

植物防疫

Plant Protection

4

2018
VOL.72



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

農業、 それは最も 大切なしごと。

世界の人口は増加する一方で、農地は減少しています。
地球規模のニーズを満たすため、農業従事者の方々は、
収量増加や生産性の向上といったプレッシャーにさらされています。
付加価値のあるサービスを提供し、
日本の農業に貢献することがBASFの使命です。
「ごちそうさまの笑顔のために。」
私たちBASFジャパンの農薬事業部の取組みをご覧ください。
<https://agriculture.basf.com/jp>

 **BASF**
We create chemistry

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

三井薬匠 **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

三井薬匠 **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/>



植物油脂パワー！
サンクリスタル乳剤



チョウ目害虫退治の生物農薬！
**サンケイ
サブリナフロアブル**



植物保護薬！
**サンケイ
ジーファイン水和剤**



硫黄の力でうどんこ病防除！
**サンケイ
クムラス**



安定した銅の効果！
サンボルドー



キュウリ・カボチャのうどんこ病に！
ハッパ乳剤



硫黄と銅の強力タッグ！
園芸ボルドー



サンケイ化学株式会社

本社 〒891-0122 鹿児島市南栄2丁目9 ☎(099) 268-7588
東京本社 〒110-0005 東京都台東区上野7-6-11 ☎(03) 3845-7951

**そうか病・灰色かび病・黒点病は
ナティーボで同時に防除！**



新登場
殺菌剤



ナティーボ®
フロアブル

開花期にも、収穫前日にも。
ナティーボなら、できる。

●収穫前日まで使用でき、
後期黒点病防除にも有効です。

●使用前にはラベルをよく読んで下さい。●ラベルの記載以外には使用しないで下さい。●本剤は小児の手の届く所には置かないで下さい。®はバイエルグループの登録商標

バイエル クロップサイエンス株式会社

東京都千代田区丸の内1-6-5 〒100-8262 <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

目 次

巻 頭 言

病害防除の新技术と農薬	藤村 真	1
-------------	------	---

時事解説

平成30年度植物防疫事業・農薬安全対策の進め方について		
農林水産省 消費・安全局 植物防疫課, 農産安全管理課 農薬対策室		2

研究報告

産業用マルチローターによる農薬散布の落下状況	柳 真一	9
産業用マルチローターによる斑点米カメムシ類とウンカ類の防除	新山 徳光	12
比較ゲノミクスをベースにしたイチゴ炭疽病菌 <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> 種複合体の解析	白須 賢	18
イチゴ新品種 '恋みのり' が有する炭疽病抵抗性		
— <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> 種複合体の菌種による差異の一例—	遠藤(飛川) みのり	22
宮城県におけるクモヘリカメムシの発生活長と分布地域	大江 高穂	27

日植防シンポジウムから

農薬に対する正しい知識の普及と理解促進に向けた活動状況	廣岡 卓	33
-----------------------------	------	----

植物防疫講座

病害編 イネばか苗病の発生活態と防除	藤 晋一	40
虫害編 セジロウンカ, トビイロウンカの発生活態と防除	松村 正哉	45
農薬編 リアノジン受容体モジュレーター—ジアミド系—	藤岡 伸祐	53

新農薬の紹介

新規殺虫剤イソクラスト™の特長	大上 恵	58
-----------------	------	----

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		
北海道農業研究センター 生産環境研究領域 病虫害グループ	中山 尊登	62
長野県農業試験場 環境部	豊嶋 悟郎	63

農林水産省プレスリリース (30.2.17~3.13)	44
新しく登録された農薬 (30.2.1~2.28)	51, 52
登録が失効した農薬 (30.2.1~2.28)	26, 32
発生予察情報・特殊報 (30.2.1~2.28)	57

【表紙写真】

左: トビイロウンカ成虫
中央: イネばか苗病による徒長
右: クモヘリカメムシ成虫

私たちの多彩さが、
この国の農業を笑顔にします。



殺虫剤

**ロビコフッド® ティアナ® プレオ® スミチオン® ダントツ®
パダン® アディオン® エスマルグ® ゴツツA®**

殺菌剤

**スクレア® ピクシオ® ベネセット® ベンレート® フラシン®
スミレックス® リンバー® バリダシン® スターナ®**

殺虫殺菌剤

**新規剤 スタウトパダン® 新規剤 箱大臣® 箱王子®
スタウトパディー® 箱いり娘® スタウトダントツ®**

水稻用除草剤

**ゼータタイガー® ゼータハンマー® メガゼータ® 忍®
ゼータファイヤ® ブルゼータ® ズエモン® カットダウン® オサキニ®**

植物成長調整剤

ジベレリン協和® ロミカ®

®は登録商標です。

●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。●空袋・空容器は圃場等に放置せず適切に処理してください。

〒104-8260 東京都中央区新川2丁目27番1号 お客様相談室



0570-058-669

農業支援サイト **農力** <https://www.i-nouryoku.com>



大地のめぐみ、まっすぐ人へ
SCG GROUP



住友化学

巻頭言

病害防除の新技术と農薬

東洋大学生命科学部教授 ふじ 藤 むら 村 まこと 真



私事ながら、農薬系企業に13年間勤務した後、私立大学に移って20年となる。農業用殺菌剤の探索研究から基礎研究にシフトしたが、一貫して殺菌剤にかかわる研究をしてきた。この間、農薬に対する世論に変化はあっただろうか？ 農薬工業会をはじめとして、農薬を正しく理解するための広報活動が行われてきていることを承知している。いくつかの大学で農薬に関する講義をする機会があるが、ほとんどの学生の間では、今も「農薬は危ないもの」という概念が疑いもなく受け入れられている。本誌の宮川、巢山らによる調査報告（2017年9月号）からも農薬の科学的理解の難しさを改めて感じる。しかし、学部による違いもある。主勤務地の生命科学部では、ヒトあるいは環境のための新しいサイエンスを志向する学生が多いためか、農薬の科学的な側面よりも、農薬に依存しない新しい技術に興味を示す傾向が強い。一方、農学部では農業を主体として農薬を考えるためか、科学的に理解しようとする学生が多い傾向にある。

研究者として年齢を重ねてくると、競争的資金の選考や評価にかかわることも多くなってきた。世論を反映して、病害防除にかかわる研究資金の補助は、その多くが、化学農薬に置き換わる技術であることを謳った研究で占められている。植物病理学分野の研究の進歩は著しいものがあり、植物が病原体を感知して病害抵抗性を誘導する分子機構が解明されてきている。病原体のライフサイクルや感染メカニズムも詳細に解析されてきた。これらの新しい科学的知見をもとに全く新しい病害防除技術の開発が進められている。あるいは、従来からあった考え方に新技術の導入で実用化への道が開かれようとしているものもある。いずれの研究も科学力・技術力を結集したものである。植物免疫システムを利用した技術、ゲノム情報とQTLを採用した効率的な品種改良、物理的な技術、ビッグデータ、ドローン、AI等次々に新しい概念・技術が病害防除分野に導入されており、大いに期待したいと思う。一方で、農作物と病原菌およびその両者の相互作用の分子メカニズムが明らかになればなるほど、病原菌を選択的に殺菌する殺菌剤が、最もシンプルで科学的な手法なのではないかと思うことも多い。

農薬研究については、25年くらい前までは、大学や理化学研究所に殺虫・殺菌・除草（植調）剤を主要テ-

マとする研究室があり、様々な農薬会社の研究員が集まっていた。小生もその一人である。しかし、農薬を掲げる研究室はほとんどなくなってしまった。農薬科学は古い科学となり衰退してゆくのだろうか？ 1960年代後半に登場した大型剤ベンズイミダゾール剤を皮切りに、ジカルボキシイミド剤などの殺菌剤が開発され、穀類や果樹の重要病害に卓効を示すアゾール剤へと展開した。さらに、1990年代後半に、真菌類と卵菌類の両方に防除活性を有するQoI剤が開発された。その後、新剤の開発が停滞するかに見えた。ところが、担子菌類（紋枯病菌など）のみに活性を示していたSDHI剤が、構造展開により子囊菌類にも広く活性を示す大型剤に変貌した。改めて、化学の力の奥深さを思い知らされた。これらの大型剤は、主にグローバル農薬企業により開発されたものである。新規剤の発見の確率は低下し、安全性の基準は益々厳しくなっている。このような状況を見ると、M&Aで大型化するグローバル企業と小さいながら独自の開発をすすめてゆく日本の農薬企業の間には差が広がってゆく印象をもつ。しかし、新しく農薬一般名（ISO common name）が登録された殺菌剤のうち、その多くが日本企業により発見されていることに驚く。日本の農薬企業の探索・開発力がどんどん精鋭化されているようである。考えてみると抗生物質の探索分野では、大村智博士のノーベル賞で代表されるように、日本は大きな業績を上げている。カスガマイシン、ポリオキシシンやブラストサイジンも農業用殺菌剤として日本で開発された。農薬開発には、大規模スクリーニングを展開する資金力も必要であるが、化学の知識、モノを観察する力、チームとしての開発力等が、必要である。これらの力が日本の農薬会社の中で経験値として蓄積されているようである。「最近の若い学生は…」と言いたくなる年齢を迎えているが、最近の若手の研究者が新しい化合物の探索・開発研究で成果を挙げていることは明らかで、改めてエールを送りたい。いずれにしても、新しい植物病害を防ぐ技術が開発され、安定した「安全・安心な」農業生産に貢献し、食料の安定供給が世界の平和に貢献することを期待したい。

（「植物防疫」編集委員）

時 事 解 説

平成 30 年度植物防疫事業・農薬安全対策の 進め方について

農林水産省 消費・安全局
植物防疫課、農産安全管理課 農薬対策室

はじめに

食生活の多様化や物流の高度化に伴い、我が国に輸入される農産物の品目、輸入相手国の多様化が進んでいることや、栽培体系の変化や気温上昇により病害虫の発生状況が変化してきていること等から、病害虫の侵入・まん延を防止する植物防疫の果たす役割は引き続き大きい。こうした情勢を踏まえ、各都道府県と国が連携して病害虫のまん延防止を図るとともに、食の安全確保や環境にも配慮した病害虫防除技術の確立を推進する等、必要な施策を総合的に講ずることとしている。

農薬の安全対策については、農薬登録制度を通じた安全な農薬の確保と、その適正な使用の推進が基本である。そのため、国際的な動きに対応した農薬登録制度の改善や科学に基づく審査体制の整備を進めるとともに、多様な農薬使用者に対して、農薬使用基準の遵守を徹底していく必要がある。このような取組により、生産者に対してより安全で効果の高い農薬を安定的に供給するとともに、最終的には、消費者に対して安全で高品質な農畜産物を安定的に供給していく。

また、平成 29 年 5 月には、農業競争力強化支援法が成立し、農薬に係る規制については、安全の確保、国際的な標準との調和、最新の科学的知見を踏まえた規制の合理化の観点から見直すこととされている。効果が高く安全な農薬の供給を促進するため、農薬に係る規制について不断の見直しを行うことで、国民全体、農業者および農薬メーカーの三者の安全や利益につなげていく。

I 平成 30 年度予算編成について

植物防疫対策に関する平成 30 年度予算においては、以下の内容の概算決定がなされたところ。

我が国からの農産物の輸出促進に向け、諸外国への輸出が禁止されている農産物について、解禁要請から植物検疫条件の協議、輸出解禁、輸出のための産地形成まで

のあらゆる段階における植物検疫上の技術的な課題への対応を段階的かつ切れ間なく戦略的に実施する。さらに、迅速で精度の高い発生予察から得た病害虫の発生状況データに応じた適時に適切な防除の実践、薬剤抵抗性を獲得した病害虫に対する適切な防除対策等により、生産コストの削減、生産者所得の向上を図る。

また、プラムポックスウイルス（ウメ輪紋ウイルス）やジャガイモシロシストセンチュウ等の農業生産に甚大な被害を与える重要病害虫の侵入・まん延防止および根絶に向けた防除対策を実施する。

一方、農薬安全対策に関する平成 30 年度予算としては、農薬使用者や販売者への講習・指導、農作物や土壌等への残留状況の調査、実態把握を通じた残留農薬基準値超過事案の原因究明および再発防止、埋設農薬の処理に係る行動計画の管理、作物残留試験成績の信頼性確保のために行う試験従事者への研修等に対して、引き続き支援する。

また、農薬の農産物への残留などに関する各種規制について、国際機関などの新たな勧告や科学的知見に基づく検証および見直しを的確に行うため、各種の調査・試験を実施する。

II 発生予察事業について

我が国の安定的な農産物生産のみならず、消費者が求める高品質な農産物の供給には、病害虫の防除は不可欠である。国および都道府県は、生産者が病害虫防除を適時適切に行えるよう、農作物に重大な被害を与える病害虫の発生動向などを調査して、病害虫による農作物被害の発生を予察し、それらに基づく情報を生産者などに提供している。

冒頭の記述の通り、政府の「農林水産業・地域の活力創造本部」で「農業競争力強化プログラム」が決定され、「生産者の所得向上につながる生産資材価格形成の仕組みの見直し」が位置づけられたところである。これを受け、病害虫防除を実施する際にも、防除費用低減の観点から、発生初期の防除が可能な病害虫については、発生

Government Projects on Plant Protection in 2018.

（キーワード：平成 30 年度、植物防疫事業、農薬安全対策事業）

前からの慣行の防除体系に沿った防除ではなく、病害虫の発生動向調査の充実・迅速化を通じ、防除効果の高い薬剤による適時適切な防除への切り替えを推進していくこととしている。

これを実現するためには、農作物に被害を与える病害虫の発生動向などの調査の充実、迅速な病害虫発生情報の提供が不可欠であることから、平成 30 年度より、従来の病害虫防除所職員による病害虫発生動向調査結果のみでなく、県下の生産者などが発信する病害虫発生情報なども活用し、病害虫防除の判断に要する情報として迅速に発信していくことで、タイムリーな病害虫防除が可能となる体制を実証することとしている。

また、平成 27 年度から LED 光源を利用した予察灯の実用化に向けた委託事業を実施し、害虫を効率的に誘引する LED 電球の開発や、独立電源で稼働する予察灯を開発し、実用化できることを実証した。今後は都道府県の病害虫発生動向調査などに活用されることが期待される。

Ⅲ 農林水産航空事業を巡る状況について

有人ヘリコプターおよび無人航空機を用いた農薬などの空中散布は、水稻の病害虫防除を中心に、防除作業を省力化する重要な手段として実施されている。特に無人航空機については、平成 3 年に実用化されて以来、平成 24 年度には 100 万 ha を超え、平成 28 年度には約 105 万 ha、普及台数は 3,045 台となるなど、その利用は大きく増加してきており、農産物の安定生産において重要な役割を担っている。

一方で、無人航空機を用いた空中散布時の事故が毎年報告されており、平成 28 年度は 62 件の物損事故などの報告があった。これらの事故の多くが、事前の確認不足や障害物に向かって機体を飛行させたことを原因とする架線への接触事故であったことを踏まえ、農林水産省では、平成 29 年度以降の散布作業の安全対策に反映させるため、事故防止のポイントを整理して公表してきたところである。

無人航空機の飛行にあつては、平成 27 年 12 月に改正航空法が施行されて以降、事前の国土交通大臣の許可により飛行可能となる空域および同大臣の承認により可能となる飛行の方法が定められた。この許可および承認の取得にあたって、無人航空機の機体の性能、オペレーターの能力および安全な飛行を確保するための体制が審査されている。

無人航空機による農薬などの空中散布は、国土交通大臣の事前の承認を必要とする飛行の方法（物件の投下など）に該当するが、農林水産省が示すガイドライン（「空

中散布等における無人航空機利用技術指導指針」農林水産省消費・安全局長通知。）に基づいて農薬などの空中散布を実施する場合には、「空中散布等を目的とした無人航空機の飛行に関する許可・承認の取扱について」（国土交通省航空局長，農林水産省消費・安全局長通知。）に基づき、許可・承認の手続を円滑に行うことが可能となっている。いわゆるドローンと呼ばれるマルチローター式の小型の無人航空機（以下「小型の無人航空機」という。）は、産業用無人ヘリコプターと比較して小型で軽量であるなどの特性があり、産業用無人ヘリコプターの利用が難しい中山間地などの狭小な生産地における利用などが期待されている。

農林水産省では、小型の無人航空機における自動操縦などの新たな技術開発の状況を踏まえ、農薬などの空中散布が安全かつ適正に実施されることを前提として、ガイドラインを一部改正し、自動操縦に対応していくことを検討している。

Ⅳ 地域特産作物などの病害虫防除および農薬登録推進について

薬用作物など地域特産作物は、地域において付加価値の高い農業経営を確立するうえで重要な品目であり、その生産振興を図ることが必要である。一方、これらの地域特産作物については、生産量が少ないことなどから、農薬の登録が進まず、安定的かつ高品質な生産を推進するためには、これらの地域特産作物に使用可能な農薬の登録の促進（適用拡大）に取り組むことが必要である。

このため、平成 25 年度から地域特産作物での農薬の適用拡大の加速化を図るため、民間団体などが行う農薬の適用拡大に必要な薬効・薬害および作物残留試験の実施に対する支援を行っており、平成 30 年度も引き続き農薬の適用拡大に必要な試験実施への支援を行う。さらに、農薬の適用拡大試験を行うための試験設計の支援や、多様な防除技術を組合せた病害虫防除体系の確立に対しても支援を行う。

一方、薬用作物などの地域特産作物の生産拡大のみならず、無人航空機を活用した安全・適正な農薬散布の推進、薬剤耐性病害虫等の課題について着実な推進を図るために、病害虫防除体系の確立や農薬登録の推進が重要となっている。これらの課題に円滑かつ迅速に対応することを目的として、平成 27 年 9 月に従来のマイナー作物農薬登録推進中央協議会を廃止し、関係機関・団体による病害虫防除・農薬登録推進中央協議会を設立した。各都道府県からマイナー作物や無人航空機の利用に係る農薬登録要望等を収集し関係者間で情報を共有すると

もに、問題の解決に向けた技術的な対応の検討や都道府県などへの情報提供等を行う。

V 総合的病害虫・雑草管理 (IPM) の推進

食の安全や信頼性の確保、環境に配慮した農業の推進が求められる中で、今後の我が国の病害虫防除は、天敵やフェロモンを利用した生物的防除、粘着板等を利用した物理的防除および化学合成農薬による防除を組合せ、環境負荷を低減しつつ病害虫の発生を経済的被害が生じるレベル以下に抑制する総合的病害虫・雑草管理 (IPM) を推進していくことが求められている。

そのため、農林水産省は「消費・安全対策交付金」により、都道府県における、(ア)IPM 実践指標の策定・改良等、(イ)IPM 実践地域のモデル的育成などによる IPM の普及推進、(ウ)農薬散布に伴う環境リスクを低減するための防除技術確立などを支援する。また、JA や特認団体等が都道府県と協力し、IPM モデル地域の育成やマイナー作物の防除体系確立など地域の病害虫防除対策についても支援を行う。平成 28 年度には、都道府県の協力のもと、各産地での優良事例などを収集し農林水産省ホームページに掲載したところであり (http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/g_zirei/H27_jirei.html)、本年度も引き続き事例収集を行い、国内外への情報提供を行っていく予定である。

一方で IPM に取り組む際の課題として、環境保全効果、経済的効果に関する定量的な評価方法が確立されていない現状にある。そこで、農林水産省では、委託研究事業により、平成 25 年度から IPM の生物多様性保全効果を評価する手法の開発を進めるとともに、27 年度からは IPM の経済的効果を測る指標および評価手法の確立に向けた取組を開始し、本年度も継続してそれらに取り組んでいる。いずれも事業最終年度であることから、事業成果の活用に向けた研究成果等を取りまとめるとともに、都道府県の IPM の取組状況を整理し、今後の IPM の推進に役立ててまいる所存である。

VI 農産物輸出促進のための新たな防除体系の確立について

我が国からの農産物の輸出を促進するにあたり、通常の防除体系で使用される農薬の中には、輸出相手国で当該作物が生産されていない、農薬登録がされていない等から、我が国に比べて極めて低い残留農薬基準値が設定されているものがある。

輸出相手国の残留農薬基準値を超過した農産物は、輸出相手国への輸入が認められないことから、輸出を目指

す農産物について、天敵などの農薬に代わる防除技術を導入し、農薬の使用を低減する新たな防除体系を確立する必要がある。

このため、平成 26 年度から、農産物の輸出促進につながるよう、「農林水産物・食品の国別・品目別輸出戦略」で示されている輸出重点品目について、輸出相手国で登録されていない農薬などの使用を低減する新たな防除体系を確立し、その効果の提示を行いつつ産地への導入を支援する「農産物輸出促進のための新たな防除体系の確立・導入事業」を開始した。平成 26 年度は生果実 (いちご) および茶 (煎茶・玉露) について輸出相手国の残留農薬基準値に対応した病害虫防除マニュアルをとりまとめ農林水産省ホームページ上で公開した (http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/boujyo/zannou_manual.html)。平成 28 年度はりんご (有袋栽培)、なしおよびかんきつの防除体系の確立・導入に取り組んだところ。引き続き輸出産地での普及に努めていく。

VII 農薬販売価格の低減に向けた病害虫防除における取組

都道府県が防除指導者向けに作成する「防除基準」は、地域にとって適用性の高い農薬や、薬剤抵抗性に関する情報が掲載されており、病害虫防除の指導の際の有効なツールとなっている。また、地域 JA が生産者向けに作成する「防除暦」は、使用する農薬の量、時期等が掲載されており、生産者が栽培時期ごとに必要とされる防除を行う際の目安となっている。しかし、「防除基準」や「防除暦」に登録農薬を新たに掲載するにあたって、当該地域における適応性の高さ (薬効および薬害の程度) を確認するための試験 (以下「追加試験」という。) の実施を農薬メーカーに要求する事例があり、追加試験の実施に要する費用が農薬の販売価格に転嫁されているとの指摘がある。

このため、「防除基準」や「防除暦」に新規に登録農薬を追加する際には、農薬登録データなどを積極的に活用することにより、都道府県や農協が個々に追加試験を要求しないよう都道府県に通知するとともに、農薬メーカーなどの関係団体へ情報提供の要請を行った。

平成 29 年 10 月には、都道府県で農薬登録試験データなどの活用が進んでいることを踏まえ、病害虫防除・農薬登録推進中央協議会では、都道府県の欲しい試験データの開示、農薬メーカーの保有情報をウェブ上に掲載するシステムを構築し運用を開始した。

VIII 国際条約について

国際植物防疫条約（IPPC）が IPPC 第 10 条に基づき作成する植物検疫措置に関する国際基準（ISPM）は、平成 30 年 2 月末時点で 41 本策定されている。また、現在検討が進められている基準案として、穀物および切り花の国際移動並びに病害虫の検疫処理等がある。これらは SPS 協定に規定された国際基準であり、各国は原則として ISPM に基づいた植物検疫措置をとる必要があるため、我が国としては、議論の状況を継続的に把握しつつ、科学的な検証や、IPPC 国内連絡会等を通じた国内関係者との意見交換を行い、技術的妥当性や現実性の観点から、必要な意見を積極的に提供し、ISPM の策定過程に積極的に参加することとしている。

また、IPPC では基準の策定だけでなく、その実施状況を改善するため、平成 29 年に実施能力開発委員会が設置され、技術支援を通じた各国の能力向上、実施状況の把握に必要な各国からの通報の改善等が進められている。さらに、電子的な植物検疫証明書のハブシステムの構築に向けた試行が行われている。

IX 植物検疫の諸課題について

1 国内検疫について

農業生産に多大な被害を与える重要な病害虫の侵入・まん延を防止するためには、輸入時のいわゆる「水際」での検疫措置のみならず、国内においても適切な対策を実施することが重要である。

具体的な取組として、これらの病害虫の侵入を可能な限り早期に発見し、防除・封じ込めを迅速・的確に行うことにより定着・まん延を未然に防止することを目的として、都道府県および植物防疫所は、全国の生産地や輸入港等において、火傷病菌、ミカンコミバエ種群等を対象とした侵入警戒調査を実施している。なお、平成 24 年 5 月より、我が国未発生の病害虫が新たに国内で発生した場合は、「重要病害虫発生時対応基本指針」に基づき、植物防疫所が都道府県の協力を得てその発生状況などを調査し、病害虫のリスクに応じた防除対策などを実施している。

現在、国内で発生が確認された重要病害虫に対しては、植物防疫法に基づく緊急防除を実施している。このうちジャガイモシロシストセンチュウについては、平成 27 年 8 月に北海道網走市の一部地域において我が国で初めて発生が確認され、その後の調査で本線虫の発生が確認された網走市内の 11 大字および大空町内の 1 大字を緊急防除の対象地区として、寄主植物の移動制限などによ

りまん延防止を図りつつ、土壌消毒や対抗植物の植栽により密度低減のための取組を進めているところである。また、ウメ輪紋ウイルスについては、ウメ、モモ等に感染して重大な被害を与えるとの報告があり、東京都青梅市、神奈川県横浜市、岐阜県各務原市、愛知県犬山市、大阪府富田林市、兵庫県伊丹市等の 6 都府県 23 市町で緊急防除を実施し発生地域における感染植物の処分などで早期根絶を図りつつ、都道府県や植物防疫所が協力して全国レベルでの発生調査などの取組を実施している。

このほか平成 29 年 9 月、長野県諏訪郡原村の一部圃場で確認されたテンサイシストセンチュウについて、発生範囲特定調査の結果、117 圃場で発生が確認された。発生が確認された圃場において、土壌消毒の実施、土壌の付着のおそれがある農機具などの洗浄等のまん延防止対策を実施しているところ。追加調査の結果を踏まえ、検疫措置を含めた今後の防除対策を検討することとしている。

さらに、かんきつ類などに感染し、収量の低下、感染樹の枯死等の大きな被害をもたらすカンキツグリーニング病菌（奄美群島の一部および沖縄県で発生）、サツマイモなどを食害し、塊根に独特の臭気を発生させて食用に適さなくするアリモドキゾウムシ（トカラ列島、奄美群島、沖縄県、小笠原諸島で発生）およびイモゾウムシ（奄美群島、沖縄県、小笠原諸島で発生）等、国内の一部の地域のみで発生している重要な病害虫については、植物防疫法に基づく移動規制によりまん延の防止に努めるとともに、根絶を目指した防除事業を実施している。

2 植物防疫所の体制などの整備について

植物防疫所では、水際における植物検疫業務を適正かつ円滑に行うため全国に 5 本所、16 支所、36 出張所の体制のもと人員配置を行っており、平成 30 年度末の植物防疫官数は 934 人となる予定である。

平成 30 年度においては、「明日の日本を支える観光ビジョン」などが掲げる 2020 年に訪日外国人旅行客数 4,000 万人とする目標達成に寄与するため、国際線の発着便数が増加している新千歳空港、中部空港、北九州空港および那覇空港、クルーズ船の発着便数が増加している九州および沖縄地域の海港における旅客携帯品の検査に係る植物防疫所の体制強化を図ることとしている。

3 輸出植物検疫の取組について

平成 31 年の農林水産物・食品輸出額 1 兆円目標を達成するため、平成 28 年 5 月に取りまとめられた「農林水産業の輸出力強化戦略」に掲げた施策の着実な実施に、政府を挙げて取り組んでいるところ。

植物検疫については、輸出に関する規制などの緩和・

撤廃に向けた取組を迅速化することとしており、現在輸出ができない国・品目について輸出拡大を図り、確実な輸出の増大につなげるため、「農林水産業の輸出強化戦略」を踏まえ、重点的にかつ戦略的に二国間の輸出植物検疫協議を進めている。また、既に検疫条件が整い、輸出が可能な国・品目については、相手国の検疫条件などを踏まえた技術的支援および情報提供、栽培地・集荷地における輸出検疫の実施などにより輸出検疫の利便性向上に取り組んでいるところである。

輸出植物検疫に係る予算事業については、平成 30 年度には「輸出植物検疫協議の迅速化（67 百万円）」、「我が国の輸出に有利な国際的検疫処理基準の確立、実証（50 百万円）」および「輸出先国の規制に対応するためのサポート体制整備（72 百万円）」を統合し、「輸出条件の整備から産地形成までの戦略的植物検疫対策事業費」として実施する予定であるが、事業は上記 3 メニューについて各々独立した形で進めることとしている。

（１）解禁要請から植物検疫条件の協議

検疫協議については、米国向けなしおよびりんご、EU 向け黒松盆栽、豪州向けいちごおよびタイ向けかんきつ類等、引き続き技術的な協議を積み重ねていく国・品目に加え、平成 30 年度からは、産地の要望に基づき、新たにベトナム向けりんごの条件緩和に向けた植物検疫協議に優先的に取り組むこととしている。

平成 29 年度は、技術的な協議を積み重ねた結果、米国向けかきおよび臭化メチルくん蒸を行わない豪州向けかきの 2 件の輸出解禁を実現した（平成 30 年 2 月末現在）。特に、米国向けかきは、平成 29 年 12 月に和歌山県において、初輸出に係る出発式が開催され、平成 30 年 1 月には米国ロサンゼルスにおいてスーパーマーケットでの店頭販売、現地の青果物関係者を対象としたプロ向けセミナー等のプロモーション活動が行われた。加えて、平成 30 年 1 月に EU 向けかんきつ類の園地検査が撤廃されるとともに、表面殺菌の条件の緩和が実現した。

予算事業としては、「輸出植物検疫協議の迅速化」のため、平成 29 年度に引き続き、「検疫措置案の調査・実証」および「全国的なサーベイデータの蓄積及び分析」を実施する予定である。「検疫措置案の調査・実証」では、輸出相手国が近年採用している検疫措置をベースに、従来の消毒を主体とした検疫措置だけでなく、園地での病虫害管理や選果過程における管理等も視野に入れた複数の検疫措置を組合せたシステムズアプローチでの検疫措置案の調査・実証を行うこととしている。また、「全国的なサーベイデータの蓄積及び分析」では、都道府県と連携して輸出相手国が侵入を警戒している重要な

病虫害の発生状況などに関する全国調査を行い、病虫害の無発生地域の設定などの検疫措置の検討に必要なデータを取りまとめることとしている。

さらに、平成 30 年度からは、我が国の輸出に有利な検疫処理技術の国際基準化を新たに推進するため、「我が国の輸出に有利な国際的検疫処理基準の確立、実証」において、我が国から輸出しようとする農産物について、輸出相手国が侵入を警戒する害虫を主なターゲットとした検疫処理技術を確立するとともに、国際基準への提案に向けて必要となるデータの蓄積および取りまとめを行う予定である。

（２）輸出促進に向けた産地への技術的支援

既に植物検疫条件が整い、輸出が可能な国・品目については、それぞれの産地が植物検疫条件や相手国の残留農薬基準に合致した生産を行うことが肝要である。

このため、「輸出先国の規制に対応するためのサポート体制整備」においては、平成 29 年度に引き続き、輸出先国の植物検疫条件や残留農薬基準に対応した防除体系や栽培方法等の普及を促進するため、植物検疫や病虫害防除等の専門家を組織化するとともに、輸出に取り組もうとする産地や流通・販売事業者の意向や課題を聴取・分析し専門家を現地に派遣等することにより、産地などの実態に合ったきめ細やかな技術的サポートに取り組む予定である。

また、輸出の拡大にあたっては、我が国の農産物を訪日外国人旅行者に持ち帰ってもらうことも重要であることから、これまで、主要空港への輸出検疫カウンターの設置（平成 29 年度には中部国際空港に新設）、植物検疫条件を記載したリーフレット（7 か国語）の作成および訪日外国人旅行者への配布並びに直販所などで購入した農産物を植物検疫を経て空港などで円滑に受け取ることができるような体制の構築を実施してきたところである。平成 30 年度は、引き続きリーフレットの配布を行うとともに、上述のサポート事業において、構築された検疫受検円滑化モデルを活用した携帯品（おみやげ）の持ち出しについても、専門家による技術的サポートを行う予定である。

４ 輸入植物検疫の見直し

国内に発生していない新たな病虫害の侵入リスクの増大に対応するため、科学論文や各国から提出される病虫害情報等を収集し、病虫害のリスクアナリシスを実施し、輸入検疫の対象病虫害を明確にしつつ、検疫対象病虫害に対する適切な検疫措置の設定・見直しを平成 23 年から順次実施している。

平成 28 年 5 月 24 日に、植物防疫法施行規則の一部改

正を公布、11月24日には栽培地検査に係る部分を除き施行、そして平成29年5月24日には栽培地検査に係る部分が施行された。

今後も、リスクに応じた輸入植物検疫を確保するため、病害虫のリスクアナリシスの結果に基づき、検疫対象の病害虫の追加や植物検疫措置内容の見直しを推進する。

X 農薬安全対策の一層の推進

1 農薬登録制度の国際調和

登録を受けた農薬でなければ製造・販売・使用できず、定められた使用方法を遵守しなければならないという農薬登録制度の枠組みは、我が国を始め、先進各国で共通である。一方、農薬の人の健康や環境への影響の評価方法については、科学の進歩に伴い見直しが行われてきている。近年、欧米諸国では新たな評価方法も導入されており、我が国でも、それを参考としつつ、農薬登録制度の見直しを図っていく必要がある。

農薬登録制度の国際調和を進めることにより、国内農薬メーカーの海外展開が容易となり、効果が高く安全な新規農薬を我が国の農家に速やかに供給できるようになるほか、海外でも早期に残留基準値が設定されることで、農産物の輸出促進にもつながることが期待される。今般、以下に紹介する通り、農薬登録を効率的に行うための作物群を導入するとともに、農薬原体の組成の管理方法を見直したところであるが、これらにとどまらず、関係者との意見交換を行いつつ、欧米諸国の制度も参考に、関係法令の改正も視野に、再評価制度の導入も含めた農薬登録制度およびその運用の改善を進めていくこととしている。

(1) 農薬登録を効率的に行うための作物群の導入

近年、国際的には、農薬登録のために提出された作物残留試験データを有効活用するため、作物群単位で登録することも可能としている。我が国でも、これまでの個別の作物の登録に加えて作物群での登録を可能とする仕組みを導入し、平成29年度から、まずは果樹類において作物群を設定し、作物群での登録を可能とした。作物群での登録が進めば、作物群単位で見ればより多くの試験成績に基づいた審査による信頼性の高い農薬の登録が可能となるとともに、より効率的な防除が可能となり、マイナー作物に使用可能な農薬も増えることが期待できる。さらには、作物残留試験や薬効・薬害試験の例数軽減も図られ、コスト削減につながるであろう。今後さらに野菜類その他の作物に対しても作物群を順次設定していくこととしている。

(2) 農薬原体の組成管理

実際に製造・販売される農薬の安全を確保するためには、農薬原体中の毒性の強い不純物の増加などの組成の変化がないよう管理する必要がある。従来は、登録申請の際に提出された製造方法を変更させないことで、評価を受けた農薬との同等性を確保してきたが、平成29年度から、新たに原体規格（有効成分の純度の下限值や不純物の上限値等）に基づく管理の仕組みを導入した。これにより、原体規格の設定された農薬については、規格への適合が確認できれば、製造コストの低減に資するような農薬原体の製造方法の変更が可能となる。また、原体規格が設定された農薬については、製造方法の異なる後発農薬の登録申請があった場合、組成の比較などにより、現に登録のある農薬の原体と毒性学的に同等かどうかの判断が可能となる。

2 インターネットを利用した農薬の販売への対応

農薬の販売については、農薬取締法において、販売者の届出、販売禁止農薬の規定等を定めているが、インターネットにおいて、届出をしないで農薬を販売したり、農薬を小分けして販売したりする等不適切な事例が確認されている。このような不適切な事例の背景として、インターネットを利用した取引、特に、ネットオークション等における取引は、不特定の個人によるものが多く、販売者側と購入者側の双方が法律による規制を知らないまま行われていることが考えられる。

このようなインターネットを利用した農薬の不適切な販売を防止するため、農林水産省のホームページへの「農薬の販売」および「農薬の購入」に関する注意事項の掲載、インターネット販売サイトの運営者に対する農薬取締法上の農薬の販売に関する取り扱いについて取引ガイドラインへ明記していただくなどの協力依頼を行っている。

3 生産段階における農薬の適正使用などの徹底について

平成18年のポジティブリスト制度導入以来、農林水産省は、農薬の適正な使用の指導を徹底してきた。しかしながら、依然として残留農薬基準値の超過事案が散見されている。

基準値超過の発生をさらに減らしていくには、ただ農薬の適正使用を訴えるのみでは限界があり、その真の原因に則した再発防止策を、農薬の使用にあたって特に注意して取り組むべき事項として重点的に指導していく必要がある。

このため、基準値超過が明らかとなった場合には、まずは都道府県において、徹底的な原因究明を行っていた

だくこととしている。調査の結果は、講じられた再発防止策などとともに地方農政局などを通じて農林水産省に報告いただき、農業者への指導などに活用していただくため、全国の都道府県に情報提供させていただくこととなる。

4 農薬による事故および被害の発生の防止について

農薬による人への健康被害を及ぼす事故は、平成 28 年度には 19 件発生している。事故の原因としては、誤飲・誤食が全体の 37% を占め、次いで土壌くん蒸剤使用後に被覆が不十分または実施されなかったことなどによる周辺住民の被害、農薬使用時の防護装備が不十分であったことによる農薬使用者の被害が多かった。これらの事故などを防止するためには、適正に農薬を使用・保管するとともに、土壌くん蒸剤使用時には、適正な厚さの資材を用いて被覆を完全に行うことや、農薬のラベルを確認し、必要な防護装備を着用することが重要である。事故の発生を防止するため、農薬の使用機会が多くなる 6～8 月、農林水産省では厚生労働省、環境省、都道府県等と連携し、農薬危害防止運動を実施する。

5 住宅地周辺における農薬散布について

住宅地周辺における農薬使用については、「住宅地等における農薬使用について」（平成 25 年 4 月 26 日付け 25 消安第 175 号、環水大土発第 1304261 号）に基づき、十分な配慮が必要である。この通知は、農薬以外の防除手段の検討や、やむを得ず農薬を使用せざるを得ない場合の飛散防止対策の実施および周辺住民などへの事前周知などのこれまでの指導に加え、地方自治体の施設管理部局などが防除業者などに委託して病害虫防除を行う際に、当該防除業者などに同通知に規定する取組を確実に実施させるための手段を提示して、防除業者による住宅地などにおける農薬使用の適正化を図るものとなっている。

こうした指導をしている中、平成 29 年 9 月、公立小学校において児童が授業を受けている時間帯に、敷地内樹木の害虫駆除を目的として農薬が散布され、それにより児童が体調不良を訴え、病院に搬送される事案が発生してしまった。これを受けて、同様の事案が発生しないよう、農林水産省と環境省は都道府県宛てに『住宅地等における農薬使用について』の再周知・指導の徹底について」（平成 29 年 10 月 25 日付け 29 消安第 3874 号・環水大土発第 17010251 号）を発出した。

今後、本通知に基づく取組を一層推進していくため、通知に示す取組の実施状況の把握に努めつつ、各地における指導事例なども参考として、より効率的な普及手法も必要に応じ検討していく。また、都道府県や市町村の施設管理部局等に対する研修の要望などがあれば、

農林水産省および環境省において可能な限り対応させていただくこととしている。

6 蜜蜂の被害の防止について

農薬登録にあたり、使用する際に蜜蜂に悪影響を及ぼさないよう、蜜蜂に対する毒性が比較的強い場合には、注意事項をラベルに記載している。また、農薬を使用する農家と養蜂家との間で、巣箱の位置・設置時期や、農薬の散布時期等の情報を交換し、巣箱を退避するなどの対策を講じるよう指導している。また、平成 27 年から農薬メーカーに対し、農薬ラベルを見た農業者が、養蜂家との情報交換を徹底できるよう注意事項の見直しの要請を行っている。

欧米では、2000 年代より蜜蜂の大量失踪（いわゆる「蜂群崩壊症候群」（CCD））が問題となり、その原因は、病気、ダニ、農薬等である可能性が指摘されている。我が国では、CCD の事例は報告されていないが、蜜蜂が減少する事例は起きており、それらの事例と上記のような原因との関係について十分把握できていないといえなかった。このため、農薬と蜜蜂が減少する事例との関連性を把握することなどを目的として、平成 25 年度から 3 年間で、農薬が原因と疑われる蜜蜂の被害事例の調査を実施した。

その調査の結果、以下のことが明らかになった。

- ・被害の発生は、水稻のカメムシを防除する時期に多く、巣箱の前から採取された死虫が水稻のカメムシ防除に使用された殺虫剤を直接浴びた可能性が高いこと
- ・死虫から検出された殺虫剤のうち、どの殺虫剤が被害を発生させているのかは特定できなかったこと
- ・被害を軽減させるためには、農薬を使用する農家と養蜂家の間の情報共有、養蜂家が行う巣箱の設置場所の工夫および農薬使用農家が行う農薬の使用の工夫等の対策が有効であること

このため、都道府県による対策の継続的な実施を推進するとともに、対策の有効性の検証などのために、毎年、都道府県ごとに被害の件数等を把握する。また、引き続き、国内外の知見を収集するとともに、効果的な被害軽減対策の確立などのために必要な調査研究を実施する。

おわりに

これらの植物防疫に係る課題に的確に対応するため、農業者、都道府県、国、民間の各分野を越えて、我が国の植物防疫関係者が一体となった取組が必要である。本誌読者の皆様にも、より一層のご支援とご指導をお願いしたい。



産業用マルチローターによる農薬散布の 落下状況

一般社団法人 農林水産航空協会 農林航空技術センター

やなぎ
柳

しん
真

いち
一

はじめに

無人航空機による農薬散布は、有人ヘリコプターを補完する技術として 1995 年に産業用無人ヘリコプターが実用化された。その後水稻の病虫害防除を中心に実施面積を増やし、2016 年の無人航空機による散布などの実施状況は水稻で 911 千 ha、麦類 66 千 ha、だいず 59 千 ha、その他 11 千 ha（いずれも延べ面積）となっており、水稻においては国内の主食用作付け面積の約 67% を占めている。一方産業用マルチローターによる農薬散布は 2016 年に開始され、2017 年 10 月現在で 7 社 11 機種が空中散布などにおける無人航空機利用技術指導指針（平成 29 年 10 月 27 日付け 29 消安第 3910 号消費・安全局長通知）において登録認定されている。2016 年度の実施面積は、水稻の病虫害防除で約 500 ha であった。無人航空機による農薬散布は高濃度少量散布が基本であり、水稻の病虫害防除の場合 800 ml/10 a が普通である。また株間内への薬液の到達は、飛行時にローターから発生する下降気流を有効に利用することを前提とした散布技術である。しかしながら無人ヘリコプターにおいても、繁茂時の作物の株元への薬液到達不足の疑念が度々浮上しているが、散布そのものの特性に弱点があるのか、そのときの散布方法（防除時期も含め）に問題があったのか再現性が難しくその都度議論は立ち消えとなっている。

マルチローターは、離陸重量が軽く飛行させるための下降気流が従来の無人ヘリコプターより小さいことから、導入にあたって作物の株間内への到達状況の質問が多く寄せられているところであり、実圃場における落下分散状況について調査を試みた。

I 産業用無人ヘリコプターと 産業用マルチローターの性能の違い

無人ヘリコプターとマルチローターの性能を表-1 に示す。

無人ヘリコプターの最大離陸重量（機体、燃料、散布装置、散布資材等の総重量）は 100 kg 前後で、実用化された当初は搭載できる散布資材の量が 10 l であったが、使用部品の軽量化とエンジンの改良により最新の機種では、32 l までに向上している。

マルチローターは、現在ローター数が 4 枚、6 枚、8 枚の機種があり、最大離陸重量は 12～29 kg である。散布資材の搭載量は最大の機種で 10 l であるが、最大離陸重量に対する散布資材積載量の割合から見ると、マルチローターのほうが積載能力は高い。ただし、動力源であるバッテリーの容量は 10 分程度であり、飛行時間と速度、間隔の飛行諸元から見るとおおむね 1 ヘクタールの散布ごとの交換となる。散布資材の補給タイミング（8 l で 1 ヘクタール）を考えると、小面積の散布においてはバランスのとれた設計と言える。無人ヘリコプターの最新の機種では、製造メーカーのカタログによると 1 回の燃料補給で 6 ヘクタール（散布資材タンク 24 l × 2 回分）の散布が可能である。一方で長時間連続散布飛行することによるオペレーターの負担も大きい。飛行間隔は、無

表-1 無人ヘリコプターとマルチローターの性能

	無人ヘリコプター	マルチローター
ローター数	1 枚*	4, 6, 8 枚
ローター直径	3,115～3,380 mm	457～762 mm
ローター含む全幅	—	999～1,957 mm
最大離陸重量	91.5～110 kg	12～29 kg
散布資材搭載量	16～32 l	4～10 l
飛行間隔	5, 7.5 m	3, 4 m
飛行高度	3～4 m	2 m
飛行速度	10～20 km/h	10～20 km/h

*メインローター。

Chemical Drop Dispersion of Aerial Application by Unmanned
Multirotor Aircraft. By Sin-ichi YANAGI

（キーワード：マルチローター防除，無人ヘリコプター防除，落下分散）

人ヘリコプターが7.5 mで、マルチローターは4 mであり、これは、ローター直径が無人ヘリコプターでは3 m以上、マルチローターではローターを含む全幅でも2 m弱であることと、離陸重量の差による飛行時の下降気流の強さの違いによるものである。これらの性能の差を考えると、マルチローターは持ち運びにもコンパクトで小回りの利く散布手段としては有効な技術であると言える。

II 水稻病虫害防除における落下分散状況調査

1 マルチローターの落下分散

(1) 調査方法

調査は、茨城県小美玉市の農家圃場で実施した。①品種：‘あきだわら’（飼料用稲）、②移植：5月7日、③散布月日：8月17日、④調査時の草丈：約120 cm、⑤生育ステージ：出穂揃い～乳熟期、⑥散布農薬：アゾキシストロビン、チアメトキサム SC 8倍 800 ml/10 a。使用機種はA社製6枚ローター機およびB社製8枚ローター機。飛行諸元は各機種の実施基準の範囲内としてオペレーターの達観によった。各試験区の大きさは短辺約20 m、長辺約40 mで、2.5往復の散布飛行とした。

2機種ともに薬液タンクは10 lの容量があるが、積載した農薬量は、1ヘクタール分の液量の8 lと散布終盤を想定した2 lの2区とした。離陸重量は両機種とも機種8 l積載が約23 kg、2 l積載が約17 kgであった。

落下分散調査は、調査区内のほぼ中央で、飛行方向に直行するライン上に1 m間隔で園芸用支柱を立て、クリップを用いて感水紙（スプレーイングシステムジャパン合同会社製）を水平に設置して行った。感水紙は38 mm×52 mmに切断したものを台紙に貼り付け使用した。感水紙の設置高さは水稻の草冠高の約120 cmと株元の約20 cmとした。

散布時の気象条件は、気温22～25℃、湿度79～97%、風は飛行方向に対して横風で、無風から1 m/s程度であった。

散布後の感水紙はシリカゲルと一緒にビニル袋に封入して持ち帰り、デジタルカメラで画像ファイル化した後、画像解析処理ソフトウェア ImageJ 日本語版 1.37 v (bioArts.Co.Ltd 製) を使用して液滴痕の被覆面積率を計測した。

(2) 調査結果

感水紙の液滴痕の状況の例を図-1, 2に示す。なお、高濃度の農薬の調査であることや調査紙の種類によって液滴痕の状況が異なることから、農林水産航空協会では被覆面積率の値から付着液量の推定は通常行っていない。

被覆面積率の調査結果を表-2～4に示す。試験区の両端は計測対象から除外した。なお、降雨直後の調査であり、調査紙設置前に無人ヘリコプターの下降気流による露払いの処置をしたが、機種Bの8 l積載区は稲体に付着していた雨露が調査紙に飛散したため計測ができなかった。

今回の調査結果では草冠の落下分散状況のバラツキがやや大きく、被覆面積率の数値が極端に大きい部分については、調査地点上空での飛行速度が不安定だったなどの理由が考えられる。落下分散の均一性については、性能確認済の機体、装置を使用しており今回の調査目的は、株元への到達状況であるので、現地圃場で面的な均一性については、別の機会に検証をすることとする。

草冠に対する株元の付着率は、機種Aでは最大67.1%で平均32.0%、機種Bでは最大48.9%で平均29.5%であり、ほぼ同程度の株元への散布液の到達が認められた。

また、機種Aの積載重量が重い場合は最大73.0%平均32.2%で、積載重量による株元到達の差は、認められ



図-1 機種A 地点No.11 草冠
被覆面積率4.30%の感水紙.

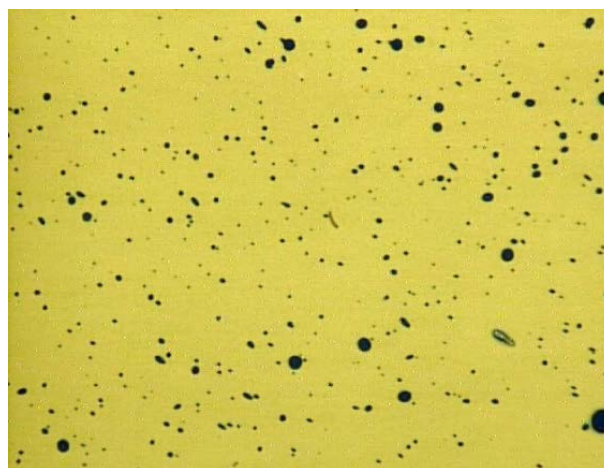


図-2 機種A 地点No.11 株元
被覆面積率2.88%の感水紙.

表-2 機種 A の被覆面積率と草冠/株元比 (2l 積載)

	調査地点 (m)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
草冠 (%)	7.63	7.09	21.77	2.65	1.83	5.27	2.63	3.00	1.81	4.44	4.30	1.87	0.73	0.39	3.50	4.48
株元 (%)	1.37	1.16	4.95	1.35	0.26	1.09	1.14	0.62	0.62	0.83	2.88	0.38	0.36	0.13	1.01	1.07
比率 (%)	17.9	16.4	22.7	50.9	14.4	20.7	43.4	20.8	34.5	18.8	67.1	20.2	48.6	32.7	28.9	23.8

表-3 機種 B の被覆面積率と草冠/株元比 (2l 積載)

	調査地点 (m)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
草冠 (%)	7.11	5.00	5.40	2.40	2.68	2.57	1.46	2.30	4.86	1.87	1.11	3.00	4.95	12.81	2.40	3.85
株元 (%)	0.56	1.15	0.66	0.81	0.98	0.80	0.65	0.56	2.38	0.85	0.38	0.86	0.88	3.53	0.78	0.95
比率 (%)	7.8	23.0	12.2	33.6	36.7	31.2	44.3	24.4	48.9	45.3	33.9	28.7	17.8	27.6	32.7	24.7

表-4 機種 A の被覆面積率と草冠/株元比 (8l 積載)

	調査地点 (m)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
草冠 (%)	5.92	17.13	2.25	3.28	2.56	8.96	4.21	1.08	7.07	3.90	6.94	1.39	7.58	5.75	6.34	5.09
株元 (%)	1.32	2.73	0.78	0.81	0.91	2.87	1.53	0.79	0.91	1.29	1.17	0.33	1.65	1.86	2.40	1.82
比率 (%)	22.3	15.9	34.5	24.6	35.6	32.0	36.3	73.0	12.9	33.1	16.9	23.6	21.8	32.4	37.8	35.8

なかった。このことから、散布時間の経過に伴い散布資材の重量が減少しても、株間内到達に影響はないと考えられる。

2 無人ヘリコプターの落下分散

無人ヘリコプターの草冠と株元の付着比率については、筆者らが 2006 年に水稲圃場内において水平に設置したろ紙に付着した農薬成分の定量分析による調査を行っている。①品種：‘ヒノヒカリ’ (普通期栽培)、②移植：6 月 19 日、③散布月日：8 月 16 日、④散布農薬：ブプロフェジンゾル 16 倍 800 ml/10 a、⑤使用機種：AYH-3。2 反復で行った結果はそれぞれ最大 83.0% で平均 50.7%、最大 86.5% で平均 21.6% であった (柳・中島, 2007)。

3 考察

水稲の品種、栽植条件が異なることから、株元への薬液到達状況について今回行ったマルチローターでの調査と単純に比較することはできないが、無人ヘリコプターの過去の調査事例における 2 反復の平均と比較する限り、ほぼ同等の到達程度であると考えられる。

おわりに

マルチローターは、無人ヘリコプターの開発当初の経緯と異なり、短期間に多くの製造メーカーが多様の機

種、散布装置を開発し認定登録されている。散布装置本体は、無人ヘリコプターの技術を参考に設計されていることが多いが、機体とのマッチングに重要な散布幅の確保、落下分散の均一性については各社独自に設計検討を重ねて完成されたものとなっている。

産業用マルチローターの改良・設計に関する検討を、一般社団法人 農林水産航空協会および国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構は、平成 28 年度農林水産業におけるロボット技術安全性確保策検討事業 (農林水産省補助金事業) において実施し、結果を公表している。(一般社団法人 農林水産航空協会 HP) この中では、下降気流の効果が得られるローターとノズル位置関係、飛行速度との関係が提言として記されている。機体、装置開発にあたっての参考のみならず、運用時に飛行速度、飛行高度、飛行間隔等の実施基準を遵守することにより、下降気流を有効に利用できる適正な散布が可能となり、防除効果の安定につながることにについても、再認識していただくことを願う。

引用文献

- 1) 柳 真一・中島 満 (2007): 平成 18 年度環境保全型遠隔散布システム開発・実証事業試験成績書, 農林水産航空協会, 東京, p.85~90.

研究 報告

産業用マルチローターによる斑点米カメムシ類とウンカ類の防除

秋田県農業試験場 にい新 やま山 とく徳 みつ光

はじめに

近年、小型無人航空機であるマルチローター（いわゆるドローン）が急速に普及し、様々な分野での利活用が期待されている。農業分野以外では、例えば災害現場の上空からの撮影による迅速な被害状況の把握や、陸路が遮断された場合の救援物資等の運搬などである。一方、農業分野においては、作物の生育状態や雑草の発生状況、病害虫による葉色の変化などの情報収集であるが、なかでも植物防疫分野において最も期待されているのは農薬散布機としての活用である。

農林水産省が2015年に産業用無人ヘリコプターとマルチローターを包含する形で「空中散布等における無人航空機利用技術指導指針（以下、指導指針）」（農林水産省、2015）を策定したことにより、マルチローターによる農薬散布が可能となった。ところが、マルチローターによる農薬散布は無人ヘリコプターの場合とは違い、農薬登録のための防除効果や薬害、落下分散状況等の試験は行われていないため、都道府県レベルで作成している防除基準や発生予察情報、各種技術情報等による生産現場への指導・助言が困難な状況となっている。

そこで、秋田県単独事業である「農林水産業おたすけドローン実証事業」を活用し、産業用マルチローターを用いて農薬散布した場合の斑点米カメムシ類とウンカ類

に対する防除効果や落下分散等について、産業用無人ヘリコプターとの比較およびマルチローター機種間の比較を行ったので報告する。なお、2016年の試験結果に関しては報告済みであり（高橋・藤井、2017）、詳細はこちらを参照していただきたい。

I 供試機種と飛行諸元

指導指針では、小型の無人航空機は下降気流（ダウンウォッシュ）が小さく、風の影響を受けやすいと記載されており、機体重量の違いによって各害虫に対する防除効果が異なる可能性がある。そこで、2016年は大型マルチローター（TSV-AQ1）と無人ヘリコプター（RMAX）、2017年は小型マルチローター（TSV-AH1）と2016年同様の大型マルチローター（TSV-AQ1）と無人ヘリコプター（RMAX）を用いた。比較試験に供試したマルチローターおよび無人ヘリコプターの機種と飛行諸元は表-1の通りである。

秋田県農業試験場では2000年から継続的に一般社団法人農林水産航空協会からの委託試験である「産業用無人ヘリコプター受託試験」を実施している。そのため、試験方法は基本的に「産業用無人ヘリコプター受託試験」に従った。図-1に2016年と2017年の試験区の配置や各種調査地点の場所を模式的に示した。いずれも50 m × 200 m の圃場を12~24 m ごとに区切り、試験区間に

表-1 供試したマルチローターと無人ヘリコプターの飛行諸元

区分	使用機種 (製造メーカー名)	散布装置	最大離 陸重量 (kg)	タンク 容量 (l)	メイン ローター数	メイン ローター径 (mm)	散布幅 (m)	飛行高度 (m)	飛行速度 (km/h)
小型マルチローター	TSV-AH1 (東光鉄工)	ノズル	12	4	6	457	4.0	2	15
大型マルチローター	TSV-AQ1 (東光鉄工)	ノズル	23	8	4	760	4.0	2	10~20
無人ヘリコプター	RMAX (ヤマハ)	ノズル	69 ¹⁾	24	1	3,380	7.5	3~4	10~20

1) 機体+燃料+散布装置（薬剤は除く）。

Control of Plant Bugs and Rice Planthoppers Using a Radio-Controlled Multicopter for Pesticide Application in Paddy Fields. By Tokumitsu NIYAMA

(キーワード：産業用マルチローター、ドローン、斑点米カメムシ類、ウンカ類、防除)

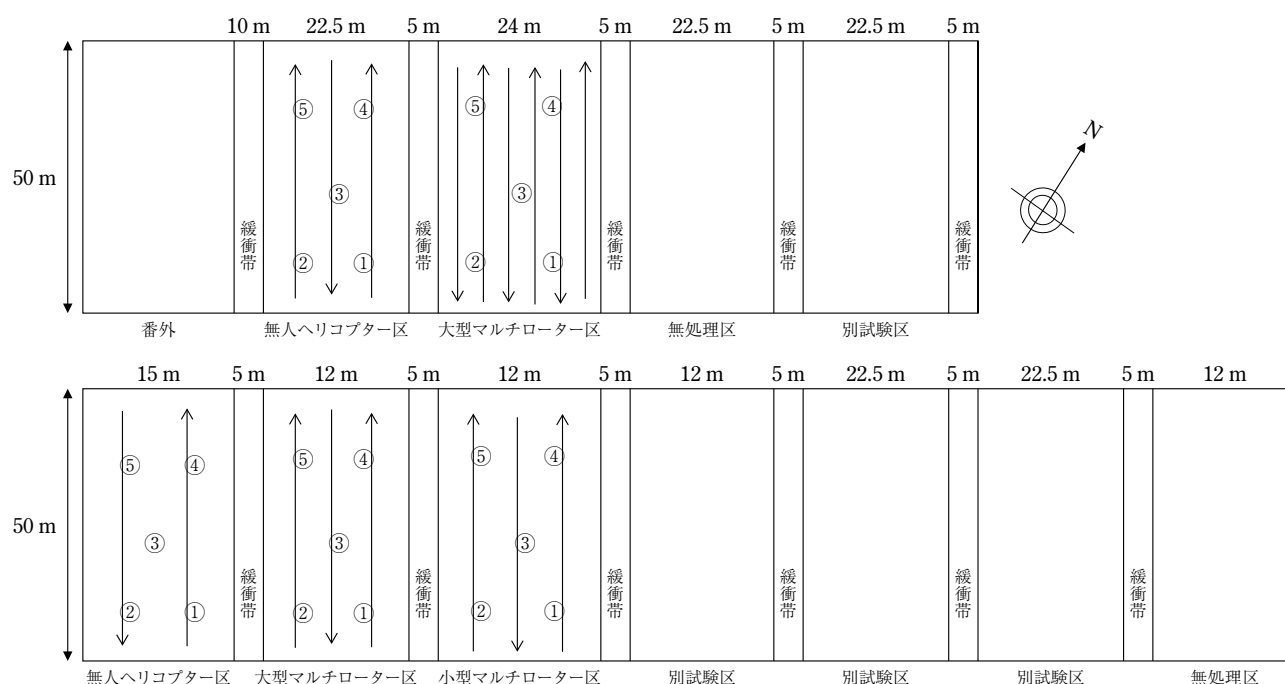


図-1 試験区の配置図（上：2016年，下：2017年）

①～⑤：落下分散調査地点.

↑は飛行行程を示す.



図-2 小型マルチローター（左）と大型マルチローター（中央）および無人ヘリコプター（右）による散布状況（2017年）

は5mまたは10mの緩衝帯を設けた。薬剤散布区には①～⑤で示した5箇所に落下分散調査地点を設置し、矢印のような飛行行程で薬剤を散布した（図-2）。

II 大型マルチローターと無人ヘリコプターの比較（2016年）

2016年の試験は、秋田県農業試験場内の鉄コーティング直播栽培圃場で行った。品種‘あきたこまち’を5月20日に条間30cm、株間18cmで点播した1ha圃場内に、大型マルチローター区、無人ヘリコプター区および無処理区をそれぞれ12.0a、11.3a、11.3aずつ設置した（図-

1）。8月15日（出穂期1日後）にフサライド・ジノテフラン水和剤4倍液を0.8l/10a設定で散布した。散布薬剤の落下分散状況を確認するため、黒色調査紙を草冠高とその約1/2の高さに5地点ずつ水平に設置し、一般社団法人農林水産航空協会の落下分散調査指標（一般社団法人農林水産航空協会，2015）に基づく指数（落下粒数/cm²）により調査した。

散布当日の天候は晴れで、アメダス観測所「大正寺」の気象データによると大型マルチローターの薬剤散布時の気温は24.8℃、最大風速2.1m/sであった。無人ヘリコプターの薬剤散布時の気温は25.8℃、最大風速2.4m/s

表-2 散布時の気象条件と散布状況（2016 年）

区	散布日	気温 (℃)	風速 (m/s)		風向	散布量 (l/区)	
			平均	最大		目標値	実測値
大型マルチローター区	8 月 15 日	24.8	0.9	2.1	東	0.94	0.96
無人ヘリコプター区	8 月 15 日	25.8	0.5	2.4	北東	0.87	0.97

表-3 散布当日以降の降水量（2016 年）

月 日	8 月							
	15	16	17	18	19	20	21	22
降水量 (mm)	0.5	0	89.0	0	0	0.5	0	47.5

注：降水量はアメダスデータ（大正寺）。

表-4 薬剤の落下分散調査（2016 年）

試験区	設置高	指数（落下粒数/cm ² ）		
		最高値	最低値	平均値
大型マルチローター区	草冠高	25.6	12.8	20.5
	草冠高の 1/2	12.8	6.4	8.3
無人ヘリコプター区	草冠高	12.8	3.2	7.0
	草冠高の 1/2	12.8	1.6	4.8

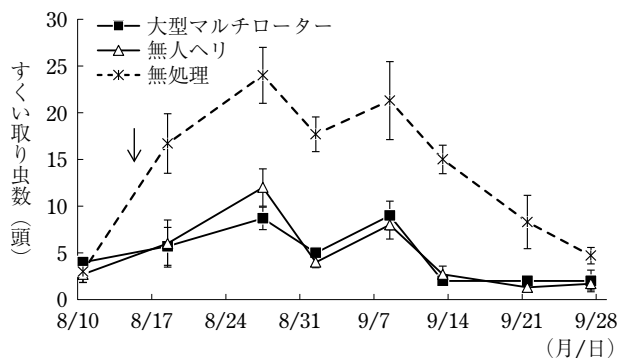


図-3 斑点米カメムシ類の発生推移（2016 年）

- 1) ↓は薬剤散布を示す。
- 2) 図中のバーは標準誤差を示す。

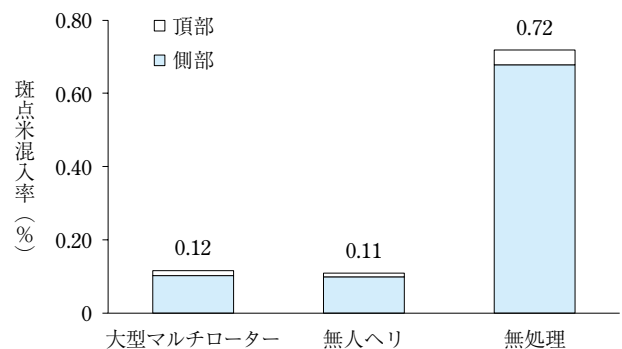


図-4 斑点米調査結果（2016 年）

であり、散布時の気象条件は良好であった。薬剤の散布量は大型マルチローター区ではほぼ目標値通りであったが、無人ヘリコプター区では目標値よりやや多くなった（表-2）。降水量は散布当日に 0.5 mm（散布 16 時間後）、2 日後に 89 mm が記録されており、防除効果にやや影響した可能性があった（表-3）。黒色調査紙による薬剤の落下分散調査において、大型マルチローター区は、無人ヘリコプター区に比べて草冠高およびその約 1/2 の高さともに付着量が多かった（表-4）。

斑点米カメムシ類の調査は、薬剤散布前後に捕虫網によるすくい取り調査（20 回振り）を各区 3 地点で行い、

種類別に虫数を計数した。その結果、アカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメの発生が認められ、両種併せて多発生であったが、薬剤散布後の発生推移は大型マルチローター区と無人ヘリコプター区は、ほぼ同様に無処理区より低く推移した（図-3）。

斑点米は 9 月 27 日に各区 10 株を 3 地点から採取し、加害部位別に調査したが、大型マルチローター区、無人ヘリコプター区および無処理区の斑点米混入率は、それぞれ 0.12%、0.11%、0.72%であり、大型マルチローター区は無人ヘリコプター区と同程度の防除効果が認められた（図-4）。

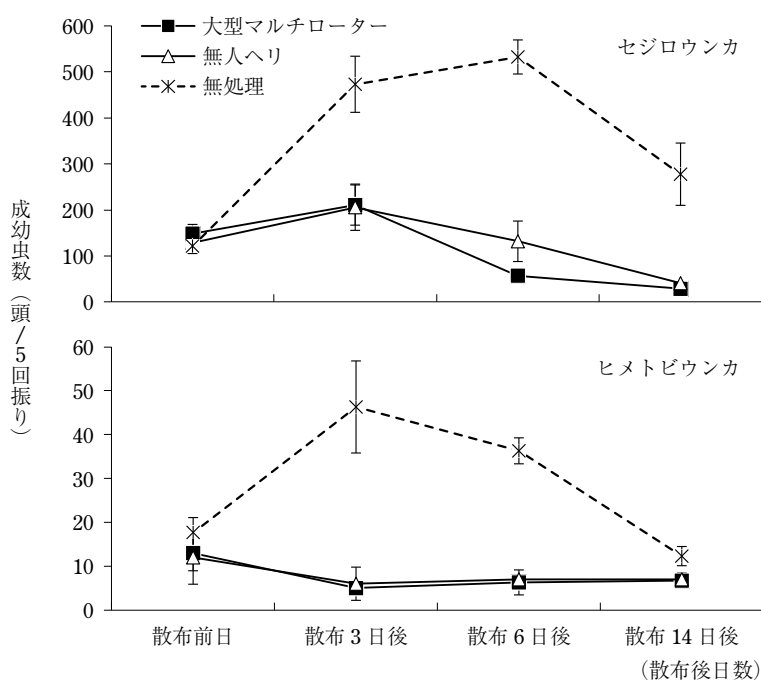


図-5 ウンカ類の発生推移 (2016 年)

1) 図中のバーは標準誤差を示す。

ウンカ類は、薬剤散布前後に捕虫網によるすくい取り調査（5 回振り）を各区 3 地点で行ったが、セジロウンカが多発生、ヒメトビウンカが中発生であった。いずれの種も大型マルチローター区と無人ヘリコプター区の薬剤散布後の発生推移はほぼ同様で、無処理区より低く推移し同等の防除効果が認められた（図-5）。

III 小型マルチローターと大型マルチローターの比較 (2017 年)

2017 年の試験は、秋田県農業試験場内のカルパーコーティング直播栽培圃場で行った。品種「あきたこまち」を 5 月 12 日に条間 30 cm、株間 18 cm で点播した 1 ha 圃場内に、小型マルチローター区、大型マルチローター区、無人ヘリコプター区および無処理区をそれぞれ 6.0 a, 6.0 a, 7.5 a, 6.0 a ずつ設置した（図-1）。8 月 23 日（出穂期 10 日後）にフサライド・ジノテフラン水和剤 4 倍液を 0.8 l/10 a 設定で散布した。薬剤の落下分散状況の調査は 2016 年と同様に行った。散布当日の天候はくもりで、気象計による測定では小型マルチローターの薬剤散布時の気温は 24.4℃、最大風速 0.9 m/s であった。大型マルチローターの薬剤散布時の気温は 24.3℃、最大風速 0.9 m/s、無人ヘリコプターの薬剤散布時の気温は 26.0℃、最大風速 1.5 m/s であり、散布時の気象条件は良好であった（表-5）。薬剤の散布量は大型マルチローター区ではほぼ目標値通りであったが、小型マルチロータ

ー区と無人ヘリコプター区では目標値よりやや多くなった。降水量は散布当日に 1.5 mm（散布 13 時間後）、1, 2 日後にそれぞれ 119 mm, 31 mm が記録されており、防除効果に影響した可能性があった（表-6）。黒色調査紙による薬剤の落下分散調査において、小型マルチローター区と大型マルチローター区は、無人ヘリコプター区に比べて草冠高およびその約 1/2 の高さともに付着が多い傾向にあった（図-6）。

斑点米カメムシ類の調査は 2016 年と同様に行ったが、アカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメの発生が認められ、両種併せて多発生であった。薬剤散布後の発生推移は小型マルチローター区と大型マルチローター区は、ほぼ同様に無人ヘリコプター区より低く推移した（図-7）。

斑点米は 9 月 23 日に各区 10 株を 3 地点から採取し、加害部位別に調査したが、斑点米調査における小型マルチローター区、大型マルチローター区、無人ヘリコプター区および無処理区の斑点米混入率は、それぞれ 0.23%, 0.11%, 0.24%, 0.41% であり、小型マルチローター区は大型マルチローター区より劣るものの無人ヘリコプター区と同程度の防除効果が認められた（図-8）。ただし、全体的に薬剤散布区の斑点米混入率が無処理区と比較して十分に低いとは言えず、散布後の降雨の影響により防除効果が低下したと考えられた。

ウンカ類は薬剤散布前後に 18 × 25 cm の粘着板を用

表-5 散布時の気象条件と散布状況（2017年）

区	散布日	気温 (℃)	風速 (m/s)		風向	散布量 (l/区)	
			平均	最大		目標値	実測値
小型マルチローター区	8月23日	24.4	0.4	0.9	北西	0.48	0.54
大型マルチローター区	8月23日	24.3	0.6	0.9	西北西	0.48	0.46
無人ヘリコプター区	8月23日	26.0	0.9	1.5	北西	0.60	0.83

表-6 散布当日以降の降水量（2017年）

月 日	8月							
	23	24	25	26	27	28	29	30
降水量 (mm)	1.5	119.0	31.0	0	0	0	40.0	0

注：降水量はアメダスデータ（大正寺）。

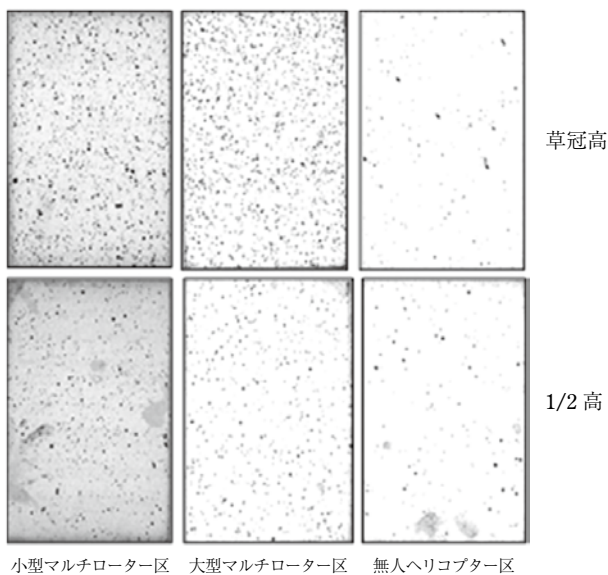


図-6 薬剤の落下分散状況（写真は平均的な付着量のもので、画像を反転処理してある）

いて粘着板法四株叩き式により、各区10株相当の払い落としを2箇所で行ったが、セジロウンカ、ヒメトビウンカともに少発生であった。いずれの種も両マルチローター区と無人ヘリコプター区の薬剤散布後の発生推移はほぼ同様で、無処理区より低く推移し同等の防除効果が認められた（図-9）。

IV マルチローターの農薬散布機としての 実用性と今後の課題

以上のように2か年の限られた条件や限定された機種での試験結果ではあるが、大型、小型を問わずマルチローターを用いた農薬散布は、水稻の主要害虫である斑点米カメムシ類とウンカ類に対して防除効果が認められ、

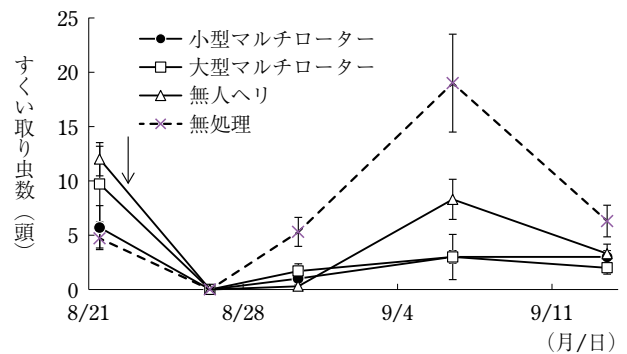


図-7 斑点米カメムシ類の発生推移（2017年）

- 1) ↓は薬剤散布を示す。
- 2) 図中のバーは標準誤差を示す。

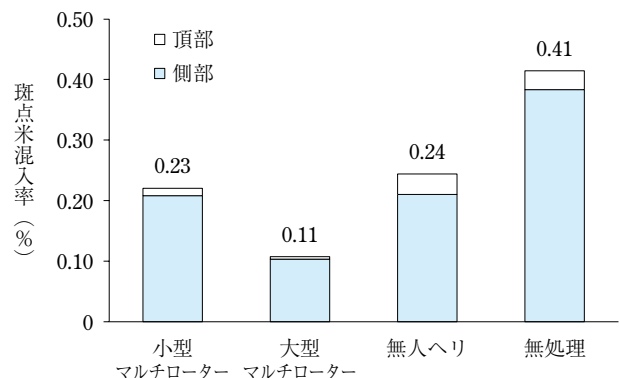


図-8 斑点米調査結果（2017年）

無人ヘリコプターと同等以上であったことから、実用性があると判断された。本試験で使用した薬剤はいもち病防除剤との混合剤であり、同時防除として穂いもちに対する防除効果も期待される。本誌でデータを示すことはできなかったが、マルチローターを用いた農薬散布は2か年とも穂いもちに対して無人ヘリコプターとほぼ同等

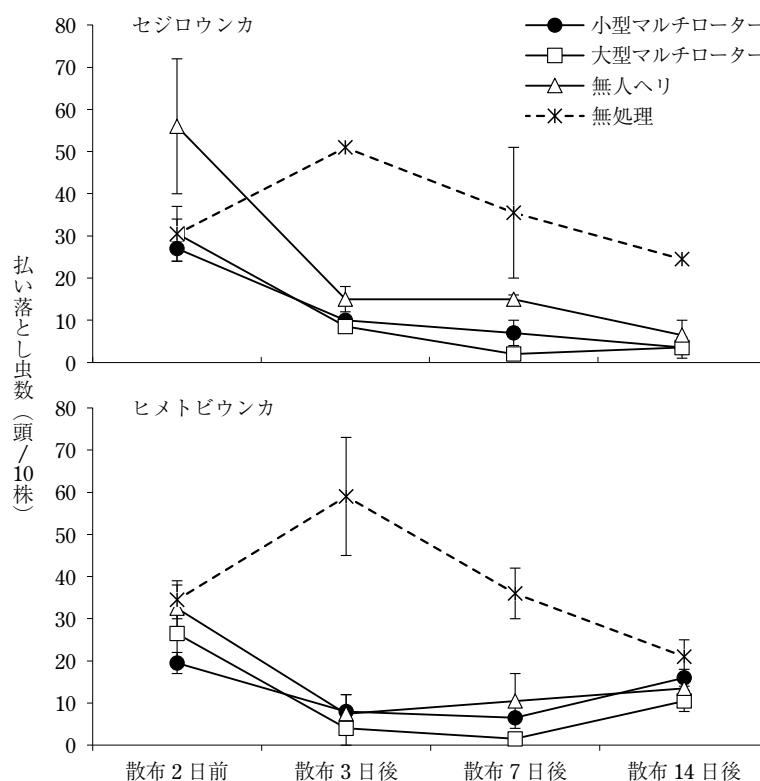


図-9 ウンカ類の払い落とし虫数の推移 (2017 年)

の防除効果であることが確認されており、主要病害虫の同時防除としての実用性もあると考えられる。

本試験では水稻における薬剤の落下分散と防除効果に重点を置いてマルチローターの農薬散布機としての評価をしたが、それ以外にも多くの検討課題があると考えている。まず、作業時間や効率性の問題である。マルチローターは動力源であるバッテリーの容量が 10 分程度であることやタンク容量が 4~10 l であること、一行程の散布幅が狭いこと等の特徴があり (柳, 2017), 実際の作業場面でのバッテリー交換や薬剤補給等に要する時間、散布作業にかかる時間や操作性等の評価が必要である。次に、マルチローターと無人ヘリコプターの最大離陸重量と飛行高度の違いであるが、どちらも薬剤散布において作物体への薬剤の付着に大きく影響すると思われる。すなわち、最大離陸重量はダウンウォッシュの強さに影響し、飛行高度もダウンウォッシュと横風の受けやすさに影響する。マルチローターの飛行諸元における飛行高度は 2 m であり、無人ヘリコプターの約 1/2 で、より作物体の近くから散布できるため、風が弱い条件では薬剤がストレートに作物体に到達することが想定され、これらの解明が必要である。その他、ダイズなどの畑作物における実用性の検証も今後の検討課題である。

おわりに

産業用マルチローターの利用技術に関する研究は緒に付いたばかりであり、今後、様々な角度からの研究の進展が期待される。農薬散布におけるマルチローターの特徴は、単位時間当たり散布可能な面積は小さいものの、静音で、小回りがきくことから無人ヘリコプターでは困難な狭い土地や住宅地周辺、野菜・花きのような小規模栽培の作物への接近散布に適していると考えられ、このような観点からの利用技術の開発も重要である。そのためには、無人ヘリコプターとは別にマルチローター独自の農薬登録や指導指針が必要となり、農林水産省をはじめ関係機関・団体との連携がますます重要になるものと思われる。

引用文献

- 1) 一般社団法人農林水産航空協会 (2015): 産業用無人ヘリコプターによる病害虫防除実施者のための安全対策マニュアル [平成 27 年版], 一般社団法人農林水産航空協会 全国農林航空事業推進協議会, 東京, p.65~66 および p.74~75.
- 2) 農林水産省 (2015): 空中散布等における無人航空機利用技術指導指針, 消安第 4545 号, 消費・安全局長通知.
- 3) 高橋良知・藤井直哉 (2017): 北日本病虫研報 68: 134~139.
- 4) 柳 真一 (2017): 植物防疫 71: 745~748.

 研究
報告

比較ゲノミクスをベースにしたイチゴ炭疽病菌 *Colletotrichum gloeosporioides* 種複合体の解析

国立研究開発法人 理化学研究所 環境資源科学研究センター しら す けん
白 須 賢

はじめに

Colletotrichum gloeosporioides 種複合体に属する *Colletotrichum* 属菌は、炭疽病を引き起こす経済的に重要な病原体を数多く含んでいる。これまで、このグループ内の異なる種は、多遺伝子系統解析でしか区別できなかった。最近になって比較ゲノミクス手法によって、*C. gloeosporioides* 種複合体内の *Colletotrichum fructicola*, *Colletotrichum aenigma* および *Colletotrichum siamense* を PCR 増幅産物の大きさの差異に基づいて区別できるマーカーが開発された。このマーカーを用いて、日本の千葉県イチゴから 20 年以上にわたり収集された 115 の分離株を同定すると、主に *C. fructicola* であった (GAN et al., 2017)。日本のイチゴに感染する *Colletotrichum* 属菌の種を判別することで、イチゴの品種改良、農薬選定、栽培体系に大きく寄与できると考えられる。本稿では、この研究を例に比較ゲノミクス手法を使ったマーカー開発の概要を紹介したい。

I *C. gloeosporioides* 種複合体によるイチゴ炭疽病

子囊菌系の真菌である *Colletotrichum* 属菌は、様々な植物に炭疽病を引き起こす。特に日本のイチゴ栽培において、炭疽病は主要な問題となっている (SUZUKI et al., 2010)。潜在感染した植物の混栽によって、発症した植物が一つでも存在すると圃場全体に感染が広がるため、発病植物の早期発見と分離菌株の正確な同定が重要である。これまで、日本および他の地域においてイチゴ炭疽病が *C. gloeosporioides* の感染に起因していることが報告されていたが、*C. gloeosporioides* 種複合体に属するどの種の菌がイチゴ炭疽病を引き起こすかはよくわかっていなかった (SMITH, 2008 ; SUZUKI et al., 2010)。ただ、PCR 分析によって、遺伝的に区別され得る菌株によって感染が引き起こされることが示されていた (SUZUKI et al., 2010 ; 2012)。

Comparative Genomics-based Analysis of Strawberry Anthracnose Pathogens. By Ken SHIRASU
(キーワード: ゲノム科学, イチゴ炭疽病, *Colletotrichum* 属)

最近になって、分子マーカーを用いた系統解析により、*Colletotrichum* 属の多くの菌種が独立した系統に分類されることが明らかになってきた (CAI et al., 2011)。これらの系統のいくつかは、密接に関連する種複合体として体系的に分類されている (WEIR et al., 2012)。例えば *C. gloeosporioides* 種複合体内の多くの種は、リボゾームの internal transcribed spacer (ITS) 配列や、形態学的特徴および既知の宿主範囲に基づいて、*C. gloeosporioides sensu lato* (広義) として分類されている (HYDE et al., 2009)。しかしながら、このような種複合体内の異なる種は、真菌種の分類に長い間使用されてきた ITS 配列のみでは、区別できないことが示されている (WEIR et al., 2012)。同じ種複合体に属する菌においても、種が異なれば感染戦略は異なる可能性があり、複合体内の種を判別することが重要となる (CAI et al., 2011)。例えば、*Colletotrichum kahawae* は、コーヒーに強く感染できる病原菌であるが、*Colletotrichum asianum*, *C. fructicola* および *C. siamense* はコーヒーにとってはいわゆる日和見病原菌であり、*C. kahawae* と同じレベルの防御対策を必要としないことが知られている (PRIHASTUTI, et al., 2009)。

II イチゴからの炭疽病菌の分離と比較ゲノム解析

千葉県の千葉市、印旛、君津、安房、山武、および海匠地域において、炭疽病を発症したイチゴ (*Fragaria × ananassa*)、あるいは無作為にサンプリングされた健全なイチゴから潜在感染していると思われる菌株を分離すると、これらの分離菌株は、プライマー CgInt およびユニバーサルプライマー ITS4 (MILLS et al., 1992) を用いた解析によって *C. gloeosporioides* 種複合体に属することが示唆された (SUZUKI et al., 2008)。さらに rep-PCR 分析により遺伝的に異なる 3 菌株を判別するとともに、次世代シーケンサーを用いて、全ゲノム配列が決定された (GAN et al., 2013 ; 2017)。この 3 菌株は ACT, CAL, CHS-1, ITS, GAPDH および TUB 配列の多遺伝子系統解析によって、*C. fructicola*, *C. aenigma*, *C. siamense* と同定された (図-1)。

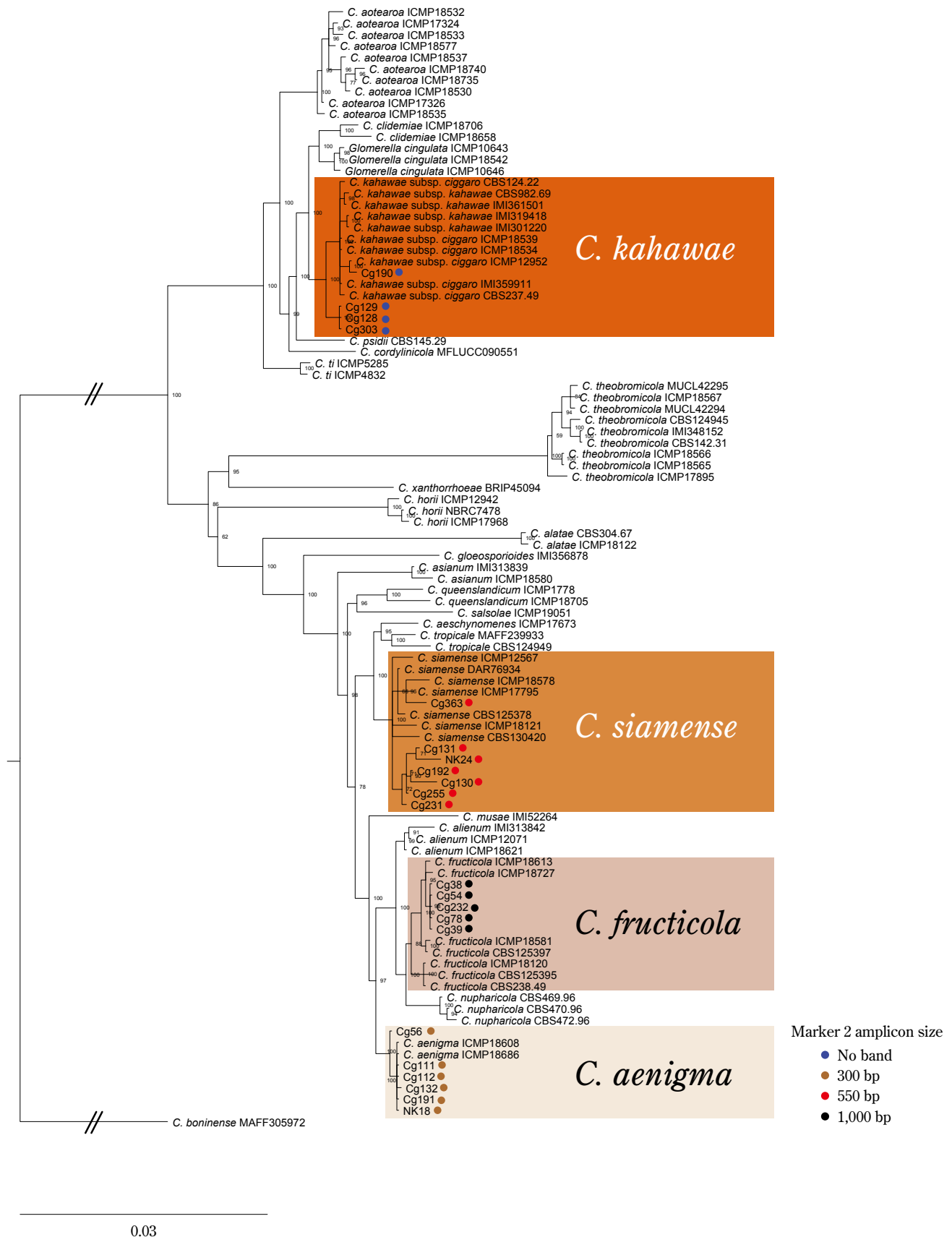


図-1 バイズ推定により選択された *Colletotrichum gloeosporioides* 種複合体の系統樹

アクチン, キチンシンターゼ 1, カルモジュリン, GAPDH および ITS 配列に基づいて推定. 各ノードの数値は, バイズ事後確率値はパーセンテージを表す. バーはサイトごとに予想される変異の数を示す.

通常、全ゲノム配列の比較解析は、ゲノムアセンブリのペアワイズアラインメントができる nucmer プログラムによって行う。またゲノム上の位置情報同士を演算するためのソフトウェアとして bedtools プログラム群を用いると、*C. fructicola*, *C. aenigma* および *C. siamense* のゲノムに存在する保存された領域を同定できる。これら 3 菌株を判別する PCR マーカーを設計するには、PCR プライマーの標的として高度に保存された領域と、隣接しかつ長さが異なる標的領域の両方を同定することが必要である。そこでまず、標的領域として 200 bp ~ 1 kb で 1,365 個のゲノムからなる領域を同定した。次いで、選択した遺伝子座の約 1.5 ~ 4 kb の全ゲノム配列を BLAST 検索し、多型がある二つの遺伝子座を選択し、プライマーを設計した。マーカー領域を含む配列は、GenBank (寄託番号 KX247845-KX247850) で確認できる。

III 1994~2014 年における千葉県産分離株の遺伝子型同定

千葉県のイチゴから得られた *C. gloeosporioides* 種複合体に属する 115 菌株のうち、88 株が強病原性株、27 株は弱病原性株と同定されている (SUZUKI et al., 2008)。比較ゲノミクス法によって開発された PCR マーカーを用いて分離菌株を分析したところ、88 の強病原性株のうち 81 株 (92%) は *C. fructicola* として同定され、残りの 7 株は *C. siamense* として同定された。

一方、27 の弱病原性株のうち 14 株は *C. aenigma* と同定され、8 株は *C. siamense* および 1 株は *C. fructicola* と同定された (図-2)。1994~2014 年の 20 年間、千葉県では *C. fructicola* が主要なイチゴ炭疽病菌であることが明らかになった。

IV 比較ゲノミクス法による種判定マーカー開発の重要性

近年、形態学および宿主範囲に基づく分類が決定的でない可能性があることから、*Colletotrichum* などの植物病原体は分子ベースの技術を用いて再分類する必要性が認識されている (Ko Ko et al., 2011)。特定の種が病原性に関連しているかどうかを調べる研究は非常に重要である。なぜなら、種が異なれば、宿主における抵抗性遺伝子の発現の有無も異なるほか、農薬に対する耐性の度合いも異なる可能性があり、抵抗性品種の育種や農薬の選定などにも大きな影響を与えるからである。

現在は、菌株を異なるグループに分けるためには、ランダム増幅多型 DNA (RAPD) 多型、内部転写スパーサー制限フラグメント長 (ITS-RFLP) 多型または ITS 配列による分類 (SMITH, 2008 ; GAUTAM, 2014) が用いられている。RAPD および ITS-RFLP 多型は分離株間の遺伝的変異の指標を与えるが、特定の多型は特定の種と必ずしも関連していない。さらには、単一のマーカー配列を用いた分類は、*C. gloeosporioides* 種複合体内の異なる

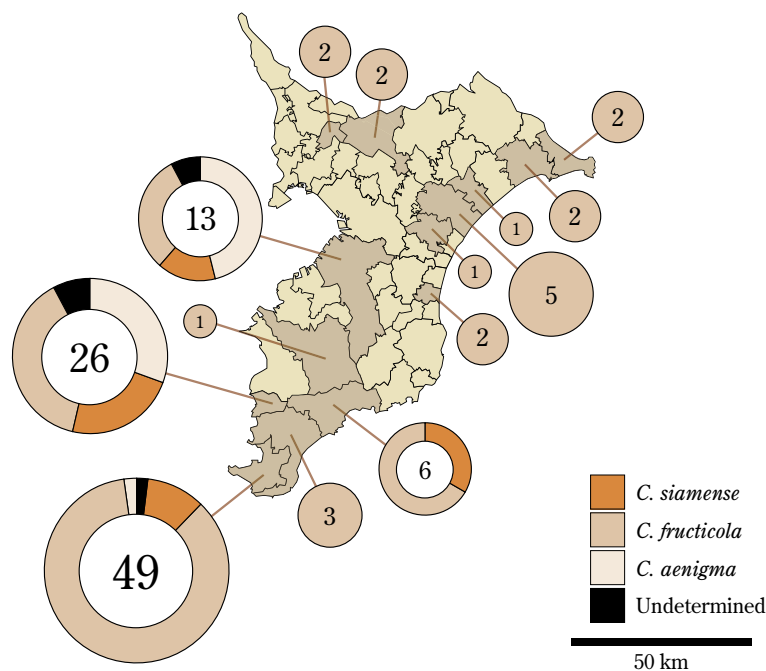


図-2 千葉県におけるイチゴ炭疽病菌の分離と同定
円内の数値は分離された菌の数を表す。

種に属する株を区別するのに不十分であることがわかっている (WEIR et al., 2012)。この研究で開発されたマーカーは精度が高く、他県での解析にも用いられている (HIRAYAMA et al., 2018)。

このマーカーで解析した結果、*C. gloeosporioides* 種複合体内の少なくとも 4 種はイチゴに感染できることを示している。米国でも、*C. gloeosporioides* 種複合体のうち *C. fructicola*, *C. siamense* および *C. theobromicola* (WEIR et al., 2012) が、中国では *C. murrayae*, *C. fructicola* および *C. aenigma* (HAN et al., 2016) 等がイチゴに感染するとの報告がある。私たちの研究では、*C. kahawae* も弱いながらもイチゴに感染できることがわかった。さらに、千葉県では *C. fructicola* が現場での優占種であることが明らかにされたが、*C. fructicola* および *C. siamense* の強病原性および弱病原性の両方が分離され、特定の種が発病と厳密に相関しないこともわかってきた。以上のことはイチゴ炭疽病菌が多様であり、この集団が変化する場合に適應できることを示唆している。

また、*C. gloeosporioides* 種複合体内の異なる種の菌が炭疽病を発症させる例は他の果実でも報告されている。例えば、マンゴー炭疽病は、*C. gloeosporioides* 種複合体のうち *C. asianum*, *C. fructicola*, *C. tropicale*, *C. karstii* および *C. dianesei* によって引き起こされることが明らかにされている (LIMA et al., 2013)。また、最近の報告から、リンゴ炭疽病が *C. fructicola*, *C. siamense*, *C. aenigma*, および *C. kahawae* によるものであることがわかってきたが、興味深いことに、農薬であるベノミル剤や QoI 剤に対する感受性は種によって違っていた

(YOKOSAWA et al., 2017)。このことから迅速な種の同定が農薬の選定に非常に重要であることが示唆された。また、この多犯性の *C. gloeosporioides* 種複合体の系統解析を行うことで、感染経路も明らかになってきている (HIRAYAMA et al., 2018)。イチゴ圃場近くの栽培体系および雑草管理のあり方にも重要な情報となる可能性が高い。

おわりに

比較ゲノミクス法は、種判別用のマーカーや、他の特徴的な形質 (病原性の強弱) を開発するために実用的な戦略であると考えられる。この戦略は *C. gloeosporioides* 種複合体に限らず、他の病原体にも有効であると考えられる。早急に日本における植物病原体すべての全ゲノム配列の決定を行い分子疫学的データベースを構築し、比較ゲノミクス解析を推進する必要がある。

引用文献

- 1) CAI, L. et al. (2011): Fungal Divers 50: 121~133.
- 2) GAN, P. et al. (2013): New Phytol. 197: 1236~1249.
- 3) ——— et al. (2017): J. Gen. Plant Path. 83: 14~22.
- 4) GAUTAM, A. K. (2014): J. Plant Physiol Pathol 2: 2.
- 5) HAN, Y. C. et al. (2016): China Plant Dis 100: 996~1006.
- 6) HIRAYAMA, Y. et al. (2018): J. Gen. Plant Path. 84: 12~19.
- 7) HYDE, K. et al. (2009): Fungal Divers 39: 147~182.
- 8) KO KO, T. W. et al. (2011): ibid. 50: 113~120.
- 9) LIMA, N. B. et al. (2013): ibid. 61: 75~88.
- 10) MILLS, P. R. et al. (1992): FEMS Microbiol Lett 98: 137~143.
- 11) PRIHASTUTI, H. et al. (2009): Fungal Divers 39: 89.
- 12) SMITH, B. J. (2008): HortScience 43: 69~73.
- 13) SUZUKI, T. et al. (2008): Jpn. J. Phytopathol 74: 198.
- 14) ——— et al. (2010): J. Gen. Plant Pathol 76: 247~253.
- 15) ——— et al. (2012): Jpn. J. Phytopathol 78: 184.
- 16) WEIR, B. S. et al. (2012): Stud. Mycol. 73: 115~180.
- 17) YOKOSAWA, S. et al. (2017): J. Gen. Plant Path. 83: 291~298.

研究報告

イチゴ新品種‘恋みのり’が有する炭疽病抵抗性 —*Colletotrichum gloeosporioides* 種複合体の菌種による差異の一例—

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
九州沖縄農業研究センター園芸研究領域

えん
遠

どう ひかわ み の り
藤(飛川)みのり

はじめに

Colletotrichum gloeosporioides 種複合体によるイチゴ炭疽病は、イチゴ栽培において苗立ち枯れなどにより甚大な被害をもたらす最重要病害の一つである。多犯性である *Colletotrichum* 属および炭疽病の存在は従来よく知られてきたが、分子系統解析などを用いた近年のさらなる研究により、本属は種複合体であることが明らかになった。現在、*C. gloeosporioides* 種複合体のみならず *Colletotrichum* 属全体において、系統解析に基づいた再分類や、再分類後の種分割における病原性等の特性解明が進められている。再分類などの先行研究に関しては、佐藤・森脇（2013 a ; 2013 b）等の解説記事を参照されたい。我が国において *C. gloeosporioides* 種複合体のうちイチゴ炭疽病の病原菌として知られるのは、主に *C. fructicola*・*C. siamense*・*C. aenigma* である。それぞれの種の全国的な分布や種構成は不明であるが、主要なイチゴ生産県の一つである長崎県内においてイチゴ炭疽病発病株を調査したところ、*C. fructicola* が優占したとの報告がある（江頭ら，2017）。

一方、*Colletotrichum* 属の再分類が進む一方で、宿主における抵抗性の再評価は遅れている。すなわち、イチゴ品種の炭疽病抵抗性は、いまだに *C. gloeosporioides* 種複合体を区別することなく評価されている。これまでに‘宝交早生’や‘Dover’・‘いちご中間母本農2号’といった抵抗性品種が知られ、‘いちご中間母本農2号’等、一部の品種に由来する炭疽病抵抗性連鎖マーカーが開発されたが（飯村ら，2012；榎ら，2017），これらの品種が持つ抵抗性およびマーカーが *C. gloeosporioides* 種複合体のうちいずれの種に対するものなのかは明らかではない。*C. gloeosporioides* 種複合体は種により薬剤耐性の獲得程度にも差異があることが疑われるため、イチゴ炭疽病に対し厳密かつ効果的な対策を講じるためには、イチゴ品

種が持つ抵抗性を菌種別に再評価する必要があると考えられる。ただし、我が国では公設研究機関や民間企業、あるいは個人育種家等により交雑育種がさかんに行われた結果、公的に品種登録されたものだけでも300を超えるイチゴ品種が存在している。このうちどの程度の品種が炭疽病に抵抗性を有するかは不明だが、大量に存在するイチゴ品種の抵抗性を一つ一つ客観的に再評価することは容易ではない。特徴的な抵抗性を有するいくつかの主要品種を明らかにし、接種試験などにより比較検討する、あるいは系譜に基づいて再分類したり、遺伝的類縁関係によって選抜されたコアコレクション（WADA et al., 2017）を用いるなどの手段が有効であると考えられる。

農研機構九州沖縄農業研究センターでは、2016年に新品種‘恋みのり’を品種登録出願（品種登録出願第31470号）した。本品種は多収性や省力栽培性、果実の日持ち性等に特徴を有する有望品種であり、九州を中心に急速に普及が進みつつある。近年、本品種は *C. gloeosporioides* 種複合体に対し、菌種により抵抗性に差異を有することが初めて明らかになった。本稿では本品種の育成経過とともに、*C. gloeosporioides* 種複合体の種による抵抗性の差異について、現在得られている知見や今後の展望を紹介する。

I イチゴ新品種‘恋みのり’

1 育成経過の概要

‘恋みのり’は農研機構九州沖縄農業研究センターにおいて久留米48号・‘さつまおとめ’・‘さがほのか’・‘熊研い548’（ひのしずく）の多元交配により2016年に育成されたイチゴ新品種である（図-1）。交配に用いた系統・

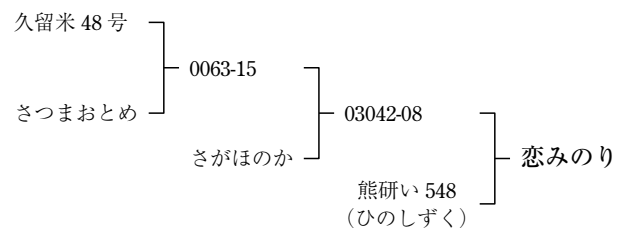


図-1 イチゴ新品種‘恋みのり’の系譜図

Resistance to Strawberry Anthracnose of New Cultivar ‘Koiminori’.
By Minoru HIKAWA-ENDO
(キーワード：育種, *Colletotrichum fructicola*, *Colletotrichum siamense*)

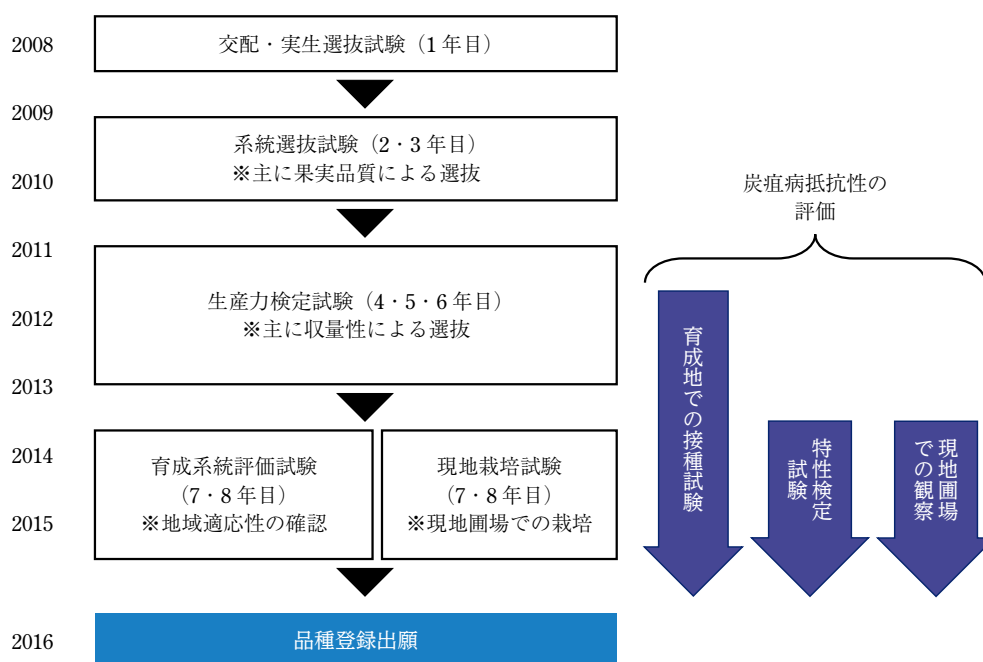


図-2 ‘恋みのり’の育成経過

品種のうち久留米48号は炭疽病に抵抗性であるが、ほかは無病性である。ただし、久留米48号が炭疽病抵抗性連鎖マーカーIA200826およびIA202631（榎ら、2015）を有するのに対し、‘恋みのり’は両マーカーを有さないことから、久留米48号が持つ抵抗性を受け継いでいない可能性が示唆される。

本品種は2008年の実生選抜以来、センター内における6年間の選抜過程を経たのち、全国の公設試験場で行う育成系統評価試験に2年間供試された結果、形質の優良性や新規性が認められたことから品種登録出願された。通常、イチゴの育種過程においてどの段階から炭疽病抵抗性を評価するかは状況により異なるが、‘恋みのり’の選抜過程では、省力栽培の観点から炭疽病抵抗性を始めとする複合病害抵抗性を重視した結果、4年目よりセル苗を用いた炭疽病接種試験を、7年目より育成系統評価試験内の特性検定試験としてポット苗を用いた炭疽病接種試験を行った。さらに、育成系統評価試験と同時期に、九州内の数箇所の現地圃場において現地栽培試験を行い、現地圃場における炭疽病の発生程度を観察した（図-2）。

2 選抜過程における炭疽病接種試験

2012～15年にかけて行った接種試験計4回の概要を以下に示す。試験には各年の春に50穴セルトレーに挿し苗で採苗した‘恋みのり’および、年次によるが対照品種として‘宝交早生’・‘Dover’（強度の抵抗性）・‘とよのか’（中度の抵抗性）・‘さちのか’（罹病性）を供試した。

また、炭疽病菌は *C. siamense* GC-7s（MAFF744106；2012～16年）・NM-1（2015年のみ）を使用した。接種方法は沖村ら（2004）に準じ、夏季のビニルハウス内において分生子の懸濁液（ $2.3 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^6$ 個/ml、10～20 ml/株）を1反復につき10株、2反復に噴霧接種した。接種後は炭疽病菌の感染を促すため、一晩の間ハウスを高温多湿に保ったのち、28日後まで7日ごとに小葉における病斑発病度（0：無病徴、1：1 mm以下の微小病斑、2：1～5 mmの病斑、3：5～10 mmの病斑、4：10 mm以上の病斑）、葉柄発病度（0：無病徴、1：1 mm以下の微小病斑、2：1～3 mmの病斑、3：3 mm以上の病斑、4：病斑拡大による葉柄折損）、枯死株率を調査した。接種において主に *C. siamense* GC-7s を利用した理由は、九州で分離された菌株であり、イチゴに強い病原性を示すことが確認されていたため、接種試験に必要な分生子を安定的に形成するためである。

すべての試験を通じ、‘恋みのり’は *C. siamense* に対し安定した抵抗性を示した。小葉、葉柄ともに病徴はわずかであり、枯死株率も‘Dover’あるいは‘宝交早生’並みに低かった（表-1、図-3）。

3 育成系統評価試験における炭疽病接種試験

上述の通り育成の初期段階において *C. siamense* に対し抵抗性を有すると考えられた‘恋みのり’であったが、育成後期に差し掛かり、育成系統評価試験にて異なる菌株の分生子を接種したところ、それまでとは異なる抵抗性が認められるようになった。現在、育成系統評価試験

表-1 九州沖縄農業研究センターにおいて実施した‘恋みのり’に対する *Colletotrichum siamense* 接種試験の結果

菌株	試験年	品種名	病斑 発病度	葉柄部 発病度	枯死株 率 (%)
<i>Colletotrichum siamense</i> GC-7s MAFF744106	2012 年 ^{a)} (8/22 接種, 9/19 調査)	恋みのり	1.7	1.6	3
		宝交早生	3.5	2.7	0
		Dover	1.2	0.7	0
		とよのか さちのか	— 2.2	— 2.7	— 27
	2014 年 ^{b)} (7/25 接種, 8/22 調査)	恋みのり	0.4	0.5	6
		宝交早生	—	—	—
		Dover	0.5	0.6	0
		とよのか さちのか	1.1 2.0	1.1 2.5	0 47
	2015 年 ^{c)} (7/28 接種, 8/24 調査)	恋みのり	2.1	1.4	5
		宝交早生	1.9	1.6	0
		Dover	2.3	1.6	0
		とよのか さちのか	1.8 2.4	1.6 3.0	5 10
<i>Colletotrichum siamense</i> NM-1	2014 年 ^{d)} (7/6 接種, 8/3 調査)	恋みのり	0.6	0.8	0
		宝交早生	1.3	1.9	17
		Dover	0.5	1.4	5
		とよのか さちのか	1.0 2.6	1.1 2.9	5 53

a) 分生子懸濁液 2.3×10^4 個/ml を 20 ml/株噴霧接種。b) 分生子懸濁液 2.0×10^5 個/ml を 10 ml/株噴霧接種。c) 分生子懸濁液 5.0×10^5 個/ml を 11 ml/株噴霧接種。d) 分生子懸濁液 5.0×10^5 個/ml を 10 ml/株噴霧接種。

におけるイチゴの病害抵抗性の評価試験は、奈良県農業研究開発センターに担当していただいている。2014～15 年にかけて行っていた炭疽病接種試験では、9 cm 径のポットで育苗した‘恋みのり’および対照品種として‘宝交早生’・‘Dover’・‘とよのか’・‘女峰’（罹病性）を供試し、センターが保有する *C. fructicola* Nara gc-5 MAFF 245243 の分生子懸濁液を噴霧接種していただいた。試験の結果、‘恋みのり’は2か年を通じ罹病性である‘女峰’に比べ葉柄発病度および枯死株率が同程度あるいは高く、*C. fructicola* に対し罹病性を示した（データ省略）。

4 現地栽培試験における炭疽病の発生と炭疽病菌の分離

このほか、現地栽培試験を依頼した福岡県八女郡広川町の現地圃場や、熊本県宇城市の現地圃場においても、育苗中などに苗の一部に炭疽病と見られる立ち枯れ症状が認められた。そこで、2016 年 3 月 16 日に前者の圃場の育苗ベンチに置かれていた‘恋みのり’萎凋株から炭疽病菌の分離を試みたところ、葉柄および葉身から合計 4 菌株（c-1-1・c-2-1・m-1-1・m-2-1）が単離された。単離した菌株より CTAB 法で DNA を抽出し、ITS 領域および ApMat 領域の塩基配列を解読したところ、いず

図-3 *Colletotrichum siamense* 接種後 28 日目における‘恋みのり’ (A) および‘さちのか’ (B)

れの菌株も *C. fructicola* と同定された（表-2）。

以上より、‘恋みのり’は *C. gloeosporioides* 種複合体のうち、*C. siamense* に対しては抵抗性であるが、*C. fructicola* に対しては罹病性であることが予想された。

II 再接種試験

‘恋みのり’の炭疽病抵抗性をより明確にするため、*C.*

表-2 現地圃場の‘恋みのり’より分離された炭疽病菌の同定結果

菌株	種名	解読領域	
		ITS	ApMat
c-1-1	<i>Colletotrichum fructicola</i>	3 substitutions 1 indel	77 substitutions 4 indels
c-2-1			
m-1-1			
m-2-1			
Nara gc-5 MAFF 245243	<i>Colletotrichum siamense</i>		
GC-7s MAFF 744106			

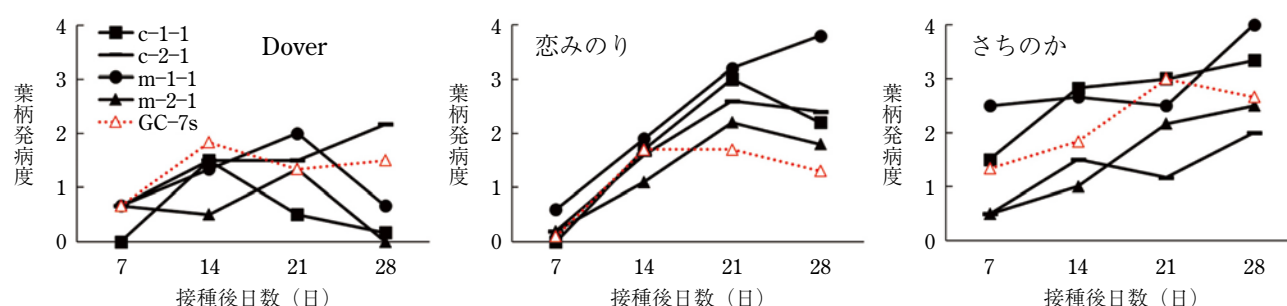


図-4 ‘Dover’・‘恋みのり’・‘さちのか’における葉柄発病度の推移

表-3 接種28日後における‘恋みのり’などの発病度

評価指標	品種	<i>Colletotrichum fructicola</i>				<i>Colletotrichum siamense</i>
		c-1-1	c-2-1	m-1-1	m-2-1	GC-7s
病斑発病度	Dover	0.0	0.7	0.0	0.7	0.3
	恋みのり	0.0	0.9	2.4	1.2	0.5
	さちのか	3.3	3.2	2.7	1.3	2.0
葉柄発病度	Dover	0.2	2.2	0.7	0.0	1.5
	恋みのり	2.2	2.4	3.8	1.8	1.3
	さちのか	3.3	2.0	4.0	2.5	2.7
枯死株率 (%)	Dover	0	17	0	0	0
	恋みのり	0	20	60	30	20
	さちのか	83	50	67	33	50

siamense および *C. fructicola* を同時に用いて発病の再現を試みた。2017年春に‘恋みのり’および‘Dover’・‘さちのか’を50穴セルトレーに挿し苗で採苗し、7月14日に *C. siamense* GC-7s および *C. fructicola* c-1-1・c-2-1・m-1-1・m-2-1の孢子懸濁液 (5.0×10^5 個/ml) を、それぞれ10 ml/株ずつ噴霧接種した。調査方法はI-2に準じた。

接種試験の結果、‘恋みのり’は *C. siamense* GC-7s に対し抵抗性を示したが、*C. fructicola* m-1-1 などに対しては罹病性を示した。m-1-1を接種した場合、‘恋みのり’

は14日目ころより病徴を呈し、21日目以降に大型病斑や病斑拡大による葉柄の折損が目立った(図-4)。また、28日目における枯死株率は60%に達し、罹病性である‘さちのか’並みであった(表-3)。一方、‘Dover’はいずれの菌株に対しても抵抗性を、‘さちのか’は罹病性を示した。以上より、イチゴは品種により *C. gloeosporioides* 種複合体の菌種ごとに異なる抵抗性を示す場合があることが明らかになり、‘恋みのり’は‘Dover’と異なり *C. siamense* のみを対象とする新たな炭疽病抵抗性を有することが示唆された。現在、本結果について年次間や菌株

等の差異による安定性を検討しているが、‘恋みのり’は菌株や年次を問わず *C. siamense* に対し抵抗性を示すことが観察される一方で、*C. fructicola* に対しては菌株によって反応が異なり、激しい発病も観察されている。イチゴは品種により、*C. gloeosporioides* 種複合体の菌種ごとに異なる抵抗性を有し、*C. fructicola* においては菌株により抵抗性が打破されやすいことも考えられる。イチゴが有する *C. gloeosporioides* 種複合体抵抗性に関する正確な理解には、今後さらなる研究が必要である。

おわりに

イチゴにおいて、*C. gloeosporioides* 種複合体の菌種および菌株ごとに異なる抵抗性程度が認められたことから、農研機構九州沖縄農業研究センターでは、現在、‘恋みのり’が有する *C. siamense* 抵抗性に関する研究を進めている。たとえば、*C. siamense* 抵抗性品種である‘恋みのり’および *C. siamense* 罹病性品種の後代実生を用いた抵抗性遺伝子マーカーの作成を急ぎ、遺伝学的手法により、*C. siamense* 抵抗性遺伝子および *C. fructicola* 抵抗性遺伝子の区別を試みているほか、両抵抗性遺伝子の集積効果の検討等を行っている。冒頭でも述べた通り、イチゴ炭疽病はイチゴ栽培における最重要病害の一つであり、抵抗性品種の開発が全国的に望まれている。さらに炭疽病抵抗性はイチゴの品種登録や稚苗の販売等においても重要なため、研究者のみならず生産者や種苗会社等も注目する重要な形質である。多様な *C. gloeosporioides* 種複合体に対し安定的な抵抗性を有する品種を開発、普及するため、抵抗性についてさらなる知見を収集し、抵抗性品種の開発を可能にするマーカー情報の整備や、接種試験用菌株の選定等を行う必要があると考えられる。

現在、イチゴの炭疽病抵抗性は *C. gloeosporioides* 種複合体を区別して検討されることはほとんどない。しかし、それぞれのイチゴ品種について菌種別に炭疽病抵抗性を逐一述べるべきかは、今後さらなる検討を要するところである。少なくとも‘恋みのり’のように菌種により異なる抵抗性を有する品種においては、利用者に誤解を招かないとともに的確な防除が行えるよう、抵抗性に関する様々なデータの蓄積を図り、正確な情報を公開する必要があると考えられる。現に、‘恋みのり’に感染する *C. fructicola* は、既に薬剤耐性を獲得し、一部の県では優占するとの報告がある（江頭ら、2017）ことから、普及に際しては十分な防除を行うよう指導を進めているところである。さらに、本稿では触れなかったが、*C. gloeosporioides* 種複合体にはイチゴに病原性を有する種として *C. aenigma* などが含まれる。今後はこれらの種も含めた検討も必要であろう。

なお、本稿で紹介した研究成果の一部は、JSPS 科研費 JP16K18638 の助成で実施した。また、‘恋みのり’育成における育成系統評価試験および現地栽培試験では、奈良県農業研究開発センターを始めとする試験場所、生産者の皆様にご協力いただいた。記して深く謝意を表す。

引用文献

- 1) 榎 宏征ら (2015): 特開 2015-70833.
- 2) ————ら (2017): 同上 6253132 号.
- 3) 江頭桃子ら (2017): 九病虫研報 **63**: 121.
- 4) 飯村一成ら (2012): 育種学研究 **15**: 90~97.
- 5) 沖村 誠ら (2004): 園学研 **3**(3): 257~260.
- 6) 佐藤豊三・森脇文治 (2013 a): 植物防疫 **67**(2): 113~120.
- 7) ———— (2013 b): 同上 **67**(7): 367~372.
- 8) WADA, T. (2017): The Horticulture Journal **86**: 365~378.

登録が失効した農薬 (30.2.1~2.28)

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

19527：家庭園芸用ホクコーダイアジノン粒剤3（北興化学工業）18/2/7

「殺菌剤」

●プロベナゾール粉粒剤

19540：ホクコーオリゼメートパック（北興化学工業）18/2/10

●チオファネートメチル粉剤

12796：トップジン M 粉剤（日本曹達）18/2/14

12800：ヤシマトップジン M 粉剤（協友アグリ）18/2/14

●イソプロチオラン・ピロキロン粒剤

15951：フジトップ粒剤（日本農薬）18/2/21

●フルスルファミド粉剤

19547：ザ・つまごい（三井化学アグロ）18/2/26

（32 ページに続く）

 研究
報告

宮城県におけるクモヘリカメムシの発生消長と分布地域

宮城県古川農業試験場 作物保護部 おお え たか ほ
大 江 高 穂

はじめに

クモヘリカメムシ (*Leptocorisa chinensis*) は、斑点米カメムシ類の 1 種で、イネ籾の吸汁加害によって斑点米による落等被害を発生させ、多発生時には青立ち症状を引き起こすことが知られている (藤田ら, 2000; 横須賀, 2001)。また、本種の分布地域は宮城県南部が太平洋側の北限であるとされている (藤崎, 1982)。

宮城県における斑点米カメムシ類の主要種として、アカスジカスミカメ (*Stenotus rubrovittatus*)、アカヒゲホソミドリカスミカメ (*Trigonotylus caelestialium*)、フタトゲムギカスミカメ (*Stenodema calcarata*)、ホソハリカメムシ (*Cletus punctiger*)、クモヘリカメムシの 5 種があげられるが、この中で最も重要な種はアカスジカスミカメである (永野ら, 1992)。そのため、本県ではこれまでアカスジカスミカメについて多くの研究がなされてきたが、それ以外の主要種の発生生態についての研究はあまり進んでおらず、特にクモヘリカメムシの発生生態についてはほとんど調査されてこなかった。そうした中で近年、地球温暖化の影響によるクモヘリカメムシの分布域の拡大が懸念されており、クモヘリカメムシの発生が今後県内で問題となったときに防除対策を検討するための基礎的なデータを蓄積する必要がある。

そこで、2014~16 年にかけて宮城県南部での休耕地と水田における定期的なすくい取り調査や、フェロモントラップとメッシュ農業気象データを利用した発生地点と気象要因との解析によって、本種の発生時期や年間発生回数、分布地域について明らかにしたので紹介する。なお、本報の一部は既に発表済みであり (大江ら, 2017 a; 2017 b)、北日本病害虫研究会には一部改変して転載する承諾をいただいた。

I 休耕地における発生消長

クモヘリカメムシは出穂後のイネ科雑草を選好することが知られており、寄主植物としてイヌビエ (*Echinochloa crus-galli*)、メヒシバ (*Digitaria ciliaris*)、エノコログサ (*Setaria viridis*) 等があげられる (永井・野中, 1976)。クモヘリカメムシの防除対策を考えるうえで水田周辺の発生源での発生時期や発生回数を知ることは極めて重要である。そこでノビエ (*Echinochloa* sp.) の繁茂した休耕地を対象に、2015~16 年にかけてすくい取りによる成虫・幼虫捕獲数の推移および解剖による雌成虫の卵巣発育状況の調査によってクモヘリカメムシの発生消長を調査した。その結果、宮城県ではクモヘリカメムシは休耕地において越冬世代侵入後に 2 世代経過あるいは第 1 世代成虫の侵入後に 1 世代経過しており、クモヘリカメムシは年 2 回発生することを確認した。各世代の発生時期について、8 月下旬~9 月上旬に発生盛期となった成虫は第 1 世代成虫、10 月以降に発生した成虫は第 2 世代成虫であると考えられた (図-1, 図-2)。

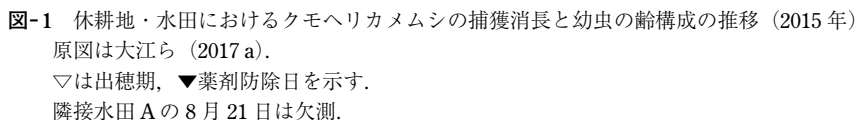
クモヘリカメムシの年間発生回数は近畿地方以西では年 2~3 回 (長谷川ら, 1976; 岩田・葭原, 1976)、茨城県では年 1~2 回 (横須賀, 2001; 竹内ら, 2005)、福島県では主に年 1 回 (松木ら, 2010) と報告されている。福島県よりも北部に位置する宮城県で年 2 回発生した理由としては以下の要因が考えられる。横須賀 (2001) は茨城県におけるクモヘリカメムシの発生回数について夏の気温が平年よりも高い場合年 2 回発生し、平年並みの場合年 1 回発生すると報告しているが、今回調査した 2015~16 年は両年とも調査期間中の気温は平年並み~高く推移したため、茨城同様年 2 回発生したと考えられた。そのため、夏の気温が平年並みや低く推移した場合は宮城県でも年 1 回の発生となる可能性があり、年間発生回数の変動について今後さらなる調査が必要である。

II 水田における発生消長

次に上記の調査と同じ地域で水田内へのクモヘリカメムシの侵入時期と発生消長を調査した結果、宮城県の主

Seasonal Occurrence of *Leptocorisa chinensis* Dallas and Its Distribution Area in Miyagi Prefecture. By Takaho Oe

(キーワード: クモヘリカメムシ, 分布地域, 北限, 斑点米カメムシ類, 発生消長)



これは晩生品種の作付けや直播栽培のように出穂時期が遅い栽培体系を導入した場合、周辺の雑草地や水田で

III 発生地域の推移

28

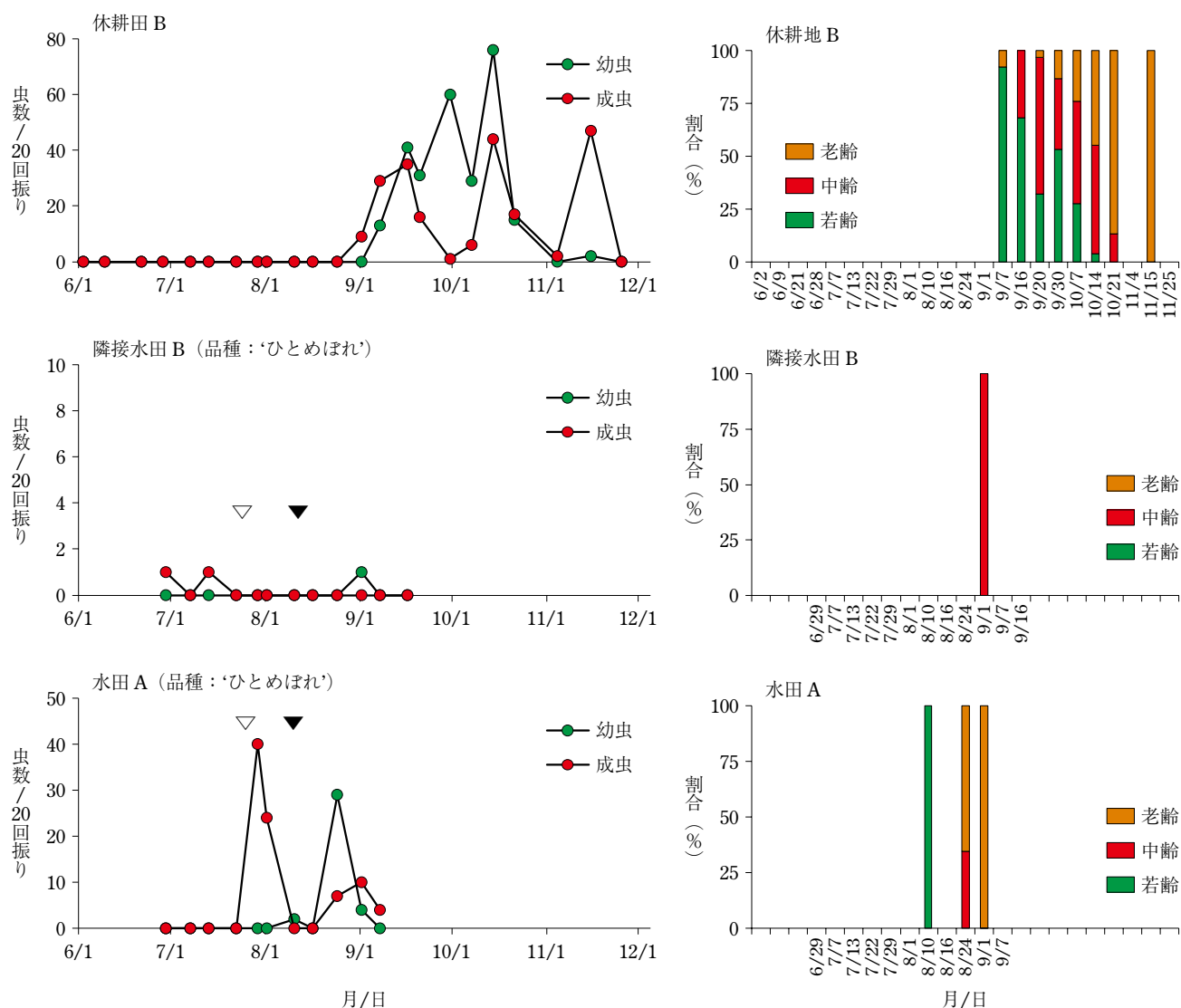


図-2 休耕地・水田におけるクモヘリカメムシの捕獲消長と幼虫の齢構成の推移（2016年）
 原図は大江ら（2017 a）.
 ▽は出穂期，▼薬剤防除日を示す。

本種は1974～77年（以下1970年代）に実施された県内全域を対象にした斑点米カメムシ類の発生実態調査では県南部の阿武隈川と白石川より南での生息が確認されたが（藤崎，1982），その後1987～88，1991年（以下1980年代）に同様に行われた調査では発生は確認されなかった（永野ら，1992）。この後しばらくは病害虫防除所の巡回調査でクモヘリカメムシが捕獲されることはなかったが，1998年に県南部の丸森町と山元町で再び捕獲されるようになった（永野・梅津，1999）。翌年1999年には発生地域が県南部のさらに広域に広がっている（永野，2000）。これ以降2013年まで病害虫防除所の巡回調査において県南部での発生が引き続き確認されている状況である（菊地ら，2004；田渕ら，2015）。これを再整理するとクモヘリカメムシは1970年代に県南

部に生息していたが1980年代に発生が確認されなくなり，1998年に再び確認されるようになってから現在まで県南部で発生を続けているものと考えられる。

IV 分布地域の推定

2014～16年にかけて県内各地にフェロモントラップを設置し，越冬世代成虫の発生の有無を調査した（図-5）。この発生の有無とメッシュ農業気象データ（大野，2014）から得られたトラップ設置地点ごとの気象要因との解析によって，2月上旬の平均最高気温が4.7℃を超える地域で翌夏のクモヘリカメムシの発生確率が高くなることがわかった（大江ら，2017 b）。これは最寒月の最高気温がクモヘリカメムシ成虫の越冬の可否に影響を与えるためだと考えられ，2月上旬の平均最高気温が4.7

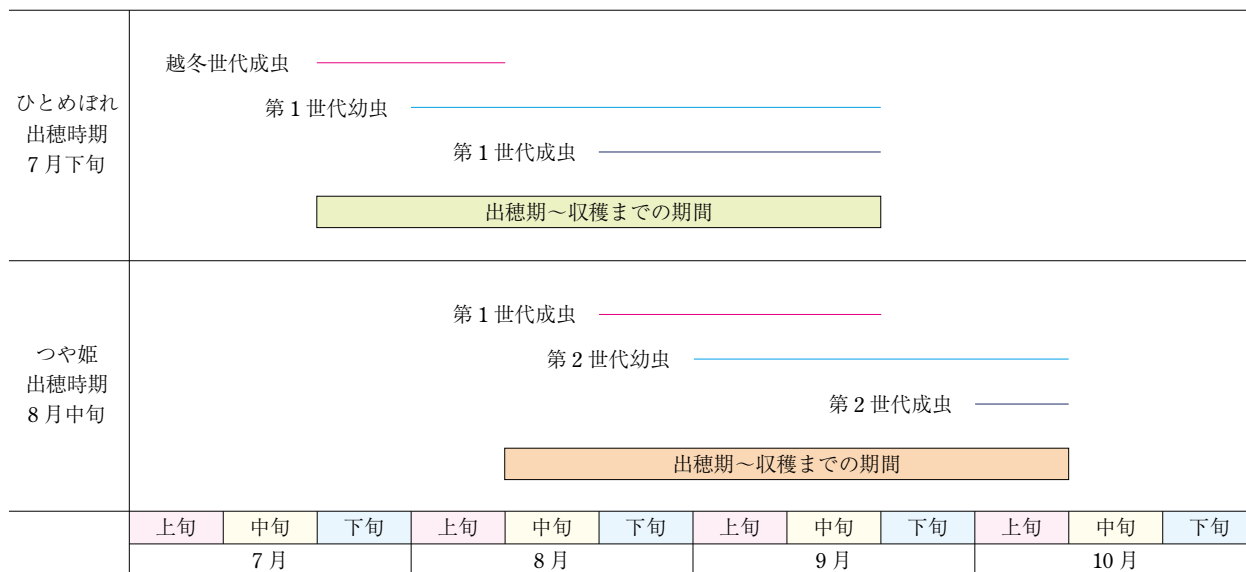


図-3 宮城県の水稲におけるクモヘリカメムシの発生活長の模式図
上段は中生品種‘ひとめぼれ’、下段は晩生品種‘つや姫’での発生活長。

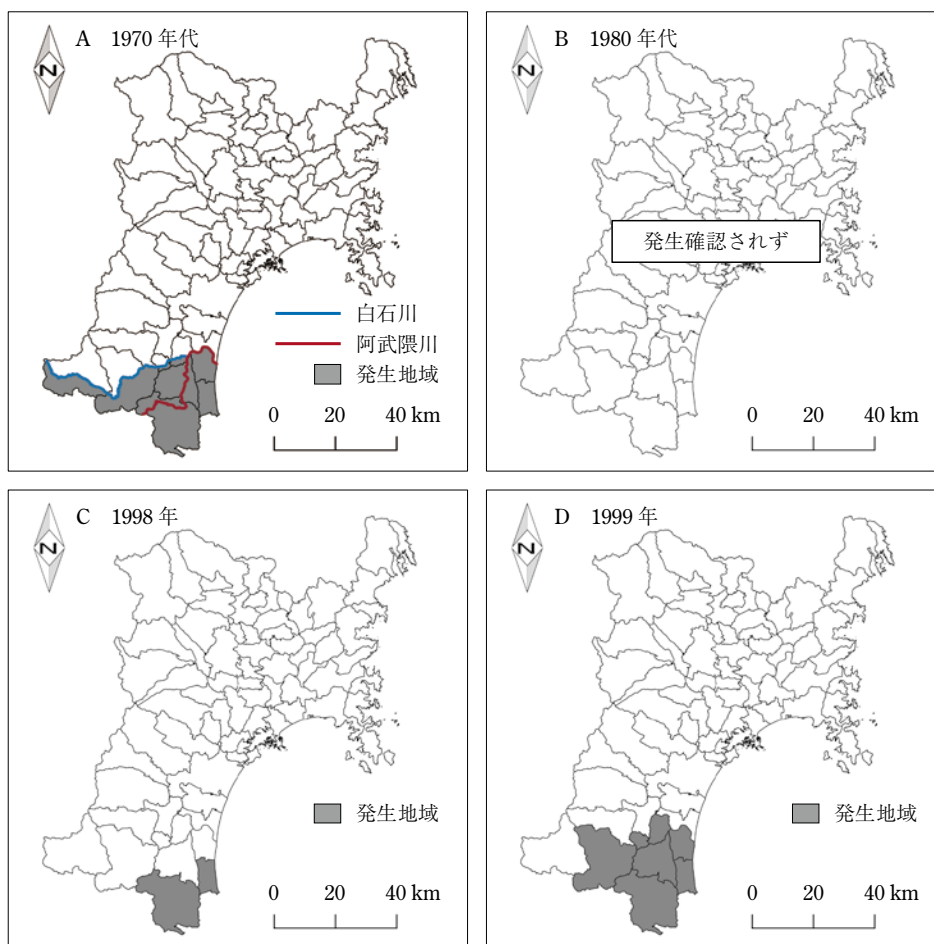


図-4 宮城県におけるクモヘリカメムシの発生地域の推移
それぞれの図はA：藤崎（1982）、B：永野ら（1992）、C：永野・梅津（1999）、D：永野（2000）のデータを基に作図した。
地図上の境界線はAは1970年、B～Dは1985年の市区町村境界を示す。
Aは白石川・阿武隈川以南を、CとDは発生が確認された市区町村を発生地域としたが、発生地域全体でクモヘリカメムシの発生が確認されているわけではない。

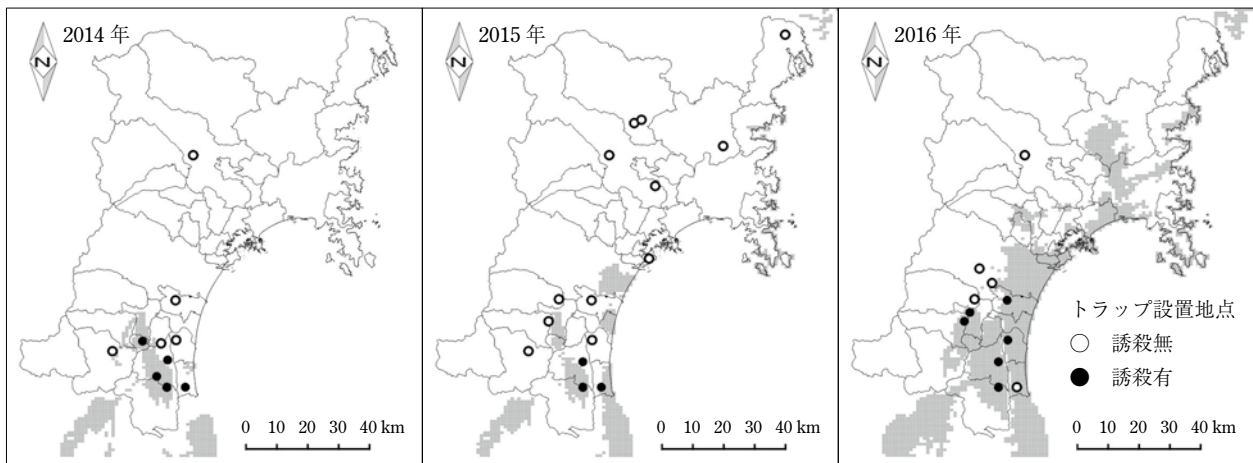


図-5 メッシュ農業気象データによる各調査年における2月上旬の平均最高気温が4.7℃を超えた地域と設置したフェロモントラップへの誘殺の有無(2014～16年)

大江ら(2017b)の図を一部改変。

図虫の網掛け部は調査年の2月上旬の平均最高気温が4.7℃を超えた地域を示す。

農研機構・農環研メッシュ農業気象データを利用した。

地図上の境界線は2014年の市町村境界を示す。

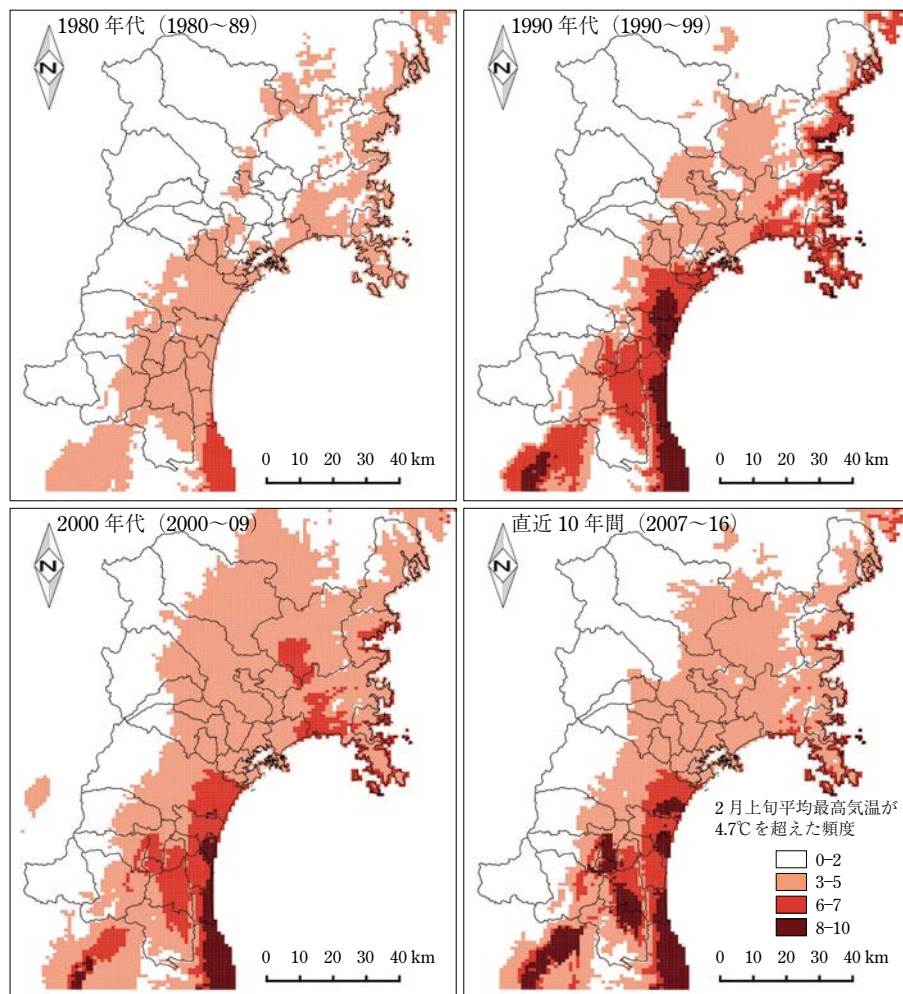


図-6 メッシュ農業気象データによる1980年代以降10年ごとのクモヘリカメムシの発生可能地域の推定

大江ら(2017b)の図を一部改変。

農研機構・農環研メッシュ農業気象データを利用した。

地図上の境界線は2014年の市町村境界を示す。

度を超える地域では越冬が可能になり、それがその年の水田での発生状況につながっていると考えられた。

クモヘリカメムシが安定して発生が可能な地域は、複数年にわたり最寒月の平均最高気温が4.7℃を超える地域やその近隣であると考えられる。メッシュ農業気象データには1980年から現在まで毎日の気温などのデータが1kmメッシュ単位で整備されているため、図-5のように1年ごとの発生可能地域を推定することができる。そのため、10年間のうちで2月上旬の平均最高気温が4.7度を超えた頻度を1kmメッシュ単位で計算し、1980年から現在まで10年ごとに示したものを図-6に示した。

この図において、赤色の濃い地域ほどクモヘリカメムシが継続して発生していると推測される。10年間で6回以上の頻度で2月上旬の平均最高気温が4.7度を超えた地域を継続的な発生地と定義すると、1980年代の10年間は継続的に発生可能な地域はほとんど見られなかったが、1990年代の10年間は継続的に発生可能な地域が県南部に広く見られた。その後2000年代および直近10年間はクモヘリカメムシが継続的に発生可能な地域は県南部に示され、大きな変化は見られていない。この分布域の推移はこれまでに報告された本種の発生状況（図-4）と比較するとよく一致していることから、毎年安定的に2月上旬の平均最高気温が4.7度を超える地域がクモヘリカメムシの分布可能な地域であると考えられた。

今回実施した調査では、解析に気象データのみを用いたが、さらに詳細な分布地域を推定するためにはクモヘリカメムシの越冬場所と考えられるスギ・ヒノキ林等の林地（崎村・永井，1976）からの距離と発生量の関係や、

仙台市の東側に広がる都市部が物理的に分布域の北上を妨げている可能性等、メッシュ内での土地利用状況や周辺の環境要因を加えた解析によって推定精度を高めていくことが必要であると考えられた。

おわりに

宮城県において、アカスジカスミカメが防除対象の最重要種であるが、県南部ではアカスジカスミカメとクモヘリカメムシが混発している水田が認められている。こうした水田で両種を防除するための適切な防除体系は未だ構築されていない。そのため、今後の課題としてクモヘリカメムシの被害を助長させる要因や適切な薬剤防除の時期・回数等について調査を進め、両種の混発に対応した防除体系を構築していく必要があると考えられる。

引用文献

- 1) 藤崎祐一郎 (1982): 宮城農セ研報 49: 45~58.
- 2) 藤田智博ら (2000): 北日本病虫研報 51: 151~154.
- 3) 長谷川美克ら (1976): 滋賀農試研報 18: 37~44.
- 4) 岩田俊一・葭原敏夫 (1976): 植物防疫 30: 127~132.
- 5) 菊地淳志ら (2004): 東北農研研報 102: 101~180.
- 6) 松木伸浩ら (2010): 応動昆 54: 107~113.
- 7) 永井清文・野中耕次 (1976): 九州病虫研報 22: 88~91.
- 8) 永野敏光ら (1992): 宮城農セ研報 58: 10~24.
- 9) ———・梅津由美子 (1999): 北日本病虫研報 50: 138~140.
- 10) ——— (2000): 同上 51: 298 (講要).
- 11) 大江高穂ら (2017 a): 同上 68: 242~246.
- 12) ———ら (2017 b): 同上 68: 247~252.
- 13) 大野宏之 (2014): 中央農研研究資料 9: 1~77.
- 14) 崎村 弘・永井清文 (1976): 九州病虫研報 22: 91~94.
- 15) 田淵 研ら (2015): 東北農研研報 117: 63~115.
- 16) 竹内博昭ら (2005): 応動昆 49: 237~243.
- 17) 横須賀知之 (2001): 植物防疫 55: 455~458.

(登録が失効した農薬 26 ページからの続き)

「殺虫殺菌剤」

- エトフェンプロックス・テブフェノジド・ブプロフェジン・フサライド・フルトラニル粉剤
19517: ワイドナー 2 号 F 粉剤 DL (日本農薬) 18/2/7
- イミダクロプリド・プロベナゾール水和剤
21652: 側条オリゼメートアドマイヤー顆粒水和剤 (バリエルクroppサイエンス) 18/2/22
- MEP・TPN 粉剤
21650: 住友化学スミチオンダコニール粉剤 DL (住友化学) 18/2/22

「除草剤」

- プロモブチド・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン水和剤
22340: クミアイクサカリテイオーフロアブル (クミアイ化学工業) 18/2/4

●イソウロン粒剤

- 21636: ハイキック粒剤 (ニチノー緑化) 18/2/8
- ピラゾキシフェン・プレチラクロール粒剤
15989: 石原ワンオール粒剤 8 (石原産業) 18/2/21
- ピラゾキシフェン粒剤
15985: パイサー粒剤 (石原産業) 18/2/21

「植物成長調整剤」

- ダミノジッド水溶剤
12842: ビーナイン水溶剤 80 (日本曹達) 18/2/28

「その他」

- 生石灰
13675: マルイゲタクン印ボルドー液用生石灰 (訓子府石灰工業) 18/2/7

{ 日植防シンポジウムから }

農薬に対する正しい知識の普及と理解促進に向けた活動状況

農薬工業会 ひろ おか たかし
廣 岡 卓

はじめに

植物防疫とは、農作物を病害、虫害または雑草害から保護する技術分野を意味し、作物の保護を通じて、作物生産時の経済的な損失を防ぐことを目的としている。植物防疫の中で農薬は必須の農業資材である。

農薬工業会（図-1）は、2017年10月現在、正会員（農薬製造業者）36社および賛助会員38社（輸出入業者など）からなる非営利の任意団体であり、理事会社23社、そのなかの幹事会社13社が中心となり活動している。五つの委員会があり、幹事会社から選出された委員メンバーが活動の中心となっている。一方、事務局には業務部、技術部、安全広報部があり専任のスタッフが従事している。

2000年代初頭、牛海綿状脳症（Bovine Spongiform Encephalopathy, BSE）、原産地の偽装表示、無登録農薬の使用等が問題となった。これらの問題に対処するため、行政では食品安全基本法の制定、食品衛生法の大改定、農薬取締法の改定等の“食の安全”のための法整備（日本農薬学会ホームページ）とともに、内閣府に食品

安全委員会の設置、農林水産省に消費・安全局の新設等の組織の構築が行われた。

これらの背景が起点になり、当会にとって重要な課題の一つである“農薬に対する正しい知識の普及と理解促進”を広報委員会と安全対策委員会が中心になって活動を行っている。

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、2000年代初頭以降に当会が取り組んできた農薬ゼミなどの市民向けの活動の目的と成果を紹介し、農薬に対する理解促進に何が有効なのかについて考察する。また、最近新たに取り組んでいる農業者やアカデミアに対する啓発活動の目的と成果、さらには今後の展望について触れたい。

I 農薬工業会における従来からの活動

1 広報活動

（1）消費者への活動「農薬ゼミ」

本活動の目的は、消費者、特に主婦層を対象に、農薬

【組織】2017年10月現在

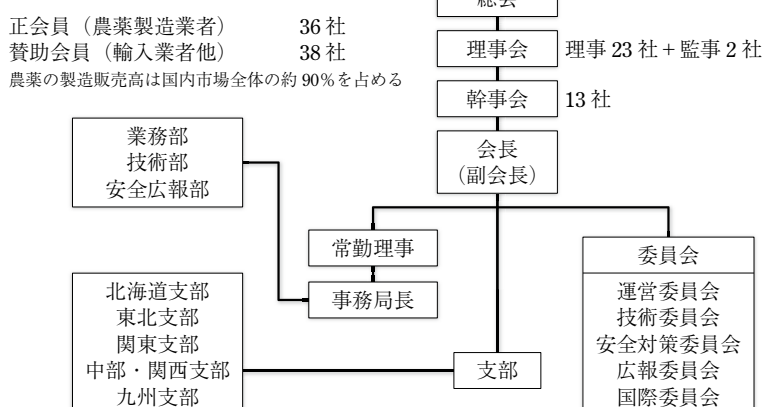


図-1 農薬工業会組織図

Activities of JCPA to Enlighten Correct Knowledge and Promote Understanding of Crop Protection Products. By Takashi HIROOKA
 （キーワード：農薬，食の安全，適正使用，SDGs）

の役割、人の健康や環境への影響、食の安全確保等、農業についての正しい理解の向上を図ることである。そのため、女性司会者が大学・研究所の専門家2人と開催地域の農業者と対話しながら進行する形態を取り、わかりやすい内容にしている。2004年から開始し2017年までに、全国にわたって43回開催し、参加者数の総計は7,470名である。

目的の達成のために有効な手段として、若い主婦層の参加を増やすための土曜日開催、託児所の設置、よりわかりやすい内容に向けたプレゼン資料の改善、より多くの人に参加していただくためにマスメディアの積極的活用、二次波及効果を狙うために当会ホームページを用いた情報伝達を行ってきている（農業工業会ホームページ）。

「農業ゼミ」の強みは直接対話形式であり、毎回開催前後にアンケートを取り、農業の必要性、安全性、農業使用への抵抗感に関する参加者の意識変化を把握調査している（図-2）。ゼミ前は、「必要性」だけが高く、「安全性」ならびに「抵抗感がない」という意識が低いという一般的な傾向を示していたが、ゼミ後は、必要性、安全性、抵抗感のいずれの分野も大きく改善されており、的確な情報提供の必要性と有効性を裏付ける結果となった。一方、直接対話の拡充という課題としては、1回150～200名が対象となり、年1～3回の開催という限界が示唆された。

（2）消費者への活動 バブリシティー

対象者が限定されているという「農業ゼミ」の課題克服のため、バブリシティー事業への展開を開始した。目的は、消費者に対し農業に関する正しい理解を得るためにテレビなどの企画番組を活用し、農業に関する情報をより多くの消費者に提供することである。

2008～11年まではテレビ地方局主催セミナーなどの試行錯誤を経て、2012～14年に漫才師ナイツを起用し

た番組を、2015～16年にオードリー春日を起用した番組を制作し放送した。オードリー春日シリーズでは、接触人数は2015年約228万人、2016年約121万人であった。

2017年には、新企画「消費者・農業者との交流事業」を実施した。この目的は、消費者の農業体験結果をいろいろな手法（テレビ・雑誌・SNS等）を通じて拡散させ、新たな情報発信媒体の可能性を追求することである。内容としては、農作物の栽培過程を消費者（主婦）に体験してもらい、その取材内容をもとにスタジオで消費者と生産者がパネラーとなり、農業の専門家を交えてワイドショースタイルで進行する番組とした（農業工業会ホームページ）。本企画の接触人数は約345万人であった。また、女性誌ESSEの企画記事、Webサイトにおける各レポーターの記事掲載（エッセオンラインサイト）等を試みた。新企画について、農業使用当事者である農業者から消費者への農業の有用性の説明、消費者の体験談、両者を合わせるのには説得力のある方法であったと考えている。

（3）教育関係者セミナー

本活動の対象は、食の安全を担当する家庭科教職員（食育担当）である。目的は、農業に関する正しい知識を子供達に伝えてもらうこと、さらには授業で活用できる資料・教材を配布することである。2009年から開始し、2011年から家庭科・栄養教職員を対象に変更することにより、多くの参加者を得ることができるようになり、2012年から「食育を科学的に考える」をタイトルにして活動を拡大してきている（図-3）。多彩な講師陣を持ち、内容は「食の安全」を切口にして、農業についての科学的な情報提供を含み、教育者の責務として科学的な考え方を啓発することを試みている（農業工業会ホームページ）。

セミナー後のアンケートから、“農業に対する役割・安全性等の正しい知見を得ることができた”、“セミナー

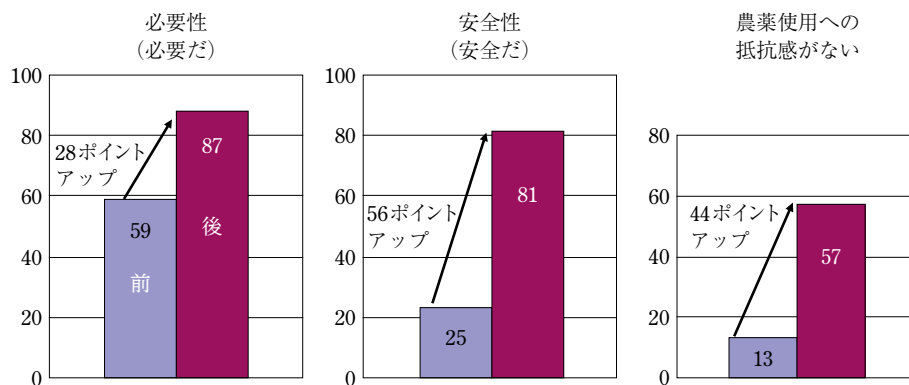


図-2 農業ゼミアンケート結果（2004～17年 計43回開催 参加者 約7,500名）

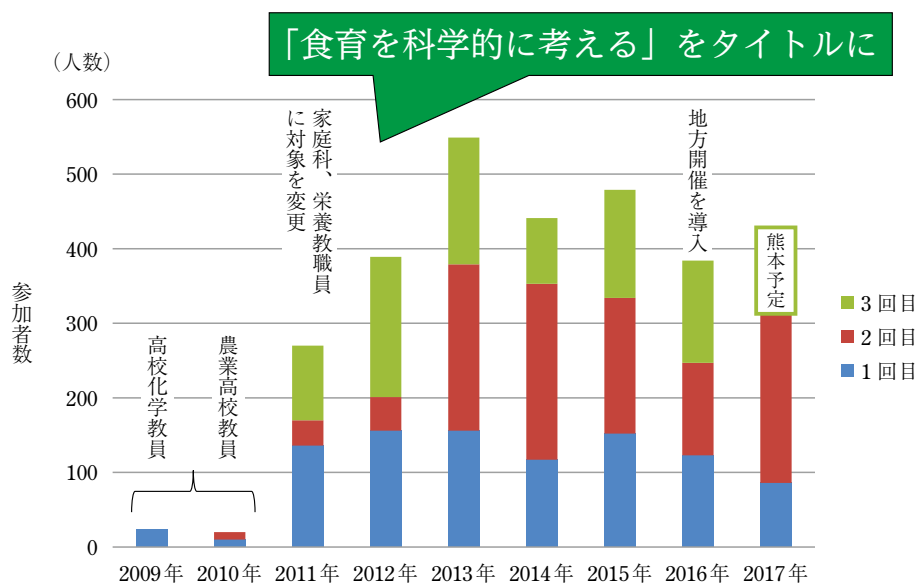


図-3 教育者セミナーへの参加者の推移

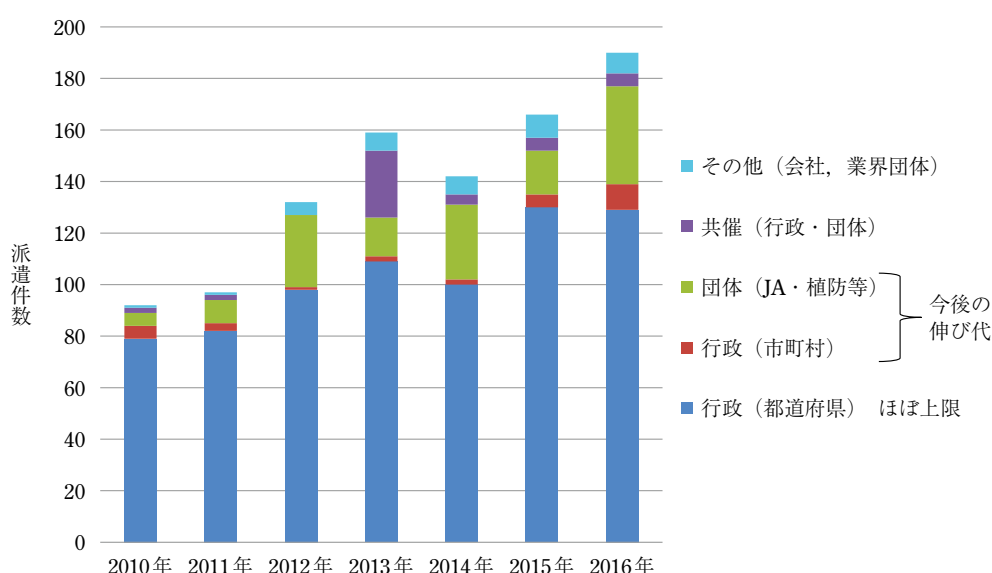


図-4 講師派遣事業 過去7年間の実績

の内容を授業でも活用したい”，“次回も同様のセミナーに参加したい”等の感想が寄せられている。参加者を増やすためには，学校につながりのある業者にダイレクトメール配信を依頼する，教育委員会の後援等が有効であった。大都市圏から開始し，現在は地方都市へと展開している。

2 安全対策活動

(1) 講師派遣事業

2006年から，都道府県・生産者団体が主催する「農薬の適正使用を目的とした研修会等」に講師を無償にて派遣する事業を開始し，公益社団法人緑の安全推進協会

に事業委託している。講師は，農薬の安全性や適正使用等の幅広い分野に対応できる人材であり，当会理事・監事会社から選出している。

この目的は，農家自身の判断と行動の支援，都道府県からの依頼に対しては「農薬取締法第12条の四（農林水産大臣及び都道府県知事の援助）」の支援，団体からの依頼に対しては「農薬取締法第12条の三（農薬の使用の指導）」の農家の努力を支援することである。

講演メニューは，農薬の使用基準と安全使用，住宅地等における農薬使用，ドリフト対策，適正な保管管理，危害防止対策等々の内容である。2010～16年の実績が

ら、行政（都道府県）からの依頼が年間約 130 件とほぼ上限に達し、今後は JA や植物防疫団体からの依頼に伸び代があると推察している（図-4）。事業拡大に有効な手段としては、公益社団法人緑の安全推進協会に委託したこと、同協会の活発な周知活動、さらには年 3 回行う派遣講師研修会により講演内容を更新し新規情報を追加するとともに講師のスキルアップを図っていることである。

（2）リーフレットなどの配布

指導者や農薬使用者が必要とする情報などをわかりやすく提供し、適正使用の啓発と農薬への理解向上を目指すことを目的としている。提供している内容は、「農薬の正しい使い方」DVD、リーフレット類である（農薬工業会ホームページ）。

「農薬の正しい使い方」DVD は 2014 年に制作し、農薬散布の基本、製品ラベル、保護具の着用、散布液の調製、散布と飛散防止、散布液のあと片づけ、農薬の保管・管理と廃棄のチャプターから構成されている。リーフレットは 10 以上の種類があり年間計約 20 万枚を希望者に無償で配布している。2016 年度実績で人気が高かったものとして、農薬購入から後片づけまでの注意点を説明した「よくわかる！農薬適正使用のポイント」、作物の大きさ、重さ、収穫時期、部位、形、用途の違い等で農薬登録上は別の作物になることについてわかりやすく解説した「あっ！その作物には使えないよ！」があげられる。

「農薬の正しい使い方」DVD では、映像での説明と作

業別のチャプター化、さらに当会ホームページで閲覧可能としたこと、リーフレットでは絵を用いたわかりやすい内容（図-5）にしたことが有効であった。

Ⅱ 新しいアプローチ

1 将来ビジョン活動

（1）将来ビジョン作成へのプロセス

安定的かつ持続的な食料供給を支えるための生産資材として、農薬の果たす役割は今後ますます大きくなると考えられる。そこで、当会は、2013 年に創立 60 周年を迎えたことを契機に、10 年後のありたい姿、すなわち当会はどうあるべきかについて検討を行った。併せて生産者、行政・研究機関、消費者、農産物流通等の幅広いステークホルダー（利害関係者）にインタビューを行い、当会の役割や期待等に関して意見を聴いた。それらを踏まえて以下の将来ビジョン「JCPA VISION 2025」を策定した。

（2）将来ビジョン「JCPA VISION 2025」

1) 将来のありたい姿

（i）農薬は、良質な農産物を生産し、豊かな緑を守るための有用で安全な農業生産資材であることが広く認知され、農業者が農産物を自信を持って生産し、消費者が安心して食生活を楽しむ、社会になっている。

（ii）農薬産業は、変わりゆく日本や世界の農業現場のニーズに応えるために、最先端の科学技術を駆使した新たな製品や技術を創出し、世界の食料の安定供給に貢



図-5 リーフレット「あっ！その作物には使えないよ！」の内容

献している。

(iii) 農薬工業会は、会員の積極的な参加による自主的運営と公正かつ透明性のある事業活動をもって社会の信頼を得ることにより、農薬産業の健全な発展を支えている。

2) 活動指針

(i) ステークホルダーと農薬に関する的確・適切・タイムリーなコミュニケーションを図り、信頼関係を構築し「安全の先にある安心」を獲得することを目指す。

(ii) 農業者が自信を持って生産物を消費者に提供するために、農業者への農薬の安全性に関する啓発活動を積極的に行う。

(iii) 行政・研究機関等と連携し、農薬の必要性・安全性に関する科学的根拠を整備し、農業者、消費者、農産物流通の不安を払拭し、農産物の安全・安心に寄与する。

(iv) 農薬の適正使用の促進と誤用防止を呼びかけ、安全な農作物生産に寄与する。

(v) 農業の生産性と品質の向上に寄与すべく、新しい技術の開発を円滑に進めるための環境整備を行う。

(vi) 農薬産業を支える有識者や業界の後継者を育成するために、教育機関、研究機関、学会と交流を広める。

(3) 3方向への情報発信

将来ビジョンの策定を受けて、2014年度に当会会員の若手メンバーを中心に議論を重ねた。その結果、2015年度からは、従来からの広報・安全対策活動に加えて、新たな取組を開始した。この目的は、新たな局面を迎える日本の農業において効率的な食料生産への期待が高ま

る中、「MKP23 活動（未来の工業会をささえるプロジェクト、理事会社 23 社）」として会員各社内とその周辺、次に「農薬ナビゲーター活動」として農業者・流通関係者、アカデミアへのアプローチの3方向に、「食料生産の重要性と農薬の役割」について再認識していただくために情報発信することである（図-6）。

1) 農薬ナビゲーター活動

ビジョン活動指針の(i)、(ii)および(iv)に基づく活動である。当会の作成したプレゼンテーション教材を用いて、農薬流通の方々や農業者を対象に説明を実施し、食料生産の重要性と農薬の役割（有用性・安全性）への理解を深めることを目的としている。2015年度は、農薬流通関係者や農業者の会合に当会会員が参加しパワーポイント形式の資料を用い、以下の四つのポイントについて説明を行った。

- ・食料生産の重要性：世界の人口は増え続け、食料増産と安定供給が求められています。日本の農業においても、生産力を維持・拡大し食料自給率を高めることが肝要となる。
- ・農薬の役割：限りある耕作地で、効率よく、品質の高い農作物を安定的に生産するためには、農薬は必須の生産資材である。
- ・科学的データによる安全性の裏付け：農薬の安全性試験は国際的にも調和が図られたガイドラインに従って実施され、その結果は最新の科学的知見に基づき評価される。それにより、農薬の安全性は科学的に裏付けされている。



図-6 MKP23, 農薬ナビゲーター, アカデミアへのアプローチ 3方向への情報発信

・農薬の適正使用：農薬の安全性は、登録されている使用方法に従って使用されること（適正使用）が前提となる。使用の都度、ラベルに記載されている使用方法の確認が肝要となる。

2016年度は、説明資料を含むCDを農薬流通関係者に配布し、農業者研修会などでの活用を依頼した。利用率をさらに高めるため、2017年度はナレーション付の「食料生産の重要性と農薬の役割」動画版DVDを閲覧できるようにした（農薬工業会ホームページ）。会員各社が動画版DVD紹介チラシを農薬流通関係者に配布し、要望があれば当会から動画版DVDを無償にて送付する活動を行っている。

2) アカデミア活動

ビジョン活動指針の(i)および(vi)に基づく活動である。2016年より植物保護関連学会、さらには医学系の日本先天異常学会の大会においてランチョンセミナーを開催し、「食料生産の重要性と農薬の役割」について説明を行っている。2017年には「食料生産の重要性と農薬の役割、環境編」を説明内容に追加し、さらに環境編についても動画版DVDを作成し閲覧できるようにした（農薬工業会ホームページ）。環境編のポイントは以下である。

- ・環境影響の観点から農薬を登録するか否かの基準として農薬登録保留基準が定められている。それには、水産動植物の被害防止、水質汚濁、土壌残留に係る基準がある。
- ・ミツバチへの被害を防ぐために、「農薬使用者と養蜂家間の情報共有、巣箱の設置場所の工夫や退避、農薬使用方法の工夫」の実施に関係団体などが連携して取り組んでいる。

2 今後の展望

(1) 持続可能な開発目標 (SDGs)

当会では「持続可能な開発目標 (SDGs)」への貢献についても議論を始めている。SDGsとは、2015年9月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」にて記載された2016～30年までの国際目標である。SDGsには17の目標があり、発展途上国の課題解決だけでなく、先進国も含めた地球全体の課題に取り組むことが謳われている。キーワードは「人間、地球、繁栄、平和、パートナーシップ」であり、すべての人々の生活を大いに改善し、我々の世界をよりよいものに変革することを目指している（国連グローバル・コ

ンパクトホームページ）。前項のビジョン活動は、このSDGs達成の取組と合致している。当会の活動を着実に実行することで、持続可能な社会の実現に大きく貢献していきたいと考えている。

(2) SDGsとビジョン活動の関連づけ

ビジョン活動がSDGsのどの目標に関連しているかを示すマッピングについて着手したところである。ビジョン活動の重点課題の中で共通しているのは、農薬の役割について正しい理解を促進・共有することである。例えば、農薬の役割とSDGs目標との関連をマッピングすると次のようになる。農薬の役割は、「①収量・品質を確保し、その結果として農耕地面積の拡大を抑え緑を守る」、「②農業の効率化に貢献し農業の成長産業化に寄与する」、「③カビ毒リスクを低減する」であり、①は目標2番「飢餓をゼロにし持続可能な農業」と15番「緑の豊かさを守る」、②は8番「産業の発展と雇用の創出」、③は3番「すべての人に健康を」につながる。

今後は、当会の活動がSDGsの17の目標とどのように関連するかをマッピングし、当会活動の情報発信にSDGsロゴを活用していきたい。

おわりに

2000年初頭の社会的背景に端を発して、当会の従来からの活動が行われている。これらは、食の安全に関する不信を払拭するために、「農薬の安全性」について科学的根拠を基に消費者に説明すること、あるいは「農薬の安全性」は農薬の適正使用に基づくことを農業者に説明することであった。

2014年以降のビジョン活動は、食料生産の重要性を導入部として、世界人口増加に対応するため農薬は必要であるという観点から「農薬の安全性・有用性」につなげていくアプローチを取り入れている。

今後の展望として、SDGsへの貢献を明確に打ち出し、世界や社会に貢献するという視点から、これまで以上にビジョン活動に取り組みたい。これからも積極的な情報発信に努め、「継続は力なり」としていきたい。

引用文献

- 1) エッセオンラインサイト：<https://esse-online.jp/86166>
- 2) 国連グローバル・コンパクトホームページ：<http://www.ungcn.org/sdgs/>
- 3) 日本農薬学会ホームページ：<http://pssj2.jp/journal/reading.html>
- 4) 農薬工業会ホームページ：<http://www.jcpa.or.jp>

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。

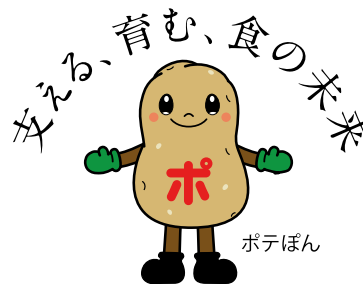
見つめなおそう、食と農。

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。

植物防疫講座

病害編-4

イネばか苗病の発生生態と防除

公立大学法人 秋田県立大学生物資源科学部

ふじ
藤

しん
晋

いち
一

はじめに

イネばか苗病は種子伝染性の糸状菌病で、病原菌の学名は *Fusarium fujikuroi* が現在の正式名称である。イネばか苗病菌は *Fusarium fujikuroi* (*Gibberella fujikuroi*) 複合種に属しており、以前 *Fusarium moniliforme* とされていた菌や完全時代の学名として使用されてきた *Gibberella fujikuroi* (植物病名目録記載) がこれに該当する。本病は主要農作物種子法(平成30年4月1日廃止)では、種子生産圃場の審査において発生していないことが合格基準となっている重要病害である。本病は1980年代まで広く種子消毒剤として使用されてきたベノミル剤に対する耐性菌の発生、2000年代に入ってから温湯消毒や生物農薬の普及によって、たびたびその発生が深刻な問題となった。ここでは、ばか苗病の症状、発生生態、防除技術について解説する。

I ばか苗病の症状

1 育苗期の症状

ばか苗病の発生は育苗期間から認められ、罹病種子を伝染源として育苗工程の浸種、催芽、出芽中に放出された病原菌による感染が主な原因である。感染した病原菌は主に子葉鞘基部で増殖し、菌の増殖とともにジベレリンを産生する。菌によって産生されたジベレリンの影響で植物体が徒長するのがばか苗病の典型的な症状である(図-1)。徒長苗は出芽1週間後の1葉期では第1本葉が健全苗の1.5~2倍に伸長、最も発生が顕著になる2葉期以降では葉、葉鞘が伸長する。一般的な徒長苗は全体に色が淡く、ひょろっと徒長し、葉身が大きく開いている。枯死苗は苗をかき分けると見つかり、枯死苗の表面に白からピンク色(淡紅色)の粉をふいたように分生子を多量に形成している。重度に感染している場合には不発芽、出芽直後に枯死となる場合もある。その場合は、初や発芽直後の芽が白~ピンク色のカビに覆われて腐敗

している(図-1)。ただし、不発芽、出芽直後の枯死は、他の *Fusarium* 属菌や立枯病を引き起こす土壤伝染性の病原菌によるものもあり、徒長苗が見られない不発芽や出芽直後の枯死は、別の病原菌によるものと考えたほうがよい。

2 本田での症状

本田に持ち込まれた罹病苗は、早いもので移植後2週間ころから葉鞘や節間が徒長するとともに黄化する(図-2)。一般に分げつ数が少なく、節から不定根が発生するのも特徴である。発病株はやがて枯死に至るが、枯死株の株元の葉鞘には育苗期間中と同様に多量の分生子(主に小型分生子)からなる淡紅色の粉状物が見られるようになる(図-2)。これら分生子は穂ばらみ期から出穂期に飛散して籾に付着、開花中の穎花の柱頭および葯から侵入、いわゆる花器感染により周辺のイネに感染する。侵入後の菌は子房内や種皮で増殖し稔実が悪くなる場合もあるが、多くは稔実して保菌籾となる。保菌籾では、しばしば籾の内穎と外穎の接合部に淡紅色の胞子塊(スポロドキア)が形成される(図-2)。スポロドキアを形成した籾や罹病葉茎から脱穀の際に病原菌が飛散し、健全籾に付着することで汚染籾となり、翌年の伝染源となる。

II ばか苗病の発生生態

発生生態については前章でも触れているが、種子伝染性病害であることは、逸見ら(1931)により報告されている。その後、様々な研究者によって研究がなされているが、本病に関する発生生態については、佐々木(1987)が詳細な研究を報告している。本病の発生生態を知るうえで、極めて参考になる報告であるが、研究当時の育苗体系が苗代であることをはじめとして、現在の栽培体系とは異なる点がある。また、機械移植の普及に伴った育苗箱内における本病の発生の特徴については、渡部(1980)が詳細な試験結果を報告している。これについても現在とは異なる育苗箱での試験であることから、上記研究報告を参考に追試験を含めて現在の栽培体系に合わせた発生生態を紹介する。

Ecology and Control of Rice Bakanae Disease. By Shin-ichi FUJI

(キーワード: イネばか苗病, 症状, 発生生態, 防除)

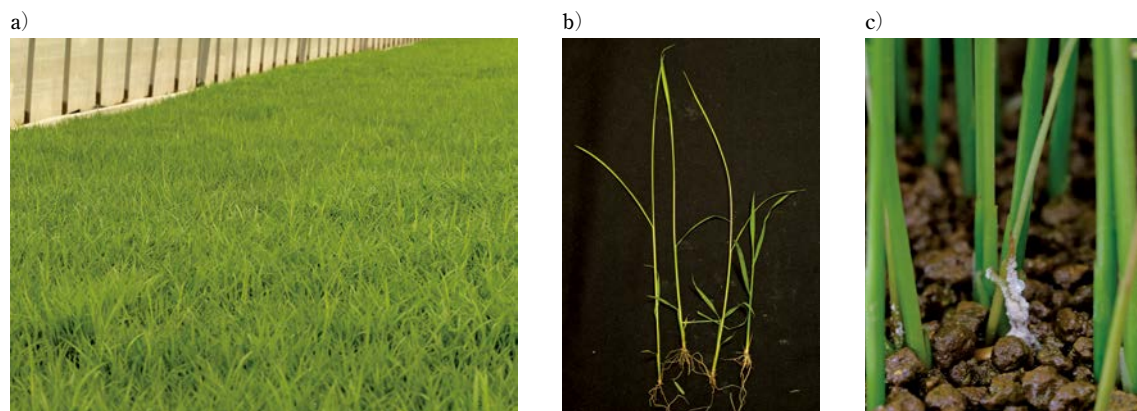


図-1 (a) 育苗期間中の発生様相, (b) 罹病苗 (一番右は健全苗), (c) 発芽直後の腐敗

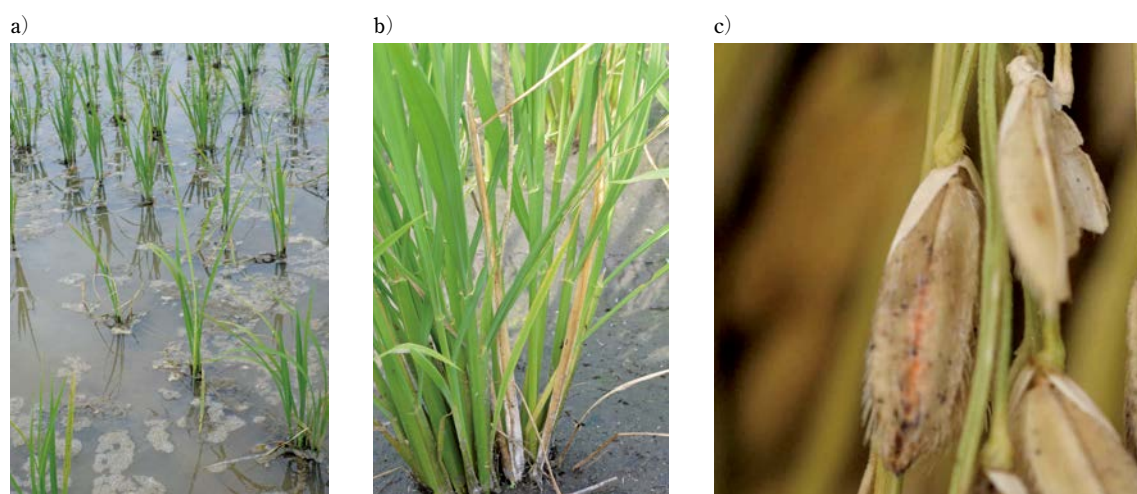


図-2 (a) 本田での発病様相, (b) 枯死株に形成された胞子塊, (c) 籾上に形成された胞子塊

1 育苗期の発生生態

苗代による育苗が主流であった時期は水苗代よりも畑苗代のほうが多発する傾向にあることや、現在の主要な育苗方法である箱育苗の普及に伴って本病が多発したことが報告されている。佐々木（1987）は発芽した直後の本菌感染によって枯死した幼苗に形成された胞子が2次伝染を誘起する可能性を述べている。渡部（1980）は、健全種子を播種した育苗箱中に人工的に胞子形成した培養籾あるいは胞子塊を形成した種子を置床したところ、播種後の健全籾が感染したことを報告している。一方で2次的な発病苗の発生や坪状での発生は、罹病苗から漏出したジベレリンを周辺の健全苗が吸収したことによるとも考えられてきた。この2次伝染の可能性を明らかにするため、我々は、ハイグロマイシン耐性を付与した組み換え菌を作製、その胞子懸濁液を浸種液として、種子予措から育苗期間の本菌の動態を調査した（金田ら、2011）。その結果、菌は浸種（15℃）開始6時間後では健全種子でも穎と玄米の間に侵入できるが、菌の主な侵

入行動は催芽処理時（30℃ 24時間）に起こっていることを明らかにした。鈴木（2017）は、浸種、催芽、出芽の期間に温湯消毒した健全種子に罹病種子が接触すると、感染することを報告している。一方、組み換え菌が感染した種子の近くに健全種子を播種しても、筆者らの実験では発病は見られていない。これらの結果から、種子予措中の伝染は浸種から催芽・出芽の時期に限られ、その後の育苗箱中の二次伝染やプール育苗による伝染は起こらないものと考えている。しかしながら、越智（2017）は、育苗開始時から2.5葉期でも感染が生じることや本菌に感染した汚染土壌の上に出芽苗を置床した場合にも本病が発病する試験結果を報告している。これまでの報告から出芽直後の緑化していない時点であれば、感染するリスクはあるかもしれないが、緑化後の苗での感染のリスクは総合的に判断して低いものと考えられる。

2 本田での発生生態

本田での本病の発生は、10a当たり20%の減収を引

き起こすとの報告もあるが、鈴木ら（1987）の研究によって減収率はそれよりも少ないことが明らかとなっている。したがって本病発生の問題は、翌年使用する種子に伝染することにより、都道府県では健全種子を確保するために、採種圃場周辺では発病苗の抜き取りなどによる物理的防除が行われている。

ばか苗病の本田での発病は、本菌に感染した苗が移植されることによって起こる。佐々木（1987）によれば、本田に移植された徒長苗は移植後 10 日ごろから枯死が始まり、漸次増加する。また外観健全苗を移植した場合の本田での徒長苗の発生は、移植後 2 週間までに増加し、以後発生が低下していると報告している。しかしながら、近年の発生消長は必ずしもこれに合致しないことから、2011 年と 2012 年に自然感染種子などを用いて本田における発病推移を調査した（藤，2013）。その結果、移植直後の徒長苗の急激な増加は認められず、移植 3 週間後までに増加、枯死苗の発生は、移植およそ 1 か月後から認められるようになった（図-3）。加えて、菌株の違いが本田での発病推移に影響するかを明らかにするため、2014～16 年にかけて、新たに 6 菌株を用いて試験を行った（藤・佐々木，2017）。その結果、菌株間で発病苗率には大きな違いが認められないものの、7 月下旬での枯死苗率に大きな違いが認められた。この病原力の差異については、薬剤感受性への関連性はなかった。以上の調査結果を踏まえると、採種圃場周辺での本病発病有無の調査および発病株の抜き取りは、6 月下旬に行うことが最も適切であると考えられる。

また、7 月以降の幼穂形成期を迎えると草丈が高くなるため、徒長株の識別が困難になる。このような本田発病の遅れや見逃しが、近年、健全種子の確保を難しくし

ている原因の一つと考えられる。

分生子の飛散は、主に夜間に行われ、昼間でも 1 mm 以上の降雨があれば飛散が起これとされている（佐々木，1987）。感染時期については開花期が乳熟期よりも感染率が高く、開花後 4 週以降はほとんど感染せず、開花時期に近いほど胚への侵入は深い。感染株における胞子の形成は幼穂形成期ごろから始まるが、出穂期が早い品種ほど感染しやすく、胚深くまで菌が侵入する。感染株の切り株には子嚢殻が形成される場合もあり、罹病株中に存在する菌糸により越冬できることも報告されている（Nyvall et al., 1968）。前年ばか苗病が多発した圃場で直播栽培を行った場合は感染リスクはあるものの、移植した苗には感染できないことから、土壌伝染の影響は考えなくてもよいであろう。

III 防 除 技 術

1 健全種子の確保

前述したようにばか苗病は、その発病によって収量が著しく減少することがなく（鈴木ら，1987）、種子消毒剤が卓効を示したことにより、育苗期および本田での被害が見られなくなり、本田防除剤の開発は行われていない。そこで倉内ら（2011）および鈴木ら（2013）は本田防除剤としてフェリムゾン・フサライド水和剤をはじめとした薬剤の効果を調査した。試験によってはその効果が認められているものの、安定した効果が認められた薬剤は、現在までに見いだされていないのが現状である。そのため、健全種子を確保するための周辺圃場での発病苗の抜き取りが行われているが、抜き取り範囲は都道府県において個別に定められている。例えば、秋田県においては、ベノミル耐性ばか苗病菌の発生状況からその範

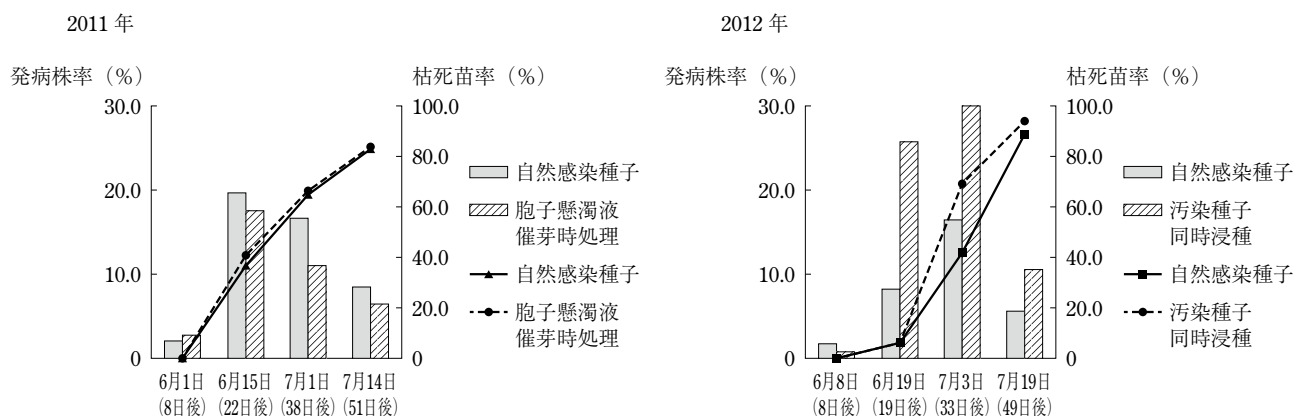


図-3 本田におけるばか苗病の発病推移

2011 年は 5 月 24 日，2012 年は 5 月 31 日に機械移植した。（ ）は移植後日数。

棒グラフは発病株率，折れ線グラフは発病株当たりの枯死苗率を示す。

胞子懸濁液催芽時処理は， 5×10^6 個/ml の胞子懸濁液での催芽処理（30℃ 24 時間）により行った。

囲を 500 m と定めている。一方、孢子飛散距離については、畑中ら（2007）によれば種子への本菌の汚染は、多発圃場から 100 m までの間で急激な減少が見られること、伝染源が少ない場合の周囲株における保菌状況は、半径 2 m の間で大きく減少することを報告している。この結果から判断すると、孢子の飛散距離はそれほど長距離ではなく、伝染源が小規模の場合は、その影響は近接した範囲に限定され则认为られる。ばか苗病菌に感染した種子は塩水選によって選別できないことから（早坂，2004），健全種子を確保するためには，採種圃周辺には健全苗のみを移植し，もし周辺の本田で発病が見られた場合は，抜き取りによる物理的防除を徹底する以外に方法はない。

2 種子消毒

本病を発生させないためにも種子更新により健全種子を確保し，適切な種子消毒を行うことが極めて重要であり，ばか苗病の発生には種子消毒の変遷が大きく影響している。箱育苗が普及してばか苗病が全国的な問題となっていた 1970 年代に登場したベノミル剤は，いもち病に対して卓越な効果を示すだけでなく，ばか苗病に対しても高い効果を示した。ベノミル剤の普及に伴って，ばか苗病の発生はほとんど見られなくなったが，1980 年代に入ってから，ベノミル剤に耐性菌が各地で発生した（小川・諏訪，1981；北村ら，1982）。その後エルゴステロール生合成阻害（EBI）系の化学合成農薬が登場することばか苗病の発生は沈静化し，現在では最も安定した種子消毒効果が得られる技術となっている。一方で今から 20 年ほど前に減農薬や無農薬栽培に対応できる技術として，温湯消毒や生物農薬（微生物防除資材）を利用した実用的な種子消毒技術（早坂ら，2001；熊倉ら，2003）が開発された。これら技術は，減農薬特別栽培や有機栽培を先駆的に取り入れた農家，グループ等に導入され，その後は一般の農家にも広く普及する結果となった。しかしながら，これら消毒技術の効果は，化学合成農薬に比べて不十分なため，しばしば，育苗施設において種子伝染性病害が多発し，大きな問題を引き起こした。当初は，病原菌に高度に汚染された自家採種種子の利用が原因である事例がそのほとんどであったが，種子更新を行っても発生する農家もあった。その後，その原因は後述する種子予措環境が大きく影響していることが明らかとなった。ここでは，各種子消毒法についてその実施方法を中心に解説する。

（1）EBI 系化学合成農薬の利用

現在最も安定した防除効果が得られる種子消毒法であるが，その効果を十分に引き出すためには留意する点が

いくつかある。使用方法としては，浸漬，粉衣，塗沫といった処理方法があるが，いずれも種子に有効成分を十分に浸透させることが最も重要である。薬液は必ず水温 10～15℃の水で調整し，編み目の粗い袋に種子を入れ，投入時にはよくゆすって，種子に薬液が行き渡るようにする。大量種子消毒器によって消毒された種子を使用する場合も，消毒後種子に浸透・付着した薬剤が浸種から催芽の間，持続的に効果を示すため，浸種開始から 3 日間は水交換をせず，その後も必要以上の水交換は極力控える（2～3 回程度）ことが重要である。

一方，これら製剤のうちプロクロラズ乳剤については，韓国において耐性菌が発生したとの報告がある（PARK et al., 2009）。耐性菌はプロクロラズを分解する能力を持つ菌で，他の EBI 剤に置き換わったことにより韓国においての発生は沈静化しつつあるようである。また，EBI 系の薬剤は，ジベレリンの生合成を阻害することから，感染していてもばか苗病の特徴である徒長が顕著にならないことがある。これまでは育苗箱に発生した徒長苗を抜き取ることで，本田での発生を回避できたが，育苗期間中から本田にかけて，次々と発生し，抜き取っても，また発生する現象が多くなっている。この原因と前述した本田での発病株の発生が遅くなっている原因に EBI 系薬剤の普及が関与している可能性が考えられる。

（2）温湯消毒の利用

温湯消毒は 60℃で 10 分間，種子を温湯に浸漬することで種子に存在する菌を死滅させる技術である。化学合成農薬は消毒後も浸透した薬剤によって持続的に殺菌が行われるが，温湯消毒には消毒後の残効性がなく，消毒後，ばか苗病菌に接触すると発病が著しく増加，無消毒の場合よりそのリスクは高くなる（鈴木，2017）。また，病原菌に侵された種子では，菌が玄米まで侵入していることがあり，その場合は期待した効果を得ることができない。これら为了避免するため，ばか苗病菌に汚染されていない健全種子を利用することが重要である。また，消毒前に使用した容器，パレット等には病原菌が付着している可能性があるため，温湯消毒後の種子を戻さない。また温湯消毒種子では，水交換を頻繁に行い，病原菌が種子に接触する機会を極力少なくし，再感染のリスクを減らすことが極めて重要である。

（3）生物農薬の使用

病原菌よりも先に種子に定着することで，病原菌の侵入を抑えるのが主な効果発現メカニズムである。浸種～催芽時の浸漬処理が一般的であるが，有効成分となる微生物をきちんと定着させることが必要なために，催芽温度は 30～32℃に保ち，ハト胸状態まできちんと催芽さ



図-4 作業場で曝露した培地に形成した菌そう
赤丸はばか苗病菌様の菌そうを示す。

せることが重要である。ビニールハウスなどに並べて出芽させる場合は、1週間程度で緑化期に移行できるような温度管理をして、有効成分である微生物を十分に増殖させることが重要である。

3 伝染源としての種子予措環境の汚染

本田でばか苗病を発生させた農家では、種子予措を行う作業場に存在する籾殻や乾燥調製後の籾すりで発生する米ぬかや粉じん等にばか苗病菌が存在することが明らかとなっている(図-4)(藤ら, 2015; 鈴木・宮野, 2017)。また、ばか苗病に汚染された施設では、化学合成農薬で消毒を行っても、施設内に存在する菌の侵入によって期待すべき効果が得られない場合も考えられる(藤・工藤, 2016)。したがって、ばか苗病を発生させないためには種子消毒だけでなく、種子予措を行う作業環境の衛生管理も重要である。また、育苗ハウスの土壌からは検出されていないが(鈴木・宮野, 2017)、育苗土の軽量化に

利用されている米ぬかやばか苗病菌が死滅しなかった未熟燻タンを使用すると、発病することがあるので使用にあたっては注意が必要である。

おわりに

主要農作物種子法に基づいた健全種子の安定生産・供給は、水稻の種子伝染性病害の発生を未然に防ぐうえで非常に重要なことであった。本法律が平成30年4月1日をもって廃止されることで、水稻の種子供給に民間が参入することとなる。ばか苗病の発生は収量に大きく影響しないものの、ばか苗病菌の汚染の有無は、種子を評価するうえでのわかりやすい指標になるものと考えられる。ばか苗病の防除の視点だけでなく、健全種子がこれまでと同様に農家に安定供給されることは、水稻の安定生産においては極めて重要であるので、今後も安定した種子の供給体制が続くことを期待したい。

引用文献

- 1) 藤 晋一 (2013): 植物防疫 67: 223~227.
- 2) ————ら (2015): 秋田県大ウエブジャーナル B2: 181~186.
- 3) ————・工藤 学 (2016): 同上 3: 200~205.
- 4) ————・佐々木南海 (2017): 同上 B4: 153~157.
- 5) 畑中教子ら (2007): 北日本病虫研報 58: 25~29.
- 6) 早坂 剛ら (2001): 日植病報 67: 26~32.
- 7) ———— (2004): 北日本病虫研報 55: 43~44.
- 8) 逸見武雄ら (1931): 植物病害研究 1: 97~109.
- 9) 金田尚也ら (2011): 日植病報 77: 209 (講要).
- 10) 北村義男ら (1982): 同上 56: 134 (講要).
- 11) 熊倉和夫ら (2003): 同上 69: 393~402.
- 12) 倉内賢一ら (2011): 北日本病虫研報 62: 205 (講要).
- 13) NYVALL, R. F. et al. (1968): Phytopathology 58: 1704~1707.
- 14) 越智昭彦 (2017): 植物防疫 71: 443~447.
- 15) 小川勝美・諏訪正義 (1981): 北日本病虫研報 32: 160 (講要).
- 16) PARK, W. S. et al. (2009): Res. Plant Dis. 15: 94~100.
- 17) 佐々木次雄 (1987): 東北農試研報 74: 1~47.
- 18) 鈴木穂積ら (1987): 北日本病虫研報 38: 26~28.
- 19) 鈴木智貴ら (2013): 宮城古川農試報 11: 77~84.
- 20) ————・宮野法近 (2017): 同上 12: 67~72.
- 21) ———— (2017): 同上 12: 73~80.
- 22) 渡部 茂 (1980): 岩手農試研報 22: 31~54.

農林水産省プレスリリース (30.2.17~30.3.13)

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。

- ◆ 輸出相手国の残留農薬基準値に対応した病害虫防除マニュアル(「かんきつ」、「なし」および「りんご(有袋栽培・無袋栽培)」)の公表について (3/6) /syokubo/180306_6.html

植物防疫講座

虫害編-4

セジロウンカ、トビイロウンカの発生生態と防除

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

まつ 松 村 正 哉

はじめに

セジロウンカ *Sogatella furcifera*, トビイロウンカ *Nilaparvata lugens*, ヒメトビウンカ *Laodelphax striatellus* はカメムシ目ウンカ科の昆虫で、古くからイネの重要害虫として知られている。この3種は一括してイネウンカ類と呼ばれることが多いが、その生態や防除対策は種ごとに異なる点も多い。本稿ではセジロウンカとトビイロウンカの発生生態の特徴と防除対策を解説する。

I 形態と種の識別法

セジロウンカの成虫の体長は約 4.5 mm で、翅のほとんどの部分が透明で、背中に白い模様がある (図-1)。雌成虫はヒメトビウンカとよく似ているが、ヒメトビウンカに比べて頭胸部がややとがっていること、顔面の2本の条溝がセジロウンカでは淡褐色、ヒメトビウンカでは黒色であることで識別できる (図-2)。セジロウンカ属 (*Sogatella*) の近縁種にはヒエウンカ *Sogatella vibix* とセジロウンカモドキ *Sogatella kolophon* がいるが、こ

れらの識別については市田 (1996) を参照する。

トビイロウンカの成虫の体長は約 5 mm で、体と翅の色は褐色である。雄は雌よりも一回り小さい (図-1)。予察灯などのサンプルには近縁種が混じることがあるが、トビイロウンカ属 (*Nilaparvata*) かどうかをまず見分けるには、後脚の跗節に小さな棘が数本生えているかどうかを実体顕微鏡で確認する (図-3)。この棘がトビ



図-1 セジロウンカとトビイロウンカの成虫と幼虫

Ecology and Management of the Whitebacked Planthopper, *Sogatella furcifera* and the Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens*.
By Masaya MATSUMURA

(キーワード: 水稻害虫, 長距離移動性害虫, 飛来予測, 発生予察)

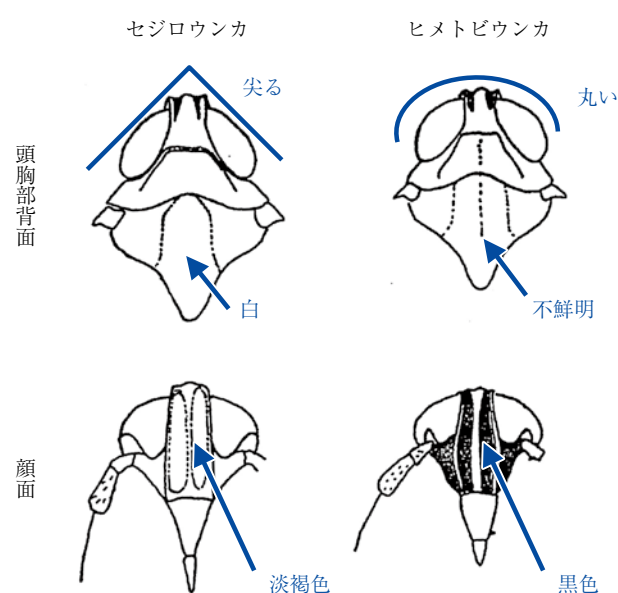


図-2 セジロウンカとヒメトビウンカの頭部形態 (岸本, 1974)

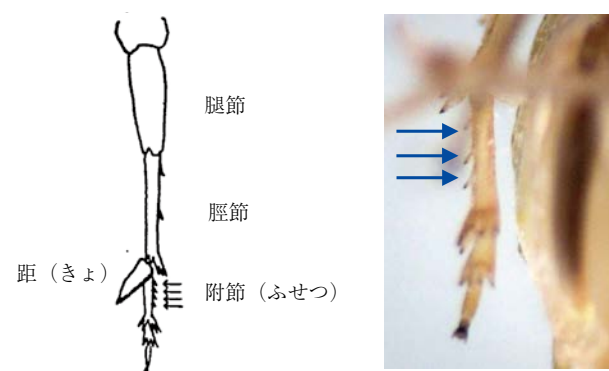


図-3 トビイロウンカ属 (*Nilaparvata*) の後脚の跗節に特徴的に見られる小さな棘 (左図は岸本, 1974)

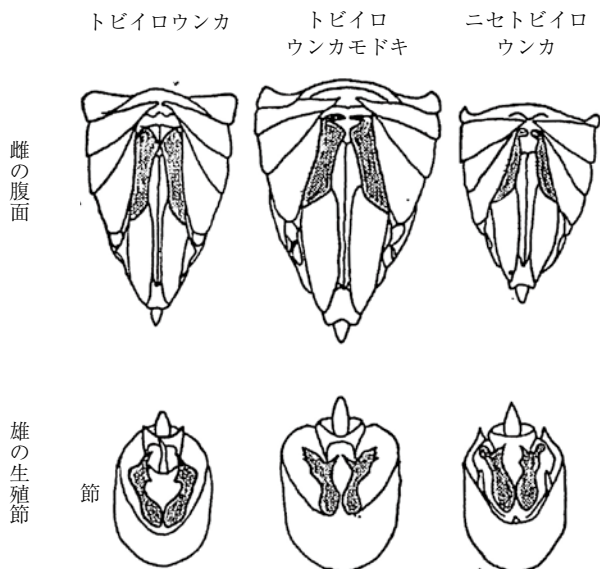


図-4 トビイロウンカ属3種の雌の腹面と雄の生殖節
(岸本, 1974)

雌では腹部外側板（黒い影の部分）の上方の突起の形に注目する。上方の突起は後肢に隠れて見えにくいことが多いので注意する。雄では生殖節の把握器（黒い影の部分）の形の違いに注目する。

イロウンカ属の特徴である。トビイロウンカ属の近縁種にはトビイロウンカモドキ, *Nilaparvata bakeri*, とニセトビイロウンカ, *Nilaparvata muiri*, がいるが、雌では腹面外側板、雄では交尾器の把握器の形によって識別できる（長谷川, 1955 も参照）（図-4）。

セジロウンカとトビイロウンカの幼虫はいずれも5齢までであり、1～2齢を若齢幼虫、3～4齢を中齢幼虫、5齢を老齢幼虫と呼ぶ。若齢幼虫の種の識別は難しい。中齢幼虫以降は個体変異が大きいものの、体色や模様によって識別できる。セジロウンカの幼虫には白黒の縞模様があり、トビイロウンカの幼虫は全体に褐色である（図-1）。なお、セジロウンカの幼虫は、水面に落ちた際に後脚を体と水平に開くのに対して、ヒメトビウンカの幼虫は斜め後方に開くことで識別できる（宇根ら, 1989）。

II 発 生 生 態

1 分布域と寄主植物

セジロウンカとトビイロウンカは栽培イネや野生イネを含めたイネ属（*Oryza*）しか餌として利用できない。また、両種とも休眠性は持たない。このため、冬にイネがない日本や東アジア地域では越冬できない。両種が一年中生息できる地域の最北端は、冬でもイネがあるベトナム北部や中国最南端の海南島や広東省の沿岸部に限られる。越冬北限では、両種とも翌春作のための苗代やひこばえ上で、成虫で越冬する（鈴木・和田, 1994）。

2 長距離移動

ベトナム北部・中部や中国最南端で越冬したセジロウンカとトビイロウンカは、2～4月にかけてこれらの地域の水田で数世代増殖し、4～5月にかけて中国華南地域に長距離移動する（OTUKA et al., 2008）。移動先でさらに数世代増殖したのち、6月後半から7月の梅雨時期に日本へ飛来する。このように、ウンカ2種の長距離移動は、ベトナム北部・中部→中国華南地域→日本という移動ルートで毎年同じ時期に起こっている。このような長距離移動が可能なのは、以下に示すように、ウンカの持つ移動習性、それぞれの地域におけるイネの栽培パターン、さらにこれらの地域における季節風の流れという三つの条件がうまく同調しているためである。

ベトナム北部・中部では一年に二回イネを栽培する。冬春作では正月前後に田植えをして5月ごろに収穫期を迎える（図-5）。ベトナムで越冬したウンカは、3月ごろから水田で増えはじめ、5月ごろにはイネが成熟するため水田から移出する。飛び立ったウンカは、南西の季節風に運ばれて中国華南地域（広東省や福建省等）に移動する。

華南地域はベトナムより高緯度にあるため、田植えはベトナムより遅く2～3月に始まり4月に田植えのピークとなる。5月ごろには分けつ期のイネがあるため、ベトナム北部・中部から移動したウンカは、そこで産卵して1～2世代増殖する。6月後半から7月には華南地域のイネが成熟するため、ウンカは再び水田から移出する。

この時期になると梅雨前線が北上して東シナ海から日本にかかり、前線の南側に強い南西風（下層ジェット気流）が吹くため、移出したウンカはこの風に乗って中国華中や日本に飛来し、移植して間もない水田に定着する。

このように、ベトナム北部・中部→中国華南→中国華中～日本の三つの地域を三段跳びのように移動するセジロウンカとトビイロウンカは、東アジア地域の稲作、季節風とうまく同調して長距離移動を繰り返している。なお、日本に飛来したセジロウンカとトビイロウンカは、秋に東から西へと連続して吹く風がないため、逆方向への戻りの移動はしないとされている。ただし、台風が中国沿岸部からベトナムに向かうときには反時計回りの強風が吹くため、ウンカの飛来源に到達できる可能性がある。

3 短翅型と長翅型

セジロウンカとトビイロウンカは日本の水田に飛来したのち、産卵して増殖を繰り返す。増殖の度合いを大きく左右するのは短翅型の出現である。セジロウンカは雌のみに、トビイロウンカは雌雄に翅多型が見られ、幼虫時期の環境条件によって短翅型と長翅型が出現する（岸

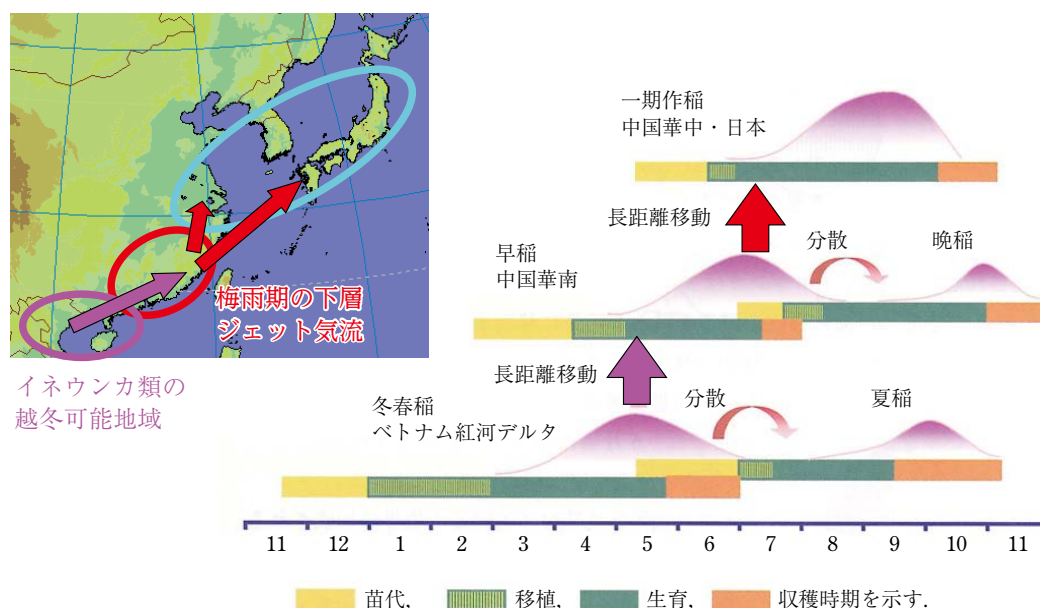


図-5 ベトナム北部（紅河デルタ）、中国華南、中国華中・日本での稲作栽培様式の違いとウンカの長距離移動の模式図（寒川，2010 より描く）

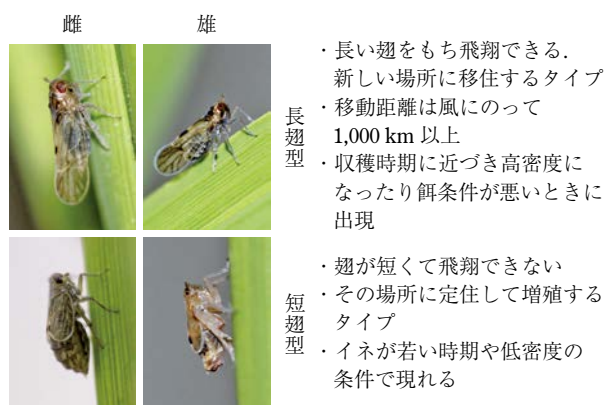


図-6 トビイロウンカの長翅型と短翅型の成虫

本，1965；松村，1997）（図-6）。生息密度が低いときや若いイネの生育時期には、定住型の短翅型が高率に出現して増殖を繰り返すのに対し、イネが成熟期に近づくと長翅型が多く出現する。セジロウンカは比較的若いイネを好むため、イネが幼穂形成期を迎えるころには長翅型が多く出て水田から移出するが、トビイロウンカはイネの出穂以降まで短翅型が多く出るため増殖を繰り返す。ただし、イネの生育時期と短翅型発現率との関係は単純な直線関係ではなく、トビイロウンカでは出穂期の前後に二山型の短翅型発現ピークがある（菖蒲ら，2002）。発生予察の際には、短翅型発現率と短翅型の雌がどれだけのいるのが、その後の増殖を予測する鍵となる。

4 種間相互作用

ウンカ2種のイネ上での主な生息部位は、トビイロウンカは株元に集中するのに対し、セジロウンカは比較的

イネ上部の茎葉に多い。また、両種の生息密度はイネの生育時期によって異なり、セジロウンカはイネの生育時期が若いほど多く、最高分げつ期以降には通常は移出してしまうのに対し、トビイロウンカはイネの成熟期まで増え続ける。このため、セジロウンカとトビイロウンカの間には種間の相互作用が働かないと考えられていた。しかし、室内実験から、セジロウンカがあらかじめ吸汁したイネをトビイロウンカに与えると、トビイロウンカでは長翅型が多く出現することがわかった。逆に、トビイロウンカが吸汁したイネをセジロウンカに与えても、セジロウンカの翅型率は変化しなかった（松村，2005）。

さらに、長期的な予察灯資料の解析からも、セジロウンカの第1世代の生息密度が高いほど、トビイロウンカの第1世代から第2世代にかけての増殖率が低下することもわかった（図-7）。この関係については、現在のデータを使った詳細な解析が進められている（川津一隆ら，未発表）。現在のところ、セジロウンカの数がどのくらいいるとトビイロウンカの増殖率がどの程度低下するかという、定量的な関係は明らかにされていない。今後、両者の関係が明らかになれば、稲作後期に被害が大きいトビイロウンカの発生量を予測する方法として、種間相互作用の影響を組み込むことが可能になるだろう。

5 殺卵反応

ウンカがイネに卵を産み付けることによって、イネが反応を起こしてウンカの卵を殺す現象（殺卵反応。生体防御反応とも呼ばれている）が知られている（鈴木，1999）。この現象はセジロウンカとトビイロウンカで見ら

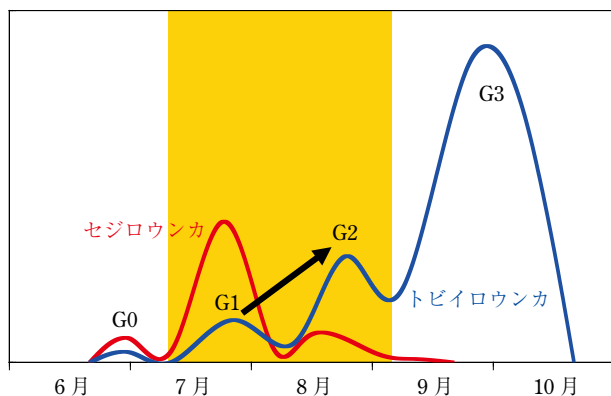


図-7 セジロウンカとトビイロウンカの水田での種間相互作用 (松村, 2005)

セジロウンカの第1世代(G1)の密度が高いと、トビイロウンカの第1世代から第2世代にかけての増殖率($G2/G1$ の比率)が低くなる。



図-8 セジロウンカの健全卵(左)と殺卵反応によって死亡した卵(右)

れるが、セジロウンカで顕著に起こる。セジロウンカの雌は、産卵の際に葉しょう部分を縦に切り裂いて、その隙間に卵を並べて産み付ける。卵は25℃では数日後に目のもととなる眼点が形成され、約7日後に幼虫がふ化する。しかし、殺卵反応が起こると眼点形成が起こらず卵は死亡する。死亡卵の周辺には湿潤化が起きている(図-8)。湿潤化部位には安息香酸ベンジルが生成され、この物質によってウンカの卵が死亡することがわかっている。

殺卵反応はジャポニカ品種で顕著に見られ、殺卵反応遺伝子 *Ovc* が同定されている(山崎・安井, 2002)。中村ら(2009)は、育成品種‘あさひの夢’がセジロウンカに顕著に弱い(増えやすい)原因として、品種育成の過程で殺卵遺伝子 *Ovc* が欠落したことを報告している。ジャポニカ品種にもともと備わっているセジロウンカ抵

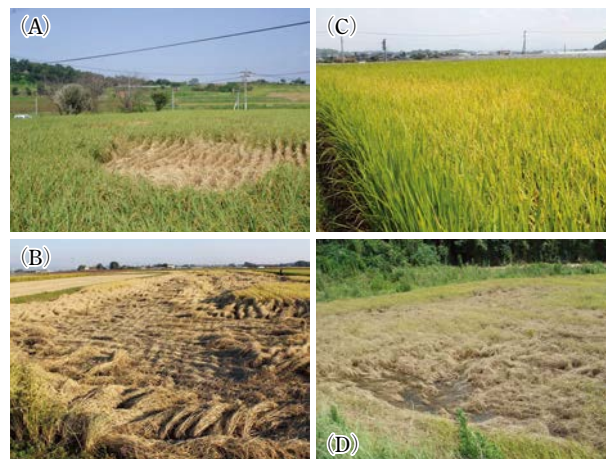


図-9 セジロウンカとトビイロウンカによるイネの被害
トビイロウンカによる坪枯れ(A)と全面枯れ(B)。
セジロウンカによる葉先の枯れ上がり(黄色い部分)(C)と
飼料用イネ品種の全面枯れ(D)。

抗性が、インディカ稲との交配によって欠落して、セジロウンカが多発生しやすい品種が生まれるのである。

6 被害

両種ともに、増殖した多数の虫によって吸汁害が起こる。トビイロウンカについては、生息密度が最も高い部分から坪状に枯れ始め(図-9A)、枯れ込みは次第に周辺部へと広がり、最終的には全面が枯れこむ(図-9B)。

セジロウンカについては、ジャポニカ品種では枯死に至る被害はめったに起こらない。飛来世代成虫の密度が高い九州地域などは、成虫の産卵による葉しょう褐変が起こるが、これは、産卵部位に殺卵反応が起こっているためであり、その後の幼虫の発生はそれほど多くなならない。しかし、飼料用イネ品種や新規需要米品種の一部で生息密度が上昇すると、葉先の枯れ上がり(図-9C)や、トビイロウンカと同様の全面枯れが起こることもある(図-9D)。近年はセジロウンカの多発生の頻度が少ないが、1980~90年代には、北陸地域や東北地域において、早生品種などの一部で出穂後にも増殖を繰り返して全面枯れを起こす被害が起こっている(松村, 1997)。

7 ウイルス病の媒介

トビイロウンカはイネラギットスタントウイルス(RRSV)とイネグラッシースタントウイルス(RGSV)を媒介する。この2種のウイルス病の発生はインドシナ半島南部のメコンデルタやそれ以南の東南アジア等で多いが、日本への飛来源のベトナム北部・中部ではほとんど発生しない。1970年代には鹿児島県などで発生したことがあるが、最近では日本では発生していない。

セジロウンカが媒介するイネのウイルス病はこれまで知られていなかったが、2001年に中国海南島で新たな

ウイルス病の発生が確認された。その後、2008 年前後から中国南部やベトナム北部でこのウイルス病の多発生が起こり、イネ南方黒すじ萎縮ウイルス (SRBSDV) が同定された。SRBSDV の媒介昆虫はセジロウンカのみである (松倉, 2016)。日本では 2010 年に九州地域の多くの県で初めて確認された (松村・酒井, 2011)。イネ南方黒すじ萎縮病の典型的な病徴は、株の萎縮と葉先のねじれである (松村・酒井, 2011)。本病の診断や防除対策については「イネ南方黒すじ萎縮病の発生生態、診断および防除マニュアル」(農研機構, 2016) を参考にする。

III 飛来予測と発生予察

ウンカ類の飛来予測システムは、日本植物防疫協会が運営する会員制のデータベースサービス JPP-NET で利用できる。システムにはトビイロウンカ・セジロウンカ版とヒメトビウンカ版があるが、前者を用いる。JPP-NET では、飛来を予測したい都道府県を入力してあらかじめ連絡先のメールアドレスを登録すれば、飛来が予測されるとパソコンや携帯端末に情報が配信される。配信されたメールの URL をクリックすると、飛来が予測される日時や飛来源と飛来予測の図が表示される。過去の飛来解析図も利用できる。直近の飛来予測図については会員でなくとも JPP-NET の HP 上で無料で見ることができる。

このシステムの主な利用者は都道府県の病害虫防除所などの発生予察担当者である。なお、このシステムで得られる情報は海外飛来のタイミングと想定される飛来源であり、現時点では飛来量の予測はできない。将来的に飛来源のベトナム北部・中部や中国南部におけるウンカの発生量がリアルタイムでわかるようになれば、飛来量の予測が可能になるかもしれない。現在このシステムは、海外飛来を把握して、その後の巡回調査や発生予察に基づく防除対策の立案のために利用されている。その具体的手順は以下のように進められる。

ウンカの飛来を確認したら、主飛来がいつであったかをシステムで確認し、主飛来日をもとに有効積算温度と発育ゼロ点のデータを用いて次世代以降の発生ピークを予測する。有効積算温度のデータは野田 (1989) などを使う。なお、成虫羽化から産卵開始までの期間の有効積算温度は、久野 (1968) の暫定値 (100 日度) を使うほうが実際に適合するようである。これらの有効積算温度を用いて、主飛来日を起点として各発育ステージの次世代の発生ピークを予測する。予測される発生ピークから防除適期を推定し、発生予察情報として発信する。発生量が要防除密度や防除の目安となる値よりも多いと予想

されるときには、注意報や警報が発信される。

IV 防 除 対 策

1 薬剤防除と薬剤抵抗性

ウンカ類の防除対策は、現状では化学薬剤による防除が基本となっている。薬剤防除では薬剤抵抗性を発達させない殺虫剤の使い方、いわゆる薬剤抵抗性管理が基本である。しかし、セジロウンカとトビイロウンカでは、薬剤抵抗性の発達には日本でなく飛来源で起こるため、日本では抵抗性の発達を回避する対策は立てられない。

セジロウンカとトビイロウンカの薬剤感受性の年次変化は、飛来源のベトナム北部地域とその飛来先である東アジア地域 (中国華南・華中や日本等) の二つで極めてよく同調する (MATSUMURA et al., 2018)。このため、飛来源でどの薬剤に対して抵抗性が発達しているのか、また発達しつつあるのか、という薬剤感受性の情報を、詳細かつリアルタイムに把握することが重要である。将来的には、ベトナムでウンカ類の薬剤感受性モニタリングを定期的に行ってその情報が得られるようなシステムを作ることが望ましい。しかし現状では、日本に飛来したウンカ 2 種の薬剤感受性をモニタリングする必要がある。

ウンカ類の薬剤感受性検定についてはマニュアルを参照する (農研機構, 2017)。このマニュアルには一般的な微量局所施用法のほか、ピメトロジン剤などの直接の殺虫作用が低い薬剤の半数効果薬量 (ED_{50} 値) を求める方法も記載されている。ウンカの累代飼育法についても紹介されているため、ウンカを使う研究の際にも参考になる。

九州沖縄農業研究センターで調べたセジロウンカとトビイロウンカのネオニコチノイド剤とフェニルピラゾール剤に対する半数致死薬量 (LD_{50} 値) の 2012 年までの

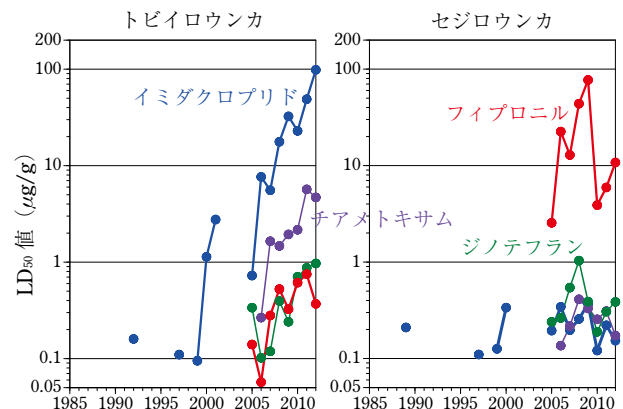


図-10 日本に飛来したトビイロウンカ (左) とセジロウンカ (右) の主な殺虫剤に対する感受性の推移 (MATSUMURA et al., 2014 のデータから作図)

推移を図-10に示した。この図から、トビイロウンカではネオニコチノイド剤の一部、特にイミダクロプリドに対して抵抗性を発達させていること、同じネオニコチノイド剤のチアメトキサムでは感受性がやや低下しているが、ジノテフランやフィプロニルに対しては感受性が変化していないことがわかる。一方、セジロウンカでは、トビイロウンカと異なりいずれのネオニコチノイド剤に対しても感受性が変化していないこと、トビイロウンカと対照的にフィプロニルに対して感受性が大きく低下していることがわかる。これらの傾向は2012年以降もほとんど変わっていない（松村ら、未発表）。このような薬剤感受性の情報を参考に、防除に使う薬剤を選択する。

なお、飼料用イネ栽培では使用できる殺虫剤が限られるため、「稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル」（日本草地畜産種子協会，2014）で確認して使用する。

2 耕種の防除

殺虫剤の使用をできるだけ減らすためには、ウンカが発生しにくいイネを栽培することが重要である。まず重要なのは施肥管理である。窒素過多になると、セジロウンカとトビイロウンカの発生量は急激に増加する。飼料用イネや新規需要米の栽培では、収量増加のために多肥栽培されることが多いが、多肥条件ではウンカの発生量が増加して、収穫期にトビイロウンカの被害が起きやすい。窒素施肥は可能な限り抑えることが望ましい。

飼料用イネ品種の中にはセジロウンカが増えやすい品種がある（農研機構，2016）。また、良食味米品種の中には高温登熟性に優れる品種があるが、その中の‘こまる’ではトビイロウンカの増殖率が他の品種より高くなることがわかっている（松村ら、未発表）。セジロウンカとトビイロウンカの発生量が多い西日本では、ウンカが増えやすい品種の栽培には極力注意する必要がある。

移植時期を遅らせることによってウンカの飛来量を減らすことも有効である。九州地域では通常、6月中下旬に田植えが行われるが、これを7月第1週まで約1週間

程度遅らせることで、トビイロウンカの水田への飛来数を低減できることがある。これは、トビイロウンカの飛来成虫の定着が、生育ステージが進んだイネで多く、移植間もないイネには定着しにくいことによる。ただし、この対策はトビイロウンカの飛来が通常より遅い7月中旬以降に起こると効果が低くなる。移植時期の変更は水の利用その他の条件によって困難場合もあることに加えて、九州中部以北では、遅植えによる収量低下のリスクもあることに注意する必要がある。

3 抵抗性品種利用

これまでに、セジロウンカでは少なくとも5個の、トビイロウンカでは29個の抵抗性遺伝子が野生イネや在来イネ品種から同定されている（Fujita et al., 2013）。1980年代には、国際イネ研究所によってこれらの抵抗性遺伝子を導入した品種が育成され、主に熱帯地域で普及が進められてきた。しかし、抵抗性品種が広く普及するや否や、その品種に対して加害性を獲得したトビイロウンカ（加害性バイオタイプ）が発生して抵抗性品種が無効化するという現象が繰り返し起こってきた。単一の抵抗性遺伝子を導入した抵抗性品種に対しては、トビイロウンカが加害性を獲得しやすいことから、現在では、複数の抵抗性遺伝子を積み重ねて（ピラミディング）導入することによるトビイロウンカ抵抗性品種の育成が、農研機構や都道府県の農業研究センターの育種部門で進められている（平林，2006）。

おわりに

以上、セジロウンカとトビイロウンカの発生生態と防除対策について解説した。紹介しきれなかった内容については、岸本（1975）、那波（1994）、寒川（2010）、松村（2017）の著書を一読するとよい。このほか、雑誌「植物防疫」誌などでは、ウンカ類について古くから様々な特集号が組まれている（表-1）。ウンカ類の研究や防除対策に従事する研究者や技術者の方には、これらの特集

表-1 雑誌などに掲載されたウンカ類の特集号

雑誌名	発行年	巻(号)	特集名
植物防疫	1959	13(7)	特集：ウンカ
植物防疫	1979	33(5)	特集：ウンカ・ヨコバイ類
植物防疫	1991	45(9)	特集：熱帯のイネウンカ類
植物防疫	1992	46(5)	特集号：イネウンカ類
植物防疫	2002	56(11)	特集号：水稻の長距離移動性害虫
植物防疫	2007	61(5)	ミニ特集：イネウンカ類
九州沖縄農業研究センターニュース ^{a)}	2015	No.51	ウンカ類研究特集号
昆虫と自然	2016	51(10)	特集：イネウンカ類の研究最前線

^{a)} http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/karc/057058.html

(新しく登録された農薬 51 ページからの続き)

●メタラキシル M 液剤

24043: スクーデリア ES (シンジェンタジャパン) 18/2/14

メタラキシル M: 31.0%

直播水稻: 苗腐病 (ピシウム菌): は種前

●シフルフェナミド水和剤

24044: コナケシ顆粒水和剤 (日本曹達) 18/2/14

シフルフェナミド: 10.0%

りんご, かき: うどんこ病: 収穫 7 日前

もも: うどんこ病: 収穫前日まで

もも, おうとう, すもも: 灰星病: 収穫前日まで

「除草剤」

●グリホサートカリウム塩・フルボキサム液剤

24038: ラウンドアップマックスロード ALIII (日産化学工業) 18/2/14

グリホサートカリウム塩: 0.96%

フルボキサム: 0.25%

樹木等: 一年生及び多年生雑草, スギナ

●トルピラレート・ニコスルフロン水和剤

24040: ワンホープエース OD (石原産業) 18/2/14

トルピラレート: 3.1%

ニコスルフロン: 3.1%

飼料用とうもろこし: 一年生及び多年生イネ科雑草

●テトラピオン・ヘキサジノン・DCBN 粒剤

24042: メガレンジャー EX 粒剤 (保土ヶ谷アグロテック) 18/2/14

テトラピオン: 2.0%

ヘキサジノン: 1.5%

DCBN: 1.5%

樹木等: 一年生雑草, 多年生広葉雑草, 多年生イネ科雑草, スギナ

●フルチアセットメチル乳剤

24046: アタックショット乳剤 (丸和バイオケミカル)

18/2/28

フルチアセットメチル: 2.0%

だいず: 一年生広葉雑草

●フェンキノトリオン粒剤

24047: ジータ 1 キロ粒剤 (クミアイ化学工業) 18/2/28

フェンキノトリオン: 3.0%

移植水稻: 水田一年生雑草 (イネ科雑草を除く), マツパイ, ホタルイ, ヘラオモダカ, ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ

●グルホシネート液剤

24049: グリーンスキットシャワー (住友化学園芸)

18/2/28

グルホシネート: 0.10%

かんきつ, りんご, びわ, キウイフルーツ, ぶどう, なし, おうとう, かき, もも, 小粒核果類, ネクタリン, くり, 樹木等: 一年生雑草, 多年生雑草

いちじく, キャベツ, はくさい, きゅうり, なす, ピーマン, とうがらし類, トマト, ミニトマト, いちご, すいか, ねぎ, たまねぎ, ブロッコリー, ズッキーニ, だいこん, ほうれんそう, メロン, レタス, 非結球レタス, かぼちゃ, ごぼう, にんじん, アスパラガス, さといも, やまのいも, かんしょ, こんにゃく, ばれいしょ, 豆類 (種実、ただし、だいずを除く), だいず, えだまめ, さやいんげん, さやえんどう, 実えんどう, たけのこ, 茶, 花き類・観葉植物, 桑, 樹木類: 一年生雑草

「植物成長調整剤」

● MCPB 乳剤

24048: サニデイ (アグロカネショウ) 18/2/28

MCPB: 3.0%

りんご: 摘花

植	物	
	防	疫
講	座	

農薬編-4

リアノジン受容体モジュレーター

—ジアミド系—

日本農薬株式会社 ふじ 藤 おか 岡 しん 伸 すけ 祐

はじめに

有機合成農薬にとって抵抗性の発達は避けて通れない問題である。抵抗性発達を可能な限り回避し遅延させるうえで、その作用機構を明らかにして薬剤間の交差リスクを理解しておくことが重要といえる。CropLife International 傘下の Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) は害虫の抵抗性発達を回避する防除体系確立の参考とするため、殺虫剤の作用機構を体系的に分類している。

本稿では、IRAC 作用機構分類のグループ 28、リアノジン受容体モジュレーター（農薬工業会，2017）（表-1）について解説する。現時点でリアノジン受容体モジュレーターに分類されている薬剤は、その化学構造的な特徴からジアミド系殺虫剤とも呼ばれ、フタル酸ジアミド骨格をもつフルベンジアミドと、アントラニル酸ジアミド骨格を有するクロラントラニプロール、シアントラニプロールが上市されている。また、同じくアントラニル酸型のシクラニプロールが 2017 年末に国内登録されたほか、テトラニプロールが登録申請中である（図-1）。

I ジアミド系殺虫剤の創製経緯

最も早く登録・上市されたジアミド系殺虫剤は日本農薬(株)が開発したフルベンジアミドである。本剤の発見は、新規除草剤開発を目指した合成展開の中に弱い殺虫活性を見いだしたことを端緒とする（遠西ら，2010）。除草活性を有するピラジン誘導体をフタル酸ジアミド骨格に変換し生物評価に供試したところ、除草活性は消失したが、チョウ目幼虫に体収縮を伴う既存殺虫剤にない特徴的な作用症状が観察された。以降、各部分構造の最適化が進められ、チョウ目害虫に対し特異的に高い殺虫

活性を有するフルベンジアミドに導かれた。本剤はこれまでの農薬にはまれなヨウ素基や特殊な含フッ素置換基を有していたが、画期的な合成法により工業化され、日本では 2007 年に上市された（津幡，2015）。

一方、デュボン社（当時）は日本農薬(株)の特許に注目し、二つあるアミド結合の片方あるいは両方を反転させる展開から、ピラゾール環を導入したアントラニル酸ジアミド骨格がフタル酸ジアミド骨格と同様の高い殺虫活性を有することを見いだした（LAHM et al., 2012）。その後、チョウ目害虫に対する構造活性相関を明らかにしてクロラントラニプロールが選抜され、日本では 2009 年に上市された。同社はさらに本剤が作用点レベルではカメムシ目害虫にも活性を有することに注目し、アントラニル酸ジアミド骨格の研究を継続して、殺虫スペクトルの拡大に取り組んだ。そのような合成展開の中でベンゼン環の置換基が殺虫スペクトルに影響することを見だし、チョウ目以外の害虫を対象に化合物の物理化学的性質を含め置換基の最適化が進められ（SELBY et al., 2017），上記 2 剤対比で殺虫スペクトルが広がったシアントラニプロールが開発された（日本では 2014 年に登録取得）。

以降、アントラニル酸ジアミドのメチル基の先にシクロプロピルを導入したシクラニプロールを石原産業(株)が、またピラゾールの置換基としてテトラゾール環を導入したテトラニプロールをバイエルクロップサイエンス(株)がそれぞれ開発を進め（後者はアグロカネショウ(株)との共同開発）、前者は 2017 年末に登録を取得している。これら 2 化合物はまだ IRAC により分類されていないが、その作用と化学構造から先述した 3 剤と同様にグループ 28 に分類されるものと予想される。

II 作用機構

ジアミド剤を処理されたチョウ目害虫は典型的な体収縮症状（図-2）を示すが、これは昆虫のリアノジン受容体にジアミド系化合物が結合することによる（EBBINGHAUS-KINSCHER et al., 2006）。リアノジン受容体とはカルシウム（Ca²⁺）チャネルの一つで、南米原産の灌木 *Ryania speciosa*

Review of Ryanodine Receptor Modulators. By Shinsuke FUJIOKA

（キーワード：フタル酸ジアミド，アントラニル酸ジアミド，フルベンジアミド，クロラントラニプロール，シアントラニプロール，シクラニプロール，テトラニプロール，リアノジン，殺虫剤，作用機構）

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）	標的 生理機能
28 リアノジン受容体モジュレーター	28 ジアミド系	クロラントラニプロール	プレバソン, サムコル, フェルテラ	神経 および 筋肉
		シアントラニプロール	ベネビア, ベリマーク, エクシレル, バディート, プリロッソ	
		フルベンジアミド	フェニックス	
		シクラニプロール	テッパン	
		テトラニプロール	申請中（平成 30 年 2 月現在）	

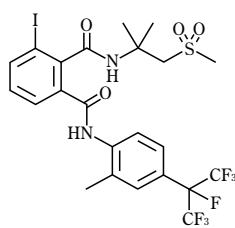
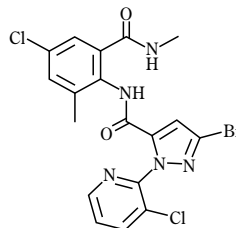
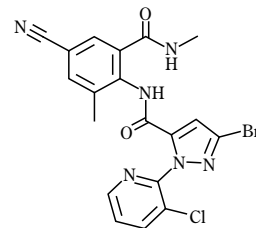
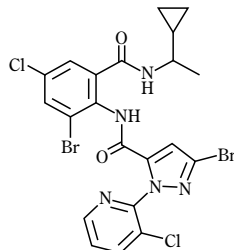
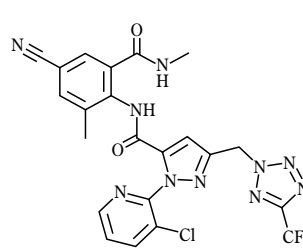
フルベンジアミド
flubendiamideクロラントラニプロール
chlorantraniliproleシアントラニプロール
cyantraniliproleシクラニプロール
cyclaniliproleテトラニプロール
tetraniliprole

図-1 ジアミド系殺虫剤

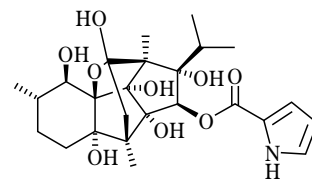
図-2 ハスモンヨトウ老齢幼虫における作用症状
（左：フルベンジアミド経口処理 1 日後，右：無処理）

図-3 リアノジン ryanodine

に含まれるアルカロイドの 1 種，リアノジン（図-3）が特異的に結合することからそのように名付けられた。 Ca^{2+} チャネルは体内の様々な器官に存在するが，このうちリアノジン受容体は特に神経や筋などの興奮性細胞の小胞体膜上に存在し，筋の収縮・弛緩を制御している。小胞体は Ca^{2+} の貯蔵庫であり，リアノジン受容体はその開閉により細胞質内の Ca^{2+} 濃度を調節するが，ジアミド系殺虫剤はチャネルを強制的に開口させ，細胞質内



図-4 筋収縮のメカニズムとジアミド系殺虫剤の作用機構

の Ca^{2+} 濃度を上昇させることにより持続的な筋収縮を引き起こし（図-4）、結果として殺虫活性を発現する（正木，2008）。

リアノジン受容体は 500 kDa を超えるサブユニットが 4 量体をなす巨大分子であるが、生物種に広く存在し、その遺伝子配列は哺乳類間で高い相同性（ヒト・ウサギ間で 95% 以上）が保たれている。これに対し、昆虫種間では比較的分化が進んでおり（カイコ・ショウジョウバエ間で 79%）、昆虫と哺乳類間では 45～47% とさらに低い。リアノジンは昆虫、哺乳類を問わず広い生物種の受容体に結合し、かつて海外で殺虫剤として利用されたこともあるが、選択性に乏しいことから現在は使用されていない。これに対し、フルベンジアミドやクロラントラニリプロールはチョウ目昆虫由来のリアノジン受容体に高い親和性を示す一方、哺乳類由来のそれには特異的な結合を示さず、作用点レベルで高い選択性を有することが確認されている（Kato et al., 2009）。

昆虫種の間でもリアノジン受容体上での親和性の違いが詳しく調べられている。フルベンジアミドはチョウ目由来のリアノジン受容体のみに特異的結合を示し、イエバエやセイヨウミツバチ由来のそれに対する親和性は低い。クロラントラニリプロールはチョウ目により高い親和性を示すものの、イエバエやセイヨウミツバチ由来のリアノジン受容体にも結合が認められ、フタル酸ジアミド骨格に比べアントラニル酸ジアミド骨格がより広い殺虫スペクトルを示すことと一致している（Qi and Casida, 2013）。

Ⅲ 作用特性

上述のように、ジアミド系殺虫剤を処理された昆虫は筋肉が収縮し、正常な行動が阻害され、結果として死に至る。致死までには時間を要するものの、速やかに摂食行動を停止させるため、高い被害抑制効果が得られる。この点はジアミド系に共通の特性であるが、構造に起因

する物理化学性の違いや殺虫スペクトルの違いから、実防除場面における特性は薬剤により異なっている。

フルベンジアミドはチョウ目害虫に対する殺虫活性が極めて高く、作物に残存する有効成分がごく微量でも効果を発揮するため、効果の持続性に優れる。チョウ目害虫における種間差が小さく大型チョウ目にも高い活性を示すこと、幼虫における発育ステージ間差も小さく老齢幼虫にも速効的かつ高い活性を示すことから、防除適期幅が広い。耐雨性も高く残効性に優れるため、園芸分野では葉葉類の基幹防除剤として位置づけられている。また、チョウ目以外には活性を示さないため、カイコを除く有用昆虫やミツバチ等の授粉昆虫、寄生蜂、カブリダニ等の天敵類に影響が小さく、施設栽培を中心とした IPM 体系においても適合性が高い（廣岡，2007）。果樹・茶分野ではシンクイムシ・ハマキムシ類やケムシ類に長期残効を示し、特に果樹の授粉昆虫にも安全であることから、開花期にも使用できるチョウ目防除剤として広く使用されている。加えて、近年問題化している果樹の枝幹害虫にも長期間にわたり食入防止効果を有することが見いだされ、本分野の特効薬としても活用が期待される（藤岡，2016）。

クロラントラニリプロールの特徴は優れた浸透移行性を有することである（島，2009）。本剤はフルベンジアミドと同様に散布処理で高い効果を示すことに加え、野菜類ではセル苗灌注により高い防除効果を示す。薬害リスクも低く、灌注処理における適期幅も広い。大規模経営の場合、数週間にわたり定植に専念する必要があるが、その期間の防除作業を省略できることが本剤使用の大きな利点である。また、フルベンジアミド対比でのもう一つの特徴として、コウチュウ目およびハエ目害虫に対しても有効である点が挙げられる。園芸分野のハモグリバエ防除や果樹のオウトウショウジョウバエ防除にも使用されているほか、高い浸透移行性を活かし、水稻の育苗箱施用剤としても広く使用されている。本剤の育苗

箱施用により、移植直後より発生するイネドロオイムシやイネミズゾウムシ等のコウチュウ目害虫と生育後期まで長期間発生するチョウ目害虫の同時防除が可能となり、各種いもち病・紋枯病防除剤のほか、ウンカ防除剤との混合剤も数多く開発されている。

シアントラニリプロールも植物体内で高い上方移行性と浸透性を有する。また、クロラントラニリプロールよりもさらに広い殺虫スペクトルを有し、チョウ目やコウチュウ目等の咀嚼性害虫に加え、カメムシ目、アザミウマ目等の吸汁性害虫にも有効なジアミド剤として幅広い適用をもつ（鳥，2014）。本剤はその高い浸透性により潜葉性のハモグリガ類やハモグリバエ類に卓越した効果を示す。特に茶の重要害虫であるチャノホソガに対しては、いずれの加害期でも優れた効果を有し、処理適期が広いことが確かめられている（上室ら，2016）。同時発生するチャノキイロアザミウマ、チャノミドリヒメヨコバイにも活性を有するほか、ハマキムシ類に対しては成虫期の処理でも高い防除効果が期待できることが示され、本分野では様々な時期に使用できる汎用性殺虫剤として期待される。園芸分野ではアブラムシ類、コナジラミ類、アザミウマ類およびチョウ目害虫に対し、散布と土壌処理のいずれでも防除効果が期待され、粒剤を含む様々な剤型が開発されている。水稻分野でもクロラントラニリプロールと同様に殺菌剤との混合剤を含む育苗箱施用剤が上市されているが、殺虫スペクトルに特徴があり、ヒメトビウンカやイナゴにも適用を有する。

シクラニリプロールは、園芸用散布剤および水稻育苗箱処理剤として開発されている。おおむねシアントラニリプロールと同様の殺虫スペクトルを有するが、果樹分野では、先行するジアミド系殺虫剤の適用性が検討されていないカメムシ科害虫やコガネムシ類を対象とした試験にも供試されている。なお、現時点での適用は果樹・茶分野に限定されている。

テトラニリプロールは水稻用育苗箱施用剤として開発されており、いもち病防除剤イソチアニルとの混合剤を中心に幅広い使用方法での評価が行われ、コウチュウ目・チョウ目害虫に対する優れた効果が確認されている。園芸分野でも散布処理のほか、葉菜・果菜類のセル苗灌注処理でも登録に向けたデータ取得が進められ、アブラムシ・コナジラミ類やアザミウマ目、ハエ目害虫に対する有効性が確認されている。

ジアミド系は有機リン系や合成ピレスロイド、ネオニコチノイド等の殺虫剤に比べ選択性が高く、カイコを除く非標的生物に対し高い安全性を有する。ただし、化合物によっては一部の天敵や授粉昆虫に対し若干の影響が

あるとの報告もある。フルベンジアミド、クロラントラニリプロールでは、セイヨウミツバチやセイヨウオオマルハナバチのほか、多くの寄生性・捕食性天敵に対する高い安全性が確認されているのに対し、シアントラニリプロールはマメコバチやテントウムシの1種に対し影響があると報告されている（鳥，2014；小澤・内山，2016）。ニホンミツバチでは、フルベンジアミドが全く毒性を示さないのに対し、クロラントラニリプロールは少なくとも室内試験では低薬量で毒性を示すと報告されており（YASUDA et al., 2017 a；2017 b）、天敵類や有用昆虫に対する影響程度は薬剤や対象種に依存して異なると考えられる。IPM 体系下での殺虫剤の活用法は年々多様化してきており、栽培現場での使用実態を考慮した影響評価により、実効性の高い使用法を提案していくことが重要と考えられる。

IV 抵抗性の現状

世界的に見ると 2006～07 年にかけてフルベンジアミド、クロラントラニリプロールが東南アジアで相次いで上市された。前述したように、これら 2 剤は卓越した生物活性と優れた安全性プロファイルを有し、特に既存の殺虫剤に抵抗性を発達させた害虫に対しても卓効を示したことから、極度に偏重した使用がなされた地域もあったと推定され、フィリピンやタイのコナガでは 2009 年には高度に抵抗性を発達させた個体群が検出された。国内のコナガでもフルベンジアミド上市後 7 年目にあたる 2013 年に九州地域で採集された個体群を皮切りに、クロラントラニリプロールを含めて高度な抵抗性が確認された（福田・林川，2014）。ほかにも中国やブラジル等、世界各地からコナガのジアミド抵抗性が報告されている。コナガ以外にも静岡県のコナコカクモンハマキと鹿児島県のチャハマキ、欧州やブラジルのトマトキバガ *Tuta absoluta* で抵抗性が報告されているほか、中国のニカメイガやシロイチモジヨトウでも感受性低下の報告がある。

ジアミド剤に対する抵抗性メカニズムに関して最も研究が進んでいるのはコナガである。フィリピンおよびタイで採集されたジアミド抵抗性コナガのリアノジン受容体のアミノ酸配列を調べたところ、4,946 番目のグリシンがグルタミン酸に置換されており、このアミノ酸変異 G4946E による結合親和性低下がジアミド抵抗性の要因であると考えられている（STEINBACH et al., 2015）。コナガにおける作用点変異 G4946E は日本や中国を含む他地域で採集されたジアミド抵抗性個体群でも検出されているが、コードする塩基は必ずしも一致しておらず、少な

くともタイとフィリピンの抵抗性個体群は起源の同じ抵抗性因子が拡散したのではなく、それぞれの地域の淘汰圧により個別に選抜が進んだものと考察されている。また、G4946Eは完全劣性に近い遺伝様式であることが確かめられており、このアミノ酸変異に起因する場合は、使用を止めれば感受性が回復する可能性があるが、中国の一部の個体群ではE1338D、Q4594L、I4790M等の異なるアミノ酸変異もジアミド抵抗性因子として報告されている。

ジアミド抵抗性のトマトキバガやニカメイガでもG4946Eに相当するアミノ酸変異が検出され、抵抗性の顕在化が懸念されている。日本ではチャノコカクモンハマキのジアミド抵抗性がコナガに先立って報告されたが、抵抗性の遺伝様式はコナガのそれと異なっており、本種の抵抗性機構として解毒代謝酵素の関与が疑われている（内山・小澤，2017）。

ジアミド抵抗性機構に関する研究は精力的に行われており、薬剤間の交差性の明確化や簡易遺伝子診断法の構築により、効果的な抵抗性管理技術の確立が期待される。現時点で、ジアミド系殺虫剤のリアノジン受容体における結合部位は明らかになっていないが、特定される日も近いと思われる。結合部位や様式が解明されれば、抵抗性を回避した化合物デザインやより幅広い殺虫スペクトルを狙った合成展開も可能になり、新たなリアノジン受容体作動薬の開発も期待される。

おわりに

リアノジン受容体モジュレーターに分類されるジアミド系殺虫剤は世界的に開発が進められ、その優れた防除性能から幅広い作物保護場面で使用されている。Phillips McDougallの統計資料によると、2016年の世界の

殺虫剤市場 164.6 億ドルのうち、先行 3 剤の売り上げだけで 11.5% を占めるに至った。さらに後続剤の開発も進められており、ネオニコチノイドに続いて日本発の大きなケミカルクラスになるものと推定される。その一方で、使用頻度の増加は抵抗性発達のリスクを伴う。生産者が高性能な薬剤を選ぶことは当然の心理かもしれないが、可能な限り長く有効に使用できるよう、各薬剤の作用機構と交差リスクを理解しかつ経済的被害許容水準（EIL）を熟慮した防除体系が様々な栽培現場で確立されること、ならびにそのような考え方がより一層浸透していくことを願って止まない。

引用文献

- 1) EBBINGHAUS-KINSCHER, U. et al. (2006): Cell Calcium **39**: 21~33.
- 2) 藤岡伸祐 (2016): 農薬時代 **197**: 26~30.
- 3) 福田 健・林川修二 (2014): 九州病虫研会報 **60**: 75~78.
- 4) 廣岡 卓 (2007): 植物防疫 **61**: 284~288.
- 5) 上室 剛ら (2016): 日本応用動物昆虫学会誌 **60**: 111~118.
- 6) KATO, K. et al. (2009): Biochem. **48**: 10342~10352.
- 7) LAHM, G. P. et al. (2012): Modern Crop Protection Compounds, 2nd Edition, Volume 3, Wiley-VCH, Weinheim, Germany, p.1409~1425.
- 8) 正木隆男 (2008): 日本農薬学会誌 **33**: 273~277.
- 9) 農薬工業会 (2017): 殺虫剤の作用機構分類 (IRAC による) http://www.jcpa.or.jp/lab/pdf/2017/mechanism_irac.pdf
- 10) 小澤朗人・内山 徹 (2016): 日本応用動物昆虫学会誌 **60**: 45.
- 11) Qi, S. and J. CASIDA (2013): Pestic. Biochem. Physiol. **107**: 321~326.
- 12) SELBY, T. P. et al. (2017): Pest Manag. Sci. **73**: 658~665.
- 13) STEINBACH, D. et al. (2015): Insect Biochem. Mol. Biol. **63**: 14~22.
- 14) 島 克弥 (2009): 植物防疫 **63**: 723~729.
- 15) ——— (2014): 同上 **68**: 788~792.
- 16) 遠西正範ら (2010): 日本農薬学会誌 **35**: 508~515.
- 17) 津幡健治 (2015): 植物防疫 **69**: 761~765.
- 18) 内山 徹・小澤朗人 (2017): 日本応用動物昆虫学会誌 **61**: 109~117.
- 19) YASUDA, M. et al. (2017 a): Bulletin of FFFPRI **16**(443): 143~146.
- 20) ——— et al. (2017 b): J. Econ. Entomol. **110**: 447~452.

発生予察情報・特殊報 (30.2.1~2.28)

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

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

■ マンゴー：マンゴーヒラタサビダニ（仮称）（沖縄県：初）2/1

■ クダモノトケイソウ：トケイソウ東アジアウイルス AO 系統，他 1 種（沖縄県：初）2/1

■ スイゼンジナ：軟腐病（沖縄県：初）2/28

新農薬の紹介

新規殺虫剤イソクラスト™の特長

ダウ・アグロサイエンス日本株式会社 おお うえ めぐ 恵

はじめに

イソクラスト™（一般名：スルホキサフロール）はダウ・アグロサイエンスにより創製された新規化合物で、現在、40 か国以上（2018 年 1 月末現在）で登録があり世界規模で開発されている。日本においては 2007 年から社内評価を開始し、2010 年より日産化学工業株式会社および北興化学工業株式会社と共同で、試験番号 DAI-1001（スルホキサフロール 9.5%）で園芸用製剤、DAI-1004（スルホキサフロール 20%）で水稻用製剤を、一般

社団法人日本植物防疫協会を通じた新農薬実用化試験を開始した。イソクラストは吸汁性害虫、特にカメムシ目害虫に対して高い活性を有し、アブラムシ類、カイガラムシ類、コナジラミ類、ウンカ類、斑点米カメムシ類に安定した効果を示す。2017 年 12 月 25 日にトランスフォーム™フロアブル（試験番号 DAI-1001）およびエクシード™フロアブル（試験番号 DAI-1004）として新規に農薬登録を取得した（各製剤の適用内容 表-1, 2）。以下に本剤の特長を紹介する。

表-1 トランスフォームフロアブルの適用害虫の範囲および使用方法

作物名	適用病害虫名	希釈倍数	使用液量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	スルホキサフロールを含む 農薬の総使用回数	
りんご	アブラムシ類	2,000～4,000 倍	200～700 l/10 a	収穫前日まで	3 回以内	散布	3 回以内	
	リンゴワタムシ	1,000～2,000 倍						
	カイガラムシ類							
なし	アブラムシ類	2,000～4,000 倍						1,000～2,000 倍
	カイガラムシ類	1,000～2,000 倍						
かんきつ	アブラムシ類	2,000 倍						1,000～2,000 倍
	カイガラムシ類	1,000～2,000 倍						
キャベツ	アブラムシ類	2,000 倍	100～300 l/10 a		2 回以内	2 回以内		
だいこん								
レタス								
きゅうり	アブラムシ類	2,000 倍					1,000～2,000 倍	
	コナジラミ類	1,000～2,000 倍						
トマト ミニトマト	アブラムシ類	2,000 倍					1,000～2,000 倍	
	コナジラミ類	1,000～2,000 倍						

表-2 エクシードフロアブルの適用害虫の範囲および使用方法

作物名	適用病害虫名	希釈倍数	使用液量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	スルホキサフロールを含む農薬の総使用回数
稲	ウンカ類	2,000 倍	60～150 l/10 a	収穫 7 日前まで	3 回以内	散布	3 回以内
	ツマグロヨコバイ						
	カメムシ類						

TM：ザ・ダウ・ケミカル・カンパニーまたはその関連会社商標。

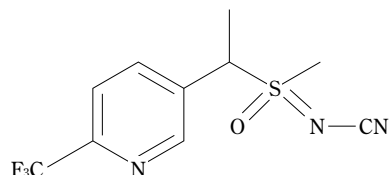
[有効成分の名称およびその性状]

商標：イソクラスト™ (Isoclast™)

一般名：スルホキサフロル (ISO name: sulfoxaflor)

化学名 (IUPAC)：[メチル(オキソ) 1-[6-(トリフルオロメチル)-3-ピリジル]エチル]-λ⁶-スルファニリデン]シアナミド

構造式：



分子式：C₁₀H₁₀F₃N₃OS

分子量：227.3

CAS No.：946578-00-3

性状：白色粉末

溶解度：670 mg/l (20℃, 純水, pH7.4)

分配係数：LogPow = 0.802 (20℃, pH7)

融点：112.94 ± 0.04℃

蒸気圧：1.4 × 10⁻⁶Pa (20℃)

ISOCLAST™ ACTIVE

ダウ・アグロサイエンスがグローバルに使用している商標

[安全性]

スルホキサフロルは普通物（毒劇物に該当しないもの）相当に分類され、水産動植物への影響が低いことから環境面へも好適な特長を有している（表-3）。また、トランスフォームフロアブルを用いた天敵への影響試験では、カブリダニ類（チリカブリダニ、スワルスキーカブリダニ、リモニカスカブリダニ）への影響がほとんど認めら

表-3 人畜毒性と水産動植物への影響

供試薬剤	スルホキサフロル（原体）
哺乳動物	
急性毒性（ラット）	経口：LD ₅₀ = 1,000 mg/kg 経皮：LD ₅₀ > 5,000 mg/kg 吸入：LD ₅₀ > 2.09 mg/l
皮膚刺激性	軽度刺激性（ウサギ）
眼刺激性	軽度刺激性（ウサギ）
皮膚感作性	なし（マウス）
水産動植物（急性毒性）	
※コイ（96時間後）、オオミジンコ（48時間）、緑藻（72時間）	
コイ	LC ₅₀ > 402 mg/l
オオミジンコ	EC ₅₀ > 399 mg/l
緑藻	ErC ₅₀ > 101 mg/l

れなかった。

[作用機構]

本剤は昆虫神経細胞におけるシナプス後膜にあるニコチン性アセチルコリン受容体に結合し、アゴニストとして作用する。一方で、既存殺虫剤とは構造が異なるスルホキシイミン骨格を持ち、既存殺虫剤との交差抵抗性は現在のところ確認されていない。これらのことから、スルホキサフロルはIRAC（Insecticide Resistance Action Committee）により、新規系統として新設されたスルホキシイミン系（グループ4C）に分類された。現在、スルホキシイミン系に分類される化合物はスルホキサフロルのみである。

[特長]

1. 殺虫スペクトル

本剤はカメムシ目害虫のアブラムシ類、カイガラムシ類、コナジラミ類、ウンカ類、斑点米カメムシ類に有効である。また、カメムシ目以外のアザミウマ類、ゴマダラカミキリ、トマトサビダニ、コバネイナゴ等にも効果が確認されている。

2. 特有の殺虫症状（ストレッチ症状）

本剤を処理した個体は数十分経過すると脚部が突っ張るように伸張した状態で痙攣を起こし、歩行困難となり、吸汁行動も困難となる。この脚部の異常症状をストレッチ症状（図-1）とよび、本症状を起こした個体は作



図-1 オオトゲシラホシカメムシ成虫の胸背板にスルホキサフロルを局所施用
脚部を突っ張るような異常症状を確認。



図-2 有効成分スルホキサフロルの浸透移行性

物から落下し、死に至る。

3. 速効性

本剤の殺虫作用は非常に速効的であり、アブラムシ類の場合では処理数分後には殺虫症状が現れはじめ、処理数時間後には多くの個体で苦悶状態および活動停止状態が認められた。

4. 浸透移行性・浸達性

放射性同位体 ^{14}C で標識したスルホキサフロルをピーマンの茎に処理し、処理7日後の植物体での局在を調査した試験では、スルホキサフロルが植物体内を移動する浸透移行性を有することが確認できた（図-2）。また、本剤は葉表から葉裏へ吸収・移動する「浸達性」も有している。これらのことから、散布後に展開した新葉や葉裏に寄生する害虫にも殺虫効果を示す。

5. 残効性・耐雨性

アブラムシ類の残効性試験では2～3週間の残効が認められた。また、散布風乾後の降雨試験でも効果が維持されていたことから耐雨性も有することが確認できた。

【圃場での効果】

本剤は圃場試験においても安定した効果を示した。一例としてトランスフォームフロアブルのかんきつにおけるヤノネカイガラムシへの圃場試験結果（図-3）と、エクシードフロアブルの水稻における斑点米カメムシ（アカヒゲホソミドリカスミカメ）への圃場試験結果（図-4）を示す。

トランスフォームフロアブルはヤノネカイガラムシ1, 2 齢幼虫に対して高い効果を示し、散布29日後調査では未成熟成虫および成虫の生存率を0%に抑えた。エクシードフロアブルのアカヒゲホソミドリカスミカメへの試験では、エクシードフロアブルは散布20日後まで生存虫数を0頭に抑え、散布28日後でも3頭であった。斑点米率調査では0.01%となり、無処理区と比べて高い効果が確認できた。

おわりに

近年、登録上の薬剤使用制限や既存剤への感受性低下害虫の出現により、使用可能な薬剤が少なくなる中、本剤はローテーション防除体系の一剤として期待できる。今後、作物追加・害虫追加の適用拡大を予定しており、安定的で品質の高い作物生産に貢献できる薬剤と考えている。本剤の特徴が理解され、各地域の防除体系で活用していただけることを希望しており、本剤の普及にあたっては各地域の指導機関や流通関係者の皆様に引き続きご指導・ご助言を賜りたくお願い申し上げたい。

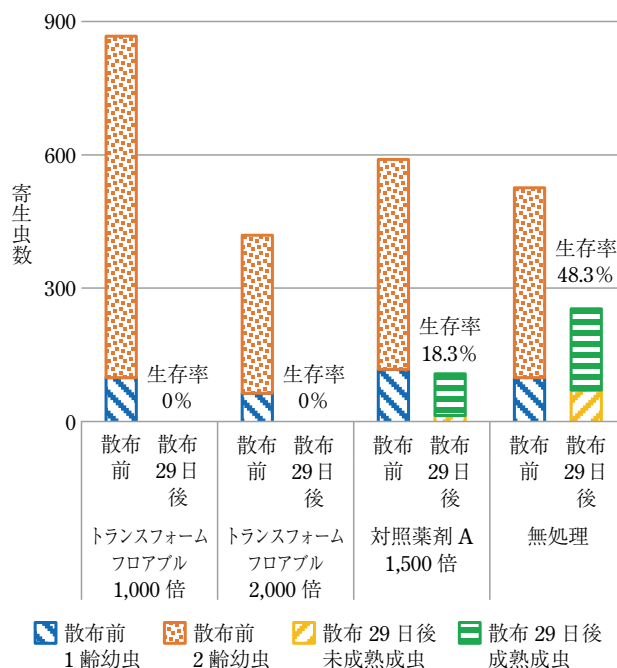


図-3 トランスフォームフロアブルのかんきつにおけるヤノネカイガラムシへの効果
試験年・場所：2011 年 和歌山県植物防疫協会。
散布日：2011 年 6 月 28 日。
調査方法：2011 年 7 月 27 日（散布 29 日後）に生存虫数を調査。

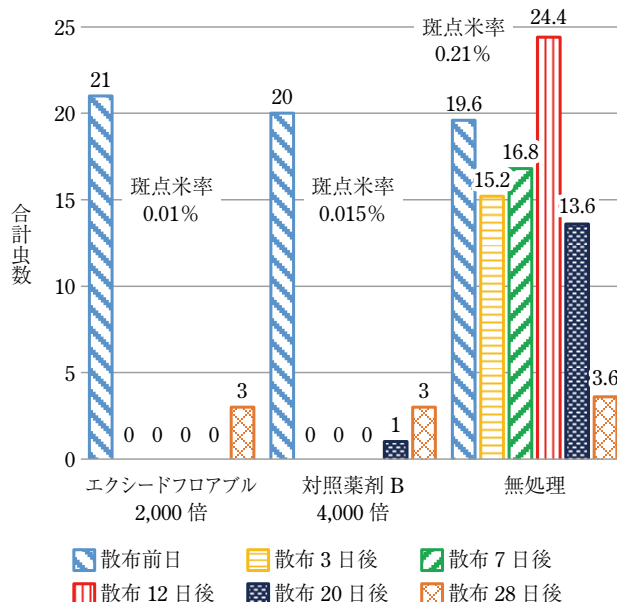


図-4 エクシードフロアブルの水稻におけるアカヒゲホソミドリカスミカメへの効果
試験年・場所：2011 年 青森県産業技術センター。
散布日：2011 年 8 月 19 日。
調査方法：各区の2か所について各20回振りすくい取り虫数調査（1区2反復）。9月26, 27日に500穂（1株1穂）刈り取り斑点米調査。

吸汁性害虫防除に、新規スルホキシミン系のチカラ!



抵抗性アブラムシ類に!



アカスジカスミカメに!



抵抗性コナジラミ類に!



ミナミアオカメムシに!



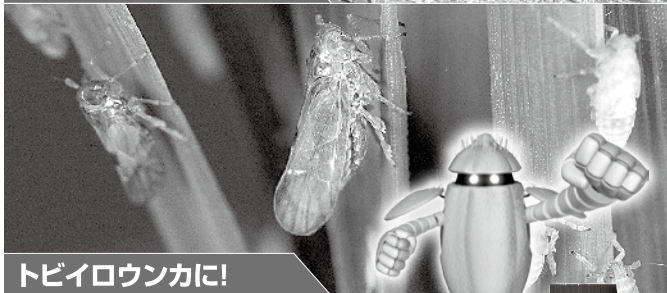
クワコナカイガラムシに!



クモヘリカメムシに!



ヤノネカイガラムシに!



トビイロウンカに!

野菜・果樹の大切な実りを、
吸汁被害から守りぬく!

野菜・果樹用殺虫剤

トランスフォーム
フロアブル



アブラムシ、カイガラムシ、
コナジラミに優れた殺虫効果
を発揮! 吸汁性害虫防除
のスペシャリストが、ついに
誕生。速効力と持続力で、作
物づくりをサポートします。



水稻の大敵、
斑点米カメムシ類を徹底阻止!

水稻用殺虫剤

エクシード
フロアブル



水稻の大敵、斑点米カメムシ類
や、ウンカ類、ツマグロヨコバイ
に優れた殺虫効果を発揮! 吸汁
性害虫防除のスペシャリストが、
ついに誕生。速効力と持続力で、
お米づくりをサポートします。



このマークがついた画像は、
AR動画でもご覧いただけます。
「COCOAR2」アプリ(無料)で動画をご覧いただけます。

「COCOAR2」
無料アプリの
使用方法

iPhoneやiPadは「Apple Store」から、Android端末は「Google Play」から、「COCOAR2」
を無料でダウンロードできます。アプリを起動し、スキャン画面内に写真の青い枠が入るよう
に端末をかざすと動画がスタートします。※Wi-FiまたはLTE環境を推奨します。

ISOCLAST ACTIVE
「イソクラスト」は、一般名:スルホキサフロルの商標です。

イソクラスト普及会/日産化学工業株式会社 北興化学工業株式会社 ダウ・アグロサイエンス日本株式会社*
※事務局:東京都品川区東品川2丁目2番24号

★池田二三高氏撮影 ©TM: ザ・ダウ・ケミカル・カンパニーまたはその関連会社商標

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 北海道農業研究センター 生産環境研究領域 病虫害グループ

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター（通称北農研）は北海道札幌市に本所、同河西郡芽室町に研究拠点を置き、寒冷地における大規模水田作、畑輪作、酪農、新品種開発、ICT農業等、北海道農業全般にかかわる多様な研究を行っている。本所は札幌市随一の観光名所である羊ヶ丘展望台に隣接し、800 ha 余りの広大な敷地には、春にはミズバショウやフクジュソウが咲き、夏にはホタルが舞い、キタキツネやエゾシカが出没する等、豊かな自然環境下にある。本所には水田作、酪農、生産環境、作物開発の4研究領域が設置され、北海道地域の病虫害研究を担う研究単位として、生産環境研究領域に病虫害グループと線虫害グループが置かれている。病虫害グループは病害担当3名、虫害担当3名の研究員が、寒地畑作の基幹農作物であるジャガイモ、テンサイ、小麦に発生する重要病虫害（線虫除く）の発生生態や診断技術等にかかわる研究を担当している。以下に当グループで実施している主な研究内容について紹介する。

ジャガイモ黒あし病の発生要因解明と高度診断技術の開発：ジャガイモ黒あし病は種いも伝染性の細菌病で、種塊茎が腐敗し、そこから生じた茎基部が黒変腐敗するこ

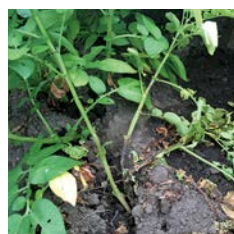


図-1 ジャガイモ黒あし病

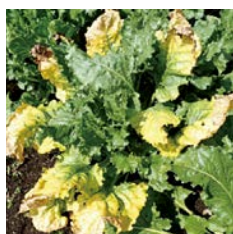


図-2 テンサイ西部萎黄病



図-3 ジャガイモYウイルス (PVY) によるジャガイモモザイク病



図-4 モモアカアブラムシ (有翅虫)

とから黒あし病と呼ばれる（図-1）。平成26年に本病が種いも生産現場で発生し大きな問題となって以来、我々のグルー



図-5 アブラムシのトラップ調査

プの重要な研究テーマの一つとなっている。本病の病原菌（以下黒あし病菌）はこれまで *Pectobacterium atrosepticum*, *P. carotovorum*（血清学的に特異的な1系統）および *Dickeya* sp. の3菌種と記載されてきたが、後二者をそれぞれ *P. wasabiae* および *D. dianthicola* と再同定するとともに、新菌種 *P. carotovorum* subsp. *brasiliense* による黒あし病の発生を国内で初めて報告し、現在国内で発生している黒あし病菌は4菌種であることを明らかにした。また、ポリペクチン酸を炭素源とする液体培地を用いる増菌培養とマルチプレックスPCRを組合せた黒あし病菌4菌種の高感度診断技術を開発した。今後は、本技術や現在取り組んでいる病原菌の可視化技術を活用して、黒あし病菌の生態解明に取り組んでいく予定である。

ウイルス媒介アブラムシの生態および媒介実態の解明と耕種的防除素材の探索：近年、北海道ではテンサイ西部萎黄病の周期的多発、ジャガイモYウイルス塊茎えそ系統（NTN）発生の増加等、アブラムシが媒介するウイルスによる病害が問題となっている（図-2, 3）。しかし、これらのウイルス媒介アブラムシ（図-4）の生態および媒介実態については不明な部分も多く、効果的で安定的な防除対策を策定するための妨げとなっている。そこで、両ウイルス媒介アブラムシの媒介実態の精査と未知媒介種の探索（図-5）、各媒介種の媒介効率の検討、各媒介種の季節変動の調査、冬期の作物非栽培期間における媒介種の越冬状況調査等から病原ウイルスの伝染環を明らかにすることで発生要因を解明することを目指している。また、テンサイ西部萎黄病については、育種分野と連携して本病抵抗性品種の育成に向けた育種素材の探索・品種開発も行っている。

（グループ長 中山尊登）

研究室紹介

長野県農業試験場 環境部

長野県農業試験場は水稻、麦類、大豆を対象として、高品質と生産性向上を目指した新品種の育成、省力・低コストを目指した効率的な栽培技術、水田の高度利用技術、環境にやさしい栽培・病虫害防除技術、気象変動に対応した対策技術等について試験研究を行っている。また、共通基盤部門として、農業経営管理技術の確立および農業情報システムの開発、知的財産の適正管理と活用手法の開発、農産物の安全確保と環境にやさしい農業技術の開発等について研究している。場長以下職員は38名である。

環境部は病虫害部門（病害担当2名、虫害担当1名）、農薬残留分析部門（2名）、土壌肥料部門（1名）、土壌保全部門（2名）と四つの部門が集まり、総勢10名の職員が日々研究業務に取り組んでいる。

主要穀類の病虫害に関する研究としては、いもち病をはじめとする各種病害の発生予察技術の高精度化、育苗期の病害の効率的防除システムの開発、化学合成農薬によらない病害防除技術の開発、斑点米を引き起こすカメムシ類をはじめとする各種虫害の発生生態解明と効率的防除技術の確立等に取り組んでいる。

水稻は栽培面積が大きいため、防除にかかるコストも大きくなりがちで、いかにコストを削減するかが技術開発の大きなコンセプトとなる。そのため、病虫害防除においてもより適切な時期に実施することで、防除回数を削減してコストダウンに結び付ける必要がある。これまで、いもち病感染予測システム BLASTAM-NAGANO やクロップナビ（作物栽培支援装置）等発生予察に関する技術開発を大きな柱の一つとして進めてきている。現状の予察システムは、主に気温、降水量、葉の濡れ時間といった環境条件（誘因）に基づく予察であり、作物そのものの発病しやすさ（素因）を含めた予察システムにはなっていない。葉色が濃いといもち病が発病しやすいなど、これまで経験値として評価されてきた条件についても発生予測結果を導き出すためのパラメータとして組み込み、より精度の高い予察情報を構築できるように取り組んでいる。



水稻病原菌の分離培養作業中

斑点米を引き起こすカメムシ類の防除対策については、効果的な防除薬剤、フェロモントラップを用いた予察手法等が明らかとなっているが、トラップによる誘殺消長と斑点米被害状況の関係が一致しない場合がある。これらについても、よりの確かな防除タイミングを計るため、水田周辺の環境条件、栽培品種の特性等の情報を加えて、斑点米被害予測とリスクマップの作成ができるように技術開発を進めている。

農薬残留部門に関しては、主に「食の安全」の観点から作物体の農薬残留分析、土壌中での農薬残留分析、後作物への農薬の影響等を調査し、マイナー作物の農薬登録促進などに結び付けている。一方、これらの分析手法を栽培技術につなげる取り組みも始めている。近年、様々な作物で抵抗性の発達した病虫害の発生が確認されている。抵抗性発達回避策の一つとして、同一作用機構の薬剤の連用を避けたローテーション散布が求められている。防除暦を作成するにあたって、農薬散布後に作物体で有効成分量がどのように減衰するのかを明らかにすることにより、適切な散布タイミングを計り、散布回数を削減できるように検討している。

病虫害の発生生態を明らかにし、防除の手法とタイミングを定め、防除に使われた農薬がどのように減衰して、いつまで防除効果を持続させることができるかを明らかにするために各部門のスタッフが一丸となっている。

（環境部長 豊嶋悟郎）

■訂正

①2月号 城所氏の植物防疫講座 虫害編-2「イネミズゾウムシの発生生態と防除」60頁右段4行目以降の下記赤字の部分に誤りがありました。青字に訂正してお詫び致します。

原文：

除水準)は、5月上旬移植では株当たり0.7個体で図-7とほとんど同じであるが、5月中旬移植では1.4個体、5月下旬移植では5.7個体であった。

訂正：

除水準)は、5月下旬移植では株当たり0.7個体で図-7とほとんど同じであるが、5月中旬移植では1.4個体、5月上旬移植では5.7個体であった。

②3月号の総頁表記が全ての頁で誤っておりました。1頁目が77となっておりますが、正しくは147です。訂正してお詫び致します。

広告掲載会社一覧 (掲載順)

BASF ジャパン(株) …… 農業総合
三井化学アグロ(株) …… 主要品目
サンケイ化学(株) …… 主要品目
バイエルクロップサイエンス(株) …… ナティーボ
住友化学(株) …… 主要品目
農薬工業会 …… 総合
イソクラスト協議会 …… イソクラスト
日本農薬(株) …… フェニックス
日本曹達(株) …… ピシロック
日産化学工業(株) …… スターマイト
フルーツセイバー協議会 …… フルーツセイバー
アグロカネショウ(株) …… 土壌消毒剤・線虫防除剤

協会だより

○植物防疫バックナンバーのWEB公開が始まります

4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できます。当協会ホームページの「植物防疫アーカイブ」をご覧ください。発行から2年以上経過したものを公開対象として、現在68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。公開にあたっては、執筆者の皆様には、順次WEB公開のご了解をいただく作業を進めておりますが、対象となる執筆者は多岐にわたるため、現住所の確認が取れない方もおられます。現住所のわからない執筆者の方にはホームページにおいて広告をし、WEB公開のご了解をお願いいたします。執筆者の皆様には、本誌掲載記事の利用がしやすくなることを目指した取り組みであることをご理解いただきご協力をお願い申し上げます。

次号予告

次号30年5月号の主な予定記事は次のとおりです。

特集：分析現場における迅速簡易で実践的な農薬分析法

実践的な残留農薬簡易分析法の最近の動向 中村幸二

イムノアッセイによる農作物中の残留農薬分析 三宅司郎

農作物の生産現場でのFTIRによる農薬簡易スクリーニングと将来展望 山下正純

QuEChERS法を活用した残留農薬一斉分析法 永井雄太郎

超臨界流体抽出法を活用した残留農薬マルチ分析法 安藤 孝

平成30年度植物防疫研究課題の概要

農林水産省 農林水産技術会議事務局 研究開発官室

農業生物資源ジーンバンクにおける *Pseudomonas* 属細菌の再同定 澤田宏之

鳥取県のダイズは場におけるマメシクイガ成虫の発生消長と発生回数の推定 福田侑記

平成29年度新農薬実用化試験で注目された病害虫防除薬剤

調査企画部

シンポジウムから

農薬販売業者のスキルアップのための取り組み 宮坂初男

植物防疫講座 病害編 イネ 白葉枯病 津下誠治

植物防疫講座 虫害編 イネ ヒメトビウムカ 平江雅宏

植物防疫講座 農薬編 キチン合成阻害剤タイプ0 (BPU) (IRAC:15) 尾松正人

新農薬の紹介：イソフェタミド 柳川由香利

研究室紹介：北海道農業研究センター生産環境研究領域
線虫害グループ

鹿児島県農業開発総合センター生産環境部

植物防疫

平成30年
4月号

(毎月1回1日発行)

第72巻 平成30年3月25日印刷

第4号 平成30年4月1日発行
(通算856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。

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・空袋等は園場などに放置せず、適切に処理してください。

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

新発売

殺菌剤

ピカルブトラゾクス水和剤

ピシロック® フロアブル



【登録作物】

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



HPはこちらから

🔒 新規有効成分ピカルブトラゾクス配合！(FRACコード U 17)

🔒 収穫前日まで使える！(はくさいは収穫3日前まで)



日本曹達株式会社

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

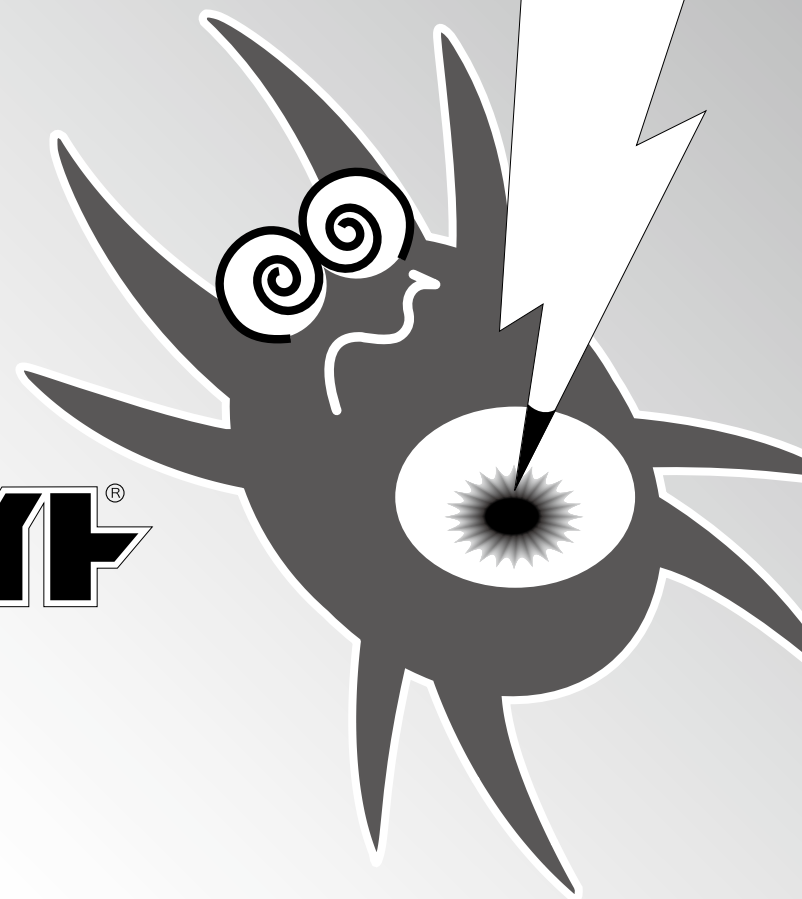


®は日本曹達(株)の登録商標

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

作用点まで しっかり届く!

殺ダニ剤
スターマイト[®]
フロアブル



殺ダニ成分「シエノピラフェン」配合

だから…

● 抵抗性ハダニにもきちんと効く

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

● 卵から成虫まで、 ハダニの全ステージにしっかり効く

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

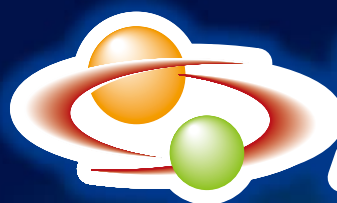
●ラベルの記載以外には使用しないでください。●使用前にはラベルをよく読んでください。●本剤は小児の手の届くところには置かないでください。

 **日産化学工業株式会社**

商品に関する問い合わせは
農業化学品事業部 **03-3296-8141**

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

果樹用殺菌剤



フルーツセイバー®

フルーツセイバーは三井化学アグロ(株)の登録商標です。

病害から果樹をしっかりと守る



有効成分
ペンチオピラド15.0%

幅広い防除
スペクトラム

モニリヤ病、黒星病、うどんこ病、赤星病、黒点病、
斑点落葉病、褐斑病、灰色かび病、黒とう病、さび病、
晩腐病、灰星病、幼果菌核病、そうか病、落葉病
等に対し、高い防除効果！

りんご、なし、ぶどう、おうとう、もも、ネクタリン、小粒核果類、かんきつ、かきに使用できます。

※2018年4月1日現在

フルーツセイバー協議会

アグロ カネショウ株式会社 北興化学工業株式会社 (事務局) 三井化学アグロ株式会社

○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。
○空容器などは圃場などに放置せず、適切に処理してください。○防除日誌を記帳しましょう。

いい土から、いい作物。



アグロカネショウの土壌消毒剤

で土壌を守る。

線虫問題にケリをつける!!

土壌病害・雑草防除に!

土壌センチチュウ防除に!



ネマキック®
粒剤



バスアミド®
微粒剤

D-D®

アグロ カネショウの

土壌分析

化学性や生物性の土壌診断を行います。

土壌の
養分分析

線虫や
菌の密度

土壌分析の詳細や申込みについては▼

アグロ カネショウ土壌分析室 [0296-21-3108] まで



アグロ カネショウ株式会社
東京都港区赤坂 4 - 2 - 19
<http://www.agrokanesho.co.jp>

■製品のお問い合わせ

アグロ カネショウ(株)お客様相談係
04-2944-1117

