





2018 **VOL.72** 

## **Plant Protection**



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

# スピノエース 類粒水和剤

# 知らず知らずに進む、害虫の被害

#### ミカンキイロアザミウマ



#### **ハモグリバエ類**(ナモグリバエ)



#### ハイマダラノメイガ



#### 栽培形態と使える農薬

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

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

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

スピノエースが 有機農産物で 使えるように なった!



#### スピノエース顆粒水和剤の主な特長

- ●天然物由来の全く新しい作用
- ●アザミウマ類、チョウ目害虫に優れた効果





#### ダウ・アグロサイエンス日本株式会社

〒100-6110 東京都千代田区永田町2丁目11番1号 山王パークタワー http://www.dowagro.com/ja-jp/japan

®TM: ザ・ダウ・ケミカル・カンパニーまたはその関連会社商標



**Dow AgroSciences** 

Solutions for the Growing World



殺虫剤

三井軒 アリレノ("リンプ <sup>®</sup>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

コロフィトの水和剤

殺菌剤・殺虫殺菌剤・土壌消毒剤

**アフェット**®フロアブル

フルーツセイバー

タチガレン

「粉剤

サンプラス®

サントリプル第数制

スタークル 8顆粒水溶剤

プログラップ S 乳剤・EW・MC・粉剤DL 粒剤・エアー・スカイMC

三ルペプック『乳剤

スタークルメイト 液剤10

**ア**建学 乳剤

キックオフ類粒水和剤

Kiterit-®

**オビジン**粉剤

サンリットの利利

タチガレエース®M粉酸

ガッツスター教制

サンフェスタ® 箱粒剤

=#**\JJIJIJIJ** 

*ネビリ*ュウ®

テーク<sup>®</sup>水和剤

タチガレファイト。

トリプルキック® 類数別

クロピクテープ

H070-1L

除草剤

アールタイプ コロアブル ジャンボ ジュイイデン は口粒剤・ジャンボ フロアブル

**グサバルカン**は日本剤・ジャンボ

サンハート"®粒剤

アトカラ® SジャンボMX

クサトリーBSX [中間別75/5] キクンジャペ。Z 「キロ粒剤・ジャンボ イネキンク」 「キロ粒剤・ジャンボ

オシオキ。MX Iキロ粒剤

ワイドアタック。sc

セカンドショット®

アルファープロ<sup>® 1キロ粒削75/51・ジャンボH/L</sup>

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/





# 植物防疫

Plant Protectio

# 2018 第 **72** 巻 第 **9** 号

### 目 次

巻頭言	
生物農薬の利用促進に薬剤情報バンクの活用を・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
研究報告	
	<b>2</b>
沖縄県におけるナスミバエ <i>Bactrocera latifrons</i> (Diptera:Tephritidae)の被害回避の	
ためのいくつかの知見 ····································	6
デイゴヒメコバチの天敵デイゴカタビロコバチの導入に至る経緯と寄主の生活史から見た	
最適な放飼時期 ····································	: 11
ネギアザミウマの異なる生殖系統における合成ピレスロイド剤抵抗性機構と広域的分布	
	18
調査報告	
<b>宮城県における斑点米カメムシ類の県全域調査</b> 大江 高穂	i 24
台湾および中国大陸におけるミカンコミバエ種群の発生の現状 松村正哉・大塚 彰・黄 毓斌	t 29
中国における水稲害虫防除の実態 ····································	36
新技術解説	
甘露排泄を利用したアブラムシ類の簡易薬剤感受性検定法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	40
トピックス	
- トルコギキョウ斑点病の発生生態と防除対策 ····································	t 16
ドルコイイ ヨ ノ	1 40
植物防疫講座	
	J 50
虫害編       コバネイナゴの発生生態と防除 ····································	
農薬編 ミトコンドリア電子伝達系複合体 II 阻害剤 ···································	
研究室紹介	
農研機構 中央農業研究センター 病害研究領域 生態的防除 G ····························吉田 重信	
静岡県農林技術研究所 茶業研究センター 茶環境適応技術科 ····································	t 70
農林水産省プレスリリース (30.7.14~8.15)	5
展M小屋首プレスソソース(30.7.1~6.13) 新しく登録された農薬(30.7.1~7.31)	49
新して豆 <u>球された</u> 長楽(30.7.1~7.31) 登録が失効した農薬(30.7.1~7.31)	49 64
登録が <b>、大効</b> りた展集(30.7.1~7.31) 発生予察情報・特殊報(30.7.1~7.31)	55
┲┸┸┸┸ <del>┈</del> ┲╌╠┼╚┈╗┪┸┼╚┈╏╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒╒	JJ

#### 【表紙写真】

上:コバネイナゴ成虫の雌雄 中央:キャベツの菌核病罹病株 下右:ナスミバエ成虫(谷口昌弘氏原図) 下左:ミカンコミバエ成虫(望月雅俊氏原図)

# ひと目でわかる

果樹の病害虫

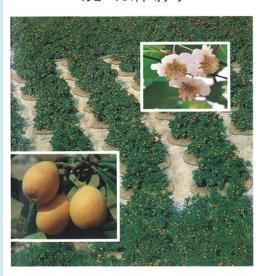
最新版

1 <del>エ</del> シリーズ好評発売中!

ひと目でわかる

#### 果樹の病害虫

- 第一巻(改訂第二版)-ミカン・ビワ・キウイ マンゴー・パパイヤ・オリーブ



# 果樹の病害虫 - 第二種(改訂版)ナシ・ブドウ・カキ・クリ・イチジク 及神 参幅・工庫 及 顧

第二巻(改訂版) ナシ・ブドウ・カキ クリ・イチジク

本体: 6,400円+消費税,送料実費

## 第一巻(改訂第二版)

ミカン・ビワ・キウイ に新たに マンゴー・パパイヤ・オリーブ を追加!

本体: 6,000円+消費税,送料実費



第三巻(改訂第二版)
リンゴ・マルメロ・カリン
モモ・スモモ・アンズ
プルーン・ウメ・オウトウ
ブルーベリー・ラズベリー

ハスカップ

本体:7,800円+消費税,送料実費

一般社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部

TEL 03-5980-2183 FAX 03-5980-6753 http://www.jppa.or.jp/order@jppa.or.jp



# 生物農薬の利用促進に薬剤情報バンクの活用を



一般社団法人 日本植物防疫協会 技術顧問 高橋 賢 司

生物農薬の利用が伸びないと言われて久しい。我が国の生物農薬の出荷額はここ数年ほぼ横ばいの30億円前後で推移し、農薬全体に占めるシェアも依然1%前後にとどまっている。生物農薬のシェアがすでに10%を超えている欧米とは大きな開きがある。

我が国と欧米とのシェアの差には農業事情や消費者の 意識等の違いが関係すると考えられるが、一般的に生物 農薬の利用が進まない理由としては、生物農薬は値段が 高い、その割に効果が高くない、効果が不安定である、 安定した効果を得るには技術や知識が必要で使い方が難 しい、などと言われている。

この解釈の妥当性やこれらの理由が利用の妨げにどれだけかかわっているのかは確かでないが、価格の低下は需要が拡大すれば期待できるし、効果の向上や安定性も原体に優れた微生物や天敵を選抜・作出することで解決できる。しかし、生物農薬は生き物であるので、持っている薬効を最大限に引き出し安定した効果を発揮させるには使い方のポイントを会得する必要がある。

日本植物防疫協会は JPP-NET 上で薬剤情報バンクの本格稼働を平成 29 年(2017 年)10 月から始めた。薬剤情報バンクでは、薬剤の特性や上手な使い方等の情報とともに、薬効や薬害の有無を評価するために行われた新農薬実用化試験の効果成績を概評だけでなく、平成 23年(2011 年)以降については個々の試験成績も閲覧できるようになった。

効果試験の成績を読み解く、つまり、どのような条件下の試験でどれだけの効果が得られたのか否か、を解析することによってその薬剤の薬効を発揮できる条件は何か、反対に発揮できない条件は何なのかがわかり、薬剤の特長を活かした最も効果的な使い方のヒントが得られるし、その剤の薬効の限界も確認できる。

また生物農薬の効果試験では、対照剤として他の生物 農薬だけでなく、できれば化学合成農薬も使うことが望 まれている。そのような設計で行われた試験であれば、 化学合成農薬との比較でその生物農薬がこれまで利用さ れてきた化学合成農薬の代替として使用できるか否かに ついてもより正確に判断できる。 生物農薬は単独で使用するよりも他の防除法,特に化学合成農薬と組合せた体系防除での利用の場面が多いと考えられる。新農薬実用化試験では,生物農薬そのものの能力,つまり真の実力を評価する観点から体系防除まで踏み込んだ試験はほとんど行われていない。しかし,生物農薬の効果的な使い方が明確になって能力が見極められれば,体系防除の設計も立てやすい。さらに言えば,体系防除はIPMを構成する主要な防除手段であることから,IPMの実施にも役立つ。

IPM の普及に向け、我が国で本格的な取り組みが始まってから10数年になる。農水省は平成17年(2005年)9月にIPM 推進の基本的な考え方をとりまとめたIPM 実践指針を公表し、その後、11 作物について作物ごとにIPM 実践指標モデルを策定した。それを受け、各都道府県ではIPM 実践指標を 2018 年までにすでに 80 近くの作物、320 件以上で策定している。実践指標の策定がこのように進んだ背景には、難防除病害虫対策、環境保全、農薬リスク低減に加え、農産物の輸出促進における植物検疫条件をクリアするための病害虫防除手段としてなど新たなニーズが生まれたことがある。このような多様なニーズに応え IPM のさらなる普及促進を可能にするには技術面でのレベルアップは不可欠である。そのターゲットの一つは生物防除技術であり、それを担う生物防除資材として生物農薬への期待は大きい。

その期待に応えるべく日本生物防除協議会は生物農薬の利用促進に関する声明を出した。生物農薬の出荷額のシェアを長期的には農薬出荷額の5%(150億円程度)にすることを目指し、当面は東京オリンピック開催の2020年までに2%(60億円程度)超とする、との目標を掲げた。それを達成するための取り組みは精力的に行われているが、ブレークスルーまでには至っていない。

薬剤情報バンクを活用し薬剤効果試験成績を読み解くことで生物農薬の利用がさらに進み、これからますます重要になるであろう IPM の普及拡大につながることを期待したい。

(「植物防疫」編集委員)

研 究 報 告

## 和歌山県における春どりキャベツの菌核病の 防除適期

和歌山県農業試験場 菱池 政 志

#### はじめに

和歌山県では、冬どり、春どりキャベツの栽培が行われているが、近年、主産地の和歌山市で菌核病の発生が問題となっている。特に春どりキャベツで被害が大きく、中には半数以上の株に発生している圃場も見られる(図-1)。

本病は Sclerotinia sclerotiorum により引き起こされる病害で、土壌中の菌核から発生した子のう盤が開盤し、飛散する子のう胞子が第一次伝染源となる。梅本ら(1984) は、千葉県銚子地方における子のう盤の形成時期は10月下旬~1月上旬であったと報告している。また、小芦(1978) は、鹿児島県では晩夏まき、秋まきの作型で本病の発生が多く、1970~77年の8年間の子のう盤の発生状況を調査したところ、3~4月に発生し始める場合が多かったと報告している。和歌山県では結球期を中心に防除が行われているが、春どりキャベツの場合、年明けの厳寒期が結球期にあたることから、効果的な時期に防除できていない可能性が考えられた。

本稿では、和歌山県における近年のキャベツ菌核病の 発生状況を述べるとともに、子のう盤の形成消長および 時期別薬剤散布による防除効果から、防除適期の検討を 行ったので紹介する。



図-1 キャベツ菌核病の多発圃場 (和歌山市)

Optimal Timing of Fungicide Application for Control of Sclerotinia Rot of Spring Cabbage in Wakayama. By Masashi HISHIIKE (キーワード:キャベツ、菌核病、防除適期)

#### I 和歌山市におけるキャベツ菌核病の発生状況

2014年12月から2018年4月までの12月,3月,4月に,おおむね生育後期から収穫期を迎えた和歌山市の11~29箇所のキャベツ圃場について,菌核病の発病を調査した。各月の発生圃場率は,冬どりキャベツを対象とした12月調査で3.4~27.8%であり,春どりキャベツを対象とした3月調査で50.0~72.2%,4月調査で10.5~50.0%と,特に3月ころに収穫を迎える春どりキャベツで発生が多かった(図-2)。

2018年の春どりキャベツにおいては、それ以前の3年間と比べて菌核病の発生が少なかった。菌核病菌の子のう盤の形成は日平均気温15~16℃が適温とされ(ABAWI and GROGAN, 1979;梅本ら、1984;米山ら、2005;加部ら、2012)、和歌山市ではおおむね11月上旬~中旬の気温にあたる(アメダスデータ、和歌山)。和歌山県における3月どりキャベツの定植時期は10月下旬ころ、4月どりキャベツでは11月中旬ころであり、例年であると春どりキャベツの定植時期に子のう盤の形成が多くなると予想される。しかし、2017年は11月中旬から気温が低く推移したため、子のう盤の形成が少なく、伝染源である子のう胞子の飛散も少なかったことが予想され、本病の発病が減少した要因の一つと考えられた。

#### II 圃場における子のう盤の形成数の推移

2014年に和歌山市のキャベツから分離した菌核病菌を、オートクレーブ滅菌したジャガイモ塊茎切片で2か月間培養して菌核を形成させた。菌核を回収し、4℃で約3か月間保存した後、鹿沼土を充てんしたワグネルポット(1/5,000 a)に埋設し、2016年9月に農業試験場内の露地圃場に設置した。直射日光を避けるため、ポットには寒冷紗(黒色、目合い1 mm)をかけた。10月上旬から翌年4月下旬まで、約1週間間隔で子のう盤の形成数を調査した。形成された子のう盤は調査日ごとに除去した。

子のう盤の形成は主に2016年10月中旬から12月上旬までと、3月中旬から4月上旬まで認められた(図-3)。

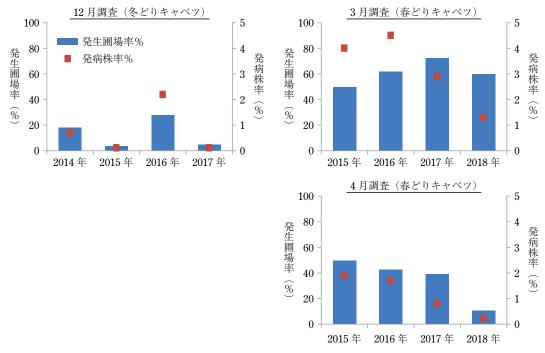
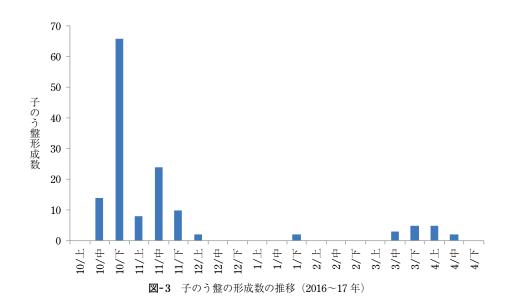


図-2 和歌山市におけるキャベツ菌核病の発生状況



米山ら(2005)によると、子のう盤は  $5\sim20$ ℃で形成される。2016年の気象データ(図-4)を見ると、子のう盤の形成が見られる時期の日平均気温は、 $5\sim20$ ℃の範囲内であった。また、加部ら(2012)は日平均気温に加え、30 mm 程度の降雨があると子のう盤の形成が増加することを指摘している。2016年は 10 月 9 日に 20.5 mm、10 月 17 日に 22.5 mm の降雨があり、10 月下旬は降雨日が 6 日あるなど、30 mm に達する降雨はなかったものの、定期的に降雨があったことが子のう盤の形成を促進した可能性がある。一方、再び子のう盤の形成が見られ始めた 2017年 3 月中旬のように、子のう盤の形成には

あまり適さないような低温·少雨条件でも,形成される ことがあった。

#### III 時期別薬剤散布による防除適期の検討

農業試験場内の露地圃場に,2016年11月16日にキャベツ(品種'めぐみ')を定植した。供試薬剤はイプロジオン水和剤(商品名:ロブラール水和剤)1,000倍(展着剤(商品名:グラミン)5,000倍を加用した),散布日は11月24日,12月12日,2月24日,3月18日とし、それぞれの1回散布区,11月と12月の2回散布区,11月と12月と3月の3回散布区を設けた。3月下旬から4



図-4 旬ごとの平均気温と降水量の推移(2016~17年)

表-1 時期別散布によるキャベツ菌核病の防除効果

処理区		散布	fi 🖯		調査		発病株数					防除価
	11/24	12/12	2/24	3/18	株数	3/27	4/4	4/13	4/17	4/24	(%)	別所叫
11 月散布	0				84	0	3	7	7	10	11.9	45.1
12 月散布		$\bigcirc$			83	0	5	7	8	8	9.6	55.6
2月散布			$\bigcirc$		82	4	9	12	13	14	17.1	21.3
3月散布				$\bigcirc$	84	2	5	8	9	9	10.7	50.6
2 回散布	$\bigcirc$	$\bigcirc$			83	0	2	7	9	10	12.0	44.4
3回散布	$\bigcirc$	$\bigcirc$		$\bigcirc$	83	0	2	4	4	5	6.0	72.2
無処理					83	3	4	11	12	18	21.7	

数字は3 反復の合計.

発病株率と防除価は 4/24 調査の結果に基づく.

防除価=100-(処理区の発病株率/無処理区の発病株率×100).

表-2 数種薬剤のキャベツ菌核病に対する防除効果

供試薬剤	希釈 倍数	調査 株数	発病 株数	発病株率 (%)	防除価
ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤	1,500	84	0	0	100
ピリベンカルブ水和剤	2,000	84	2	2.4	89.0
イプロジオン水和剤	1,000	83	5	6.0	72.2
無処理		83	18	21.7	

調査日:2017年4月24日. 数字は3 反復の合計.

月下旬まで約1週間隔で発病調査を行った。

結果を表-1に示す。11月,12月,3月のそれぞれ1回散布で防除効果が認められた。一方,厳寒期である2月の1回散布では防除効果は認められなかった。また,複数回散布を検討したところ,11月,12月,3月の3回散布で最も防除効果が高かった。今回の結果から,子のう盤の形成が見られる時期と,効果が認められる防除時期はほぼ一致し,和歌山県における春どりキャベツの

菌核病の防除適期は、定植直後から12月までと3月中 旬以降と考えられた。

#### IV 数種薬剤の防除効果

Ⅲ 章の試験と同様に,2016年11月16日定植のキャベツ(品種'めぐみ')で試験を行った。ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤(商品名:シグナムWDG)1,500倍、ピリベンカルブ水和剤(商品名:ファンタジスタ顆

粒水和剤) 2,000 倍, イプロジオン水和剤 1,000 倍を供試し, 11月 24日, 12月 12日, 3月 18日の3回散布とした。4月 24日に発病を調査した。なお, ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤のキャベツに対する使用回数は2回までであるが,薬剤の防除効果の比較のため,3回散布とした。

ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤の防除価は100, ピリベンカルブ水和剤は89.0 と防除効果が高く, イプロジオン水和剤は防除価が72.2 とやや劣った(表-2)。この結果からも, 子のう盤の形成時期に薬剤を予防的に散布することで防除効果が得られることが示された。

#### おわりに

加部ら(2012)は、夏秋キャベツの本病の対策として、子のう盤の開盤状況を明らかにし、それに応じた時期に防除することが効果的であると述べている。今回、春どりキャベツにおいても、子のう盤の形成時期に防除することで、防除効果が得られることが明らかとなった。子のう盤の形成は気象条件によるところが大きいが、本県における子のう盤の形成消長について詳細には把握できていない。今後も調査を継続し、気象条件との関係がよ

り明確になれば、防除上有益な情報となる。

鈴井・小林(1972)は、キャベツ菌核病と同一の病原菌が引き起こすインゲン菌核病において、子のう胞子の飛散距離は少なくとも数百メートルと報告している。本県のキャベツ産地は比較的まとまって形成されているうえ、同じ地域に本病の発生を確認しているハクサイやブロッコリーといった他のアブラナ科野菜の産地もあり、周囲の圃場から子のう胞子が飛散することも考えられるため、本病の防除には地域ぐるみで取り組む必要がある。

今回供試した薬剤はいずれも本病に対して防除効果が 認められた。今後、効果の高い薬剤による適期防除を行 うことで、本病の発病抑制につながるものと考えている。

#### 引 用 文 献

- 1) Abawi, G. S. and R. G. Grogan (1979) : Phytopathology  $\mathbf{69}$  : 899  $\sim$  904.
- 2) 加部 武ら (2012): 群馬県農技セ研報 9:51~58.
- 3) 小芦健良 (1978): 九州病虫研報 24:46~47.
- 4) 鈴井孝仁·小林尚志 (1972):北海道農試研報 102:61~68.
- 5) 梅本清作ら (1984): 千葉県農試研報 25:9~17.
- 6) 米山伸吾ら (2005): 図説野菜の病気と害虫 伝染環・生活環 と防除法、農文協、東京、p.127~130.

#### 農林水産省プレスリリース (30.7.14~30.8.15)

農林水産省プレスリリースから、病害虫関連の情報を紹介します。 http://www.maff.go.jp/j/press/syouan の後にそれぞれ該当のアドレスを追加してご覧下さい。

- ◆ 「平成 30 年度病害虫発生予報第 5 号 (水稲及び平成 30 年 7 月豪雨関係)」の発表について (7/25) /syokubo/180725.html
- ◆ 「平成 30 年度病害虫発生予報第 6 号」の発表について (8/8) /syokubo/180808.html

研究 報告

# 沖縄県におけるナスミバエ *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae) の被害回避のためのいくつかの知見

#### はじめに

沖縄県には、かつてウリミバエとミカンコミバエという植物検疫対象害虫が発生していたため、植物防疫法により多くの果樹類や果菜類の県外移動が制限され農業振興の大きな阻害となっていた。しかし、1986年にミカンコミバエが、1993年にウリミバエが根絶され、県外への農産物の出荷が自由となり農業生産額は飛躍的に伸びた。

ところが、近年、本県で国内未発生であったナスミバエが確認された。本種は、植物防疫法で輸入検疫対象害虫に指定されているが、国内における移動制限の対象とはなっていない。しかし、今後の状況次第では何らかの措置がとられる可能性もあり、本県では農林水産大臣指令(農林水産省指令16消安第5938号)に基づき沖縄県特殊病害虫特別防除事業の中で被害軽減とまん延防止対策のため、寄主果実調査や圃場調査等を実施し、発生状況や被害実態の把握を行っているところである。その中で、ナスミバエ防除に有効と思われるいくつかの知見が得られたので報告する。

本文に先立ち、野外調査では国、県、市町村の関係機関、JAおきなわや沖縄県協同青果株式会社を始めとする農業生産団体、果実分解調査や圃場調査では琉球産経株式会社と第一農薬株式会社の職員の協力をいただいた。紙面をお借りしてお礼申し上げる。

#### I ナスミバエとは

ナスミバエはミバエ科の一種で、成虫の体長は6~8 mm (図-1, 2)、種名の通り幼虫が主にナス科植物で

Several Findings on Avoidance of Injured to the Solanum Fruit Fly in Okinawa Prefecture. By Masahiro Taniguchi, Yasutsune Sadoyama and Shinji Kawano

(キーワード:ナスミバエ,沖縄県,被害回避,発生,薬剤効果,シマトウガラシ)

あるトウガラシ類(ピーマン、シシトウガラシ等を含む)、トマト、ナス等の果実内部を食害する(図-3)。そのため、食害が進行しないと被害の確認が困難な場合が多く(図-4)、購入後の調理段階で果実の中からウジが現れ、消費者に強烈な印象を与え、沖縄県の農産物のイメージダウンにつながる。したがって、被害果実をいかに流通させないかが重要である。

発育期間は、26.5℃の定温条件下で卵から成虫まで約22日、産卵前期間は約11日、生涯産卵数は約940個である(石田ら、2005)。東南アジア、中国南部、台湾、インド、スリランカ等に分布するとされるが、1983年にハワイのオアフ島に侵入し(VARGAS and NISHIDA、1985)、7年間で同諸島の主要な島に分布を拡大した。2006年にはアフリカのタンザニアに侵入し(MWATAWALA et al.、2007)、その後ケニアにまで分布拡大している。

また、ナスミバエには、ミカンコミバエのメチルオイゲノールやウリミバエのキュウルアのような強力な誘引剤が発見されておらず、トラップを用いた効率的な調査ができないため、発生状況の把握は寄主果実調査が主体である

#### Ⅱ 沖縄県における侵入経過と被害の概要

#### 1 侵入経過

我が国におけるナスミバエは、1984年(昭和59年)に沖縄県与那国町において、トマトで寄生が確認されたのが初記録である(金田ら、1985)。その後、10年以上発見されなかった期間もあったが99年以降は毎年寄生果実が発見されるようになり、2004年にはほぼ島の全域で発生確認されるに至り、定着したと判断された(Shimizu et al., 2007)。そのため、04年から本格的な防除が開始され(小濱・松山、2010)、11年8月にナスミバエで世界で初めて不妊虫放飼法による根絶が確認された(福ヶ追・岡本、2012)。

ところが、2010年11月に沖縄本島中部のナス果実で



図-1 シマトウガラシ上の雌成虫



図-3 シマトウガラシを加害する幼虫



図-2 シマトウガラシに産卵する雌成虫



図-4 シマトウガラシの被害果実 (左の一つは正常果実)



シマトウガラシ(和名:キョ 学名:*Capsicum frutescens* ほとんどが放任栽培



学名:Solanum americanum 耕作地帯,住宅地域等に広く生育する

図-5 ナスミバエの好適寄主植物

本種の寄生が確認されたため、12月に全県一斉の寄主 果実調査を実施したところ、沖縄本島中部を中心に18 市町村で寄生果実が確認され、沖縄本島はほぼまん延状 態であることが明らかとなった(図-6)。この時点では 本島以外での発生は確認されなかったが、14年以降徐々 に沖縄本島の周辺離島に分布を広げ、17年には宮古群 島でも発生が確認され、県内41市町村のうち未発生地域は石垣市、竹富町、与那国町、北大東村の4市町村のみとなった(図-6)。また、17年には鹿児島県の徳之島以南でも発生が確認されている。

#### 2 被害の概要

2011年までの与那国島での寄主果実調査と 2011年か

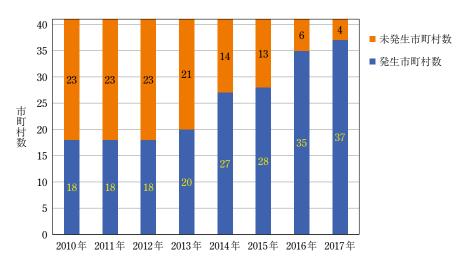


図-6 沖縄県のナスミバエ発生確認市町村数の推移 (本稿執筆中の 2018 年 6 月に与那国島 で再侵入が確認されたため未発生市町村数は 3 となった)

**表-1** 施設栽培ピーマンと周辺のテリミノイヌホオズキのナスミバエ寄生状況調査結果 (2017 年 5 月、八重瀬町)

植物名	調査 地点数	調査 果数	重量 (g)	寄生 地点数	総幼虫数	1 地点当たり 平均幼虫数
ピーマン (施設内)	9	169	9,230	0	0	0
ピーマン (施設外残渣) a	2	30	1,420	0	0	0
テリミノイヌホオズキb	9	3,565	518	8	649	81.1

- a ピーマン残渣は新鮮な果実を採果.
- b テリミノイヌホオズキは調査ハウス周辺半径 50 m 範囲で採果.

ら17年までの県全体の寄主果実調査や被害実態調査から、ナスミバエの被害の特徴として、①被害は、キダチトウガラシ(以下「シマトウガラシ」と呼ぶ。)などの辛味トウガラシ類と家庭菜園など小規模栽培のナス科作物で顕著であるが、経済栽培されているナス科作物で顕著であるが、経済栽培されているナス科作物では被害が見られないこと(表-1)、②与那国島ではほとんど寄生が見られなかったシマトウガラシへの寄生が沖縄群島では著しいこと、③農産物直売店などで販売されているシマトウガラシにはナスミバエの寄生果の混入が多いこと、④ナス科以外では、オキナワスズメウリへの寄生が与那国島と沖縄本島で僅かに確認されたこと、⑤野生寄主植物では、テリミノイヌホオズキへの寄生が顕著であること(図-5)、などがあげられる(投稿準備中)。

#### Ⅲ まん延防止および防除対策

#### 1 薬剤による防除効果

与那国島では、ナスミバエの防除手段として不妊虫放 飼法による根絶防除が採用された。しかし、与那国島に 比べ 40 倍以上の面積がある沖縄本島において不妊虫放 飼法を実行することは、経費、人員、費用対効果などの面 で現実的ではない。また、ナスミバエに唯一使用できる 登録農薬としてスピノサド水和剤(商品名:スピノエースベイト)があるが、一般の水和剤に比べ水に溶けにくいことや、適用場所が「加害作物周辺藪地」という通常の農薬と異なるため農家では普及していない現状がある。

経済栽培におけるナス科果菜類は、アザミウマ類、アブラムシ類、コナジラミ類、ダニ類、チョウ目害虫等、多くの害虫が発生するため薬剤による防除頻度が高い。沖縄県におけるナス科作物のなかでナスミバエの被害が問題となっているのは、前述のように、露地のシマトウガラシや家庭菜園のナス科作物であり、経済栽培圃場では問題になっていない。このことから、ナス科に発生する害虫への薬剤防除がナスミバエに対しても影響を及ぼしていると考えられた。

同じミバエ科のミカンバエでは、カンキツに既登録で 浸透移行性のある殺虫剤のなかで、ジメトエート乳剤、 チアメトキサム水溶剤、ジノテフラン水溶剤の効果が高 いことを確認し、ミカンバエを適用拡大した事例がある (楢原ら、2007)。

そのため、まずナスミバエの被害が大きいシマトウガラシをターゲットとして、トウガラシ類で登録のある薬剤のなかからナスミバエに防除効果の高い剤を確認でき

れば、本種に対し適用拡大し、防除対策につながると思われる。

そこで、実際の栽培規模に近い露地圃場(15×25 m,70株)を那覇市に所在する沖縄県病害虫防除技術センター内に設置し、ナスミバエの発生密度の高い2017年7~9月に、トウガラシ類で登録のある殺虫剤と殺ダニ剤計21剤(2017年登録情報)のうち3剤について、実用濃度で防除効果を検討した。その結果、ジノテフラン水溶剤の2,000倍処理が、処理後8日後から21日後までほぼ寄生果率がゼロであり、2回処理後も20日後まで寄生果率ゼロと高い効果を示した。次いで、チアメトキサム水溶剤の3,000倍処理、ペルメトリン乳剤の2,000倍処理の順で効果が認められたが、両剤とも処理後1週目は効果が認められたものの、寄生果率は4.7%~22.9%であった(図-7、谷口未発表)。

次に、ジノテフラン水溶剤の効果が卵や幼虫に対するものか成虫に対するものかを確かめるため、以下の試験を行った。2018 年 3 月に多良間村において、着果しているトウガラシ株にジノテフラン水溶剤 2,000 倍を処理し、30 日後に無処理区と処理区果実を任意に採集し、糸満市の沖縄県農業研究センターに持ち帰った。持ち帰った果実は 2 日間室温(26C)で保管し、ナスミバエの寄生が認められないことを確認したのち、各 8 果を実験室内(26C)の飼育ケージ内でそれぞれ 30 頭の雌成虫に 1 昼夜産卵させた。その結果、無処理区では 8 果すべてに寄生が認められ、合計 22 頭の幼虫または蛹を確認し 21 頭が羽化したのに対し、処理区では 8 果中 2 果で

3頭の幼虫の寄生が認められたものの1頭が羽化したのみであった。なお、産卵時の雌成虫は、両区とも同程度に飛来して産卵行動をとり、その後の死亡は認められなかった。このことから、ジノテフラン水溶剤はナスミバエの卵や幼虫に影響を及ぼし、それは少なくとも処理後30日間持続すると考えられる(河野未発表)。

# 2 農産物直売店におけるシマトウガラシの被害実態シマトウガラシは、一般の生鮮食料品店などではほとんど流通せず、入手は自家栽培か観光客も頻繁に立ち寄る地元農産物直売店がほとんどであるため、未発生地域への寄生果実の持ち出しリスクが高いと考えられた。そこで、2016~17年にかけて本島内の8店舗を対象に、出荷農家当たり1パック(1パックに20~100個程度入っている)をサンプリングし、合計で11回166パックを沖縄県病害虫防除技術センターで保管・分解調査した。その結果、平均で53%のサンプルで寄生果実が混入しており、1サンプル当たり平均12.4頭の幼虫が確認された(表-2)。

なお、毎回の結果は各店舗に報告し、店舗では寄生果が確認された出荷農家に対しては納入停止などの措置が とられた。また、直売所の店頭ではポスターなどを表示 し、未発生地域への生果の持ち出し自粛の呼びかけが行 われた。

#### 3 その他の対策

沖縄県では、発生当初の応急的防除対策として、以下 のことを生産者や生産団体に指導してきた。

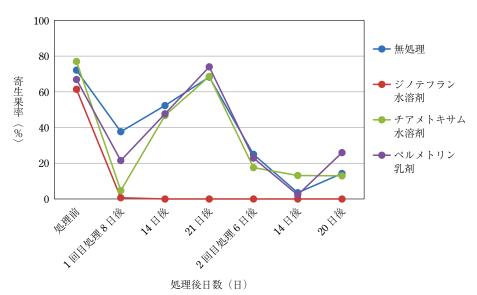


図-7 シマトウガラシのナスミバエに対する各種薬剤の効果

> 試験場所:病害虫防除技術センター内露地圃場1区14株. 試験期間:2017年7~9月.> 供試薬剤:トウガラシ類に登録のある殺虫剤使用.1回目処理7/10.2回目処理8/1.

▶希釈倍数:ジノテフラン水溶剤 2,000 倍 チアメトキサム水溶剤 3,000 倍 ペルメトリン乳剤 2,000 倍

調査年	サンプル数	寄生 サンプル数	確認幼虫数	寄生サンプル 率 (%)	サンプル 当たり幼虫数
	140 26	78 10	987 101	55.7 38.5	12.7 10.1
合計	166	88	1,088	53.0	12.4

表-2 農産物直売店のシマトウガラシのナスミバエ寄生状況調査結果

サンプリング期間:2016年8月から2018年1月. サンプリング:月1回,1店舗1生産者1サンプル. 調査項目:寄生果実の有無.サンプルごとの幼虫数.



#### (1) 生産現場から出荷までの対策

- 1) 定植後の着果開始株の網掛けや施設出入り口の二重カーテン、または、ファスナー付きネットの設置。
- 2) 搬送時の新聞紙やビニール等の被覆による果実の露出防止。
- 3) 選果場へのナスミバエ侵入防止のため、搬入口における簡易間仕切りシートの設置、扉や窓等への防虫網の設置。

#### (2) 卸業者などへの出荷自粛の協力依頼

ナスミバエの持ち出しリスクの高いシマトウガラシなどの辛味トウガラシ類の生産者や加工業者, 県中央卸売市場および青果物卸販売業者に対し, これら生果の未発生地域への出荷自粛, また, 苗販売業者に対する実付き苗の未発生地域への持込自粛。

#### おわりに

2010年に沖縄本島に侵入したナスミバエは、発生地域を次第に拡大し、現在、未発生地域は4市町村を残すのみである。

これまでの寄主果実調査や被害実態調査の結果から、 栽培植物では家庭菜園などの小規模栽培圃場で被害が大 きく、シマトウガラシは庭先、圃場を問わず被害が大き いことがわかった。これらの場所に共通することは防除 圧が低いか無いことである。また、野生寄主植物ではテリ ミノイヌホオズキで寄生率が高いことが明らかとなった。

ミカンコミバエやウリミバエは移動規制害虫のため根 絶を目的とした技術が先行し、薬剤防除についてはほと んど検討されず、ナスミバエについてもこれまで薬剤効 果試験は行われてこなかった。

沖縄県では、一年を通して常にナス科植物の果実が存在するため、ナスミバエの成虫は寄主植物を替えながら 周年活動していると考えられる。また、本種の利用頻度 が高いシマトウガラシやテリミノイヌホオズキの結実期間は少なくとも半年以上と長い。したがって、本種に対する防除対策は、年間を通して必要となる。そのため、薬剤以外の防除技術、野生寄主植物の管理、既登録薬剤スピノサド水和剤のより効果的な使用技術の開発等も進めていく必要がある。また、ジノテフラン以外の防除効果の高い薬剤の探索や実用的な誘引剤の開発等、複数の防除資材や技術を組合せた防除体系の確立が必要である。

筆者らは、今回紹介した被害実態調査や薬剤効果試験を基に、今後、未調査のトウガラシ類登録薬剤の効果確認試験を実施してナスミバエへの適用拡大を進め、シマトウガラシを含む辛味トウガラシ類の防除マニュアルの作成・普及をめざす考えである。

また、シマトウガラシは沖縄県の地域特産作物として 県内各地で生産振興の動きがある。ナスミバエの未発生 地域へのまん延防止の観点から、県民や旅行者等の消費 者だけでなく、苗業者や農業関係者に対してもシマトウ ガラシに代表される寄生リスクの高い作物の移動自粛に 関する広報・啓発活動が重要であると考えている。

#### 引 用 文 献

- 1) 福ヶ迫 晃・岡本昌洋 (2012): 植物防疫 66:13~17.
- 2) 石田龍顕ら (2005): 植物防疫所調査研究報告 41:39~42.
- 3) 金田昌士ら (1985): 那覇植物防疫情報 59:294.
- 4) 小濱継雄·松山隆志 (2010): 植物防疫 64:56~59.
- 5) Mwatawala, M. et al. (2007): J. Appl. Entomol. 131:501~503.
- 6) 楢原 稔ら (2007): 大分県農林水産研究センター研究報告 1: 107~110.
- 7) Shimizu, Y. et al. (2007): Appl. Entomol. Zool.  $42:269\sim275$ .
- 8) Vargas, R. I. and T. Nishida  $\,$  (1985) : J. Econ. Entomol. 78 : 1242  $\,$   $\sim$  1244

本稿で供試された薬剤の一部はナスミバエに対して未 登録ですのでご留意ください。

「植物防疫」編集注

# 研究報告

## デイゴヒメコバチの天敵デイゴカタビロコバチの 導入に至る経緯と寄主の生活史から見た 最適な放飼時期

元 沖縄県農林水産部森林資源研究センター 安 田 慶 次

#### はじめに

デイゴ Elythrina variegata は、マメ科デイゴ属に属するインド原産の木で、沖縄では街路樹・公園・学校等に植栽されるほか、琉球漆器の生地や用材として植栽され、さらに県花として親しまれている重要な花木である(図-1)。しかし、2005 年 5 月に石垣島で、デイゴヒメコバチ Quadrastichus elythrinae(図-2)の加害を受け、若枝や葉がこぶ状となった虫こぶ(図-3)が発見された(Uechi et al., 2007)。

2年後には、沖縄本島でも同様な枝葉が次々と発見され、被害は拡大した(喜友名、2013;2017)。特に新芽が加害されると、花芽が出現せず開花率が著しく低下する。数年間激しく加害されると樹は次第に衰弱し枯死する(図-4)。デイゴヒメコバチ侵入前の2002年に行われた沖縄本島でのデイゴ開花率調査では樹冠の2/3以上開花した樹が54.7%を示した(渡嘉敷、2003)のに対し、侵入後9年が経過した2014年には7.5%にまで低下し(安田、2015)(図-5)、まったく開花しない樹も数多く認められた。開花した樹の多くは薬剤灌注によるデイゴヒメコバチの防除が行われた樹である。さらに、この間の枯死によってデイゴの樹数は15.5%減少した。加えて若木の被害がひどく、植え付けても新芽が虫こぶとなって加害されるため成長せず、そのまま枯死することが多い。

#### I デイゴヒメコバチの天敵導入に至る経緯

#### 1 デイゴヒメコバチについて

デイゴヒメコバチは 2004 年に新種として記載され (KIM et al., 2004), デイゴ属 5 種とデイゴ 1 品種を加害 するハチで, 葉や葉柄, 新梢に虫こぶを形成し, 虫こぶ が多数形成されると, 新梢や葉柄, 若葉の虫こぶが連な

Introduction of *Eurytoma erythrinae*, a Natural Enemy of the *Erythrina* Gall Wasp *Quadrastichus erythrinae* and the Timing of Releasing the Natural Enemy Based on its Host Life History. By Keiji Yasuda

(キーワード:デイゴ,デイゴヒメコバチ,導入天敵,デイゴカタビロコバチ)



図-1 デイゴの花



図-2 デイゴヒメコバチ雌成虫



図-3 デイゴヒメコバチによるデイゴの被害

り、大きくコブのように変形するため発育は止まり、さらに被害が進むと枝の先端部が枯死してしまう(Heu et al., 2006)。デイゴヒメコバチは、世界各地でほぼ同時期に多発生しており、2003年に台湾、2005年にインド、ハワイ、ベトナム、2006年にフロリダでの発生が確認され、また、香港、タイ、フィリピン、サモア、グアムでも確認されている。デイゴヒメコバチの原産地はまだ明らかとなっていないが、アフリカ南部のデイゴ類で同じ虫こぶが発見されていることや、この種に特異的に寄



図-4 枯死したデイゴ

生する寄生蜂がアフリカで採集されていることなどから、アフリカが原産地であると考えられている。

体長はオスで 1.0~1.2 mm, メスで 1.5~1.6 mm。メスはほぼ全身が濃褐色で、複眼、単眼を除く頭部、胸部などが黄色(図-2)。オスはメスの濃褐色の部分がより淡く、特にメスの黄色の部分は白色から淡い黄色をしている。性比はオス対メスが 7 対 1 (我々の調査では 9 対 1)で雄が多いが、その原因は明らかになっていない。デイゴヒメコバチのメスは、羽化 1 日目ですでに約 60 個の成熟卵を保有しており、成熟卵を最大時に約 320 個体内に保有し、デイゴの新芽、若い葉や茎に産卵する。ふ化した幼虫は虫こぶを形成し、その中で成長し約 20日で成虫となる。成虫の寿命は室内で 10 日、野外では 2~3 日と思われる。

#### 2 薬剤防除の限界

沖縄県森林資源研究センターでは、デイゴヒメコバチの緊急防除のため、殺虫効果試験を実施し、これまで広葉樹で一般的に使用されてきたネオニコチノイド系のチアメトキサム(樹幹注入剤)とイミダクロプリド(散布剤)の殺虫効果が高いことを明らかにした(喜友名、2013)。その結果、2008年に上記2種類の薬剤が適用拡大され、防除事業への利用が可能となった。薬剤の量は、他の広葉樹において使用されている一般的な薬量を用い

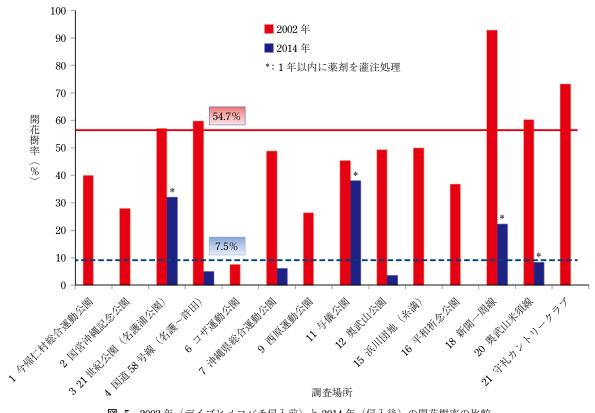


図-5 2002 年 (デイゴヒメコバチ侵入前) と 2014 年 (侵入後) の開花樹率の比較 中の数値および横線は平均値を示す.

たため、防除経費が1 樹当たり 2~3 万円と高額になった。そこで、沖縄県森林資源研究センターでは、コスト削減に向けた低薬量による防除効果研究を行った(喜友名、2013)ところ、常用されていた半分の薬量で、同等の防除効果があることを明らかにした。樹幹注入法では、胸高直径が30~40 cmの大きさの場合、樹幹に2~6箇所の穴を開け、そこへ浸透移行性の殺虫剤をガスの圧力により注入する(図-6)。この方法は、樹幹に毎年孔を穿つため、樹への負担は大きく、病害の感染も危惧される。さらに予算上の制約から薬剤処理を行えるデイゴは県下に植栽されているデイゴ樹数の10分の1程度に限られる。

# II デイゴヒメコバチの生活史と天敵デイゴカタビロコバチの野外放飼について

#### 1 生活史の調査

デイゴヒメコバチの防除を考えるうえで必要な発生生



図-6 デイゴの樹幹に対する薬剤処理

態を把握するため、2014年4月より2018年3月までの4年間、沖縄本島3箇所のデイゴ植栽地において、合計10本のデイゴを調査樹と定め、黄色粘着トラップによる捕獲成虫数、デイゴの若葉数、デイゴヒメコバチによる虫こぶの状態を週1回調査した。

トラップ捕獲虫数は4年間とも4月はわずかであった が, 6月以降急速に増加し, 10トラップ平均で3,000頭 を越え、6~7月にかけて最初のピークを作った(図-7)。 その後1,000頭前後で推移し、11月中旬に二つ目のピー クを形成した。1月から3月の捕獲数は激減したが、こ れは産卵対象となる若葉の減少および、虫こぶ内でのデ イゴヒメコバチ幼虫の休眠によると考えられ、さらにこ の時期には成虫の雌率が高まった。また、若葉などの多 い時期は捕獲虫数ピーク時期より先行し、被害葉(虫こ ぶ)の割合(図-8)と成虫捕獲数のピークは一致し、産 卵対象となる若葉および新梢の増減が虫こぶの量を左右 し、それに起因して6月の成虫捕獲虫数が増加すると考 えられた。特に5月の新梢はよく延び、多くの若葉を生 み出す, その柔らかな茎葉に大きな塊の虫こぶを作り, それによって6月の成虫の発生のピークを生み出した (図-8)。新梢の発生は少なくとも毎年3~4回認められ た。毎月1回、虫こぶを実験室へ持ち帰り、飼育し、観 察したがデイゴヒメコバチの個体群動態に影響を与える ような, 有力な天敵 (寄生者, 捕食者) は発見されなか った。またデイゴヒメコバチの性比は9:1で雄に大き く傾き、成虫の発生の少ない時期には雌率が高まる。性 比の決定のメカニズムや休眠性等の解明は防除を考える うえで重要で、今後の大きな課題である。

#### 2 ハワイにおける生物的防除

我々はハワイ大学のカウフマン博士の報告(KAUFMAN

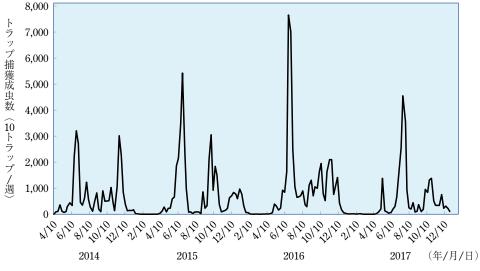


図-7 黄色粘着トラップ (10個) によるデイゴヒメコバチ成虫捕獲虫数の推移

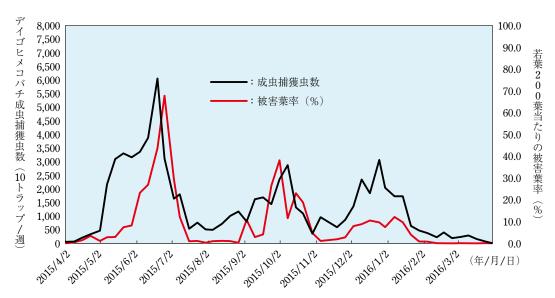


図-8 デイゴヒメコバチ成虫の発生消長とデイゴ若葉 200 葉当たりの被害葉率 (%)

et al., 2013) により、ハワイ州は導入天敵によりデイゴ ヒメコバチの防除を行っていることを知った。デイゴヒ メコバチの侵入は、ハワイにおける在来デイゴ属の一種 E. sandwicensis を絶滅の危機に陥れた。薬剤による防除 も行われたが、大面積を防除するのは困難である。そこ で米国政府農務省、ハワイ大学らの研究者が中心となっ て有望な天敵の探索がアフリカで行われ、いくつかの天 敵が採集された (GATES and DELVARE, 2008)。ハワイ州農 務省における昆虫隔離施設でその防除効果や環境生物へ の厳格なリスク評価を行った。2008年11月に、最も有 望な天敵カタビロコバチ科の一種デイゴカタビロコバチ Eurytoma erythrinae はデイゴヒメコバチを防除するた め野外への放飼が承認された。

ハワイ在来デイゴ属の一種を加害するデイゴヒメコバ チに対する導入天敵としての効果を評価するために、天 敵放飼前および放飼後の比較調査が始められた。定期的 な調査とデイゴヒメコバチのゴールの分解調査の結果に よって、天敵は放飼6か月以内に定着が確認された。

天敵放飼後のモニタリング調査結果は, 天敵の成虫が 多くのデイゴ属の樹の葉上に生息し、デイゴヒメコバチ をうまく防除していることを示した。一方, デイゴヒメ コバチの密度がまだ高い場所ではデイゴの花の咲き方が よくない地域が残っている。生き残った在来デイゴ属の 一種 Wiliwili 木は、デイゴヒメコバチの被害から回復し つつあり、現在、ハワイでは薬剤による防除は行われて いない。

沖縄県はこの報告を知り、ハワイ州農務省へ情報の提 供と導入への協力をお願いし、デイゴカタビロコバチの 沖縄への導入を試みた。

#### 3 天敵デイゴカタビロコバチについて

デイゴカタビロコバチ(図-9)は2006年にタンザニ アで発見され、デイゴヒメコバチの天敵として 2008 年 に記載された。雌は平均体長2.43 mm, 雄は1.9~2.3 mm のカタビロコバチ科のハチである。ハワイの報告ではそ れぞれ最短で卵期間は3日、幼虫期間は11日、蛹期間 は4日,成虫の寿命は40.4 ± 2.2 日である。沖縄での飼 育では11月には成虫を野外網室内のデイゴヒメコバチ の虫こぶに成虫を放飼した後30日,12月には35日後 ころから虫こぶからの羽化脱出が認められた。雌成虫は 虫こぶの外側から産卵し, ふ化した幼虫は中のデイゴヒ メコバチ幼虫や蛹に外部寄生する(図-10)。また、雌成 虫自身もデイゴヒメコバチの幼虫を寄主体液摂取するこ とがハワイで観察され、一生で4~10匹程度を死亡させ ると言われている。沖縄で鉢植えデイゴにデイゴヒメコ バチの虫こぶを作らせ(1鉢平均300頭以上が生息). そ こへ雌雄各5頭のデイゴカタビロコバチの成虫を網掛け 放飼し(4 反復), 2~3 日おきに羽化してくるデイゴヒ メコバチの成虫数を計数したところ、放飼27日後の4 反復合計の累積成虫数は無放飼区で1,350頭に対して天 敵放飼区は650頭となり、虫こぶ内のデイゴヒメコバチ を50%程度死亡させていることが明らかとなっている。

#### 4 導入天敵を放すこと

害虫が外国から侵入して1時的に多発しても、土着の 生物(天敵)がこれを迎え撃ち、長期にわたり大発生す るのを防ぐ場合もある。しかし、デイゴヒメコバチの場 合,侵入後十数年を経過しても有力な土着天敵は現れ ず、大発生が続いている。そのため、すでにアフリカか らデイゴヒメコバチの天敵の導入を行ったハワイの事例



図-9 デイゴカタビロコバチ雌成虫

を検討し、同時に天敵の餌となるデイゴヒメコバチの増殖法を開発し、導入に備えた。

外国から天敵を導入する際の関連法令などは次の3点 である:①検疫有害動植物に該当しないこと(植物防疫 法),②特定外来生物として指定されていないこと(外 来生物法), ③輸出元の公的機関の了解(本種の場合ハ ワイ州農務省)である。寄生性天敵の場合、寄主の害虫 が混在する虫こぶを持ち込む場合. 輸入に際し農林水産 大臣の特別許可が必要で、さらに事前に隔離飼育施設に 対する審査に合格しなければならない。試験研究目的の 場合は例外として認められているが、天敵を防除目的で 使用する際には農薬登録が必要である。安全性の評価, 中でも在来生物相への評価は重要で,近縁種の存在,固 有希少種, 有用昆虫, 土着天敵等の標的外生物種に対す る影響を十分に評価し、導入の可否を慎重に検討する必 要がある。沖縄県は、昆虫学や害虫防除に関する学識経 験者、環境省担当者らによる検討委員会を設け、その中 で指摘や指導を受けながら調査を行った。同時に、天敵 導入に関する講演会,マスコミを通じての広報活動や, さらには県民へのアンケート調査を実施し, 天敵デイゴ カタビロコバチの野外放飼のアンケートに回答した県民 の7割の支持を得た。

また事業などで広域的な防除を行う場合には農薬取締 法の規定により生物農薬と見なされるため、農薬登録す ることが必要である。

#### 5 環境影響調査

デイゴカタビロコバチの放飼前に、在来生物相への影響を十分に評価し、導入の可否を検討する必要から、湯川淳一博士、松尾和典博士、上地奈美博士ら虫こぶや寄生蜂の専門家の協力を得て、環境影響評価法の検討や調査対象昆虫の選定を行った。まず同じ Eurytoma 属の寄



図-10 デイゴカタビロコバチの幼虫

主範囲を調査し、特に虫こぶを形成するタマバエ科 Asphondylia 属やハモグリバエ科とその寄生蜂等,沖縄 県内に分布する14種を影響を受ける可能性のある昆虫 の候補として選定した。調査はデイゴに形成されたデイ ゴヒメコバチの虫こぶと対象昆虫の虫こぶをシャーレ内 に入れて選択実験で行った。また、評価対象の虫こぶに 網掛してデイゴカタビロコバチ雌成虫を放し、産卵行動 を観察し、解剖して産卵の有無を調べた。その結果、デ イゴカタビロコバチ雌成虫はデイゴの虫こぶのみに産卵 行動を示した。さらに在来種のデイゴカタビロコバチと の交雑試験、外部形態や DNA 塩基配列の比較から、本 種との交雑の可能性はないと考えられた。また、これま でのところ、天敵のカタビロコバチがデイゴヒメコバチ 以外の昆虫を捕食する報告はなく、我々の実験でも他の 昆虫を捕食することは確認されていない。仮に沖縄のデ イゴに天敵を放飼し、定着して害虫のデイゴヒメコバチ を食べ続けてくれれば、薬剤にあまり頼らずに、これま で以上に安価で多くのデイゴを長期に守ることができる だろう。さらに最近の調査で、ネオニコチノイド系殺虫 剤の灌注は、ベニモンノメイガ(Agathodes ostentalis) のリサージェンスを引き起こす可能性が示唆されてい る。これらの結果から、沖縄県デイゴヒメコバチ天敵放 飼試験評価委員会は在来種への影響は極めて小さいと判 断し、離島での放飼実験を承認した。

#### 6 最適なデイゴカタビロコバチの放飼時期

デイゴヒメコバチの生活史で述べたように本種の個体数はデイゴの新芽や若葉の量に依存して季節的に大きく変動する。そのため天敵であるデイゴカタビロコバチを定着させるには、餌となるデイゴヒメコバチの十分な量と野外の気温が重要である。4月中旬以降にデイゴヒメコバチの産卵に適したデイゴの若葉が芽吹いた後、越冬

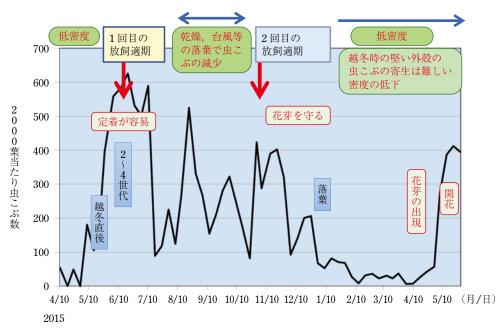


図-11 天敵デイゴカタビロコバチの放飼適期



図-12 冬期の堅い虫こぶ デイゴヒメコバチは休眠していると考えられ、 野外では5月以降に羽化する.

した前蛹から5月上旬に成虫が出現し、第1世代となる。そのころに虫こぶの形成が認められるものの、2世代目の成虫が出現するのは5月下旬以降であり、個体数は急速には増加せず、また被害も比較的軽微である。6月中旬以降急速に虫こぶが増加し、追って成虫数も増加する。このころに天敵を放飼すれば定着に十分な量のデイゴヒメコバチの虫こぶがあり、定着は容易と考えられる(図-11)。7月下旬は、強日射や高温等の影響により新芽が減少し、葉の多くは落葉する。また、台風の影響も受け易く、それに伴い虫こぶも減少するため、放飼には適さない。10月以降に再度の芽吹きがあり、虫こぶが増加するため、2度目の放飼時期として適当と考えられ

る。この時期の新梢には花芽が形成されるため、高密度で天敵を放飼すれば翌年の開花につながる可能性が高い。12 月以降、次第に若葉数が減少し、1 月には多くの葉が落葉する。虫こぶも多くが地面に落下するが、デイゴヒメコバチはこの時期には硬いこぶを形成し(図-12)、越冬する。デイゴカタビロコバチも同様に虫こぶ内で越冬すると考えられる。これらのことからデイゴカタビロコバチの最適な放飼時期は、定着を目的とした6~7 月上旬、および、翌年の花芽を守ることを目的に10月ころの放飼がよいと推察される。

ハワイの事例では天敵の定着までには3回の放飼が必要とのことだが、2017年10月のデイゴカタビロコバチ1回目の放飼後、下地島での定着が確認された。ただハワイでは、目に見えてWiliwili(デイゴ属)の被害が低減されるには放飼後3~4年かかるとの報告があり、これは圧倒的多数の野外デイゴヒメコバチの個体数に対し、放飼した天敵のデイゴカタビロコバチが少なく、十分な効果を上げるまで数年をかけて個体数を増加させる必要があることを示唆している。

#### おわりに

2017年10月26日に沖縄県デイゴカタビロコバチ放 飼試験評価委員会の諮問を受け、行政機関との調整後、 天敵放飼試験を実施した。放飼は、宮古島市下地島で行 われた(図-13,14)。そこで定期的に十分な調査を行 い、安全性を確認したうえで、今後の広域防除への利用 となる。



図-13 沖縄県宮古市下地島でのデイゴカタビロコバチの 野外放飼

十数年間, 防除薬剤の灌注なしでは花を付けることが なかったデイゴが, デイゴカタビロコバチの放飼により 再び深紅の花を咲かせることを期待している。

謝辞 本研究においてデイゴカタビロコバチに関する有益な情報および野外での採集にご協力いただいたハワイ州農務部生物的防除担当のJuliana YALEMAR博士, Renato BAUTISTA博士ならびに環境影響調査,試験方法,野外からのタマバエ類の採集において湯川淳一博士,松尾和典博士(九州大学),徳田 誠博士(佐賀大学),上地奈美博士(農研機構果樹茶業研究部門),喜久村智子氏(沖縄県農林水産部北部農林水産振興センター農業改良普及課)から多くの助言とご協力をいただいた。また,実験に供するデイゴカタビロコバチの増殖を引き受けていただいた琉球産経株式会社の我喜屋 拓氏,清水 御博士,本事業で苦楽を共にした沖縄県農林水産部森林資源研究センターの喜友名朝次氏,清水優子氏,玉城雅範



図-14 放飼直後に虫こぶに産卵するデイゴカタビロコバチの 雌成虫

氏,春日大輔氏,宮里貴子氏に感謝する。

#### 引 用 文 献

- 1) Gates, M. and G. Delvare (2008): A new species of Eurytoma (Hymenoptera: Eurytomidae) attacking Quadrastichus spp. (Hymenoptera: Eulophidae) galling Erythrina spp. (Fabaceae), with a summary of African Eurytoma biology and species checklist Zootaxa 175: 1~24.
- 2) Heu, R. A. et al. (2006): State of Hawaii Department of Agriculture, New Pest Advisory 05–03.
- 3) KAUFMAN, L. et al. (2013): American Society for Horticulturel Science.
- 4) Kim, I.-K. et al. (2004): Journal of Hymenoptera Research 13 (2):  $243{\sim}249$ .
- 5) 喜友名朝次(2013): 九州森林研究 66: 71~73.
- 6) -----(2017): 林業と薬剤 219:7~12.
- 7) 渡嘉敷正彦 (2003): 熱帯花木の着花促進に関する技術開発, 沖縄県一級造園施工管理技士会,沖縄,5 pp.
- 8) UECHI, N. et al. (2007): Entomol. Sci. 10: 209~212.
- 9) 安田慶次 (2015): 沖縄県森林資源研究センター業務報告 **26**: 9~10.

研究報告

## ネギアザミウマの異なる生殖系統における 合成ピレスロイド剤抵抗性機構と広域的分布

香川県農業試験場 相 澤 美 里\*

宇都宮大学農学部 **園 田 昌 司** 

#### はじめに

ネギアザミウマ Thrips tabaci はアザミウマ目アザミウマ科に属し、全世界に分布している。本種は英名onion thrips の由来通り、タマネギの重要害虫であるが、寄主範囲が広く、野菜、花き、果樹を含む 20 科以上の作物を加害し(今井ら、1988;武田、2014)、最近ではカキ(森下・大植、2001)やブドウ(薬師寺ら、2014)にも被害をもたらす。本種による被害の様相は作物により異なるが、成虫および幼虫が葉の表皮を穿孔して吸汁するため、食害痕がカスリ状の白斑となり、葉ネギのように美葉を商品とする作物では少発生による軽い被害でも商品価値が著しく低下する(今井ら、1988)。また本種は、ブニヤウイルス科トスポウイルス属のトマト黄化えそウイルス(Tomato spotted wilt virus, TSWV)やアイリス黄斑ウイルス(Iris yellow spot virus, IYSV)を媒介する(ZAWIRSKA, 1976;土井ら、2003)。

ネギアザミウマでは三つの異なる生殖型(産雌単為生殖、産雄単為生殖、産雌雄単為生殖)が報告されている(Moritz, 1997; Nault et al., 2006)。産雄単為生殖(arrhenotoky)(以後、産雄型)は未受精卵が雄、受精卵が雌となるアザミウマ科の主要な生殖様式である(Moritz, 1997)。産雌単為生殖(thelytoky)(以後、産雌型)では雄が確認されず、未受精卵から雌のみが生じる(Moritz, 1997)。海外では未受精卵から雌と雄が生じる産雌雄単為生殖(deuterotoky)も確認されているが(Nault et al., 2006),日本では現時点において確認されていない。日本に生息する本種の生殖型は、元々は産雌型であったと考えられており(Sakimura, 1937;今井ら、1988)、産雄型が確認されたのは1980年代後半とされている

Pyrethroid Resistance and Broad-Scale Distribution of Two Distinct Reproductive Types in *Thrips tabaci*. By Misato Aizawa and Shoji Sonoda

(キーワード: 殺虫剤抵抗性,シペルメトリン,生物検定,ナトリウムチャネル、チトクローム P450)

\*現所属:香川県環境森林部みどり整備課

(Murai, 1990)。その後、産雄型の生息が日本各地で確認され、現在では産雌型よりも産雄型の割合が高まっている地域がある(Toda and Murai, 2007;武澤, 2012;十川ら, 2013;横山・鹿島, 2013;武田, 2014)。両生殖型の広域的および局所的分布を決定する要因については不明であり、本稿では前者について若干の知見を得たので紹介する。

#### I 合成ピレスロイド剤抵抗性

近年、ネギアザミウマにおいて複数の殺虫剤に対する感受性の低下が報告されており、合成ピレスロイド剤に対する感受性の低下が産雄型の分布域において著しい(柴尾・田中、2012;春山・松本、2013;鹿島ら、2013;十川ら、2013;土井ら、2014)。合成ピレスロイド剤は、神経軸索の電位依存性ナトリウムチャネル(以後、ナトリウムチャネル)の開口状態を安定化し、脱分極を連続的に生じさせることによって殺虫効果を発揮する殺虫剤である(SATTELLE and YAMAMOTO、1988;BLOOMQUIST、1993;SODERLUND、1995;NARAHASHI、1996)。合成ピレスロイド剤に対する抵抗性は主に、①標的であるナトリウムチャネルの感受性の低下、②チトクローム P450(以後、P450)などの解毒分解酵素活性の増大、によって付与されることが多くの昆虫種で報告されてきた(SCOTT、1999;SODERLUND and KNIPPLE、2003)。

ナトリウムチャネルは一つの $\alpha$ ーサブユニットと複数の $\beta$ ーサブユニットで構成される(Goldin, 2001)。機能的により重要な $\alpha$ ーサブユニットは、四つのドメイン(I-IV)から構成され、各ドメインは六つの膜貫通セグメント(S)に区分される(Noda et al., 1984)。ネギアザミウマではドメイン IIS4-IIS6 の五つのアミノ酸変異(M918T,M918L,T929I,V1010A,L1014F)が抵抗性に関与している(Toda and Morishita, 2009;Wu et al., 2014)。P450 は小胞体もしくはミトコンドリアに局在する膜結合のタンパク質で,様々な基質を酸化する酵素として解毒をはじめとする様々な生体反応を触媒する

(ESTABROOK et al., 1971)。P450 の合成ピレスロイド剤抵抗性への関与については、主に活性阻害剤である piperonyl butoxide (PBO) を用いた生物検定により示唆されてきた (GUNNING et al., 1998; Young et al., 2005; Moores et al., 2009)。ミカンキイロアザミウマ Frankliniella occidentalis やミナミキイロアザミウマ Thrips palmi では、合成ピレスロイド剤に対する抵抗性レベルが PBO 処理により低下した報告がある (ESPINOSA et al., 2005; BAO and SONODA, 2012)。ネギアザミウマでは、P450 の合成ピレスロイド剤抵抗性への関与については報告がない。

#### II 合成ピレスロイド剤 (シペルメトリン) 抵抗性と生殖型の解析

ネギアザミウマのナトリウムチャネルのアミノ酸変異と生殖型の関係については、M918TとL1014Fの両方を持つ抵抗性系統は産雌型のみであること、T929Iを持つ抵抗性系統が存在することが報告されている(Toda and Morishita, 2009;武澤、2012;横山・鹿島、2013)。しかしながら、T929Iを持つ両生殖型系統の抵抗性レベルについては生物検定を通じて明らかにされていない。そのため、ネギアザミウマの産雌型と産雄型の9系統を用いて合成ピレスロイド剤に対する抵抗性レベルを調べ

た。そのうえで、両生殖型の抵抗性へのナトリウムチャネルのアミノ酸変異と P450 による解毒分解の関与を明らかにした。

#### 1 生殖型の判定

高知県、徳島県、香川県の圃場で  $2011\sim15$  年に採集したネギアザミウマ雌成虫を個体飼育し、 $F_1$  世代もしくは  $F_2$  世代の雌雄により生殖型の判定を行った(表-1) (Arzawa et al., 2016; 2018)。

#### 2 生物検定

合成ピレスロイド剤としてシペルメトリン(6.0%乳剤)を用いた。生物検定法は、雌成虫を用いた葉片浸漬法とドライフィルム法を併用する手法(渡邊ら、2011)とし、生死の判定は処理 24 時間後に行った。シペルメトリンに対する  $LC_{50}$  値を表-1 に示した。最も低い  $LC_{50}$  値を示したのは  $KOC_{50}$  で 0.013 mg/l, 最も  $LC_{50}$  値が高かったのは  $TOK_{401}$  で 393.06 mg/l であった。 $TOK_{401}$  の抵抗性レベルは  $KOC_{50}$  の 30,235 倍と見積られた。ネギ、タマネギ、ニラにおけるシペルメトリンの常用濃度は 30 mg/l であることから、 $LC_{50}$  値が 30 mg/l 以上となった  $KOC_{20}$ ,  $KOC_{2442}$ ,  $KOC_{16}$ ,  $TOK_{6}$ ,  $TOK_{401}$ ,  $KAG_{2}$  ーはシペルメトリン抵抗性と考えられる。

系統	採集地	採集作物	生殖型 a)	Т929І в)	処理区	n	$LC_{50}(mg/l)$	RR c)	SR <sup>d)</sup>			
KOC50	高知県南国市	ネギ	TH	SS	シペルメトリン	246	0.013	1	1.00			
KOC30	同和乐用凹巾	<b>オ</b> モ	ın	SS	シペルメトリン + PBO e)	216	0.016	1	0.81			
KOC2	高知県四万十町	アスパラガス	TH	RR	シペルメトリン	151	94.885	7,299	1.00			
KOC2	同和乐四万十四	, , , , , , , , ,	111	M	シペルメトリン + PBO	162	66.461	4,154	1.43			
KOC2442	高知県南国市	ネギ	AR	RR	シペルメトリン	244	112.905	8,685	1.00			
KOC2442	同州东田田川	<i>*</i> ~ ~	AIX	M	シペルメトリン + PBO	191	63.567	3,973	1.78			
KOC16	高知県南国市	ネギ	AR	RR	シペルメトリン	195	148.968	11,459	1.00			
ROCIO	向加尔市巴印	AV-1	AK KK	シペルメトリン + PBO	196	48.149	3,009	3.09				
TOK12	徳島県牟岐町	ネギ	TH	SS	シペルメトリン	166	0.033	3	1.00			
10K12	心內尔什哎問	<i>*</i> ~ ~	111	33	シペルメトリン + PBO	192	0.028	2	1.18			
TOK6	徳島県牟岐町	ネギ	TH	RR	シペルメトリン	205	146.781	11,291	1.00			
1010	心西尔十八四	AV-1	111	M	シペルメトリン + PBO	236	81.195	5,075	1.81			
TOK401	徳島県牟岐町	ネギ	AR	RR	シペルメトリン	221	393.060	30,235	1.00			
101401	心內尔什哎問	<i>*</i> ~ ~	AIX	M	シペルメトリン + PBO	237	105.119	6,570	3.74			
KAG1	香川県綾川町	タマネギ	ТЦ	SS	シペルメトリン	196	0.054	4	1.00			
IMUI	日川木阪川町	/ \ \\ \	111	TH SS	シペルメトリン + PBO	227	0.049	3	1.10			
KAG2-1	<b>禾川川またのふ町</b>	アフパラザフ	ти	RR	シペルメトリン	236	70.982	5,460	1.00			
IVAU2-1	香川県まんのう町	アスパラガス	TH	M	シペルメトリン + PBO	202	52.995	3,312	1.34			

表-1 ネギアザミウマのシペルメトリン抵抗性と PBO が抵抗性に及ぼす影響

AIZAWA et al. (2016) を一部改変して引用.

a) TH:産雌単為生殖, AR:産雄単為生殖.

b) SS: T929I 感受性ホモ接合体, RR: T929I 抵抗性ホモ接合体.

<sup>©</sup> 抵抗性比 (RR):各系統のシペルメトリンに対する LC50 値/KOC50 のシペルメトリンに対する LC50 値.

各系統のシペルメトリン + PBO に対する LC50 値/KOC50 のシペルメトリン + PBO に対する LC50 値.

d) 共力作用 (SR): シペルメトリン単独処理における LC50 値/シペルメトリン + PBO における LC50 値.

e) PBO: piperonyl butoxide.

#### 3 ナトリウムチャネル遺伝子の塩基配列決定

ネギアザミウマのシペルメトリン抵抗性への関与が報告されているナトリウムチャネルの五つのアミノ酸変異の各系統における有無を調べるために、9系統の雌成虫(各系統  $10\sim30$  頭)より DNA を抽出後、変異部分を含む遺伝子領域を PCR で増幅した(AIZAWA et al., 2016; 2018)。塩基配列決定の結果,LC $_{50}$  値が 30 mg/l 以上で抵抗性と考えられる KOC2,KOC2442,KOC16,TOK6,TOK401,KAG2-1 の 6 系統は T929I のホモ接合体であった(表-1)。しかしながら,抵抗性 6 系統の LC $_{50}$  値については 2.6 倍 $\sim5.5$  倍の違いがあり,T929I 以外の抵抗性メカニズムの関与も考えられた。KOC50,TOK12,KAG1 の感受性 3 系統では合成ピレスロイド剤抵抗性にかかわるアミノ酸変異は確認されなかった。

#### 4 活性阻害剤がネギアザミウマのシペルメトリンに 対する抵抗性に及ぼす影響

各系統の PBO を用いた場合のシペルメトリンに対する  $LC_{50}$  値を表-1 に示した。最も低い  $LC_{50}$  値を示したのは  $KOC_{50}$  で 0.016 mg/l, 最も  $LC_{50}$  値が高かったのは  $KOC_{50}$  で 0.016 mg/l, 最も  $LC_{50}$  値が高かったのは  $TOK_{401}$  で 105.119 mg/l であった。 PBO 無処理時の  $KOC_{50}$  の  $LC_{50}$  値は 0.013 mg/l,  $TOK_{401}$  は 393.06 mg/l であったことから,PBO による共力作用(シペルメトリン単独処理における  $LC_{50}$  値/シペルメトリン+活性阻害 剤処理における  $LC_{50}$  値/シペルメトリン+活性阻害 剤処理における  $LC_{50}$  値) は, $KOC_{50}$  で 0.81 倍, $TOK_{401}$  で 3.74 倍となった。PBO の共力作用は系統ごとに異なり, $KOC_{16}$  と  $TOK_{401}$  はそれぞれ,3.09 倍と 3.74 倍となったが, $KOC_{2}$ ,  $KOC_{2442}$ ,  $TOK_{6}$ ,  $KAG_{2}$ -1 では 1.34~1.81 倍となり, $LC_{50}$  値に顕著な変化は認められなかった。PBO による共力作用の結果から, $T_{9291}$  を持つ抵抗性系統の異なる抵抗性レベルには, $P_{450}$  による解毒分解の違いが関与している可能性が示唆された。

#### III 産雌型と産雄型におけるシペルメトリン 抵抗性と生物学的パフォーマンス

産雌型と産雄型のどちらともナトリウムチャネルのアミノ酸変異(T929I)に基づくシペルメトリン抵抗性を発達させることが示された。しかしながら、解析した系統数は限られており、野外における両生殖型の抵抗性系統の割合は調べられていない。産雄型の比率が高まっている一つの要因として、両生殖型の発育、成虫寿命、産卵数の違いが考えられる。産雄型における抵抗性系統の割合が産雌型よりも高ければ、産雄型はシペルメトリン散布という選択圧の下では有利になり、分布を拡大させることになると考えられる。そのため、複数の産雌型と産雄型の系統を選抜し、生物学的パフォーマンス(発育

期間,成虫寿命,産卵数)を調べた。また,各地から採集したネギアザミウマ86系統において生殖型とシペルメトリン抵抗性に関与するナトリウムチャネルの五つのアミノ酸変異の有無を調べた。

#### 1 生物学的パフォーマンスの系統間比較

#### (1) 発育の系統間比較

Ⅱ章の試験からシペルメトリン抵抗性と判定された系統 (産雌型 (KOC2, TOK6), 産雄型 (KOC2442, TOK401)) とシペルメトリン感受性系統と判定された系統 (産雌型 (KOC50, TOK12)), 常用濃度のシペルメトリン (30 mg/l) 処理によって 24 時間後に全個体が死亡しシペルメトリ ン感受性系統と判定された産雌型の KAG2 (香川県綾川 町のアスパラガスから 2014 年に採集)を用いた。

供試したネギアザミウマ7系統の発育期間を表-2に示した。産雄型の抵抗性系統(KOC2442, TOK401)の発育期間は産雌型の抵抗性系統(KOC2, TOK6)よりも短かった。産雌型の感受性の2系統(KOC50, TOK12)は、産雌型の抵抗性系統よりも発育期間が短かったが、産雌型の感受性の1系統(KAG2)は産雌型の抵抗性系統と差がなかった。産雌型の感受性の2系統(KOC50, TOK12)は、産雄型の抵抗性の1系統(TOK401)よりも発育期間が短かったが、産雄型の抵抗性の1系統(KOC2442)と違いはなかった。なお、産雌型の感受性の1系統(KOC2442)と違いはなかった。なお、産雌型の感受性の1系統(KAG2)の発育期間は、産雄型の抵抗性系統より長かった。KOC2442とTOK401における発育期間は雄と雌で違いはなかった(相澤、未発表データ)。

#### (2) 成虫寿命および産卵数の系統間比較

供試した7系統の成虫寿命,産卵前期間,生涯産卵数,日あたり産卵数を表-3に示した。産雌型の抵抗性系統(KOC2, TOK6)は他の系統に比べて,成虫寿命が短く,産卵前期間が長く,生涯産卵数および日あたり産卵数が少なかった(p < 0.05)。

#### 2 生殖型とナトリウムチャネル遺伝子変異の解析

II 章で用いた 9 系統を含む 86 系統を用い、上記の方法により生殖型を判定した。生殖型について解析した 86 系統は、33 系統が産雌型、53 系統が産雌型と判定された(表-4)。ナトリウムチャネルを調べたところ、産 雄型の 53 系統はすべて T929I のホモ接合体であり、産 雌型における T929I のホモ接合体は 4 系統(KOC2、TOK6,KAG2-1,KAG35)のみであった。 T929I 以外の アミノ酸変異(M918T,M918L,V1010A,L1014F)は 確認されなかった。

本研究において、シペルメトリン抵抗性系統はすべて T929Iのホモ接合体であった。T929Iが単独で合成ピレ スロイド剤抵抗性に関与していることは他のアザミウマ

表-2 ネギ葉上におけるネギアザミウマの発育

						発育期間 (日)			- 羽化率
系統	生殖型	T929I	n	1 齢幼虫 (平均±標準偏差)	2 齢幼虫 (平均±標準偏差)	1 蛹 (平均±標準偏差)	2 蛹 (平均±標準偏差)	1齢幼虫から成虫 (平均±標準偏差)	(%)
KOC50	TH	SS	69	$3.0 \pm 0.1$ (69)	$3.1 \pm 0.5$ (69)	$1.1 \pm 0.3$ $(64)$	$3.0 \pm 0.4$ $(64)$	$10.1 \pm 0.4 \text{ a}$ $(64)$	92.8
TOK12	TH	SS	40	$2.8 \pm 0.4 $ $(40)$	$3.1 \pm 0.5$ (39)	$1.2 \pm 0.9 $ (39)	$3.1 \pm 0.5$ (37)	$10.2 \pm 0.7 \text{ a}$ (37)	92.5
KAG2	TH	SS	49	$2.6 \pm 0.7$ (49)	$4.2 \pm 0.6$ $(44)$	$1.6 \pm 0.6$ (41)	$3.5 \pm 0.9$ (36)	$11.7 \pm 1.3 \mathrm{c}$ (36)	73.5
KOC2	TH	RR	62	$2.9 \pm 0.4$ $(62)$	$4.2 \pm 0.9 $ $(57)$	$1.2 \pm 0.4$ $(52)$	$3.5 \pm 0.6$ $(52)$	$11.8 \pm 1.3 c$ (52)	83.9
ТОК6	TH	RR	40	$3.0 \pm 0.2$ $(40)$	$4.3 \pm 0.8$ (34)	$1.4 \pm 0.6$ (31)	$3.7 \pm 0.5$ (31)	$12.2 \pm 0.9 c$ (31)	77.5
KOC2442	AR	RR	113	$3.0 \pm 0.4$ (113)	$3.0 \pm 0.6$ (107)	$1.6 \pm 0.8$ (99)	$3.1 \pm 0.7$ (89)	$10.4 \pm 1.1 a$ (89)	78.8
TOK401	AR	RR	80	$2.5 \pm 0.5$ $(80)$	$4.0 \pm 1.0$ (73)	$1.5 \pm 0.7$ (70)	$3.1 \pm 0.5$ (65)	$11.0 \pm 0.9 \text{ b}$ (65)	81.3

発育期間の下の括弧は調査虫数.

異なる文字間に有意差あり(Tukey-HSD 検定, p < 0.05).

飼育条件: 23 ± 1℃, 65 ± 10% RH, 16L: 8D.

Aizawa et al. (2018) を一部改変して引用.

表-3 ネギ葉上におけるネギアザミウマの成虫寿命、産卵前期間、生涯産卵数、日あたり産卵数

系統	生殖型	T929I	n	成虫寿命(日) (平均±標準偏差)	産卵前期間(日) (平均±標準偏差)	生涯産卵数 (平均±標準偏差)	日あたり産卵数 (平均±標準偏差)
KOC50	TH	SS	41	$38.3 \pm 19.8  ab$	$2.3 \pm 0.7 \text{ ab}$	$213.3 \pm 113.5  ab$	$5.4 \pm 1.4 a$
TOK12	TH	SS	32	$30.2 \pm 18.3  \mathrm{bc}$	$2.8 \pm 0.6 \mathrm{b}$	$171.3 \pm 99.6 \mathrm{bc}$	$5.7 \pm 0.8 a$
KAG2	TH	SS	40	$25.8 \pm 7.5 \mathrm{c}$	$2.8 \pm 0.5 \mathrm{b}$	$156.4 \pm 59.0 \mathrm{c}$	$5.8 \pm 1.3 \mathrm{a}$
KOC2	TH	RR	43	$13.9 \pm 2.3 \mathrm{d}$	$4.9 \pm 1.6 \mathrm{c}$	$30.9 \pm 11.5 \mathrm{d}$	$2.2 \pm 0.8 \mathrm{c}$
TOK6	TH	RR	62	$11.1 \; \pm  2.4 \; \mathrm{d}$	$4.7 \pm 1.4 \mathrm{c}$	$19.8 \pm 9.5 \mathrm{d}$	$1.8 \pm 0.8 \mathrm{c}$
KOC2442	AR	RR	39	$40.4 \pm 10.4 a$	$2.0 \pm 0.6 \mathrm{a}$	$219.5 \pm 61.7 a$	$5.4 \pm 0.9 a$
TOK401	AR	RR	34	$40.8 \pm 12.8 \mathrm{a}$	$2.4 \pm 0.6 \mathrm{ab}$	$152.3 \pm 51.4 c$	$3.8 \pm 1.0  b$

異なる文字間に有意差あり(Tukey-HSD 検定,p<0.05).

飼育条件: 23 ± 1℃, 65 ± 10% RH, 16L: 8D.

AIZAWA et al. (2018) を一部改変して引用.

種、例えばミナミキイロアザミウマ (BAo and SONODA, 2012; BAO et al., 2014) やミカンキイロアザミウマ (FORCIOLI et al., 2002) で報告されている。ネギアザミウマ産雌型の幼虫発育はシペルメトリン抵抗性とシペルメトリン感受性系統間で顕著な違いはなかった (中尾ら, 2014)。このことは本研究においても確認された (表-2)。産雌型では,抵抗性系統の生涯産卵数は感受性系統よりも少なかった (中尾ら, 2014)。本研究においても,産雌型の抵抗性系統は,同生殖型の感受性系統に比べて,成虫寿命が短く,生涯産卵数も少ないことが示された (表-3)。これらの結果は,T929I をホモ接合体で持つ産雌型抵抗性系統では,一部の生物学的パフォーマンス (成虫寿命と生涯産卵数) が低下することを示唆している。II 章において、シペルメトリン抵抗性の両生殖型系

統は同程度の抵抗性を発達させていることを示した。しかしながら、本章において示したように、抵抗性の産雄型系統は、成虫寿命と生涯産卵数が抵抗性の産雌型系統よりも高く、適応度も高いと考えられる。また、53の産雄型系統はすべてがシペルメトリン抵抗性であったのに対し、33の産雌型系統のうち抵抗性であったのはわずか4系統のみであった(表-4)。この点については、武澤(2012)もT929Iを持つ産雌型系統の野外における割合は極めて低いことを報告している。シペルメトリンはネギアザミウマに対する基幹的な殺虫剤の一つとして1980年代後半から使用されてきた。抵抗性の産雄型系統の成虫寿命と生涯産卵数は感受性の産雌型系統と同程度であったが、シペルメトリンの選択圧の下では前者が有利であろう。このような状況により、日本では産雄型

	採集地	採集作物	採集年	生殖型	T929I	系統数
高知県	南国市・室戸市	ネギ	2011-2012	TH	SS	2
	南国市・黒潮町・芸西村	ニラ	2011-2012	TH	SS	8
	四万十町	アスパラガス	2012	TH	RR	1
	南国市	ネギ	2011	AR	RR	4
	香南市・黒潮町	ニラ	2011	AR	RR	3
徳島県	小松島市・牟岐町	ネギ	2010-2012	TH	SS	6
	牟岐町	ネギ	2012	TH	RR	1
	牟岐町	ネギ	2010-2011	AR	RR	3
香川県	観音寺市・さぬき市	ネギ	2010, 2013	TH	SS	2
	綾川町	タマネギ	2015	TH	SS	1
	高松市・綾川町	アスパラガス	2012, 2014	TH	SS	2
	多度津町・まんのう町	アスパラガス	2013	TH	RR	2
愛媛県	松山市・西条市	ネギ	2011	TH	SS	2
京都府	京都市	ネギ	2015	TH	SS	1
	京都市	キャベツ	2015	TH	SS	1
	京都市	ネギ	2015	AR	RR	9
	京都市	キャベツ	2015	AR	RR	11
鳥取県	北栄町	ネギ	2015	TH	SS	1
	鳥取市・境港市・北栄町	ネギ	2015	AR	RR	17
富山県	富山市	タマネギ	2015	TH	SS	3
	富山市	タマネギ	2015	AR	RR	6
				TH	SS	29
	計			TH	RR	4
				AR	RR	53

表-4 各地から採集したネギアザミウマの生殖型とナトリウムチャネルのアミノ酸変異

Aizawa et al. (2018) を一部改変して引用.

の分布が拡大しているのかもしれない。今回,生物学的パフォーマンス(発育期間,成虫寿命,産卵数)により産雌型の感受性系統,抵抗性系統と産雄型の抵抗性系統を比較した。しかし,産雌型の雌は雌のみを産み,産雄型の既交尾雌における産雌比率は69~75%である(Li et al., 2015)。今後,産雄型の産雌比率を調べ,系統間を純増殖率で比較する必要がある。ネギアザミウマでは、T929Iに加えて,四つのアミノ酸変異(M918T,M918L,V1010A,L1014F)がシペルメトリン抵抗性に関与している(Toda and Morishita, 2009;Wu et al.,2014)。今後,これら四つのアミノ酸変異と両生殖型系統の生物学的パフォーマンスの関係について調べる必要がある。

#### おわりに

本稿では日本におけるネギアザミウマ産雄型の広域的 分布拡大の要因として,シペルメトリンの選択圧の下で は,すべての系統で抵抗性を発達させた産雄型の適応度 が産雌型に比べて高まることをあげた。両生殖型間の関 係を局所的に,例えば圃場レベルで捉えた場合,両生殖 型はしばしば同所的に生息し、同一地域においても圃場ごとに両生殖型の比率が異なる(十川ら、2013)。両生殖型の局所的分布を決定する薬剤抵抗性以外の因子として、産雄型の雄成虫の産雄型雌成虫および産雌型雌成虫に対する選好性がかかわっている可能性について現在調査中である。

産雄型系統が優占する地域では、合成ピレスロイド剤よりも殺虫効果の高いスピノシン系とネオニコチノイド系の殺虫剤が防除薬剤として推奨され、シペルメトリンを含む合成ピレスロイド剤は推奨薬剤リストから除外されつつある(春山・松本、2013;渡邊、2013)。しかし、すでにスピノシン系や一部のネオニコチノイド系殺虫剤による防除効果の低下が報告されている(福田ら、2009;大井田ら、2012;柴尾・田中、2012;鹿島ら、2013;十川ら、2013;土井ら、2014)。合成ピレスロイド剤に代わる基幹剤となりつつあるスピノシン系やネオニコチノイド系殺虫剤への依存度が高まると、ミカンキイロアザミウマやミナミキイロアザミウマ同様、複合抵抗性系統が出現する可能性もある。今後も、本種における抵抗性の顕在化と両生殖型の分布の変化について注意深く観察

する必要がある。

昆虫の採集にご助力いただいた中井善太氏(千葉県農林総合研究センター),中野昭雄氏(徳島県立農林水産総合技術支援センター),米本謙悟氏(徳島県農林水産部),松崎正典氏(徳島県農林水産部東部農林水産局),武智和彦氏,楠元智子氏(愛媛県農林水産研究所),伊藤政雄氏(高知県中央西農業振興センター),近森ちさこ氏(高知県農業技術センター),昆虫サンプルを提供していただいた西島裕恵氏(富山県農林水産総合技術センター),徳丸 晋氏(京都府農林水産技術センター),福田侑記氏(鳥取県農林総合研究所)に感謝する。

#### 引 用 文 献

- 1) AIZAWA, M. et al. (2016): J. Pestic. Sci. 41:167~170.
- 2) ———— et al. (2018): Appl. Entomol. Zool. 53:11~17.
- 3) BAO, W. X. and S. SONODA (2012): ibid. 47:443~448.
- 4) ———— et al. (2014): Pestic. Biochem Physiol. 108: 80~85.
- 5) Bloomquist, J. R. (1993): Rev. Pestic. Tox. 2:185~226.
- 6) 土井 誠ら (2003): 日植病報 69:181~188.
- 7) ―――ら (2014): 関西病虫研報 56:111~113.
- 8) Espinosa, P. J. et al. (2005): Pest. Manag. Sci. 61: 1009~1015.
- 9) Estabrook, R. W. et al. (1971): Biochem. Biophys. Res. Commun. **42**: 132~139.
- 10) Forcioli, D. et al. (2002): J. Econ. Entomol. 95: 838~848.
- 11) Goldin, A. L. (2001): Annu. Rev. Physiol. 63:871~894.
- 12) Gunning, R. V. et al. (1998) Inhibition of resistance related esterases by piperonyl butoxide in *Helicoverpa armigera* and *Aphis gossypii*, Academic Press, London, p.215~226.
- 13) 春山直人·松本華苗 (2013): 関東病虫研報 60:121~124.
- 14) 福田 充ら (2009):同上 57:67~69.
- 15) 今井國貴ら (1988): 農作物のアザミウマ,全国農村教育協会,東京, p.283~292.
- 16) 鹿島哲郎ら (2013): 茨城県農業総合センター園芸研究所研究

報告 20:35~42.

- 17) Li, X.-W. et al. (2015): Behav. Ecol. Sociobiol. **69**: 1585~1595.
- 18) Moores, G. D. et al. (2009): Pest. Manag. Sci. 65: 150~154.
- 19) 森下正彦・大植晴之 (2001): 関西病虫研報 43:43~44.
- 20) Moritz, G. (1997): Structure, growth and development, Thrips as Crop Pests, CAB International, Wallingford, p.15~64.
- 21) Murai, T. (1990): Advances in invertebrate reproduction 5, Elsevier Science, Amsterdam, p.357~362.
- 22) 中尾史郎ら (2014): 応動昆 58: 255~262.
- 23) Narahashi, T. (1996): Pharmacol. Toxicol. 78:1~14.
- 24) Nault, B. A. et al. (2006): Environ. Entomol. 35:1264~1271.
- 25) Noda, M. et al. (1984): Nature 312: 121~127.
- 26) 大井田 寛ら (2012): 関東病虫研報 59:131~133.
- 27) Sakimura, K. (1937) : Oyo dobutsugaku Zasshi  $\, 9:1{\sim}24.$
- 28) Sattelle, D. B. and D. Yamamoto (1988) : Adv. Insect Physiol.  $20:147{\sim}213.$
- 29) Scott, J. G. (1999): Insect Biochem Molec. 29:757~777.
- 30) 柴尾 学·田中 寛 (2012): 関西病虫研報 54:185~186.
- 31) SODERLUND, D. M. (1995) Mode of action of pyrethrins and pyrethroids, Pyrethrum Flowers, Production, Chemistry, Toxicology, and Uses, Oxford University Press, New York, p.217 ~233.
- 32) and D. C. Knipple (2003) : Insect Biochem. Molec. 33 :  $563 \sim 577$ .
- 33) 十川和士ら(2013): 植物防疫 67:666~671.
- 34) 武田光能 (2014):同上 68:248~254.
- 35) 武澤友二 (2012): 北日本病虫研報 63:184~188.
- 36) Toda, S. and M. Morishita (2009) : J. Econ. Entomol. 102 : 2296  $\sim\!2300.$
- 37) and T. Murai (2007): Appl. Entomol. Zool. 42:309~ 316.
- 38) 渡邊丈夫ら (2011): 香川県農業試験場研究報告 62:11~21.
- 9) (2013): 植物防疫 67:649~656.
- 40) Wu, M. et al. (2014): Pest Manag. Sci. **70**: 977~981.
- 41) 薬師寺 賢ら (2014): 応動昆大会講演要旨 58:41 (講要).
- 42) 横山朋也·鹿島哲郎 (2013): 関東病虫研報 60:125~127.
- 43) Young, S. J. et al. (2005): Pest Manag. Sci. 61:397~401.
- 44) ZAWIRSKA, I. (1976): Arch. Phytopathol. Pfl. 12:411~422.

調査報告

## 宮城県における斑点米カメムシ類の 県全域調査

宮城県古川農業試験場 作物保護部 大 江 高 穂

#### はじめに

斑点米とは、カメムシ類がイネの籾を吸汁することによって表面に黒色の斑点が生じた玄米のことである。農産物規格規定では、着色粒の混入率が0.1%を超えると2等、0.3%を超えると3等に格付けされる。玄米の農産物検査において、斑点米は着色粒として扱われるため、斑点米の混入はたとえ少量であっても品質低下の要因となる。こうした斑点米の原因となるカメムシ類は現在65種いることが判明しており、これらは総称して斑点米カメムシ類と呼ばれている(友国ら、1993)。

宮城県で斑点米被害が初めて問題となったのは 1970 年代初頭であり、その原因種を明らかにするため 1974 ~77年に水田とその周辺におけるカメムシ類の生息実 態調査が県全域で実施された(藤崎、1982)。この調査 によって 5科 27種の斑点米カメムシ類が確認され、こ のうちオオトゲシラホシカメムシ Eysarcoris lewisi、ホ ソハリカメムシ Cletus punctiger、クモヘリカメムシ Leptocorisa chinensis、コバネヒョウタンナガカメムシ Togo hemipterus、アカヒゲホソミドリカスミカメ Trigonotylus caelestialium の 5種が主要種とされた。

その後、1983年に県北部でアカスジカスミカメ Stenotus rubrovittatus の加害が原因とみられる斑点米被害が多発し(高橋ら、1985)、被害発生地域や発生種が従来と異なっていたことから、1987、88、91年に2回目の県全域調査が実施された(永野ら、1992)。この調査によって5科25種の斑点米カメムシ類が確認され、このうちアカスジカスミカメ、アカヒゲホソミドリカスミカメ、フタトゲムギカスミカメ Stenodema calcarata、ホソハリカメムシの4種を主要種とし、種構成割合と発生地点率のいずれも最も高かったアカスジカスミカメが最重要種と位置づけられた。

この調査以降、宮城県ではアカスジカスミカメについ

Field Surveys of Rice Stink Bugs in Miyagi Prefecture. By Takaho OE

(キーワード:水稲害虫, 斑点米カメムシ類, アカスジカスミカメ, 主要種)

て発生生態の解明や防除対策等数多くの技術開発が進められてきた。しかし、斑点米の混入による落等割合は近年3~4%前後で推移しており(田渕ら、2015)、被害は横ばいの状況が続いている。宮城県で斑点米被害に収束の兆しがみられない要因として、加害種の変化やそれに伴う防除適期の変化等が関与しているとしたら、これまで行ってきたアカスジカスミカメを対象とした防除対策を見直す必要がある。斑点米カメムシ類の発生状況については、宮城県病害虫防除所が毎年実施している発生予察調査によって把握してきたが、調査場所の主体は水田である。そのため、雑草地や牧草地等の発生源では前述の2回目の調査報告以降、本格的な調査は行われておらず、発生実態は十分に把握できていない。

そこで、2014~16年に宮城県内に生息する斑点米カメムシ類の発生種の変化や地域間差を明らかにすることを目的に、関係機関の協力を得て県全域の発生源におけるすくい取り調査を行い、現在の発生種や地域による主要種の違いについて明らかにしたので報告する。なお、本内容の一部は報告済みである(大江ら、2018 b)。

#### I 発生種の変遷 -1970 年代から 2010 年代にかけて-

宮城県における発生種の変化を明らかにするため、2014~16年の7月1日~31日に、県内全域を対象に水田周辺の発生源においてすくい取り調査を実施した。古川農業試験場が実施した調査(以後、独自調査)では捕獲した斑点米カメムシ類成虫をすべて同定した。調査地点については図-1に示した。図-1に示された地域調査、発生予察調査の結果については後述する。

独自調査 178 地点で捕獲した 9,724 頭のカメムシ類成 虫を同定した結果, 10 科 24 種の斑点米カメムシ類が確 認された。また, 種別の発生地点率 (発生が確認された 地点数/調査地点数×100) と種構成割合 (各種の捕獲数/ 全種の捕獲数×100) を算出して, 藤崎 (1982) および 永野ら (1992) による過去のデータと比較したものを表-1 に示した。

種構成割合が高い順に示すと今回調査した2014~16

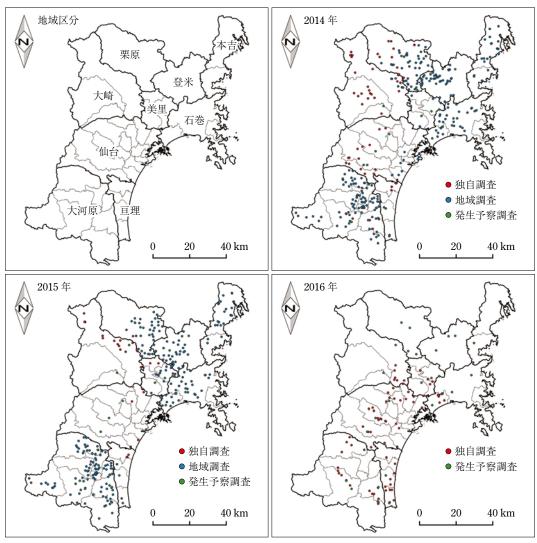


図-1 地域区分と調査地点(大江ら(2018b)の図を一部改変) 太線は地域区分の境界,細線は市区町村の境界を示す.

年(以下,2010年代)はアカスジカスミカメ83%,次いでアカヒゲホソミドリカスミカメ10%,フタトゲムギカスミカメ2%,ホソハリカメムシ2%となった。この結果を過去の種構成と比較すると、1987~88年(以下,1980年代)はアカスジカスミカメが65%,アカヒゲホソミドリカスミカメ13%,フタトゲムギカスミカメ12%,ホソハリカメムシ4%となり、1974~77年(以下,1970年代)はヒメナガカメムシ Nysius plebeius が31%,ホソハリカメムシ20%,コバネヒョウタンナガカメムシ16%,オオトゲシラホシカメムシ13%であった。

構成割合の上位を占める種は 1970 年代から 1980 年代 の調査時にかけて大きく変化し、1970 年代の調査では 構成割合が 6%未満であったアカスジカスミカメ、アカヒゲホソミドリカスミカメ、フタトゲムギカスミカメが、耕作放棄地の増加とイネ科雑草の繁茂などが原因で上位を占めるようになった。1980 年代から 2010 年代に

かけては構成割合の上位を占める種は変化していないが、アカスジカスミカメの種構成割合は 1980 年代と比べて高くなった。

次に発生地点率の推移について記述する。発生地点率が高い種について示すと 2010 年代はアカヒゲホソミドリカスミカメ 63%, アカスジカスミカメ 60%, フタトゲムギカスミカメ 26%, ホソハリカメムシ 24%であった。この結果を過去の発生地点率と比較すると, 1980 年代はアカスジカスミカメ 61%, アカヒゲホソミドリカスミカメ 56%, フタトゲムギカスミカメ 47%, ホソハリカメムシ 37%となり, 1970 年代はオオトゲシラホシカメムシ 51%, コバネヒョウタンナガカメムシ 47%, ホソハリカメムシ 40%, ヒメナガカメムシ 21%であった。

発生地点率が高い種は、前述の種構成割合と同様に 1970年代から 1980年代の調査時にかけて大きく変化し ており、1980年代はカスミカメムシ科の発生地点率が

表-1 独自調査で捕獲された斑点米カメムシ類の種構成割合および発生地点率(大江ら,2018b)

	種名	2014	~16	1987	~88 b)	1974~77 <sup>c)</sup>	
科名	学名	構成割合(%)	地点率 (%)	構成割合 (%)	地点率 (%)	構成割合(%)	地点率 (%)
カスミカメムシ科	アカスジカスミカメ Stenotus rubrovittatus	82.8	60.1	64.5	60.8	0.8	13.2
	アカヒゲホソミドリカスミカメ Trigonotylus caelestialium	9.7	62.9	13.2	56.3	5.8	17.0
	フタトゲムギカスミカメ Stenodema calcarata	2.2	26.4	12.1	46.8	< 0.1	3.8
	ナカグロカスミカメ Adelphocoris suturalis	0.3	9.6	1.0	24.1	0.3	15.1
	マダラカスミカメ Cyphodemidea saundersi	< 0.1	1.7	-	-	=	-
カメムシ科	オオトゲシラホシカメムシ Eysarcoris lewisi	0.3	14.0	1.0	22.8	13.1	50.7
	ブチヒゲカメムシ Dolycoris baccarum	0.1	4.5	1.0	17.7	0.1	3.8
	ウズラカメムシ <i>Aelia fieberi</i>	< 0.1	1.7	0.3	7.0	0.5	5.7
	シラホシカメムシ Eysarcoris ventralis	< 0.1	< 1.0	0.2	5.7	< 0.1	1.7
	クサギカメムシ Halyomorpha halys	< 0.1	< 1.0	-	_	< 0.1	< 1.0
	トゲカメムシ <i>Carbula abbreviata</i>	< 0.1	< 1.0	-	_	< 0.1	< 1.0
	ヒウラカメムシ Holcostethus breviceps	< 0.1	< 1.0	-	_	_	_
ヒゲナガカメムシ科	ヒゲナガカメムシ Pachygrontha antennata	0.1	2.2	=	-	< 0.1	< 1.0
ヒメヒラタナガカメムシ科	ヒメヒラタナガカメムシ Cymus aurescens	< 0.1	3.9	-	-	0.1	1.7
ヒメヘリカメムシ科	アカヒメヘリカメムシ Rhopalus maculatus	0.3	10.7	0.4	15.2	< 0.1	1.7
	スカシヒメヘリカメムシ Liorhyssus hyalinus	< 0.1	2.2	0.1	4.4	_	-
	ブチヒメヘリカメムシ Stictopleurus punctatonervosus	< 0.1	1.7	-	-	< 0.1	1.7
ヒョウタンナガカメムシ科	コバネヒョウタンナガカメムシ Togo hemipterus	0.1	1.7	0.8	16.5	15.8	47.2
	アムールシロヘリナガカメムシ Panaorus csikii	< 0.1	< 1.0	_	_	_	-
	キベリヒョウタンナガカメムシ Horridipamera lateralis	< 0.1	< 1.0	_	_	< 0.1	< 1.0
ヘリカメムシ科	ホソハリカメムシ Cletus punctiger	2.2	24.2	4.4	36.7	20.0	39.6
ホソヘリカメムシ科	クモヘリカメムシ Leptocorisa chinensis	0.5	< 1.0			3.7	17.1
マダラナガカメムシ科	ヒメナガカメムシ Nysius plebeius	0.8	9.0	_	_	31.0	20.8
メダカナガカメムシ科	メダカナガカメムシ Chauliops fallax	< 0.1	< 1.0	-	_	_	_
カメムシ数または調査地点	数	9,724 頭	178 地点	8,656 頭	158 地点		

 $<sup>^{</sup>a)}<0.1:$  種構成割合が 0.1%未満, <1.0: 発生地点率が 1.0%未満, -: 捕獲されていないことを示す。  $^{b)}$  永野ら(1992)から引用,転作牧草地,農道・畦畔,雑草地での調査結果を示す.

<sup>○</sup> 藤崎 (1982) から引用、水田内および雑草地での調査結果を示す.

1970 年代と比べて高くなった。1980 年代から 2010 年代 にかけて, 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地点率は変化しておらず, 大きな変化は 認められなかった。

永野ら(1992)の調査では種構成割合が高いアカスジ カスミカメ, アカヒゲホソミドリカスミカメ, フタトゲ ムギカスミカメ, ホソハリカメムシの4種を主要種とし てあげているが、今回の調査でもこれら4種は同様に種 構成割合, 発生地点率どちらも上位にあることから、宮 城県では依然としてこれら4種が主要種であると考えら れた。特にアカスジカスミカメの種構成割合は最も高 く、発生地点率も他のカメムシ類と比べて高いことか ら、アカスジカスミカメが最重要種であると考えられる。 以上より、宮城県における斑点米カメムシ類の主要種 は、1970年代から1980年代にかけて大きく変化したが、 1980年代から現在まで変化していないと考えられた。 この要因として、1970年代から1980年代にかけて転作 牧草地が急激に増加し、水田周辺の環境が大きく変化し たが、その後の環境変化は小さかったためと考えられた。 なお、上記の種のほかに宮城県における重要な種とし て、県南部にのみ生息する主要種クモヘリカメムシがあ げられるが、本種の県内における発生の変遷については

#### Ⅱ 地域による主要種の発生状況の比較

報告済み(大江, 2018 a) であり, 本報告と合わせて参

照していただきたい。

県内の地域ごとの斑点米カメムシ類の発生の特徴を明らかにするため、2014~15年の7月1日~31日に農業協同組合、農業共済組合、地域防除協議会が水田周辺の発生源で行ったすくい取り調査(以後、地域調査)472地点のデータと、2014~16年の7月中下旬に病害虫防除所が発生予察調査のために実施した発生源でのすくい取り調査(以後、発生予察調査)84地点のデータを収集した。

宮城県内における基準地域メッシュ(日本全土を緯線・経線に沿って一辺約1km四方の区域に分割したも

の)内の水田面積率を図-2に示した。これは色の濃い地域ほど水田が密集していることを示している。これを独自調査,地域調査および発生予察調査の計734地点の調査地点(図-1)と比較すると、今回収集したデータは、水田が少ない地域から密集している地域まで、ほぼ全域を網羅した調査データであると考えられる。

以上の調査データを、県内の農業改良普及センターの管轄地域にしたがって、九つの地域に分け、発生種の発生地点率と種構成割合を地域別に算出した結果を表-2、表-3に示した。

表-2に示した地域ごとの種構成割合は、アカスジカスミカメがすべての地域で最も高い割合を占めており、アカヒゲホソミドリカスミカメがこれに次ぐが、その割合は地域によって異なっていた。また、大崎、美里ではアカスジカスミカメのみで全体の90%以上を占める一方で、本吉では40%未満となっており、地域による違

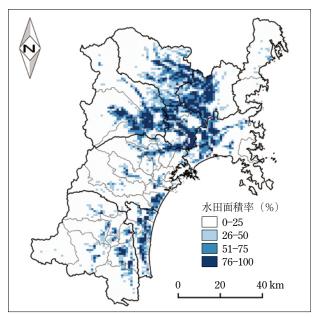


図-2 基準地域メッシュ内の水田面積率 太線は地域区分の境界, 細線は市区町村の境界を示す. 国土数値情報(土地利用3次メッシュ)データを元に作図した.

表-2 地域による斑点米カメムシ類の種構成割合の違い(大江ら, 2018b)

					地域					
発生種	大河原 (%)	亘理 (%)	仙台 (%)	大崎 (%)	美里 (%)	栗原 (%)	登米 (%)	石巻 (%)	本吉 (%)	合計 (%)
アカスジカスミカメ	60.1	62.8	76.3	90.0	92.7	82.6	78.0	70.5	39.5	76.4
アカヒゲホソミドリカスミカメ	29.9	29.2	17.3	8.1	4.6	13.5	19.4	24.7	35.9	18.2
フタトゲムギカスミカメ	4.6	5.9	5.3	0.8	0.5	0.1	0.3	2.0	16.8	2.3
ホソハリカメムシ	4.8	0.6	0.9	0.6	2.2	3.3	2.2	1.7	7.1	2.6
オオトゲシラホシカメムシ	0.6	1.5	0.3	0.3	0.1	0.5	0.1	1.0	0.7	0.5
コバネヒョウタンナガカメムシ	0.1	0	0	0.2	0	0	0.1	0.1	0	
総カメムシ数	4,996 頭	339 頭	3,124 頭	4,259 頭	1,615 頭	6,702 頭	3,828 頭	3,253 頭	691 頭	

	地域										
発生種	大河原 (%)	亘理 (%)	仙台 (%)	大崎 (%)	美里 (%)	栗原(%)	登米 (%)	石巻 (%)	本吉 (%)	-	合計 (%)
 アカスジカスミカメ	49.4	44.8	64.6	56.5	57.1	82.0	65.8	76.8	54.5	*	61.2
アカヒゲホソミドリカスミカメ	40.3	51.7	64.6	58.0	42.9	72.0	50.6	63.4	75.0	*	54.8
フタトゲムギカスミカメ	13.0	31.0	24.6	24.6	5.7	4.0	5.1	20.7	52.3	*	16.6
ホソハリカメムシ	23.8	6.9	16.9	14.5	40.0	40.0	21.5	19.5	29.5	*	24.3
オオトゲシラホシカメムシ	7.8	13.8	13.8	13.0	2.9	12.0	1.3	9.8	11.4	*	9.1
コバネヒョウタンナガカメムシ	0.4	0	0	2.9	0	0	3.8	1.2	0		1.0
調査地点数	231 地点	29 地点	65 地点	69 地点	35 地点	100 地点	79 地点	82 地点	44 地点		734 地点

表-3 地域による斑点米カメムシ類の発生地点率の違い(大江ら, 2018b)

いが認められた。

同様に地域の違いが斑点米カメムシ類の発生地点率に及ぼす影響について、コバネヒョウタンナガカメムシ以外の5種は、地域によって発生地点率が異なることが確認された(表-3)。アカスジカスミカメの発生地点率は栗原が最も高く、アカヒゲホソミドリカスミカメは本吉が最も高い発生地点率を示した。フタトゲムギカスミカメは本吉で52%、ホソハリカメムシは美里と栗原で40%となり、他の地域に比べて発生地点率が高かった。オオトゲシラホシカメムシは仙台と亘理での発生地点率が最も高かった。

以上より、どの地域においても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種構成割合、発生地点 率が、他の種と比較して高かった。しかし、地域によっ てはフタトゲムギカスミカメ、ホソハリカメムシ、オオ トゲシラホシカメムシの発生地点率が比較的高い地域も あり、それぞれの種における地域性が示されたと考えら れた。

#### おわりに

宮城県における斑点米カメムシ類の主要種はアカスジカスミカメ,アカヒゲホソミドリカスミカメ,ホソハリカメムシ,フタトゲムギカスミカメであり,県南部ではこれにクモヘリカメムシを加えた5種に注意を要すると考えられる。とりわけ今回の調査では県全域でアカスジカスミカメが最重要種であることを再確認する結果となった。そのため、今後もアカスジカスミカメを主な対象とした水田雑草・水田畦畔雑草の管理、防除適期での薬剤散布等の防除対策を励行していく必要があると考えられた。また、主要種については県南部にクモヘリカメムシが発生するなど地域的な差が認められており、その要因について今後明らかにする必要がある。

しかし、その一方で主要種以外の種に着目すると、今回捕獲された10科24種の斑点米カメムシ類の中でも、

種構成割合や発生地点率が主要種ほど高くはないが、これまで実施されたすべての調査で発生が確認される種が複数種認められる(表-1)。例えば、アカヒメへリカメムシ Rhopalus maculatus は岐阜県の中山間地における主要種とされ(曾我ら、1979)、最近では長野県で本種が原因と考えられる斑点米被害も報告されている(野口ら、2012)が、宮城県ではこうした主要種以外の斑点米カメムシ類の発生生態や被害実態などは調査されていない。

これまで宮城県では、最重要種であるアカスジカスミカメについての発生生態や防除手段等を検討してきた。そのため、斑点米被害はアカスジカスミカメが原因であるという認識に紛れて、ごく一部ではこうした主要種以外の種が被害をもたらしていた可能性も考えられる。今後の課題として、これまであまり着目してこなかった斑点米カメムシ種の生態や斑点米形成能力について調べることも必要であると考えられる。

最後に、今回の調査を通じて関係機関などが斑点米カメムシ類を調査する際に同定を支援するツールが必要であると感じた。そこで、調査で捕獲された斑点米カメムシ類の中から現場での判別が難しい種を選び、類似種との識別点や実寸大の比較写真を示した「斑点米カメムシ類判別シート」を作成し、関係機関に配布した。このシートの電子版は宮城県古川農業試験場のHPに掲載しているので、興味のある方は活用していただきたい。

#### 引 用 文 献

- 1) 藤崎祐一郎 (1982):宮城農セ研報 49:45~58.
- 2) 永野敏光ら (1992):同上 58:10~24.
- 3) 野口忠久ら (2012): 関東東山病虫研報 59:166~167 (講要).
- 4) 大江高穂 (2018 a): 植物防疫 72: 241~246.
- 5) ら (2018 b): 宮城古川農試報 13:45~56.
- 6) 曾我京次ら(1979): 関西病虫研報 21:41.
- 7) 田渕 研ら(2015): 東北農研研報 117:63~115.
- 8) 高橋富士男ら (1985): 北日本病虫研報 36:38~40.
- 9) 友国雅章ら(1993):日本原色カメムシ図鑑,全国農村教育協会,東京,380 pp.

a) 発生種ごとに各地域における発生地点率の違いを解析した. \*:G検定5%水準で有意差あり.

# 調査報告

## 台湾および中国大陸における ミカンコミバエ種群の発生の現状

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

毓

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

 大
 塚

台湾行政院農業委員会農業試験所応用動物組

#### はじめに

ミカンコミバエ Bactrocera dorsalis (図-1) は、アジアの熱帯〜亜熱帯地域を中心に生息し、かんきつ類をはじめ、マンゴーやグアバ等の多くの熱帯性の果樹類や果菜類の果実を加害する害虫である。分類学的には近縁種が複数含まれているため、ミカンコミバエ種群と呼ばれているが(Drew and Hancock, 1994)、本稿ではこれらの種群を含めて、以下、ミカンコミバエと呼ぶ。

ミカンコミバエは 1986 年に日本全域から根絶されたが、次章で述べるように、その後も沖縄地域を中心にトラップへの誘殺が繰り返されている。2015 年以降は、沖縄県のみならず鹿児島県においても誘殺が確認され、とりわけ 2015 年には奄美大島南部を中心に寄生果実が確認され、誘引剤を含んだ誘殺板の設置や散布、寄主植物の移動制限やポンカンなど果実の廃棄などの緊急防除対策が取られた。



図-1 ミカンコミバエの成虫

Recent Occurrence of the *Bactrocera dorsalis* Complex in Taiwan and Mainland China. Ву Masaya Матѕимига, Akira Отика and Yu-Bin Huang

(キーワード:ミカンコミバエ, 飛来源, 発生動態, 地球温暖化)

沖縄県や鹿児島県で誘殺されたミカンコミバエがイネウンカ類と同様に気流によって運ばれたと想定し、その飛来源を推定する試みが行われている(OTUKA et al., 2016;大塚ら、2018)。その詳細についても次章で紹介するが、飛来源としては台湾東南部や台湾西北部が推定されている。一方、藤崎(2016)は、近年、ミカンコミバエの誘殺の頻度が増加している原因として、地球温暖化に伴うミカンコミバエの発生地の拡大の可能性を指摘している。藤崎(2016)は、WAN et al. (2011)およびSHI et al. (2012)をもとに、中国大陸についても日本へのミカンコミバエの飛来源としての可能性を今後検討すべきことを指摘している。

ミカンコミバエの誘殺の頻度の増加には、発生地域の拡大とともに、発生地域における発生密度や発生動態の変化も関係すると考えられるが、発生地域におけるミカンコミバエの近年の発生実態についての詳細な情報は少ない。そこで本稿では、日本へのミカンコミバエの飛来源として推定される地域のうち、台湾および中国大陸における近年の発生状況について、台湾の発生データと台湾および中国大陸の文献情報をもとに解説する。なお、公表されている多くのデータは、メチルオイゲノールを誘引源とするトラップに誘殺された雄成虫個体数の変動データである。ミカンコミバエの被害果率や雌成虫の個体数データを得ることが大変難しいため、本稿では雄成虫誘殺個体数で個体群の変動を代表させている。

本文に先立ち,文献入手にあたってお世話になった,中国河南省農業科学院の封洪強博士に厚くお礼申し上げる。また,原稿について有益なコメントをいただいた守屋成一博士に厚くお礼申し上げる。

#### I 日本における近年のミカンコミバエの誘殺と 発生の状況

ミカンコミバエは日本では沖縄本島で1919年に初め て確認されて以来、沖縄県および鹿児島県の奄美群島を 中心とする地域にまで分布が広がったが、主に雄除去法によって1986年に日本全域から根絶された(吉澤,1993)。しかし、根絶後も沖縄県では侵入警戒トラップに毎年誘殺が確認されている(Ohno et al., 2009; OTUKA et al., 2016)。その都度、防除対策がとられ、発生の拡大は見られていない。

一方, 鹿児島県の奄美大島では 1979 年に根絶が確認されたが, 2015 年 6 月には誘殺が確認され、その後秋期にかけて発生が確認された(鹿児島県農政部, 2017)。これを受けて、2015 年 12 月から植物防疫法に基づく緊急防除が実施され、翌 2016 年 7 月に根絶を確認したうえで、緊急防除が解除された(加藤, 2016)。このあと、2017 年にも鹿児島県では沖永良部島、徳之島、屋久島で計18頭のミカンコミバエが誘殺された。2017 年には、このほか、沖縄県で116 頭、熊本県天草市で1頭のミカンコミバエが誘殺された。

ミカンコミバエの再侵入防止を目的に、沖縄県、鹿児島県を中心に侵入警戒調査が行われており、その発見状況については、植物防疫所のWebサイトで最新の情報が公開されている(植物防疫所、2018)。2018年には6月11日現在で、沖縄県与那国島で1頭、鹿児島県奄美大島、徳之島および沖永良部島で計4頭のミカンコミバエの誘殺が確認されている。

Muraji et al. (2008) およびNakahara and Muraji (2010) は、ミカンコミバエのミトコンドリア DNA 解析から、 沖縄県先島諸島に飛来したミカンコミバエのいくつか は、フィリピンが飛来源であると推定している。一方、 Otuka et al. (2016) は、沖縄県のミカンコミバエの過去 の誘殺事例について飛来源推定を行い, 気流によって運 ばれて誘殺されたと考えられる全事例のうち、飛来源と しては台湾が71.8%, フィリピンが24.3%, 中国大陸が 3.9%であることを報告している。このうち、台湾にお いては、台湾南東部の台東市付近が飛来源として推定さ れる事例が多かった (OTUKA et al., 2016)。 奄美大島にお ける2015年の誘殺事例については、発生初期の誘殺に 対応する飛来源は、台湾西北部と推定されている(大塚 ら, 2018)。以上のように、日本に飛来するミカンコミ バエの飛来源は、フィリピン、台湾、中国大陸からの可 能性が示唆されている。今後、より詳細な遺伝子解析と 飛来源推定を組合せることによって, 個別の飛来事例に ついて、さらに詳細な飛来源推定が可能になるものと考 えられる。なお、南西諸島におけるミカンコミバエの発 見は、気流によって運ばれる場合のみではなく、人の移 動に伴う寄生果実の持ち込みによる場合もある。このた め、近年の誘殺事例がすべて風によるものという訳では ない。

#### II 台湾における発生状況

台湾においては、ミカンコミバエは 1911 年に初めて 記録され、その後は台湾全域で分布が確認されている。 台湾における発生状況については、CHENG et al. (2000) および HUANG et al. (2013) を中心に紹介する。

#### 1 長期的な発生動向

1995年以降の台湾におけるミカンコミバエの平均発生個体数の長期的推移を見ると、毎年、夏季をピークに誘殺数が増加し、冬季には誘殺数が減少するものの、通年発生が見られる(図-2A)。これまでの多発生年は1995~96年、2000~02年、2013~15年であった(図-2A、B)。ミカンコミバエの飛来源における発生量が近年の地球温暖化によって増加している可能性が指摘されているが(藤崎、2016)、本データからは、台湾全体としての発生密度は、近年特段の増加傾向があるわけではない。

沖縄県におけるこれまでのミカンコミバエの誘殺状況 (Ohno et al., 2009; Otuka et al., 2016) と図-2Bを比較すると、台湾におけるミカンコミバエの多発年に沖縄で誘殺数が多いという関係は見られなかった。また、2015年に鹿児島県奄美大島で突発的に誘殺があった理由も、飛来源と考えられる台湾で必ずしもミカンコミバエの発生量がそれ以前と比べて2015年に多かったからではないと考えられる。

#### 2 発生の季節変化

ミカンコミバエは台湾では年間を通じて発生しており、低密度期(1~3月)、密度上昇期(4~5月)、高密度期(6~10月)、密度下降期(11~12月)の4期に分けられる(図-3)。年間を通じて様々な果実に寄生するが、果実の種類や量が増加し気温が上昇する6月から発生密度が増加する。10月後半以降は寄主果実の減少と気温の低下で発生密度が低下する。ただし、台湾は沿岸部と中央部では高度差が大きく、高地では冬季に気温が低下してミカンコミバエの活動性が低下するために、見かけ上、冬季に発生密度が低下したように見える可能性もある。

平均的には上記のような発生推移を示すが,以下に述べるように,台湾内においても,地理的,時期的に,また,主要な生産果実品目によって,ミカンコミバエの発生密度は,栽培果樹園内に比べて果樹園周辺の園外のほうに比較的多く発生しているものの,その季節性については園内と園外とで同調しているという報告もある(Kao et al., 2010)。

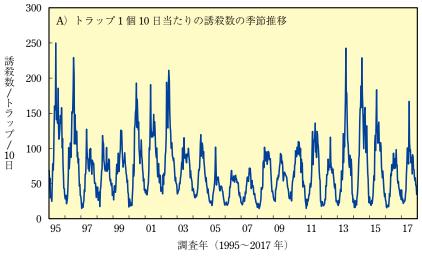




図-2 台湾全体におけるミカンコミバエの長期的な発生量の推移 (2011 年までは 農業試験所特刊 172 号より、2011 年以降のデータは HUANG Y. B. 未発表)

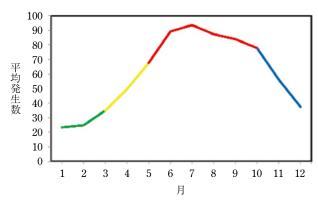


図-3 台湾におけるミカンコミバエの月別の平均発生推移 (農業試験所特刊 172 号)

# 3 地理的な発生密度の違い

台湾の中でも、ミカンコミバエの発生密度は地域によって異なり、大きく分けると台湾南部や中部で発生量が多い傾向にある(図-4)。年間平均密度が高いのは、台湾中西部の彰化県、台湾中南部の嘉義県、高雄市、屏東

県等である。台湾中部では密度は中程度であり、東部の うち花蓮県では発生密度が低い。

#### 4 果実の生産時期とミカンコミバエの発生

台湾では様々な熱帯性果実が周年を通じて栽培されている。果実の種によって果実が成熟する時期も大きく異なる(図-5)。生産量が春にピークとなる果実はレンブ、初夏から夏にピークとなる果実はマンゴー、ナシ、モモ、秋にピークとなる果実はブンタン、バンレイシ、夏は少なく秋から冬に多い果実はカンキツ、オレンジ、ナツメである。グアバとゴレンシについては6月に減少するがそれ以外には常に果実が存在する。

主な栽培果実は台湾内の県によっても異なり、発生量の多い県のうち、彰化県や高雄市ではグアバが多く、台南市、嘉義県ではカンキツ・オレンジ類が多く、台湾南部の屏東県ではマンゴーが多い(図-6)。

前節で示したミカンコミバエの年間の発生密度が高い 県のうち、台湾中西部の彰化県では密度ピークは 4~6 月の比較的早い時期に現れる(Huang et al., 1997)。これに対して、台湾南部の屏東県では、密度ピークは  $6\sim$ 7月に現れる(Huang et al., 1997)。彰化県と屏東県におけるミカンコミバエの密度ピーク時期の違いは、それぞれの県における主要生産果実であるグアバとマンゴーの果実出現ピークの違い(図-5)と同調している。Chenet al. (2006)の調査においても、グアバ園において、ミ

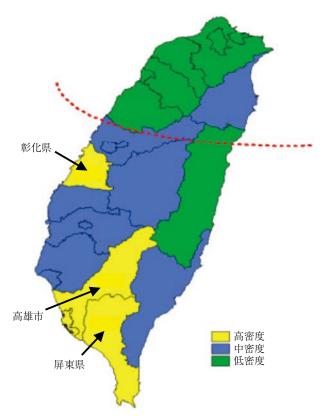


図-4 台湾におけるミカンコミバエの県別の相対発生量の違い (農業試験所特刊 172 号)

カンコミバエの発生は年中見られるものの、4~5月、8~10月に発生ピークが見られ、その発生量はグアバの果実出現時期と同期している。

以上のように、台湾内でのミカンコミバエの発生は、 年間を通じて発生が見られるものの、栽培果実種の地域 的な栽培時期によって、ミカンコミバエの発生ピークが 異なるという特徴がある。

#### 5 活動性の日周リズム

飛来源を推定したり、飛来予測手法を開発したりする場合には、ミカンコミバエの飛び立ち時刻、もしくは活動性の日周リズムが知りたくなる。台湾と中国大陸における誘引剤を用いた時間別のトラップ捕獲調査によると、朝(7~9時)と夕方(17~19時)に捕獲数が増加し、活動性の日周リズムは2山型を示している(Liu and YE、2006;Jiang et al., 2008)。これらのデータから、飛来源を飛び立つミカンコミバエは朝と夕方に移出している可能性が考えられるが、上記の日周リズムは飛翔活動性の変化ではなくメチルオイゲノールへの反応性のリズムである可能性もあり、今後のさらなる研究が必要である。ミカンコミバエが移出後に上昇して季節風を利用するのか、あるいは飛翔高度はどのくらいか等の移出の実態についてはほとんどわかっていない。

## 6 台湾におけるミカンコミバエの防除対策

台湾においては、1975~84年まで不妊虫放飼法が試みられていたが、現在は、ミカンコミバエ種群の根絶を目指した防除は行われていない。発生量をモニタリングして、密度が上昇した場合に抑圧防除を行うのを基本方針として、地域全体の発生密度を下げていくという広域的総合的害虫管理(Area-wide Integrated Pest Manage-

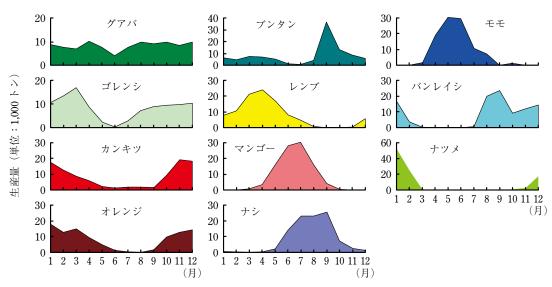


図-5 台湾におけるミカンコミバエの主要寄主となる果樹類の種別の月別生産量の推移(農業試験所特刊 172 号)

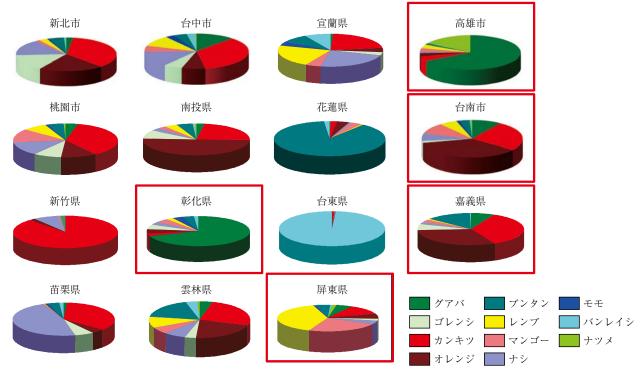


図-6 台湾におけるミカンコミバエ発生量の県別の生産果樹種の割合 赤枠で囲った県・市はミカンコミバエの発生量が多い地域(農業試験所特刊172号).

ment) の考え方で防除対策が進められている (Huang et al., 2017)。防除対策としては、メチルオイゲノール + ベイト殺虫剤による雄除去、プロテイン剤 + ベイト剤 による雌除去、果実の袋掛け、圃場衛生管理 (圃場周辺の被害果実の除去など)、殺虫剤散布などのほか、生物的防除 (寄生蜂の利用) なども試みられている。

ミカンコミバエ種群の発生密度のモニタリングと防除対策は、各県レベル以下の行政単位である「郷」や「鎮」等の小集落ごとに、農業委員会などと農家とが一体になり、小面積の果樹園集落ごとに行われている(CHIANG et al., 2007)。発生密度のモニタリングに関しては、1994年以降、台湾全域において10日ごとにトラップを回収して捕獲数調査を行うシステムが確立され、各地域からのデータが行政委員会農業試験所に集約され、モニタリング・ニュースレターなどとして取りまとめられた情報がWebサイトで提供されている。

### III 中国大陸における発生状況

# 1 中国大陸におけるミカンコミバエの分布域

中国大陸におけるミカンコミバエの発生状況については、文献調査による近年の状況を紹介する。中国大陸では、ミカンコミバエは1937年に初めて発見され、2005年までには海南省、広東省、広西チワン族自治区、雲南省、四川省、貴州省、湖南省、福建省の8省、北緯26

度付近まで分布が拡大した(CHEN et al., 2011)。これらの地域では、いずれも恒常的な発生が見られている。2005年以降には、これらの省に加えて、2011年までに浙江省、江蘇省、上海、湖北省といった揚子江沿岸地域、北緯32度付近まで分布が拡大している。その後、さらに、揚子江を越えた河南省や北京市でも発生が確認されている。以下、2005年以降に発生が確認された地域について、文献情報からその概要を紹介する。

浙江省台州では 2007 年 5 月に初発生が確認され, 2008~09 年には被害が増加した。しかし 2009 年以降は発生が見られなくなった (Yu et al., 2016)。

日本へのヒメトビウンカの飛来源である江蘇省の蘇州市では、2003年にミカンコミバエの初発生が見られ、その後、省南部を中心に多発生するようになった(YANG et al., 2009)。同市では年間の発生量は2008~09年に最大となり、2010年には減少し、市の一部区域のみでの発生となった(CHA and HAO, 2012;CHU and CHEN, 2013)。しかし、2012年は再び発生量が増えている。上海市では2009年に多発したが、2012年には防除対策の効果から、年間誘殺数はゼロになっている(TAO, 2015)。

揚子江以北の地域では、河南省鄭州市では、2013、2014年の調査で、市内の果樹園で両年とも $9\sim10$ 月をピークとしたミカンコミバエの発生が確認されている(Cao et al., 2015; 2016)。ミカンコミバエは北京市の一

部でも 2011 年に成虫の発生が見られ, 2012 年にも幼虫 被害が発見されている (Qu and Sun, 2013)。

以上のように、現在のミカンコミバエの分布記録は北緯32度を大きく越えた地域まで広がっているものの、浙江省や江蘇省、上海市およびそれ以北については、いずれも、省内の限定的な地域で発生が起こっているのみであり、省内全体で発生が拡大しているわけではない。また、確実に越冬することが報告されている北限は江蘇省(Hu et al., 2011;Zha et al., 2017)、上海市(Wu and Wang, 2010)あたりまでで、ほぼ同緯度の湖北省武漢市では、年によっては越冬可能という報告がある(Han et al., 2011)。

#### 2 地域による発生消長の違い

中国大陸の各省におけるメチルオイゲノールなどを用いたトラップでのミカンコミバエの年間の誘殺消長が報告されている文献を表-1にまとめた。この表から、雲南省、貴州省、広東省から福建省にかけての北緯23~25度の地域では、4~5月にかけて初発から密度上昇が見られ、発生ピークが6~7月に見られる。特に、日本へのイネウンカ類の飛来源にあたる広東省や福建省では、ウンカの飛来時期とミカンコミバエの発生ピークが重なっている。一方、北緯30度以北の地域では、初発から密度増加期は、ほとんどの場合7~8月に見られ、発生ピークは9~10月にかけて起こることが多い。ミカンコミバエが、イネウンカ類と同様に梅雨時期の下層ジェット気流に乗って日本に飛来するかどうかについては不明な点が多く、その可能性を検証するためには、ミカ

ンコミバエの飛翔行動などについてさらなる知見の蓄積 が必要である。

2005 年以降の中国大陸におけるミカンコミバエの分布拡大が、自然飛来によって起こったのか、あるいは人為的な持ち込みによるものなのかは不明である。いずれにせよ、梅雨時期に九州に流れ込む気流の起点となる福建省などの華南地域や、九州の対岸にあたる揚子江下流域においてもミカンコミバエ種群の発生が見られることから、今後の中国大陸における発生推移については十分に注視する必要がある。

### おわりに

台湾においては、ミカンコミバエのモニタリングトラップの自動カウントおよび情報収集システム(Jiang et al., 2008; 2013)やそれぞれのトラップに捕獲された直後に警報を受信できるようなシステム(Liao et al., 2012)の開発も進められている。中国大陸においても同様のシステムの開発が進められている(Wen et al., 2014; Li et al., 2015)。日本においても,侵入警戒調査は今後も継続する必要があるため、このような自動トラップの開発も必要となるだろう。

なお、トビイロウンカ、セジロウンカ、コブノメイガの越冬北限が近年の地球温暖化に伴って北上しているかどうかに関しては、Luo et al. (2013)が、2008、2010、2011年に広東省や福建省でこれらの種の越冬状況を調査した結果、結論としては調査した年次の越冬北限は1970~80年のそれと変わらなかったとしている。ミカ

<b>表-1</b> 中国各地におけるミガノコミハエの年间の発生消長							
直轄市・省	市区	緯度 (北緯) <sup>1)</sup>	調査年次	初発~ 密度増加期	誘殺ピーク	密度減少期	引用文献
広東省	広州市新滘鎮	23.08	2002~2005	4~5 月	6 月	8~9月	Lu et al. (2008)
広東省	汕頭市南澳県	23.42	$2009 \sim 2011$	3~5 月	6~8月	9~10 月	Chen et al. (2012)
雲南省	臨滄市	23.85	$2013 \sim 2014$	4~5月	6~7月	9月	Li et al. (2017)
雲南省	六庫鎮	25.84	$2003 \sim 2005$	4~5月	6~8 月	10~12 月	CHEN and YE (2007)
福建省	福州,泉州,漳州	26.06	$2002 \sim 2004$	5~6 月	7~9 月	10 月	ZHOU et al. (2008)
浙江省	象山県	29.31	$2009 \sim 2011$	6~7月	9~11月	12 月	ZHOU et al. (2012)
浙江省	慈溪市	30.07	$2007 \sim 2008$	6~7月	9~10月	12 月	Lao et al. (2009)
湖北省	武漢市	30.59	2008~2009	7~8 月	10~11 月	12 月	Han et al. (2011)
江蘇省	蘇州市洞庭東山	31.07	$2006 \sim 2007$	7~8 月	9~10月	11 月	CHU and CHEN (2008)
江蘇省	蘇州市	31.07	2014	7月	9~10月	11 月	ZHA et al. (2017)
江蘇省	無錫市	31.49	$2006 \sim 2009$	7月	8~10月	11 月	Hu et al. (2011)
上海市	上海地区	31.24	$2005 \sim 2008$	7~8 月	9月	10 月	Wu and Wang (2010)
上海市	上海城市绿地	31.24	2007?	8月	9月	10 月	Z <sub>HU</sub> et al. (2008)
安徽省	宿松県	30.10	2009~2011	7~8 月	8~9 月	10 月	XIONG (2014)
安徽省	合肥市	31.82	$2009 \sim 2011$	6~7月	9~10月	11 月	Jin et al. (2013)
河南省	鄭州市	34.74	$2013 \sim 2014$	7月	10~11月	12 月	Cao et al. (2016)
北京市	周口店	39.68	2012	7月	9月	10 月	$Q_{U} \ and \ S_{UN} \ \ (2013)$

表-1 中国各地におけるミカンコミバエの年間の発生消長

<sup>1)</sup> 各地の緯度については、調査地点の詳細が示されていない場合には市区を代表する地点の緯度を示した.

ンコミバエの場合には、自然発生以外にも人為的な持ち 込みがもとになって発生定着している可能性があり、現 在の中国大陸におけるミカンコミバエの分布域が、地球 温暖化などに伴う自然発生分布の拡大によるかどうかに ついては、今後の詳細な調査が必要である。

#### 引 用 文 献

- 1) Cao, H. et al. [曹辉ら] (2015): Northern Fruits [北方果树] **2015**(1): 36~37.
- 2) et al. [曹辉ら] (2016): Bull. Agric. Sci. Tech. [农业科技通讯] **2016**(2): 223~225.
- 3)CHA, G. X. and J. H. HAO [查国贤·郝建华] (2012): Jiangsu Agric. Sci. [江苏农业科学] 40(7): 129~130, 145.
- 4) Chen, C. C. et al. (2006): Formosan Entomol. 26:143~159.
- 5) CHEN, P. and H. YE [陈鹏·叶辉] (2007): Acta Entomol. Sinica [昆虫学报] **50**(1): 38~45.
- 6) Chen, J. Y. et al. (2011): Plant Dis. Pests 2(5): 42~47.
- 7) Chen, Q. H. et al. [陈其生ら] (2012): Plant Quarantine [植物 检疫] **26**(5): 59~61.
- 8) Cheng, E. Y. et al. [鄭 允 ら] (2000) : Taiwan Agric. Res. Inst. Spec. Pubul. [農業試驗所特刊] **91** : 1~58.
- 9) Chiang, M. Y. et al. [江明耀ら](2007): J. Taiwan Agric. Res. [台 灣農業研究] **56**(3):153~164.
- 10) Chu, C. R. and S. B. Chen [储春荣·陈绍彬] (2008): South China Agric. [南方农业] **2008**(6): 9∼10.
- 11) ——— · ——— [储春荣·陈绍彬] (2013): South China Fruits [中国南方果树] **42**(1): 51~52.
- 12) Drew, R. A. I. and D. L. Hancock (1994): Bull. Entomol. Res. Supplement  $2:1{\sim}68$ .
- 13) 藤崎憲治 (2016): 学術の動向 2016(8): 40~47.
- 14) Han, P. et al. (2011): J. Pest Sci. 84:289~295.
- 15) Hu, Z. et al. [胡婕ら] (2011) : Plant Quarantine [植物检疫] **25** (1) : 47~49.
- 16) Huang, Y. B. et al. [黄毓斌ら] (1997): Plant Prot. Bull. [植物保護學會會刊] **39**(1): 125~136.
- 17) ——— et al. [黄毓斌ら](2013): Taiwan Agric. Res. Inst. Spec. Pubul. [農業試験所特刊] **172** : 1~115.
- 18) et al. [黄毓斌ら] (2017): ibid. **201**: 45~52.
- 19) Jiang, J. A. et al. (2008): Comp. Elect. Agric. 62: 243~259.
- 20) ———— et al. (2013): Prec. Agric. 14(3): 323~342.
- 21) JɪN, S. M. et al. [金思明ら] (2013): Anhui Agric. Sci. Bull. [安徽农学通报] **19**(7): 44~47, 96.
- 22) 鹿児島県農政部 (2017): 鹿児島県におけるミカンコミバエ種 群根絶のあゆみ, ミカンコミバエ緊急防除等事業実績書, 鹿児島県農政部, 鹿児島, 178 pp.
- 23) Kao, C. H. et al. [高靜華ら] (2010) : J. Taiwan Agric. Res. [台 灣農業研究] **59**(4) : 249~260.

- 24) 加藤紀香 (2016): 植物防疫 70:717~720.
- 25) Lao, C. et al. [劳冲ら](2009): Plant Nursing [植物护理学] 2009(16): 118~119.
- 26) Lı, D. Q. et al. [李徳强 ら] (2017): Southwest China J. Agric. Sci. [西南农业学报] **30**(3): 610~618.
- 27) Lı, Z. et al. [李震ら] (2015): J. Hunan Agric. Univ. (Nat. Sci.) [湖南农业大学学报(自然科学版)] **41**(1): 89~93.
- 28) Liao, M. S. et al. (2012): Comp. Elect. Agric.  $88:1\sim12$ .
- 29) Liu, J. H. and H. Ye [刘建宏·叶辉] (2006): Chin. Bull Entomol. [昆虫知识] 43(2): 211~214.
- 30) Lu, X. et al. [吕欣ら] (2008): Acta Ecol. Sinica [生态学报] **28** (4): 1850~1856.
- 31) Luo, J. et al. [罗举ら] (2013): Chinese J. Appl. Entomol. [应用 昆虫学报] **50**(1): 253~260.
- 32) Muraji, M. et al. (2008): Appl. Entomol. Zool.  $43:609\sim615$ .
- 33) Nakahara, S. and M. Muraji (2010): Res. Bull. Pl. Prot. Japan 46:  $17 \sim 23$
- 34) Ohno, S. et al. (2009): Appl. Entomol. Zool. 44:643~654.
- 35) Отика, A. et al. (2016): ibid. 51: 21~35.
- 36) 大塚 彰ら (2018): 応動昆 62: 79~86.
- 37) Qu, H. X. and J. S. Sun [屈海学·孙静双] (2013): Chinese Hort. Abst. [中国园艺文摘] **2013**(2): 51, 62.
- 38) Shi, W. et al. (2012): PLoS ONE **7**(5): e37083.
- 39) 植物防疫所 (2018): 侵入警戒調査の対象となっている病害虫の発見状況: ミカンコミバエ種群の誘殺状況, http://www.maff.go.jp/pps/j/introduction/domestic/dsinnyuu/hakken jokyo.html
- 40) Tao, S. F. [陶賽峰] (2015): Shanghai Agric. Sci. Tech. [上海农业科技] **2015**(6): 163.
- 41) Wan, X. et al. (2011): PLoS ONE 6(10): e25238.
- 42)Wen, T. et al. [文韬ら](2014): J. Hunan Agric. Univ. (Nat. Sci.) [湖南农业大学学报(自然科学版)] **40**(5): 506~512.
- 43) Wu, G. C. and H. Wang [吴广超·王焱] (2010): Forest Pest Dis. [中国森林病虫] **29**(6): 12~13, 41.
- 44) Xiong, G. H. [熊桂和](2014): Hubei Plant Prot. [湖北植保] 2014(2): 17~20.
- 45) YANG, Z. X. et al. [杨忠星ら] (2009): South China Fruits [中国南方果树] **38**(2): 38~39.
- 46) 吉澤 治 (1993): 植物防疫 47:527~533.
- 47)Yu, J. H. et al. [余继华ら] (2016) : J. Agric. [农学学报] **6**(10) : 24~26.
- 48) Zha, G. X. et al. [查国贤ら] (2017): Jiangsu Agric. Sci. [江苏农业科学] 45(12): 70~72.
- 49) Zhou, D. G. et al. [周丁国ら] (2012) : Shanghai Agric. Sci, Tech. [上海农业科技] **2012**(3) : 144~145, 148.
- 50) Zhou, W. C. et al. [周卫川ら] (2008): Entmol. J. East China [华 东昆虫学报] **2008**, 17(1): 26~30.
- 51) Zhu, C. G. et al. [朱春刚ら] (2008): Acta Phytophyl. Sinica [植物保护学报] **35**(5): 389~393.

調査 報告

# 中国における水稲害虫防除の実態

ルン ホススィー

次

Syngenta (China) Investment Company Limited, Crop Protection Div. Hoss Xu and Rong Song

シンジェンタ ジャパン株式会社 杉 井

# はじめに

中華人民共和国(以下、中国)において、米は人口の 67%以上の人にとって主食であり、2億トンもの収穫の ある米は、国家食料安全保障の観点からも重要な作物で ある (Hu and Ding, 2008; 虞, 2009)。しかし害虫によ る被害は、10~25%の減収をもたらし、持続的な食料供 給に大きな脅威となっている。

中国の米栽培体系は、南部の2期作地域、中央部の1 ~2期作地域,南西部の1期作地域,北部の1期作地域, 北東部の1期作地域、北西部の1期作地域の六つに分け られ(図-1), それぞれ多くの害虫が被害を与えている (Hu and Ding, 2008; Yuan, 2014)。主要害虫は、トビイ ロウンカ Nilaparvata lugens, セジロウンカ Sogatella furcifera, ヒメトビウンカ Laodelphax striatellus, ニカメ イチュウ Chilo suppressalis, イッテンオオメイガ Scirpophaga incertulas, コブノメイガ Cnaphalocrocis medinalis 等であるが、地域によっては、イネミズゾウムシ Lissorhoptrus oryzophilus, Orseolia oryzae (Asian rice gall midge, ハエ目), イネヒメハモグリバエ Hydrellia grise*ola* や *Chloethrips oryzae* (Rice thrips, アザミウマ目) も甚大な被害をもたらしている。

中国における主な害虫防除法として、圃場管理、生物 的防除,抵抗性品種の導入,化学的防除があげられるが, 化学的防除が最もよく使われている方法であり、その果 たす役割も大きい。本稿では、中国における水稲害虫の 防除の実態を紹介する。

#### I 中国における新しい防除原則

近年,中国においても"緑の植物保護, Green plant protection"や"生態学的防除の実践, Ecological control

Rice Insect Control Situation in China. By Hoss Xu, Rong Song and Shinii Sugii

(キーワード:水稲害虫、ニカメイガ、コブノメイガ、トビイロ ウンカ、セジロウンカ、ヒメトビウンカ、防除、薬剤抵抗性、中 華人民共和国)

practice"といった圃場維持活動と害虫管理を組合せた 中国版総合防除の原則や技術、戦略が開発されてきてい る。その例としては、圃場残渣のすき込みや湛水による 水稲害虫初期密度の低減、害虫の侵入を防ぐための防虫 ネットや不織布による苗床被覆, 越冬または侵入害虫の 誘蛾灯による誘殺、害虫に対する抵抗性品種の導入・栽 培, 圃場周辺の植生とカモ, メダカ, スッポン, カニ等 の生息場所をエコシステムとして相互扶助的に組合せ て、有用な生物群集の構築を促進するための適正な雑草 管理があげられる (Lou et al., 2014; Huang et al., 2014; Xu et al., 2017).

しかし, 防除の主流は, 依然として効果の高い殺虫剤 による化学的防除である。2015年の水稲害虫防除には、 約5.42億ドル(約596億円)の殺虫剤が使用された。 広く使用された主な殺虫剤は、クロラントラニリプロー ル, クロルピリホス, アバメクチン, DDVP, イミダク ロプリド, トリアゾホス, イソプロカルブ, ニテンピラ ム、ピメトロジン等である(BAI and Gu, 2017)。

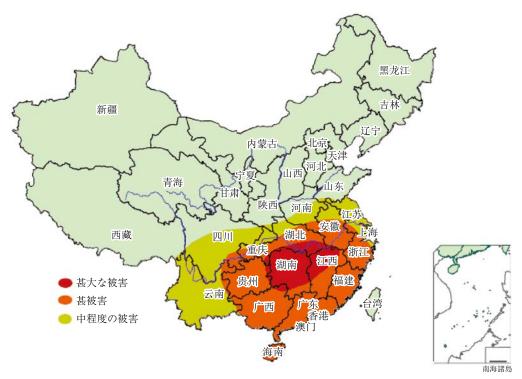
# Ⅱ ウンカ類の防除

中国では、トビイロウンカ、セジロウンカ、ヒメトビ ウンカが経済的に重要な害虫となっている(図-2)。こ れらウンカ類は、吸汁による甚大な被害、産卵による組 織の物理的な破壊等の直接的な被害を与えるのみなら ず, ウイルス病も媒介する。また, 長距離移動を行い, 広い範囲に被害をもたらす。トビイロウンカは主に中国 の南部で周年発生し、そこから中国中央部および南西部 に移動・侵入する。一方、セジロウンカは、中国のほぼす べての稲作地域で生息、繁殖することができる。ヒメト ビウンカは中国中央部に多く、米・コムギの二毛作の普 及により急激に個体数が増加した。これらウンカ類は高 い繁殖率と長距離移動性を持つことから、防除のために 化学合成殺虫剤が中国全土で繰り返し使用されている。

初期生育期のウンカ防除やアザミウマ防除のために は、イミダクロプリドやチアメトキサム等のネオニコチ ノイド系薬剤による種子処理が多くの場合に行われてい



図-1 中国の水稲栽培地域



**図-2** 2017年のウンカ類による被害発生地域 (NATESCより引用・改変)

る。また、移植2~3日前に育苗箱に浸透移行性を有する殺虫剤を灌注または散布する方法が、次第に一般的になってきており、特に労務費が大きな問題となっている

地域で広く採用されている。しかし、初期生育段階での 農薬の施用は、イネが強い補償作用を持つことと、殺虫 剤が有用な生物群集を害する可能性があるため、ウンカ 類の防除では必ずしも推奨されるものではない(Lou et al., 2014)。

殺虫剤のもう一つの重要な使用時期は、ウンカ類の被害が常に顕著な収量損失をもたらす増殖期が推奨されている。薬剤としては、ピメトロジン、エトフェンプロックス、ジノテフラン、最近ではスルホキサフロルやトリフルメゾピリム等が上市されている。しかし、ミツバチに対し高い殺虫活性を有しているネオニコチノイドなどの薬剤の開花期での使用は制限されている。イネの中・後期におけるウンカの防除の目安として株当たり10~15 頭以上が設定されている。

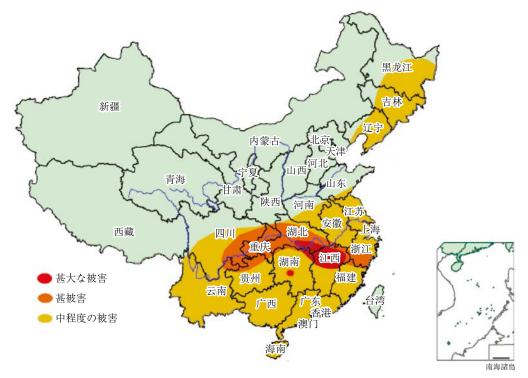
殺虫剤散布がウンカ類防除の主な方法であるが、トビイロウンカにおいて、いくつかの剤の防除効果が使用開始後数年で急激に低下する事例が認められている。間違った使い方や過度の使用が、殺虫剤抵抗性の急速な発達を促したと思われる。

# III チョウ目害虫の防除

中国では、イッテンオオメイガ、ニカメイガ、イネヨトウ Sesamia inferens の3種が重要なチョウ目害虫である(図-3)。ニカメイガが優占種で、中国のほぼすべての稲作地域で生息、繁殖することができる。イッテンオオメイガ、イネヨトウは2次的な害虫で、イッテンオオメイガは中国南部、イネヨトウは中国中央部に分布す

る。これらチョウ目害虫の防除では、第1世代での防除が重要で、株元からの収穫(越冬できる桿を残さない)、ていねいな耕起、田植え前7~10日間圃場に水を張ることで、越冬蛹や幼虫を効果的に殺すことができる。コンバインによる収穫は、切り株の除去に大きな役割を果たし、初期密度の減少に寄与している。また、いくつかの地域では、圃場への播種や移植時期を遅らせることで、ニカメイガの密度や被害を大幅に減少させることができる。誘蛾灯やフェロモンによる誘殺、交信攪乱も行われている(Lou et al., 2014)。また、誘蛾灯やフェロモンを使用した予察情報により、殺虫剤散布適期のガイドラインが提供されている。

移植前の育苗箱に浸透移行性を有する薬剤を散布するのと同様に、種子処理という薬剤処理法も、いくつかの地域でこれらチョウ目害虫の防除に重要な役割を果たしている。チョウ目害虫の防除には、育苗期の処理のほか、成虫と卵密度を基に2回の殺虫剤散布が必要とされている。1回目の散布は芯枯れが3%認められた分げつ時期に、2回目の散布は芯枯れに関係するチョウ目害虫の産卵ピーク時である穂ばらみ期に行う。クロラントラニリプロール単剤、SYP9080(ジアミド系薬剤のジェネリック)単剤、メトキシフェノジド単剤、Bt剤、エマメクチン安息香酸塩混合剤、アバメクチン混合剤、スピネトラム混合剤、トリアゾホス、クロルピリホスが広く使用さ



**図-3** 2017 年のニカメイガなどのチョウ目害虫による被害発生地域 (NATESC より引用・改変)

38



**図-4** 2017 年のコブノメイガによる被害発生地域 (NATESC より引用・改変)

れている。害虫の発生状況が地域の植物防疫関係部署に よってモニタリングされ,適切な薬剤散布時期が発信さ れているので、農家は初期防除を実施することができる。

コブノメイガは、長距離移動をする水稲チョウ目の重要害虫である(図-4)。イネの生育期での防除はあまり必要ではないが、止葉が被害を受けると収量の減少につながるので、出穂期の防除が重要となる。クロラントラニリプロール、SYP9080、インドキサカルブ、エマメクチン安息香酸塩、スピネトラム、Bt等がコブノメイガ防除に広く使用されている。

# IV 抵抗性の現状

多くの水稲害虫において薬剤抵抗性が確認されている。例えば、浙江省、湖南省、江西省のいくつかの県では、ニカメイガにおいてクロラントラニリプロールに対する高い抵抗性が確認されている。また、イミダクロプリドは、トビイロウンカが高い抵抗性を有することから、2006年以降トビイロウンカの防除への使用は制限されている。ブプロフェジンも中国農務省によって、2014年にトビイロウンカの防除への使用は制限されている(ZHANG et al., 2016)。

# おわりに

中国では、抵抗性害虫に対し高い防除効果を上げるために、農家が殺虫剤を過剰に使用しがちである。農家の農

薬使用に関する知識不足により、害虫防除に係る情報や 農薬ラベルに書かれている濃度や回数以上で散布してし まうことが、殺虫剤の過剰散布の主な理由と思われ、この 過剰散布が抵抗性発達を促進しているように考えられる。

この状況を受けて、中国政府や学識者は持続可能な害虫管理を行うために、"スマート害虫管理戦略"を推進している。農家が寄生蜂を利用した生物的防除、植物由来の殺虫剤、微生物農薬等、環境に優しい手法を使用することを推奨し、農薬の散布にあたっては、薬剤の散布を必要最小限にとどめ、抵抗性発達を遅らせるために異なる作用機構を有する薬剤のローテーション散布プログラムを利用することを推奨している。また、抵抗性が確認された地域では、該当する薬剤を使用しないよう指導している。

#### 引 用 文 献

- 1) Bai, Y. L. and L. L. Gu (2017): Modern Agrochemicals 16(1):  $1{\sim}6$
- 2) Huang, S. W. et al. (2014): Agron. Sustain. Dev.  $34:275\sim291$ .
- 3) Hu, L. Y. and Y. F. Ding (2008): Crop Cultivation, High Education Press, Beijing, 490 pp.
- 4) Lou, Y. G. et al. (2014): Biological Control **68**: 103~116.
- 5) 虞 国平 (2009): 水稻在我国粮食安全中的战略地位分析[D], 中国农业科学院, 北京, 44 pp.
- 6) Xu, H. X. et al. (2017): Rice Science 24(2):  $61\sim72$ .
- 7) Yuan, L. P. (2014): Rice Sci. 21:1~2.
- Zhang, X. L. et al. (2016): Pesticide Biochemistry and Physiology 132:13~20.



# 甘露排泄を利用したアブラムシ類の 簡易薬剤感受性検定法

山口県農林総合技術センター 溝 部 信 二

# はじめに

野菜・花き・果樹の害虫であるアブラムシ類では、薬剤抵抗性の発達が問題となっており(浜、1987;西東、1997)、抵抗性の発達程度は地域によって異なる(森下、1992)ことが知られている。2012年に宮崎県および大分県で、2013年には和歌山県でネオニコチノイド系薬剤に対する感受性が低下したワタアブラムシ Aphis gossypii Gloverの個体群が確認された(大分県農林水産研究指導センター、2013;Matsuura and Nakamura、2014;岡本ら、2014)。このことから、ネオニコチノイド系剤に抵抗性を持つアブラムシ類の発生を早期に確認することは、農作物の防除薬剤を選定するうえで今後大変重要になると考えられる。

農業試験場や病害虫防除所等の試験研究機関は薬剤感 受性検定を実施し,抵抗性発達程度の把握に努めてい る。一般的な検定方法は、野外から採集したアブラムシ 類を飼育し、無翅胎生雌成虫を用いて薬剤処理24時間 後に生死を判定する虫体浸漬法(浜, 1987)や、植物の 苗を利用して薬剤処理1~2日後に判定する方法(牧野 ら、1992) 等である。しかし、これらの方法における生 死の判定は、無翅雌成虫のみを対象とするため、実体顕 微鏡下で1頭ずつ供試虫を観察する必要があり、専門的 な技術と労力が必要とされる。アブラムシの防除に用い られる、有機リン系剤やピレスロイド系剤は速効的に作 用し、異常興奮、けいれん、ノックダウン効果等により 急激な麻痺を起こす(日本植物防疫協会, 2016)ことか ら、生死の判定は比較的容易であった。一方、ネオニコ チノイド系剤は神経興奮を遮断し昆虫を麻痺, 死亡させ る (日本植物防疫協会, 2016) 作用があることから、薬 剤の影響を受けた個体も植物体上にとどまり、生存虫と 死亡虫および苦悶虫の判定が難しい場合がある。さら に、カメムシ目の昆虫に摂食阻害作用を示して餓死を引

Simple Procedure for Monitoring Insecticide Resistance of Aphids, Based on Honeydew Excretion. By Shinji Mizobe

(キーワード:アブラムシ, 甘露, チャック付きポリ袋, 薬剤感受性検定)

き起こす薬剤では、死亡するまでに数日を要することから、薬剤の効果確認は容易ではない。

生産者の要望の多くは、「被害を最小限にとどめるため、効果の高い薬剤をできるだけ早く知りたい」というものである。抵抗性発達による被害の発生を防止するためには、より多くの農家や圃場において検定を実施し、迅速に農家に提供することが望ましい。そこで、JAや普及関係等の現地指導者に実施可能で、その結果を生産者が肉眼で確認できる方法を開発するため試験を実施した。

# I アブラムシの甘露排泄

植物吸汁性のカメムシ目昆虫の多くは、植物の篩管液 を吸汁して甘露(honeydew)と呼ばれる糖分を含む液 体を肛門から排泄する。

アブラムシ類が腹部を持ち上げて甘露を排泄し、後脚で甘露を蹴り飛ばすことはモモアカアブラムシ *Myzus persicae* (Sulzer) (Downing, 1978), マメアブラムシ *Aphis craccivora* Koch (Takeda et al., 1982) で報告されており、筆者の観察でもワタアブラムシやニセダイコンアブラムシ *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) で観察された(図-1)。

アブラムシ類の甘露排泄の回数は、1時間当たり約0.9



図-1 腹部を持ち上げて甘露(矢印)を排泄する ニセダイコンアブラムシ この後、後脚で水滴を上方に蹴り飛ばす.

回であること(Takeda et al., 1982),甘露排泄は幼虫~成虫のすべての発育ステージを通じて観察されること(Lee et al., 2012),またその間,脱皮や産仔によって中断される時間は  $12\sim16$  時間であること(Auclair, 1959)が示されていることから,甘露排泄の有無は 24 時間後に観察すれば評価可能であると考えられる。

チャック付きポリ袋にニセダイコンアブラムシの寄生したハクサイの葉片を入れ,24時間後に観察した結果,アブラムシのコロニー上のポリ袋内側上面に甘露の水滴が粒となって付着した(図-2)。

ワタアブラムシの寄生したイチゴの葉をチャック付ポリ袋に入れたところ、1回の排泄で付着した粒の直径は、約0.2 mm と小さく肉眼で確認することは困難であったが、連続して蹴飛ばされた甘露は、アブラムシの真上のほぼ同じ位置に付着するため、肉眼で確認できる大きさ(およそ0.5 mm 以上)に拡大した(図-3)。一方、水蒸気に由来すると推定される結露は、チャック付ポリ袋の



図-2 ポリ袋内側に付着したニセダイコンアブラムシの甘露の水滴

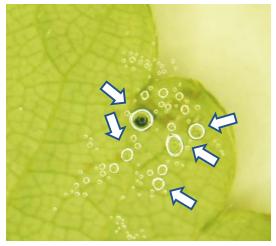


図-3 ポリ袋内側に付着したワタアブラムシの甘露の水滴 矢印:肉眼で確認可能な大きさ(0.5 mm 以上).

下面に多く付着した。結露の水滴と甘露粒は、大きさが 異なるため容易に区別できた。

# II 薬剤処理したワタアブラムシ虫数と 甘露粒数の推移

2013年11月26日に山口県萩市椿の施設栽培イチゴ で採集したワタアブラムシの成幼虫を用いて虫体浸漬法 による試験を実施した。各区の処理虫数は、10~21頭/ 葉片、幼虫の比率は73~95%で、処理は3反復とした。 資材はチャック付きポリ袋 ((株)生産日本社製ユニパッ クB-4,85 mm×60 mm×0.04 mm),ろ紙(アドバンテ ック東洋(株)製, No.2, 直径 90 mm), プラスチック容器 ((株)大創産業製, A043, 157 mm×243 mm×20 mm), ペーパータオル(日本製紙クレシア(株)製、JKワイパ -, 225 mm×215 mm) およびポリ袋 (プラス(株)製, No.16, 480 mm×340 mm×0.03 mm) を用いた。薬剤 は市販のネオニコチノイド系殺虫剤(アセタミプリド水 溶剤 20.0%; 4,000 倍) とピレスロイド系殺虫剤(フル バリネート水和剤 20.0%; 8,000倍) を供試した。製剤 の希釈および対照区には、展着剤(ポリアルキレングリ コールアルキルエーテル 27.0%; 5,000 倍) を加用した 蒸留水を用いた。

アブラムシの寄生したイチゴの葉をハサミで約  $20 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$  に切り取って薬液に 10 秒間浸漬した。ペーパータオルで余分な薬液を除去した後,葉裏を上にしてチャック付きポリ袋に入れた。チャック付ポリ袋内に蒸留水で濡らしたろ紙( $10 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ )を追加した後(図-4),プラスチック容器に並べ,蓋をしてポリ袋に入れ,約 25℃,16L:8D条件下に静置した。ワタアブラムシの生死は実体顕微鏡下でポリ袋の上から確認した。動作が緩慢となった虫および葉片から離脱した虫は,苦悶虫とした。

アセタミプリド区では処理 24 時間後に生存虫および 苦悶虫が認められた。処理 48 時間後には生存虫はなか ったが、苦悶虫は認められた。フルバリネート区では

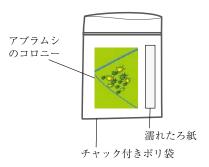


図-4 チャック付きポリ袋に入れた葉片 (溝部ら、2017を一部改変)

24 時間後,48 時間後とも生存虫が認められ,効果が低下していると推察された。対照区では24 時間後,48 時間後とも生存虫が認められ,産仔によって虫数が増加した(図-5)。

袋内面に付着した甘露粒数を処理 24 時間後および処理 48 時間後に調査した結果, 0.5 mm 未満の甘露粒数は対照区およびフルバリネート区では増加したが, 0.5 mm 以上の甘露粒数は同等であった。アセタミプリド区では 0.5 mm 以上の甘露粒は認められなかった(図-6)。イチゴの葉片は 48 時間後も健全な状態を保ち, 葉片から離脱するワタアブラムシは見られなかった。なお, 濡れたろ紙を入れずに供試する予備試験を実施したところ, 処理 48 時間後にはイチゴの葉片は完全に乾燥し, ワタアブラムシが離脱することにより調査不能となった。

# III 甘露粒の観察による各種薬剤の効果の推定

供試薬剤は、いずれも市販されている薬剤の中から作物に登録のあるものを選択し、常用濃度で試験した。薬剤処理は、II 章と同様の方法で行った。チャック付きポリ袋は、蒸留水で湿らせたペーパータオルを敷いたプラスチック容器に葉裏を上にして並べ、蓋をしてポリ袋(340 mm × 480 mm × 0.03 mm)に入れた(図-7)。生死および苦悶の判別、また甘露粒のカウントはすべてI章と同様の方法で行った。供試虫は、2014年1月23日に山口県山口市大内の農林総合技術センター内の施設栽培イチゴで採集したワタアブラムシ(図-8)、2014年1月28日に農林総合技術センター内の施設ピーマンで採集したモモアカアブラムシ(図-9)、2015年6月3日に山口市大内の農家圃場のモモで採集したモモコフキアブラムシ Hyalopterus pruni (GEOFFROY)(図-10)である。

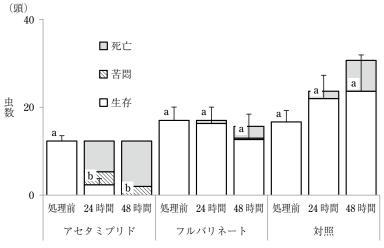


図-5 薬剤処理後のワタアブラムシ虫数の推移 縦棒は標準誤差。 同一英文字間には Mann-Whitney の U検定で有意差なし。 (p < 0.05)

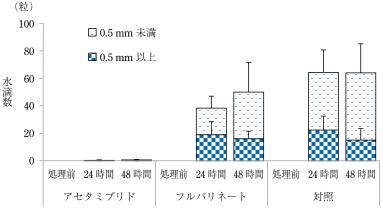


図-6 薬剤処理後にポリ袋内面に付着した水滴数の推移 縦棒は標準誤差.

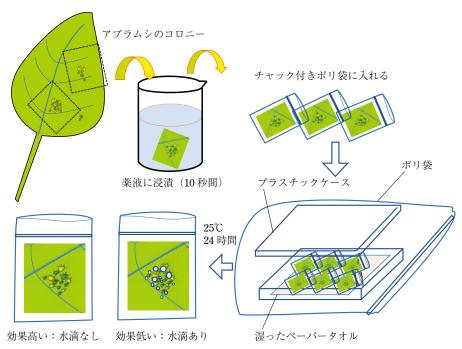


図-7 甘露粒の観察による薬剤感受性検定の手順(溝部ら, 2017を一部改変)



図-8 チャック付きポリ袋に入れたイチゴのワタアブラムシ



図-9 チャック付きポリ袋に入れたピーマンの モモアカアブラムシ





対照区

ピリフルキナゾン区

**図-10** チャック付きポリ袋に入れたモモの モモコフキアブラムシ

各試験区の処理虫数は、ワタアブラムシは 10~42 頭/葉片、幼虫の比率は 63~97%、モモアカアブラムシは 14~147 頭/葉片、幼虫の比率は 84~96%、モモコフキアブラムシは 21~214 頭/葉片、幼虫の比率は未調査であった。処理は 3 反復とした。

処理前および処理 48 時間後のアブラムシの生存虫数と、処理 24 時間後の甘露粒数をグラフに示した(図-11)。ワタアブラムシでは、アセタミプリド区では甘露粒は認められず、効果は高いと推定できたが、フルバリネート区、マラソン区、ピリダベン区、ピリフルキナゾン区、MEP区では甘露粒を認め、感受性の低下した個体の存在を疑わせる結果となった。フロニカミド区は対照と同様に甘露粒が多く、生存虫数も確認できることか

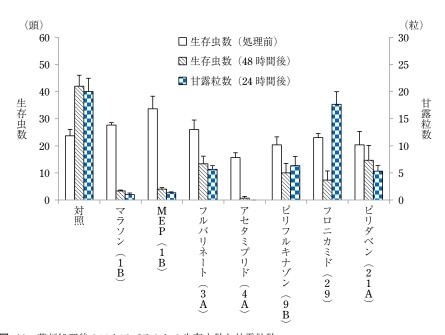


図-11 薬剤処理後のワタアブラムシの生存虫数と甘露粒数 甘露粒数:処理 24 時間後のポリ袋内面上部に付着した直径 0.5 mm 以上の水滴(甘露)数. 縦棒は標準誤差,薬剤名の下の文字は IRAC コード.

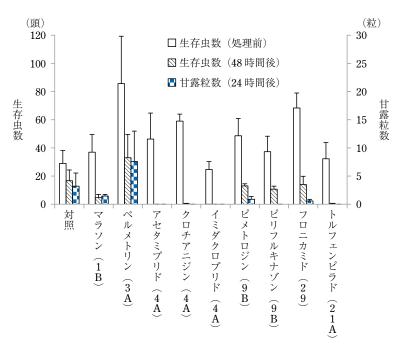


図-12 薬剤処理後のモモアカアブラムシの生存虫数と甘露粒数 甘露粒数:処理24時間後のポリ袋内面上部に付着した直径0.5 mm以上の水滴(甘露)数. 縦棒は標準誤差,薬剤名の下の文字はIRACコード.

ら効果の低下が疑われた。モモアカアブラムシは軟弱な葉を使用したためか、対照区を始め、多くの処理区で死亡率が高かったが、ペルメトリン区では甘露粒が認められ、効果が低下していると推定された(図-12)。モモコフキアブラムシは、アクリナトリン区およびトルフェンピラド区でわずかに甘露粒が認められた。アブラムシに

登録のないスピノサド区は甘露粒が多かった(図-13)。

これらのことから、アブラムシ類の虫数にばらつきが大きい条件においても、薬剤浸漬処理の24時間後にチャック付きポリ袋に付着した甘露粒の有無を肉眼で観察することにより、殺虫剤の効果をおおまかに推定できた。

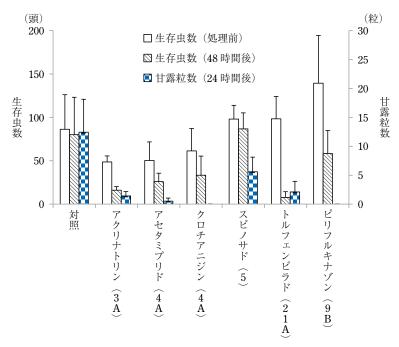


図-13 薬剤処理後のモモコフキアブラムシの生存虫数と甘露粒数 甘露粒数:処理 24 時間後のポリ袋内面上部に付着した直径 0.5 mm 以上の水滴(甘露)数. 縦棒は標準誤差,薬剤名の下の文字は IRAC コード.

# おわりに

殺虫剤抵抗性害虫の対策には、各種殺虫剤に対する抵抗性レベルの正確な把握が不可欠である。しかしながら、生産者に対しては、死虫率の調査よりも被害防止が可能となる代替薬剤の提示が急務となっている。本調査法は、処理前虫数のカウントや成幼虫の区分を省略しているため、正確な死虫率を算出することはできない。しかしながら、アブラムシ類の寄生した葉の一部分を切り取ってチャック付きポリ袋に入れ、24 時間後に観察するだけの本調査法は、作業が簡便であることから、大量のサンプルを処理できる。また、48 時間後に死亡率を判定するネオニコチノイド系薬剤や処理数日後に死亡する遅効性薬剤の効果を24 時間で判定できる利点がある。さらに、調査に利用するチャック付きポリ袋の販売価格は、1 枚あたり 2 円程度と非常に安価であり、試験後の処分も容易である。以上のことから、本法は、生産現場

で効果のない薬剤を把握するための薬剤抵抗性のモニタリング調査や,簡易な薬剤感受性検定法として使用可能で,生産者に対して薬剤抵抗性対策の必要性を示すために有効な手段と考えられる。

# 引用文献

- 1) Auclair, J. L. (1959): Entomol. Exp. Appl.  $2:279\sim286$ .
- 2) Downing, N. (1978): J. Exp. Biol. 77: 347~350.
- 3) 浜 弘司 (1987):植物防疫 41:159~164.
- 4) Lee, Y. et al. (2012): Entomol. Res. 42:320~329.
- 5) 牧野 晋ら(1992): 九病虫研会報 38:109~112.
- 6) Matsuura, A. and M. Nakamura (2014): Appl. Entomol. Zool.  $\mathbf{49}:535{\sim}540.$
- 7) 溝部信二ら (2017): 応動昆 61:252~255.
- 8) 森下正彦 (1992): 関西病虫研報 34:37~38.
- 9) 日本植物防疫協会 (2016): 農薬ハンドブック 2016 年度版, 日本植物防疫協会, 東京, 1089 pp.
- 10) 大分県農林水産研究指導センター (2013): 平成 25 年度病害 虫発生予察特殊報第 2 号、大分県、大分、2 pp.
- 11) 岡本 崇ら (2014): 関西病虫研報 56:135~137.
- 12) 西東 力 (1997):植物防疫 51:484~487.
- 13) TAKEDA, S. et al. (1982): Appl. Entomol. Zool. 17:133~135.



# トルコギキョウ斑点病の発生生態と防除対策

福岡県農林業総合試験場 病害虫部 成 山 秀 樹

# はじめに

トルコギキョウ斑点病は、2008年に国内で初めて発生が確認された病害である。このときは、すぐに発生が終息したものの、2016年以降に複数の県で発生が見られるようになった。発生県は拡大中であり、産地、行政、普及機関から早急な対策の確立が求められている。近年問題となった病害であるため、知見が少なく、登録農薬もないが、現時点で判明している本病の発生生態と防除対策について紹介したい。

# I 本病の発生経緯

2008年6月,福岡県北部のトルコギキョウ圃場において育苗中のセル苗葉部に,5~10 mm 程度の退緑斑が発生した。退緑斑部分には灰褐色のすすかび状菌体が形成され,やがて葉枯れを生じた。病斑部から分生胞子を分離し,それを接種源として培養し,培地上に形成させた分生胞子をトルコギキョウ新葉に接種したところ,病徴が再現され、病斑から菌が再分離された。

病徴および形態的特徴から,病原菌は*Pseudocercospora eustomatis* (2009 年に *P. nepheloides* と変更 (Braun et al., 2009)) と同定され,我が国で未報告の病害として,トルコギキョウ斑点病の名が提案された (石井ら, 2011)。なお,他国ではアルゼンチン,米国,ドミニカ共和国で発生が報告されている。

翌2009年に発生は終息し、その後当該発生地域で再発は認められなかった。また、他の都道府県においても、同病害の発生に関する情報はなかった。しかし、2016年になって福岡県内の複数の地域で発生が確認され、2017年1月6日付で病害虫発生予察特殊報が発出されたのを皮切りに、2018年6月までに長崎、高知、大分、熊本、宮崎、和歌山、沖縄、広島と、九州を中心とする9県で、相次いで発生が確認された。近年突発的に複数の県で発生した原因は不明である。なお、福岡県内の生

The Occurrence of Leaf Spot of *Eustoma grandiflorum* and Its Control. By Hideki Nariyama

(キーワード:トルコギキョウ斑点病,発生生態,防除対策)

産者の話では、斑点病と思われる症状は 2013~14 年ご ろから散見されていたようである。

# Ⅱ 発 生 生 態

本病は、糸状菌 P nepheloides による病害で、現在確認されている宿主はトルコギキョウのみである。病徴は、まず下位葉に  $5\sim10$  mm 程度の退緑斑(図-1)が発生し、上位葉に伸展する。この退緑斑上には、その後、黒褐色ないし灰褐色のすす状の分生胞子が葉の表、裏、両方に形成され、商品価値を大きく下げることになる(図-2、3)。病勢がさらに進展すると葉は枯死する(図-4)。分生胞子は、 $20\sim60\times3.2\sim5.2~\mu$ m の大きさで、 $0\sim6$ の隔壁を有し、淡オリーブ色で倒棍棒状である(図-5)。

培地上での菌の生育適温は25℃前後で、夏季の高温・乾燥期の発病は非常に少ない。しかし、菌は死滅するわけではなく、好適な条件になると再度発病する。接種試験において、30日以上の潜伏期間を経て発病した事例もあり、生育に不適な条件においては、菌は長期に無病徴で宿主に潜伏する可能性があると考えられる。

本病は、盛夏を除き、ほぼ年間を通して発生するが、特に春から秋の多湿条件下で多発する。また、育苗期からの発生も確認されている。育苗期から発生している圃場は、前作で多発し、育苗施設周辺に罹病残渣を放置している圃場が多く、施設の資材や罹病残渣に生残してい



図-1 葉に生じた退緑斑



図-2 トルコギキョウ斑点病の発病株



図-4 枯死した下葉

た分生胞子などが感染源になった可能性が考えられる。 本圃での発生についても、施設の資材や罹病残渣から の感染、無病徴の感染苗が持ち込まれた可能性が考えら れるが、定植前の土壌消毒、定植後の病害防除を励行し ている圃場でも発生している事例があり、そのような事 例での、最初の感染源や伝染環は明らかでない。

品種比較試験で罹病性が高いと確認された品種はなく、また、ある生産者の圃場で少発生だった品種が別の生産者の圃場では多発生であった事例が複数認められており、罹病性の品種間差については明らかでない。なお、福岡県と熊本県における現地圃場調査の結果では、40種以上の品種で発病が確認されており、発病程度の差はあっても、ほとんどの品種で発病すると考えられる(石井ら、2018、一部未発表)。



図-3 葉に生じたすす斑状の病斑



図-5 分生胞子

# Ⅲ多発条件

#### 1 圃場が高湿度の場合

現地での発生事例を見ると、育苗期に発生する圃場 (図-6)は、頭上からのミスト灌水などによりハウス内が 高湿度となっていることが多い。本圃でも、地勢的な理 由や、二重被覆をしたままのハウス、マルチなし栽培等 により、湿度が高めの圃場では多発しやすい傾向がある。

また、台風対策でハウスを閉め込んだ直後など、ハウス内が高湿度になった後に多発した事例も認められている。熊本県で実施された調査では、前年少発生であった圃場において、9月まではハウス内で局所的な発生であったが、10月の連続降雨でハウス内湿度が1週間程度上昇した後、急激にハウス内全体に発生が拡大した事例が報告されている(杉浦・江口、未発表)。



図-6 育苗期に発病した株

これらのことから、ハウス内の高湿度環境が発病拡大の大きな要因になっていると考えられる。

# 2 病害防除の間隔が空いた場合

現地での発生事例を見ると、害虫防除が主体で、殺菌 剤があまり使われていない育苗圃での発生が多い。また、 いったん発生が収まっていても、収穫作業により病害防 除に手が回らなくなった圃場、発生の少ない夏季に病害 防除を怠った圃場では、再度多発する傾向が見られる。

ただし、トルコギキョウに登録のある殺菌剤を1週間から10日間隔でローテーション散布している圃場であっても、多発する事例があった。育苗期からの発病など、初発を確認後の防除では、適期を逸したため薬効が引き出せていない可能性が考えられる。

# 3 罹病葉・残渣の処理が不適切な場合

現地での発生事例を見ると、育苗期に発生する圃場、 本圃で多発している圃場のほとんどは除去した罹病葉を ハウス横に放置する、収穫後の罹病残渣を圃場に鋤き込む等、二次感染源となる罹病葉・残渣が適切に処理され ていなかった。

# IV 防除対策

2018年7月1日時点で、本病に登録のある農薬はない。このため、現在のところ、防除対策は耕種的防除が中心となる。本病の防除対策としては、下記のような防除を総合的に組合せることが必要である。なお、罹病性の品種間差が明らかではないので、抵抗性品種の利用による被害抑制は、現在のところ難しい。

# 1 耕種的防除

## (1) 湿度管理

多湿条件下で多発することから、湿度を低下させるため、ハウス内の通風および換気に努め、春出しや秋出し、二度切りの作型等では、気温が上昇してきたら内張



図-7 枯死した発病株

りビニールを開ける。

また、水はけのよくない圃場では、マルチ栽培を行う のが望ましい。

#### (2) 感染源対策

病斑上に分生胞子が見られる段階まで病勢が進展する と防除が困難になる。また、それらは二次感染源となる ので、葉に退緑斑や小斑点が生じた初発時に、直ちに発 病葉を除去する。罹病残渣は圃場外に持ち出し、埋設す る等適切に処分する。収穫後の罹病残渣についても、地 際から切り取り同様に処分する。

また、栽培期間が長期にわたる二度切り作型では、発 病株が長期に圃場内にあるため、被害が拡大しやすい傾 向がある。多発圃場は作型を考慮し、罹病残渣の処分を徹 底するなどして、一度伝染環を断ち切ることが望ましい。

#### 2 農薬による防除

本病に対する登録農薬はないが、現地での発生事例を 見ると、育苗段階から病害防除に努めている圃場では発 生は少ない傾向が見られる。このことから、他の病害を 対象とした薬剤のいくつかは、本病にも防除効果を示し ている可能性が考えられる。現在、各機関で有効薬剤の 探索と農薬登録取得のための試験が行われており、いく つかの薬剤では有効性を示すデータが蓄積されつつある (石井ら、2018)。農薬登録が取得されれば、本病の防除 への活用が期待できる。

また、収穫後残渣や生産資材に対する処理についての取り組みも行われている。収穫後の罹病残渣の回収は労力がかかる。また、マルチや防虫ネット等の資材に分生胞子が付着し、これが次作での感染源となっている可能性がある。このため、罹病残渣の枯死(図-7)と、資材などの滅菌を目的とした、ハウス内の薬剤消毒試験を実施中である。この効果が確認され、農薬登録が取得されれば、伝染環を断ち切るうえで有効な防除対策になると

考えられる。

#### おわりに

本病は、近年問題となり、試験研究の取り組みが始まったばかりの病害であるため、生態については未知の部分が多く、感染時期、感染経路、圃場における伝染環等、検討すべき課題が多い。今後試験研究を進め、有効な防

除対策を早急に確立したいと考えている。

#### 引 用 文 献

- 1) Braun, U. et al. (2009): Schlechtendalia 19:81~84.
- 石井貴明ら(2011): 平成23年度日本植物病理学会大会講演要 旨77(3): 205.
- 3) ―――ら (2018): 平成 30 年度日本植物病理学会大会講演要旨: 107.

# 新しく登録された農薬 (30.7.1~7.31)

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

### 「殺虫剤

●ククメリスカブリダニ剤

24096: **ククメリス** (アリスタライフサイエンス) 18/7/11 ククメリスカブリダニ: 500 頭/10 ml

野菜類 (施設栽培): アザミウマ類: 発生初期

**ほうれんそう (施設栽培)**: ケナガコナダニ: 発生初期 **シクラメン (施設栽培)**: アザミウマ類: 発生初期

●メタアルデヒド水和剤

24101:マイキラーL (サンケイ化学) 18/7/25 メタアルデヒド: 10.0%

**かんきつ (みかんを除く), みかん**: ナメクジ類, カタ ツムリ類: 収穫 30 日前まで

**キャベツ**, **レタス**, **非結球レタス**: ナメクジ類, カタツムリ類: 収穫 14 日前まで

花き類・観葉植物:ナメクジ類, カタツムリ類

**ナメクジ類, カタツムリ類が加害する農作物等**:ナメク ジ類, カタツムリ類

●イミダクロプリド・エチプロール水和剤

24102:**アドマイヤープラスフロアブル**(バイエルクロップサイエンス) 18/7/25

イミダクロプリド:9.1%

エチプロール:9.1%

**かんきつ**: アザミウマ類, アブラムシ類, ミカンハモグリガ: 収穫 21 日前まで

# 「殺菌剤」

●キャプタン・テブコナゾール水和剤

24093: パラライカ水和剤(ホクサン)18/7/3

24094:**アリスタパラライカ水和剤**(アリスタライフサ

イエンス) 18/7/3

24095:**パラライカB水和剤**(バイエルクロップサイエンス)18/7/3

キャプタン:50.0% テブコナゾール:10.0%

**小麦**:赤かび病:収穫 14 日前まで

# 「除草剤」

●フェントラザミド・ブロモブチド・ベンスルフロンメ チル粒剤

24097: ザーク DX ジャンボ H (宇都宮化成) 18/7/11

フェントラザミド: 7.5% ブロモブチド: 15.0% ベンスルフロンメチル:1.87%

**移植水稲**:水田一年生雑草, マツバイ, 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, セ リ, クログワイ, オモダカ, アオミドロ・藻類による 表層はく離

●フェントラザミド・ブロモブチド・ベンスルフロンメ チル粒剤

24098: **ザーク DX1 キロ粒剤 75**(宇都宮化成)18/7/11 フェントラザミド:3.0%

ブロモブチド:6.0%

ベンスルフロンメチル:0.75%

移植水稲:水田一年生雑草, マツバイ, 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, セ リ, クログワイ, オモダカ, シズイ, アオミドロ・藻 類による表層はく離

**直播水稲**:水田一年生雑草,マツバイ,ホタルイ,へラ オモダカ,ウリカワ

●フェントラザミド・ブロモブチド・ベンスルフロンメ チル粒剤

24099: **ザーク DX1 キロ粒剤 51**(宇都宮化成)18/7/11 フェントラザミド:3.0%

ブロモブチド:6.0%

ベンスルフロンメチル: 0.51%

**移植水稲**:水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ, セリ, アオミドロ・藻類による表層はく離

●フェントラザミド・ブロモブチド・ベンスルフロンメ チル粒剤

24100: **ザーク DX ジャンボ L**(宇都宮化成)18/7/11 フェントラザミド: 7.5%

ブロモブチド:15.0%

ベンスルフロンメチル:1.27%

**移植水稲**:水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ, セリ, アオミドロ・藻類による表層はく離

●イソキサベン・プロピザミド水和剤

24103:**パワーカーブ水和剤**(ダウ・アグロサイエンス 日本)18/7/25

イソキサベン: 7.5% プロピザミド: 50.0% **日本芝**: 一年生雑草

# 植物 防疫 講座

# 病害編-9

# イネごま葉枯病の発生生態と防除

山口県農林総合技術センター 農業技術部 角 田 佳 則

### はじめに

イネごま葉枯病の病原菌は、子のう菌類の Cochliobolus miyabeanus (Ito & Kurib.) Drechs. ex Dastur であり、無 性世代は, Bipolaris leersiae (Breda de Haan) Shoem で, 菌名が確定するまでは、Helminthosporium oryzae によ る病害として知られていた(上山ら, 1975)。本病は中 山間の砂質土壌や平坦地の沖積土壌、泥炭地等の秋落ち 田と呼ばれる圃場で発生が多く、特定地域の病害とされ ることが多かった。しかし、1960年代に「穂枯れ」の 影響による減収や品質低下が明らかになるとともに、同 時期に導入された稚苗移植における箱苗の発病が問題に なり, 重要性が認識されるようになった。最近の調査で も、本病の発生には地域差があり、普通期水稲を対象と した調査では, 東北地域や関東地域で少なく, 中部地域 から西南暖地にかけて多い(表-1)。しかしながら、全 国的な発生面積の推移を見ると, 近年になって増加傾向 が認められ、耕作水田面積が減少する中で、問題となっ てきている現実がある (図-1)。本病は今後の発生動向 に留意すべき病害の一つと考えられる。

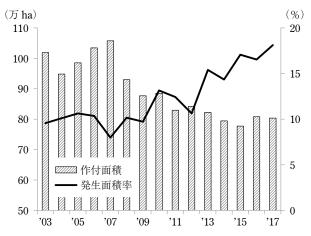


図-1 普通期水稲の作付面積とイネごま葉枯病の発生面積率 (JPP-NET データベースより作成)

Ecology and Control of Rice Brown Spot Caused by *Cochliobolus miyabeanus*. By Yoshinori Sumida

(キーワード:イネごま葉枯病,発生生態,防除)

# I 発 生 生 態

# 1 育苗期および本田期の症状

イネごま葉枯病は、育苗期の苗、本田期の葉および穂に発生する。箱育苗においては、出芽後の葉鞘の褐変や褐色条斑の形成、葉鞘や葉身における褐色小斑点の形成等として認められる。詳細に観察すると、籾の表面には黒褐色の菌糸のまん延が認められる。本病に侵された苗は、生育が遅延して草丈が低くなり、中には新葉が出すくんで曲がり、奇形を呈すものもある。病勢の激しい苗は立枯れとなる。緑化期以降では、葉身に褐色の楕円形病斑を形成し、そのために葉身のねじれや曲折を生じることがある(図-2)。

本田では、幼穂形成期ごろから下葉の葉身に長さ  $2\sim 3$  mm、幅  $1\sim 2$  mm 程度の褐色の楕円形病斑を生じ、穂ばらみ期を過ぎるころから上位葉に進展する(図-3)。病斑は周囲に黄色の中毒部を伴うが、イネいもち病に見られるような葉脈に沿った壊死線はなく、紡錘形にならないため判別できる(図-4)。拡大した病斑では中央部

表-1 普通期水稲におけるイネごま葉枯病発生圃場の地域別面積 と作付面積に占める割合(5か年平均)

地域	調査年	作付面積 (ha)	発生面積 (ha)	発生面積率 (%)
	'03–'07	391,256	3,297	0.8
東北・関東	'08–'12	299,726	3,250	1.1
	'13–'17	283,028	(ha) (%) 3,297 0.8	1.0
	'03–'07	273,057	25,012	9.2
中部	'08–'12	259,579	83,067	32.0
	'13–'17	253,233	101,858	40.2
75.46 I H	'03–'07	192,392	35,494	18.4
近畿・中国・ 四国	'08–'12	174,719	28,917	16.6
	'13–'17	172,525	27,547	16.0
	'03–'07	151,934	19,911	13.1
九州・沖縄	'08–'12	138,437	19,082	13.8
	'13–'17	92,091	21,640	23.5

JPP-NET データベースより作成.



図-2 苗の発病状況



図-4 葉と籾の病斑

が白化し、輪紋が観察されることがある。このような病斑上には暗褐色長楕円形でやや湾曲し多数の隔膜を有する分生胞子が形成される(図-5)。また、癒合した病斑は不整型で大型となる(図-6)。多発時など、発生環境によっては、葉鞘にも病斑を形成する場合がある。

穂においては、穂首、穂軸、枝梗、籾の各部を侵し、褐色~暗褐色の病斑を形成する。はじめは黒褐色の細い条斑であるが、のちに拡大癒合して軸を取り囲み淡褐変するが、イネいもち病のように病変部から先が白穂化することはなく、判別できる(図-6)。しかし、イネすじ葉枯病などの症状との判別は困難である。籾の病徴につ



図-3 多発生圃場の状況(乳熟期)

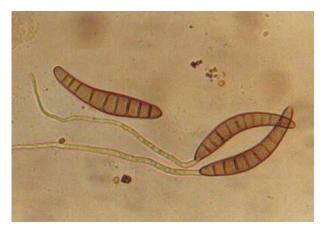


図-5 分生胞子と発芽



図-6 多発生圃場の状況 (病斑拡大と穂枯れ)

いても, 肉眼での他の病害との判別は困難な場合が多く, 顕微鏡による胞子の観察などを併用して診断を行う 必要がある。

#### 2 イネごま葉枯病の伝染環

#### (1) 第一次伝染源

本病は種子伝染性で、育苗期の発病では種籾が主たる 第一次伝染源となる。また、病原菌は耐久力があり乾燥 状態の被害わらや被害籾殻上でも生存できる。病原菌 は、これら収穫後の植物体の表面に胞子の状態で付着す るか、組織内に侵入した菌糸の状態で越年する (栗林, 1929 a)。被害わらや被害籾殻からの感染についての具 体的な事例報告は少ないが、例えば野菜などの被覆資材 として使用された際、胞子が飛散して周辺のイネに感染 する場合がある。そのほかに、土壌伝染や、イネ以外の 植物からの伝染が考えられるが、前者に関しては、土壌 中の湿潤な状況下における病原菌の越冬が困難なことが 証明されている (栗林, 1929b)。イネ以外の植物から の感染については、病原菌が特定のイネ科雑草に感染す ることは確認されていたが、雑草からイネへの感染は未 確認であった(山本ら, 1972)。近年の研究で、水田周 辺のアシカキの葉枯病菌がイネとの間で相互接種で病原 性を示し、雑草が伝染源になることが示された(磯田、 2002)。いまだ全国的な確認はされていないが、本病の 生態を解明するうえで、研究の進展が期待される。

## (2) 育苗期の発病

第一次伝染源が汚染種子の場合には、頴などに感染した菌糸が伸長し直接出芽して葉鞘を侵す場合と、籾上に付着した分生胞子あるいは新たに形成された分生胞子が健全個体に感染して発病する場合がある(栗林,1929b)。また、被害わらや被害籾殻に形成された分生胞子が飛散して苗に感染する場合がある。感染した植物体の病斑上に形成された分生胞子は、飛散して育苗中に二次伝染を起こす。

### (3) 本田期の発病推移

イネごま葉枯病は、よほど激しく発病した苗を移植しない限り、イネいもち病の「ずり込み症状」のような甚大な被害には至らない。本田での発病は、イネの分げつが進み株間湿度が高まり始める幼穂形成期ごろから認められる。葉の病斑は、穂ばらみ期ごろから増加しはじめ、出穂期以降は直線的に増加するが、胞子形成が可能な大型病斑が上位3葉で増加するのは糊熟期以降とされる(渡辺ら、1973)。また、生葉上での分生胞子の形成は、斑点型の病斑では少なく、輪紋を生じるようになって増加し、枯死葉で最も多くなる(足立、1975)。葉の病斑で形成された分生胞子は、風で飛散して穂に感染する。

感染が最も早いのは籾で、出穂期から穂揃い期にかけて発病が見られるようになり、その後穂軸や枝梗が発病して、収穫期まで増加する。籾の病原菌に対する感受性は、出穂から穂揃い期にかけて最も高く、その後は急激に低下するとされる(大畑ら、1972)。発病穂においては、穂軸や籾上の大型病斑で胞子形成が確認されており、これらの胞子も収穫期までの感染・発病に関与するとされている(足立ら、1975)。

### 3 発病条件

### (1) 気象と発病

病原菌の生育温度は5~41℃の範囲で、最適温度は25 ~30℃とされている (大畑, 1998)。また、病原菌のイ ネへの感染可能な温度範囲は5~35℃で、20~30℃が好 適である。適温下で湿度90%前後の結露しやすい条件 であれば、分生胞子は速やかに発芽し短時間で侵入す る。感染から発病までの潜伏期間は,条件がよい場合に は24時間以内であり、病斑の成熟とともに新たな分生 胞子が形成される。分生胞子の形成は、5~35℃で行わ れるが、好適温度は25℃付近で、湿度87%以上を必要 とする(足立ら, 1975)。病斑上に形成された分生胞子は、 いもち病菌とは異なり、夜間にはほとんど飛散せず、午 前8時以降~午後3時ころまでに飛散する。分生胞子は 大きいため飛散距離は短いと考えられている。また、分 生胞子の飛散は風速が大きいほど多く、上方への飛散に は低湿度も必要で、曇雨天で少なく晴天で多いとされる (石井, 1991)。なお, 病原菌の完全世代は, 培地上にお いて20~24℃で形成が確認されているが(津田ら、 1975), 自然界での消長や役割については不明である。

### (2) 耕種環境と発病

土壌肥料条件などの耕種環境と本病の発病との間には高い関連性がある。本病の発生は、西日本では主に河川流域の沖積土壌や中山間の砂質土壌由来の老朽化水田、中部地方以北では多腐植質土壌水田や泥炭土水田で発生が多いとされている(石井、1991)。これらの水田は、ともに「秋落ち田」と称され、初期生育は正常な水田と変わらないが、生育後半の生殖成長に移るころから次第に凋落し、早期の枯上がりや登熟不良によって収量が低下する。秋落ちの発生時期は、本田における本病の増加時期と一致するため、本病が秋落ちの原因とされることもある。秋落ち発生のメカニズムは、砂礫地帯の老朽化水田と多腐植の泥炭土水田では異なるが、いずれの場合も、土壌養分の溶脱や、還元による硫化水素の発生がもたらす根腐れ等によって、イネの肥料成分の吸収が阻害される点は同一である。

イネの肥料成分の中では、特に窒素およびカリが発病

に大きく影響し、窒素が欠乏すると大型病斑が増加し、 穂枯れも多くなる。基肥に窒素を多用し、生育後期に肥料切れした場合には発病が助長される。また、カリが欠乏すると、病斑が拡大し、穂枯れの発生が多くなるとされる。リン酸については主要三要素ではあるが、窒素やカリほど発病に影響しない(石井、1991)。三要素以外の成分では、可給態ケイ酸、鉄、マンガン、マグネシウムの欠乏と石灰の多用は発病を助長するとされる(大畑、1974)。石灰の多用が発病を助長する原因としては、石灰とカリウムおよびマグネシウムが栄養吸収において拮抗関係にあり、石灰の多用によってカリウムやマグネシウム吸収抑制が生じるためと考えられている。

土壌肥料以外の栽培管理条件では、早植えや本田の浅耕、植え付け本数の増加等、後期に肥切れしやすい管理は発病を助長する(石井、1991)。また、箱育苗においては、塩水選などによる種子選別の不徹底、種子消毒の不履行、播種後の覆土不足、高湿度条件、遮光条件等は発病を助長する(堀ら、1983)。

# Ⅱ 被害と防除対策

#### 1 被害

#### (1) 育苗期の被害

箱育苗における本病の被害は、床土に真砂土や山土を 用いるのが一般的だったころには、早期に多発する事例 がよく見かけられたが、化学肥料の調合された培土が開 発され、利用されるようになると、緑化初期からの発生 はほとんど認められなくなった。しかしながら、様々な 事情で育苗期間が長期化した場合や有機栽培等では、近 年でも発生が認められている。育苗期の被害は苗質の悪 化で、発病が軽微なものは問題にならないが、草丈が正 常な苗の50~60%程度の重症苗を移植すると、特に初 期分げつが強く抑制され、最終的には穂数が確保でき ず、収量の減少につながる(石井、1981)。

### (2) 本田期の被害

本田において本病が激発した場合には、穂数や㎡当たりの総頴花数が減少し、葉枯れと穂枯れの影響により登熟歩合が低下し、精玄米重や千粒重が減少するとともに、玄米の光沢が失われ、青米や茶米が発生して品質が低下する(石井、1991)。葉枯れおよび穂枯れの発生程度と収量との相関については、それぞれ高いとする報告と低いとする報告がある。例えば止葉病斑数と収量に相関があるとする報告(横山ら、1968)がある一方、減収の原因は発病よりもイネの生育環境にあるとする報告(後藤、1958)もある。本病は、イネいもち病などと異なり、イネに病斑を形成しても枯死に至らないため、栽

培圃場で発病した後に、気象や肥料環境等の要因の影響を受けやすく、このことが減収に対する評価を複雑にしていると考えられる。発病との因果関係の評価は簡単ではないが、これまでの多くの研究から、多発時の収量低下割合は10~20%前後と考えられ、無視できないことが示されている。

# 2 防除対策

#### (1) 耕種的防除

#### 1) 抵抗性品種

イネの本病に対する抵抗性は、組織学的・形態学的相違や生理・代謝等の相違から、品種間差が認められる(大畑ら、1974)。近年の遺伝学的研究から、本病に対する抵抗性は圃場抵抗性遺伝子による量的抵抗性であることが明らかになっている(松本ら、2016)。そのため、発病しない品種を求めることは難しいが、強抵抗性品種の選択は防除技術として有効である。イネの育種時における抵抗性程度の確認の有無は品種によって異なるが、発生が一般的な地域においては、奨励品種を決定する際の調査項目となっている。品種選択の際には、地域で発行されている品種特性表を参考にするとよい。

#### 2) 比重選および温湯消毒

種子伝染性病害における汚染種子の除去対策として、うるち品種では1.13、もち品種では1.08の比重選が一般的である。本病については、充実不良となった重症籾を除くことで、育苗時の重症苗を減少させることはできるが、軽症籾の除去はできず、発病苗率を減少させる効果は高くない(佐藤ら、1986)。また、温湯消毒については、病原菌の胞子は53℃5分間で死滅するが、組織中の菌糸は60℃10分でも60%程度生残する(栗林、1929 c)ことから、一定の防除効果にとどまる。比重選および温湯消毒は、本病の汚染種子に対し密度低減は可能だが、防除効果には限界があることを認識し、可能な限り無病種子の利用を心がける必要がある。

### 3) 育苗期の耕種的防除

汚染種子を播種すると、出芽処理時の高温と高湿度によって菌糸が伸長し、葉鞘や不完全葉に感染する。このとき、覆土が不完全な場合は発病が助長され、水分条件が湛水状態よりも畑状態で発病が増加する(堀ら、1983)。このため、播種時の覆土は確実に行う必要がある。緑化期のプール育苗などは、発病低減効果が期待できる。また、圃場衛生の観点から、被害籾殻や稲わらを育苗場所の周囲から遠ざけることも重要である。

# 4) 本田での耕種的防除

本田で最も重要なのは,生育期後半の肥切れを防ぐための,移植前の土づくりや移植後の施肥管理である。土

づくりにおいては、含鉄資材、カリ、ケイ酸、マンガンやマグネシウム等を含む土壌改良資材は、本病の発病を軽減するとの報告が多い(石井、1991)。特に本病の常発地域では、これらの成分を補充するとともに、堆肥などの有機質資材を投入して保肥力を高めることが重要である。また、基肥や追肥による窒素成分の施用では、前半と後半のバランスに留意し、秋落ち型になることを避ける。省力的に目的を達成するには、肥効調節型の一発肥料の利用も有効と考えられる。なお、窒素施肥については、各地域の栽培暦に、品種ごとに葉色を基準とした施肥管理の目安が示されている場合があるので、参考にするとよい。

そのほかの耕種的な留意点としては、根腐れを防ぐための水管理が重要であり、間断灌水などの適切な管理によって生育期の根を健全に保つ必要がある。また、早植えや本田の浅耕は後半に生育バランスが崩れやすく発病を助長するので避けたほうがよい(安ら、1962)。これらのほか、収穫前の極端な早期落水を避けるなど、生育後期の凋落を防ぐ対策が必要である。

## (2) 薬剤による防除

本病に対する薬剤防除は、単独で実施されることは少

なく、イネいもち病との同時防除が基本である。2018年 7月1日現在でのJPP-NETのデータベースの登録薬剤 は、農薬種類で126剤であるが、表-2に示すように、主 な有効成分は約20程度であり、多くの薬剤はこれらの 成分の混合剤である。薬剤は用途によって種子消毒剤, 育苗期の散布剤 (灌注を含む),移植前の箱処理剤,本田 期の散布剤に分類され、使用場面で使い分ける。その際、 成分の系統によって作用機作が異なるので注意する。発 病以前であれば、予防効果のみを有する薬剤で対応可能 であるが、発病後には治療効果を有する剤を選択する必 要がある。また、イネいもち病の防除薬剤には、本病に も有効な薬剤が多いが、効果のない薬剤もある。発病の 多い地域では、栽培計画を立てる際、効果のある薬剤を 選択する。なお、本病については薬剤耐性菌の発生は確 認されていないが、他の病害との同時防除の機会が多い と考えられるため、耐性菌の発生を防ぐためにも、 FRAC コードなどの情報に留意し、同一系統剤の連続使 用は避けるよう心がける。

### おわりに

本病の発生が、最近になって増加傾向にある背景とし

<b>表-2</b> 1 不しま集怕和柄切土な防除楽剤								
用途	系統名	有効成分名	主な剤型	予防・治療の別	FRAC コード			
	ステロール生合成阻害	イプコナゾール, トリフルミゾール, プロクロラズ, ペフラゾエート	水和剤,乳剤	予防・治療	3			
種子消毒	有機硫黄系 +ベンゾイミダゾール系	チウラム・チオファネートメチル, チウラム・ベノミル	水和剤	主として予防	M3, 1			
	有機硫黄系	チウラム	水和剤	予防	M3			
	有機銅	ノニルフェノールスルホン酸銅	乳剤	予防	M1			
	生物農薬	トリコデルマ アトロビリデ	水和剤	予防	NC			
育苗期散布	ストロビルリン系	アゾキシストロビン	水和剤	予防・治療	11			
	メラニン生合成阻害	トリシクラゾール	水和剤	予防	16.1			
	その他	ヒドロキシイソキサゾール	液剤	予防・治療	32			
去共然加田	アミド系	イソチアニル, チアジニル	箱粒剤	予防 (抵抗性誘導)	P3			
育苗箱処理	その他	プロベナゾール	箱粒剤	予防 (抵抗性誘導)	P2			
	ストロビルリン系	アゾキシストロビン	水和剤	予防・治療				
	ストロヒルリンボ	オリサストロビン, メトミノストロビン	粒剤	予防・治療	11			
	ステロール生合成阻害	シメコナゾール	粒剤	予防・治療	3			
本田散布	アミド系	イソチアニル, チアジニル	粒剤	予防 (抵抗性誘導)	P3			
	メラニン生合成阻害	トリシクラゾール	水和剤, 粉剤	予防	16.1			
	ピリミジン系 +メラニン生合成阻害	フェリムゾン・フサライド	水和剤,粉剤	予防・治療	U14, 16.1			
	その他	プロベナゾール	粒剤	予防 (抵抗性誘導)	P2			

表-2 イネごま葉枯れ病の主な防除薬剤

ては、農業人口の減少や高齢化による防除の不徹底、良食味優先の窒素制限、地球温暖化に伴う肥料からの窒素溶出の前進化による肥切れ等、様々なことが考えられる。増加の原因については、今後の分析が待たれるが、現場では生産の安定や品質向上に向けた取り組みが急務である。今後は本病の生態に基づいた、ポイントを押さえた防除対策への取り組みが必要で、本稿がその一助となれば幸いである。

#### 引 用 文 献

- 1) 足立 操ら (1975): 島根農試報 13:111~135.
- 2) 後藤岩三郎(1958): 山形大学紀要 2(4): 237~388.
- 3) 堀 真雄ら (1983): 近畿中国農研 66: 26~28.
- 4) 石井正義 (1981):四国植防 16:11~12.
- 5) (1991): 武田植物防疫叢書 7:37~65.
- 6) 磯田 淳 (2002): AgriKnowledge: https://agriknowledge.affrc.

#### go.jp/RN/3010009650

- 7) JPP-NET (2018): 農薬情報データベース: http://web1.jppn.ne. jp/member/login.do
- 8) 栗林數衛 (1929 a): 病虫害雑誌 16(1): 25~38.
- 9) (1929 b): 同上 16(2):77~85.
- 10) ——— (1929 c): 同上 16(3):143~153.
- 11)松本憲悟ら(2016): 育種学研究 18:103~111.
- 12) 大畑貫一ら(1972): 四国農試報 25:1~19.
- 13) ——— (1974):植物防疫 28:262~265.
- 14) ―――― ら(1974): 四国農試報 **28**: 17~57. 15) ――――(1998): 日本植物病害大事典,全国農村教育協会, 東京, p.50~51.
- 16) 佐藤幸夫ら (1986): 北日本病虫研報 37: 46~47.
- 17) 津田盛也ら(1975): 日植病報 41: 447~452.
- 18) 上山昭則ら (1975): 日菌報 (Trans. mycol. Soc. Japan) 16:423 ~434
- 19) 渡辺康正ら (1973): 関西病害虫研究会報 15:1~7.
- 20) 山本昌木ら (1972): 島根大学農学部研究報告 6:6~9.
- 21) 安 正純ら (1962): 指定試験 (病害虫) 1:1~229.
- 22) 横山佐太正ら (1968): 九病虫研報 14:90~93.

# 発生予察情報・特殊報 (30.7.1~7.31)

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

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

- ■ナス, ジャガイモ: タバコノミハムシ (大分県: 初) 7/1
- パパイヤ: パパイヤコナカイガラムシ (仮称) (沖縄 県: 初) 7/2
- ■マンゴー: 南根腐病 (仮称) (沖縄県:初) 7/2
- ■トマト: **黄化葉巻病** (岩手県:初) 7/6
- ■カンキツ類:ミカンバエ(福岡県)7/6
- ■ウメ:クビアカツヤカミキリ(東京都)7/17

- スモモ: スモモ斑入果病 (奈良県:初) 7/17
- ■キク:キク茎えそ病 (奈良県:初) 7/17
- ■トルコギキョウ:ベと病(仮称)(北海道:初)7/18
- **■トルコギキョウ:べと病(仮称)**(福島:初)7/18
- ■トルコギキョウ:べと病(仮称)(長野:初)7/18
- ■シュンギク:根頭がんしゅ病(仮称)(岡山:初)7/19
- ■コムギ:ふ枯病(新潟:初)7/31

# 植物 防疫 講座

# 虫害編-8

# コバネイナゴの発生生態と防除

元 宮城県古川農業試験場 **城 所 隆** 

### はじめに

我が国の水田には、6種1亜種のイナゴ属が生息するが(福原、1982)、最も普通に見られるイナゴ属が、コバネイナゴ Oxya yezoensis(バッタ目:バッタ科)(図-1、図-2)である。ハネナガイナゴが比較的多い時代や地域もあったが、1990年前後に行われた水田や休耕田における調査によると、確認されたのは西南暖地の一部だけで密度も低かった(Ando and Yamashiro, 1993;安藤、1993)。現在多発が報告されるのはコバネイナゴであることと、発生生態についての研究が進んだのも本種であることから、ここではコバネイナゴについて解説する。

イナゴはイネを加害するという意味では害虫であるが、多くの地域で佃煮の材料として利用されてきた。イナゴ採りは秋の風物詩でもあり、俳句の季語でもある。このように古くから親しまれてきたイナゴであるが、1950年代になって多くの地域で減少した。東北地方の日本海側や新潟県では、絶滅状態とも表現される期間が20年以上続いたが、1985年ころから一転して多発するに至った。例として山形県における発生面積の推移を示すが(図-3)、1992年の発生面積は同県の水田面積の58%にも達している。こうした発生の極端な増減は、戦後の化学合成農薬の普及、その後の選択性農薬への転換および繁殖地となる休耕田の増加を原因とするのが通説だが、この点は後に再論したい。

本文に入るに先立ち、写真や資料の提供をしていただいた弘前大学名誉教授の安藤喜一氏とバイエルクロップサイエンス株式会社の田守 秋氏に厚く感謝する。

#### I 形 態

体の大きさには大きな変異がある。例えば福原 (1982) によると、成虫の体長は雄で  $16\sim33\,\mathrm{mm}$ 、雌で  $18\sim40\,\mathrm{mm}$ 、前翅長は雄が  $9\sim26\,\mathrm{mm}$ 、雌が  $17\sim32\,\mathrm{mm}$  もの違いがあり、「これが分類学的混迷の原因」とされた。

Ecology and Management of Rice Grasshopper, *Oxya yezoensis*. By Takashi Kidokoro

(キーワード:コバネイナゴ,生活史,発生予察,管理法)



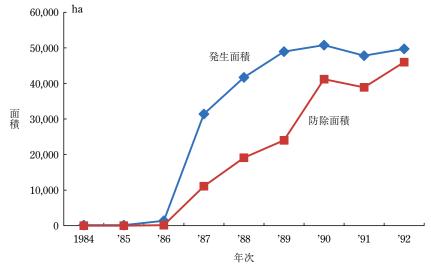
図-1 コバネイナゴの成虫



図-2 コバネイナゴの若齢幼虫(田守氏提供)

翅の長短ではハネナガイナゴとの区別はできないし、小型でエゾイナゴと呼ばれたことのある北海道や東北北部の集団は、コバネイナゴの低温型とされた。こうした体サイズの大きな変異の理由については、生活史のところで述べる。

体色は黄色がかった緑色であるが、成虫の背側は褐色(図-1)のほか、緑色、紅色等がある(図-7)。秋田県のある地点における雌成虫の調査では、その比率は褐色型が約70%、緑色型が約30%、紅色型が0~3%であった(昆野、1998)。いずれも複眼の後ろから前胸部にかけて黒褐色の筋模様がある。



**図-3** 山形県におけるコバネイナゴの発生面積と防除面積の推移 (石黒, 1994 により描く)



図-4 代かき後の水面に浮いた卵鞘(安藤氏提供)

卵はバナナ型で、長さは 4 mm ほどである。不整形の 卵塊として産まれ(卵鞘)、その周りは土が付着してい る。卵鞘当たりの卵数は、雌成虫のサイズの違いを反映 して 10~50 と変異が大きい(安藤、1992)。幼虫は、不 完全変態昆虫なので成虫と似た形態だが、後腿節長や産 卵管原基、翅芽に注目することにより、雌雄や齢期を判 別できる(市田、1992)。

# Ⅱ 生 活 史

# 1 概要

土中に産みつけられた卵鞘で越冬し、年に1回発生する。その生活史は単純のようだが、多くの温帯に生息する昆虫とは異なる休眠様式をもつことで、やや特異な生活史が明らかにされている。畦畔だけでなく落水後の水田内にも産卵し、そうした卵鞘は、代かきによって水面

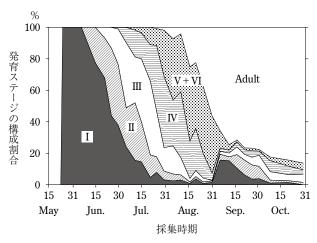


図-5 弘前市における発育ステージの季節的推移 (Ando and Yamashiro, 1993)

に浮く (図-4)。 畦畔に産まれたものは宮城県では6月上旬にふ化するが、ばらつきが大きい。水田にイネが移植されても、しばらくは畦畔のイネ科植物などを摂食しながら発育し、3 齢幼虫ころから徐々に水田内に侵入する。 農作業などで人が畦畔を歩行すると、追い立てられてより若い幼虫も水田に飛び込む。畦畔から侵入が始まるため、初期には畦畔寄りのイネに生息し、しだいに内部に広がっていく。幼虫はイネの下位葉を食害することが多く、出穂期ころになって羽化が始まると上位葉の食害が目立ち始める。齢を重ねるにつれ摂食量は多くなり、発生が多ければ収量に影響する。

発育経過の例として、青森県弘前市での調査結果を 図-5 に示す(ANDO and YAMASHIRO, 1993)。 ふ化は 5 月末 に始まり 6 月上旬に盛期となる。 2 齢、3 齢、4 齢、5 齢 +6 齢、成虫の出現比率が 50%となるのは、それぞれ 6 月下旬,7月上旬,7月下旬,8月中旬,8月下旬であるが,ばらつきは大きい。また,9月上旬に,再び1齢幼虫の比率が高まり,その後のステージも出現している。

#### 2 ふ化のばらつき

初夏のふ化のばらつきを理解するためには、本種のや や特異な卵休眠について知る必要がある。卵休眠は外見 上は同じ卵というステージで行われるが、実際は種によ って決まった様々な胚発育段階で起こる。そのステージ は、早い順に、胚盤葉期、ダルマ形期、アレイ期、細長 期、突起形成期、幼虫形成期等と呼ばれるが、本種では 突起形成期が休眠ステージである(安藤, 2004 a)。と ころで、温帯で冬休眠する昆虫は、休眠ステージでなけ れば越冬できないのが普通だが、本種は産卵後の温量が 不足して休眠する胚ステージに達しなくとも越冬でき る。このため、同一の成虫が産卵したものでも、後期に 産卵されたものは、産卵後の温量が不十分で休眠ステー ジに達しないまま越冬に入るものがあり、翌年のふ化が 遅れ、ばらつきの原因となる。また、幼虫の発育期間が 寒冷で成虫の産卵時期が全体として遅れると、温量が不 足して休眠ステージ前の越冬が多くなり、翌年のふ化は 遅い個体が多くなる。逆に幼虫期間が温暖で成虫が早く 羽化すれば、休眠ステージに達して越冬するものが多く なるため、翌年のふ化は早まるとともに斉一化する。

弘前市で10年にわたり調べられた本種の越冬卵は、休眠ステージ前の胚ステージで越冬している卵が平均で78%と高率で、最も高かった年と低かった年の値は、それぞれ94%と66%であった(安藤,2004a)。休眠ステージ前の胚は、さらに、あるステージの前と後で、休眠覚醒に関して温度に異なる反応をするというが、この点は安藤(2004a)を参照されたい。

代かきで水面に浮かんだ卵鞘はふ化はするが、土中の卵鞘に比べ平均2倍程度の日数を要し、ふ化率も低下する(横山ら、1992;安藤、1992)。

次に、秋季のふ化について述べる。ふ化幼虫が畦畔では秋になっても見られることは古くから知られていたが(熊代、1935)、これが一部の2化を意味するのではなく、やはり越冬した卵のふ化が遅れたことによることが明らかにされた(Ando and Yamashiro, 1993;安藤、1993;安藤、2004 a)。遅れの理由は、卵が水没条件などにより酸素供給が絶たれると、ふ化はしないが死亡することもなく、収穫前に水田から水が落とされると胚発生が進んでふ化するためである。

以上のふ化ばらつきの原因をまとめると,①越冬卵の発育ステージが異なる,②代かき後に水面に浮いた卵鞘のふ化が遅れる、③水没状態など酸素供給が絶たれた条

件では、胚発育が進まないため、ということになる。

ふ化時期の違いは、翅型や産卵前期間の違いとも関係 しているが、この点は改めて述べる。

#### 3 経過齢数と体サイズの変異

本種の体サイズは北で小さく、南に向かって大きくなる(安藤、1992)(図-6)。恒温動物が寒冷地ほど体サイズを大きくするベルクマンの法則に対して、逆ベルクマンの法則と呼ばれる地理的傾向は、年1化の昆虫が、高緯度地方ほど発育可能な温量が減少することを反映した体サイズ変異として説明できる(Masaki, 1967)。

成虫になるまでの経過齢数は温量の少ない地域では少なく、多い地域では多くなる。飼育実験から推定された 経過齢数は、例えば、北海道では4齢または5齢、青森 県では5齢と6齢が混在し、東北地方南部以西では6齢

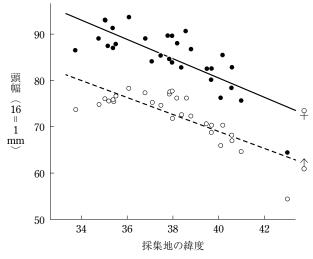


図-6 コバネイナゴの採集地の緯度と頭幅の関係 (安藤, 1992) 1 地点につき雌雄とも 20 個体の平均値.

表-1 コバネイナゴ経過齢数の地理的変異 (安藤, 1993 に他の文献のデータを追加)

産地	終齢幼虫	野外での出現 比率 (推定)	安藤以外の 文献
札幌	4, 5 齢	4 齢>5 齢	
弘前 (青森県)	4~6	5 > 6 > 4	
黒石 (青森県)	5, 6	雌 6>5	市田(1992)
寒河江 (山形県)	5, 6	6 > 5	
天童 (山形県)	6	6	横山ら(1992)
名取 (宮城県)	6	6	矢澤・城所
			(1998)
新潟	5~7	6 > 5 > 7	
豊里 (茨城県)	5~7	6 > 5 > 7	
千葉	6, 7	雄 6, 雌 6>7	清水(1993)
富士 (静岡県)	5~7	6 > 7 > 5	
岐阜	5~7	6 > 7 > 5	
倉敷 (岡山県)	6, 7	7 > 6	熊代(1935)
北九州 (福岡県)	5~7	6 > 7 > 5	

が主だが、関東地方以西では7齢も出現する(表-1)。 経過齢数が多いほど、発育期間は長くなり、成虫のサイズは大きくなる(図-7)。また、体サイズが大きいほど 卵巣小管数と一回に産む卵数は多く、産卵前期間は長く、成虫寿命が長いなどの特徴がある(安藤、私信)。

経過齢数は、遺伝的に決まっているだけでなく、ある 範囲で光周期による調節も行われている。つまり、早く ふ化した個体は、長日を感受して齢数を増し、遅くふ化 した個体は短日を感受して少ない経過齢数で成虫となる (市田、1992;安藤、1993)。この発育調節は、ふ化時期 以降の温量の多少に、生活史をよく同調させた適応とい える。



図-7 コバネイナゴ幼虫の経過齢数の違いと成虫サイズの違い (安藤氏提供)

それぞれ左が雄,右が雌,背の体色変異にも注意(ただし 経過齢数とは無関係).

## 4 畦畔から水田内部への侵入経過

清水 (1993) は、主に6齢を経過して成虫になる千葉県で、畦畔から水田内部に侵入する経過を詳しく調査した。畦畔ではふ化が始まった5月下旬から収穫前の9月まで1齢幼虫が認められたが、平均齢期はおよそ1齢から4齢の間を変動した。これに対し、水田内の畦畔際や中央部では、幼虫の出現は中央部がやや遅れたが、ともに6月下旬には4齢を越え、以後7月中旬には5齢前後、8月初めに成虫が出現、というように直線的に発育が進んだ。水田内での生息場所が、畦畔際からしだいに内部に及んでいき、7月中旬までには均一化する様子は図-8によく示されている。

水田への侵入ステージについては、3齢期以降に本格化するものと見られている(市田、1992;横山ら、1992)。

## 5 翅型と移動

本種は名前が示すように、翅が腹部の末端より短いものが多いが、翅の長さには大きな変異があり、翅長が本種を特徴付けるものではない(図-9)。この翅型について詳しく解析した安藤(1998;2004b)の報告を以下に要約する。なお、安藤は短翅型という言葉は飛翔できない型を示すことが多いので、普通型と呼ぶことを提案しているが、ここでは長翅型との対比で短翅型と呼ぶことにする。

トノサマバッタ類の相変異の研究以来, 翅の長さを問題にする場合, 体サイズに対する相対的長さ (翅長/後腿節長) で見るのが常法である。図-10 にはコバネイナゴの雌の例を示すが, 一山型ではなく二山型の頻度分布を示している。雄も同様であるが全体に雌より大きな値

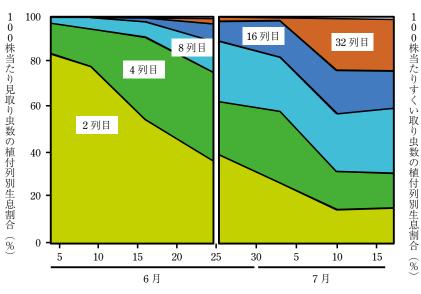


図-8 コバネイナゴの水田内分布の推移 (清水, 1993 の図を改変) 6月25日までは見取り調査, 6月25日以降はすくい取り調査.



図-9 翅の先端が後腿節の端より短い短翅型(下)と 長い長翅型(上)

を示し、体サイズの割に雌より大きな翅をもつといえる。短翅か長翅かを二分する簡便法としては、翅と後腿節を平行にしたとき、翅の先端が後腿節の端を越えるかどうかで判定するとよい(図-9)。

青森県弘前市で野外における長翅型の出現率を調べると、早く羽化した8月初めには、長翅型が80%を占めたが、しだいに減少し8月下旬には20~30%になって以後安定した。長翅型を誘導する最も重要な要因は日長条件で、幼虫期前半(2齢~亜終齢)を長日(LD16:8h)で経過すると大部分が長翅型となるが、短日(LD12:12h)ではすべてが短翅型となった。翅型に影響する副次的な要因として温度と密度があり、長日でも飼育温度が低いと短翅型が増加し、温度が高い長日条件でも飼育密度が低いと短翅型が増加した。一般に、雄は雌よりも長翅型になりやすい。長翅型の出現率には、地域による遺伝的な発生のしやすさはあったが、体サイズのような、採集地点の緯度と関係した地理的な傾向は認められなかった。

水田から 1 km 以上離れた弘前大学の 4 階あるいは 11 階の校舎屋上で 8 月末から 9 月上旬に限って長翅型の雌雄が採集された。雌は交尾済みだが、ほとんどの卵巣は未発達であった。実験的に調べると、短翅型の雌は 25 度で産卵前期間は 15 日前後であるが、長翅型は 2~3 倍に延びる。ただし、長翅型でも飛翔させると、速やかに

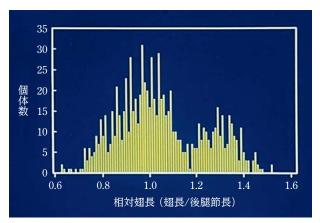


図-10 コバネイナゴ雌成虫の相対翅長の頻度分布 (安藤氏提供)

産卵するようになる。

以上の安藤の研究結果からは、早くふ化した個体は齢期を増して大きな成虫となり、産卵能力を向上させるだけでなく、時間的な余裕を利用して、長翅型の頻度を高め、より遠方の新しい繁殖地を開拓する役割を担っていることがうかがわれる。世代を繰り返すことが不可能な高冷地でも長翅型成虫が発見されたということも(安藤、2004 b)、本種の一部の個体がかなり長距離移動をしていることを示している。筆者も宮城県で、水田地帯から離れた石巻市街地でイナゴがたくさん見つかった年があり、農業改良普及員からその理由を聞かれた経験がある。副次的な反応とはいえ、高密度で長翅型を産出しやすいことや、二山型の翅型も、トノサマバッタ類における相変異の萌芽現象を見るようで興味深い。

# Ⅲ 発 生 予 察

個々の水田における短期的な発生予察は、畦畔や水田での発生経過を観察することで十分に達成できる。例えば、田植え後のイネの生育状態を観察するときに、水田内に飛び込む若齢幼虫(図-11)の数やその後の発育に注意していれば、当年の発生時期や発生程度を知ることができる。コバネイナゴの初期の食害は被害に直結するほどにはならないことや、畔や休耕地等の発生源からの移動分散が徐々に行われることから、こうした観察を防除判断に生かすことができる。以下では、公的機関が発行する発生予察情報などの参考になるかもしれない、やや長期的で広域的な発生予察と、まだよくわかっていない点についても述べる。

# 1 時期

被害面からは秋季のふ化は無視でき、初夏におけるふ 化のばらつきの程度や遅速の発生予察が重用である。成 虫の50%羽化日と、前休眠ステージで越冬する卵の割



図-11 畦畔を歩行したときに水田内に飛び込んだ若齢幼虫 泳ぎはうまくない.

合には正の相関がある(安藤、私信)。つまり、幼虫の 生育期間が高温気味に経過して羽化が早まった年ほど、 休眠ステージに達した卵での越冬率が高く、低温気味に 経過して羽化が遅かった年には前休眠ステージでの越冬 率が高くなる。そして、前者であれば翌年のふ化は、早 く揃って行われるが、後者であれば遅くばらつきが大き くなると予測できる。前年の調査で羽化時期の遅速を調 査しておくのがよいが、次善の策としては、前年の幼虫 期間中の温量の多寡から推定することもできよう。

横山ら(1992)は実験的に求めた卵の発育下限温度を15℃とし、実際のふ化との関係を調べた。ふ化は100日度ころから始まり、大部分が終了するのが200日度に達したころで、やはり大きなばらつきが認められるが、その盛期は130~150日度であった。また、有効積算温度に対して累積ふ化率をプロットすると、ロジスティック曲線によく適合し、ふ化消長を近似できるとした。ただし、この結果は、4事例のうちふ化盛期の有効積算温度が200日度と多かった1事例を除外して得られたものであった。この研究が実施された当時は、卵の越冬胚ステージにばらつきと年次変動があることが知られていなかったことから、この点を考慮した改良が望まれる。

ふ化以降の発育時期では当然温量の多少によって発育の進展に遅速が生じる。1993年と1994年の夏季は、それぞれ記録的な低温と高温で経過した。長日でも短日でも大部分が6齢を経過する宮城県平坦地の個体群の羽化盛期は、それぞれ9月第2~3半旬と8月第2~3半旬と推定され、1か月もの違いがあった(城所、1995;矢澤・城所、1998)。弘前市の個体群は、5齢型と6齢型が混在し、日長による発育調節をしていると考えられるが、ほぼ同様の時期に羽化したとされる(安藤、1998)。したがって、ふ化時期の早晩やばらつき程度を把握すれ

ば、その後の発育進展は温量の多少で推定できると思われる。

水田への侵入盛期の判断については、畦畔雑草地では 3齢幼虫、水田では亜終齢以降の構成比率が半分を超え たとき、という目安が示されている(市田、1992)。

#### 2 発生量

本種の増減については、以下のような説明をされるこ とが多い。まず、イナゴ類は全国の水田で多発していた が、1950年代に非選択性の化学合成農薬が広く普及す ることにより激減した。その後、1971年にBHCの使用 が禁止されるなど、選択性農薬への転換とともに、減反 政策に伴う休耕田の増加が繁殖地を増やし本種の復活を 招いた、というものである。これらの要因が関与したこ とは確かであろうが、極端な増減を経験したのは東北地 方では日本海側の地域だけで、太平洋側の宮城県では小 学校行事としてイナゴ採りが途切れることなく広く行わ れてきた(城所・近藤, 1998)。また、図-3に示したよ うに 1980 年代後半の増加は極めて急で、しかも青森、 秋田、山形、新潟と広域的で同時に起こっており、これ に20年以上先行するBHC禁止や、徐々に進んだ休耕 田増加等と単純に結びつけることはできない。千葉県で は、1970年代後半に一部の地域で始まった多発要因を 解析したが、他地域との違いは見いだせなかったという (清水, 1993)。そしてここでも多発は数年のうちに県下 全域に拡大している。また、1950年ころの減少につい ても、福井県では BHC が広く普及する以前に本種の減 少が起こっていたという証言がある(友永、1969)。し たがって、本種の増減の理由は、まだ十分にはわかって いない、というべきであろう。

その他、増加に寄与する要因としては、ニカメイガの 減少による同時防除圧の低下(石黒, 1994), 乾田化が 進んだことによる水田内への産卵増加(松井,1982), 畦塗り作業の省略による除去される卵鞘の減少(安藤, 1992) 等が指摘されている。天敵類に関しては、卵期に ついては村井(1962)の報告があり、Oxya 属のバッタ の卵のみに寄生する2種のタマゴバチ類(ムライクロタ マゴバチとツルオカクロタマゴバチ)、アオバアリガタ ハネカクシ,ベニイトトビムシ,センチュウをあげ、卵 寄生蜂とセンチュウ類の寄生率をそれぞれ25~60%, 20~50%と高いほかは、10%以下としている。横山ら (1992) は、村井の調査した当時の庄内地方における卵 寄生蜂の寄生率が45%だったのに対し、1987~89年に は3.7%に大きく低下していたことから、これが増加の 原因になった可能性を指摘している。このほかに、卵期 にはマメハンミョウ幼虫による捕食、幼虫期には、筆者 の観察では、ヒメアメンボ(若齢期のみ)、ナガコガネグモ等のクモ類、ニホンアマガエルやトウキョウダルマガエル等の両生類による捕食等がある。このほかにも昆虫寄生菌や、鳥類、ほ乳類等による死亡があると思われるが、検討されたことはない。なお、清水(1993)は畦畔からの侵入が終了してからの水田中央の密度があまり変化しないことから、水田侵入後の死亡率は低いと推定しており、この間の天敵による死亡率も低いのかも知れない。

ニカメイガでは、様々な要因が複合的に働き、高密度 平衡点から低密度平衡点に移行した可能性と、それぞれ の平衡点を維持する機構として、寄主特異的な寄生蜂と 非特異的な寄生蜂の重要性が指摘されている(桐谷、 2009)。コバネイナゴが極端な増減を示した地域でも、 多発時には寄主特異的な寄生蜂の寄生率が高かったこと は先に述べた。増殖率に対して複合的に働く様々な要因 群の強弱により、高密度平衡点から低密度平衡点へ、そ してその逆の移行が起こり、その後の密度の安定化には 天敵の働きが関与しているのではないかとも想像するが (城所、2012)、これ以上検討を進められる資料はない。

# 3 フタオビコヤガ幼虫との食害痕の区別

東北地方では、10年ほど前からフタオビコヤガ幼虫 (イネアオムシ)の多発が問題になったが、コバネイナゴと食害痕が似ているため、食害葉率で発生程度を判定するのが難しいという声が聞かれた。厳密な検証をしたわけではないが、筆者が考えた区別を参考までに紹介しておく。図-12に両種の食痕を示した。ともにイネ葉身の縁から斜め手前に食い込んだあと、葉脈に沿って摂食

する傾向がある。しかし、フタオビコヤガ幼虫では食痕の縁がより直線的で、また葉脈に沿う傾向が強いのに対して、コバネイナゴではギザギザした印象が強く、葉脈方向を無視した食痕も多い。これは、コバネイナゴの若齢期でも成虫でも同じであった。なお、フタオビコヤガの若齢幼虫は、裏側の表皮を残した白い絣(かすり)状の食害痕となり、区別は容易である(本誌2月号のイネミズゾウムシの節の図-4参照)。

### IV 被害と要防除水準

出穂前の食害も、密度が高い場合には収量に影響することがあるが、特に重要なのは出穂後の成虫による上位葉の食害による登熟の阻害とされる。その結果、登熟歩合と千粒重が低下して収量が低下する。また、成虫に枝梗が食害されて籾が脱落したり、籾が食害されて粃(しいな)や奇形粒が発生し、これも多発水田では登熟歩合の低下と籾数の減少要因として無視できない(石黒、1994)。

自然の発生ステージに合わせて、出穂期に5~6齢幼虫を放飼して成熟期まで食害させたときの、放飼密度と減収率の関係を示した(石黒,1994;図-13)。減収率5%を被害許容水準として、このときの密度を求めると、株当たり0.8個体となった。同様の結果は、3齢幼虫を出穂32日前に放飼し、成熟期まで食害させたときの関係でも得られている。しかし、株当たり0.5頭以上の放飼で、整粒歩合が3~4%低下したことから、要防除密度は株当たり0.5~0.8の間にあるとされた。さらに、この密度に達したかどうかをすくい取り法で判断するため

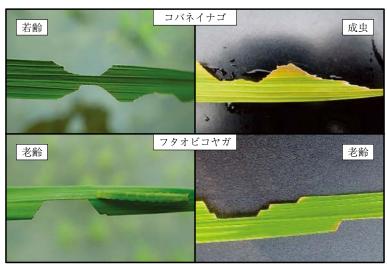


図-12 コバネイナゴとフタオビコヤガによるイネの食痕 (左:イネの分げつ期,右:イネの成熟期) 上・左:コバネイナゴ若齢幼虫,上・右:コバネイナゴ成虫, 下・左:フタオビコヤガ老齢幼虫,下・右:フタオビコヤガ老齢幼虫.

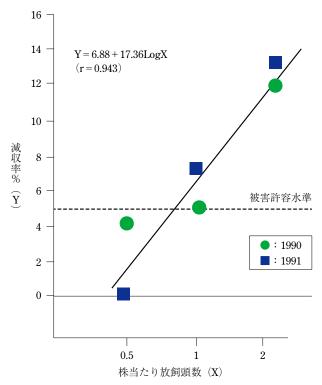


図-13 コバネイナゴの株当たり放飼頭数と減収率の関係 (石黒, 1994) 出穂期から成熟期まで放飼.

に、すくい取り効率を調べたところ、3 齢幼虫主体では約20%、 $4\sim5$  齢幼虫は26%、5 齢幼虫は30%、成虫が10%以下であった。この結果から、口径36 cm の捕虫網で20 回すくい取り(30 m² に相当とされる)したときの要防除密度は、出穂1 か月前では100 頭程度、出穂前(穂ばらみ期~出穂期)では $100\sim170$  頭とされた(石黒、1994)。

清水 (1993) も千葉県で、被害解析とすくい取り効率に基づき、要防除密度の設定を試みている。詳しい手法は省略するが、やはり被害許容水準を5%としたときの要防除水準は、20回振りすくい取り数で、収穫の55日前(7月10日)が102頭、40日前(7月25日)が126頭となった。このことから、7月中旬に水田内ですくい取り調査を行い、100頭程度を基準に防除要否の判断をすればよいとした。

要防除水準を設定している県では(図-14), 判定時期は6月下旬から出穂期まで違いがあるが, いずれも20回すくい取り数が100頭以上で防除が必要としている。

# V 管 理 方 法

# 1 薬剤以外の防除・被害軽減対策

漏水防止のために行う畦塗りは、古い土を崩す時に、 そこに産下された卵鞘を取り除くことになる。これを含

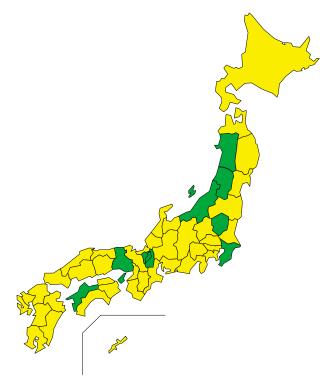


図-14 コバネイナゴの要防除水準を設定している県 (緑) 2017 年調べの日植防 JPP-NET により描く.

めて代かき時に水面に浮かび畦畔際に吹き寄せられた卵鞘を、焼却や埋没等の方法により処分するとよい。成虫が摂食していた植物として 24 科 80 種もの植物が記録されているが (熊代、1935)、好むのはイネ科とカヤツリグサ科の植物である。水田周辺の休耕地、農道等に生えるこれらの雑草を刈り取ることは、繁殖地を減らし水田侵入を抑制することになる。

畦畔や水田内に飛び込んだ幼虫の発生状況を観察することで、発生量の多少や水田侵入時期を把握することができる。発生が少なければその後の経過も観察し、要防除水準の活用と防除をしない判断も可能となる。

### 2 薬剤による防除

現在使用できる薬剤は、茎葉散布剤では合成ピレスロイド系、有機リン系、カーバメート系、ネオニコチノイド系、フェニルピラゾール系等多くのものがある。剤形も粉剤DL、フロアブル剤、乳剤、微粒剤F、粒剤、MC剤、投げ込み剤と多彩である。他の稲作害虫と同時防除できる薬剤も多い。さらに、いもち病や紋枯病、疑似紋枯病、穂枯れ等、病害との同時防除剤もあるので、これらの発生時期や発生程度も考慮して薬剤を選択するとよい。

育苗箱処理剤では、しばらくフェニルピラゾール系の 成分が入ったものだけが有効であったが、最近はジアミ ド系の登録薬剤が増えつつある。

## 3 薬剤使用を前提とした農薬依存度軽減法

徐々に水田内部に侵入するので、発生の初期であれば 粉剤や液剤を畦畔沿いだけに散布することで防除が可能 である。上から見たときの薬剤散布部分の形状から、額 縁防除と呼ばれ以前から一部で実施されてきた。育苗箱 施用剤ではイネミズゾウムシ同様(2月号)、コバネイ ナゴにおいても、畦畔沿いだけに本種に有効な処理苗を 移植することで防除が可能である(城所・林、2000)。 また、この方法による薬剤削減率は、水田の面積が大き いほど、細長い水田ほど大きい(城所・小野、2001)。 ただし、従来の粉剤を用いた額縁散布でも指摘されてい たが(横山ら、1992)、個々の圃場だけの防除では、残 効が切れた後に周辺からの再侵入で効果が不十分となる 可能性がある。

コバネイナゴの発生回数は年1回で、イネミズゾウムシやイネドロオイムシと同様に(2月号および3月号)、低密度からの密度回復には一定の年数を要する。このため、効果の高い薬剤で広域的に低密度にした後は、数年間は防除を省略できることが実証されている(上野・阿部、2004)。しかし、その程度はイネドロオイムシやニカメイガに比べ低かったとし、その理由は水田以外の牧草地、道路法面、休耕地での発生と、そこからの再侵入のためとしている。したがって、繁殖地の雑草管理と併

せた対策が重要である。

#### 引 用 文 献

- 1)安藤喜一(1992):平成 4 年度水稲·畑作病害虫防除研究会現地検討会講演要旨,日本植物防疫協会,東京,p.8~15.
- 2) (1993):植物防疫 47:311~314.
- 3) (1998): 同上 52:436~439.
- 4) ——— (2004 a): 休眠の昆虫学, 東海大学出版会, 神奈川, p.4~15.
- 5) (2004 b): 飛ぶ昆虫, 飛ばない昆虫の謎, 東海大学 出版会, 神奈川, p.2~12.
- 6) Ando, Y. and C. Yamashiro (1993) : Apple. Entomol. Zool.  $28:217{\sim}225.$
- 7) 福原楢男 (1982): 植物防疫 36:524~528.
- 8) 市田忠夫 (1992): 青森農試研報 32:95~113.
- 9) 石黒清秀 (1994): 山形農試研報 28:57~68.
- 10) 城所 隆 (1995): 北日本病虫研報 46:107~110.
- 11) ——— (2012):同上 63:1~16.
- 13) ---・林 かずよ (2000):同上 51:144~145.
- 14) ----・小野 亨 (2001):同上 52:129~131.
- 15) 桐谷圭治 (2009):ニカメイガ, 東京大学出版会, 東京, p.82 ~95.
- 16) 昆野安彦 (1998): 北日本病虫研報 49:117~120.
- 17) 熊代三郎 (1935): 農学研究 25:195~220.
- 18) Masaki, S. (1967): Evolution 21: 725 ~741.
- 19) 松井武彦 (1982): 関東東山病虫研報 29:114.
- 20) 村井貞彰 (1962): 山形農林学会報 20:1~31.
- 21) 清水喜一 (1993): 植物防疫 47:320~368.
- 22) 友永 富 (1969): 北日本病虫研報 20:81.
- 23) 上野 清·阿部雄幸 (2004):北日本病虫研報 55:167~172.
- 24) 矢澤洋平·城所 隆 (1998):同上 49:113~116.
- 25) 横山克至ら(1992): 山形農試研報 26:111~120.

# 登録が失効した農薬 (30.7.1~7.31)

掲載は、種類名、登録番号:商品名(製造者又は輸入者)登録失効年月日。

# 「殺虫剤」

●ミルベメクチンエアゾル

20402: ダニボーイ(三井化学アグロ)18/7/11

●エチルチオメトン・ダイアジノン粒剤

11090: エチメトン粒剤 6 (日本化薬) 18/7/13

●クロラントラニリプロール水和剤

22415: **アセルプリン**(丸和バイオケミカル) 18/7/22

#### 「殺菌剤」

●フルトラニル・メタラキシル粉剤

17056: リドミルモンカット粉剤(日本農薬) 18/7/29 17057: チバガイギー・リドミルモンカット粉剤(シン ジェンタジャパン) 18/7/29

# 「除草剤」

●パラコート液剤

21089: グラモキソンS (シンジェンタジャパン) 18/7/7

●シハロホップブチル・テニルクロール・ベンスルフロ ンメチル粒剤

21741:**ビシット粒剤 17**(デュポン・プロダクション・アグリサイエンス) 18/7/31

#### 「植物成長調整剤」

●デシルアルコール・ブトルアリン乳剤

22412: **イエローリボン** (エス・ディー・エス バイオ テック) 18/7/22

# 植物 防疫 講座

# 農薬編-8

# ミトコンドリア電子伝達系複合体 II 阻害剤

-β-ケトニトリル誘導体,カルボキサニリド系**―** 

OAT アグリオ株式会社 **笹 間 康 弘** 

# はじめに

ハダニ類は、生育が速く世代交代が頻繁であることから薬剤による淘汰を受けやすく、特に薬剤抵抗性が発達しやすい害虫として知られている。殺ダニ剤の作用機構や特性を理解し適切に使用することは、抵抗性発達を避けるうえで重要である。ここでは、Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) による作用機構分類(農薬工業会、2017)のグループ 25、ミトコンドリア電子伝達系複合体 II 阻害剤(以下、本グループ)について解説する。グループ 25 は、化学構造の違いからさらにサブグループ A の $\beta$ -ケトニトリル誘導体とサブグループ B のカルボキサニリド系に分けられ、サブグループ A

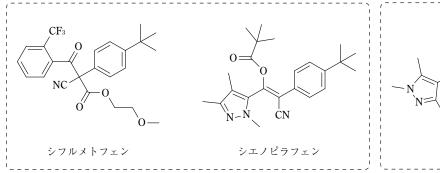
ではシフルメトフェンおよびシエノピラフェンが、サブグループBではピフルブミドがそれぞれ登録・上市されている(表-1、図-1)。

## I 創製経緯

本グループの化合物のうち、実用化において先行したのはサブグループAの $\beta$ -ケトニトリル誘導体であった。こちらはシェーリング社のチアプロニルをリード化合物として、農薬会社各社が合成展開を進めたものであった(図-2)。その中で大塚化学株式会社(現 OAT アグリオ株式会社)は、本リード化合物が持つケト-エノール互変異性に着目し、ケト型のニトリルの $\alpha$ 位にハロゲンを導入した化合物が高い殺虫殺ダニ活性を示すことを見いだし

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
25	25A β-ケトニトリル誘導体	シエノピラフェン	スターマイト	
ミトコンドリア電子伝達系複合体 II 阻害剤 エネルギー代謝		シフルメトフェン	ダニサラバ	呼吸
LAND TOP	25B カルボキサニリド系	ピフルブミド	ダニコング	



CF3 0 CF3 N V D ピフルブミド

25A β-ケトニトリル誘導体

25B カルボキサニリド系

図-1 IRAC25 ミトコンドリア電子伝達系複合体 Ⅱ 阻害剤

Review of Mitochondrial Complex II Electron Transport Inhibitors. By Yasuhiro Sasama

(キーワード:ミトコンドリア電子伝達系複合体 II,  $\beta$ -ケトニトリル誘導体,カルボキサニリド系,シフルメトフェン,シエノピラフェン,ピフルブミド,殺ダニ剤,作用機構)

ケト型 
$$\begin{array}{c} S \\ N \\ O \\ CI \\ \end{array}$$
  $\begin{array}{c} CI \\ CN \\ \end{array}$   $\begin{array}{c} CI \\ \end{array}$   $\begin{array}{c}$ 

図-2 各化合物の創製経緯

た。その後、導入する置換基をエステルにすることで殺虫活性が消失する一方で、殺ダニ活性が高まることを見いだし、ハダニ類に特化し非標的生物に対する影響の少ないシフルメトフェンの創製へとつながった(高橋ら、2012)。

日産化学工業株式会社(現日産化学株式会社)は、チアプロニルの2-クロロフェニル基を3-トリフルオロメチル-4-ピラゾリル誘導体に変換した化合物において殺ダニ活性を発見し、さらにエノール体OH基に保護基を導入することで効果の安定化に成功した。野外系統のハダニ類に対する活性の最適化検討を経て、シエノピラフェンが選抜された(春山、2009)。

一方、ピフルブミドはこれら2化合物とは異なるシードから見いだされた。日本農薬株式会社はカルボキサニリド系殺菌剤の探索の実施過程で、同社の殺虫剤フルベンジアミドやピリフルキナゾンの置換基パーフルオロイソプロピル基およびその類縁体の導入を試みた。その中で、フッ素が一つ少ないヘキサフルオロイソプロピル基を導入した化合物において弱い殺ダニ活性が示されることを見いだし、新規の殺ダニ剤として展開を開始した。カルボキサニリド系殺菌剤開発の知見の応用やアミドへのアシル基の導入等による構造最適化を経て、ピフルブミドが選抜された(古谷ら、2017)。

### Ⅱ 作 用 特 性

本グループ剤は、ナミハダニ、カンザワハダニ、ミカンハダニ、リンゴハダニといった主要なハダニ類に対し、成虫・幼若虫を問わず高い活性を示す(表-2)。卵に処理した場合、シエノピラフェンは高い殺卵活性を示すが、シフルメトフェン、ピフルブミドは直接的な殺卵活性はやや低く、多くはふ化後に死亡する。

本グループ剤の大きな特徴の一つが生物活性における高い選択性である。シエノピラフェン水和剤は一部の作物においてチャノホコリダニやシクラメンホコリダニに対する適用を有するが、シフルメトフェン水和剤やピフルブミド水和剤はハダニ類に特化している。カブリダニ類やミツバチ等の天敵・有用生物に対する影響が小さく、IPMに適した剤といえる。哺乳動物やその他の非標的生物に対しても概して影響が小さいが、シエノピラフェン水和剤については甲殻類に対し影響が認められるため水産動植物に対する注意事項が付記されている。

効果発現速度については、シエノピラフェンが即効性をうたう一方で、シフルメトフェンはナミハダニ雌成虫に対して、ピフルブミドは低温時に、それぞれ効果完成にやや時間がかかると注意喚起されている。これらの剤は、死亡様相においても苦悶やけいれん等を示さず静か

対象生物	シフルメトフェン	シエノピラフェン	ピフルブミド
対象害虫に対する活性(製剤) ナミハダニ成虫 (LC50値, ppm a.i.) ミカンハダニ成虫 (LC50値, ppm a.i.)	4.8 2.3	2.0 0.9	1.04 1.02
人畜に対する安全性(原体) ラット急性経口毒性(LD <sub>50</sub> 値,mg/kg) ラット急性経皮毒性(LD <sub>50</sub> 値,mg/kg)	> 2,000 > 2,000	> 2,000 > 2,000	> 2,000 > 2,000
水産動植物に対する安全性(製剤) コイ(96 時間後 LC <sub>50</sub> 値, mg/ <i>l</i> ) オオミジンコ(48 時間後 EC <sub>50</sub> 値, mg/ <i>l</i> )	320 31	179 0.063	> 1,000 2.44

表-2 本系統剤の各種生物に対する活性

各社技術資料および農薬抄録をもとに筆者作成.

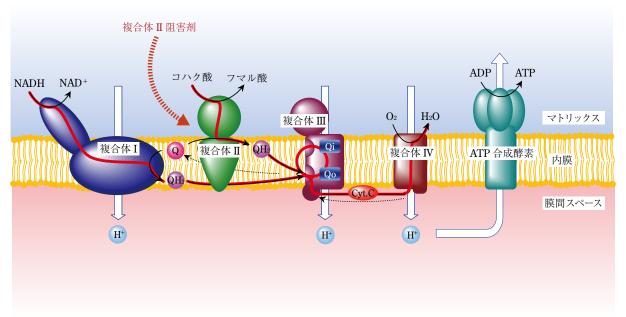


図-3 ミトコンドリア電子伝達系の概略

に動きを停止するため,死亡したハダニが作物から脱落 するにはさらに時間を要することがある。

また、いずれの剤も浸透移行性やガス効果は持たないため、効果を発揮させるには散布残しのないよう葉の表裏にむらなく散布することが重要である。

#### Ⅲ 作 用 機 構

本グループ剤は、IRACのグループ名が示す通り、ミトコンドリア電子伝達系の複合体 II を阻害することで効果を発揮する。ミトコンドリアは害虫やダニ類のみならず、ほとんどの真核生物の細胞に存在する細胞内小器官で、クエン酸回路、電子伝達系と呼ばれる一連の酵素群による反応を通して、生物のエネルギー源となるATPを効率的に産生する(図-3)。複合体 II は、クエン酸回路の一端としてコハク酸の脱水素反応を担い、そこで産生された高エネルギーの電子を電子伝達系に受け渡

す役割を持つ。この働きを阻害されたハダニは、生存に 必要な ATP を作り出すことができず死に至る。

本グループ化合物のナミハダニの複合体 II に対する阻害活性は,原体化合物自体よりも脱エステルないし脱アシル化された OH 体ないし NH 体(以下,活性本体)のほうが数倍~百数十倍強い(春山,2009;Hayashi et al.,2013;古谷ら,2017)。本グループ化合物は,ハダニの体内に取り込まれた後に代謝活性化を受けて活性本体となり,複合体 II に結合する。その結果複合体 II の活性を阻害すると考えられている。しかし,これらの活性本体そのものをハダニに散布した場合の殺ダニ活性は高くない。その理由として,ハダニの体内に取り込まれにくい物理化学的な特性となっているのではないかと推察され,I 章で述べたように化学修飾による効果の向上・安定化が本系統剤創製のキーポイントの一つとなったことが示唆されている。

本グループの活性本体はいずれもハダニ類の複合体 II を低薬量で阻害する一方で、標的外のミツバチや哺乳動物の複合体 II に対しては弱い阻害活性しか示さない。この作用点レベルの活性差が、本グループの高い選択性や安全性の裏付けとなっていると考えられる。

本グループの複合体Ⅱの阻害様式の詳細が、シエノピラフェン OH 体を用いて検討されている。シエノピラフェン OH 体は、複合体Ⅱの拮抗阻害剤であるマロン酸と異なり、非拮抗阻害剤として知られるカルボキシンと同様の阻害様式を示した。さらにカルボキシンとは加成的な阻害を示したことから、シエノピラフェン OH 体はコハク酸脱水素酵素の活性部位には結合せず、カルボキシンと同じ部位に結合することが示された(中平、2011)。ピフルブミド NH 体を用いた同様の検討では、マロン酸と異なる非拮抗阻害を示したが、シエノピラフェン OH 体とは加成的な阻害を示さず、シエノピラフェン OH 体ともまた異なる結合様式であることが示された(NAKANO et al., 2015)。

#### IV 抵抗性の現状

2007年,最初の本グループ剤であるシフルメトフェン水和剤が上市されてから既に10年以上経過し,感受性低下が疑われる事例が多く聞かれるようになってきている。種々の作物・ハダニ種で報告されているが,特にイチゴのナミハダニに対する感受性低下事例が目立つ。

本グループに対する抵抗性のメカニズムについては, 室内で人為的に淘汰したハダニ抵抗性系統に関していく つか報告されている。SUGIMOTO と OSAKABE は、シエノピ ラフェンで淘汰したナミハダニ NCR 系統に対して、3 種の代表的な解毒酵素,チトクロム P450 (以下 P450), カルボキシルエステラーゼ (CCE), およびグルタチオ ン-S-トランスフェラーゼ (GST) のそれぞれの阻害剤 による効果の回復を検討した。その結果、シエノピラフ ェンの効果低下に P450 および CCE が関与していること を示唆した (Sugimoto and Osakabe, 2014)。Khalighiらは、 シフルメトフェンで淘汰したナミハダニ TU008R 系統に 対して同様に共力効果を検討した結果、シフルメトフェ ンの効果低下には GST が関与していることを示唆した (Khalighi et al., 2014)。Khalighi らはまた、シエノピラ フェン淘汰系統 JP-R を作出し、Sugimoto と Osakabe と 同じく P450 と CCE がシエノピラフェンの効果低下に 関係する結果を得ている (KHALIGHI et al., 2016)。

これら抵抗性系統の交差抵抗性要因は単純ではない。 シエノピラフェンで淘汰された NCR 系統は、異なるグループに分類されている殺ダニ剤ピリダベンに対しても 抵抗性を発達させた。これは、作用点の如何にかかわらず類似している化学構造部位が代謝解毒されたものと推察された。シエノピラフェンとピリダベンについては、親油性基を有する二つの窒素原子を含んだ複素環構造という類似点が指摘されている。JP-R系統はシフルメトフェンに対しても抵抗性を発達させたが、共力効果試験からは、関与する解毒酵素がシエノピラフェンと異なり、TU008R系統と同様GSTの影響が大きいことが示唆された。シフルメトフェンで淘汰されたTU008R系統は、シエノピラフェンに対してはむしろ感受性が高まり、負の交差抵抗性が観察された。しかし、その要因は明らかにされていない(KHALIGHI et al., 2014)。

ハダニ類の複合体 II の変異による抵抗性の出現は野外・実験室のいずれにおいてもいまだ報告されていないが、これは必ずしも今後もそのような抵抗性が発達しない、ということを意味しない。同一グループの連用を避け、ローテーション防除を徹底することが抵抗性マネージメントにおいて重要であることは変わらない。加えて共通した化学構造による代謝解毒抵抗性のリスクについてもさらなる情報の充実を図らなければならないと考えている。

#### おわりに

ハダニ防除は薬剤抵抗性との戦いになりやすく,効果的な新剤の開発が常に待望される分野である。しかし,防除を新規剤のみに頼ることはその剤の抵抗性発達を助長し,さらなる新規剤の開発を待つ"いたちごっこ"に陥る。既存剤の作用機構や特性を十分に理解し,新規剤とともに,各グループの既存剤を化学構造の多様性も踏まえながら幅広く使用していくことが,新規剤の延命につながると確信している。本稿が少しでもその助けになれば幸いである。

#### 引 用 文 献

- 1) 古谷 敬ら (2017): 日本農薬学会誌 42:308~313.
- 2) 春山裕史 (2009): 植物防疫 63:385~390.
- 3) Hayashi, N. et al. (2013): Pest Manag Sci. 69: 1080~1084.
- 4) Khalighi, M. et al. (2014): ibid. 70:365~368.
- 5) ———— et al. (2016): ibid. **72**: 103~116.
- 6) 中平国光 (2011): 日本農薬学会誌 36:511~515.
- 7) NAKANO, M. et al. (2015): J. Pestic. Sci. 40: 19~24.
- 8) 日本農薬株式会社 (2016): 殺ダニ剤ダニコングフロアブル技術 資料, http://www.nichino.co.jp/products/materials/dkongdfacies/html5.html
- 9) 日産化学株式会社:スターマイトフロアブル公式サイト, https://www.nissan-agro.net/starmite/
- 10) 農薬工業会 (2017): 日本における農業用殺虫剤の作用機構, http://www.jcpa.or.jp/labo/pdf/2017/mechanism\_irac02.pdf
- 11) OAT アグリオ株式会社: ダニサラバフロアブルブランディングサイト, http://danisaraba.jp/
- Sugimoto, N. and M. Osakabe (2014): Pest. Manag. Sci. 70: 1090~1096.
- 13) 高橋宣好ら (2012): 日本農薬学会誌 37:275~282.

## 研究室紹介

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

生態的防除グループは、平成28年4月からの農研機構第4期中期計画開始のタイミングに合わせて、中央農業研究センター病害研究領域の一研究グループとして新設されました。設立当初の構成メンバーは、筆者のほかに、野口雅子氏、山内智史氏、越智 直氏、三室元気氏の5名の研究職員と、6名の契約職員(図-1)で、新設のグループということで机や椅子等の最低限の物以外は何もない状況から、研究環境を整えながら活動をスタートしました。その後、短期間のうちに目まぐるしいメンバーの転出転入を経て、現在は筆者のほかに田澤純子氏、山内智史氏の計3名の研究職員と5名の契約職員からなるメンバー構成となっています。

当グループでは, 病害発生の回避による安定的かつ持 続的な農業生産の実現に貢献することを最終目標に掲 げ、作物の病害の発生生態の解明およびその解明に基づ く効果的な防除法や環境保全型の農業生産に資する防除 法について, 基礎的研究のみならず, 成果の実用化や現 場への普及を目指した研究を, 公設試験研究機関や民間 企業等と連携しながら行っています。例えば、農耕地の 持続的利用のための土壌病害管理技術として有望な「圃 場の発病ポテンシャルの評価に応じた土壌病害管理法 (ヘソディム)」の開発・高度化に現在取り組んでおり、 この中ではハクサイ黄化病などの病害発生と土壌の生物 性 (PCR-DGGE 法や NGS 法による病原菌を含む微生 物の群集構造解析) と関連性の解析, 土壌の発病抑止性 の診断技術の開発等を進めています。また、植物体に生 息する微生物のインベントリーを活用した生物的防除法 の開発に関する基礎および応用研究等も行っています。 これらに加え、トマト葉かび病やレタス菌核病等の施設 栽培で問題となる菌類病を対象とし、 伝染環や発病助長 要因を解析することにより、有機栽培でも導入可能な被 害軽減技術の開発や、病虫害や雑草害を回避するダイズ 有機栽培の実証試験等にも取り組んでいます。以上の研 究については、民間企業や大学等と積極的に連携して共 同で取り組んでいることも当研究グループの特徴です。 現在、各種公的および民間機関と計7件の病害関連の基



図-1 設立時の生態的防除グループのメンバー

礎および応用的な研究を共同で行い、社会実装の実現に 向けた取り組みを精力的に行っています。

また、当研究グループでは、依頼研究員や技術講習生の受入も積極的に行っています。これまでに、千葉県、福島県の若手研究者や東京農業大学の大学院生等の若手の方々を受け入れ、土壌病害に関する研究を共同で行い、新たな知見を見いだしてきました。研究設備はいまだ必ずしも十分ではないかもしれませんが、読者の中で、我々とともにつくばで研究を行ってみたいと思う方(特に若手の方々)がいましたら、まずはお気軽にお問い合わせください。

(生態的防除グループ長 吉田重信)

# 研究室紹介

# 静岡県農林技術研究所 茶業研究センター 茶環境適応技術科

静岡県農林技術研究所茶業研究センターは、平成30年に創立110周年を迎え、日本一の茶生産地である静岡県の茶業を支え続けてきた歴史のある研究機関です。明治41年(1908年)に静岡県立農事試験場茶業部として発足し、昭和12年(1937年)に県立茶業試験場として独立、昭和32年(1957年)には静岡県茶業試験場として改称された後、平成19年(2007年)の試験研究機関の再編統合により、現在の静岡県農林技術研究所茶業研究センターとなりました。

当センターは、静岡県の代表的な茶産地である牧之原台地(菊川市)にあります(図-1)。周辺は茶畑に囲まれ、当センターからの直線距離で約4km先には富士山静岡空港が、同約3km先には農研機構 果樹茶業研究部門茶業研究領域(金谷茶業研究拠点)が位置しています。

当センターの茶環境適応技術科は、土壌肥料担当の研究員2名と病害虫担当の研究員3名(虫害2名、病害1名)で構成されています。また、病害虫研究室には、虫の飼育や各種試験のサポートを担当する敏腕の研究補助員2名も所属しており、合計5名(図-2)で静岡県茶業における病害虫研究に励んでいます。

当研究室ではこれまでに、その時代ごとに問題となってきた病害虫の生態や防除法を研究し、生産現場における茶の安定生産に貢献してきました。化学合成農薬の普及に伴って、これまでに各種病害虫に対する防除試験が



図-1 ドローンによる当センターの空撮画像中央下の施設群が当センター、その周辺が試験圃場、ドローン操縦・撮影者:元当センター(現静岡県立農林大学校)・小澤朗人博士。

〒 439-0002 静岡県菊川市倉沢 1706-11 TEL 0548-27-2885



図-2 病害虫研究室メンバー(平成30年度) 手前左から,吉田達也研究員(新規採用,虫害),鈴木幹彦 上席研究員(病害),内山 徹上席研究員(虫害),奥左から, 滝本理枝(研究補助),住川純子(研究補助). ドローン操縦・撮影者: 当センター・亀山阿由子研究員.

数多く実施されてきましたが、薬剤抵抗性や天敵の減少等の問題も顕在化したため、こうした情勢に対応しつつ各種の研究を進めてきました。現在、静岡県の茶栽培で主流となっている土着天敵の保護・利用を念頭においた防除体系の普及は、過去の研究の賜物であると言えます。

平成30年現在、実施している研究課題は五つありま す。病害分野では、①省力的かつ効率的な病害防除技術 の確立、②赤焼病菌の生態特性および発病機構の解明に ついて研究を進めています。虫害分野では、③ハマキガ 類の殺虫剤抵抗性機構の解明と抵抗性遺伝子診断法の開 発を進めています。また、病害・虫害に共通する課題と して、④茶の海外輸出を可能とする病害虫防除体系の構 築と実証,⑤ドローンの空撮による病害虫診断技術の開 発に取り組んでいます。以上の研究課題以外にも,数多 くの新農薬実用化試験を毎年実施するとともに、生産現 場からの要望に応じて病害虫の薬剤感受性検定なども行 っています。また、当研究室には生産者や農協等の技術 指導員からの電話問い合わせが非常に多い(1日当たり 複数件が普通で、ゼロ件の日は珍しい)だけでなく、突 然の訪問も少なくないなど、慌ただしいながらも現場に 密着した研究機関として重要な役割を担っていると感じ ています。

(上席研究員 内山 徹)

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

### 掲 載 規 程

#### 1. 掲載記事の分野

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

#### 2. 掲載記事の種別

本誌に掲載する記事はおおむね次の種別によります。

(1) 研究報告および総説

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

(2) 調查報告

調査を元にとりまとめ解説した研究報告に準ずる報告。(注2)

(3) 時事解説

行政の施策や世界動向等、関心度の高い時事テーマに関する解説。(注3)

(4) トピックス

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

(5) 新技術解説

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

(6) その他

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

注1) テーマは病害虫・雑草防除研究に限らず、農薬のリスクや管理に関するもの、製剤・施用技術に関するもの等、幅広く掲載可能です。本誌の目的にかなう切り口で科学的に解説いただきます。既発表の研究報告である時は、他誌掲載内容と異なる実践的な切り口でとりまとめて下さい。総説では、最近まで取り組まれてきた関連研究を体系的に解説いただきます。必ず引用文献を付記して下さい。図表を含め刷り上がり4頁程度を目安として下さい。

- 注2) テーマは植物防疫に関連して幅広く掲載可能です。例えば海外の登録制度情報の収集・比較や文献調査などが該当します。図表を含め刷り上がり4頁程度を標準としますが、必要に応じて調整可能です。
- 注3) 植物防疫に関連した時事で、テーマは幅広く掲載可能です。例えば施策に基づいた事業・法令改正 の解説が該当します。図表を含め刷り上がり4頁程度を標準としますが、必要に応じて調整可能です。
- 注4) 早急に知見を周知する必要がある病害虫の発生・薬剤耐性等の情報が該当します。多少のデータ 不足・限られた地域の事例でも可です。図表を含め刷り上がり 2~3 頁程度を目安としますが,更 に短いものでも可とします。新農薬紹介は,記事広告ではなく,新規に登録となった有効成分について,物理化学性・作用機構と特長・適用表など基本情報の提供を目的とした記事です。基本的に 図表を含め刷り上がり 2 頁とします。但し,活用法等の研究成果については(1)研究報告および 総説で受け付けます。
- 注 5) 従来の技術と比べた利点・活用法を明確に解説されていることが必要です。必要に応じて引用文献を付記して下さい。図表を含め刷り上がり4頁程度を標準としますが、必要に応じて調整可能です。 一連の技術が多数ある場合は連載化も検討します。
- 注 6) 基本的に事務局が企画・執筆する記事ですが、新刊図書紹介・行事案内については、他者からの ご提案の掲載も検討します。基本的に刷り上がり1頁以内です。

※1頁の字数は400字詰め原稿用紙換算5枚:2000字が目安です。

#### 3. 掲載の決定

- (1) 専門家による審査体制を設置し、本誌の目的にかなうテーマであるかどうか、科学的に適正な内容であるかどうか等について審査し、掲載の有無を決定します。
- (2) 審査の結果、内容の一部修正等をお願いすることがあります。
- 4. 執筆に当たっての留意事項
- (1) 外部からの支援あるいは他の機関との共同で実施された研究を紹介しようとする時は、その旨を明記するものとし、執筆者の責任で関係者の事前了解を得るものとします。
- (2) 本誌掲載記事の著作権は当協会に帰属するものとします。
- (3) 本誌掲載のほか、当協会ホームページで1頁目の見本提示、ダイジェストの作成・公開、PDF 版への収録などに利用させて頂きます。
- (4) 本誌掲載から2年を経過した時は、当協会ホームページ内の「植物防疫アーカイブ」に電子版と して公開されます。
- (5) 詳細を定めた「執筆要領」が必要な方は、事務局にご請求下さい。
- 5. 投稿・連絡先

72

電話: 03-5980-2183 mail: genko@jppa.or.jp

一般社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部 「植物防疫」編集担当 投稿はメールでの受け付けとなります。

# 農薬概説 2018

B5判 本文367頁 本体1,800円+消費税, 送料実費 一般社団法人 日本植物防疫協会 編



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

2018年版では、主に次のような改訂を行いました。

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

http://www.jppa.or.jp/shuppan/pdf/gaisetsu2018.pdf

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

#### ◆ お問合せとご注文は下記へお願いします ◆

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

#### ■計 正

8月号30頁:鳴坂義弘氏ら「イチゴの RNA 簡易抽出法 および遺伝子診断法」の図-1で、下記赤字に誤りがあ りました。青字に訂正してお詫び致します。

原文:

略

2. 凍結した・・・なるまで破砕する。

6. Lysis buffer を・・・ボルテックスする\*\*。

訂正:

略

2. 凍結した・・・なるまで破砕する\*\*。

略

6. Lysis buffer を・・・ボルテックスする。

#### 人事異動

関係者抜粋, [ ] 内は前職

○農林水産省(7月27日付)

島田 和彦氏 [消費・安全局植物防疫課長] 農林水産技 術会議事務局研究総務官兼消費・安全局付兼生産局付 兼林野庁付

松岡 謙二氏 [文部科学省科学技術·学術政策局企画評 価課長] 消費·安全局植物防疫課長

石岡 知洋氏 [独立行政法人農林水産消費安全技術セン ター農薬検査部長〕消費・安全局農産安全管理課農薬 対策室長

舟木 康郎氏 [農林水産技術会議事務局国際研究官付] 消費·安全局植物防疫課国際室長

横地 洋氏「消費・安全局植物防疫課国際室長」文部科 学省出向(研究開発局環境エネルギー課長へ)

○農林水産省(7月26日付)

古畑 徹氏[消費·安全局農産安全管理課農薬対策室長] 退職(国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究 機構食農ビジネス推進センタープロジェクトプランナ  $-\sim)$ 

#### 広告掲載会社一覧 (掲載順)

ダウ・アグロサイエンス日本(株) … スピノエース 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 日産化学(株)・・・・・・スターマイト 日本曹達(株) ……………ピシロック 日本農薬(株)・・・・・・フェニックス クミアイ化学工業(株) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ フルピカ ダニサラバ協議会 ………・ダニサラバ

#### 学会だより

#### ○平成30年度日本植物病理学会東北部会

日 時:平成30年9月27日(木)13:00~9月28日12:00

場:山形テルサ アプローズ

〒 990-0828 山形県山形市双葉町 1-2-3

事務局:山形大学農学部 小林 隆 山形県鶴岡市若葉町 1-23

TEL: 0235-28-2849

FAX: 0235-28-2812 (宛名(小林隆)必要) e-mail: tkoba@tds1.tr.yamagata-u.ac.jp

○平成 30 年度日本植物病理学会関西部会

日 時:平成30年9月27日(木)13:30~9月28日12:30

場:山口大学吉田キャンパス

〒 753-8511 山口市吉田 1677-1

事務局:山口大学農学部生物資源環境科学科

山口市吉田 1677-1

TEL: 083-933-5846 (伊藤真一) 083-933-5845 (佐々木一紀)

e-mail: h30bukai-ag@mlex.cc.yamaguchi-u.ac.jp

#### 次号予告

次号30年10月号の主な予定記事は次のとおりです。

リンゴ園におけるカブリダニ類の保護利用によるナミハダニの防 舟山 健

小型無人航空機(ドローン)の空撮によるチャ炭疽病の被害推定

小澤朗人 イネ縞葉枯病抵抗性品種 '彩のかがやき'、'彩のきずな' の縞葉枯病防除

土着天敵に影響のない殺虫剤の選択によるミカンハダニの密度管理 増井伸一

効果およびヒメトビウンカの発生消長と RSV 保毒虫率

UV-B 照射によるパセリーうどんこ病の防除効果

日本の南西諸島で誘殺されたミカンコミバエ種群の推定飛来源

大塚彰

アルファルファタコゾウムシの導入天敵ヨーロッパトビチビアメ バチの我が国における分布 (2017) 高木正見

鹿児島県本土に侵入したアシビロヘリカメムシの発生状況

松比良邦彦

植物防疫講座 病害編 イネ墨黒穂病 石川浩司 植物防疫講座 虫害編 イネ ハモグリバエ類 新山徳光

植物防疫講座 農薬編 ミトコンドリア電子伝達系複合体 I 阻害剤

稲田 誠

新剤の紹介:ピラジフルミド

研究室紹介:農研機構 中央農業研究センター 虫・鳥獣害研究領域 線虫害 G

大阪府立環境農林水産総合研究所 食と農の研究部防除 G

# 植物防疫

第 72 巻 平成30年8月25日印刷

第 9 号 平成30年9月1日発行

(通算861号)

平成 30 年 9 月 号

(毎月1回1日発行)

編集発行人 上路 雅子

三 美 印 刷 ㈱ 印刷所 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 所一

〒 114-0015 東京都北区中里2丁目28番10号 --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。

西村文宏

# 日本植物防疫協会シンポジウムの開催案内

# 「転換期にたつ植物防疫」

日 時:平成30年9月20日(木) 10:00~17:30

主 催:一般社団法人 日本植物防疫協会

場 所:日本教育会館「一ツ橋ホール」

東京都千代田区一ツ橋2-6-2 TEL 03(3230)2831

**趣旨**:農業競争力強化施策のもと、欧米にならった再評価制度の導入を柱とする農薬取締法改正案がまとまる一方、ジェネリック農薬参入の動きが活発化するなど、病害虫防除に不可欠な農薬をめぐる情勢は大きな転換期を迎えている。このシンポジウムでは、これら関連する内外の動向を知るとともに、今後の植物防疫推進上の課題を考える。

#### 参加費:無料

#### プログラム:

・農薬行政の課題と対応方針

農林水産省消費・安全局農薬対策室 石 岡 知 洋 氏

・農薬環境行政の課題と対応方針

環境省水・大気環境局農薬環境管理室 小笠原 毅輝 氏

・再評価制度と課題

農薬工業会 横田 篤宣 氏

・海外のジェネリック農薬の現状と我が国における展望

日産化学株式会社 影 島 智 氏

生物農薬をめぐる海外の動向と我が国における展望

アリスタライフサイエンス株式会社 里見 純氏

・薬剤の変遷に対応した現場指導と今後

公益社団法人 青森県植物防疫協会 川嶋浩三氏

総合討論

# 作用点までしつかり届く!

殺ダニ剤



# 殺ダニ成分「シエノピラフェン」配合

#### だから・・・

●抵抗性ハダニにもきちんと効く

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

●卵から成虫まで、ハダニの全ステージにしっかり効く

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

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



日産化学株式会社

東京都中央区日本橋二丁目5番1号 ホームページ https://www.nissan-agro.net/ お客様窓口 TEL.03-4463-8271 (9:00~17:30 土日祝日除く)









電話 03(5980)2181 FAX 03(5980)6753 http://www.jppa.or.jp/





