ウリ科作物との混植にはネギとニラが利用されることが多い。また、ネギとニラは種子も安価に入手できるし、栽培も比較的簡単であることから、本研



図-1 畝の端に植えられたホウレンソウに萎凋病が発生している様子

Suppression of Spinach Fusarium Wilt by Intercropping with Allium Plants. By Masafumi SHIMIZU
(キーワード：ホウレンソウ萎凋病，混植，ネギ属)

究でもネギとニラを混植に用いることにした。

II ネギ類混植のハウレンソウ萎凋病防除効果の検討

1 プラントボックス試験

そもそも、ネギ類の混植にハウレンソウ萎凋病を予防する効果があるか不明であったので、まず室内実験で同効果を検討することにした。ハウレンソウ萎凋病菌を接種した育苗培土（以下、汚染土）を詰めたプラントボックス（縦 15.0×横 5.5×高 10.0 cm）に、圃場土壌で約 4 か月栽培したネギ（品種：‘九条細ネギ’）とニラ（品種：‘スーパーグリーンベルト’）を 2 株移植し、人工気象器内で 1 週間栽培した。そこへ、ハウレンソウを 10 粒ずつ播種し、同人工気象器内で 3～4 週間栽培して萎凋病の発生を観察した。その結果、ネギ混植区とニラ混植区の両方で萎凋病の発生が約 44～92%抑制されたことから、これらネギ類の混植はハウレンソウ萎凋病にも有効であることが確認された（データ未掲載）。なお、ネギとニラで抑制効果を比較すると、ニラに比べてネギのほうが高い傾向にあった。

2 コンテナ試験

人工気象器内での試験でネギおよびニラの混植に萎凋病抑制効果を認めたので、つぎに若干スケールアップしたコンテナ試験を行い、その効果を再度検討した。この試験では、畝肩部に存在する萎凋病菌が畝内のハウレンソウに感染していく状況を想定し、コンテナ（縦 45×横 31×高 13 cm）の長辺の端から 10 cm の幅に汚染土を充てんし、残りの部分に病原菌無接種の育苗培土（以下、非汚染土）を充てんした。ネギ類の定植密度の違いがハウレンソウ萎凋病抑制効果に及ぼす影響もあわせて検討したいと考え、汚染土と非汚染土の境界付近にネギ（品種：‘九条細ネギ’、約 3 か月栽培）またはニラ（品種：‘スーパーグリーンベルト’、約 7 か月栽培）を 10 cm 間隔で 4 株あるいは 15 cm 間隔で 3 株定植する試験区を設けた。そして、非汚染土側にハウレンソウを 24 粒（8

粒×3 条）播種し、プラスチックハウス内で約 1 か月間栽培した。その結果、対照区（ネギ類の混植なし）ではコンテナ内全体に感染が広がり、最終的には平均 32%のハウレンソウ苗が萎凋病を発病した（表-1）。それに対して、ネギ類の混植区では感染の拡大が明らかに抑制された。株間による抑制効果の違いを見てみると、ネギの場合は株間 10 cm 区と 15 cm 区の間で大きな差はなく、発病株率は平均で 65～75%低下した。しかし、ニラの場合は 15 cm 区で発病株率が平均 28%であったのに対して、10 cm 区では同 15%となり、株間 10 cm 区の発病抑制効果のほうが高かった。

3 圃場試験

高山市の 2 軒の生産農家にご協力いただき、2014 年に圃場試験を実施した。試験区は 1 区幅 2 m の 6 反復とした。上述のコンテナ試験の結果から、ニラは株間 10 cm に比べて株間 15 cm では発病抑制効果が大きく低下することが明らかとなったので、この試験ではネギ類を株間 10 cm で定植することにした。図-2 に示すように、ネギ苗（品種：‘九条細ネギ’、約 2 か月栽培）およびニラ苗（品種：‘スーパーグリーンベルト’、約 8 か月栽培）を、クロルピクリン消毒後の第 1 作目（2 連作目）開始時に畝肩へ定植した。その後、ハウレンソウを慣行通り播種・栽培し、5 連作目まで発病状況を定期的に調査した。その結果、圃場 A では畝肩から 1 条目の株にのみ発病が認められたことから、表-2 には 1 条目の発病株率のデータを示した。対照区では、3 連作目の発病株数が最も多く、発病株率は平均 11%に達した。それに対して、ネギ混植区およびニラ混植区では、それぞれ同約 5%（対照区に対して約 51%減少）および同約 2%（約 82%減少）にとどまった。4、5 連作目においても対照区では発病株が散見されたが、ネギ類混植区では発病が全く認められなかった。圃場 B では、畝肩から 4 条目まで感染が広がり、対照区では 2 連作目および 3 連作目でそれぞれ平均 4%および 5%の株が萎凋病を発病し

表-1 コンテナ試験におけるネギ混植およびニラ混植のハウレンソウ萎凋病抑制効果
（五十嵐ら，2017 を一部改変）

処理区	発病株率（%）			
	1 条目	2 条目	3 条目	平均
対照区	54 ± 14	27 ± 14	13 ± 13	32 ± 4
ネギ（株間 10 cm）混植区	25 ± 13	9 ± 8	0 ± 0	11 ± 5
ネギ（株間 15 cm）混植区	21 ± 19	4 ± 7	0 ± 0	8 ± 7
ニラ（株間 10 cm）混植区	40 ± 9	4 ± 7	0 ± 0	15 ± 5
ニラ（株間 15 cm）混植区	53 ± 25	27 ± 14	4 ± 7	28 ± 7

汚染土から 3 条目までの各条の発病株率（%）を播種 35 日目に算出。表中の数値は 3 反復の平均値 ± 標準偏差。

ていた（表-3）。一方、ネギ混植区の平均発病株率は、2連作目と3連作目でそれぞれ0.7%（約83%減少）と1.8%（約65%減少）にとどまった。同様に、ニラ混植区でもそれぞれ同1.4%（約60%減少）と同2.8%（約47%減少）となり、発病株率の低下が認められた。以上の結果から、ネギおよびニラの混植が実際の生産圃場においてもホウレンソウ萎凋病の抑制に有効であることが示された。

今回の圃場試験の結果ではネギ混植とニラ混植の萎凋病抑制効果に優劣をつけられなかったが、上述のプラントボックス試験とコンテナ試験では共通してネギ混植のほうがニラ混植に比べて抑制効果が高かった。さらに筆者らは、キュウリつる割病に対してもニラ混植よりもネ

ギ混植の発病抑制効果のほうが高いというデータを得ている（データ未掲載）。このような発病抑制効果の違いに加え、混植用のニラは最低でも半年以上は育苗しなければならないが、ネギは2～3か月程度育苗すれば圃場に植え付けできるという点なども考慮すると、ネギ混植のほうがニラ混植よりも実用性が高いと考えられる。

III ネギ類混植の発病抑制機構

ネギ類の混植で *F. oxysporum* による土壌病害が抑制される仕組みは、実はその全容がいまだ明らかとなっていない。そこで現在、筆者らの研究室を含むいくつかの研究グループが、ネギ類の生産する抗カビ物質およびネギ類の根周辺に生息する微生物という二つの視点からメカニズムの解明に挑んでいる。ZHANG et al. (2013) の研究報告では、ニラの根から放出される揮発性の抗菌性有機硫黄化合物が、ニラの混植・輪作によるパナナ萎凋病（パナマ病）の抑制の原因だろうと推定している。一方、筆者らのこれまでの研究では、ネギ類が生産する抗カビ物質も部分的には関与する可能性はあるが、むしろネギ類の根の周囲で増殖する特定の細菌群による直接的・間接的な病原菌の増殖阻害が発病抑制の主原因であるという結果が得られている。なお、この研究結果をまとめた論文を他誌に投稿し、現在審査中であるので、ご興味の

表-2 圃場 A におけるホウレンソウ萎凋病発生の推移
（五十嵐ら，2017 を一部改変）

処理区	発病株率（%）		
	3連作目 （7月29日 調査）	4連作目 （9月9日 調査）	5連作目 （10月22日 調査）
対照区	11.0 ± 12.5	7.5 ± 11.7	0.9 ± 2.3
ネギ混植区	5.4 ± 10.5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
ニラ混植区	2.1 ± 5.1	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0

畝肩から1条目の発病株率（%）を算出。表中の数値は6反復の平均値 ± 標準偏差。

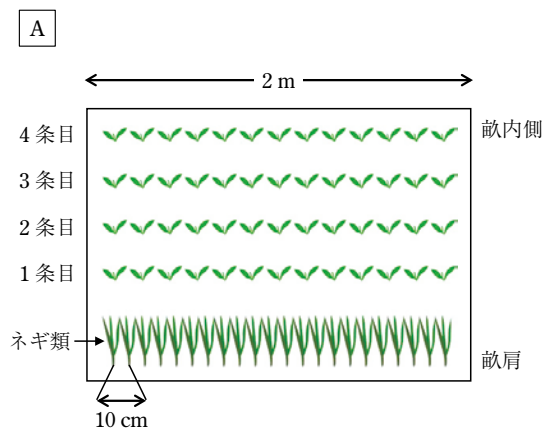


図-2 現地で実施した圃場試験の概要

(A) 試験区の概略図，(B) 実際の混植の様子。向かって左側が雨よけハウスの側面側。

表-3 圃場 B におけるホウレンソウ萎凋病発生の推移（五十嵐ら，2017 を一部改変）

処理区	発病株率（％）									
	2 連作目（調査日：7 月 7 日）					3 連作目（調査日：8 月 12 日）				
	1 条目	2 条目	3 条目	4 条目	平均	1 条目	2 条目	3 条目	4 条目	平均
対照区	4.9 ± 4.3	4.8 ± 9.4	2.2 ± 5.4	4.2 ± 10.2	4.0 ± 7.3	6.1 ± 6.8	6.8 ± 11.4	5.3 ± 6.5	1.7 ± 4.1	5.0 ± 7.4
ネギ混植区	2.1 ± 5.1	0.8 ± 1.9	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.7 ± 2.7	2.3 ± 3.8	2.2 ± 5.3	1.0 ± 2.2	1.7 ± 2.6	1.8 ± 3.5
ニラ混植区	2.5 ± 6.1	2.3 ± 3.6	0.9 ± 2.1	0.0 ± 0.0	1.4 ± 3.6	1.9 ± 4.5	5.1 ± 7.3	3.3 ± 8.2	0.7 ± 1.6	2.8 ± 5.8

畝肩から4条目までの各条の発病株率（%）を算出。表中の数値は6反復の平均値 ± 標準偏差。

ある方には掲載後の論文を是非ともご覧いただきたい。

おわりに

本研究から、雨よけハウス内の畝肩へのネギ類の混植が土壌消毒後のハウレンソウ萎凋病の再発予防に有効であることが示された。特に、発病抑制効果が高く、株間も広く取れ、かつ育苗期間も短いという点から、ネギを利用した混植栽培の実用性が高いと考えられた。ハウスの規模にもよるが、飛騨地域で一般的なサイズの雨よけハウスならば、本混植法にかかる費用（種子・栽培資材代等）は1棟当たりおそらく千円以内に収まることから、費用対効果も非常に高いと思われる。ただし、本混植法を現地で導入するには、ハウス内で使用される除草剤とネギ類の相性の把握やハウレンソウとネギ類に共通して被害をもたらす病害虫への対策等、検討すべき事項もいくつか残されている。また、本研究では、混植に用いるネギまたはニラの品種による発病抑制効果の違いまでは

解析できていない。今後は、これらの課題について丹念に検討していきたい。

本研究を行うにあたり、岐阜県農業技術センターより病原菌株の分譲を受けた。また、圃場試験の際には、飛騨農林事務所の浅野雄二氏および飛騨ほうれんそう部会の方々に多大なご協力をいただいた。ここに厚く感謝申し上げる。なお、本研究は、日本学術振興会科学研究費助成事業（若手研究（B））「ネギ属植物根圏への拮抗細菌集積の機構解明」および平成26年度岐阜大学活性化経費事業の支援を受けて実施した。

引用文献

- 1) 五十嵐千佳ら (2017): 日本植物病理学会報 **83**(2): 87~94.
- 2) 木嶋利男 (2011): 雑草研究 **56**(1): 14~18.
- 3) ZENG, R. S. (2008): Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry, Springer, New York, p.39~59.
- 4) ZHANG, et al. (2013): Journal of Chemical Ecology **39**(2): 242~252.

農林水産省プレスリリース (30.5.15~30.6.13)

農林水産省プレスリリースから、病害虫関連の情報を紹介します。

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

◆ 「平成30年度病害虫発生予報第2号」の発表について
(5/16) /syokubo/180516.html

◆ 「平成30年度病害虫発生予報第3号」の発表について
(6/13) /syokubo/180613.html

研究 報告

農薬の消長から見た水稻育苗箱施用殺虫剤の イネ縞葉枯病に対する防除効果

兵庫県立農林水産技術総合センター

もちづき あかし やなぎさわ ゆかり やせ じゅんや
望月 証・柳澤 由加里・八瀬 順也

はじめに

イネ縞葉枯病は稲の重要な病害の一つで、イネ縞葉枯ウイルスによって引き起こされる。主な対策は、ウイルスを媒介するヒメトビウンカの防除である。ヒメトビウンカはウイルスの媒介能力を維持したままイネ科雑草や小麦等において越冬し、その第1世代成虫が5月下旬以降近隣の水田や苗へ飛び込むため、水稻栽培初期からの防除が必要である。その主な手段は殺虫剤の育苗箱処理であり、処理時期は移植当日処理が一般的である。しかし、近年、播種時における育苗箱処理の登録を取得している薬剤が増加している。播種時処理は、移植時の作業軽減が可能となるだけでなく、イネ縞葉枯病に対する育苗期からの有効な防除手段として期待されるが、移植当日処理と防除効果にどのような差が見られるか不明な点が多い。

そこで、移植後の稲体および田面水について播種時処

理と移植時処理における農薬の有効成分濃度の消長を調査し、播種時処理の有用性について検討したので、その一部を紹介する。なお、本稿の一部は2015～17年度に農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業において実施したものである。

I 育苗箱処理におけるクロチアニジン濃度の消長

1 播種時または移植時に処理した稲体中のクロチアニジン濃度

播種時処理と移植時処理に登録があるクロチアニジン含有する箱施用剤をそれぞれの時期に処理した際の稲体中クロチアニジン濃度について調べられた結果（望月ら，2018）によると、播種時処理では、移植時の稲体中濃度は既に高い状態であったが、移植時処理では、移植1～3日後に最高濃度に達した。しかし、その濃度は播種時処理の1/10から1/3程度であった。両処理とも速やかに濃度が低下し、移植14日後にはどちらも0.6 ppm

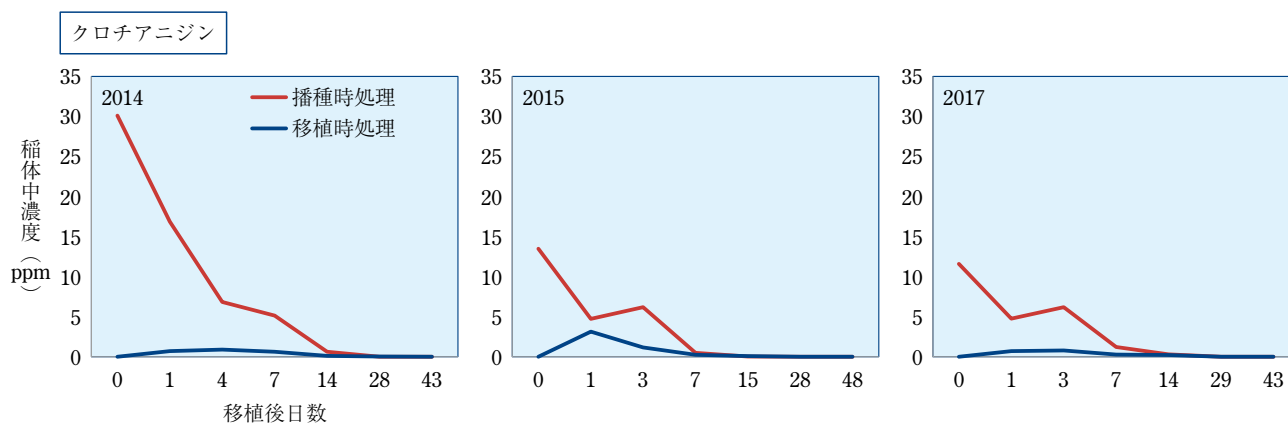


図-1 処理時期の異なる育苗箱処理における稲体内クロチアニジン濃度の消長

望月ら（2018）を改変。

クロチアニジンは3か年ともクロチアニジン 1.5%・スピネトラム 0.5%箱粒剤を用いた。

移植時期は2014年および2015年は6月9日、2017年は6月5日。

栽培品種は2014年は‘キヌヒカリ’、2015、2017年は‘ヒノヒカリ’。

Control of Rice Stripe Disease by Insecticide Application for Rice
in a Seedling Growing Box and That Level in Plants. By Akashi
MOCHIZUKI, Yukari YANAGISAWA and Junya YASE

（キーワード：イネ縞葉枯病，農薬動態，殺虫剤，クロチアニジン，フィプロニル）

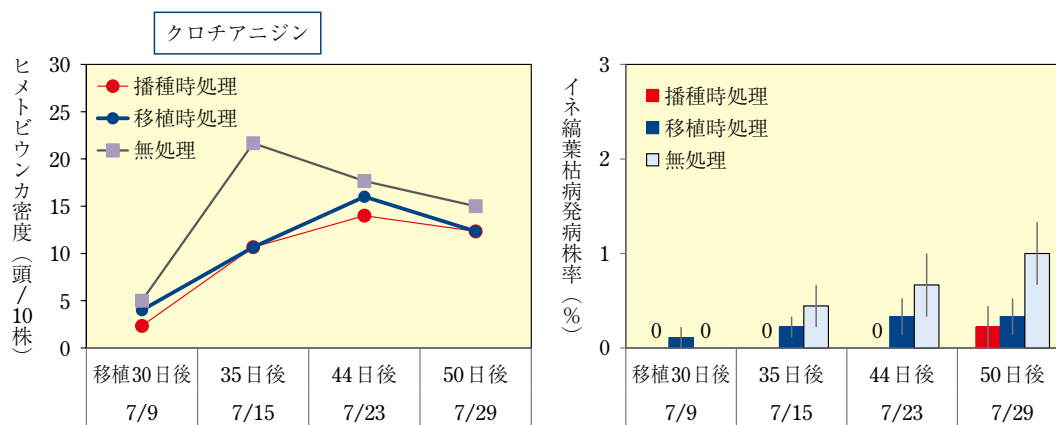


図-2 クロチアニジン剤の播種時処理または移植時処理のヒメトビウンカに対する防除効果とイネ縞葉枯病発病株率

柳澤ら (2016) を一部改変. 試験区約 80 m². 品種は「ヒノヒカリ」.

ヒメトビウンカ密度は払落し調査. 発病株数は、処理区内 300 株見取り調査 (3 連).

以下となった。その後は緩やかな低下を示し、処理時期による濃度の差は見られなくなっている (図-1)。

2 稲体中クロチアニジン濃度の消長とイネ縞葉枯病の防除効果

柳澤ら (2016) によると、播種時と移植時の両処理と無処理とのヒメトビウンカ密度の差は、移植 30 日後では密度が低く判然としないが、35 日後では認められる。しかし、44 日後では差が認められないことから、35 日後から 44 日後の間でヒメトビウンカの防除効果が消失したと考えられる (図-2 左)。また、両処理区のヒメトビウンカの密度は同等である。稲体濃度の面から見ても、図-1 で示したように、この時期の稲体のクロチアニジン濃度は両処理とも 0.005 ppm 付近と差はなく、播種時処理と移植時処理はヒメトビウンカに対して移植 35 日後まで同等の防除効果があると言える (図-2 左)。一方、イネ縞葉枯病については、播種時処理では移植 30 日後から 44 日後までは発病を抑えているが、移植時処理では移植 30 日後から発病が見られている (図-2 右)。

播種時処理と移植時処理におけるヒメトビウンカへの防除効果とイネ縞葉枯病の発病抑制効果が異なる要因の一つは、ヒメトビウンカの吸汁時間の違いと考えられる。稲のイネ縞葉枯ウイルスに対する感染は、ウイルスに感染したヒメトビウンカが吸汁する時間に影響され、農薬濃度が高いほど吸汁停止までの時間が短いと考えられる。図-1 の通り播種時処理は初期の稲体中クロチアニジン濃度が移植時処理の最高濃度の数倍と高く、この状況が約 1 週間続く。この生育初期の高濃度の状態で感染が抑えられることにより、後の播種時処理の発病抑制につながったのではないかと推察される。

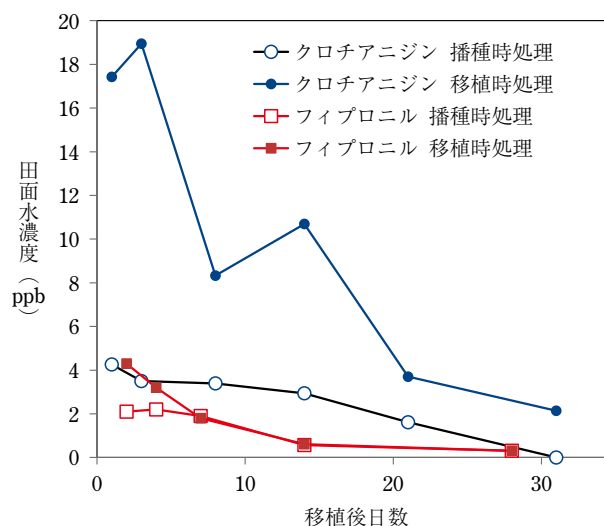


図-3 田面水における水稻育苗箱施用剤の有効成分濃度の消長
クロチアニジンは 2016 年に、フィプロニルは 2014 年に調査対象面積は 1 区当たり 80 m².

どの区とも移植後 7~12 日は除草剤処理のため湛水量が多くなった。採水は灌水後 2 時間後以降に 3 地点/区で行った。

ppb (parts per billion) : 10 億分率. 1 ppb = 0.001 ppm.

3 田面水におけるクロチアニジンの消長

育苗箱に処理された農薬の有効成分は、水稻が吸収するほかに、田面水へも移行する。図-3 に示すように、クロチアニジンの田面水濃度は、移植 1 日後に移植時処理では約 17 ppb、播種時処理では約 4 ppb となり、その後緩やかに減少し、約 30 日後においても移植時処理の濃度が高かった。稲体中のクロチアニジン濃度とは逆に、移植時処理では移植直後に田面水が高濃度となった。播種時処理は移植時処理より稲の根域に農薬が多くかつ長く存在するため稲に効率的に吸収されるが、移植後の流出は少なくなるようである。

II 他の農薬成分を含む箱施用剤についての検討

1 クロチアニジンと性質が異なるフィプロニル

水田で使用する農薬の消長を考えるうえで、水溶解度および水・オクタノール分配係数 (Pow) が重要である。図-4 の通り、フィプロニルはクロチアニジンの水溶解度の 100 分の 1 程度である。logPow も 3 以上離れており、クロチアニジンは水に溶出しやすい成分と考えられ、フィプロニルは水に溶出しにくい成分と考えられる。次に、このフィプロニルについて実施した試験について紹介する。

2 移植後のフィプロニル濃度の消長

クロチアニジンと同様に、播種時処理と移植時処理における稲体内のフィプロニル濃度を調査したところ、フィプロニルの消長はクロチアニジンとやや異なった傾向を示した (図-5)。フィプロニルの播種時処理において最高濃度となる日数は移植後 1~4 日であり、移植当日の濃度が高かったクロチアニジンと大きく異なる。また、その濃度はクロチアニジンの 1/2 から 1/5 と低濃

	クロチアニジン	フィプロニル
水溶解度	327 mg/l (20℃)	3.78 mg/l (20℃)
log Pow	0.7 (25℃)	4.0 (20℃)

図-4 クロチアニジンとフィプロニルの水溶解度と Pow 値

各物性値は農薬ハンドブック 2016 年版より引用。

Pow: 水・オクタノール分配係数: 農薬のような有機化合物が水と油のどちらに溶解しやすいかを示す。通常対数値として用いられる。低い数値ほど水のほうに分配される。

度である。一方、移植時処理の場合、最高濃度は逆にクロチアニジンより高い。播種時処理のフィプロニル濃度の消長は、概して移植当日を除いた移植時処理の消長と同じような傾向を示している場合が多い。

ピークに達したフィプロニル濃度は速やかに低下し、両処理とも移植 14 日後には 0.4 ppm 未満となるが、その後の濃度低下の傾向はクロチアニジンとは異なり、年によりバラツキがある。2017 年の結果では移植 43 日後のフィプロニル濃度は、播種時処理 < 0.005 ppm, 移植時処理 0.01 ppm と移植時処理が高くなっており、低濃度であるものの移植時処理において濃度が高くなる場合があるようである。

田面水の消長については、クロチアニジンと比較しやすいように図-3 にまとめて図示した。フィプロニルは移植直後を除いて播種時処理と移植時処理との差が小さく、濃度も低く推移した。一般に、水に溶出しにくい農薬の有効成分は移植時処理でも田面水の濃度上昇が少ないと考えられるが、有効成分の物性によっては土壌に残存して、低濃度ながら溶出が長く続く可能性がある。

これらの結果から、フィプロニルでは移植時処理と播種時処理との消長の差が移植直後以外は小さく、処理の違いが効果に与える影響は小さいことが示唆される。実際に、ヒメトビウンカやイネ縞葉枯病に対する防除効果は、播種時処理が移植時処理と同等である結果が得られている (データ省略)。

おわりに

今回、クロチアニジンの播種時処理と移植時処理のイネ縞葉枯病に対する防除効果と処理時期によるクロチア

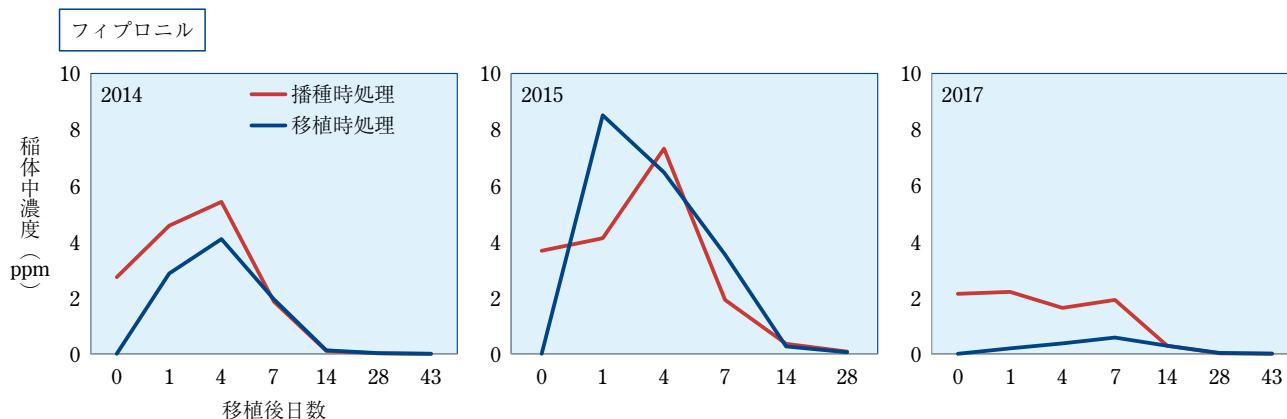


図-5 育苗箱播種時処理または移植時処理による水稻のフィプロニル濃度の消長
望月ら (2018) を改変。

2014, 2015 年は播種時処理にフィプロニル 1.0%・プロベナゾール 20%箱粒剤を、移植時処理にフィプロニル 1.0%・プロベナゾール 20%箱粒剤を用いた。2017 年はフィプロニル 1.0%粒剤を使用した。
その他、図-2 と同様。

ニジンの消長の違いを検討した。本田生育初期は、播種時処理の濃度が特に高く防除効果が高いことや播種時処理の持続性は移植時処理と差はなく、防除効果が同等以上であることを示した。クロチアニジンと性質が異なるフィプロニルについても、播種時と移植時両処理の消長の差が小さいことを示し、防除効果の結果を裏付けた。イネ縞葉枯病を媒介するヒメトビウンカの防除には、特に育苗期間中や移植直後から効果が求められることから、播種時処理は優れていると考えられる。しかし、害虫により防除効果を求める時期と必要な農薬濃度が異なるため、他の有効成分や対象害虫に対して同様の結果であるとは言えない。また、箱施用剤は、溶出制御も可能であり（磯野, 2003）、薬剤によって溶出が異なる可能

性がある。そのため、一概に水溶解度や Pow だけでは判別ができないが、箱施用剤の農薬成分の基本的な消長は今回の結果に近いと考えられる。

対象害虫への効果とともに、育苗箱処理される農薬の有効成分の特性と消長を理解したうえで利用を考えると、よりの確な防除につながると考えられる。今後とも、より効率的な防除の一助となるように、さらに防除効果と稲体および田面水等の農薬濃度の関係に関する知見を収集していきたい。

引用文献

- 1) 磯野邦博 (2003): 日本農薬学会誌 **28**: 383~385.
- 2) 望月 証ら (2018): 関西病虫研報 **60**: 163~165.
- 3) 柳澤由加里ら (2016): 植物防疫 **70**: 105~107.

新しく登録された農薬 (30.5.1~5.31)

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」

●カーバムナトリウム塩液剤

24080：キルパー 40（バックマンラボラトリーズ）18/5/16
カーバムナトリウム塩：42.0%

まつ（伐倒木）：マツノマダラカミキリ幼虫、マツノザイセンチュウ

ヤシ類（伐倒木）：ヤシオオオサザウムシ成虫

なら類（伐倒木）：カシノナガキクイムシ

なら類（枯損木）：カシノナガキクイムシ：成虫羽化脱出前

「除草剤」

●グリホサートイソプロピルアミン塩液剤

24081：ネコソギシャワー AL（シーズ・インターナショナル・コーポレーション）18/5/30

グリホサートイソプロピルアミン塩：1.0%

樹木等：一年生及び多年生雑草、スギナ

24082：ウィードフリー PRO（住友商事）18/5/30

グリホサートイソプロピルアミン塩：41.0%

樹木類：一年生雑草

樹木等：一年生雑草、多年生雑草、スギナ

林木：ススキ、ササ類、クズ等の多年生雑草、落葉雑かん木

水稻育苗箱用殺虫剤

ミネクト[®] スター

顆粒水和剤

簡単、スピーディ、
経済的な灌注処理。

省力的な灌注処理



農林水産省登録 第23721号

幅広い害虫への防除効果が、
ずーっと長続き



WCS用イネ[※]に
ご使用いただけます。



※WCS: 稲発酵粗飼料

■ 適用害虫と使用方法

2018年6月現在

作物名	適用害虫名	希釈倍数	使用液量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法
稲(箱育苗)	イネミスゾウムシ ウンカ類 ツマグロヨコバイ イネツトムシ コブノメイガ ニカメイチュウ イナゴ類	200倍	育苗箱 (30×60×3 cm、使用土 壌約5L) 1箱当り0.5L	移植3日前 ～移植当日	1回	灌注
	イネドロオウムシ	200倍～250倍				

お求めは、お近くのJA、農薬販売店で。農薬をご使用の際は、ご購入先、またはウェブサイトなどで最新の登録内容をご確認ください。

●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所には置かないでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●使用後の空袋は農場等に放置せず適切に処理してください。



自然に学び 自然を守る
クミアイ化学工業株式会社
本社 東京都台東区池之端14-26 〒110-8782 TEL:03-3822-5036
ホームページ <http://www.kumiai-chem.co.jp>

JAグループ
農 協 | 経済連

シンジェンタ ジャパン株式会社
〒104-6021 東京都中央区晴海1-8-10 オフィスタワーX 21階
<http://www.syngenta.co.jp>

®はシンジェンタ社の登録商標

研究 報告

イソプロチオランによるイネの割れ籾発生抑制と 斑点米被害軽減

日本農薬株式会社 総合研究所 たじま 田嶋 そうきち 崇吉・きしがみ 岸上 りゅうすけ 隆介

はじめに

イネの種子では、玄米が充実する過程で籾殻を構成する外穎と内穎の接合部が外れると割れ籾となる（図-1）。一方、斑点米を生じさせるアカスジカスミカメ（*Stenotus rubrovittatus*）やアカヒゲホソミドリカスミカメ（*Trigonotylus caelestialium*）等のカスミカメムシ類は、籾殻を貫通して吸汁することが困難なために、外穎と内穎の接合部の隙間から加害するとされ、割れ籾が多発すると斑点米被害が大きくなることが知られている（宮田，1991）。したがって、これらが優占する地域では、割れ籾の発生を回避すれば斑点米被害を軽減できる可能性があり、実際にケイ酸質肥料の施用による割れ籾発生の抑制が斑点米被害を軽減することが確認されている（富山県農林水産部 編，2012）。

イソプロチオランは、当初、イネいもち病に有効な殺菌剤として実用化され、その後、穂いもち防除を目的に本剤を散布した使用者からの現場情報がきっかけとなり、登熟向上、夏期高温時の白未熟粒軽減等の植物成長

調節作用が見いだされた。

今回、新たに得た現場情報を元に検討したところ、本剤による割れ籾発生抑制と斑点米被害軽減が認められた。そこで、本剤による割れ籾発生抑制とケイ酸との関係に着目して作用性を検討し、さらに殺虫剤との混合剤における斑点米被害軽減についても確認したので紹介する。

I 割れ籾発生抑制と斑点米被害軽減の関係

まず、割れ籾が発生しやすい傾向にある品種‘あきたこまち’を用いて、温室内ポット試験で割れ籾発生の再現性を確認した。供試土壌は砂質埴壌土だった。その結果を図-2-(A)に示した。無処理区では40%以上の割れ籾率が認められたが、シリカゲル（ケイ酸）を施用したところ、顕著な割れ籾発生抑制が認められた。また、やや劣るもののイソプロチオラン粒剤（商品名：フジワン粒剤）処理区でも割れ籾発生抑制が認められた。

上記試験の無処理区では、出穂後2週間を過ぎたところから割れ籾の発生が認められたので、ポットをケージ内に入れ、出穂16～22日後にアカスジカスミカメを放飼

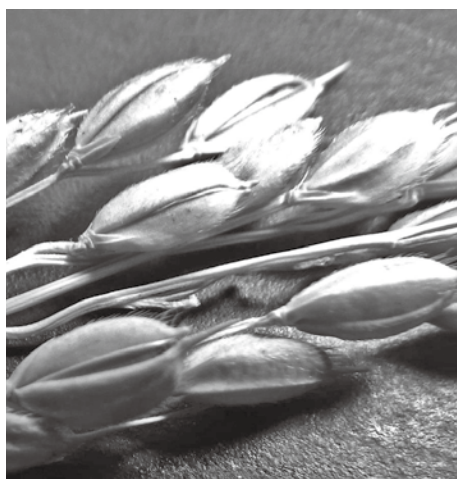


図-1 割れ籾（左）とカスミカメによる斑点米（右）

Reducing Effect of Isoprothiolane on the Number of Cracked Hull Grains and Pecky Rice. By Sohkiichi TAJIMA and Ryusuke KISHIGAMI

（キーワード：イソプロチオラン、割れ籾、斑点米、ケイ酸、出液速度）

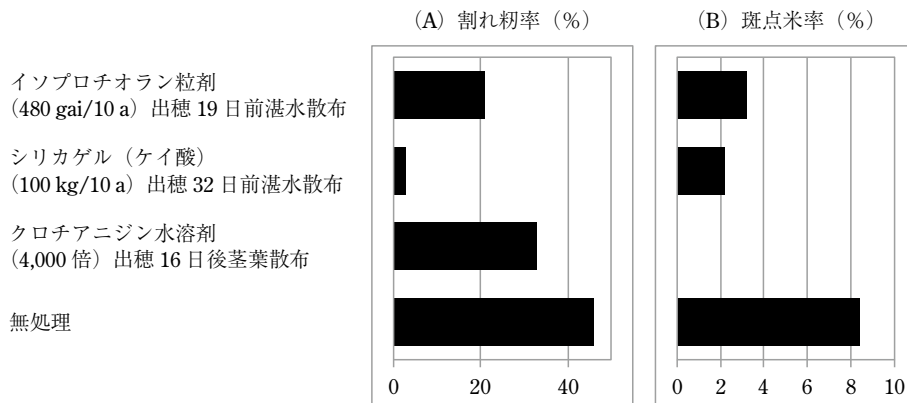


図-2 温室内ポット試験結果 (田嶋・岸上, 2017 を改変)

土性: 砂質埴壤土, 品種: ‘あきたこまち’, 出穂 16~22 日後にケージ内でアカスジカスミカメを放飼.

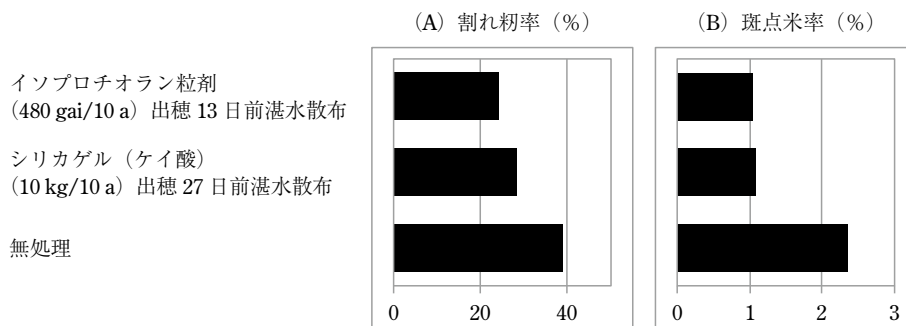


図-3 2015 年圃場試験結果 (田嶋・岸上, 2017 を改変)

試験地: 大阪府河内長野市, 土性: 砂質埴壤土, 品種: ‘あきたこまち’, 出穂期: 7/21, 優占種: アカスジカスミカメ (多発生).

した。その結果, 図-2-(B)に示したように, 無処理区の斑点米率は 8.4%に達したが, イソプロチオラン処理区やシリカゲル処理区では斑点米率が顕著に低下した。その効果は斑点米被害が全く認められなかった対照のクロチアニジン処理区に比べれば不完全だが, 割れ籾発生抑制により斑点米カメムシの加害機会が低減し, 斑点米被害が軽減されることを確認した。

ポット試験でイソプロチオランによる割れ籾発生抑制と斑点米被害軽減が確認できたので, 現地圃場を用いて同様の検討を行った (図-3)。供試土壌は砂質埴壤土であり, 土壌の可給態ケイ酸含量は SiO_2 19.7 mg/100 g である。本試験では無処理区の割れ籾率は 40%近くに達し, 無処理区の斑点米率は 2.4%であった。また, 出穂期に多数のアカスジカスミカメが認められたことから, 割れ籾の多発により斑点米被害が拡大する条件だったと考えられた。一方, イソプロチオラン粒剤を穂もち防除適期に施用したところ, 無処理区に比べて割れ籾率と斑点米率の低下が認められ, その程度はシリカゲル区と同等であり, ポット試験と同様の傾向が確認できた。したがって, 本剤はケイ酸質肥料と同程度の割れ籾発生抑

制が期待され, 斑点米被害の軽減対策資材として活用できる可能性が考えられた。

II 割れ籾発生抑制とケイ酸供給との関係

イソプロチオランがシリカゲルと同様に割れ籾の発生を抑制したことから, 本剤の作用が出穂後のケイ酸供給に関連すると考え, その関係を明らかにするために, 2016 年の圃場試験では登熟期のイネの地際部の切断面から滲出して来る 1 時間当たりの液量 (= 出液速度) を測定した (図-4)。さらに出液に含まれるケイ酸の濃度を測定し, 出液速度との積値から求められるケイ酸の供給量を算出した。

登熟期の出液速度, 出液中のケイ酸濃度, ケイ酸の供給量を表-1 に示した。根の活力のバロメーターと言われる出液速度は, 通常, 出穂期にピークを迎える (SAKAIGAICHI et al., 2007)。本試験でも出穂 15 日後ではいずれの区も高いレベルを維持していたが, 登熟に伴うイネの老化により, 出穂 31 日後には全試験区において低下した。特に無処理区の出液速度は出穂 15 日後のレベルに比べほぼ半減し, 低下の程度が最も大きかったが,



図-4 出液量測定のためにイネの株の切断面に置いた脱脂綿（左）、測定中の様子（右）

表-1 登熟期間中の出液速度の推移とケイ酸供給量（2016 圃場試験）

試験区	出液速度 (mg/h/茎)		ケイ酸濃度 (ppm)	ケイ酸供給量 (μ g/h/茎)
	出穂 15 日後	出穂 31 日後 X	出穂 31 日後 Y	出穂 31 日後 Z
イソプロチオラン粒剤（480 gai/10 a） 出穂 7 日前（7 月 12 日）湛水散布	184 $\pm$ 10 a	126 $\pm$ 5 b	337.3 $\pm$ 6.8 a	42.57 $\pm$ 1.89 b
シリカゲル（10 kg/10 a） 出穂 21 日前（6 月 29 日）湛水散布	167 $\pm$ 9 a	110 $\pm$ 7 ab	380.8 $\pm$ 9.4 b	41.79 $\pm$ 2.59 b
無処理	168 $\pm$ 13 a	90 $\pm$ 9 a	353.7 $\pm$ 13.9 ab	30.87 $\pm$ 1.76 a

各値は平均値と標準誤差，Zは各株のXとYの積値から求めた．同一英小文字間に有意差なし（Tukey 多重比較， $p < 0.05$ ）．（田嶋・岸上，2017 を改変）

イソプロチオラン区では緩やかであった。その結果，イソプロチオラン区では出液中のケイ酸濃度は無処理区と同程度だったにもかかわらず，出液速度が高かったためにケイ酸供給量は無処理区対比で有意に高かった。一方，シリカゲル区では出液速度は高くなかったものの，ケイ酸濃度が高かったためにケイ酸供給量は無処理区対比で有意に高かった。このことから，イソプロチオラン区およびシリカゲル区では登熟期にケイ酸がより多く供給されたことにより，割れ籾の発生が抑制されたと考えられた。

III 割れ籾発生抑制のメカニズムに関する考察

安田・永田（2005）によると，籾殻のケイ酸濃度が高いほど割れ籾率が低下し，水野（1978）はケイ酸が籾殻の強度を保つために重要な役割を果たしていると報告している。そこで，無処理区から得た籾を割れ籾と正常籾に分け，それぞれの1粒当たり重量と籾殻ケイ酸濃度を比較した（表-2）。その結果，割れ籾は，正常籾に比べ籾殻ケイ酸濃度が低く籾殻重は小さいが，玄米重は差がなかった。したがって，既に報告されているように割れ

表-2 無処理区の籾殻の1粒当たり重量とケイ酸濃度

	籾重 (mg)	玄米重 (mg)	籾殻重 ^{a)} (mg)	籾殻ケイ酸濃度 (%)
割れ籾	24.4	20.8	3.6	15.2
正常籾	25.5	20.9	4.6	17.0
比率 (%) ^{b)}	95.7	99.5	78.2	89.4

^{a)} 籾殻重 = 籾重 - 玄米重，^{b)} 比率 = 割れ籾/正常籾．（田嶋・岸上，2017 を改変）

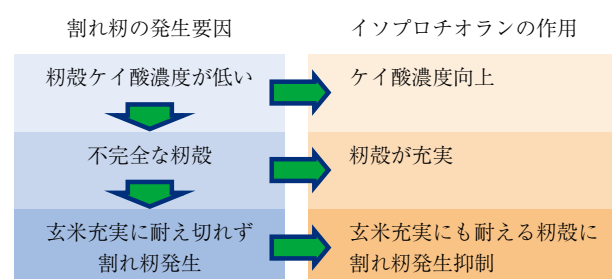


図-5 割れ籾の発生要因とイソプロチオランの作用の概念図

籾ではケイ酸濃度が低いために不完全な籾殻が形成されるが，玄米は正常籾と同程度に充実することにより，籾殻が耐え切れずに割れることが確認できた。一方，イソ

プロチオラン処理区では、前述の割れ籾抑制とケイ酸の役割に関する報告にあるように、ケイ酸供給量と籾殻ケイ酸濃度が高まることにより、籾殻が充実し、その結果、玄米の充実にも耐え得る籾殻が増えるため割れ籾の発生が抑制されると考えられた（図-5）。

Ⅳ 殺虫剤との混合剤における斑点米被害軽減

図-2 のポット試験では、過剰量のシリカゲルを施用することにより割れ籾率は極めて低いレベルに低減したが、一定の割合で斑点米が発生した。一方、同じ試験の殺虫剤区では全く斑点米が認められなかったことから、割れ籾発生抑制による斑点米被害軽減は不完全であり、効果の限界があると考えられた。しかし、穂いもち防除適期に散布したイソプロチオラン粒剤が、同時または体系で散布した殺虫剤の効果を高めるのであれば、極めて有効な斑点米対策になるはずである。

そこで、イソプロチオランが殺虫剤の斑点米被害軽減に与える影響を確認するために、穂いもちと斑点米カメムシに効果を示すエチプロール・イソプロチオラン粒剤

（商品名：フジワンラップ粒剤）と、エチプロール粒剤（商品名：キラップ粒剤）を処理したイネについて、割れ籾発生と斑点米被害を比較した。

アカスジカスミカメが優占する圃場で試験を行ったところ、図-6 に示したように無処理区では高率で割れ籾が発生し、そのため斑点米被害も大きくなった。エチプロール粒剤処理区では無処理区並みに割れ籾が多発したが、殺虫効果により斑点米率は顕著に低下した。一方、イソプロチオラン粒剤区、シリカゲル区では、割れ籾発生抑制により斑点米カメムシの加害機会が低減し、斑点米率が低下した。また、エチプロール・イソプロチオラン粒剤区では、エチプロール粒剤区に比べ、より安定した斑点米被害軽減が認められたが、これは当初の予想通りイソプロチオランによる割れ籾発生抑制が寄与したためと考えられた。

おわりに

以上のように、イソプロチオランによる割れ籾発生抑制は、本剤の処理により登熟期以降も根の活力が維持さ

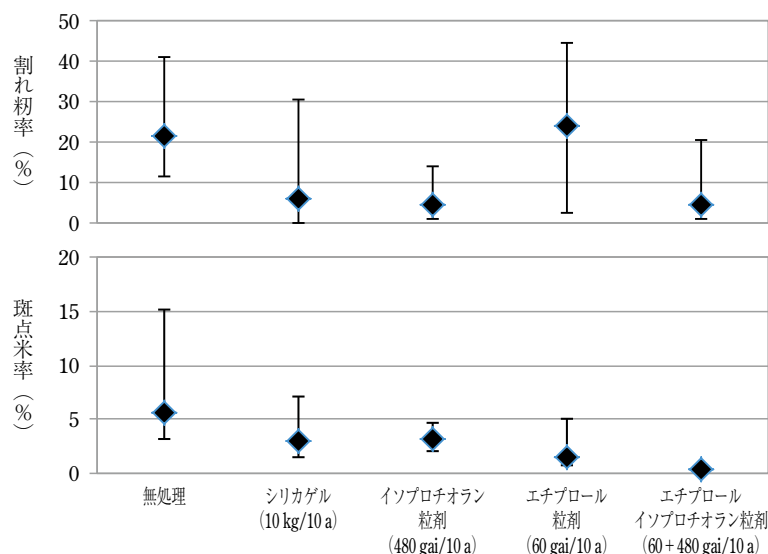


図-6 割れ籾発生抑制と斑点米被害軽減（2017 圃場試験）
中央値を◆で、最大値と最小値をバーで示した。試験地：大阪府河内長野市、品種：‘あきたこまち’、出穂期：7/20、処理日：シリカゲルのみ 6/21、ほかは 7/12 に湛水散布した（田嶋・岸上，2018）。

（参考） 使用薬剤と施用量

薬剤名	商品名	有効成分含量	施用量	有効成分施用量
イソプロチオラン粒剤	フジワン粒剤	12%	4 kg/10 a	480 gai/10 a
エチプロール・イソプロチオラン粒剤	フジワンラップ粒剤	1.5% + 12%	4 kg/10 a	60 + 480 gai/10 a
エチプロール粒剤	キラップ粒剤	2%	3 kg/10 a	60 gai/10 a
クロチアニジン水溶剤	ダントツ水溶剤	16%	4,000 倍 (100 l/10 a)	4 gai/10 a
シリカゲル（ケイ酸）	—	100%	10 kg, 100 kg/10 a	—

れ、イネの老化に伴う出液量の低下も緩やかとなり、より多くのケイ酸が穂まで供給されることによって、籾殻の充実が進んだことが主因と考えられた。また、本剤は殺虫剤との混合剤においても斑点米被害軽減に寄与していることが明らかとなった。したがって、穂いもち防除適期にイソプロチオラン粒剤を湛水散布した後、斑点米カメムシ防除を目的に殺虫剤を湛水散布または茎葉散布した場合でも、本剤は有効な斑点米対策となる可能性があると考えられる。今後は、そのような体系防除における本剤の寄与の有無を確認したい。

引用文献

- 1) 宮田将秀 (1991): 北日本病虫研報 **42**: 106~108.
- 2) 水野直治 (1978): 土肥誌 **58**: 147~151.
- 3) SAKAIGAI, T. et al. (2007): Plant Prod. Sci. **10**: 270~276.
- 4) 田嶋崇吉・岸上隆介 (2017): 北日本病虫研報 **68**: 128~133.
- 5) ———— (2018): 同上 (投稿中).
- 6) 富山県農林水産部 編 (2012): 平成 23 年度農業分野試験研究の成果と普及, p.29~30, http://taffrc.pref.toyama.jp/nsgc/nougyou/webfile/t1_0b8dde744ec3c0d1c9f9d629a0dc2410.pdf
- 7) 安田道夫・永田 修 (2005): 土肥誌 **76**: 201~203.

登録が失効した農薬 (30.5.1~5.31)

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」

●ダイアジノン粒剤

6194：日農ダイアジノン粒剤 3（日本化薬）18/5/4

「殺虫殺菌剤」

●BPMC・MEP・バリダマイシン・フサライド粉剤

14587：ホクコーラブバッサバリダスミ粉剤 DL（北興化学工業）18/5/8

「除草剤」

●グリホサートイソプロピルアミン塩液剤

22712：ネコソギ AL1.0（シー・ジー・エス）18/5/8

●ペンディメタリン複合肥料

21708：クサトレビアン（エス・ディー・エス バイオテック）18/5/25

 研究
報告

土地利用情報を用いた被害予測モデルによる 斑点米被害ハザードマップ

農研機構東北農業研究センター 田 ぶち けん 研

はじめに

害虫による作物の被害対策を効率化するためには被害予測モデルによって被害の起こりやすい地域や圃場を事前に特定し、空間的な被害リスクを可視化することが重要である。害虫管理にかけられる防除労力は時間的・空間的に限られており、どの地域に被害対策を優先して配分すべきか、その根拠を提示することができれば生産現場における害虫管理対策の意思決定に大きく貢献できるだろう。

近年、生物の季節的な移動範囲などを広域スケールで扱う景観生態学が発展し、森林や農地といった土地利用（＝景観要素としての植生・作付等）が広域スケールの環境要因として生物の分布や移動等に影響することが示されてきた（田淵・滝, 2010；2016）。これら広域スケール要因は結果的に局所的な生物個体群の動態を左右するため、これまで圃場を単位とした防除対策が主であった病害虫管理体系に、新たな視点を導入するものとして注目されている。これまで農業生態系における農地周辺環境と害虫数の関係（例えば THIES and TSCHARNTKE, 1999）が数多く研究され、これらが作物の被害程度（ZALLER et al., 2008）や収量（VENUGOPAL et al., 2014）にも影響することが知られている。植物病害分野においては、作物病害での研究事例は比較的少ないものの、虫媒性ウイルス病や樹木病害については病原体の分散や病害の空間的な発生状況に関して景観生態学的な観点から検討した事例がある（例えば PLANTEGENEST et al., 2007；ALEXANDER et al., 2014；PANASSITI et al., 2017）。

水稻に斑点米被害を起こすカスミカメムシ類は水田周辺の牧草地やイネ科雑草地といった発生源で増殖し、出穂した水田に侵入・加害する。これまでの研究から、半径 300 m 程度の範囲内にある発生源面積の大きさが、水田でのカスミカメムシ類の発生量を左右する（YASUDA

et al., 2011；TAKADA et al., 2012）ことが知られている。本報告では、この関係を利用して土地利用と斑点米被害の関係解析から被害の発生可能性を可視化した事例を紹介する。具体的には、アカスジカスミカメが主体となる地域における斑点米被害予測のためにアカスジカスミカメ発生量と農地周辺の土地利用（＝作付状況）を解析してハザードマップを作成し、被害発生リスクの高い地域の可視化を試みた。

本文に先立ち、草稿に対して有益な意見をいただいた高橋明彦氏に厚く御礼申し上げる。本稿は村上太郎、奥寺 繁、降幡駿介、榊原充隆、高橋明彦、安田哲也の六氏とともに取り組んだ調査内容（TABUCHI et al., 2017）を含んでいる。また、本稿を作成するにあたり、JSPS 科研費 16H05061 の助成を受けた。

I 調査方法

斑点米被害と水田周辺の土地利用やカメムシ発生数の関係を解析するため、岩手県奥州市の 4.5 × 6 km の範囲にある一般の生産者圃場 16 筆で 3 年間の野外調査を行った（圃場面積平均 ± SE は 22 ± 2 a, 圃場間の平均距離 ± SE は 809 ± 49 m）。調査地域は肉牛生産が盛んで水田と牧草地が混在する環境であり（図-1）、主に‘ひとめぼれ’を栽培している。調査対象水田の品種は‘ひとめぼれ’、また斑点米カメムシ類に対する薬剤防除は現地慣行である 1 回散布の圃場で統一した。いずれも斑点米被害に影響する水田内雑草が見られないことを確認した。

カメムシ発生数はフェロモントラップで調査した。各調査地点には白色粘着トラップ（SE トラップ粘着板、サンケイ化学（株）製）2 枚を背中合わせにしてダブルクリップで支柱に固定したものを草冠高に設置した（図-2a）。誘引源にはアカスジカスミカメの合成性フェロモンを封入したポリエチレン製チューブ（信越化学工業（株）製）を用いた。誘引源は粘着板の上辺にダブルクリップで固定した（図-2b）。粘着板は 7 日間ごと、誘引源は 4 週間ごとに交換した。粘着板の交換の際、一部の水田では補虫網によるすくい取り調査を行った（2011：3 筆, 2012・2013：2 筆）。トラップの両脇に約 10 m の

Predicting Potential Rice Damage by *Stenotus rubrovittatus* Using Land Use Data. By Ken TABUCHI

（キーワード：広域害虫管理、斑点米、水稻害虫、景観構造、作物配置による害虫抑制）

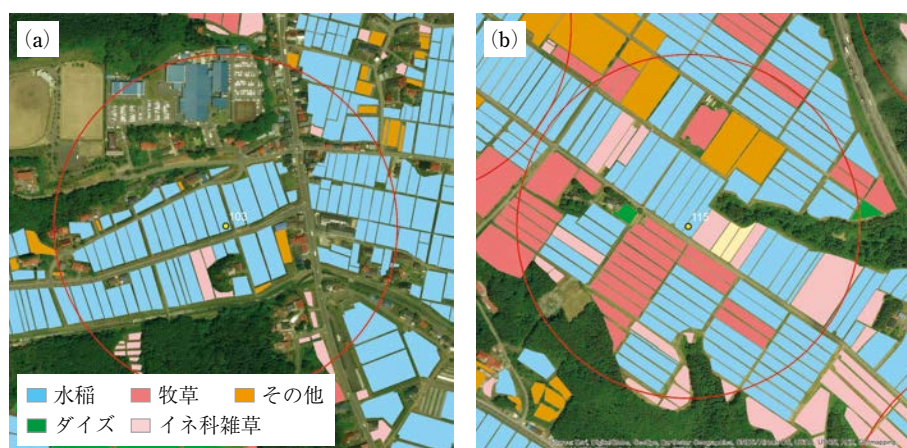


図-1 調査地周辺の土地利用の例

(a) 発生源の少ない圃場と (b) 多い圃場。地図内の赤丸は調査地点から半径 300 m の円。

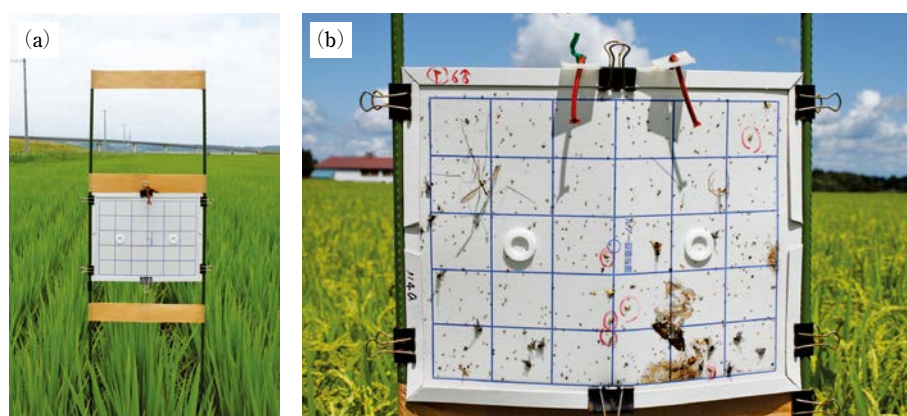


図-2 アカスジカスミカメ発生量調査に用いたフェロモントラップ

(a) 草冠高に設置したところ、(b) 回収直前の様子。赤丸の印の所に成虫が捕獲されている。

トランセクトを設定し、それぞれ 20 往復すくい取りを行った結果、2011～13 年において斑点米カメムシ類に占めるアカスジカスミカメの捕獲率はそれぞれ 89.8, 82.1, 87.9% であり、本調査における加害主要種はアカスジカスミカメであることを確認した。

斑点米被害調査においては各圃場のトラップ周辺からランダムに 20 株を採集し、乾燥・調整後 1.9 mm で篩った精玄米（平均 29,125 粒）を調査対象としてカメムシによる着色粒を計数した。

土地利用がアカスジカスミカメの発生数と斑点米被害に及ぼす影響を解明するため、調査対象圃場周辺の作付状況調査も 3 年間行った。フェロモントラップを設置した地点を中心として半径 300 m の範囲にある圃場について、現地踏査により約 3,500 圃場の作付状況を調査した。土地利用は水稲、斑点米カメムシ類の発生源（牧草地とイネ科雑草地）、ダイズ、その他の農地、森林に分類した。ダイズはアカスジカスミカメの寄主植物ではないが、一部圃場でヒエなどのイネ科雑草が繁茂している

ことを確認したため、その他の農地と区別して分類・解析を行った。調査した範囲では牧草地の 9 割以上がイタリアンライグラスを作付けしていた。また畦畔はイネ科雑草地として扱った。調査結果は地理情報システムソフトウェアの ArcGIS10.4 で電子化し、圃場の区画情報は水土里情報システム（水土里ネットいわて）のものを利用した。

斑点米被害とアカスジカスミカメ発生量および土地利用との関係は、一般線形混合モデルで解析を行った。斑点米率を角変換したものを応答変数として、説明変数の固定効果にアカスジカスミカメ雄成虫の誘殺数と土地利用（調査地点から半径 300 m 以内の水稲、ダイズ、発生源面積）、変量効果に年次を指定して統計モデルを構成した。構築された複数のモデルの中から、統計モデルの指標である赤池情報量基準（Akaike's information criterion : AIC）を用いて予測に最適な説明変数の組合せを選択した。すべての解析は R version 3.3.2（R Core Team, 2016）により実施した。

選択された被害予測モデルに基づき、モデルによる被害予測値と実測値とを比較した。また玄米品質の格付けが1等となるか2等級以下となるかの予測については疫学で用いられる、受信者操作特性曲線 (Receiver Operating Characteristic Curve) に対応する曲線下面積 (Area under the curve, AUC) 値 (AKOBENG, 2007) で精度を検証した。

予測モデルに基づいて、同じ栽培条件の近隣地域に外挿を行い、ハザードマップとして被害発生程度を地図化した (この外挿においては実データとの突き合わせは行っておらず、単純にモデルによる視覚化を試行した)。地図化においては、調査地周辺の 25×15 km の範囲の圃場について、2012 年 6 月撮影の衛星画像 (Digital Globe 社製) から約 72,000 圃場の土地利用を目視判別して ArcGIS 上で分類した。判別にあたっては、実地踏査による土地利用調査の結果を判断基準とした。ハザードマップ作成においては、対象とした農地を 424.3 m 四方の区画 (半径 300 m の円に内接する正方形) で区切り、その中の土地利用面積を ArcGIS で計算した。計算結果は半径 300 m の円に換算してモデルに挿入し、斑点米被害率を計算して予測値による格付け状況を地図に色分けした。

II 調査から明らかになったこと

1 斑点米被害と土地利用・害虫発生量の関係

斑点米被害と調査地点周辺の土地利用およびアカスジカスミカメの誘殺数との関係を解析した結果、AIC に基づいて選択された上位 5 モデルはすべて発生源面積を説明変数として含むものであった。これらのモデルにおける発生源面積の回帰係数はいずれも有意であり (表-1)、発生源面積と斑点米被害には正の関係が見られた (図-

3a)。両者の関係にはばらつきが見られるものの、被害が 0.5% を超えるような深刻な被害は発生源面積率が 15% を超える調査地点で確認された。上位 3 と 4 番目のモデルではアカスジカスミカメ誘殺数が選択され (表-1, 図-3c)、年によってばらつくものの発生源面積とアカスジカスミカメ誘殺数には正の関係が見られた (図-4)。しかしながら、最上位のモデルの説明変数は土地利用のみで構成され、アカスジカスミカメ誘殺数は選択されなかった。武田 (2016) はアカスジカスミカメのフェロモントラップではアカスジカスミカメ生息密度が高いときに捕獲数が頭打ちになってしまうことを報告しており、本研究でも実際の生息密度をフェロモントラップ捕獲数で説明しきれず、最上位モデルの説明変数に選択されなかったものと考えられた。また、上位の 1 と 2 番目のモデルではダイズ面積に有意傾向が見られ、イネ科雑草の多いダイズ圃場は斑点米被害に影響を及ぼす可能性が示唆された (図-3b)。最上位のモデルは 2 番目以下のモデルと比較して AIC の差が 2 以上ある (BURNHAM and ANDERSON, 2002) ことから、本研究における斑点米被害

表-1 斑点米被害に対する解析結果の上位 5 モデル

Δ AIC	アカスジ ♂誘殺数	発生源	ダイズ	水田	切片
—		40.05**	52.7 [†]	-1.12	-0.09
3.58		39.18***	52.95 [†]		-0.15
5.2	0.03*	30.61*	40.18	0.04	-0.53
8.72	0.03*	30.68**	40.24		-0.53
9.9		41.85**		-1.71	0.09

一般線形混合モデルによる結果。AIC によってモデル選択。
発生源・ダイズ・水田は調査地点から半径 300 m 以内の面積。
[†]: < 0.10 , *: < 0.05 , **: < 0.01 , ***: < 0.001 . (p 値の範囲)
下線太字はモデル内で有意となった変数。

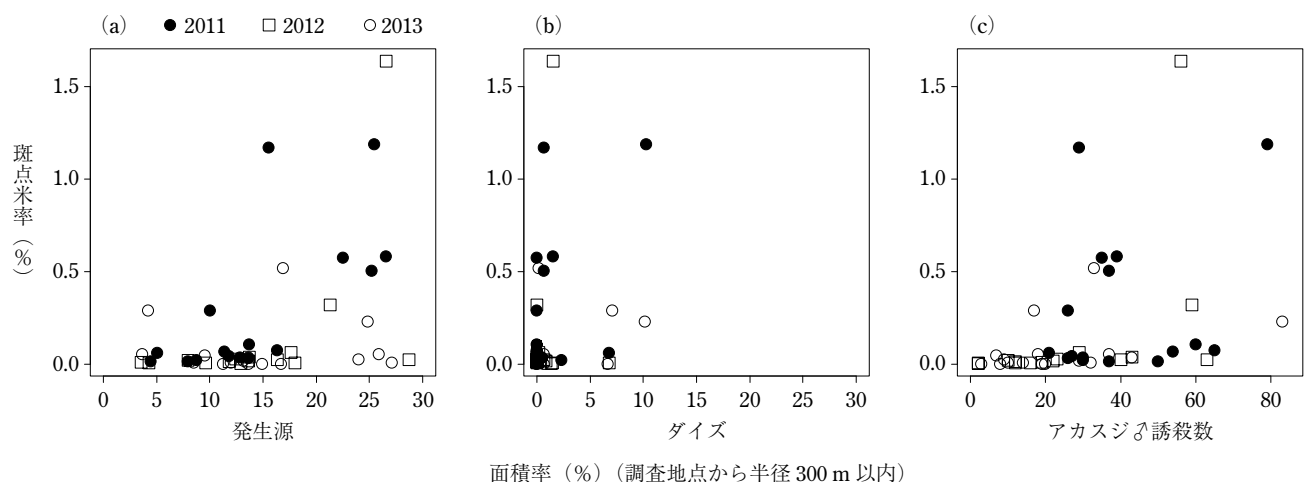


図-3 斑点米率と (a) 発生源面積率, (b) ダイズ面積率, (c) アカスジカスミカメ雄誘殺数との関係
斑点米カメシ類の発生源面積は牧草地とイネ科雑草地面積の和 (TABUCHI et al., 2017 より引用)。

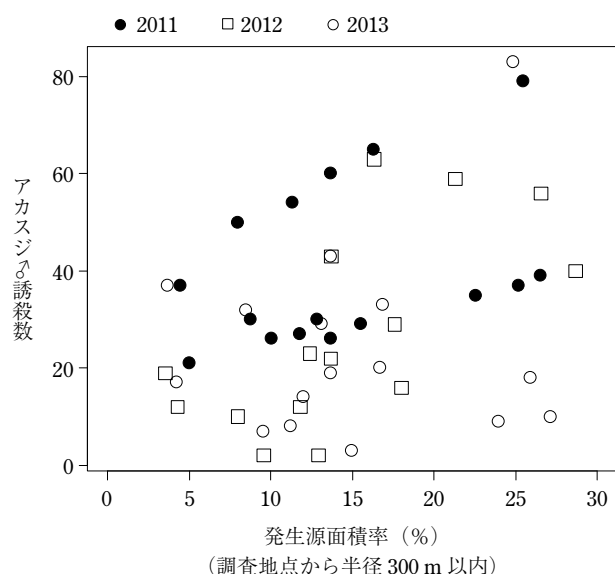


図-4 発生源面積率とアカシジカスミカメ雄成虫の誘殺数の関係 (TABUCHI et al., 2017 より引用)

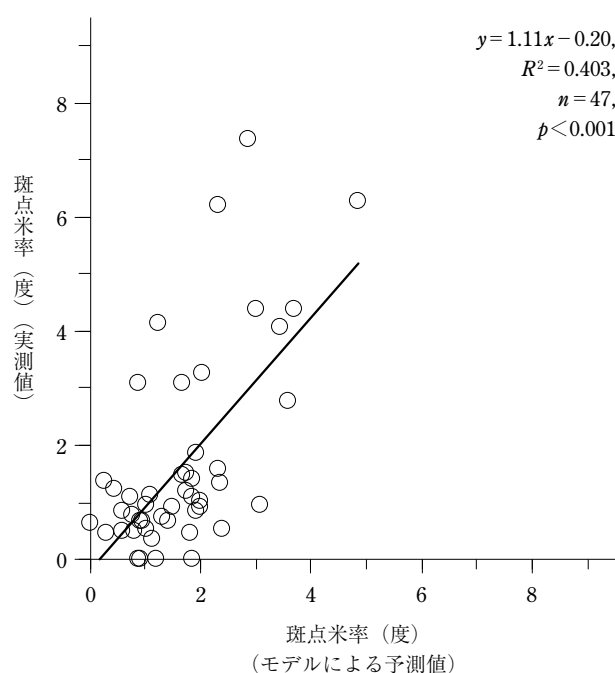


図-5 被害モデルによる斑点米率予測値と実測値
斑点米率は角変換した値 (TABUCHI et al., 2017 より引用)。

予測モデルとして採択した。

2 被害予測モデルの検証・ハザードマップ作成

斑点米被害の実測値とモデルによる予測値を比較するとこれらの関係は有意であった (図-5)。決定係数は0.403であって予測に有用なレベルではあるが頑健な水準ではなかった。水田内のすくい取り調査ではアカシジカスミカメ以外のアカヒゲホソミドリカスミカメ (10.2%) やその他の斑点米カメムシ類 (17.9%) がそれぞれ捕獲されているため、アカシジカスミカメに関係す

表-2 統計モデルによる1等と2等以下格付けの事例数

		実測値			
		2等以下	1等		
予測値	2等以下	9	10	正解 (真陽性)	空振り (偽陽性)
	1等	3	25	見逃し (偽陰性)	正解 (真陰性)

太字下線は実測と予測が一致した数を示す。

1等と2等級以下格付け予測の正答率は72%。

る土地利用と空間スケールを説明要因とした本予測モデルの精度に影響した可能性がある。一方、調査水田で玄米の格付けが1等級になるかどうかについて、モデルによる正答率は72% (表-2)、またモデルの予測精度の指標であるAUC値は0.82 (中程度の精度: 0.7~0.9)であり、モデルによる1等と2等級以下の格付け予測は十分に有効であることが示された。

予測モデルの有用性が確認されたため、調査地周辺での斑点米被害のハザードマップを作成した (図-6)。対象とした679区画のうち、300区画で2等級以下に格付けされる可能性が高いことが示された。

3 土地利用を用いたハザードマップとその活用

過去20年の間に農地周辺の土地利用が害虫発生量に及ぼす影響を解明した研究は相当数蓄積されてきたが、作物被害や収量への影響を検討した事例は少なく (ZALLER et al., 2008; VENUGOPAL et al., 2014; SCHNEIDER et al., 2015; MARTIN et al., 2016), 被害の起こりやすい地域を推定する研究 (ZALUCKI and FURLONG, 2005; MASETTI et al., 2015) は若干あるものの土地利用情報を組み込んだ研究はこれまでにない。本研究から、害虫の密度を調べることなく (害虫に固有の空間スケール内の) 土地利用のみを用いて作物被害予測モデル構築を行い、被害の起きやすい地域や圃場を可視化できることが示された。このようなモデルからハザードマップを作成することで優先的に防除労力を集中させるべき区画が示されるため、地域の害虫管理の方針を決定する際の科学的根拠としての活用、具体的には農薬散布の意思決定補助にかかわっていくことが期待される。すなわち防除の優先度の高い地域や圃場では防除適期を外さず薬剤散布を実施するよう労力を集中し、場合によっては薬剤散布回数の増加も選択肢として考える。一方で防除の優先度の低い地域や圃場では、薬剤散布回数を減少することで防除コストや労力の軽減が見込まれる。このように作物被害を適切に軽減するために、限られた防除労力の有効配分に寄与できるだろう。

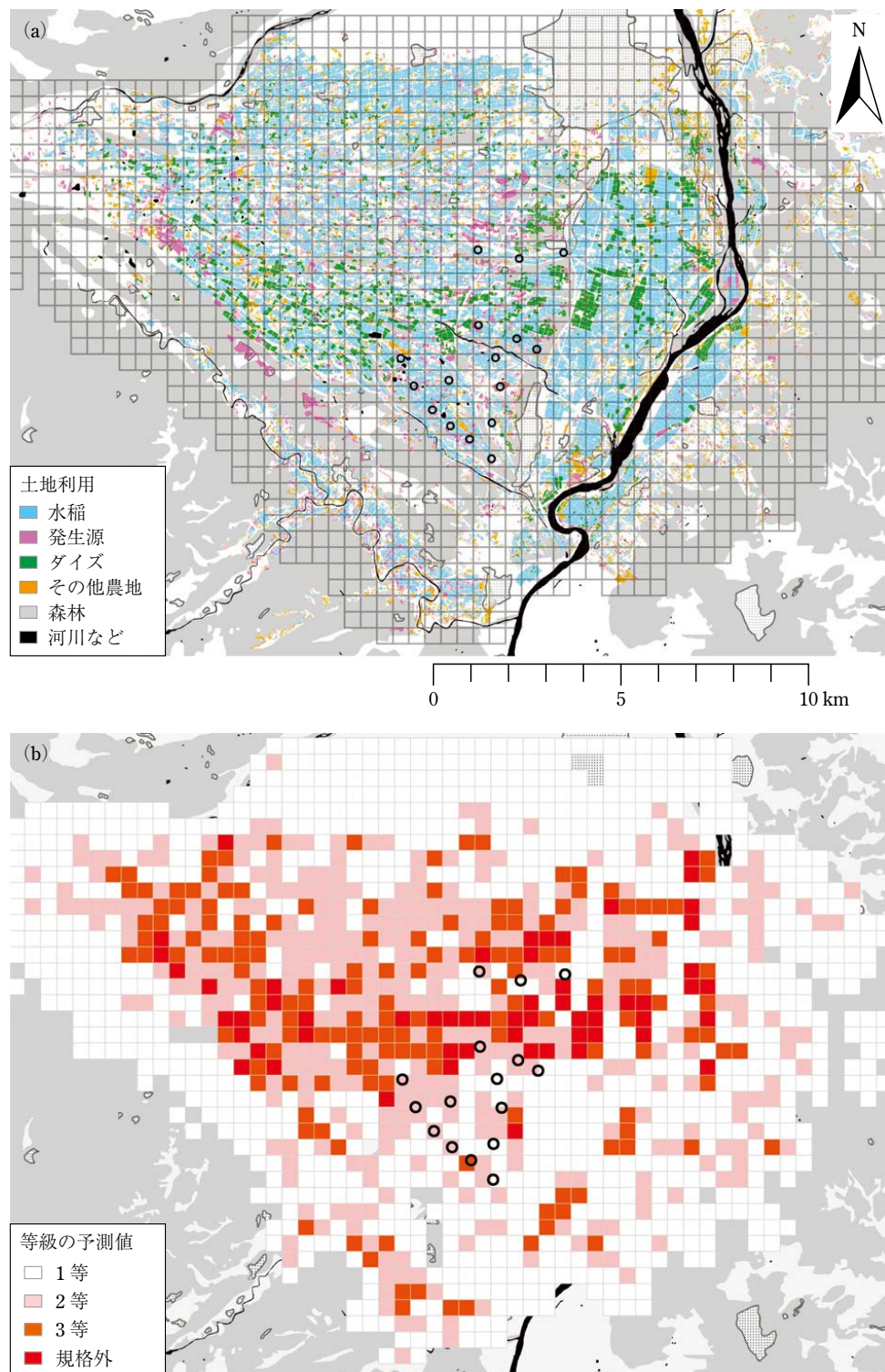


図-6 (a) 圃場の作付状況地図と (b) 斑点米被害のハザードマップ (TABUCHI et al., 2017 より引用)
 図中の○は調査地点を示す。土地利用は 25×15 km の範囲にある 72,000 圃場を航空写真 (2012 年 6 月撮影) から目視判別した。図中の 424.3 m 四方の枠内に水田がある場合、どの程度被害が出るかモデルから予測している。等級の予測値はカメムシへの殺虫剤散布 1 回、色彩選別未実施での値を示し、出荷時の等級予測とは異なる。

おわりに

本報告の調査方法や結果には限界も存在し、今後検討されるべき点もいくつかある。今回は斑点米被害を起こす害虫カメムシのうちアカスジカスミカメを調査対象としたが、本種は有効な天敵が報告されておらず、また移動距離も比較的限られているため、農地周辺の土地利用に対する害虫発生量や作物被害の関係が比較的モデル化しやすい特性があった。土地利用と害虫発生量の関係は分類群や個別の生物間相互作用に強く依存する (TSCHARNTKE et al., 2016) ため、本種以外の斑点米カメムシ類や、その他害虫種へ今回のハザードマップ作成の枠組みが適用可能かどうかについては今後検討していく必要がある。

アカスジカスミカメによる斑点米被害のハザードマップを広域に展開していくうえでも①対象地域、②栽培体系、③ハザードマップ作成の簡便化、④更新頻度の特定、等解決すべき課題がある。まず、①今回の被害予測モデルとハザードマップは特定の一地域を対象としているため、同じ栽培条件の別地域における外挿可能性を検討する必要がある。また、アカスジカスミカメは日本海側地域を含めて日本国内で幅広く主要種となっている (田渕ら, 2015) が、別の斑点米カメムシ種がいる場合の予測手法も検討されるべきである。②栽培体系に関しては別品種でも本モデルが適用可能か、特に割れ籽率や出穂期の違い等に注目して検討すべきであろう。さらに各地域によって防除体系に違いがあるため、農薬散布回数異なる場合においても統計モデル作成をすることで適用範囲の拡大が見込まれる。斑点米被害に強く影響する水田内の局所要因としては水田内雑草が挙げられるが (加進ら, 2009; 高橋・菊池, 2013)、今回は水田内雑草のない圃場のみを調査対象としているため、残草が多い場合には個別の判断が必要になってくる。

③今回、ハザードマップ作成時には圃場を目視判定して土地利用を区別したが、これには多大な労力がかかる。画像解析や画像認識の技術を用いて衛星画像や航空写真からの土地利用判別が簡便化されればハザードマップの広域展開に弾みがつくだろう。④本ハザードマップは土地利用情報を基盤としているため、作付状況が変化することで予測結果が変わる。大規模な区画整理がなければ土地利用図の軽微な修正で対応可能であると予想できるが、何年程度で更新すべきか、実際の土地利用状況

に対応したハザードマップ管理が必要になるだろう。

本報告では土地利用情報を用いた害虫被害のハザードマップ提示事例を紹介した。一般的に、リスクの大きさは作物被害や自然災害等の発生確率 (possibility) と影響度 (severity) の積で表される。本研究の結果は発生確率の程度を示したに過ぎない。斑点米被害の発生リスクは所有する圃場数・面積や水稻への依存度等、個別の生産者や地域の事情によって異なるため、これらの事情に配慮して地域の防除指針に反映されるべきであろう。今回のハザードマップは特定の害虫を対象とした1事例であるが、今後は広範な地域への適用や様々な作物・害虫種に対応したハザードマップ利用の可能性が示され、広範な適用が期待される。将来的には農地集積などの際に地域内の圃場の作付けを適切に配置することで害虫被害の起こりにくい農地景観を再現し、広域害虫管理を推し進める (SCHELLHORN et al., 2014) 可能性も考えられる。

引用文献

- 1) AKOBENG, A. K. (2007): *Acta Paediatrica* **96**: 644~647.
- 2) ALEXANDER, H. M. et al. (2014): *Eur. J. Plant Pathol.* **138**: 529~547.
- 3) BURNHAM, K. P. and D. R. ANDERSON (2002): *Model Selection and Multimodel Inference, A Practical Information-Theoretic Approach*, Springer-Verlag, New York, 488 pp.
- 4) 加進文二ら (2009): *応動昆* **53**: 7~12.
- 5) MARTIN, E. A. et al. (2016): *Ecol. Appl.* **26**: 448~462.
- 6) MASETTI, A. et al. (2015): *Agric. For. Entomol.* **17**: 138~145.
- 7) PANASSITI, B. et al. (2017): *Basic Appl Ecol* **18**: 75~85.
- 8) PLANTEGENEST, M. et al. (2007): *J. Roy. Soc Interface* **4**: 963~972.
- 9) R Core Team (2016): *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- 10) SCHELLHORN, N. A. et al. (2014): *Annu. Rev. Entomol.* **59**: 559~581.
- 11) SCHNEIDER, G. et al. (2015): *J. Appl. Ecol.* **52**: 1283~1292.
- 12) TABUCHI, K. et al. (2017): *Agric., Ecosyst. Environ.* **249**: 4~11.
- 13) 田渕 研ら (2015): *東北農研研報* **117**: 63~115.
- 14) 田渕 研・滝 久智 (2010): *植物防疫* **64**: 251~255.
- 15) ————— (2016): 同上 **70**: 323~328.
- 16) TAKADA, M. B. et al. (2012): *Biol. Cont.* **60**: 169~174.
- 17) 高橋良知・菊池英樹 (2013): *北日本病虫研報* **64**: 126~129.
- 18) 武田 藍 (2016): *千葉農総研特別報* **7**: 55~99.
- 19) THIES, C. and T. TSCHARNTKE (1999): *Science* **285**: 893~895.
- 20) TSCHARNTKE, T. et al. (2016): *Biol. Conserv.* **204**: 449~458.
- 21) VENUGOPAL, P. D. et al. (2014): *PLoS ONE* **9**: e109917.
- 22) YASUDA, M. et al. (2011): *Appl. Entomol. Zool.* **46**: 519~525.
- 23) ZALLER, J. G. et al. (2008): *Agric., Ecosyst. Environ.* **123**: 233~238.
- 24) ZALUCKI, M. P. and M. J. FURLONG (2005): *Insect Science* **12**: 45~56.

時 事 解 説

中国の農薬管理の変遷と今後の課題

日産化学工業 農業化学品事業部 佐 藤 ゆう じ
海外本部

はじめに

中国では日本の農薬取締法にあたる農薬管理条例が昨年施行された。これは、1981年以來の大きな変更であり、農薬行政における大きな影響を持つ。ここでは、この紹介を含めたこれまでの中国の農薬行政の変遷と併せて今後の方向性についても多少言及したい。

I 農薬工業会の中国関連組織

農薬工業会（以下工業会）の国際委員会（13社で構成）は三つのワーキンググループを置き、その一つに知的財産権ワーキンググループ（以下 IPRWG）がある。このワーキンググループは主に農薬にかかわる知財権の確保を目的として活動をしている。特に中国では過去から欧米や日本の農薬の模倣品が多く流通し、正規品の販売に影響を及ぼす事例が多く見られ、業界としての対応も重要である。

また、日本貿易振興機構と工業会が一部援助して中国に進出している日系農薬企業中心に構成される中国 IPG 農薬ワーキンググループ（IPG は（Intellectual Property Group in China の略）が上海を中心に活動しており、日本製品の模倣品、偽物の防止啓発活動などを行っている。

II 工業会と ICAMA の関係構築

2011 年ころから、中国の農薬管理条例が改正されるとの情報から、工業会としてその内容検討を行ってきた。輸出登録、臨時登録制度を含めた改正の内容について、多くの点で建議・意見交換を行う必要性を確認し、工業会として ICAMA（中国農薬検定所）との関係構築を行う必要があるとの結論になった。

2013 年には日中関係の不透明化の影響を受け、ICAMA 側が工業会との直接対話を避けるムードが広がり難しい局面を迎えた。ICAMA からはその後、技術交流的なもので両者の関係構築が可能との打診がなされ、政治情勢に

影響を受けることを最小化する選択肢を取ることにした。

2014 年には村田副会長（当時）を代表として ICAMA を訪問。工業会の ICAMA に対するこれまでの建議（要請）中心のアプローチから戦略転換を図り『支援と協調』を新たな基軸として関係強化する方向性を認識してもらうことに成果を得た。これにより、今後定期的な交流を行うことで合意した。

その後神山会長（当時）の ICAMA 訪問や陝西省 ICAMA の農水省訪問にあたっての協力など着実に関係基礎の強化を積み上げてきたが、農薬技術交流に関する覚書の合意には時間を要し、2015 年に締結に至った。

第一回の農薬技術交流会は北京にて、平田会長（当時）を代表団とした工業会関係者と ICAMA および関係団体が 50 名参加し開催された（図-1）。ここでの ICAMA 側の演題として、工業会の最大関心事である農薬管理条例の施行前の現状説明を依頼した。現在まで東京と北京開催を合わせて 3 回の開催を経過している（図-2）。

III 管理条例の紹介と改正まで

中国の新「農薬管理条例」（以下新条例）は、2011 年 7 月に最初の草案を公表し、数年の論議、修正の後、2017 年 2 月 8 日、中国国務院第 164 回の常務会議にて承認され、新条例が同年 6 月 1 日より施行された。

1 中国農薬管理の歴史

先進国の中国の農薬関連の法律・法規の策定は、フランスの 1905 年、日本の 1948 年に比べて遅かった。法的制度の制定に関しては、以下のような時期に分けられる。

（1）1957～82 年の「農薬管理規定」の公布まで

この期間中に、有機リン、有機塩素系農薬および燐蒸剤の使用範囲等の具体的な規定や海外農薬の圃場試験の管理規定等を作成した。また、農業部は関連省庁とともにいくつかの農薬安全使用基準を作成した。実質的な農薬管理は、1978 年の ICAMA の復活以降となった。

（2）1982～97 年の「農薬管理条例」公表まで

1982 年には「農薬登録規定」および「農薬登録データ要求」を公布し、農薬登録制度が施行された。また、同年 6 月、「農薬安全使用規定」を公布し、さらに国外

Brief Introduction of Regulations on Pesticide Administration in China and Challenges for the Future. By Yuji SATO
（キーワード：中国、管理条例、農薬工業会）



図-1 北京で開催された第1回中日農業管理技術交流会（2015年）
（右から6人目が平田会長（当時））



図-2 西本会長（右）と周 中国農業検定所長（左）（2017年）

の農業に対して生物面での登録要求を発表した。

（3）新条例の公表まで

1997年に第1版の「農業管理条例」を施行した後、2001年には改訂版を公布した。主な追加内容は試験データの登録取得後6年の保護措置と規定違反に対する罰則強化であった。

2 中国の農業製造

中国の農業製造業に関しては三つの時期に分けることができる。1980年代を初期と見れば、有機塩素系の農薬が徐々に淘汰され、合成ピレスロイド系殺虫剤が普及を始めた時期である。1990年代は農業業界が徐々に発展した時期で、ブプロフェジン、イミダクロプリド等が登録され、毒性の高いメタミドホスやパラチオン等が置き換えられた。2000年以降は農業業界の急速な発展時期で、フィプロニル、アゾキシストロビンが登録され、その後も新規登録剤が次々認可された。農薬登録件数も2017年時点で3万件を超え、今も急速に増加している傾向がある。

一方、2000年に更新した「農業管理条例」では農業管理面で人への健康、環境保全や食品安全に十分に対応できておらず、新条例では農薬登録制度、農薬製造品質と安全管理、農薬安全使用監督および農薬管理の監督責任内容について広く修正する必要がある。このため政府関連部門、中国内の農薬関連企業、海外の農薬メーカーなどに広く意見を聴取した。

3 中国農薬管理条例改正の背景

管理条例改正の背景として、①農薬の過剰供給、②農業管理部門が統一できていない、③農薬の不正使用による食品安全問題、④環境汚染による環境、人的健康問題等があげられる。

関連資料を見ると2017年3月時点、中国の農業製造

企業は2,130社であり、農薬原体数は約650、製品数は3万の登録がある。また、農薬経営会社は36.7万社（そのうち個人経営は62%）、経営者63.7万人。全国では農家2.5億戸、農業生産従事者は3億人、そのうち61%の人は小売店の推薦で農薬を購入使用しており、病虫害防除の80%以上は農家自身により行われていた。

農業部は市場サンプリング調査を2016年から2年間実施し、ラベル記載通りでない不合格率は2017年でも11%（うち違法農薬は63%を占める）であった。新条例で登録要件の高度化、かつ違法農薬、不正使用などに対して罰則を強化された背景にはこのような調査結果が反映されていると説明されている。

2015年10月より施行した「食品安全法」改定版では、急性毒性の高い農薬は野菜、茶等に使用禁止になっている。その背景には、農薬の不正使用や、禁止農薬を使用する例が多く認められたためである。2010年に海南島産のインゲン豆に使用禁止農薬が残留基準以上検出され、海南産インゲン豆の不買運動や、2015年にはアルジカルブの残留量が大幅に超過したスイカを食べた複数の山東住民が中毒をおこした事件があった。法整備だけでなく市場監督を具体化するため新条例では法律の監督、実施、処罰等を農業部門に一本化した。

4 農薬管理条例の主な修正内容

管理条例の出発点は農業生産安全、農産物の品質安全、生態環境の保全であり、より厳しい基準を設け、監督、罰則と責任が強化された。2017年8月には、工業会の主催によるICAMA 嚴副所長および監督処の劉処長を日本に招いての新農薬管理条例の説明会を開催した。

農薬管理条例と付随法規の重要な変更箇所を以下に纏める。

(1) 農業管理条例

- 1) 農業の管理体制の改革
- 2) 生産経営者の責任を明確化
- 3) 農業登録者の範囲を拡大
- 4) 農業の臨時登録制度を廃止
- 5) 農業の登録試験制度の改革
- 6) 登録試験データの譲渡可
- 7) 農業生産許可制度の改革
- 8) 農業製造委託の規定

ほかにも農業の偽物、劣質農業の定義と罰則、農業製造の管理制度と原材料購買の査証制度、農業経営の許可制度、農業経営の購買と査証制度、農業使用の指導、農業使用者の義務の強化、農業廃棄物の回収制度および各段階の違反時の罰則等を細かく規定した。

(2) 付随法規

農業の付随法規(弁法)として、「農業登録管理弁法」、「農業生産許可管理弁法」、「農業登録試験管理弁法」、「農業経営管理弁法」、「農業ラベルと説明書管理弁法」がある。これらの付随法規は「農業管理条例」の詳細規定でもあり、ここでは詳細を省略する。

IV 新条例は中国の農業市場にどのような影響があるか

新条例の施行は、農業製造企業、販売業者、使用者ともに大きな影響を受ける。

1 農業製造企業

農業登録の要求事項が増加した。管理条例施行を契機にジェネリック品を減らすことが当局により明言されており、2020年までに新規登録のジェネリック認可を30%、2025年までに50%減少させることを目標としている。また、昨年夏ごろから、華北・揚子江流域の製造工場では当局の規制に対応した環境対策の整備による工場の操業一時停止が相次いだことで農業原体の価格が2~4割高騰し、現在でも供給困難な製品もある。

農業登録に関して、原体の安全性評価項目増加、製剤の残留試験数が倍増、さらに中国国内試験機関でのGLP試験の要求が厳しくなった結果、試験費が高騰し、登録取得に係る費用が増加するとみられる。また、国内製造企業の規模は小さいところが多く競争力が弱い。重複するジェネリック農業でも環境整備の安全対策を取らないと、存続の危機に直面しかねない。工場の設立に関しては規模の小さい企業の存続が困難になっていると聞く。

一方、新条例により製造企業にとっては変革の機会をもたらす側面もある。競争力が弱い企業の淘汰、改革を推進しているため、環境、設備、規模、品質管理等が整

備された大手企業が一気に拡大するチャンスでもある。

また、委託加工の規定では、今後生産許可証があれば既登録農業をもつ他社の委託を受けることができ、従来までの製造会社による自社登録は必要なくなる。中小企業は、専門の製造メーカーに委託し、販売型企業に転換することができる。

2 農業販売店

農業製造者、農業経営者(農業販売店)、農業使用者の責任を明確にし、三者の連帯関係を強化し、経営と使用者への監督を強化した。農業経営者は経営許可制とした。中国国務院は行政許可を減少させようとしている中、農業経営を許可制にしたことは、農業の供給元の監督を重要視していることを示している。中国市場では偽物、不合格品が流通し、常に関連部局の査察の対象となっている。2016年に農業資材の偽物取り締まり活動を実施し、延べ251万人を派遣し、132万経営店を調査、43万個の市場製品を検査し、農家使用レベルで6.2億元(日本円で約125億円)相当を回収した。農業部では2020年までに、農業のサンプリング検査の合格率95%以上、農産物の農業残留の合格率は96%以上を目標としている。新条例は経営者の違法行為に厳しい処罰を下すことで偽物、劣質農業を断ち切り、食品の安全保証に役立つと考えられる。

販売店は、今後製品の購入に慎重になるであろう。過去、農業販売店の一部は、利益の高い商品を選び、問題が発生した際は企業に責任を負わせる傾向が見られた。新条例では、連帯責任があるので、市場での偽物、劣質製品の流通減少が期待できる。

規制農業*の許可制経営(定点経営)が新条例に規定されている。今後は規制農業が許可制に移行することで違法販売の減少が期待される。

また、販売店は農家に指導をしなければならない。さらに使用済み廃棄物は回収業者に委託し、費用は販売会社と共同責任で負担しなければならない。

3 使用者

農業の使用に関して農家の知識不足により、農業の規定、ラベルを遵守しないケースが少なくない。新条例では政府の異なる機関で農家への訓練、使用指導を明確化し各関連の団体や専門家の指導を推奨し、また専門サービス機構の設立を奨励している。一方、使用者の義務を規定し、ラベル使用の徹底、収穫前日数使用の遵守、禁

*規制農業：毒性が高い、または残留・環境影響の高い農業で2017年10月の公布で32種類が指定されている。使用範囲が限定され、それを供給する際にはラベルに赤字で「使用制限」と表示しなければならない。

止農薬の不使用、毒性の高い農薬の使用回避を規定した。新条例では関連条項を旧条例より4条増やしており、農薬の使用を重視していることが明確になっている。

V 中国における農業管理

今回の新条例は管理のための要求事項、管理の責任を明確にし、管理方法、管理の行為が規定され、さらに新条例公表の前後にたくさんの技術標準を公表し、ある程度先進国の管理に近づけようとしている。特にリスク評価の全面導入と罰則強化で社会からの監督を強化したこと、技術の標準化などは今回の管理条例と関連法規の注目点である。

VI 日本の農業企業の直面する問題と機会

新条例の施行前から、工業会と会員各社が非常に高い関心を持ち、ICAMAと積極的に交流を行った。工業会は2015年から、3回の技術交流会を実施、中国の農業管理規定の改正状況などの法規問題、日本の農業登録の状況や生物農薬、危険品、マイナー作物の登録等紹介し、非常に重要な交流手段の一つとなっている。

日本の農業企業各社は中国で農業登録取得の上販売を行う中で農業管理の変化を見てきた。その経験を踏まえて今回の農業管理条例の施行は、直面する問題もあるが将来的には日本の農業業界にとってもよい機会となると考えられる。

1 直面する問題

今回の新条例において、国外の農業登録データは「中国政府が認定したGLP試験受託機関あるいは中国と相互認定された国のGLP試験受託機関が作成したもの」と規定しており、今まで受け入れていたOECDのGLP試験データが、今後認証されない可能性が高い。これは日本の農業企業だけでなく、中国に進出している欧米企業も同じ問題を抱えている。

第二に、現状では中国内に十分な技術を保持した試験施設が不足している（現時点で放射性同位元素を用いる植物代謝試験の施設がないことや、慢性毒性と発がん性併合試験等の長期試験が実施可能な施設が少ない等）。中国内の農業企業も多数ある中で、すべての試験実施が円滑にできるか不透明である。

第三に、ICAMAは登録前の事前相談を受け付けていない。データギャップが明確にされず、申請後の指摘を受ける可能も考えられる。最後に、新条例の規定はいま

だ不明点が多くあり、詳細を規定する細則の制定が望まれる。

2 機会

一方、日本にとってプラス面もある。中国が食の安全性、環境保全、人の健康のための適正農薬使用を推進することで、輸入農作物の安全性確保や、企業の中国投資が高まることが期待される。

3 農薬販売

規制対応によるコスト増は登録数の減少につながるほか、輸入品との価格差が減少することが期待される。これにより、高品質製品が市場で公平な競争ができることが期待される。

本改正でラベル上には登録商標のみしか使用できないことも、模倣商標を減少させることにつながる。

4 新規化合物の市場投入

現状では、新規化合物の特許期間中に発売されたものの偽物（デッドコピー品）の出現や、特許期間中の有効成分を違法合成し別の製品に添加する例も見られる。新条例の厳しい管理とその規則に基づき、違法行為が行われた時に取締りと罰則の適用が適切に行われることが期待される。

5 現地販売会社の設立

農薬販売の許認可はより厳しくなるが、新条例の施行によって、一時停滞していた大都市での農薬販売権の審査が再開される見込みである。

6 小分け包装許可の簡素化

過去の小分け包装は分装登録が必要だったが、新条例では工場の資格があれば、より簡単に委託ができる。

おわりに

新条例の施行は、中国の農業業界における大きな変化であり、中国への輸入農薬にも大きな影響をもたらす。新条例は農業先進国の国際標準に照らし合わせながら、国内の実態に適合させたもので、農業登録、製造、流通、使用がより適切に行われ、最終的には食品の安全、環境保全ないし人的健康を保証するものとなるため、重要なこととして歓迎すべきである。しかし、実際に運用されていくことが重要で、今後政府各部門の動きを注視しながら、中国における健全な農業業界の発展に貢献したい。

なお、本稿作成にあたり石井卓朗氏には多大な協力をいただいたので、ここに謝意を表する。

安全を、
農場から。
安全をつくる。だから笑顔になる。

安心を、
全国へ。

安心を食へる。だから笑顔になる。

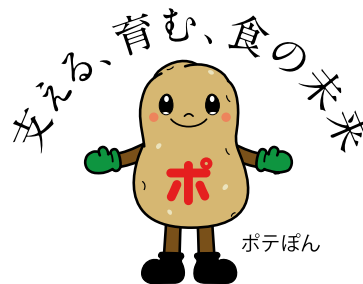
見つめなおそう、食と農。

食料生産の重要性と農薬の役割

webで動画配信中!
www.jcpa.or.jp/labo/movie/



スマホからも
アクセス!



農薬工業会

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町2-3-6 宗和ビル4F
TEL 03-5649-7191 (代表) FAX 03-5649-7245

※農業者及び農薬流通関係者の皆様に、「食料生産の重要性と農薬の役割」に関する情報をまとめた動画コンテンツを無償にてご提供しています。研修会などにお役立てください。



平成 29 年度新農薬実用化試験から

一般社団法人 日本植物防疫協会 調査企画部 ふな き 舟木 ゆう き 勇樹・ほうじょう ひろし 北條 広

はじめに

一般社団法人 日本植物防疫協会が主宰する新農薬実用化試験では、新しく開発された殺菌剤・殺虫剤のほか、適用作物や病害虫の拡大を目指した試験、新たな製剤や施用法を目指した試験等、様々な試験が毎年実施されている。本稿では、平成 29 年度に実施された新農薬実用化試験の中から、その成分が「新規化合物」と表示されている薬剤を中心に、薬剤を 3 項目に分類（1. 殺菌剤、2. 殺虫剤、3. 生物農薬、天然物、物理防除剤等）し、試験の概況を紹介する。なお、紙面の都合上、主な薬剤について紹介させていただいた。

I 殺 菌 剤

AKIF-0003SC

（新規化合物 200 g/l, アグロカネショウ(株)）

本年はじめて登場した殺虫・殺菌剤で、試験計画書では病害防除剤としては予防効果主体とされている。本年度は病害対象に果菜類のうどんこ病、きく白さび病に対して 14 試験が実施された。うどんこ病に対しては、トマト、ピーマン、きゅうり、メロンおよびいちごで 11 試験が行われ、おおむね十分な効果を示した。きく白さび病に対しては 3 試験実施された。多発生条件では効果の程度がやや低い事例があったものの、全体ではまずまずの効果を示した。薬害はいずれの試験においても認められなかった。

BAF-1707 フロアブル

（新規化合物 400 g/l, BASF ジャパン(株)）

本年はじめて登場した殺菌剤で、試験計画書では DMI 剤とされている。野菜分野では、果菜類のうどん

こ病、灰色かび病、すすかび病、つる枯病等に対して 33 試験が実施された。なすおよびトマトのすすかび病やウリ科野菜つる枯病等では高い効果が示されたが、トマト灰色かび病では効果がやや低い事例が見られた。うどんこ病に対してはなす、トマト、ピーマン、きゅうり、メロンおよびすいかで 15 試験が実施された。なす、トマトおよびすいかではおおむね高い効果が示されたが、ピーマンでは効果がやや低い事例が見られた。ピーマンうどんこ病は葉の内部へ病原菌が侵入する内部寄生性であり、なすなどの病原菌とは寄生性が異なる。本年度の結果では、内部寄生性のうどんこ病菌をやや苦手とする傾向が示された。きゅうりおよびメロンでは、効果が高い事例がある一方で、効果がやや低い事例も散見された。薬害はいずれの試験においても認められなかった。

BCF-171 乳剤

（新規化合物 25 g/l, バイエルクロップサイエンス(株)）

本年はじめて登場した殺菌剤で、試験計画書では浸透移行性を有するとされている。野菜分野では、ばれいしょとトマトの疫病、だいず、きゅうり、はくさい、たまねぎおよびレタスのべと病に対して 11 試験が実施され、いずれも高い効果が示された。薬害はいずれの試験も認められなかった。果樹分野では、ぶどうべと病に対して 2 試験が実施された。試験例数は少ないものの、いずれも高い効果が示された。薬害はいずれも認められなかったが、果粉溶脱が認められた事例があった。検討会では、今後使用時期などについて検討する必要があると結論された。

FMC-1603SC

（新規化合物 41.9%, エフエムシー・ケミカルズ(株)）

平成 28 年に登場した殺菌剤で、試験計画書では予防効果主体の新規殺菌剤で、幅広い病害に卓効を示すとされている。果樹分野では、なし、もも、りんごおよびおうとうの黒星病、灰星病に対して 9 試験が実施された。

The Remarked Pesticides for the Efficacy Study in Japan. By Yuki FUNAKI and Hiroshi HOJO

（キーワード：新農薬実用化試験、新規化合物、殺虫剤、殺菌剤、平成 29 年度）

試験例数は少ないものの、いずれも高い効果が示された。薬害はいずれの試験においても認められなかった。

NC-241 フロアブル

(新規化合物 150 g/l, 日産化学(株))

平成 28 年に登場した殺菌剤で、試験計画書では予防効果、治病効果、残効性、浸透移行性を有するとされている。野菜分野では灰色かび病、菌核病、うどんこ病等に対して 2 か年で 114 試験が実施された。ねぎ黒斑病では効果がやや低い事例が認められたが、そのほかの作物では各病害に対しておおむね高い効果が示されている。きゅうりでは実施された 14 試験のうち 1 試験で、中～下位葉の葉全体が枯死する激しい薬害症状が認められ、実用上問題ありと判断された。このほか、メロンでは実施された 8 試験のうち 1 試験で下位葉が部分的に色が抜ける症状が認められたが、実用上問題なしと判断された。ウリ科野菜での薬害発症の条件について今後検討を要すると思われる。そのほかの作物では薬害は認められなかった。果樹分野では、なし、ぶどう、かきおよびおうとうの黒斑病、灰色かび病、黒とう病、うどんこ病等に対して 20 試験が実施され、いずれも高い効果が示されている。これら果樹類では薬害は認められなかった。

NF-180 フロアブル 8

(新規化合物 8.0%, 日本曹達(株))

NF-180 フロアブル 10

(新規化合物 10.0%, 日本曹達(株))

NF-180 フロアブル 20

(新規化合物 20.0%, 日本曹達(株))

平成 26 年に登場した殺菌剤で、試験計画書では予防効果が高い新規系統の殺菌剤とされている。本有効成分は、含有量がそれぞれ 8%, 10%, 20% の 3 製剤があり、対象作物ごとに別々の製剤で試験を実施している。稲分野では 8% 製剤にていもち病、稲こうじ病および穂枯れ(ごま葉枯病菌)に対して 29 試験が実施された。いもち病と稲こうじ病はおおむね十分な効果が示された。一方、穂枯れ(ごま葉枯病菌)では一部で効果がやや低い事例が認められた。効果がやや低い事例はいずれも接種により発生が多くなった事例で、対照薬剤の効果もやや低い条件であった。野菜分野では 10% 製剤にて主に果菜類の灰色かび病、菌核病、炭疽病等に対して、4 か年で 126 試験が実施され、全体として十分な効果が示された。果樹分野では 20% 製剤にて、なし、もも、うめ、

ぶどう、かき、りんごおよびかんきつ等の灰星病、灰色かび病、落葉病、うどんこ病等に対して 123 試験が実施された。りんごとぶどうの褐斑病など一部に効果が低い事例が見られたが、全体として十分な効果が示された。芝草分野ではベントグラス炭疽病に対して 7 試験が実施され、いずれも高い効果が示された。薬害はいずれも認められなかったが、ぶどうでは果粉溶脱が認められる事例が示された。検討会では、今後使用時期などについて検討する必要があると結論された。

S-2399 40SC

(新規化合物 37%, 住友化学(株))

平成 26 年に登場した殺菌剤で、平成 30 年度より薬剤名をカナメフロアブル、有効成分名をインビルフルキサムとしている。試験計画書では浸透移行性を有する予防効果主体の新規殺菌剤で、浸透移行性を有するとされている。これまで麦分野では雪腐病、赤さび病、うどんこ病に対して 4 か年で 33 試験が実施された。うどんこ病では一部で効果の低い事例が認められたが、雪腐病、赤さび病ではおおむね高い効果が示された。薬害はいずれの試験も認められなかった。豆類・野菜分野ではうどんこ病、灰色かび病、菌核病、白絹病等に対して 245 試験が実施された。だいの紫斑病では効果の低い事例が散見されたが、そのほかの各作物では各病害に対しておおむね高い効果が示された。薬害はいずれの試験においても認められなかった。果樹分野では、なし、もも、うめ、ぶどう、かき、りんご、おうとう、かんきつの灰色かび病、うどんこ病、褐斑病、灰星病、黒星病等に対して 160 試験が行われた。なしの輪紋病では効果の低い事例が散見されたが、そのほかの病害に対してはおおむね高い効果が示された。上記果樹において薬害は認められなかったが、ぶどうでは果粉溶脱が認められる事例が示された。検討会では、今後使用時期などについて検討する必要があると結論された。

S-2367 40SC

(新規化合物 35%, 住友化学(株))

平成 27 年に登場した殺菌剤で、試験計画書では予防効果主体の新規殺菌剤とされている。果樹分野では、なし、もも、ぶどう、かき、りんご、おうとう、かんきつの黒星病、炭疽病、黒点病、斑点落葉病等に対して 3 か年で 79 試験が実施された。各病害におおむね高い効果が示されたが、りんごの炭疽病と斑点落葉病、なしの黒

星病では、一部で効果のやや低い事例が認められた。りんごの炭疽病で効果が低かった試験は、接種による甚発生条件での試験であった。茶分野では輪斑病、新梢枯死症、炭疽病に対して 25 試験が実施され、いずれも十分な効果が示されている。そのほか、てんさいの褐斑病に対して 3 試験が実施され、まずまずの効果を示した。薬害はいずれの試験においても認められなかった。

S-2190 40SC

(新規化合物 35%, 住友化学(株))

平成 27 年に登場した殺菌剤で、平成 30 年度より有効成分名をピリダクロメチルとしている。試験計画書では予防効果主体の新規殺菌剤とされている。麦分野では雪腐病について 14 試験が実施された。雪腐黒色小粒菌核病で効果の低い事例が 1 例あったが、全体では十分な効果が示された。野菜分野ではうどんこ病、すすかび病、炭疽病等に対して 3 か年で 146 試験が実施された。すいかといちごの炭疽病では、一部で効果の低い事例が認められたが、全体では十分な効果が示された。特に、果菜類のうどんこ病では高い効果の事例が目立った。果樹分野では、かきうどんこ病について 3 試験が実施され、試験例数は少ないもののまずまずの効果が示されている。薬害はいずれの試験においても認められなかった。

II 殺 虫 剤

AKIF-0003SC

(新規化合物 200 g/l, アグロカネショウ(株))

本年より殺虫剤分野および殺菌剤分野で試験実施され、殺虫剤としては即効的に効果を発現するとされている。野菜分野では果菜類のチャノホコリダニ、コナジラミ類に対して試験が実施された。チャノホコリダニにはいちごでの 1 試験のみであるが高い効果が認められた。コナジラミ類には一定の効果は認められたが、一部に効果がやや低い事例が認められた。茶で試験されたチャトゲコナジラミ、チャノナガサビダニには効果が認められたものの、低濃度では効果の低い事例も見られた。かんきつではミカンサビダニに対して 3 試験実施され、いずれも高い効果が認められた。薬害はいずれの試験においても認められなかった。

BAI-1604SL

(新規化合物 120 g/l, BASF ジャパン(株))

本年はじめて登場した殺虫剤で、小麦、大豆、ばれいしょ、てんさい、キャベツ、レタス、果菜類、りんご等の幅広い作物で、アブラムシ類、コナジラミ類に対する試験が 39 例実施された。処理方法は散布処理のほかに、果菜類およびキャベツでは苗灌注処理、ばれいしょでは植溝処理が試験された。処理方法にかかわらず、おおむね高い効果が認められた。そのほかの害虫として、もものウメシロカイガラムシで 1 例、茶のチャノミドリヒメヨコバイで 2 例の試験が実施され、前者は一定の効果、後者はいずれも高い効果が認められた。薬害については、キャベツにおいて 250 倍および 500 倍の植付前灌注処理で葉の奇形症状が認められた事例が 1 例あった。それ以外の試験では薬害は認められなかった。

BCI-171 粒剤 1.5

(新規化合物 1.5%, バイエルクロップサイエンス(株))

本年はじめて登場した殺虫剤で、浸透移行性と長期の残効性を有するとされる水稻の箱処理剤として、9 種もの対象害虫に対して 46 試験が実施された。イネミズゾウムシ、イネドロオイムシ、イネヒメハモグリバエ、イネツトムシに對しいずれの試験でも高い効果が確認された。コブノメイガ、ニカメイチュウ、フタオビコヤガ、ツマグロヨコバイに対してもおおむね高い効果が認められ、幅広い対象害虫に対して安定した効果を示した。一方、イナゴ類では一部に効果が低い事例が見られ、他害虫に比べるとやや効果が低い傾向が認められた。薬害はいずれの試験においても認められなかった。

NNI-1501 フロアブル

(新規化合物 10%, 日本農薬(株))

NNI-1501 粉剤 DL

(新規化合物 0.5%, 日本農薬(株))

平成 27 年に登場した IGR 型の殺虫剤で、浸透移行性は乏しいが効果持続性に優れるとされている。これまでに水稻の 3 種ウンカ類 (セジロウンカ、ヒメトビウンカ、トビイロウンカ)、ツマグロヨコバイを対象に、3 か年でフロアブル剤では 12 試験、粉剤では 18 試験が実施された。フロアブル剤ではツマグロヨコバイに対して一部効果がやや低い事例が見られたものの、おおむね十分な効果が認められた。粉剤ではヒメトビウンカに対して効果

が不十分な事例が 1 例のみあったが、処理時の成虫の比率が高く、本剤に適した処理時期ではなかったことが原因と考えられる。そのほかの試験では効果にややばらつきがあるものの全体としてはまずまずの効果が示されている。薬害はいずれの試験においても認められなかった。

S-1587 箱粒剤

(新規化合物 2.0%, 住友化学(株))

平成 28 年度に登場した殺虫剤で、平成 30 年度より薬剤名をアレス箱粒剤、有効成分名をオキサゾスルフィルとしている。本剤は浸透移行性を有するとされる水稻の箱処理剤で、これまでに 3 種ウンカ類、ツマグロヨコバイ、イネドロオイムシ、イネミズゾウムシ、イナゴ類、コブノメイガ、ニカメイチュウ、フタオビコヤガ、イネツトムシの 9 種もの対象害虫に対して 2 か年で 114 試験が実施された。処理方法は播種時処理から移植当日処理まで試験され、いずれの試験でもおおむね高い効果が認められ、すべての害虫に対して安定した効果を示した。薬害については、播種時床土混和処理において育苗初期の発育遅延が認められた試験が 2 例あったが、いずれもその後の生育は回復し実用上問題ない程度であった。そのほかの試験では薬害は認められなかった。

SYJ-283 フロアブル

(新規化合物 100 g/l, シンジェンタジャパン(株))

本年はじめて登場した殺虫剤で、食毒作用により主に幼虫に対し効果を示し、浸透移行性と長期の残効性を有するとされている。野菜・茶分野で 52 試験実施され、野菜分野では果菜類のアザミウマ類、アブラムシ類、コナジラミ類、ハダニ類、トマトサビダニ、チャノホコリダニに対し試験実施された。アザミウマ類、ハダニ類の一部の試験で効果のやや低い事例があったものの、多くの試験では十分な効果が認められた。茶分野ではクワシロカイガラムシ、チャノナガサビダニ、チャノホコリダニに対して十分な効果が認められた。しかしチャトゲコナジラミの試験では高い効果を示した例がある一方で、効果がやや不十分な事例もあり、条件によっては効果が振れる可能性が示唆された。薬害については、きゅうりにおいて 1,000 倍散布処理により成長点付近の未展開葉の葉縁部の萎縮および枯れ症状が認められる事例が 1 例あった。ただし、その後に展開した上位葉には異常は見られなかったため実用上問題はないと判断された。それ以外の試験では薬害は認められなかった。

ZI-2901 20SC

(新規化合物 20%, 全国農業協同組合連合会)

平成 27 年に登場した殺虫剤で、当初は DKI-2701 20SC の名で試験されていた。平成 30 年度より有効成分名をジクロロメゾチアズとしている。本剤は新規作用性を示し、浸透移行性は乏しいとされている。これまでにアブラナ科野菜やレタスのハスモンヨトウ、ヨトウムシ、アオムシ、コナガ、ウワバ類、ハイマダラノメイガ等のチョウ目害虫を対象に 3 か年で 87 試験が実施された。はくさいのヨトウムシで効果の低い事例が 1 件あるものの、それ以外の試験ではおおむね高い効果が確認された。そのほかの害虫として、だいこん、はくさいのカブラハバチに対して 8 例、だいこんのキスジノミハムシに対して 5 例の試験が実施され、前者はいずれも高い効果を示し、後者はおおむね十分な効果が確認された。全体として即効的に効いている事例が多かった。薬害はいずれの試験においても認められなかった。

III 生物農薬、天然物、物理防除剤等

KUF-1511

(新規微生物 5.0×10^{11} cfu/本, クミアイ化学工業(株))

平成 28 年度に登場した新規微生物を有効成分とする生物農薬で、ぶどう、りんごおよびおうとうの根頭がんしゅ病に対して試験が実施された。なお、処理方法は定植前の根部浸漬で行われた。これまで 2 か年で 7 試験が実施された。ぶどうでは 3 試験、ももでは 1 試験が効果ありとなったが、根頭がんしゅ病は試験条件の設定などが非常に難しく、りんごとおうとうでは 3 試験が判定不能となった。本剤は根頭がんしゅ病に対して一定の効果があると思われる。薬害はいずれの試験においても認められなかった。

IPM-0001EC

(新規天然物 23.8% (w/w), ジャパンアイピーエムシステム(株))

平成 28 年度より登場した天然物を有効成分とする殺菌剤で、平成 30 年度より薬剤名をティモレックスゴールド EC としている。試験計画書では予防効果と治療効果を有し、発病初期の散布で効果があるとされている。野菜分野のトマト、きゅうり、いちごの 3 作物で、葉かび病、灰色かび病、うどんこ病、炭疽病に対して 2 か年で 29 試験が実施された。一定の効果が認められる事例

がある一方で、効果が低い事例も示された。効果が低い事例は、接種試験や急激な病勢進展下で実施された試験で目立つ傾向にあった。薬害はいずれの試験も認められなかった。

PROBLAD PLUS 液剤

(BLAD 20%, (有)Joy Consulting)

平成 27 年より登場した殺菌剤で、試験計画書では微生物増殖阻害で予防効果を示すとされている。果菜類を中心に試験が実施され、うどんこ病、灰色かび病、白さび病に対して 3 か年で 26 試験が実施された。うどんこ病に対して 17 試験が実施された。多発生となった一部の試験で効果がやや低かったが、全体としてはまずまずの効果が示された。今後は、薬剤の作用などを考慮した有効な薬剤の使い方について検討する必要があると思われる。灰色かび病に対して 11 試験が実施された。ぶどうではまずまずの効果を示したが、果菜類では一部で効果がやや低い事例も示された。キクの白さび病は 1 試験のみであるが、効果を示している。薬害はいずれの試験

も認められなかった。

RM-1537EC

(新規化合物 84%, 石原産業(株), 石原バイオサイエンス(株))

平成 27 年に登場した気門封鎖型の殺虫剤で、これまでに野菜分野では果菜類を中心にアブラムシ類、アザミウマ類、コナジラミ類、ハダニ類、チャノホコリダニに対して 3 か年で 61 試験が実施された。果樹分野ではぶどう、なし、かんきつのハダニ類、アブラムシ類、ミカンキジラミに対して 16 試験、茶分野ではカンザワハダニ、チャノキイロアザミウマ、チャトゲコナジラミに対して 12 試験が実施された。本剤の性質上、条件によっては効果が不十分な事例は一部あるものの、アブラムシ類、ハダニ類、コナジラミ類等に対しては高い効果を示す例も多数あり、全体としてはまずまずの効果が示されている。薬害については、いちごにおいて葉裏にしみ状の症状が見られる例もあったが、実用上問題ない程度であった。そのほかの試験では薬害は認められなかった。

植物防疫 バックナンバー公開開始！

6 月より「植物防疫」のバックナンバーの全文を当協会 WEB サイトからご覧いただくことが出来ます。

当協会ホームページの「植物防疫アーカイブ」をご覧下さい。発行から 2 年以上経過したものを公開対象として、現在 57 巻～69 巻を収録しており、今後順次これ以前の巻について収録公開をすすめていきます。

OWEB 公開にかかる利用許諾について

本誌電子版の全文公開に当たっては、執筆者の皆様には、順次利用許諾をいただく作業を進めておりますが、何分利用許諾をお願いする著作権者は広範囲に及ぶため、現時点で所在のわからない方もおられます。現住所がわからない執筆者の方には、本誌および web サイト内で利用許諾をお願いしております。

なお、ご質問等ございましたら支援事業部までご連絡をお願い致します。



種子伝染性病害をめぐる最近の国際動向 2018(2) International Seed Health Initiative (ISHI) で 議論している種子伝染性病害

日本種苗協会 ISHI-Veg Technical group 日本チーム (ISHI-TG 日本チーム)

木戸 一孝・塩谷 純一郎・
草野 新太郎

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 種苗管理センター

佐 藤 仁 敏

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター

久保 田 健 嗣

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 果樹茶業研究部門

藤 川 貴 史

はじめに

多くの業界でグローバル化が進んでいる現在、種苗業界もその一つであり、野菜・花きの種子が大量に、かつ短時間で世界の各地域へ移動できるようになった。もし、それらの種子の中に種子伝染性病原体に感染した種子が混在していたとすれば、種子とともに移動し散在した地域で、同じ病害が発生する危険性が高くなったと言える。このような危険を未然に防ぎ被害をくい止めるには、種子の健全性を保証する種子健全性検査が最も重要な手段となる。しかし、種子伝染性病原体であるウイロイド、ウイルス、細菌、糸状菌は、種子においてその存在を確認することが難しく、適切な検査法を用いなければ結果の信頼性は乏しくなる。そのため、国際種子健全性推進機構野菜部門 (International Seed Health Initiative-Vegetable : ISHI-Veg) は信頼ある種子健全性検査法を開発し、種苗業界関係者が幅広く利用できるように国際種子連盟 (International Seed Federation : ISF) のウェブサイト上に各種検査プロトコルを公開していることを本誌前号にて報告した (木戸ら, 2018)。さらに、ISHI-Veg では国際的に発生している種子伝染性病害や各国の植物検疫措置の情報をもとに、開発すべき種子健全性検査法について議論している。その議論すべき検査法の対象となる種子伝染性病原体は大きく分けて2タイプあ

る。一つは従来から種子伝搬により被害が発生している注意すべき種子伝染性病原体、もう一つは伝染経路が不明確である (Pathway not proven : PNP) 病原体である (木戸ら, 2018)。前者で言えば、ウリ科野菜果実汚斑細菌病菌、スイカ緑斑モザイクウイルス、トマト抵抗性打破能を有するトバモウイルスが挙げられる。後者で言えば、トマトに感染するポスピウイロイドやニンジンに感染する *Candidatus Liberibacter solanacearum* が挙げられる。特に、後者の病原体については伝染経路が不明確とされながらも種子伝搬が懸念されている。種子伝染と種子伝搬の違いについては、本誌前号に記載したが (木戸ら, 2018)、種子伝染性病原体の中でも種子伝搬する病原体は病害発生の直接的発生源となる可能性があるため、ISHI-Veg が最も注意すべき対象として議論している。本報告では ISHI-Veg が議論対象とした上記病原体について、これまでの経緯を含めた現状について紹介する。

I 注意すべき種子伝染性病原体

1 ウリ科野菜果実汚斑細菌病菌

ウリ科野菜果実汚斑細菌病菌 (*Acidovorax citrulli* : Ac = *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*) はウリ科野菜果実汚斑細菌病 (Bacterial fruit Bloeth : BFB) を引き起こす病原細菌であり、種子伝搬することが報告されている (RANE and LATIN, 1992 ; KUCHAREK et al., 1993 ; 小木曾ら, 2005 ; 堀田ら, 2006 ; 上松ら, 2006)。BFB はスイカ、メロン、カボチャ、キュウリ等多くのウリ科植物で発病が確認され、1989~95 年にかけて米国で甚大な被害が発生したことが報告されている (FENG et al., 2013)。その後もトルコ、中国、ブラジル、オーストラリア、日本、台湾、タイ、イスラエル、イラン、ギリシャでの発生が報

The Latest International Trends for Seed Borne Diseases in 2018 (2). Report of International Seed Health Initiative-Vegetable (ISHI-Veg) Focused on Some Topics. By Kazutaka KIDO, Junichiro ENYA, Shintaro KUSANO, Masatoshi SATO, Kenji KUBOTA and Takashi FUJIKAWA

(キーワード: 種子伝染性病原体, 種子伝搬, ISHI-Veg, 植物検疫措置)

告されている (FENG et al., 2013)。ウリ科野菜種子の採種は海外で行っているケースが多いため、採種管理体制について細心の注意を必要とする。日本は過去に BFB による被害を受けた経緯があるが (白川ら, 2003), その後の調査によって Ac の国内定着は確認されていない。それだけに、現在、日本は Ac の国内侵入を厳重警戒している。しかし、それは日本に限ったことではない。そのため、商品として取引されるウリ科野菜種子の健全性を示す植物検疫証明書を必要とすることが多く、種子を受け入れる国の条件に従った対応を要求される。その要求条件には種子健全性検査も含まれている。

Ac を対象としたウリ科野菜種子の種子健全性検査法は複数あり、一般公表されている。具体的には農研機構が開発した Sweat-Bag Seedling 法 (佐藤ら, 2006; 野菜茶業研究所, 2009), European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO: 欧州および地中海植物防疫機構) が策定した Sweat-Box 検査法 (EPPO, 2016), そして, ISHI-Veg が策定した PCR Pre-screen 検査法や Grow-out 検査法 (ISF, 2018) 等が挙げられる。ISHI-Veg が策定した検査法は National Seed Health System (NSHS: 米国種子健全性システム) によって妥当性が確認され, NSHS の Standard A プロトコルとして採択されている (NSHS, 2018)。この Standard A とは NSHS が検査法の妥当性を確認して, 標準プロトコルとして採択したことを意味する。これらの検査法はいずれも信頼に足る検査法である。

種苗会社は世界で必要とされるウリ科野菜種子を安定供給するという責務を持つ。そのため、種苗会社は多量に採種したウリ科野菜種子の Ac 検査を迅速に行わなければならないという課題を抱えている。それに加え、ウリ科野菜種子を検査する際、Ac に類似した細菌が分離・検出されるため検査結果の判定が難しいという問題も抱

えている (牧住ら, 2011)。このような課題・問題を克服するため, ISHI-Veg は Ac に対して特異性の高い PCR TaqMan プライマーセットを開発し PCR Pre-screen 法として利用できるようにウェブサイト公開した (ISF, 2018)。さらに, ISHI-Veg は Sweat-Bag 法, Sweat-Box 法, PCR Pre-screen 法等の比較検証を行うなど, より迅速・正確・実用的な検査法の確立を目指し討議を進めている。

2 スイカ緑斑モザイクウイルス

トバモウイルス (*Tobamovirus*) の一種である *Cucumber green mottle mosaic virus* (CGMMV) はスイカ、メロンの緑斑モザイク病の病原体であり、さらにキュウリなど多くのウリ科植物を宿主とする (久保田, 2016; United States Department of Agriculture: USDA, 2018)。CGMMV の発生は 1935 年の英国での報告以来, ヨーロッパ, アジア, 中東アジアと広い地域で報告されてきた (MANDAL et al., 2008)。日本は発生国の一つであり, 1966~69 年にスイカで深刻な被害が発生した経緯がある (小室ら, 1971)。その後, 1995 年ギリシャ, 2002 年韓国, 2005~06 年中国で CGMMV による被害が深刻な問題となったことが報告されている (MANDAL et al., 2008)。

CGMMV 以外にウリ科植物に感染するトバモウイルスは *kyuri green mottle mosaic virus* (KGMMV), *cucumber fruit mottle virus*, *zucchini green mottle mosaic virus*, *cucumber mottle virus* が報告されている (USDA, 2018)。そのうち KGMMV は国内のキュウリで広く発生し, かつては CGMMV の 1 系統 (CGMMV-C) とされていたが (井上, 1966), 血清型や塩基配列の相違から別種とされたもので (FRANCKI et al., 1986), CGMMV と比較してキュウリに激しい萎凋や果実奇形を引き起こすため注意が必要である (久保田, 2008) (図-1)。

CGMMV は種子伝搬することが報告されているが (長



図-1 cucumber green mottle mosaic virus (CGMMV) および kyuri green mottle mosaic virus (KGMMV) による病徴
A: CGMMV に感染したスイカ果実に見られる奇形症状と果実内部のコンニャク症状。
B: KGMMV に感染したキュウリ果実に見られる奇形症状。
C: CGMMV 汚染種子による発芽時の病徴。発芽の遅延や子葉縮葉・モザイク症状が観察される。ただし、無病徴感染している場合もある。

井・深津, 1970; Liu et al., 2014) (図-1), 種子の乾熱消毒が有効であることも知られており, CGMMV に対する予防処理としてウリ科野菜種子の乾熱処理が世界中で幅広く利用されている (長井・深津, 1970; Kim et al., 2003; ISTA, 2018)。そのため, 一般的に CGMMV による被害を未然に抑えることができているように思われてきた。

ところが, 2013 年米国, カナダにて初めて CGMMV によるキュウリの被害が報告された (Ling et al., 2014)。翌年の 2014 年には米国のスイカ生産地にて CGMMV による被害が確認された。また, CGMMV 未発生国であったオーストラリアにおいて, 2014 年北部エリアのスイカ生産地, 2016 年西部エリアのキュウリ生産地, 2017 年クイーンズランドのキュウリ生産地において, CGMMV による被害が発生した (Australia government, 2017)。時を同じくして, 乾熱消毒によるウリ科野菜種子の CGMMV 消毒効果について懐疑的な報告がなされた (Reingold et al., 2015)。これを受けて 2016 年 6 月, ISHI-Veg は上記被害の CGMMV 伝染源の一つとして, 種子伝搬の可能性を踏まえ, 米国カリフォルニア大学の CGMMV 研究者とオーストラリア政府の植物検疫官とともに現状の情報交換を行い, 今後の対応を討議した。その結果, 種子による CGMMV の伝搬を未然に防ぐための対策として, 種子検査法の見直しを行うこととなった。

ウリ科野菜種子の CGMMV 検出検査法として, ISHI-Veg は 2007 年に CGMMV 抗血清を利用した DAS-ELISA 法を利用した検査手法を開発し International Seed Testing Association (ISTA; 国際種子検査協会) 法として採択されている (ISTA, 2018)。しかし, 上記の見直し提案によって, 対象病原体に KGMMV を新たに加え, 種子から CGMMV と KGMMV を検出するために行われる一次検査法の検出感度の向上と, 一次検査で陽性と判定されたサンプルを確認するための二次検査法の開発に着手し, 現在も遺伝子診断法, 抗血清の利用法, 病原性試験方法等の研究を継続している。

また, 乾熱処理による CGMMV 消毒効果については新しい検査法が開発された後に討議されることとなるが, 筆者らは日本において 1960 年代後半に起こった大きな被害以降, 乾熱消毒が導入されて CGMMV による被害発生はほとんど見られなくなったことから, 長井と深津の研究成果 (1970) は信頼に足るものであり, 乾熱処理による消毒効果は高いと考える。したがって, 乾熱処理効果の検証に関して, ISHI-Veg での今後の対応に応じて, 研究に協力する予定である。

CGMMV による被害を受けた米国やオーストラリア

の現状について下記に記す。米国農務省 (USDA) は自身のウェブサイト「Recovery Plan For *Cucumber green mottle mosaic virus*」を公表し CGMMV に関する情報や対応を報告している (2018)。オーストラリア政府は CGMMV に関する Pest Risk Analysis をオーストラリア政府のウェブサイト公開し, オーストラリアへウリ科野菜種子を輸出する国々に対して CGMMV の植物検疫措置を要求していることへの理解を求めている (Australia government, 2017)。この検疫措置によって, オーストラリア政府は自国を CGMMV の被害から守ろうとしている。

3 トマト抵抗性打破能を有するトバモウイルス

ISHI-Veg が約 10 か月ごとに開催する技術会議 (Technical meeting) では, オランダ, フランス, 米国, 日本, イスラエル, スペインの各国における種子伝染性病害の発生状況が報告され, その対応状況や種子検査法開発の必要性について討議される。2016 年に米国で開催された会議で, 筆者らは, 日本国内で 2011~14 年にかけてトバモウイルス抵抗性遺伝子 (*Tm-2^a*) を保有するトマト品種に被害を及ぼす tomato mosaic virus (ToMV) *Tm-2^a* 打破系統が栃木県, 福岡県, 広島県, 岐阜県, 茨城県で相次いで発生したこと (久保田, 2016) を報告した (図-2)。さらに 2017 年のスペイン会議では, 日本で発生したこれらの ToMV *Tm-2^a* 打破系統に関してその症状やゲノムの塩基配列の違いからすべて由来が異なる系統であり, 単一の系統が種子伝染により拡散したものではないと推測されることを報告した。さらに, 既報の PCR プライマーや抗血清では ToMV の通常系統と *Tm-2^a* 打破系統を識別できず, この問題を解決すべく研究に取り組んでいることを報告した。

また上記米国会議において ISHI-TG (Technical Group) イスラエルチームは, 新種のトバモウイルスとして *Tm-2^a* 打破能を有する tomato brown rugose fruit virus (TBRFV) がヨルダン, イスラエルで発生していることを報告した (SALEM et al., 2015; LURIA et al., 2017)。さらにイスラエルで tomato mottle mosaic virus (ToMMV) による被害発生も確認されたことが報告された。 (TURINA et al., 2016)。ToMMV はこのほか現在までにメキシコ, 中国, 米国, スペインでも発生している (AMBRÓS et al., 2017)。そこで上記の日本での ToMV *Tm-2^a* 打破系統の発生と合わせ, ISHI-Veg は米国会議およびスペイン会議において, すでに策定していた tobacco mosaic virus (TMV) と ToMV の検出を目的とした種子健全性検査を見直す必要性和新種トバモウイルスへの対応を協議した。

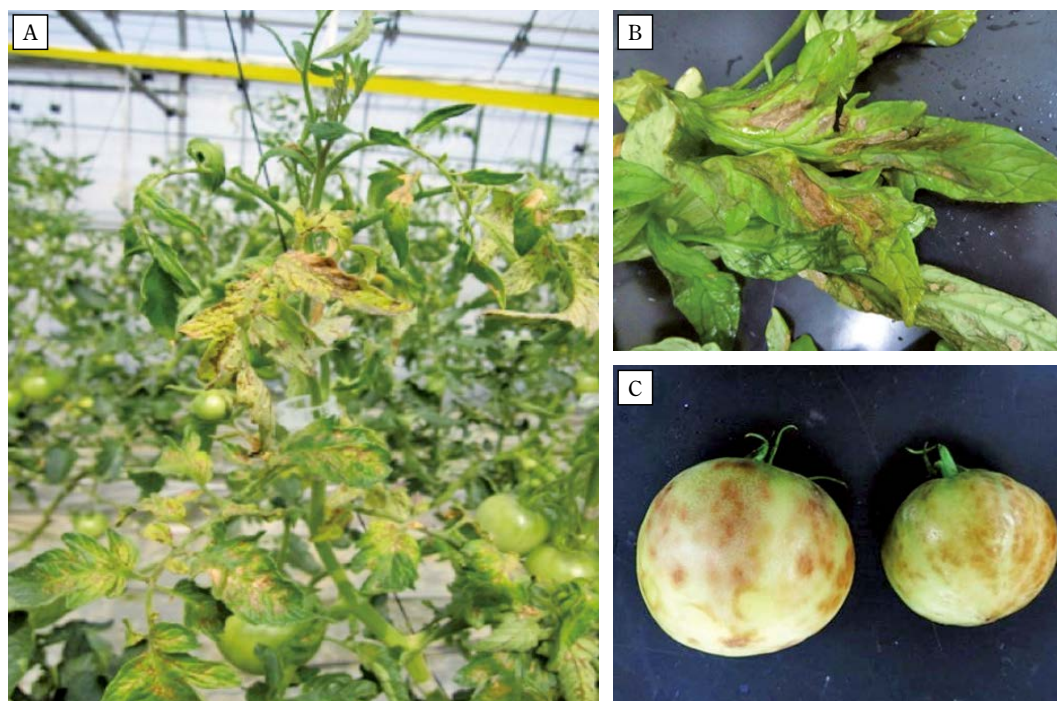


図-2 tomato mosaic virus (ToMV) 抵抗性品種 (*Tm-2^a* 保有) で発生した *Tm-2^a* 打破 ToMV 系統による被害の様子

- A : ToMV 抵抗性品種における発病の様子.
 B : *Tm-2^a* 打破 ToMV 系統によるトマト本葉のえ疽症状.
 C : *Tm-2^a* 打破 ToMV 系統によるトマト果実の着色不良.

既存の TMV, ToMV 検出を目的とした種子健全性検査法はタバコ植物への接種による壊死斑形成試験を採用している (ISF, 2018)。この方法にはオプションとして、本試験の前に DAS-ELISA 法の利用も認めている。この検査法は ISTA 法としても採択されているので、詳細は ISTA ウェブサイトを参考にしていきたい (ISTA, 2018)。この検査法の問題点として、①新種のパバモウイルスに対応できない可能性があること、②検出感度の再検証が必要であること、③各種ウイルスの識別ができないことが挙げられた。そこで、ISHI-Veg では ToMV, TMV および新種パバモウイルスなどを標的にしたリアルタイム PCR による Pre-screen 法を検討している。

TBRFV や ToMMV の新種パバモウイルスが種子伝染するかどうかは現段階では不明である。しかし、パバモウイルスで種子伝染することが知られているものは多いため、種子を介した世界的なパンデミックを未然に防ぐためにも新しい種子健全性検査法の開発が急がれる。

II 伝染経路が不明確である病原体 (PNP 病原体)

1 トマトに感染するポスピウイルス

トマトに感染し病原性を示すことが知られている植物病原ウイルスは potato spindle tuber viroid (PSTVd),

tomato chlorotic dwarf viroid (TCDVd), columnnea latent viroid (CLVd), tomato apical stunt viroid (TASVd), tomato planta macho viroid (TPMVd), mexican papita viroid (MPVd : 現在 MPVd は TPMVd のシノニムと提案されている), peper chat fruits viroid (PCFVd), citrus exocrotis viroid (CEVd) と、自然感染の報告はないが実験的にトマトへの感染が報告されている chrysanthemum stunt viroid (CSVd) を加えた全 9 種が報告されている (松下ら, 2017)。これらのポスピウイルスによる病害発生事例として、2000 年以降、英国・ベルギー・フランス・ドイツ・オランダでの PSTVd によるトマト病害の発生、オランダ・ベルギー・英国での CLVd によるトマト病害の発生など、ヨーロッパ各地でポスピウイルスによるトマト病害の発生報告があった (The Food and Environment Research Agency : fera, 2010)。イスラエルでは TASVd によるトマトの被害報告があった (ANTIGNUS et al., 2007)。また、Van BRUNSCHOT et al. (2014) はオーストラリアにおいて温室栽培されたミニトマトで PSTVd による深刻な被害が発生したことを報告するとともに、その第一伝染源が輸入されたトマト種子であったことを報告した。このような背景から、表-1 にある多くの国々が上記ポスピウイルスの自国への侵入を警

表-1 ナス科植物に感染するポスピウイルスに対して植物検疫措置を取る国々

国名	検疫措置対象ウイルス
Algeria, Argentina, Brazil, Canada, Cuba, Egypt, EPPO/EU, Georgia, Iran, Madagascar, Malaysia, Mauritania, Mozambique, Paraguay, United States, Uruguay, Vietnam	PSTVd
Australia	CEVd, CLVd, PCFVd, PSTVd, TASVd, TCDVd, TPMVd
Chili	PSTVd, TASVd, TCDVd,
China, Jamaica	CEVd
Japan	CLVd, PSTVd, TASVd, TCDVd, TPMVd
Jordan	CEVd, PSTVd, TASVd
Lao PDR, Mauritius, Mexico, Nepal, Panama, Seychelles	CEVd, PSTVd
Republic of Korea	PSTVd, TCDVd
Thailand	CEVd, CLVd, PSTVd, TASVd, TCDVd, TPMVd

Potato spindle tuber viroid (PSTVd), citrus exocrotis viroid (CEVd), columnea latent viroid (CLVd), peper chat fruits viroid (PCFVd), tomato apical stunt viroid (TASVd), tomato chlorotic dwarf viroid (TCDVd), tomato planta macho viroid (TPMVd : mexican papita viroid は TPMVd のシノニムと提案されている). (HADIDI et al., 2017)

戒して植物検疫措置を取っている (HADIDI et al., 2017)。

近年、ポスピウイルスによる被害発生は汚染種子に起因すると示唆されている (松下ら, 2017)。確かにトマト種子における PSTVd, TCDVd, TASVd, TPMVd, PCFVd の種子伝染に関する研究が報告されている (KRYCZYNSKI et al., 1988 ; ANTIGNUS et al., 2007 ; SINGH and DILWORTH, 2009 ; 松下ら, 2017)。しかし、その一方で、TCDVd や TASVd による種子伝染を確認できなかったという報告もある (MATSUSHITA and TSUDA, 2016 ; 松下ら, 2017)。これらは実験的にウイルスを接種した感染株から採種した種子を調査した事例である。また、自然汚染種子に関する研究報告は少ないが、その研究事例として、PSTVd の種子伝搬率は 0.27% (Van BRUNSCHOT et al., 2014), TCDVd の種子伝搬率は 0.08% (CANDRESSE et al., 2010) と非常に低率であったという報告、PSTVd, TCDVd の種子伝搬を確認できなかったという報告がある (ISF, 2018)。ISHI-Veg は、これらの報告の知見をもとに、自然界でのトマトに感染するポスピウイルスの種子伝搬および種子伝染について慎重に議論を進めてきた。2017 年 11 月大阪で開催された ISHI-Veg 会議において、ISHI-TG オランダチームは Real-time RT-PCR を使用した種子健全性検査で PCFVd または CLVd 陽性となったトウガラシ種子を使用した栽培試験の報告を行った。その内容は、栽培したトウガラシにウイルス様症状を観察できず PCFVd および CLVd の種子伝搬を確認できなかったという報告であった。この報告を受けて、ISHI-Veg はトマトにおけるポスピウイルスの種子伝搬を一般現象と捉えることは難しく、今後得られる多く

の知見により検討する必要があると結論した。そのため、トマトに感染するポスピウイルスを「伝染経路が明確でない PNP 病原体」として取り扱うことにして、ポスピウイルスの種子伝染経路が明確になるまで種子健全性検査法の開発を行わない方針にした。この方針はポスピウイルスによる種子伝搬および伝染を否定したわけではないため、ISHI-Veg はポスピウイルスの種子健全性検査法として Naktuinbouw (オランダ種子検査機関) の検査プロトコルを推奨し、ISF ウェブサイトに公表している (ISF, 2018)。これ以外にも、International Plant Protection Convention (IPPC ; 国際植物防疫条約) が PSTVd に限定した種子健全性検査法を公表している (FAO, 2018)。これら二つの検査法はその妥当性が十分に確認されているので信頼できる方法として利用できると考えられる。

また、大阪で開催された ISHI-Veg 会議では、PSTVd の研究者である弘前大学の佐野教授により PSTVd 病原性関連遺伝子に関する講演が行われた。その内容は佐野教授のこれまでの PSTVd に関する研究内容であった。その詳細は、① PSTVd の塩基配列上のトマトへの病原性に関与する塩基の一つとして 42 番目の塩基が重要であり、そのほかにも数箇所あることを特定したこと、② DNA データベースに登録されている 335 種類の PSTVd 変異体の塩基配列を分析したところ、様々な場所に変異が入っていること、③ 335 種類の PSTVd 変異体の塩基配列に基づき作成した系統樹と病原性との関係を確認したところ、弱病原性系統、強病原性系統、致死系統が異なるクラスター上に分布する傾向があったという内容で

あった。佐野教授の研究報告は ISHI-Veg で行われたウイロイド自然汚染種子の調査結果（遺伝子診断で陽性であっても栽培試験で発病を確認できない）を説明することにもつながる可能性がある。さらに、佐野教授は *coleus blumei viroid 1* の 25 番目の塩基が種子伝染の有無にかかわっているという報告も行った (TSUSHIMA and SANO, 2018)。このようにポスピウイロイドの塩基配列について詳細な知見が得られれば、種子検査結果の正確性が高まっていくことが期待される。しかし、その一方で、トマトに感染するポスピウイロイドの種子伝搬、各種ウイロイドの塩基配列、そして、検査によるウイロイドの検出限界と病害発生との関係など科学的な知見をもとに、ポスピウイロイドの種子健全性検査法を十分に精査していく必要もあると考える。

2 *Candidatus Liberibacter solanacearum*

Candidatus Liberibacter solanacearum (Lso) はグラム陰性細菌の一種であり、2008 年にジャガイモの *zebra chip* 症状の病原細菌として報告された (MUNYANEZA, 2012) (図-3)。その後、2010 年以降にニンジンやセロリに対しても病原性を持つことが明らかとなり、その症状は黄化および紫化、わい化、二次根（細根）の異常増殖といったファイトプラズマに似た症状を引き起こすこ

とが報告されている (EPPO, 2013) (図-3)。当初、Lso の伝染は *Trioza apicalis* (トガリキジラミ科の一種のキジラミ) による虫媒伝染と考えられていた。しかし、2015 年、BERTLINI et al. (2015) はニンジン種子において Lso が種子伝搬することを報告した。それに伴って、Lso の自国への侵入を防ぐため、オーストラリア、日本、韓国、チリ、ニュージーランド、南アフリカ、中国、ペルー（米国対象）は Lso に対して植物検疫措置を取っている。

現在、ISHI-Veg はニンジン種子における Lso の種子伝搬に関して、その信憑性を慎重に議論している。その理由として、Lso が栄養寒天培地上で培養できない難培養細菌であることに起因している。通常、原病徴の病原を証明するにはコッホの原則に基づき調査されるが、Lso の場合は栄養培地上で培養できないためコッホの原則に沿った証明が難しい。そして、植物病原細菌の種子伝搬を証明する一つ的手段として、種子から疑わしい病原細菌のコロニーを分離してその病原性を確認するが、Lso の場合はニンジン種子から Lso の核酸が検出できるだけで、Lso の分離培養ができないため種子伝搬の証明が難しいことが挙げられる。また、ニンジン種子における種子伝搬に関する研究報告事例は BERTLINI et al. (2015)



図-3 *Candidatus Liberibacter solanacearum* に感染したニンジンにおける症状

- A : 茎葉の叢生症状.
- B : 葉先の紫化.
- C : 二次根の異常増殖.

だけであり, LOISEAU et al. (2017 a ; 2017 b), や大石ら (2017) はニンジン種子から Lso の DNA を検出できても, その種子が起因となる発病を観察できず, Lso の種子伝搬を確認できなかったことを報告している。また, LOISEAU et al. (2017 a ; 2017 b) は栽培した苗における Lso の感染を Real-time PCR によって調査したが Lso の DNA を検出できなかったことも報告した。このような報告から考えると, ニンジン種子において Lso は種子伝搬ではなく種子伝染とすることが適切であると思われる。ただし, Lso の病原性や種子伝搬については不明瞭な点が多いため今後の研究に期待したい。今後も ISHI-Veg は本件について議論は続けていく方針である。

上記のように Lso に対して植物検疫措置を取っている国がある以上, ニンジン種子の健全性を確認する必要があるため, ISHI-Veg は種子健全性検査法の開発が必須と結論した。ただし, Lso の病原性や伝染経路が不明瞭であることから, Lso を PNP 病原菌と位置づけ, 種子健全性検査法の開発を行っている。ISHI-Veg は 2015 年にニンジン種子における Lso の検出を目的とした種子健全性検査法を暫定的に発表した。その後, その検査法の検証を行い, 2017 年にその改定検査法を暫定法として公表した (ISF, 2018)。この改定の過程で, 横浜植物防疫所のご協力をいただき, 大石ら (2017) の研究成果が新しい検査法に大きく反映された。この新しい検査法について, 現在 ISHI-Veg ではその妥当性検証に取り組んでいる。さらに, この新しい検査法をより正確な方法に発展させるため, 大阪で開催された昨年の ISHI-Veg 会議で, 筆者らは種子検査のサンプルサイズとリアルタイム PCR 酵素の検証について報告を行った。さらに, 筆者らは Lso 培養を目的とした選抜培地の研究開発状況について発表を行った。これらの研究が今後の新しい種子健全性検査に反映されることを期待する。

III 今後の課題

本報告では ISHI-Veg で特に話題となったものを紹介した。これら以外にも, アブラナ科野菜黒腐病菌 (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*), トマトかいよう病菌 (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*), ウリ科野菜つる枯病菌 (*Didymella bryoniae*) 等様々な種子伝染性病原体に対する種子健全性検査法の開発が行われている。ISHI-Veg は国際的な協力関係の構築と新しい検査技術の導入によって, 正確・迅速・信頼性のある種子健全性検査の確立によって病原体汚染種子の流出を防ぐ国際的な体制作りを急速に進めている。今後, ISHI-TG 日本チームは ISHI-Veg に協調し, IPPC の活動に気

を配りながら, 野菜・花き種子の国際取引が円滑に行えるように活動の続けたいと考える。そして, 日本国内の産官学が協力し, 種子伝染性病害の研究や政策を考える体制ができることを期待する。

おわりに

ISHI-Veg 活動にあたり, 弘前大学 佐野教授, 農林水産省 消費・安全局 植物防疫課の皆様, 横浜植物防疫所の皆様, 神戸植物防疫所の大岡氏に厚く感謝するとともに, ISHI-TG 日本チームに多大なご配慮を賜った日本種苗協会役員の皆様, タキイ種苗株式会社, みかど協和株式会社, 横浜植木株式会社, 株式会社武蔵野種苗園, 株式会社サカタのタネに深く感謝する。

引用文献

- 1) AMBRÓS, S. et al. (2017) : Eur. J. Plant Pathol. **149** : 261~268.
- 2) ANTIGNUS, Y. et al. (2007) : Plant Dis. **91** : 47~50.
- 3) Australia government (2017) : Final pest risk analysis for *Cucumber green mottle mosaic virus*, <http://www.agriculture.gov.au/biosecurity/risk-analysis/plant/cucumber-green-mottle-mosaic-virus/final-report>
- 4) BERLTLINI, E. et al. (2015) : Plant Pathol. **64** : 276~285.
- 5) CANDRESSE, T. et al. (2010) : Plant Dis. **94** : 633.
- 6) EPPO (2013) : Bulletin OEPP/EPPO Bulletin **43** (2) : 197~201.
- 7) ——— (2016) : ibid. **46** (3) : 444~462.
- 8) FAO (2018) : Adapted Standards (ISPMs), <https://www.ippc.int/en/core-activities/standards-setting/ispm/#publications>
- 9) FENG, J. J. et al. (2013) : Seed Sci. & Technol. **41** : 1~15.
- 10) fera. (2010) : Emerging viroid threats to UK tomato production, <https://planthealthportal.defra.gov.uk/assets/factsheets/emergingViroidThreatsTomato.pdf>
- 11) FRANCKI, R. I. B. et al. (1986) : Intervirology **26** : 156~163.
- 12) HADIDI, A. et al. (2017) : Viroids and Satellites, ACADEMIC PRESS, ELSEVIER, p.149~168, p.415~424, p.521~530.
- 13) 堀田治邦ら (2006) : 日植病報 **72** : 82.
- 14) 井上忠男 (1966) : 植物防疫 **20** : 375~378.
- 15) ISF (2018) : Phytosanitary Matters, <http://www.worldseed.org/our-work/phytosanitary-matters/seed-health/ishi-veg/>
- 16) ISTA (2018) : Seed health method 2018, https://www.seedtest.org/en/seed-health-methods_content-1-1452.html
- 17) KUCHARCZAK, T. et al. (1993) : Phytopathology. **83** : 466.
- 18) 木戸一孝ら (2018) : 植物防疫 **72** : 38~44.
- 19) KIM, S-M. et al. (2003) : Mol. Cells **16** (3) : 338~342.
- 20) 小室康雄ら (1971) : 日植病報 **37** : 34~42.
- 21) 久保田健嗣 (2008) : 植物防疫 **62** : 31~34.
- 22) ——— (2016) : 同上 **70** : 797~800.
- 23) KRYCZYNSKI, S. (1988) : Journal of Phytopathol. **121** : 51~57.
- 24) LING, K-S. et al. (2014) : Plant Dis. **98** : 701.
- 25) LIU, H. W. et al. (2014) : Plant Pathology **63** : 72~77.
- 26) LOISEAU, M. et al. (2017 a) : Acta Hort. **1153** : 41~46.
- 27) ——— et al. (2017 b) : Plant Dis. **101** : 2104~2109.
- 28) LURIA, N. et al. (2017) : PLOS ONE **12** (1) : e0170429. DOI:10.1371/journal.pone0170429
- 29) 牧住芳之ら (2011) : 植物防疫 **65** : 579~582.
- 30) 松下陽介ら (2017) : 同上 **71** : 636~645.
- 31) MATSUSHITA, Y. and S. TSUDA (2016) : Eur. J. Plant Pathol. **145** : 1007~1011.
- 32) MANDAL, S. et al. (2008) : Plant Viruses Global Science Book : 25~34.
- 33) MUNYANEZA, J. E. et al. (2012) : Ann. J. Pro. Res. **89** : 329~350.
- 34) 長井雄治・深津量栄 (1970) : 関東東山病虫研報 **17** : 47.

- 35) NSHS (2018): Cb1.6 *Acidovorax citrulli*-ISHI method. <http://seedhealth.org/cb1-6/>
- 36) 大石盛伝ら (2017): 植防研報 **53**: 111~117.
- 37) 小木曾秀紀ら (2005): 日植病報 **71**(3): 290.
- 38) RANE, K. K. and R. X. Latin (1992): Plant Dis. **76**: 509~512.
- 39) REINGOLD, V. et al. (2015): Plant Pathol. **64**: 245~255.
- 40) SALEM, N. et al. (2015): Arch Virol. **162**(2): 503~506.
- 41) 佐藤仁敏ら (2006): 日植病報 **72**: 311.
- 42) SINGH, R. P. and A. D. DILWORTH (2009): Eur. J. Plant Pathol. **123**: 111~116.
- 43) 白川 隆ら (2003): 日植病報 **69**: 102~106.
- 44) TSUSHIMA, T. and T. SANO (2018): J. Gen. Virol. **99**: 393~401.
- 45) TURINA, M. et al. (2016): New Dis. Rep. **33**(1), <http://dx.doi.org/10.5197/j.2044-0588.2016.033.001>
- 46) 上松 寛ら (2006): 日植病報 **72**(1): 46.
- 47) USDA (2018): Recovery Plan for *Cucumber green mottle mosaic virus*, <https://search.usa.gov/search?query=CGMMV&affiliate=agriculturalresearchserviceears>
- 48) Van BRUNSCHOT, S. et al. (2014): Eur. J. Plant Pathol. **139**: 1~7.
- 49) 野菜茶業研究所 (2009): ウリ科野菜果実汚斑細菌病防除マニュアル (種子生産・検査用), http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/vegetea/pamph/023300.html



発生予察情報・特殊報 (30.5.1~5.31)

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。**発生物種：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。

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ トルコギキョウ：斑点病 (沖縄県：初) 5/1 ■ こまつな (軟弱野菜)：オオクビキレガイ (大阪府：初) 5/1 ■ トマト：えそ斑紋病 (仮称) (新潟県：初) 5/7 ■ ハナビシソウ：白斑病 (仮称) (山口県：初) 5/8 ■ ブルーベリー：根腐疫病 (仮称) (群馬県：初) 5/8 ■ トルコギキョウ：斑点病 (広島県：初) 5/9 | <ul style="list-style-type: none"> ■ トマト：黄化病 (兵庫県：初) 5/10 ■ オリーブ：立枯病 (仮称) (鹿児島県：初) 5/24 ■ レタス：黒根病 (仮称) (群馬県：初) 5/29 ■ アブラナ科：トビイロシワアリ (埼玉県：初) 5/30 ■ オリーブ：オリーブアナアキゾウムシ (埼玉県：初) 5/30 |
|---|---|

大学における植物防疫教育の現状と課題

島根大学生物資源科学部 ^す巢 ^{やま}山 ^{こう}弘 ^{すけ}介

はじめに

島根大学生物資源科学部では、2012～17年度の入学生については、四つの学科内に設けた九つの教育コースごとにカリキュラムを編成して教育を行っている。筆者が主に担当する農林生産学科農林生態科学教育コースの学生（約20名）にとって必修の専門科目は30科目あるが、そのうち19科目が植物防疫の要素を含むものである。本稿では、筆者が単独で講義を行う「総合防除学」と「農薬環境科学」の2科目について主に2017年度の実況や受講生の反応を紹介する。

本稿は2018年1月に開催された日本植物防疫シンポジウム「植物防疫をどう教えるか」での講演内容をまとめたものであるが、紙面の都合上、詳細については講演要旨（以下、要旨、巢山，2018）を参照願いたい。

I 講義科目「総合防除学」の現状

1 概要および特色

（1）「総合防除学」は、2年生以上が前期に履修できる全15回（90分間/回）の科目で、2017年度の履修登録者は93名であった。うち91名は生物資源科学部の学生で、全学開放科目であるため法文学部と総合理工学部の学生も各1名が含まれていた。

（2）オーディエンス・レスポンス・システム（以下、クリッカー）を毎回使用している（10問程度/回）。講義中のクイズやアンケートに選択肢を示し、小型のテンキー端末のキーを押してもらって直ちに回答分布が投影されるシステムで、アクティブラーニング（能動的な授業・学習）の方法の一つとされている。挙手させる場合とは異なり他者の反応がわからないため、多数派に迎合したり、意図的に少数派になったりできないうえ、匿

名性が確保されるので、個々の受講生のありのままの知識や意識を反映する結果が期待できる。これまでの受講生には「授業への参加感、教室の一体感、他者との相対化」といった点で好評である。実際の使用例としては、1950年ころの日本の食糧事情、ニカメイチュウによる被害状況およびパラチオン類の効果と毒性について紹介した後、「もし君が当時の農林大臣だったら、パラチオン類の登録を認めたか？」との質問がある。結果は81名中、「認めたと思う」が40%、「認めなかったと思う」が53%、「無回答」が7%であり、「当時の食糧不足問題の厳しさが解った」や「正しい使い方が大切だと思った」旨の感想等が寄せられた。

（3）視覚的にも理解を深めるために、農薬工業会や農薬会社等がホームページで公開している動画を適宜上映している。

（4）具体的な資材や使用法については、耕種的、物理的、化学的および生物的防除といった区分ごとに示すのではなく、それらが開発された年代順に示している。つまり、神頼みの時代から土着天敵を利用したIPMまで等の“防除のあゆみ（史実）”という「物語」を話す講義である。

2 受講生の反応

「史実」を学んだ受講生の感想は様々ではあるが、例えば、「農薬のそのものが、その時代を象徴するもののように感じられた」、「いろいろな人の研究が今の農業につながっていることを知り、いつか役に立つかもしれないので、研究し続けることが重要」、「農薬の成分だけでなく、散布方法や製剤の形態等も発展していることに感動した」旨であった。

II 講義科目「農薬環境科学」の現状

1 概要および特色

（1）「農薬環境科学」は、2年生以上が後期に履修できる全15回（90分間/回）の科目で、2017年度の履修登録者は52名であった。うち50名は生物資源科学部の学生で、この科目も全学開放であるため総合理工学部

Features and Problems of Lectures on Plant Protection in Shimane University. By Kousuke SUYAMA

（キーワード：植物防疫，農薬，教育，史実，現実，クリッカー，ケースメソッド）

*現所属：島根大学学術研究院環境システム科学系，生物資源科学部担当

の学生が2名含まれていた。

(2) クリッカーを毎回使用している(10問程度/回)。実際の使用例としては、無毒性量まで説明した後、「この何分の一かが、ヒトの一日摂取許容量(ADI)とされますが、あなたはADIが無毒性量の何分の一なら許容できますか?」との質問がある。結果は31名中、「1/3~1/100」が52%、「1/300~1/3,000」以下が48%、「いくらであっても許容できない」が0%であった。なお、2015年度、2016年度もほぼ同様の割合であった。

(3) 視覚的にも理解を深めるために、農薬工業会や農薬会社等がホームページで公開されている動画を適宜上映している。

(4) 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(現実)を解説した後、実際の農薬の残留状況など(現実)を示している。ただし、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」と比喻する等、全体的に「物語・たとえ話」になっている。各回の授業項目は要旨を参照されたい。

(5) それらの現実に「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している。

(6) 「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(それらの反意語も)は用いていない。

2 「農薬環境科学」における新たな試み ～ケースメソッドの導入～

ケースメソッドとは、示された状況に直面した場合に、どのようにすべきかを討議を通して合意を形成していく方法であり、問題解決能力などの向上を図るアクティブラーニングの方法の一つとされている。本科目ではクリッカーを活用する形で2017年度から導入した。具体的な例を以下に紹介する。

(1) ケースメソッドの例-1

受講生は第4回で動物代謝、変異原性、亜急性毒性、慢性毒性、発がん性、催奇形性および繁殖毒性等の各種試験の内容、ならびにADIの設定過程等を学ぶ。そして第5回では、植物代謝試験および作物残留試験の内容、ならびに残留基準値の設定過程、使用基準の遵守義務および遵守状況等を学ぶが、その回の最後に下記のようなケースメソッドを導入した。

事実

ミルベメクチン(乳剤)のいちじくでの作物残留試験では、散布1日後に0.05 ppm、散布3日後お

よび7日後には0.02 ppm またはそれ未満で、作物残留基準値は0.2 ppm に設定されている。

仮定1

- ①あなたはある県の普及指導員である。
- ②ある日、ミルベメクチン水和剤をいちじくに散布する際の希釈倍数をスマートフォンで検索して1,000倍と農家に伝達した。
- ③農家は1,000倍液(180 l/10 a)を散布した。
- ④散布後、農家がラベルを確認すると2,000倍液(200~700 l/10 a)と記載されていることに気づき、あなたに連絡してきた。

問1:「あなたならどうするか?」を以下から選択しなさい

- ①収穫・出荷停止を指示する(損害賠償覚悟)
- ②すぐにでも、収穫・出荷可能と伝える。
- ③明日以降なら、収穫・出荷可能と伝える。
- ④3日後以降なら、収穫・出荷可能と伝える。
- ⑤その他

グループ(座席の近い3~5名)での討議前と討議後に、クリッカーで回答させた。結果を図-1に示す。その後、経過を示す仮定2を設定した。

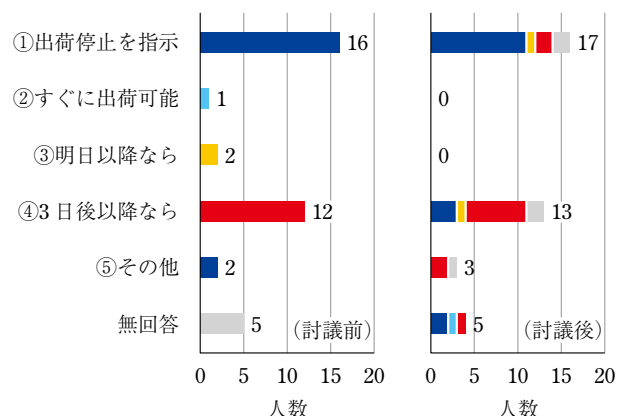


図-1 農薬環境科学(2017年度、第5回)に導入したケースメソッド(問1)への回答分布およびクロス集計結果

仮定2

- ①当該指導員は、出荷停止を指示した後、課長に相談した。
- ②課長は、実際の散布量が基準量より少ないこと、ミルベメクチンが易分解性であることから出荷可能と判断した。

- ③農家は、収穫したいちじくを店頭販売し、JAにも出荷した。
- ④課長は3日後に部長にこの経緯を報告した。
- ⑤部長は農薬取締法違反と判断し、出荷停止を要請した。
- ⑥農家は出荷を停止した。
- ⑦残留分析の結果は、不検出であった。

問2:「判断が正しかったのは誰か?」を以下から選択しなさい。

- ①課長
- ②どちらとも言えない
- ③部長

グループ(座席の近い3~5名)での討議前と討議後に、クリッカーで回答させた。結果を図-2に示す。

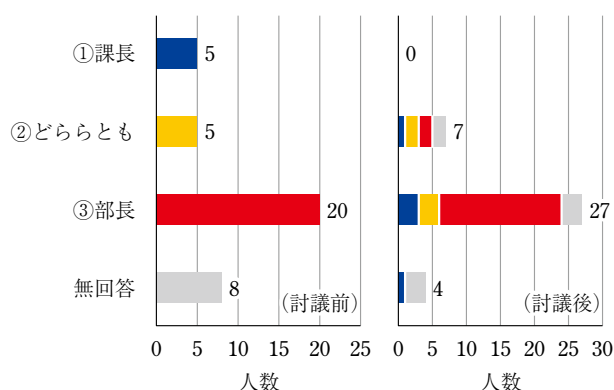


図-2 農薬環境科学(2017年度, 第5回)に導入したケースメソッド(問2)への回答分布およびクロス集計結果

(2) ケースメソッドの例-2

受講生は第7回で短期曝露評価などについて学ぶ。その回の最後に、教養育成科目の筆者の講義を受講した学生の感想文の一部を活用したケースメソッドを導入した。

感想文(2015年6月, 一部修正)

自分の家ではワサビを栽培している。「ワサビの害虫の中にワサビクダアザミウマといって、中国地方にだけ生息しているやっかいなものがいて、その虫の予防のために2種類の農薬があったが、今年になってどちらも販売を止めたので、これからどうすればいいのか?」と父親が言っていた。

解説

・2種類の農薬とは、「ジメトエート粒剤」と「ホ

クサンジメトエート粒剤」と推測される。

・「販売を止めた」とあるが、短期曝露評価に伴い農薬会社が自ら登録作物を削除した(2015年2月)ことを指すと推測される。

問3:「あなたがわさび農家ならどうするか?」を以下から選択しなさい。

- ①すぐに使用を止めて、他の農薬を探す。
- ②今の在庫をとりあえず使い続ける。
- ③買いだめして使い続ける。
- ④農薬による防除をあきらめる。

グループ(座席の近い3~5名)での討議前と討議後に、クリッカーで回答させた。結果を図-3に示す。

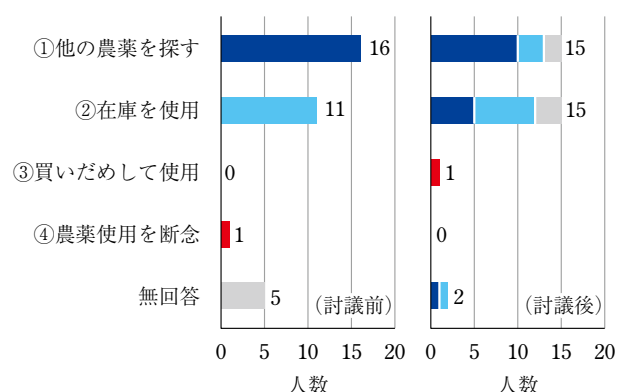


図-3 農薬環境科学(2017年度, 第7回)に導入したケースメソッド(問3)への回答分布およびクロス集計結果

①や②を選択した受講生が多かったことを受けて、次のような解説をした。

・現在、わさび田においてワサビクダアザミウマに使用可能な農薬はない。

・購入済みの農薬であっても、変更後の使用基準を遵守しなければならないため、わさびのワサビクダアザミウマ防除に使用できない。

ここで受講生たちは、上記の感想文中の父親が言っていた「これからどうすればいいのか?」の意味を知ることとなる。

(3) 受講生の反応

ケースメソッドに対する受講生の評価結果を図-4に示す。ケースメソッドを取り入れて欲しいとの回答が計57%であり、「自分の考えだけでなく、ほかの人の考えを聞くことができ、深く考えることができた」、「ケースメソッドは事例を理解するうえでよい方法と思う」旨の感想等が寄せられた。

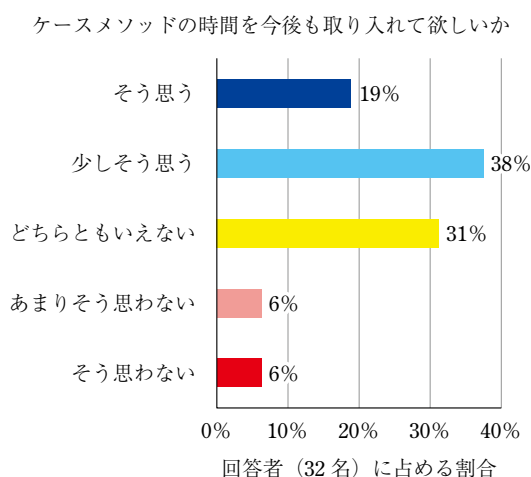


図-4 ケースメソッドに対する受講生の評価
(農業環境科学, 2017 年度第 7 回の終了時)

III 両科目の課題など

1 筆者から見た両科目の課題など

総合防除学については、農薬以外の防除資材・方法の普及開始年や普及度が不明確なものが多い、最新の情報を入れるために過去の情報を削除すると「物語」のストーリーが乱れるため、その選択が難しい等の課題がある。また、学部改組に伴うカリキュラムの変更で廃止(受講生は 2017 年度入学生が最後)になるが、教養育成科目などでの継続を検討したい。

農薬環境科学に導入したケースメソッドは、「これは間違い、してはならない」、「これが正しい、こうすべき」と一方的に教えるのではなく、「当事者の立場になって悩み、判断し、討議し、再び判断する」という過程を通じて「自分(たち)も間違った判断をする、あるいは、正しい判断ができる」という経験をしてもらうこと等を意図したものだが、試行段階であり、改善を行っていききたい。

2 受講生から見た両科目の課題など

農薬環境科学の受講生の大半は総合防除学も受講した学生であるので、第 11 回の受講生に「菓山の授業(農薬環境科学以外も含む)を受講して身についたこと、身につけていないこと」を書いてもらった。また、その一覧表を第 12 回の受講生に配布し、「共感した文章」を選んでもらった。シンポジウムの出席者にはすべての文章を配布したが、本稿では紙面の都合上、共感者数が上位であった三つの文章のみを下に紹介する。筆者の授業の現状と課題の一端が現れているのかも知れない。

記述 1

菓山先生の授業を受講して身についた最も大きい

成果は、農薬に関する知識全般が深まったことである。農薬登録のためには最悪を想定した数々の試験のクリアが必要であり、適切な使用下での農薬による健康被害や環境汚染の危険性は低く抑えられていることを学んだ。そのため農薬の使用に当たっては、使用方法に忠実に従った適切な使用が最も大切である。対して授業で身につけていないと考えられる点は、農業生産現場ではどのような農薬が必要とされているのか、また農業生産者にとって農薬は必要不可欠なのか、それとできるだけ使用を減らす方向なのか、というような実際の農薬の使用や需要の現状である。また、社会的に見て農薬に関する知識は広く知られているとは言い難く、偏見や誤解も多いが、その状況の中で農薬について学んだ我々は社会に対してどのような働きかけをするべきか、という点も考えていく必要がある。(共感者 7 名)

記述 2

菓山先生の授業を受けて身についたことは、農薬に関する正しい知識です。授業を受けるまでは農薬には少し危険なイメージを持っていましたが、授業を受けてからは農薬が環境や人体にしっかりと配慮されていることを学ぶことができました。しかしながら、それらの細かい内容まではとても分量が多く学び切れていないというのが現状です。これから、少しでも知識を増やしていけるように復習していきたいです。(共感者 5 名)

記述 3

この講義を受けて身についたことは、純粋に知識だ。これまで総合防除学も受けてきて知っていた知識よりも広い範囲の内容を知ることが出来た。そして、ケースメソッドによって、自分の知識という閉鎖的なものだけでなく、周りが各々持っている意見、見解を知ることが出来、解放的な知識を得ることが出来たと思う。身につけなかったことは、その知識を活かす事についての知識だ。まだインプットの面しか習っておらず、それをアウトプットするにあたっての根拠づける統計や物理学など、絡ませる知識も得ていかなくてはいけないと思った。(共感者 4 名)

これらを総合すると「知識、様々な考え方や判断力等

は身についたが、細部への理解や発信力等はまだまだである。」といったところであろうか。一方、筆者は講義の中で「安全だ」などの主観的な語句は用いていないが、結果的には自らそれらを綴る受講生が多い。また、農業環境科学の最終回に農業への評価の変化を問うところ、36名中、「肯定的になった（とても～少しの3段階）」がそれぞれ11%、50%、25%、「否定的になった（とても～少しの3段階）」がそれぞれ0%、3%、0%、「どちらでもない/変わらない」が11%であった。農業に纏わる「史実」や「現実」はそのようなパワーを持っているのだと感じつつ、そのような結果でよいのか、との自問も続けている。今後もこのような受講生の声やクリックカーの結果等を慎重に読み解きながら、講義内容や方法の改善に努めたい。

IV 農業に携わる人の「顔と名前」, 「生の声」を学生に届ける試み

筆者は農業環境科学以外にもいくつかの授業科目において農業の開発、毒性・残留試験、登録、普及、現場管理等のプロセスについて講義しているが、いずれの実務経験もない。そのため、間接的な伝達にとどまっており、「実際に携わっている方から直接お話を聞いてみたい」旨の感想文を綴る受講生もしばしばいる。そのような要望に応えるべく2015年度に農業工業会より「農業をもっとよく知ってもらう教育活動奨励金」を賜り、農業に携わる3名の方にご講演いただいた。また、その活動などが本学の「優良教育実践表彰」の対象となり奨励費を得たことから2016年度には1名の方にご講演いただいた(図-5)。

おわりに

筆者は、総合防除学では農業などの資材や使用法の開発のあゆみという「物語(史実)」を、農業環境科学では登録、その後の残留分析、さらには農業現場で起きた様々な事例という「物語(現実)」を話してきた。また、それらの続きを紡いでおられる方々の「顔と名前」と「生の声」を学生に届けてきた。さらに本学には植物防疫の要素を含む様々な科目がある。それらのすべてを通じて学生たちが植物防疫に関する様々なリテラシーやスキル



図-5 農業環境科学における平瀬寒月氏(三井化学アグロ株式会社)による講演の様子(2017年1月19日)

等を身につけたうえで、それらに携わる職業人、他の職業人あるいは専業主婦・主夫等になり、それぞれの立場から植物防疫、ひいては農業生産を支えてくれることを願っている。

一方で、特に農業に関する教育や情報伝達には課題が多いと思われるため、シンポジウムでは「教材開発・教材研究」に関する提案と「教材の査読」に関する募集を行った。その後、幸いにも前者のための資金を得ることができたため、これを活かして教材や講義方法の改良を万策尽きるまで行い、さらに広く公開することで様々な場面で活用していただきたいと考えている。そして、それにより農業の使用および使用された農産物等に対する受容または拒否といった個人的・社会的な意志の決定過程を支援し、持続可能な社会の構築に寄与することを夢見ている。興味を持ってくださった方はご連絡いただきたい(ksuyama@life.shimane-u.ac.jp)。

最後に、シンポジウムでの講演と本稿執筆の機会を与えていただいた一般社団法人日本植物防疫協会、上述の奨励金を賜った農業工業会および優れた動画資料を作成し公開されている各団体等に厚く御礼申し上げるとともに、「史実」や「現実」を作り上げてこられた皆様に心より敬意を表する。

引用文献

- 1) 巢山弘介(2018): 日本植物防疫協会シンポジウム「植物防疫をどう教えるか」講演要旨: 25~37. (<http://www.jpfa.or.jp/symposium/data/S300116.pdf>)

{ 日植防シンポジウムから }

植物防疫研修に係る課題と実践的なプログラムの構築

一般社団法人 日本植物防疫協会 そ ね しん ざぶ ろう
曾 根 信 三 郎

はじめに

1974年に全国農業協同組合からの依頼を受け開始した日本植物防疫協会主催の植物防疫研修会は、1983年から受講対象者を農業工業会会員にも拡大、2010年から県・市町村、関係団体の職員（農家を含む）にまで拡大し、公益事業として実施されている。受講対象者を拡大したことから、その目的を“農業取扱者や防除指導に携わる県・市町村、関係団体職員等を対象に、植物防疫および病害虫雑草等の防除に用いる資材等（防除機、農薬等）に関する正しい知識を備えた指導者を養成することとした。開始した1974～2017年までに89回の研修会を実施し、延べ5,730名が受講した（図-1）（日本植物防疫協会、2013；2017）。本研修会は、植物防疫に係るすべての分野を含んでおり、また、講師が第一線で活躍している研究者、行政担当者であることから、おおむね好評であった。

しかし、研修開始当時10日間あった研修会は、現在では5日間となり、また、新たに行政での取組みや環境問題等追加すべき項目も生じてきた。そのために、いくつかの講義については割愛し、また、限られた時間に多くの内容を網羅しなければならない状況であった。このような状況の中、植物防疫に欠かせない講義が欠如している、必須の内容が欠如している、講義内容の重なりが多い等の指摘がなされた。そこで、改めて植物防疫に必要な履修科目は何か、また、その研修内容は何が必須か、について見直しを行った。2016年より“植物防疫を体系的に整理して習得する”、“受講生にとって理解しやすい研修”を目的に、植物防疫研修会の改善を検討してきた。その結果について紹介する。

本稿は、2018年1月に開催された日本植物防疫協会シンポジウム「植物防疫をどう教えるか」での講演内容をまとめたものである。

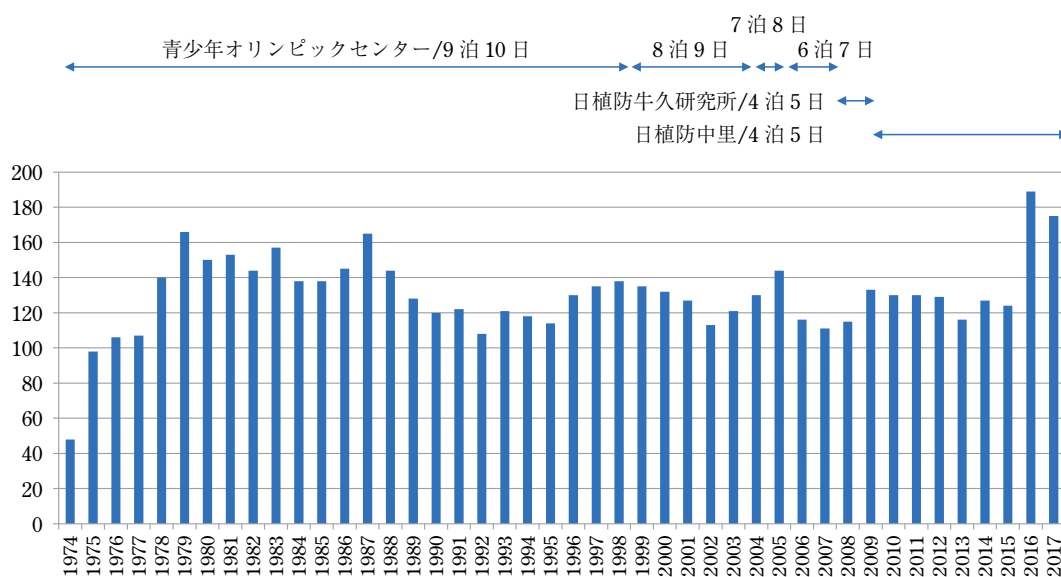


図-1 植物防疫研修会の歴史と受講者数

Current Problems and Effective Program on the Training of Plant Protection. By Shinzaburo SONE
(キーワード：植物防疫，研修)

I 植物防疫研修会の改善

まず、当協会の植物防疫研修会運営委員会で、植物防疫に必要な科目から改めて見直した。植物防疫の有用な手段である農薬について、その役割、一般知識や適正使用・危害防止についての科目は存在していたが、除草剤以外に作用機構や特性、抵抗性管理について詳細な研修はされていなかった。病害・虫害の講師陣の中に農薬の専門家がいないことから割愛されていた殺菌剤・殺虫剤の科目を追加し、本研修会に必要とした履修科目を、植物防疫行政、農薬行政、農薬の一般知識、農薬の安全性評価（毒性および残留、環境）、農薬の適正使用・危害防止、病害と防除（総論）、殺菌剤、水稻病害と防除、野菜病害と防除、果樹病害と防除、害虫と防除（総論）、殺虫剤、水稻害虫と防除、野菜害虫と防除、果樹害虫と防除、農薬の施用技術、航空防除、雑草と防除・除草剤と植物成長調整剤の18科目とした。また、研修項目についても、運営委員会で科目ごとに研修に必須と思われる項目を明確にして研修要綱を作成し、講義の重なりを削減、内容の追加を行った（表-1）。講義資料は、研修要綱に従って新たに作成し、また、講義終了後職場に戻ってからも活用できるように配慮した。

カリキュラムについては、関連する科目が連続するように配置し、受講生が植物防疫に係る知識・情報を順を追って体系的に整理して学ぶことができるようにした。

II 植物防疫研修会に残された課題

本研修会の見直しを行うことにより、植物防疫全般をカバーした研修を実施することができ、植物防疫を学ぶうえに必要な項目を整理しながら習得させることができた。また、研修後にも活用できる講義資料を提供することができた。研修会受講者から、「植物防疫に係る知識が整理でき、現場での経験が結びついた」と好評を得ている。

しかし、本研修会は、植物防疫に必須な基礎が中心で、細かな病虫害、雑草に関する各論までは網羅されていない。また、知識を活用する生産現場での実習はなく、他の機関・組織での研修が必要である。また、研修できる時間が限られる中、覚えて欲しい必須項目が多いため、非常に多い内容を詰め込んだ状況であり、聴講生が理解する時間的な余裕がない状況にある。さらにわかりやすい資料（テキスト）や研修項目の見直しを行い、受講生により役立つ研修会を目指したい。

III さらなる知識の充実

本研修会を受講すれば、直ぐに植物防疫の専門家にな

れるわけではなく、常に新しい知識を集積する必要がある。本研修会は植物防疫の基礎の枠組みを提供するもので、この枠組みに新しい知識を整理して集積することが大切である。主要病虫害の発生や生態等大きく変わることのない情報は、既刊の図鑑や教科書から集積することが可能である。病害・虫害関係では、当協会が発刊している「植物防疫講座」、「ひと目でわかる果樹の病虫害」、「土壌病害の見分け方」、「疫病」、「アザミウマ類の見分け方」、「アブラムシ類の見分け方」、「植物ダニ類の見分け方」、「線虫の見分け方」、「いちご病虫害の見分け方」、「農業害虫の薬剤感受性検定マニュアル」、「植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル」、「天敵生物等に対する化学農薬の影響評価法」、「植物ウイルス同定の基礎」、「作物病原菌研究技法の基礎」、「フェロモン研究」、「フェロモン剤利用ガイド」、「生物農薬・フェロモン ガイドブック」、農業関係では、「農薬概説」、「薬剤適用一覧表」、「農薬要覧」、「農薬ハンドブック」、「農薬用語辞典」、「農薬と食の安全・信頼」を参考にされたい。侵入病虫害・雑草、新しい防除法や病虫害診断法、新規の農薬や法改正等新しい知識を取得するには、学会誌、研究会誌、科学雑誌、都道府県の農業研究機関、農薬メーカー、JA、卸商や当協会のJPP-NET等から知識を集積することが可能である。当協会が発刊している「植物防疫」、JPP-NETで新たに配信を開始した「薬剤情報バンク」も活用願いたい。

知識の集積に終点はないので、常に情報を集積し、生産現場での技術の構築を目指さなければならない。

IV 植物防疫研修全般に係る課題

本植物防疫研修会の改善を通じて見えてきた植物防疫研修全般に係る課題として、以下の①学ぶべき分野が広く、また、専門性も高い、②使いやすい教科書・テキストがない、③あるべき研修会の姿が明確でない、④生産現場での実習・研修の欠如、があげられる。

植物防疫に関係する分野は、病理学、昆虫学、ダニ学、線虫学、雑草学等の応用を含めた生物分野とその防除に大きく貢献している農薬学がある。農薬に関しては、化学はもちろんのこと、作用機構などの毒物学、代謝に関係した生理学、製剤に関する物理化学の分野に加えて、関連した法令も熟知して使用しなければならない。植物防疫研修と一言で言っても、その内容は広範囲にわたりすべてを一度に研修することが難しく、また、専門性が高いことから、どのレベルの研修を行うかも重要である。一定レベルですべての分野をカバーする研修、分野別に高レベルでの研修、また、各専門家とチームを作り

表-1 履修科目と研修項目

植物防疫行政 1. 植物防疫行政 2. 植物防疫の仕組み 植物防疫法の概要 組織と役割 3. 発生予察と防除事業 4. 農産物輸出入と植物検疫	病気の発生基本メカニズム (主因・素因・誘因) 病気の診断法 4. 病気による被害と被害予測 発生予察, 要防除水準の活用 5. 病害の防除 化学的防除, 耕種的防除, 生物的防除, 物理的防除 発生基本メカニズムを踏まえた IPM	水稻害虫と防除 1. 水稻害虫の種類と発生生態 2. 発生予察 3. 水稻害虫の防除 育苗期, 本田期防除, 防除の適期 化学的防除 耕種的防除, 生物的防除 4. 有効な防除法 (IPM) の組み立て
農業行政 1. 農業行政の意義と歴史 2. 農業行政の仕組み 組織と役割 農業取締法の概要と解説 農業登録制度の概要と解説 3. 関連法規の概要 毒物・劇物取締法, 食品衛生法, 消防法, 水質汚濁防止法, 産廃法 等	殺菌剤 1. 殺菌剤関連用語の説明 2. 殺菌剤の種類と作用機構 3. 薬剤の特性を考慮した上手な使い方 4. 耐性菌発達の現状と管理	野菜害虫と防除 1. 野菜害虫の種類と発生生態(露地・施設) 2. 発生予察 3. 野菜害虫の防除(露地・施設) 化学的防除, 耕種的防除, 生物的防除, 物理的防除 4. 作物別の主な害虫と有効な防除法
農業の一般知識 1. 農業の変遷 2. 農業基礎知識 製剤化について 農業の名称 (商品名, 種類名, 一般名, 化学名) 農業の分類 (用途, 剤型, 化学構造, 作用機構) 3. 農業の研究開発 農業開発の流れ 農業市場	水稻病害と防除 1. 水稻病害の種類と発生生態 育苗期の主要な病害 本田期の主要な病害 2. 発生予察 3. 水稻病害の防除 種子消毒, 育苗期の防除, 本田期の防除 4. 有効な防除法 (IPM) の組み立て 5. 薬剤抵抗性の現状	果樹害虫と防除 1. 果樹害虫の種類と発生生態 2. 発生予察 3. 果樹害虫の防除法 化学的防除, 耕種的防除, 生物的防除, 物理的防除 防除の適期 4. 主要果樹別の主な害虫と有効な防除法
農業の安全性評価 1. 安全性評価の目的と概要 農業登録に必要な試験 2. 人畜に対する安全性 ①毒性試験の種類 ②農業残留基準 ③暴露評価と基準値 (ADI, ARfD, 作物残留の決め方) 3. 環境に対する安全性 ①登録保留基準 ②有用昆虫, 鳥に対する影響 ③登録保留基準と安全性評価 土壌残留, 水産動植物被害, 水質汚濁 ④その他の安全確保のための制度	野菜病害と防除 1. 野菜病害の種類と発生生態(露地・施設) 2. 発生予察 3. 野菜病害の防除(露地・施設) 化学的防除と防除の適期, 耕種的防除, 生物的防除, 物理的防除 土壌病害の防除方法 4. 主要野菜の主な病気と有効な防除法	農業の施用技術 1. 農業施用技術の変遷 2. 農業施用技術の基礎 農業の製剤と作物による施用法 3. 主な農業の散布方法と農業散布機の概要 4. 農業のドリフト低減に配慮した散布技術
農業の適正使用・危害防止 1. 農業の使用に伴う事故, 残留基準値超過事例 2. 安全使用のための基本事項 農業ラベルの内容確認と遵守 防除実施の記載 保護具の種類と必要性 農業の管理 (保管, 廃棄・農薬空容器処理) ドリフト防止対策, 防除器具洗浄, 水田の止水管理	果樹病害と防除 1. 果樹病害の種類と発生生態 2. 発生予察 3. 果樹病害の防除 栽培管理 化学的防除と防除の適期, 耕種的防除, 生物的防除, 物理的防除 4. 主要果樹の主な病気と有効な防除法	航空防除 1. 航空防除事業の概要(有人, 無人) 2. 無人航空機の開発, 認定 3. 関連法規 航空法, 航空機製造事業法, 電波法, 他 飛行に関する手続き 4. 無人航空機利用による農業散布 技術指導指針, 安全対策(マニュアル)
病害と防除(総論) 1. 植物の病気の分類と種類 2. 代表的な病原体とその生態(生活環) 3. 病害防除の基本	害虫と防除(総論) 1. 昆虫・ダニ・線虫学の基礎 分類, 形態, 生理, 生態, 天敵との相互関係 2. 害虫による被害と発生予察 加害形態と被害, 要防除密度水準 3. 害虫の防除 化学的防除, 耕種的防除, 生物的防除, 物理的防除 発生基本メカニズムを踏まえた IPM 殺虫剤 1. 殺虫剤関連用語の説明 2. 殺虫剤の種類と作用機構 3. 薬剤の特性を考慮した上手な使い方 4. 殺虫剤抵抗性発達の現状と管理	雑草と防除 除草剤と植物成長調整剤 雑草と防除 1. 雑草の種類と特徴 生活環による分類, 防除上の分類 2. 雑草による被害と防除期間 3. 水田および畑地雑草の防除 選択性, 葉齢 除草剤 1. 除草技術の変遷と除草剤使用の現状 2. 除草剤の作用性と薬害 3. 除草剤の剤型と処理方法 4. 除草剤の使用場面, 使用方法 5. 抵抗性雑草の現状と管理 植物成長調整剤 1. 農薬としての用途 2. 主な調整剤と作用性 3. 使用にあたっての注意事項

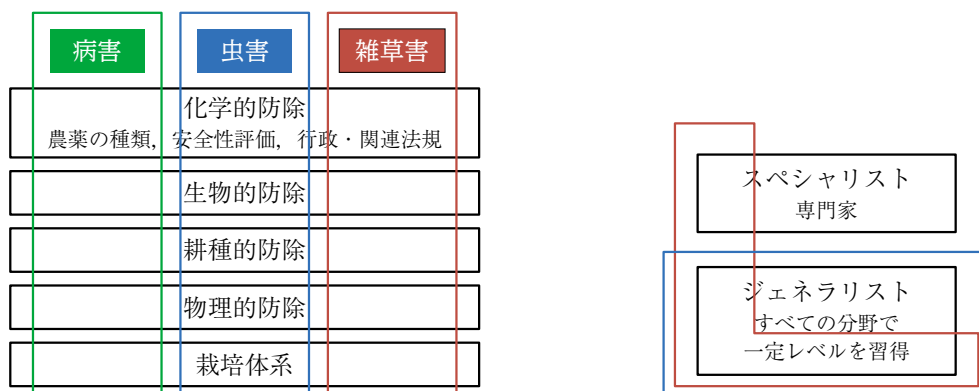


図-2 植物防疫研修を受講者の目指す目標とレベル

左：各分野でのスペシャリスト。

右：すべての分野で一定レベルを習得するジェネラリスト。

赤枠は各分野のスペシャリスト、青枠はジェネラリストを表す。

研修を行う必要もある。

研修を行うためには、教科書・テキストが必要になる。病理・昆虫（ダニ、線虫を含む）・雑草学の教科書は、初版から時間を経ているものが多く、また、専門性が高く、カラー印刷ではなく文字が多いことから若年層に受け入れにくくなっている。農業学に関する教科書も初版から時間を経ているものが多く、新規の構造を有する薬剤の情報を得ることが難しい。

植物防疫に係る分野が広範囲であるため、研修ごとの目的や目標の項目が明確でなく、研修では生産現場で特に注意しなければならないことだけが取り上げられることも多く、植物防疫全般をカバーしていない。特に、農業に関する適切な教科書・テキストがないことから、多くの植物防疫研修では、農業に関し行政や適正使用等についての講義が実施されているものの、農業の種類や作用特性を考慮した研修は限られている。

生産現場での実習・研修は、重要な病害虫が発生した場合や、新規の防除法が開発された場合に大きな研修会が開催されるが、日々現地で起こっている問題に対する研修会はほとんど実施されていない。また、病害虫・雑草診断等、図鑑や教科書等机上の知識では、現場に対応できないことが多い。知識を活かし新しい技術を構築するためにも、生産現場での実習・研修が重要となる。

V 実践的なプログラムの構築

植物防疫を実践するには、病害虫・雑草の種類、発生生態、密度の把握から、それらの防除法（化学的防除、生物的防除、耕種的防除、物理的防除）、また、関連する法規まで、習得しなければならない範囲が広く、且つ深く理解しておかなければならない。すべての分野に卓越した知識を習得できることなど不可能に近いが、病

害、虫害、雑草害等の分野ごとであれば知識の習得は可能であり、また、すべての分野の一定レベルの知識の習得も可能である（図-2）。すべての分野の基礎をカバーした研修である当協会の植物防疫研修会の考え方をベースに、今後、知識の集積、現場での実習・研修を行い、植物防疫に携わる人のレベルアップを図り、現地で活用できる技術を構築することが望ましい。

植物防疫研修を実施する際には、研修の目的、目標、項目を明確化するために研修要綱を策定することが重要である。また、研修内容を受講者の目指す目標・レベルに合わせることも重要である。各専門家がチームを組んだ植物防疫全般をカバーした研修、分野別に受講者のレベルに沿った研修、研修に適した教科書やテキストの作成、生産現場での実習・研修等が実践的なプログラムを構築するうえで必要であろう。

おわりに

植物防疫研修と言っても、その内容やレベルは様々であるが、各種の植物防疫研修会に参加される方は、資格取得だけを目的とするのではなく、どのような植物防疫に携わる人になりたいか、あるべき姿のビジョンをもって受講することを希望する。また、植物防疫を教える立場にいる人は、熱意を持って研修を行うよう希望する。当協会の植物防疫研修会の改善を通じて示した研修会のあり方が、今後の植物防疫研修の改善に寄与することを期待する。

引用文献

- 1) 日本植物防疫協会 (2013): 日本植物防疫協会設立 60 周年記念誌, p.29.
- 2) ——— (2017): 植物防疫協会 HP, <http://www.jpapa.or.jp/>

植物防疫講座

病害編-7

イネ稻こうじ病の発生生態と防除

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業研究センター 病害研究領域 抵抗性利用グループ

あし ずわ たけ と
芦 澤 武 人

はじめに

イネ稻こうじ病（いねいなこうじびょう）は、病原菌 *Villosiclava virens* (TANAKA et al., 2008) によりイネの穂の朶に暗緑色の病粒が形成される病害である。イネ種子の播種後から出穂して 10 日後程度までの期間は全く病徴が見られないため、圃場では収穫間際になって発生に気づくことが多い。2008～17 年の過去 10 年間で発生面積が 10 万 ha を超える年が 7 回記録された（図-1）。過去には冷涼な年に発生するとされてきたが、現在は北海道を除く全国各地で被害が認められるため、2016 年 4 月 1 日から国の指定有害植物に指定された。問題となる被害としては、収穫後に調製した玄米に病粒が混入すると、米の農産物検査において異物混入と判定され規格外となる。種子生産においては、病粒が混入した販売種子を購入した生産者からのクレームや返品が生じる。また、飼料用稲では病粒が多量に混入したサイレージを牛に給与しても食べようとしない忌避行動を示す（森本ら，2010）。米国のミシシッピ・デルタでは、2000 年にトウモロコシの穂に本病菌による被害が発生したことが初めて報告され（BROOKS, 2010）、イネ以外の食用作物に寄

生性を拡大しており、今後問題となることが懸念されている。

I 発生生態

1 生活環（図-2）

病粒の中～表層までは多量の厚壁胞子が充満している。病粒表面の厚壁胞子は風により病粒がイネ体と擦れたり、降雨の水滴が当たったり、雨水に懸濁されたりして土壌表面に落下する。コンバインでイネを収穫するときには、おおよそ半分は朶とともに圃場外に持ち出され、半分は圃場内に病粒がバラバラになりながら散布され伝染源となる。翌年までにトラクターで耕起すると土壌中に混和され、代かき後にイネ幼苗を移植すると、土壌中の厚壁胞子（図-3）がイネの根に付着・発芽して、根の表皮細胞の間隙から菌糸が侵入する（TeBeest, 2010；PRAKOB SUB and ASHIZAWA, 2017）。その後維管束の周辺間隙を伝って菌糸が伸展し、葉の成長点である葉原基と幼葉の表皮細胞の表面に至る（TANAKA et al., 2017）。その後、維管束周辺間隙を伝って（IKEGAMI, 1963）、穂ばらみ期の葉鞘に達し（本藏，2015）、出穂前の穎花の先端の外穎と内穎が咬合するわずかな隙間から菌糸を侵

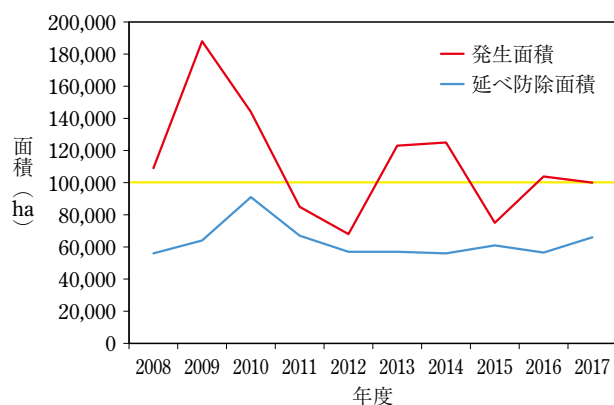


図-1 稲こうじ病の全国発生面積と延べ防除面積

Ecology and Control of Rice False Smut Disease Caused by *Villosiclava virens*. By Taketo ASHIZAWA

（キーワード：感染，指定有害植物，薬剤，散布適期，判定システム）

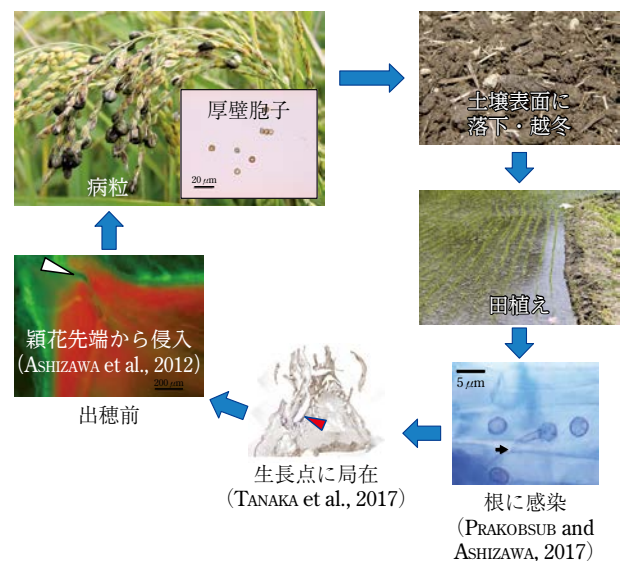


図-2 イネ稻こうじ病菌の生活環

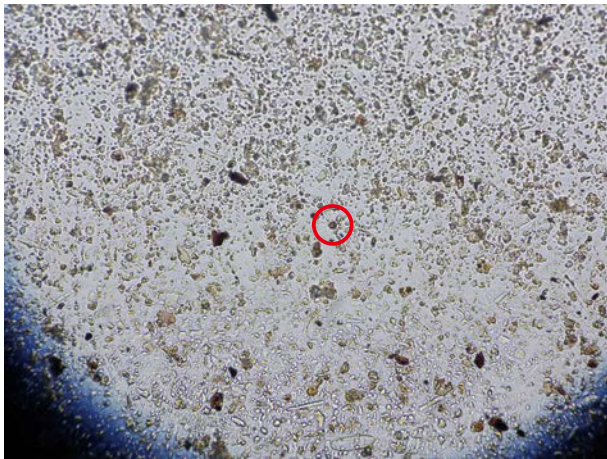


図-3 水田土壌懸濁液中における厚壁孢子

入させ、花器に至る (ASHIZAWA et al., 2012)。侵入菌糸は葯・花糸・子房・鱗皮等すべての組織に付着するが、子房には侵入しない。付着菌糸は外穎側の花糸 (3 本) の上部 (葯と融合している部分) から侵入し基部へと細胞間隙を伝って菌糸を伸長させ (TANG et al., 2013)、光合成により転流されてくる養分を吸収して病粒を発達させる。出穂後に外穎と内穎の隙間からチューインガムが膨らむように灰白色の皮膜に覆われた菌糸塊が出現し、次第に破れてオレンジ色の厚壁孢子塊が露出する。収穫時期までに暗緑色に変化し、まれに馬蹄形の菌核が病粒表面に付着するように形成される。

II 発生要因

第 1 に土壌伝染性である本病は、土壌菌量が多い圃場ほど発生が多いことが明らかになっている。菌量は圃場内の土壌を 12 地点採集し、乾燥後の土壌を各 0.5 g 用いて DNA を抽出・精製し、リアルタイム PCR で Cycle threshold value (Ct 値) を測定し、その平均値を算出して求められる (ASHIZAWA et al., 2010)。Ct 値は 29 以下が甚発生、30 が多発生、33 が中発生、35 が少発生、37 が微発生、38 以上が発生なしの発生リスクに分類される。

第 2 に気象条件が影響し、特に出穂前 30 日間の降雨日が多いほど発生量が多くなる (芦澤, 2014)。降雨の頻度は、10 回以下が少発生、11~15 回が中発生、16~20 回が多発生、21 回以上が甚発生の発生リスクに該当する。これは出穂前の穎花が感染する時期に雨が多いことにより、侵入確率が高まることに起因すると考えられる。なお、出穂前 30 日間に連続して 10 日間以上降雨がない日が続くと発生量が減少する事例が複数ある。そのほか、微気象が影響することがあり、川霧が立ちやすい川沿いの圃場で発生が多く、山間部で日の出を遮るよう

表-1 稲こうじ病に対する品種の抵抗性程度 (ASHIZAWA et al., 2011 から一部抜粋)

抵抗性	品種・系統 (抵抗性程度)	早晩生
強	あきたこまち (0.3)	早中
	まなむすめ (0.8)	中
	蟾津 (0.2)	晩
	裡里 (0.9)	晩
中	コシヒカリ (1.0)	中
	ひとめぼれ (1.0)	中
	べこあおば (1.3)	中
	ヒノヒカリ (1.0)	晩
	にこまる (2.0)	晩
弱	夢あおば (3.7)	早
	とりで 1 号 (3.7)	晩
	クサホナミ (8.0)	晩
	ニシアオバ (4.3)	晩

抵抗性程度は対コシヒカリ値 (コシヒカリを 1.0 とする)。

に東側に山があったりしても発生が多くなりやすい。

第 3 に品種により抵抗性程度に違いがあり (表-1)、圃場での複数年の調査だけでなく、育成したイネに対する分生子の穂ばらみ期接種により、本病に対する抵抗性程度を評価する方法もある (ASHIZAWA et al., 2011)。我が国の主要品種である‘コシヒカリ’は中程度の抵抗性であるが、‘あきたこまち’のように強い品種もある。晩生は弱い品種が多いが、‘蟾津 (せんしん)’や‘裡里 (いり)’は発生量が少ない。飼料用の専用品種では、‘夢あおば’を始めほとんどの品種で弱いことが知られているが、粳の着粒数が少ない‘たちあやか’や‘たちすずか’ではほとんど発生が見られない。

そのほか、今まで発生が全く認められなかった圃場において、試験目的で飼料用稲を栽培した結果、同一圃場内で発生が認められた列と発病がない列があり、原因として病粒が種子中に混入していた育苗箱とそうでなかったものが移植されたと考えられる事例がある。なお、本病菌が種子に寄生して保菌種子となる報告はないので、厳密な種子伝染ではなく、種子への病粒混入として区別する。

III 防 除

1 耕種的防除法

水田と畑圃場を数年ごとにブロックローテーションする技術を導入した地域では、水田を連用している圃場より発生が少ないことから、田畑輪換が本病の発生量を減らす効果があることがわかっている (笹原ら, 2008)。これに対し、1 年間にイネとムギを交互に栽培する 2 毛作では、本病を抑制する効果は認められない。ただし、

1年間イネを栽培せずに畑状態で放置して、2年目に水田を再開した圃場では発生が顕著に少なくなる事例がある。このように畑状態を長期間維持することが本病の伝染源の生残に影響する。

米国では畝間を灌漑すると本病の発生が抑制されることが報告されているが (Brooks, 2010)、日本では冷灌漑水がイネの本病に対する感受性を上げることが知られているので現実的な方法でない。そのほか、幼穂形成期が梅雨時期に当たらないよう作期を移動することで感染を回避する方法もある。

2 収穫後の調製

圃場段階で発生を抑制することが本病の防除の基本となるが、籾を粗選機や色彩選別機にかけて病粒を除去することができる (古川ら, 2013)。なお、種子生産農家では、発生量が多いと病粒を手取りにより除去することがあるため、発生圃場では薬剤による予防的な防除が基本となる。

3 薬剤の種類

本病に対する登録薬剤は複数あるが、効果のある剤は限られる。粉剤では塩基性硫酸銅、液剤では塩基性塩化銅、粒剤ではシメコナゾール (Tsuda et al., 2006) があり、銅剤は発病抑制効果が高く、シメコナゾールはこれに次ぐ。本病に対する散布適期は限られ、シメコナゾールでは出穂 21~14 日前、銅剤では出穂 21~10 日前が散布適期であり、これ以外の時期では防除効果が著しく落ちるか全く効果がない。

4 薬剤散布適期判定システム

散布適期が短い本病を防除するためには、毎年のイネの移植日の違いや気象変動による生育の違いを考慮しつつ、降雨のない日に散布する必要がある。そこで、本病の発生生態をモデル化し、適期防除を支援する目的で「イネ稲こうじ病の薬剤散布適期判定システム」(図-4)が開発されている (芦澤, 2017)。イネの移植日、品種と圃場抵抗性程度、土壌菌量 (近年の発生量)、薬剤の種類等を登録すれば、薬剤の散布を支援するための電子メールが配信される (図-5)。なかでも薬剤散布適期開始メールが最も重要な情報で、本メールを受信後に薬剤散布を行うことで適期防除が促される。ただし、システムによる予測誤差を勘案して、散布適期であるかどうかは圃場で中庸な生育を示しているイネの幼穂が 1~5 cm 程度に生育していることを確認する必要がある。また、本システムと防除に必要な情報を記載した「イネ稲こうじ病の薬剤防除マニュアル」がインターネット上に公開されている。

図-4 イネ稲こうじ病の薬剤散布適期判定システムの診断画面

登録された薬剤「ドイツボルドー A」の散布適期に入りました。

登録内容
圃場：山方
移植日：2017-05-14
品種（圃場抵抗性程度）：コシヒカリ（1.0）
Ct 値（発生量）：33.0（3 中発生）
薬剤（閾値）：ドイツボルドー A（0.5）
出穂期 40 日前までの積算気温：600
計算開始日の積算気温：900
散布適期開始日の積算気温：1100
散布適期終了日の積算気温：1400
出穂期の積算気温：1600
送信時刻：2017/7/26 08:03:22

図-5 電子メールの配信例

IV 発生生態の解明と防除技術の今後

イネ稲こうじ病の発生生態は、解明すべき課題がまだ多く残されていると考えてよい。①根から感染した菌がどのように葉原基周辺に至るのか。②葉原基から分けつするイネへどのように移動しているのか。③維管束周辺を伝って穂ばらみ期の葉鞘までどのように至るのか。④葉鞘に存在する菌がどのように穎花内に侵入するのか。⑤どのようにして穎花の先端を認識して穎内に侵入するのか。⑥なぜ外穎側の花糸からだけ菌糸が侵入するのか、等疑問は尽きない。これらの課題を解決するために今後の研究の進展が待たれる。

現在の登録農薬は、地上部のイネにすでに感染している本菌を防除するのが目的であり、土壌中の菌を対象としていない。近年、土壌に散布することにより防除効果を示す資材が明らかになってきており、直接伝染源を防除することが可能となってきている。このため、資材だけでなく土壌中の伝染源を標的とした農薬の開発が待たれる。

防除技術の一つには抵抗性の利用が考えられるが、本菌の進化の歴史やイネ体での菌の行動を考察することで、今後技術として利用できるか判断できる。本菌の分子系統の関係を解析した結果、昆虫寄生性の *Metacordyceps* 群とイネ科植物の花器や生長点に感染するバツカクキン科植物寄生性群の両方の特徴を持っていることから、昆虫寄生菌が植物のイネに寄生するようになったと考えられる (KEPLER et al., 2012)。このため、イネの病原菌になってからイネ稲こうじ病菌は歴史が浅く、植物側が抵抗性を発達させるまで時間が十分経っていない。さらに、根から穎花に感染するまでの過程で、本菌はイネ体に傷をつけて侵入するのではなく、イネ体の間隙を縫って菌糸が伸展するため、植物側に抵抗性を付与することは実際には困難であることが伺える。ただし、穎花頂部が物理的に閉じた品種が開発されれば、穎花内への侵入は不可能であるので、これが抵抗性品種の形質として導入されれば全く発病しない品種開発も夢ではない。

おわりに

イネ稲こうじ病の研究は、近年発生が問題となっている中華人民共和国の報告が多数を占めるが、その内容や現実場面での利用の可能性については十分吟味する必要がある。情報社会においては、マニュアル通りにすればよいというのではなく、利用者本人がより正確な情報を判断して収集し、理解する必要があることを忘れてはならない。

引用文献

- 1) ASHIZAWA, T. et al. (2010): Eur. J. Plant Pathol. **128**: 221~232.
- 2) ——— et al. (2011): J. Gen. Plant Pathol. **77**: 10~16.
- 3) ——— et al. (2012): ibid. **78**: 255~259.
- 4) 芦澤武人 (2014): 関東東山病虫研報 **61**: 18~22.
- 5) ——— (2017): 農研機構研究報告 **1**: 1~12.
- 6) BROOKS, S. A. (2010): Plant Dis. **94**: 570~574.
- 7) 本藏良三 (2015): 北日本病虫研報 **66**: 1~9.
- 8) 古川雅文ら (2013): 千葉農総研研報 **5**: 131~135.
- 9) IKEGAMI, H. (1963): Res. Bull. Agr. Gifu Univ. **18**: 54~60.
- 10) KEPLER, R. M. et al. (2012): Am. J. Bot. **99**: 552~561.
- 11) 森本和秀ら (2010): 関西畜産学会報 **166**: 19~25.
- 12) PRAKOB SUB, K. and T. ASHIZAWA (2017): J. Gen. Plant Pathol. **83**: 358~361.
- 13) 笹原剛志ら (2008): 北日本病虫研報 **59**: 18~21.
- 14) TANAKA, E. et al. (2008): Mycotaxon **106**: 491~501.
- 15) ——— et al. (2017): Plant Pathol. **66**: 56~66.
- 16) TANG, Y.-X. et al. (2013): ibid. **62**: 1~8.
- 17) TeBEEST, D. O. (2010): Phytopathology **100**: S125.
- 18) TSUDA, M. et al. (2006): J. Gen. Plant Pathol. **72**: 301~304.

植

物

防

疫

講

座

農薬編-6

GABA 作動性塩素イオンチャネルブロッカー

ーフェニルピラゾール系ー

BASF ジャパン株式会社 ぐんじま 郡嶋 こうし 浩志 せこ 瀬古 たかし 隆司

はじめに

Crop Life International 傘下の殺虫剤抵抗性対策委員会 (Insecticide Resistance Action Committee, 以下 IRAC) による作用機作による分類中, グループ 2 は GABA (gamma-Aminobutyric acid = γ -アミノ酪酸) 作動性塩素イオンチャネルブロッカーの化合物群と呼ばれ, 環状ジエン有機塩素系化合物の 2A とフェニルピラゾール (フィプロール) 系化合物の 2B のサブグループから構成される (表-1, 農薬工業会, 2017)。このグループ 2 の化合物は, 標的生物の抑制性神経伝達物質である GABA による塩素イオンチャネルの制御を阻害する。その結果, 神経興奮抑制作用が阻害され, 効果を発現することが知られている。

サブグループ 2A の環状ジエン有機塩素系殺虫剤に該当するベンゾエピン (=エンドスルファン) は 1991 年に日本での登録が失効しており, 農業用殺虫剤としての使用はない。農業用として現在日本で販売されているグループ 2B の化合物に, フィプロニル (商品名: プリンス®) とエチプロール (キラップ®) があることから, サブグループ 2B のフェニルピラゾール系化合物について解説する。

I 開発の経緯

1980 年代, フランスのローヌプーランアグロ (現バイエルクロップサイエンス) はフェニルピラゾール系除草剤を探索していたが, その合成化合物中に殺虫活性を有する化合物を見いだした。その後, 殺虫剤創出を目的とした本系統のスクリーニングが実施され, 数種の高い殺虫活性を有する候補薬剤が選抜された。

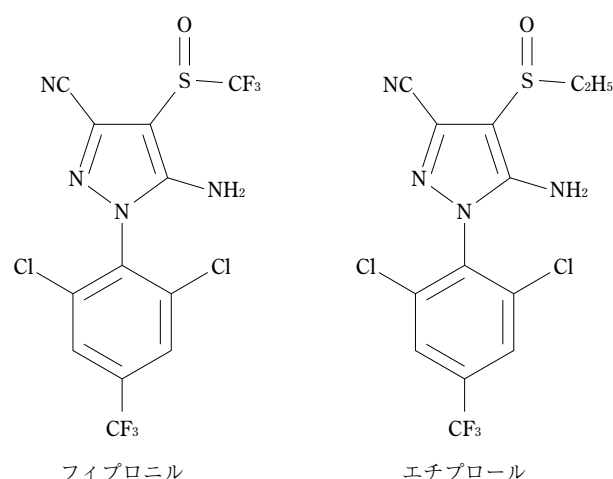


図-1 フェニルピラゾール系殺虫剤の化学構造

表-1 日本における農業用殺虫剤の作用機構 (一部抜粋, 改変)

主要グループと一次作用部位	サブグループ あるいは代表的有効成分	有効成分	農薬名 (例) (剤型省略)
2 GABA 作動性塩化物イオン (塩素イオン) チャネルブロッカー 神経作用	2A 環状ジエン有機塩素系		
	2B フェニルピラゾール系 (フィプロール系)	エチプロール	キラップ
		フィプロニル	プリンス

Review of GABA-Gated Chloride Channel Antagonists (IRAC Group 2). By Koshi GUNJIMA and Takashi SEKO

(キーワード: フェニルピラゾール, エチプロール, フィプロニル, GABA 作動性塩素イオンチャネル, 作用機構, 作用経路, 殺虫剤)

最終選抜された薬剤が、フィプロニル（1996年4月国内登録）とエチプロール（2005年1月国内登録）である（図-1）。現在日本では、BASFがフィプロニルの農業用（バイエルクロップサイエンスは芝用で販売）、エチプロールはバイエルクロップサイエンスが農業用で登録・販売を行っている。

II 作用機構

農薬の作用機構を解明することは、その薬剤を処理された標的生物が、どのような症状を呈しながら最終的な効果発現に至るのかを理解するうえで重要である。またその逆も然りで、処理された標的生物の詳細な症状観察は、作用機構を類推することにつながり、作用機構の解明のための重要な手がかりとなる。すなわち、作用機構の解明は、薬剤の物理化学特性や生物効果の情報と同じく、その薬剤の特性を最大限引き出す手がかりとなり、その剤に適合した製剤や処理方法を決定するための重要な情報となる。

フェニルピラゾール系殺虫剤は、昆虫の GABA 依存性塩素イオンチャネル（GABA-Cl_s）を遮断する。GABA は抑制性神経伝達物質として知られている。薬剤の GABA 依存性塩素イオンチャネルへの作用を図-2 に示した（BASF ジャパン株式会社, 2015）。すなわち、通常 GABA が GABA 受容体に結合すると、塩素イオンチャネルが活性化され、塩素イオンが神経細胞内に流入し

シナプス後膜の電位が低下することによって興奮が抑制される。しかしながら、フェニルピラゾール系殺虫剤が GABA 依存性塩素イオンチャネルの特定部位に結合すると、塩素イオンチャネルが不活性化し、塩素イオンの流入が阻害され、シナプス後膜の電位が低下しなくなるため、興奮抑制が起こらなくなる。

フェニルピラゾール系殺虫剤を処理された害虫は、過興奮や痙攣症状を呈しながら最終的には死亡にいたる。この死亡に至るまでのプロセスには、推奨されている薬量処理で、おおむね 24～48 時間を要する。この一連の症状は、本剤の作用機構から類推され、また、致死までにある程度の時間を要することから、この作用機構の関与が示唆される。

因みに、フェニルピラゾール系殺虫剤の昆虫の GABA 依存性塩素イオンチャネルへの結合は、ほ乳類のそれよりも強く起こることが報告されており、ほ乳類と害虫間の選択毒性の発現に寄与している（COLE et al., 1993 ; GRANT et al., 1998 ; HAINZL et al., 1998 ; RATRA and CASIDA, 2001 ; RATRA et al., 2001）。

さらに、フィプロニルおよびその代謝物であるスルホン体が、ワモンゴキブリ *Periplaneta americana* (Linnaeus) とチャバネゴキブリ *Blattella germanica* (Linnaeus) のグルタミン酸依存性塩素イオンチャネル（GluCl_s）にも作用することが報告されている（ZHAO et al., 2004 ; 2005 ; ZHAO and SALGADO, 2010）。原始的な無脊椎動物に

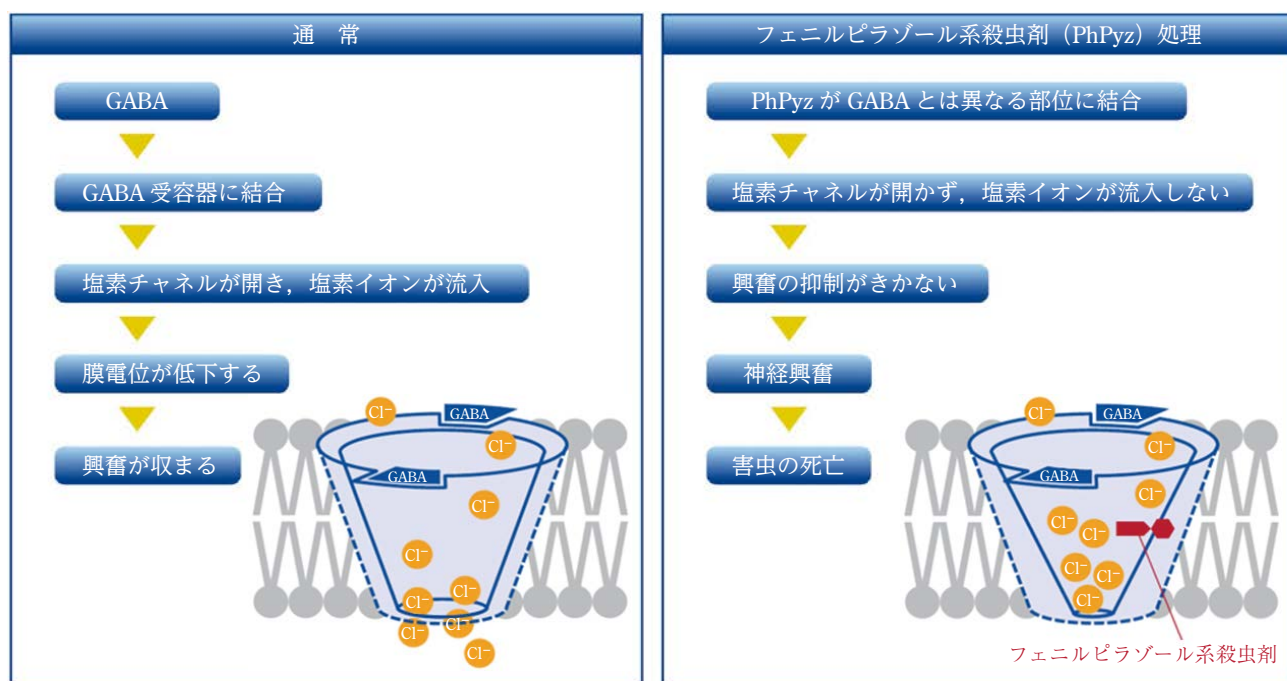


図-2 フェニルピラゾール系殺虫剤の GABA 依存性塩素イオンチャネル阻害の模式図
（プリンス剤技術資料から抜粋，改変）

見られるグルタミン酸依存性塩素イオンチャネルに活性のあることは、選択毒性発現の観点から興味深い。

以上のような作用機構を有することから、このグループの薬剤は多くの害虫類に効果を示し、有機リン系、カーバメート系、合成ピレスロイド系、ネオニコチノイド系、ジアミド系等の殺虫剤に感受性の低下した害虫にも有効である。

Ⅲ 作用特性

1 殺虫スペクトラム

フェニルピラゾール系殺虫剤の殺虫スペクトラムは広く、カメムシ目、バッタ目、アザミウマ目、チョウ目、コウチュウ目、ハチ目、ハエ目等多くの害虫類に対して殺虫活性を示す。チョウ目害虫については、ツトガ科、ホソガ科、コナガ科、シンクイガ科等には活性が高いが、ヤガ科、ハマキガ科には効果の劣る傾向がある。また、カメムシ目のカメムシ類やウンカ科には効果が高いが、ヨコバイ科には効果が低い。

フィプロニルとエチプロールの構造の差は、ピラゾール環第4位のトリフルオロメチルスルフィニル基とエチルスルフィニル基の違いのみである（図-1）が、両剤とも殺虫スペクトラムは広いものの、殺虫スペクトラムに若干の違いがあることは興味深い。フィプロニルは、センチュウの一種であるイネシンガレセンチュウ *Asterophelenchoides besseyi* (Christie) Drozdovski に対しても活性があり、また植物防疫分野以外ではゴキブリ、シロアリ、アリ、ノミ等に対しても使用されている。

エチプロールは、カメムシ目のカメムシ類、ウンカ類、アブラムシ類に殺虫活性が高く、特にイネの斑点米カメムシに対する効果は特筆に値する。多くの種類のカメムシが水田で発生するが、エチプロールはそれらに対して高い防除効果を示す。

2 作用経路

作用経路は、主に接触的、経口的であると考えられる。接触毒性は、害虫体表への薬剤の直接的な付着または茎葉散布された植物体上を歩行することによる薬剤の付着によって発現する。

経口毒性は、薬剤が茎葉散布された植物を害虫が咀嚼や吸汁することで体内に取り込むか、または植物の根や種に処理されることにより浸透移行した植物体内の薬剤を咀嚼や吸汁によって取り込むことにより発現される。

フィプロニル、エチプロールともに水・オクタノール係数 (logPow) は、ネオニコチノイド系のように小さくはない（安宅・中倉, 2018）。根部から薬剤が植物へ取り込まれるが、その際の浸透性は主に植物の導管を通じ

表-2 フィプロニルとエチプロールの物理化学特性
（農薬ハンドブック，一般社団法人 日本植物防疫協会（2016）より一部抜粋し作成）

項目	フィプロニル	エチプロール
溶解度		
	水 3.78 mg/l (20℃)	9.2 mg/l (20℃)
	アセトン 545.9 g/l (20℃)	90.7 g/l (20℃)
分配係数 (logPow)	4.0 (20℃)	2.9 (20℃)
蒸気圧	$< 2 \times 10^{-6}$ Pa (25℃)	9.1×10^{-8} Pa (25℃)

て生じる上方移行 (Xylem movement) であると考えられており、水に比較的難溶であるにもかかわらず、根からの浸透移行性が殺虫効果発現に貢献しているといえる。なお、両剤とも蒸気圧が低いいため、ガス効果は期待できない（表-2）。

3 作用経路からみた薬剤の応用と製剤

前項の作用経路で解説したとおり、フェニルピラゾール系殺虫剤の害虫への効果発現は接触毒性と経口毒性による。作物によっては、植物根部からの導管移行も期待できるため、様々な処理方法に適合した製剤開発が行われている。

茎葉散布による害虫の皮膚への付着（接触毒性）と茎葉散布された植物の害虫による咀嚼・吸汁（経口毒性）を狙った製剤として、粉剤 DL（エチプロール）、フロアブル剤（フィプロニル、エチプロール）が開発されている。

植物の根や発芽前後の種子への薬剤処理により薬剤を導管移行させ、害虫の咀嚼・吸汁による取り込み（経口毒性）を目的とした製剤には、イネ（育苗箱）やキャベツ（セルトレイ）等での播種時～移植前まで処理できる粒剤（フィプロニル）、イネ育苗箱への灌注処理ができるフロアブル剤（エチプロール）、移植後水稻での湛水散布用粒剤（エチプロール）、直播イネ用の種子コーティング用製剤 FS (Flowable concentrate for Seed treatment) 製剤（エチプロール）等が挙げられる。さらにサトウキビとカンショの土壌害虫への接触・経口毒性と浸透移行性による葉部寄生性害虫への経口毒性を狙った土壌処理用ベイト剤（フィプロニル）も開発された（表-3）。

以下、浸透移行性を活かした防除方法の代表例として、イネの育苗箱処理による害虫防除の考え方について紹介したい。

1996 年、フィプロニルが日本でイネ育苗箱用粒剤として登録された当時は、すでにネオニコチノイド系のイミダクロプリドを有効成分とする箱粒剤がこの分野で先行していた。害虫の種類と発生時期によるが、1～3 か

表-3 フェニルピラゾール系殺虫剤の作用経路から見た農業害虫防除への適用

殺虫剤の作用経路	散布方法	製剤	有効成分	適用作物	適用害虫
直接的接触・摂食による経皮毒性と経口毒性	茎葉散布	フロアブル	フィプロニル	キャベツ, ハクサイ 他	ハイマダラノメイガ, コナガ 他
			エチプロール	イネ, 大豆, リンゴ 他	ウンカ類, カメムシ類, チョウ目害虫 他
		粉剤 DL など	エチプロール	イネ, 大豆 他	ウンカ類, カメムシ類, イナゴ類 他
	土壌混和, 植溝処理, 株元処理	ベイト	フィプロニル	サトウキビ, カンショ	ハリガネムシ類, コガネムシ類
植物の根からの浸透移行を介した経口毒性	灌注	フロアブル	エチプロール	イネ育苗箱	イネドロオイムシ
			フィプロニル	キャベツセルトレイ 他	ハイマダラノメイガ, コナガ 他
	湛水散布	粒剤	エチプロール	イネ水田	カメムシ類, ウンカ類
	散布	箱粒剤	フィプロニル	イネ育苗箱, キャベツセルトレイ 他	ウンカ類, イナゴ類, コブノメイガ, コナガ 他
	土壌混和, 植溝処理	ベイト	フィプロニル	サトウキビ	メイチュウ類
	種子コーティング	FS	エチプロール	イネ (直播水田)	イネミズゾウムシ

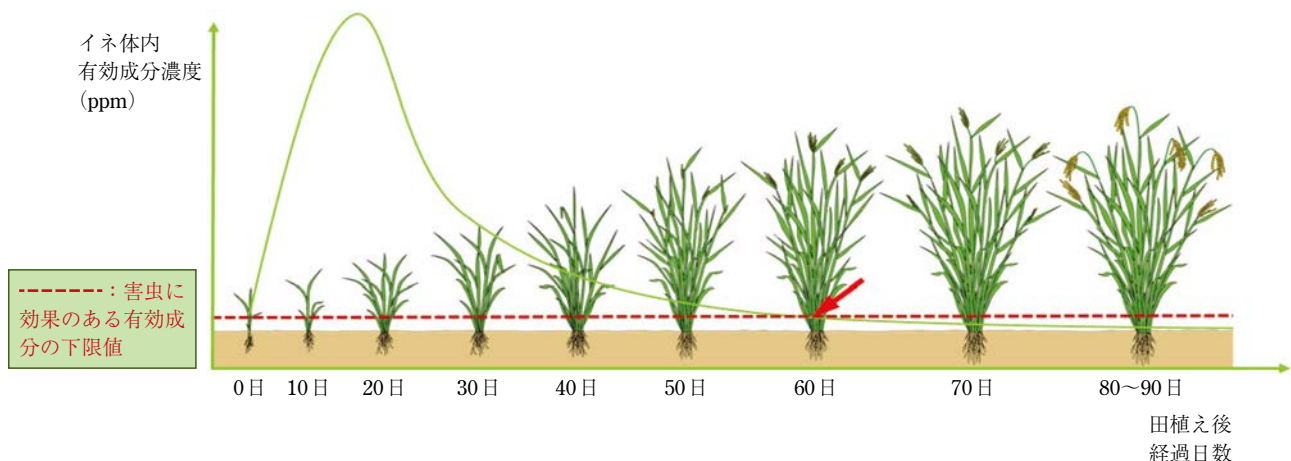


図-3 有効成分のイネ体内濃度の増減と殺虫効果の持続性モデル

月に及ぶ効果の持続性と広い殺虫スペクトラムは、散布回数の軽減など稲作の省力化に大きく貢献し、防除体系に大きな変化をもたらした。イミダクロプリド剤はこの長期残効性を示す箱施薬用粒剤普及のパイオニアであり、フィプロニルの登場によりさらに拍車がかかった。

植物の根を介した浸透移行による殺虫効果の薬量設定を考える場合、2次元的（平面的）な投下薬量（薬量/10a）を考えるのではなく、対象となる植物のステージを考慮して3次元的に投下薬量を考える必要性が生じる。たとえば、幼苗と穂ばらみ期のイネでは、生重量に大きな差があるため、必要とされる薬量には当然差が生じる。実際、穂ばらみ期のイネ株の生重量は、田植え時

の株当たり重量の1,000倍以上になる。このことから、田植え時の幼苗期に薬剤処理して、分けつ期に侵入する害虫を防除するためには、幼苗期の処理時期に、分けつ期に害虫を防除できる薬量（食毒を発揮させるための薬量）が残存するように薬量を処理する必要がある。

薬剤を田植え当日に箱処理した場合の、イネ体濃度推移と害虫防除との関係を図-3に示した。移植後、イネが活着すると薬剤を根から吸収しはじめ、間もなくイネ体濃度はピークを迎えるが、イネが等比級数的に成長すること、代謝などによる薬剤の消失により、取り込まれた薬剤濃度は減少していく。たとえば、防除したい害虫の発生が田植え直後から約60日間であれば、60日後ま

で、食害部分におけるイネ体濃度を殺虫効果（食毒）を発揮できる最低濃度以上（ $> \text{LC}_{99}$ ppm）に維持しておく必要がある（図-3の赤い矢印）。

なお、このモデルは代表的なものであり、各農薬メーカーは、実際に使用される有効成分の物理化学特性や標的生物の発生時期を考慮しながら、有効成分の放出制御の技術を製剤に反映させている。

IV 抵抗性とその対策

国内でのフェニルピラゾール系殺虫剤に関する感受性低下の事例は、2000年を過ぎてから報告が見られる。フィプロニルについてイネドロオイムシの抵抗性（上野・斎藤，2005）とイナゴの感受性低下（佐藤ら，2010）が報告されている。また、中国からの飛来害虫であるトビイロウンカとセジロウンカに対して感受性検定が行われ、フィプロニルがセジロウンカに感受性が低下していることが報告された（MATSUMURA et al., 2014）。土着害虫でもあり、中国からの飛来害虫でもあるヒメトビウンカのフィプロニルに対する殺虫検定も実施され、土着の系統において、地域によってフィプロニルの感受性低下が生じていることが確認された（松村・真田，2013）。さらにフィプロニルのヒメトビウンカとセジロウンカの抵抗性がGABA受容体RDLサブユニットの膜貫通領域M2のA2'N変異によって引き起こされていることが報告されている（中尾，2015）。

農林水産省植物防疫課は、2011～13年および2016年に全国都道府県対象に抵抗性に関するアンケートを実施した。薬剤抵抗性の程度を4段階のフェーズ（0, I, II, III）に分け、IRACの作用機作グループをベースに薬剤の抵抗性の現状について報告している。フェニルピラゾール系殺虫剤については、フェーズIIにイネクビホソ

ハムシ（イネドロオイムシ，*Oulema oryzae* Kuwayama）とフェーズIIIおよびフェーズ0にヒメトビウンカ（*Laelidaphax striatella* Fallén）が報告されている（表-4，白石，2018）。

海外からの近年の報告では、東アジアから南アジアで採集されたトビイロウンカの感受性モニタリングにおいて、エチプロロールに対して感受性低下が生じている事例が報告されている（GARROOD et al., 2015）。また、ベトナムおよびインドで採集されたエチプロロール低感受性トビイロウンカを、エチプロロールでさらに15世代淘汰圧をかけた個体群でエチプロロールとフィプロニル両剤に対して著しい感受性低下を示した。エチプロロールに対する感受性低下は、GABA受容体サブユニットであるRdlの遺伝子変異によると考えられたが、フィプロニルについては不明である（GARROOD et al., 2017）。

害虫の農薬に対する感受性低下、抵抗性の出現をできるだけ回避することが、農薬の供給・使用、農産物生産にかかわる者にとって重要課題である。

まず使用現場において、農薬使用ラベルに沿った散布方法や散布薬量の遵守が必須である。さらに害虫の農薬への感受性低下をいち早く察知するために、継続的な感受性モニタリングやマッピングは有効なツールとなる。抵抗性が出現するのに備えて、効果の安定性や異なる作用機構を持つ他剤との混用や混合剤の検討、新製剤開発の検討も農薬メーカーにとっての課題である。

ウンカ類などの海外からの飛来害虫については、発生予察情報を逐次確認し、飛来元の薬剤の使用状況や薬剤感受性の程度を把握できれば、国内の防除を考えるうえで有益であると考ええる。

また、作用機構を異にする薬剤によるローテーション防除や総合的病虫害管理（IPM = Integrated Pest Man-

表-4 フェーズの分類（白石，2018，一部抜粋して作表）

フェーズ	状況	フェニルピラゾール系に抵抗性を示した害虫（報告のあった都道府県）
フェーズ0	感受性低下は認められていないものの、モニタリング調査などにより薬剤抵抗性の発達を警戒している場合。	ヒメトビウンカ （栃木，茨城，岐阜，兵庫）
フェーズI	一部の圃場での現象にとどまっている状況。指導者には周知するが、農家への指導の必要性は低い。	—
フェーズII	ある程度の面積規模で薬剤抵抗性の発達が見られており、農家への注意喚起を要する（その程度の広がりや注意喚起を行うべきかは、ケースバイケースであり、防除指導機関の判断による）。	イネドロオイムシ （北海道，岩手，秋田，山形，福島，長野，新潟，富山，奈良）
フェーズIII	県下で広域に広がり、対象薬剤の使用については何らかの指導が必要。	ヒメトビウンカ （群馬，福岡，長崎，熊本，宮崎）

agement) の導入も、言うまでもなく重要である。

なお、GABA の伝達を阻害する新規殺虫剤として、日産化学のフルキサメタミド (NC-515) や三井化学のブロフラニリド (MIE-1209) 等が開発中である。これらはフェニルピラゾール系の殺虫剤とは作用点を異にし、フェニルピラゾール系の殺虫剤抵抗性害虫と交差しないことが報告されている。

おわりに

IRAC グループ 2, GABA 作動性塩素イオンチャネルブロッカーの農業用薬剤は、現在フィプロニルとエチプロールの 2 剤のみである。グループ 2 は、防除の難しい害虫種を含む殺虫スペクトラム、効果の長期持続性そして茎葉散布や根・種子処理をはじめとする汎用性の広い処理方法などの特徴を持つユニークなグループである。日本で商品化されてから久しく、感受性の低下事例などが報告されているが、適正な使用を遵守することで、この先も害虫防除、作物生産の省力化に貢献できると考える。商品化された農薬ができるだけ長い期間、有効に利用されることを望みたい。

引用文献

- 1) 安宅 雅・中倉紀彦 (2018): 植物防疫 **72**(3): 134~135.
- 2) BASF ジャパン株式会社 (2015): BASF プリンス粒剤技術資料 (2015): 4.
- 3) COLE, L. M. et al. (1993): Pestic. Biochem. Physiol. **46**: 47~54.
- 4) GRANT, D. B. et al. (1998): In: Pesticides and the future: minimizing chronic exposure of humans and the environment, Ios Press, Amsterdam, p.147~156.
- 5) GARROOD, W. T. et al. (2015): Pest. Manag. Sci. **72**(1): 140~149.
- 6) ——— et al. (2017): Pest. Biochem. and Physiol. **142**: 1~8.
- 7) HAINZL, D. et al. (1998): Chem. Res. Toxicol. **11**: 1529~1535.
- 8) 一般社団法人 日本植物防疫協会 (2016): 農薬ハンドブック, 一般社団法人 日本植物防疫協会, 東京, p.111~114.
- 9) MATSUMURA, M. et al. (2014): Pest. Manag. Sci. **70**: 612~625.
- 10) 松村正哉・真田幸代 (2013): 薬剤抵抗性水稻病害虫対策検討会資料: 6 pp.
- 11) 中尾俊史 (2015): 日本農薬学会誌 **40**(2): 163~170.
- 12) 農薬工業会 (2017): 日本における農業用殺虫剤の作用機構, https://www.jcpa.or.jp/lab/pdf/2015/mechanism_irac02.pdf
- 13) RATRA, G. S. and J. E. CASIDA (2001): Toxicol Lett **122**: 215~222.
- 14) ——— et al. (2001): Toxicol. Appl. Pharmacol. **172**: 233~240.
- 15) 佐藤智浩ら (2010): 第 61 号北日本病害虫研究会: 272.
- 16) 白石正美 (2018): 第 28 回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集: 13~20.
- 17) 上野 清・斎藤 隆 (2005): 日本応用動物昆虫学会誌 **49**(2): 75~78.
- 18) ZHAO, X. et al. (2004): NeuroToxicology **25**: 967~980.
- 19) ——— et al. (2005): The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics **314**: 363~373.
- 20) ——— and V. L. SALGADO (2010): Pest. Biochem. and Physiol. **97**: 153~160.

新農薬の紹介

殺虫剤シクラニリプロールの特長と使い方

石原産業株式会社 もり 森 た 田 まさ 雅 ゆき 之

はじめに

シクラニリプロール（通称：サイクラプリン®）は、石原産業株式会社により発明された新規殺虫剤である。石原産業株式会社中央研究所は、2003年から殺虫効果を持つアントラニルアミド系化合物群に着目して研究を進め、2004年にチョウ目、アザミウマ目、カメムシ目、ハエ目、コウチュウ目等の害虫に高い効果を示す本化合物の発明に至った。2011年度より、日本植物防疫協会を通じてシクラニリプロール4.5%液剤（IKI-3106液剤50）の委託試験を開始し（武田，2017），果樹や茶の害虫に対する高い実用性を確認し、2017年12月25日に登録を取得した（記事末参照）。本剤は2018年から「テッパン液剤」の商品名で販売を開始する予定である。なお、海外においても、開発を進めており、既に米国、カナダ、韓国で登録を取得し、韓国では販売を開始している。

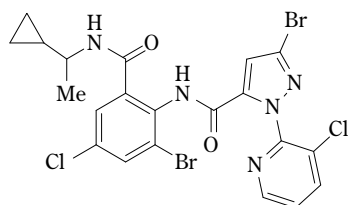
有効成分と性状

一般名：シクラニリプロール

CAS登録番号：1031756-98-5

化学名（IUPAC）：2',3-ジプロモ-4'-クロロ-1-(3-クロロ-2-ピリジル)-6'-[(1RS)-1-シクロプロピルエチル]カルバモイル}ピラゾール-5-カルボキサニド

構造式：



分子式：C₂₁H₁₇Br₂ClN₅O₂ 分子量：602.1

溶解度：水（20℃）0.15 mg/l, 有機溶媒（アセトン，20℃）11 g/l

分配係数（*n*-オクタノール/水）logP_{ow} = 2.7

商品名：テッパン液剤（シクラニリプロール4.5%（w/w））

農林水産省登録：24023号

試験名：「IKI-3106液剤50」

種類名：シクラニリプロール液剤



性状：淡黄色澄明液体

有効年限：3年

シクラニリプロールの安全性

ラット急性経口毒性 LD₅₀ 値：> 2,000 mg/kg（雌）

変異原性（Ames）試験：陰性

ウサギ皮膚刺激性：なし

魚類（コイ）急性毒性 LD₅₀ 値：> 0.630 mg/l

鳥類（ウズラ）急性毒性 LD₅₀ 値：> 2,000 mg/kg

訪花昆虫、天敵・有用昆虫への影響

テッパン液剤は、ミツバチの働き蜂の訪花行動にやや影響を示した。処理1週間後には回復した。群への影響は認められなかった。

天敵種によって、直接散布による影響が確認されているが、長期の影響は確認されていない。

作物への影響

薬害が認められた事例は確認されていない（YOSHIDA et al., 2014）。

シクラニリプロールの作用機構

シクラニリプロールは害虫の経口および経皮から薬剤が取り込まれ、速やかに摂食活動を停止させる。本剤は筋細胞に存在するリアノジン受容体を活性化し、筋小体のCaイオンを細胞質基質に異常放出することで筋肉の痙攣や萎縮を引き起こす。ハスモンヨトウのシクラニリプロールによる中毒症状を図-1に示す。また、本剤は特定の昆虫種のリアノジン受容体に作用し、哺乳類、鳥類、魚類等も含む非標的生物には安全性が高いことが明らかになっている。

シクラニリプロールの特長

- ①チョウ目、カメムシ目、アザミウマ目、コウチュウ目、ハエ目等の害虫に高い殺虫活性を示す（表-1）。
- ②幼虫の発育ステージに関わらず高い効果を示す。また、成虫に対する殺虫活性や産卵抑制効果を併せ持っており、散布適期幅が広い（HAMAMOTO et al., 2015）。
- ③主に経口的に取り込まれ作用するが、経皮的にも薬剤が取り込まれ、速やかに中毒症状を示し、摂食行動を停止させる（図-2）。
- ④散布後、長期にわたって安定した効果を示す（図-3）。



図-1 シクラニプロロール処理によるハスモンヨトウの中毒症状
試験方法：

所定濃度の薬液にキャベツ葉を数秒間浸漬処理。
風乾後、ハスモンヨトウ 3 齢初期幼虫を 10 頭接種。
24 時間後に各区の個体を撮影。

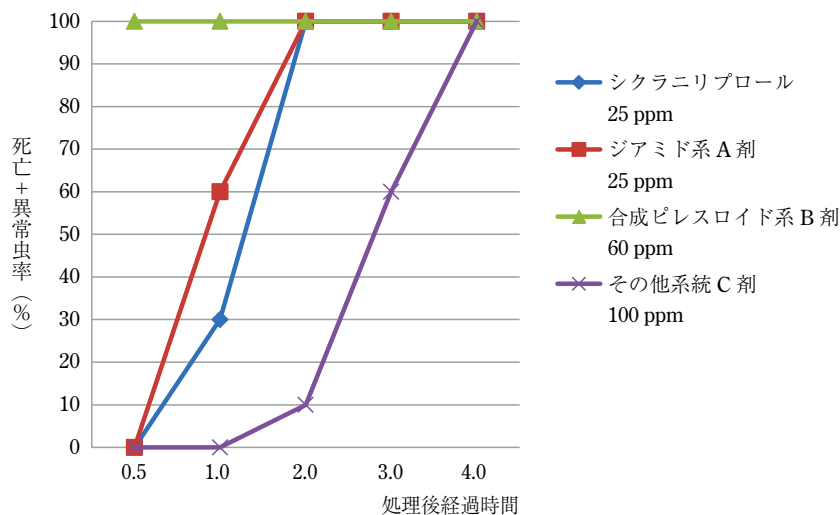


図-2 シクラニプロロールの効果発現速度

方法：キャベツ葉を所定濃度の薬液に約 30 秒間浸漬。風乾後、シャーレに移し、ハスモンヨトウ 4 齢幼虫を 10 頭接種。接種後、経時的に個体別の生死および異常症状を観察。

⑤天敵生物への影響が少ないことから、様々な防除体系において本剤の使用が可能である。

おわりに

新規殺虫剤テッパン液剤は、既存剤に対する抵抗性が

表-1 シクラニプロロールの各種害虫に対する殺虫活性

目	害虫種	ステージ ^{a)}	LC ₉₀ 値 (ppm)
チョウ目	コナガ	L3	0.006
	ハスモンヨトウ	L3	0.013
	オオタバコガ	L3	0.05
	チャノコカクモンハマキ	L2	0.2
	リンゴコカクモンハマキ	L2	0.4
カメムシ目	タバココナジラミ (B)	L1	3.1
	チャバネアオカメムシ	A	12.5
	チャノミドリヒメヨコバイ	A	2.0
アザミウマ目	ミナミキイロアザミウマ	L1	5.9
	ミカンキイロアザミウマ	L1	3.1
コウチュウ目	アカマダラケシキスイ	L	1.5
	ニジュウヤホシテントウ	L1	0.8
ハエ目	キイロショウジョウバエ	A	12.5
	マメハモグリバエ	L1	0.8

^{a)} L1：1 齢幼虫, L2：2 齢幼虫, L3：3 齢幼虫, L：幼虫, A：成虫。

発達した場面においても優れた効果を示すことから (HAMAMOTO et al., 2016), ローテーション防除の基幹剤として期待される。本剤の推奨使用方法である害虫発生初期の散布, 適正なローテーション防除 (島, 2017), 原則 1 作期 1 回の使用, についてご理解いただき, 末永く

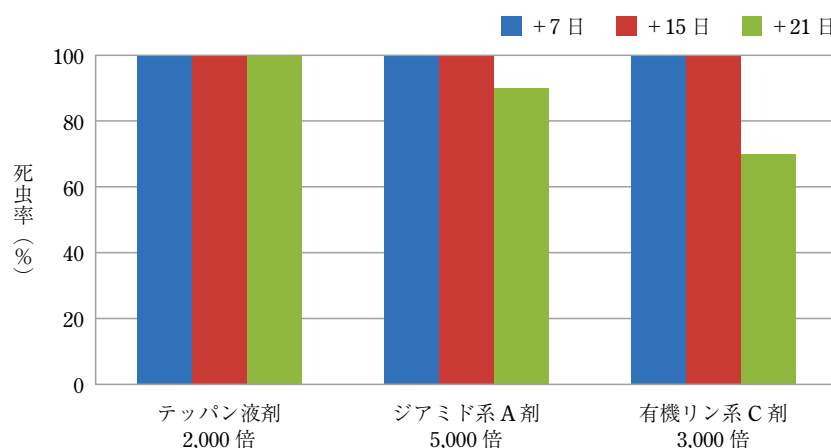


図-3 テッパン液剤のリンゴコカクモンハマキに対する残効性

試験場所：石原産業(株)中央研究所 温室。

作物：りんご（品種：‘ふじ’）。

供試虫：リンゴコカクモンハマキ 4 齢幼虫。

方法：ポット植えりんご樹に十分量茎葉散布処理し、処理後経時的に展開葉の枝を切り取り、幼虫接種。接種 7 日後に生存虫数を調査。

テッパン液剤の登録内容（2017 年 12 月 25 日現在）

作物名	適用病害虫名	希釈倍数	使用液量	使用時期	使用回数	使用方法	シクラニプロールを含む農薬の総使用回数
りんご	シンクイムシ類	2,000 倍	200～700 l /10 a	収穫前日まで	2 回以内	散布	2 回以内
	キンモンホソガ						
	ハマキムシ類						
	ケムシ類						
なし	シンクイムシ類						
	ハマキムシ類						
もも	シンクイムシ類						
	モモハモグリガ						
ネクタリン	ケムシ類						
すもも	ケムシ類						
おうとう	ハマキムシ類						
	チャバネアオカメムシ						
	オウトウショウジョウバエ						
ぶどう	ケムシ類						
茶	チャハマキ	1,000 倍	200～400 l /10 a	摘採 3 日前まで	1 回		1 回
	チャノコカクモンハマキ						
	チャノキイロアザミウマ						
	チャノミドリヒメヨコバイ						
	チャノホソガ	2,000 倍					

害虫防除に貢献できるように本剤の普及を図っていきたい。このためにも、各地域の指導機関の皆様には、引き続きご指導とご助言をお願い申し上げたい。

引用文献

- 1) HAMAMOTO, T. et al. (2015) : International Plant protection Congress Poster presentationP-INSECT-7 Program : 169.
- 2) ———— et al. (2016) : International Congress of Entomology Poster presentationD3194 Program book : 163.
- 3) 島 克弥 (2017) : シンポジウム薬剤抵抗性対策の新たな展開講演要旨 : 73～95.
- 4) 武田千秋 (2017) : 第 34 回農薬生物活性研究会シンポジウム講演要旨 : 5～7.
- 5) YOSHIDA, K. et al. (2014) : Entomological Society of America, Oral presentation0563 Program book : 112.

研究室紹介

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター（北陸研究拠点）水田利用研究領域 北陸病害虫防除グループ

中央農業研究センター北陸研究拠点は新潟県上越市にあります。上越市（旧市内）は、上杉謙信公の春日山城や松平氏の高田城の城下町として栄えたところで、あちこちに史跡や碑が散在しています。北陸研究拠点のすぐ前でも、雁木でつながった町家が見られて、歴史を身近に感じることができます。北陸研究拠点は、前身の北陸農業試験場や農事試験場北陸支場の時代を含めると、この地で70年以上、水稻、ダイズ、ムギ類、ソバ等の作物を中心に、様々な研究を行ってきました。病害虫分野でも、イネいもち病、イネ白葉枯病、ムギ類雪腐病、ウンカ類、ニカメイガ、斑点米カメムシ等の研究で実績を上げてきました。

三年前、北陸研究拠点内には、病害、虫害担当の研究職員が、各1名ずつ配属されているだけでしたが、5年ごとの研究計画の開始時から、新たに北陸病害虫防除グループが置かれました。昨年度から、新規採用の研究職員二人が加わって、研究補助職員の二人を含めて総勢8名となり、ますます明るく、にぎやかになりました。

近年、全国的にダイズの収量の低下が問題となっており、北陸地域も例外ではありません。私たちのグループでは、ダイズの病害虫防除の研究に勢力を注いでいます。

虫害では、マメシクイガ、カメムシ類、ウコンノメイガを対象としています。マメシクイガは、幼虫がダイズ莢内に侵入して子実を食害する北日本で被害が顕著な害虫です。莢に食入後は、殺虫剤の効果が劣ることから、散布適期が短く、防除が難しい害虫でもあり、発生時期に影響を与える要因の解明や耕種的防除に関する研究をしています。カメムシ類は全国的に重要なダイズ害虫ですが、これまで北陸地域ではほとんど調査が行われていませんでした。しかしながら、20%以上の子実に吸汁害が見られる圃場があるなど、かなりの被害があることが明らかになりつつあります。北陸地域では、主要品種が‘エンレイ’から‘里のほほえみ’に切り変わりつつあります。葉色の濃い‘里のほほえみ’で、ウコンノ



花見のときに高橋（病害担当）撮影。左より、赤松（病害担当）、渋谷（虫害担当）、松岡（病害担当）、遠藤（虫害担当）、竹内（虫害担当）、矢澤（研究補助）、増田（研究補助）

メイガの発生が増加することが懸念されていることから、フェロモントラップによりウコンノメイガの発生量を把握する研究も行っています。

病害では、ダイズ黒根腐病とダイズ茎疫病の2種類の土壌病害の研究を行っています。ダイズ黒根腐病は、北陸地域で非常に発生頻度が高く、近年のダイズの低収化の要因の一つであろうと言われていますが、効果的防除法がほとんどない難防除病害です。黒根腐病を助長する要因を解析し、発病を抑制する栽培法を明らかにしようとしています。ダイズ茎疫病については、病害抵抗性品種育成にむけて、抵抗性遺伝子の解析を行っています。有用な抵抗性遺伝子をもつ日本のダイズ系統がわかってきました。また、これらの抵抗性系統の遺伝子を選抜するマーカーの開発も行っています。

上越市は、雪深い僻遠の地というイメージかもしれませんが、3年前に北陸新幹線が開通し、首都圏と距離が縮まりました。機会がありましたら、ぜひ上越市、北陸研究拠点にお越しください。

（グループ長 高橋真実）

研究室紹介

福島県農業総合センター果樹研究所 病害虫科

福島県農業総合センターが平成18年（2006年）に農業試験場、果樹試験場、たばこ試験場、畜産試験場、養鶏試験場の各試験研究機関と、農業短期大学、病害虫防除所、肥料検査所を再編統合して県中央部の郡山市日和田町に発足開所しました。果樹研究所は果樹の新品種育成や栽培技術の試験研究拠点として、福島市飯坂町の旧果樹試験場に栽培科と病害虫科が配置されました。研究棟は昭和40年（1965年）に竣工した古い建物ですが、2011年の東日本大震災に耐えました。病害虫科のスタッフは、科長1名、病害担当研究員2名、虫害担当研究員2名、技能員2名、農場管理員1名に臨時職員3名を加えた総勢11名です。研究所内の圃場は8ha、病害虫試験圃場はその西端に位置します。スタッフは毎日3～4往復しているので皆日に焼け、健康が自慢です。

研究室のユニークな行事の一つに、11月下旬に行っている「虫供養・病菌供養」があります。もともとスタッフの凶事が相次いだことから、神頼みと言う声が上がリ、近在の名利、中野不動尊にそろってご祈禱をいただいたことに由来します。以来毎年欠かさず身を切る寒さにも負けずにお参りをしています。霊験はあらたか？これまで皆健康で明るく

研究にいそしむことができます。

さて、研究の紹介に入ります。研究タイトルは果樹病害虫の防除法改善、共通防除、生物資源利用の三つになります。

病害では、モモせん孔細菌病に関する研究がメインとなっています。発生要因の解析、感染時期、感染部位の特定、抵抗性検定、品種間差異等の研究項目について研究を進めて

います。そのほかにナシ黒星病、リンゴ褐斑病、ブドウ晩腐病にも取り組んでおり、現行の薬剤に対する感受性低下の現状を把握するために、感受性検定を実施しています。

共通防除は、果樹複合経営が一般化している福島の産地ならではの課題です。樹種ごとの農薬のかけ分けのリスクを改善する技術として、リンゴとモモの殺虫殺菌剤の共通化技術を提案しました。これまでに7割の農薬が共通化されています。

虫害では、従来から性フェロモン剤を利用した害虫防除に取り組んできています。近年ではリンゴのヒメボクトウの性フェロモン剤の開発にかかわりました。また、最も警戒しているのがハダニ類の薬剤抵抗性の発現です。できる限り現地と協力しながら抵抗性検定を実施し、リアルタイムでの抵抗性発現の現状把握に努めています。天敵を利用した防除技術については、土着天敵の利用について研究を進めており、選択性殺虫剤で組み立てた防除体系で殺ダニ剤を確実に削減できることを示しました。



虫供養・病菌供養のお札



顕微鏡による病害診断

〒960-0231 福島県福島市飯坂町平野字壇ノ東1
TEL 024-542-4199

（病害虫科長 荒川昭弘）

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虫害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) テーマは病虫害・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虫害の発生・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いただきます。
- (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。

協会だより

○第7回 総会の開催

平成30年6月8日、午後3時から東京都荒川区のホテルラングウッドにおいて、一般社団法人 日本植物防疫協会の第7回総会が開催された。正会員の出席者数は113名（委任状含む）であった。

【総会議事内容】

定款の規定に基づき、上路雅子理事長が議長となり、藤田俊一及び内久根毅の両業務執行理事から提出議案の説明が行われ、平成29年度事業報告及び収支決算、役員改選をはじめとした次の議案が審議された結果、すべて原案どおり議決された。

(提出議案)

- 第1号議案 平成29年度事業報告及び収支決算に関する件
 第2号議案 役員改選に関する件
 第3号議案 役員報酬に関する件
 第4号議案 会費に関する件
 第5号議案 その他

なお、本総会の役員改選では、引屋敷理事の退任にともない、その後任として園田正則氏（全農 肥料農業部次長）が、また新たに早川泰弘氏（日本輸出自動車検査センター 取締役、元FAMIC 農業検査部長、元植物防疫課長）が理事に就任した。総会後の理事会では、代表理事及び業務執行理事が選定された。新役員は以下のとおり。理事（9名）

上路 雅子（代表理事・理事長）、藤田 俊一（業務執行理事）、内久根 毅（業務執行理事）、宇野 彰一、園田正則、田中 啓司、西尾 健、西本 麗、早川 泰弘
 監事（2名）

岡田 茂、堀江 博道

学会だより

○日本植物病理学会 平成30年度（第53回）植物感染生理談話会

日時：平成30年8月21日（火）13:00～8月23日12:15

広告掲載会社一覧（掲載順）

ダウ・アグロサイエンス日本(株)・・・ジマンダイセン
 三井化学アグロ(株)・・・主要品目
 バイエルクロップサイエンス(株)・・・オルフィンプラス
 石原産業(株)・・・テッパン
 シンジェンタジャパン(株)・クミアイ化学工業(株)
 ……ミネクトスター
 農業工業会・・・総合
 日本曹達(株)・・・ピシロック
 日本農業(株)・・・フェニックス
 日産化学(株)・・・スターマイト
 ファンタジスタ普及会・・・ファンタジスタ
 サンケイ化学(株)・・・主要品目
 クミアイ化学工業(株)・・・フルピカ

会場：高知大学農林海洋科学部 5-1 教室
 〒783-8502 高知県南国市物部乙200
 TEL：088-864-5114

<http://www.kochi-u.ac.jp/agrimar/>

わが国が誇る、今が旬の植物感染生理学者の先生方に、ホットな話題提供をしていただき、熱いディスカッションを行う予定です。テーマ：「So hot!」

○日本植物病理学会 平成30年度（第28回）植物細菌病談話会

日時：平成30年8月23日（木）13:20～8月24日12:30
 会場：高知大学農林海洋科学部 5-1 教室

〒783-8502 高知県南国市物部乙200

TEL：088-864-5114

<http://www.kochi-u.ac.jp/agrimar/>

Plant-Associated Bacteria の病原性・共生機構研究から現場研究、さらには、Microbiome 研究について、国内外の研究者から最新の情報を提供していただきます。

次号予告

次号 30 年 8 月号の主な予定記事は次のとおりです。

テンサイ黄化病（旧称：西部萎黄病）と防除対策を巡る最近の動き 上田重文
 イネ縞葉枯病発病抑制のためのヒメトビウンカに対する本田防除 諏訪順子
 青森県におけるマメシキイガの発消長とクロラントラニプロール水和剤の無人ヘリコプター散布による防除効果 対馬佑介
 新潟県のダイズにおけるウコンノメイガの発消長と薬剤防除法 石本万寿広
 中国での水稲害虫の防除の実態 杉井信次
 カブリダニ類の識別マニュアルのねらいと今後の課題 豊島真吾
 誘導抵抗性を利用したイチゴの病害防除技術の開発に向けて—イチゴの RNA 簡易抽出法および遺伝子診断法の紹介— 鳴坂義弘

日本で発生するトスボウイルスを網羅的に検出できるユニバーサルプライマー 奥田 充
 ユキヤナギアブラムシの簡易飼育法 櫻井民人
 植物防疫講座 病害編 野菜主要病害 寺見文宏
 植物防疫講座 虫害編 野菜主要害虫 武田光能
 植物防疫講座 農業編 ニコチン性アセチルコリン受容体アロステリックモジュレーター 大上 恵
 研究室紹介：農研機構 東北農業研究センター 生産環境研究領域 病害虫グループ
 鳥取県農業試験場 環境研究室

植物防疫

平成30年
7月号

（毎月1回1日発行）

第72巻 平成30年6月25日印刷

第7号 平成30年7月1日発行
（通算859号）

編集発行人 上路 雅子

印刷所 三美印刷(株)
東京都荒川区西日暮里5-9-8

定価947円

本体877円

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

——発行所——

〒114-0015 東京都北区中里2丁目28番10号
 一般社団法人 日本植物防疫協会
 電話 (03) 5980-2181（代）
 FAX (03) 5980-6753（支援事業部）
 振替 00110-7-177867番

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

べと病、疫病、白さび病を ピシッとロック!

農林水産省登録 第23952号

殺菌剤

ピカルブトラゾクス水和剤

新発売

ピシロック® フロアブル



新規有効成分ピカルブトラゾクス配合!(FRACコード U 17)

収穫前日まで使える!(はくさいは収穫3日前まで)

【登録作物】

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



HPはこちらから



日本曹達株式会社

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



®は日本曹達(株)の登録商標

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●小児の手の届く所には置かないでください。●使用後の空容器等は圃場などに放置せず、適切に処理してください。

チョウ目害虫防除に!

殺虫剤

フェニックス®

®は登録商標

顆粒水和剤

68作物に登録。
幅広く使えて、効きめが長く続く!

フロアブル

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



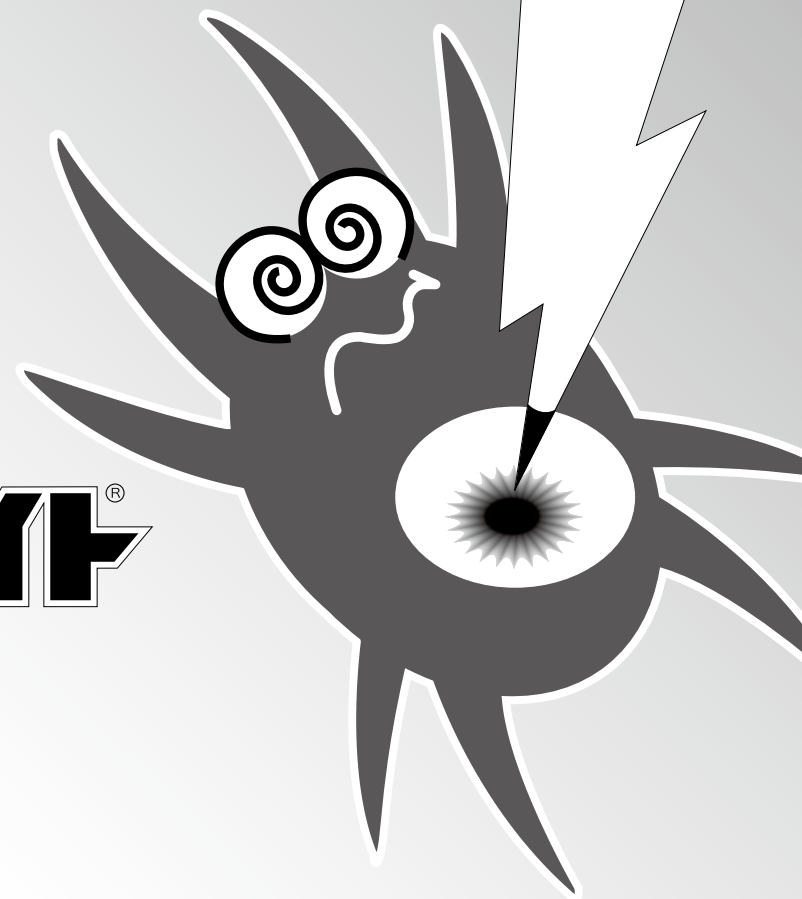
日本農薬株式会社

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。
●使用後の空容器・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。

 **日産化学株式会社**

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

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

果樹・野菜の病害防除に新戦力!

攻守に優れた
ミラクルアシスト!!

殺菌剤

ファンタジスタ®

顆粒水和剤

®はクミアイ化学工業(株)の登録商標



- 広範囲の病害に対して高い防除効果を示す総合殺菌剤です。
- 予防効果に加えて病斑進展阻止効果を有します。
- 各種作物への汚れや薬害発生リスクが少ない剤です。
- 葉の内部への浸達性、莖部から上位葉への浸透移行性を有します。
- 有用昆虫(天敵・訪花昆虫)への影響が少ない薬剤です。

大幅に
適用拡大!



適用拡大に
なった作物
(2018.2.28)

小粒核果類(うめ、あんず、すもも)、豆類(未成熟)、
はくさい、ブロッコリー、アスパラガス、ねぎ、にんじん

〈抜粋〉

ファンタジスタ普及会

日本曹達株式会社 クミアイ化学工業株式会社(事務局)



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
サブリーナフロアブル**



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！
ハッピー乳剤



硫黄と銅の強力タッグ！
園芸ボルドー



サンケイ化学株式会社

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

☎(099) 268-7588
☎(03) 3845-7951



作物をきれいに守る！

殺菌剤
フルヒカ
フロアブル
農林水産省登録 第19100号

灰色かび病、うどんこ病に



JAグループ
農協 | 全農 | 経済連

は登録商標 第4702318号

自然に学び 自然を守る

クミアイ化学工業株式会社

本社・東京都台東区池之端 1-4-26 〒110-8782 TEL03-3822-5036
ホームページ <http://www.kumiai-chem.co.jp>

®クミアイ化学工業(株)の登録商標

- 使用前にはラベルをよく読んでください。
- ラベルの記載以外には使用しないでください。
- 本剤は小児の手の届く所には置かないでください。
- 防除日誌を記帳しましょう。

