

# 植物防疫

# 2

Plant Protection

2019  
VOL.73

ミニ特集：キウイフルーツかいよう病（Psa3 系統）



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

**□・BASF**  
We create chemistry

さとうきび・かんしょ用 殺虫剤

**プリンスベイト**

ハリガネムシを  
おびきよせて効率的に防除  
**メイチュウ類・**  
**シロアリ類にも効く!**

夏植え、収穫後の株出し萌芽を確保



ハリガネムシ・メイチュウ類とも  
植付時・培土時処理が可能!



ハリガネムシ類



メイチュウ類



コガネムシ類



イエシロアリ

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●小児の手の届く所には置かないでください。●使用後の空袋は圃場などに放置せず、環境に影響のないよう適切に処理してください。●防除日誌を記録しましょう。

**BASFジャパン株式会社**

〒106-6121 東京都港区六本木6丁目10番1号 六本木ヒルズ森タワー21階  
☎0120-014-660 ☎03-3796-9419 <https://agriculture.basf.com/jp>

®=BASF社の登録商標



BE FIRST



BE STRONG



BE CONFIDENT

**ピラキサルト™**

殺虫剤

powered by  
**PYRAXALT™**

**これからのウンカ防除を変える、  
新しいスタート。**

ピラキサルトは、ウンカ類に優れた効果が長く続く  
新しい殺虫成分です。

日本の美味しいお米を守る、これからのブランドです。

®、TM が付記された表示は、デュポン、ダウ・アグロサイエンスもしくはパイオニアならびにこれらの関連会社または各所有者の商標です。

全国農業協同組合連合会  
〒100-6832 東京都千代田区大手町1-3-1 JAビル

**Corteva Agriscience™** ダウ・デュポン アグリカルチャー事業部門  
(デュポン・プロダクション・アグロサイエンス株式会社)  
〒100-6111 東京都千代田区永田町2-11-1 山王パークタワー



# カウントダウン®

## 雑草の無い水田へ

一発、カウントダウン。

JAグループ 農協 | 全農 | 経済連

®カウントダウンはバイエルグループの登録商標 第6041397号  
®はクミアイ化学工業(株)の登録商標 第6070948号



### 新登場



- 1 3成分で高い除草効果
- 2 ノビエへの優れた除草効果
- 3 難防除多年生雑草への高い除草効果
- 4 多年生イネ科雑草に対する高い除草効果 (1キロ粒剤・ジャンボ)
- 5 SU抵抗性雑草に対する高い除草効果
- 6 田植同時散布可能(1キロ粒剤)
- 7 無人航空機による散布または滴下登録あり (1キロ粒剤・フロアブル)
- 8 拡散性に優れたジャンボ剤
- 9 直播水稲への適用性(1キロ粒剤・ジャンボ)
- 10 新規需要米に対する高い安全性

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

バイエル クロップサイエンス株式会社

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

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



植物油脂パワー!  
**サンクリスタル乳剤**



チョウ目害虫退治の生物農薬!  
**サンケイ サプリナフロアブル**



植物保護薬!  
**サンケイ ジーフライン水和剤**



硫黄の力でうどんこ病防除!  
**サンケイ クムラス**



安定した銅の効果!  
**サンボルドー**



キュウリ・カボチャのうどんこ病に!  
**ハッパ乳剤**



硫黄と銅の強力タッグ!  
**園芸ボルドー**



**サンケイ化学株式会社**

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

## 目次

### 巻頭言

むかしも今も ..... 早川 泰弘 1

### ミニ特集：キウイフルーツかいよう病（Psa3系統）

キウイフルーツかいよう病の Psa3 系統の発生の経緯と現状について ..... 越智 直 2  
愛媛県におけるキウイフルーツかいよう病（Psa3 系統）の現状と対策  
..... 青野光男・宮田信輝・篠崎 毅 6  
福岡県における現状と対策 ..... 菊原 賢次 11  
和歌山県におけるキウイフルーツかいよう病の発生 ..... 間佐古 将則 16

### 研究報告

北海道のミニトマト栽培におけるトマト斑点病の発生実態と薬剤の防除効果 ..... 白井 佳代 21  
光反射資材によるブドウのグビアカスカシバの被害抑制効果 ..... 河村 俊和 26  
農研機構メッシュ農業気象データシステムとその病害虫分野での利用について  
..... 大野宏之・西野 実・芦澤武人 31

### 新技術解説

気象予測値を用いた病害虫防除適期予測の精度向上  
—カンショコバネナガカメムシにおける精度検証— ..... 萱場互起・永山敦士・田村弘人・真武信一 36

### 植物防疫講座

病害編 さび病菌の生態と防除 ..... 山岡 裕一 44  
虫害編 ニカメイガの発生生態と防除 ..... 松倉 啓一郎 52  
農薬編 ナトリウムチャンネルモジュレーター  
—ピレスロイド系、ピレトリン系— ..... 齋藤 康将 56

### 新農薬の紹介

新規殺虫剤ピラキサルト™の特長 ..... 大上 恵・阿部新太郎 62

### 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 リスク解析グループ ..... 田中 穰 66  
地方独立行政法人 青森県産業技術センター 野菜研究所 病虫害部 ..... 新藤 潤一 67

農林水産省プレスリリース（2018.12.11～2019.1.10） ..... 35  
新しく登録された農薬（2018.12.1～12.31） ..... 43, 51, 61  
登録が失効した農薬（2018.12.1～12.31） ..... 20  
発生予察情報・特殊報（2018.12.1～12.31） ..... 10

#### 【表紙写真】

上左：キウイフルーツかいよう病（Psa3 系統）による果実の萎縮  
上右：キウイフルーツかいよう病（Psa3 系統）による赤褐色樹液の漏出  
下左：ねぎのさび病  
下中：トマト斑点病  
下右：ニカメイチュウ

# 「植物防疫」特別増刊号 在庫のお知らせ



## No.4 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアルⅠ (2009.9)

日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会 編  
B5判 172頁  
殺菌剤耐性菌に関する国内文献集収録  
本体 2,667円 + 消費税 送料 実費



## No.12 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアルⅡ (2009.7)

日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会 編  
B5判 175頁 口絵カラー 8頁  
殺菌剤耐性菌に関する国内文献集 収録  
本体 3,000円 + 消費税 送料 実費



## No.8 線虫の見分け方 (2004.5)

B5判 99頁  
本体 3,000円 + 消費税 送料 実費



## No.13 フェロモンによる発生予察法 (2010.9)

B5判 168頁 口絵カラー 4頁  
本体 3,000円 + 消費税 送料 実費



## No.9 天敵生物等に対する化学農薬の影響評価法 (2006.12)

B5判 160頁  
本体 4,800円 + 消費税 送料 実費



## No.15 土壌病害の見分け方 (2012.9)

日本植物防疫協会 編  
B5判 129頁 口絵カラー 9頁  
本体 2,400円 + 消費税 送料 実費



## No.10 植物ダニ類の見分け方 (2007.4)

江原昭三・後藤哲雄・上遠野富士夫・岡部貴美子 著  
B5判 120頁  
本体 2,400円 + 消費税 送料 実費



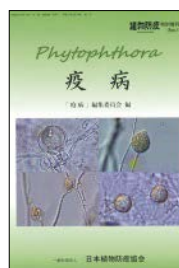
## No.16 農業害虫の薬剤感受性検定マニュアル (2013.11)

農業害虫の薬剤感受性検定マニュアル  
編集委員会 編  
B5判 179頁  
本体 2,600円 + 消費税 送料 実費



## No.11 アブラムシ類の見分け方 (2008.4)

宗林正人・鳥倉英徳・高橋 滋・木村 裕・杉本俊一郎・宮崎昌久・西東 力 著  
B5判 103頁 口絵カラー  
本体 2,400円 + 消費税 送料 実費



## No.17 「疫病」 (2015.3)

「疫病」編集委員会 編  
B5判 133頁  
本体 3,000円 + 消費税 送料 実費

**在庫僅少**


一般社団法人日本植物防疫協会 支援事業部

TEL 03-5980-2183

FAX 03-5980-6753

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

E-mail : [order@jpapa.or.jp](mailto:order@jpapa.or.jp)


 巻頭言

## むかしも今も


 株式会社 日本輸出自動車検査センター はや かわ やす ひろ  
 早 川 泰 弘

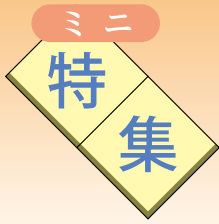
本誌 72 巻 8 号 (2018 年) の巻頭言「半世紀を迎える都道府県の残留農薬分析」(中村幸二植物防疫協会技術顧問執筆) を感慨深く拝読した。これを機に、半世紀とまではいかないが、筆者が農水省に入省した 1980 年 (昭和 55 年) から退職した 2015 年 (平成 27 年) までの 35 年間の農業、組織、植物防疫 (農薬含む) の変化について思いを巡らせてみた (紙数の関係で一部にとどまったことをご容赦願いたい)。農業全体の変化の概略を統計データで見ると、耕地面積：546 万 ha → 450 万 ha (82%)、作付面積：571 万 ha → 413 万 ha (72%)、農業就業人口 (自営農業)：697 万人 → 210 万人 (30%)、農業総産出額：10.8 兆円 → 8.8 兆円 (86%) となり、大幅に縮小してきたことがわかる。このような状況を背景に農水省の組織もこの 35 年で大きく変わった。2001 年 (平成 13 年) の省庁再編の際にはそれまで五つあった局が四つに再編・縮小された。さらに翌年に発生した BSE と無登録農薬問題を契機として、2003 年に食糧庁が廃止され消費・安全局が創設された。農林水産行政が生産重視から、より食料産業、消費・安全重視にシフトした転換点である。農業について見ると、35 年間で、出荷量：684 千 t/kl → 228 千 t/kl (33%)、出荷額：3.2 千億円 → 3.7 千億円 (114%) となった。出荷量が大幅に減少しているにもかかわらず出荷額が増えているのは、高付加価値化などにシフトしているからであろう。世界の農薬メーカーも、1980 年当時販売額ベースで上位 16 位までは欧米のメーカーだったが (1 位バイエル、2 位チバガイギー、3 位シュエル、4 位モンサント、5 位ローヌプーラン)、1990 年代以降急速に M&A が進み、2015 年には、シンジェンタ、バイエル、BASF、ダウ・ケミカル、モンサント、デュボンの 6 社になった。さらにこれにとどまらず、2017 年にはダウ・ケミカルとデュボンが経営統合によりダウ・デュボンになり、シンジェンタは中国化工 (ケムチャイナ) に買収され (ただし、「シンジェンタ」の社名は継続)、2018 年にはモンサントがバイエルに買収される (「モンサント」の社名は消滅) 等、1980 年当時の感覚では信じられない状況が生じている。

このような大きな変化の中にあっても変わっていないものについても考えてみた。例えば農水省の組織で見ると、「植物防疫課」。同課は 1951 年 (昭和 26 年) に発足し現在に至るまで 68 年間存続している (農薬対策室は 1982 年の発足以降 37 年間)。筆者が入省した 1980 年に

は、植物防疫課は農蚕園芸局に所属していたが、当時同局に所属していた全 10 課 (そのうちの 3 課は蚕関係の課) のうち、現在も同一名称で存続しているものは植物防疫課のみである。都道府県の植物防疫関係組織も縮小などはあったものの存続していると聞いている。さらに、植物防疫関係団体も、それぞれ発足以来現在まで同様である。その理由としては、①植物防疫や農薬は農業技術分野および行政分野として比較的独立しており、他の要因 (営農形態や農業施策の変化等) の影響を受けにくかったこと、②施策の一部が植物防疫法や農薬取締法という法律に基づき明確に定められていること、等のハード面が考えられるが、それ以上に重要なのは、③関係機関と生産現場が一体となって、現場の新たな課題・ニーズを把握し、それに対する現実的な対応を地道に行ってきたというソフト面があったからだと考えている。本誌が月刊誌として 73 年間継続して、質・量ともに高水準の記事を提供し続けているということもその証左であろう。さらに、あまり変化がなかったものとして、日本の農薬メーカーの状況も挙げられる。35 年余における世界の農薬メーカーの劇的な変遷の中で、日本の農薬業界では、一部再編などが見られたもののメーカー数・社名については、これまでのところそれほど大きくは変わっていない。近年のグローバル化の嵐の中でこの事実の特筆すべきことではないか。それについてはいろいろな分析があるが、世界の巨大メーカーと比べ経営資源などが限られる中で同等の高い水準の研究開発力を維持しつつ、日本農業特有のきめ細かな現場のニーズに対応した農薬開発 (製剤技術、散布技術等を含む) を継続してきたことが大きな要因の一つと考えている。

35 年間でこのように振り返ったとき、あらためて時の流れを痛感する次第であるが、多くのものが変わる中で、「現場のニーズを的確に捉え、現場のリアリティを大切にしつつ、地道に歩む」という変わらないもの・変わるべきでないものが、植物防疫では一貫して受け継がれてきたということに対する思いをあらたにした。また、植物防疫の仕事に多少なりともかかわった者として今後もそうあってほしいと願っている。なお、本稿のタイトルは山本周五郎の同名の小説から拝借した。江戸の職人の人情を綴ったものであるが、そこに描かれた主人公の一途な生き方が、重なったためである。

(日本植物防疫協会 理事)



## キウイフルーツかいよう病 (Psa3 系統)

# キウイフルーツかいよう病の Psa3 系統の発生経緯と現状について

農林水産省 消費・安全局 植物防疫課 **お 越** **ち 智** **すな お 直**

### はじめに

キウイフルーツかいよう病は、*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (以下、Psa) を原因菌とするキウイフルーツ (マタタビ科マタタビ属) の病気として、1984年に静岡県において世界で初めて発生が確認された (TAKIKAWA et al., 1989)。本病は、剪定作業や風雨等により生じた葉や枝の傷口等から細菌が侵入し、葉の褐色斑点、新梢の萎れ、花蕾の腐敗落花等を生じさせる。また、風雨や作業器具、接ぎ木等により伝染し、温度 10~20℃において感染が助長され、32℃以上の高温条件となると死滅する (牛山, 1993)。

本病は、病原性の異なる 4 系統 (Psa1~5 系統。Psa4 系統とされていた菌群は、現在では異なる pathovar (pv. *actinidifoliorum*) として扱われている。) の存在が知られている (表-1)。

2008年にイタリアで初めて確認された Psa3 系統は、他の系統と比較して、病原性が強い系統とされ、数年でイタリア全土に分布を拡大するとともに、他国へ分布を広げ (澤田ら, 2014)、2014年5月に日本で初めて愛媛

表-1 国内外で確認されているキウイフルーツかいよう病菌 (Psa) の系統 (2018年12月現在)

系統名	発生確認国 <sup>a)</sup>
Psa1	日本, イタリア
Psa2	韓国
Psa3	日本, 韓国, 中国, トルコ, イタリア, ギリシャ, スペイン, スロベニア, フランス, ポルトガル, チリ, ニュージーランド
Psa5	日本

<sup>a)</sup> キウイフルーツかいよう病の Psa3 系統の防除対策マニュアルおよび植物防疫法施行規則別表 2 の 2 より。

History of Occurrence and Current Status of Bacterial Canker of Kiwifruit Caused by *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* biover 3.  
By Sunao OCHI

(キーワード: キウイフルーツかいよう病, *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* biover 3, Bacterial Canker, 防除, 防疫)

県で Psa3 系統の発生が確認された (平成 26 年度病害虫発生予察特殊報 (第 1 号) キウイフルーツかいよう病 (*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*))。

Psa3 系統の防疫対策にあつては、現在、国内発生状況の把握、発生状況に応じた防除、また、新たな海外からの侵入を防止するための検疫措置の輸出国への要求等の水際対策を植物防疫関係機関が連携して実施しているが、本稿では、キウイフルーツかいよう病 Psa3 系統の発生経緯とこれまでの対応について紹介する。

## I キウイフルーツかいよう病の Psa3 系統の発生状況について

### 1 2014 年の Psa3 系統の国内初発生と秋季緊急全国調査

2014年5月2日、国内において初めて愛媛県で Psa3 系統の感染によるキウイフルーツかいよう病の発生が確認され、その後、同年7月までに福岡県、佐賀県、岡山県、和歌山県、静岡県、茨城県 (発生確認順) の計 7 県で発生が確認された (図-1)。

また、全国の発生状況を把握するため、果実や苗・穂木の生産を行う園地 (以下、生産園地という) を対象に 11 月中旬以降、秋季緊急全国調査を実施した結果、他県での発生は認められなかった。

### 2 2015 年の Psa3 系統の発生と春季緊急全国調査

前年の秋季緊急全国調査に引き続き、全国の発生範囲を把握し、早期防除の実施につなげるため、病徴が顕著となる 4~6 月の間、国と都道府県等が協力し、国内のすべての果実生産圃場および苗木・穂木生産圃場における春季緊急全国調査が実施された。その結果、新たに 6 県 (神奈川県、東京都、香川県、高知県、山口県、千葉県) で発生が確認され、計 13 都県での発生となった (図-1)。

### 3 2016 年以降の Psa3 系統の発生と春季全国調査

2016 年以降現在まで、各都道府県の発生状況・防除効果を把握するため、発生状況に応じて調査対象園地を適切に選定し、4~6 月に生産園地において春季全国調査を実施し、2016 年には 2 県で無発生を確認したものの、



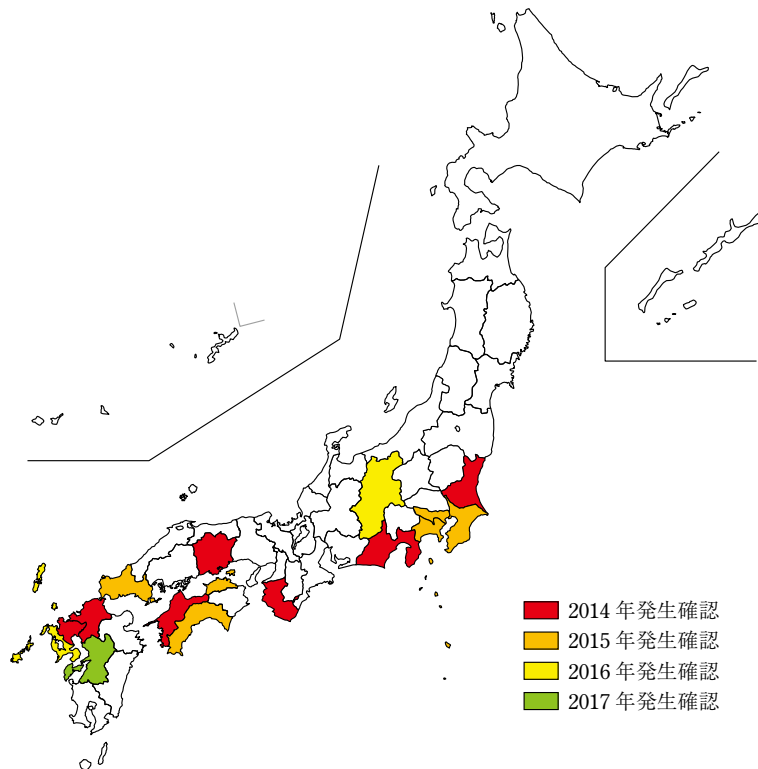


図-1 これまでにキウイフルーツかいよう病 Psa3 系統の発生が確認された都県 (2018 年 12 月現在)

新たに 2 県（長野県、長崎県）で発生が確認され、2017 年には 1 県で無発生を確認したものの 1 県（熊本県）で発生が確認され、2018 年には 2 県で無発生を確認し、11 都県での発生となった。現在までに延べ 16 都県での発生が確認されている（図-1）が、防除措置の実施により無発生を維持している県も見られる。

この発生状況を分析すると、前年に防除措置を実施した園地のうち、翌年に再発生を確認した園地の割合は、2016 年の調査において、2015 年のそれより低下していること、新たに発生が確認された園地数についても、2017 年には大幅に低下したことから、「キウイフルーツかいよう病の Psa3 系統の防除対策マニュアル（2015 年 12 月 25 日初版策定）（以下、「防除マニュアル」）」にしたがった清浄な苗・穂木・花粉の使用、定期的な発生調査に基づく発生部位の症状に応じた適切な切除（発症部位の切除や伐採）および農薬散布等による防除対策が一定の効果を発揮していると考えられた。

## II キウイフルーツかいよう病 Psa3 系統の防除対策の技術検討について

Psa3 系統の国内発生が確認された直後、2014 年 6 月 25 日、Psa3 発生県およびキウイフルーツ生産県、並びに植物病理学、園芸学等の専門家が参加する「キウイフ

ルーツかいよう病の Psa3 系統の防除対策専門家会議（以下、専門家会議）」が開催され、これまでに延べ 5 回開催された。

### 1 第 1 回専門家会議

本病の防除対策を決定するまでの当面の対策が検討された。

### 2 第 2 回専門家会議（2015 年 1 月 16 日開催）

秋季緊急全国調査の結果のほか、2014 年発生園地において適切な防除を実施したことによりその後の感染拡大がなかったこと等が報告された。

### 3 第 3 回専門家会議（2015 年 8 月 3 日開催）

春季緊急全国調査などの結果や発生範囲の特定、被害状況の調査を踏まえ、

- ・定期的な発生調査による「早期発見」
- ・感染植物の症状に応じた適切な措置による「早期防除」
- ・農薬散布や感染のおそれのある植物の移動制限による「まん延防止対策」

等を行うことにより、本病が加速度的に被害を拡大させる可能性は小さくなるとされた。

他方、感染経路の推定については、侵入経路として海外から輸入された汚染花粉のほか、様々な侵入経路が存在することが示唆された。また、国内における伝搬経路については、風雨や器具による他園地への伝搬があった

と推測されたものの、原因がわからないものもあり、感染経路の特定には至らなかった。

その他、ニュージーランド、イタリア、チリ等の既発生国に職員を派遣し、相手国の検疫機関や試験研究機関等から収集した最新知見や、清浄な生産資材（苗・穂木・花粉）の確保に関する対策と結果等について報告された。

さらに、今後の防除対策として、① Psa3 系統の無発生園地への侵入・まん延を防止するため、国内で生産・出荷される苗・穂木や花粉について、清浄性を確保する仕組みを検討すること、②国内の果実生産における被害を軽減するため、Psa3 系統の発生状況や気象等を調査し、生産者などに適期防除を促す発生予察事業の対象となる「指定有害動植物」に指定することおよび、③これまでの試験研究や海外調査等の結果を踏まえ、発生調査や防除対策等に関する「防除マニュアル」を作成することによる「国内防除措置」と、国内に輸入される苗・穂木・花粉の清浄性を確保するため、ニュージーランドやチリと同様に、すべての Psa3 系統の発生国に対し、苗・穂木については無発生園地で生産されたもののみを、花粉については無発生園地で生産され、かつ、遺伝子診断で陰性になったもののみを輸出させる「輸入検疫措置」の組合せによる対策を講じる必要があるとされた。

第3回専門家会議でのとりまとめを受け、国内における防除対策の対応として、2015年12月25日に、「キウイフルーツかいよう病の Psa3 系統の当面の対策について」に代わる「キウイフルーツかいよう病 Psa3 系統の防除対策マニュアル（暫定版）」を策定した。さらに、2016年4月1日に「キウイフルーツかいよう病菌」を指定有害動植物に指定し、2017年より発生予察調査を開始した。国内で生産・出荷される苗・穂木や花粉の清浄性を確保する仕組みについては、確実な国内検疫措置を講ずるため、検討を継続することとした。

一方、輸入検疫措置では、苗・穂木については無発生園地で生産されたもののみを、花粉については無発生園地で生産され、かつ、遺伝子診断で陰性になったもののみを輸出する、「輸出国における検疫措置」を全 Psa3 系統発生国に求める措置を2016年11月24日より開始した。

#### 4 第4回専門家会議（2016年9月26日開催）

2016年の春季調査の結果が報告され、2015年に引き続き発生が確認された再発生園地の割合が、昨年の調査より全体的に低下したため、発症部の適切な切除や薬剤散布等の防除対策の効果が現れてきたとされた。

#### 5 第5回専門家会議（2017年10月19日開催）

2017年の春季調査では新規発生園地数が2015年およ

び16年から大幅に低下しており、再発生園地率についても、大幅に低下した2016年と同程度に収まっていることから、現行の対策が一定の効果を発揮しているとの認識が共有された。

他方、依然として全国で100園地もの新規発生園地が確認されており、再発生園地率が2016年と同程度であったことから、本病のさらなるまん延を防止し、発生範囲を縮小させていくためには、

- ・風雨による周辺園地への飛散、調査における病徴の見落とし等が新規発生や再発の原因である可能性が高いとして、都府県が指摘している事項に対応するために調査すべき周辺園地の範囲の明確化等を行うこと、
  - ・上記の結果に併せ、産地の実態に応じた薬剤防除体系の確立、部分伐採の基準の策定等、現在実施されている試験研究の成果について、可能な限り速やかに「防除マニュアル」に反映させ、生産現場に普及させること、
  - ・改定した防除マニュアルの生産現場での活用を促進するため、各都府県が講習会などを行い、生産者による取組状況を把握するとともに、発生園地の特定のための調査や防除の実施の徹底を図ること、
- が必要であるとの指摘がなされた。

また国内検疫措置として、国内での Psa3 系統のまん延防止に万全を期す必要があることから、苗木などの検査制度の導入を提案し、今後、制度の導入に向けて都道府県と調整したうえで、制度の細部の設計や、検査に必要な科学的知見の整理を行うこととした。

これらの指摘を受け、これまでの試験研究において、指導現場で活用できる防除技術などの成果が取りまとめられたこと、さらに調査すべき周辺園地の範囲の明確化を記載するため、2018年5月22日に「防除マニュアル」を改訂（URL：<http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/siryu2/attach/pdf/index-14.pdf>）するとともに、2018年4月25日に正常なキウイフルーツ苗木等のみが流通できるとする「キウイフルーツ苗木等検査実施要領」を制定した。

### III 防疫対策について

国内において Psa3 系統が初めて確認された2014年5月以降、発生が確認された園地では、直ちに感染樹の発症部位の切除や伐採、薬剤防除等の当面の防除措置が講じられるとともに、同年7月には、第1回専門家会議での検討を踏まえ、「キウイフルーツかいよう病の Psa3 系統の当面の対応」をまとめた通知を都道府県に発出し、以下のような防除対策の実施を求めた。

- ・生産者による定期的調査、都道府県による緊急全国調

査（2014 年秋季および 2015 年春季）等の実施  
 ・感染植物の発症部位の切除，農薬散布，植物の移動自粛  
 ・清浄な苗・穂木・花粉の使用，剪定器具の洗浄

さらに，2015 年 2 月には，「キウイフルーツかいよう病の Psa3 系統の発生調査の徹底について」通知が発出され，早期発見と適切な防除の実施を推進するとともに，その後も天候不良となった春先や台風が接近した初夏に都道府県に通知を発出し，防除の徹底を呼びかけた。

現在では専門家会議での技術的な検討を踏まえ，以下の国内防除措置に輸入検疫措置を組合せて対策を行っている。

### 1 国内防除対策

(1) 国内における本病の発生状況や気象等を調査し，生産者などに適期防除を促す「病害虫発生予察事業」の対象とするため，2016 年 4 月 1 日付けで植物防疫法施行規則を改正し，「キウイフルーツかいよう病」を「指定有害動植物」に指定し，2017 年度から発生予察調査を開始した。

(2) 2018 年 5 月 22 日に改訂した「防除マニュアル」により，園地の調査の徹底による早期発見，発生が確認された際の罹病枝の切除および薬剤による防除，罹病植物体を移動させない，栽培に係る器具の洗浄の徹底を指導している。

### 2 国内検疫措置

国内で生産・出荷される苗・穂木や花粉について，Psa3 系統の国内でのまん延の防止に資するため，「キウイフルーツ苗木等検査実施要領」に基づく検査を 2019 年 1 月からの開始を予定している。なお，既に発生が確認されている都県においては，検査対象園地を抽出し，本要領に基づく検査を実施している。

### 3 輸入検疫措置

国内に輸入される苗・穂木・花粉の清浄性を確保するため，Psa3 系統発生国であるニュージーランドおよびチリから輸入される生産資材（苗・穂木・花粉）については，輸入時の検査だけでなく，輸出国による的確な検査の実施を要求する強化対策を講じた。

2016 年 11 月 24 日より，苗・穂木については無発生園地で生産されたもののみを，花粉については無発生園地で生産され，かつ，遺伝子診断で陰性になったもののみを輸出する「輸出国における検疫措置」を全 Psa3 系統発生国に求めている。

## IV 試験研究での取組

2014 年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事

業の緊急対応型研究を活用し，「キウイフルーツの新系統かいよう病に対応した診断技術，対処方法の開発」により，①国内の被害状況・要因実態調査，②かいよう病菌の診断技術の開発，③効果の高い防除技術・栽培技術の情報収集等，④発生地域におけるまん延防止のための対処方法の開発等などの試験研究を実施した。

さらに，国内での Psa3 系統への対策をより実効性のあるものとするため，2015 年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業の実用技術開発ステージを活用し，「かいよう病菌 Psa3 に対して，安心してキウイフルーツ生産を可能とする総合対策技術（2015～17 年度）」により，①現場で使える迅速な診断技術の開発，②産地の実態に応じた薬剤防除技術の開発，③適切な被害枝処理に基づく園地のクリーン化技術の開発，④国内に収集されたキウイフルーツ品種等からのかいよう病に強い品種・系統の探索と評価等を実施し，指導現場で活用できる防除技術等の成果が取りまとめられた（URL：[http://www.affrc.maff.go.jp/docs/public\\_offering/agri\\_food/2018/27008c.html](http://www.affrc.maff.go.jp/docs/public_offering/agri_food/2018/27008c.html)）。

## おわりに

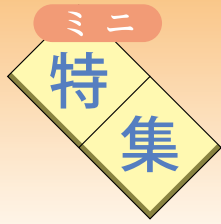
キウイフルーツかいよう病は 1980 年代に日本で初めて見つかった病害ではあるが，強病原性の系統が海外から侵入したことによりキウイフルーツ産地において安定生産へのリスクが高まった。

キウイフルーツかいよう病菌 Psa3 系統が国内で発生が確認されて 4 年が経過したところであるが，Psa3 系統が日本で確認された当初は，防除対策の情報はほとんどなく，海外へ情報を求め，手探りの状態であった。その過程で，発生県における防除対策の徹底指導や，試験研究機関における効果的な防除方法等が開発されてきたことから，防除マニュアルが策定され，効果的な防除指導が可能となるなど Psa3 系統の防除対策は確立されてきた。

さらに発生範囲の縮小，新たな発生を抑制するためには，今後とも発生県における国内防除措置に輸入検疫措置を組合せた対策の継続的な実施が重要であると考えている。

## 引用文献

- 1) 澤田宏之ら (2014): 植物防疫 68(11): 660～667.
- 2) TAKIKAWA, Y. et al. (1989): Ann. Phytopath. Soc. Japan 55: 437～444.
- 3) 牛山欽司 (1993): 神奈川園試研報 43: 1～76.



## キウイフルーツかいよう病 (Psa3 系統)

# 愛媛県におけるキウイフルーツかいよう病 (Psa3 系統) の現状と対策

愛媛県農林水産研究所果樹研究センター あおの青野 みつお光男・みやた宮田 のぶき信輝  
 愛媛県農林水産研究所(病虫害防除所) しの篠 ざき崎 つよし毅

### はじめに

愛媛県では、キウイフルーツはみかんや稲作の転換先作物として、昭和 50 年代後半から植栽が進んだ。農林水産省の統計によると平成 29 年の栽培面積は 406 ha、生産量 6,840 t と全国 1 位の生産県となっており、かんきつ類とならんで、愛媛県の重要な果樹品目となっている。栽培品種は緑色系のヘイワードが中心であるが、商品力の高い黄色品種や赤色品種も一部で栽培されている。

キウイフルーツかいよう病菌 (*Pseudomonas syringae* pv.*actinidiae* : Psa) は遺伝子分析により、現在五つの biovar (生理型) に分類されているが(澤田ら, 2014 ; 2016), 愛媛県では biovar1 (Psa1) と biovar3 (Psa3) が確認されている。Psa1 は 2000 年に確認され(三好ら, 2003), 被害は継続していたものの発生地域は県内の中予と南予の一部に限られていた(図-1)。Psa3 は Psa1 がこれまで発生していなかった東予地域において 2014 年に確認された(清水ら, 2015)。これは世界的に被害が問題となっていた病原性の強い Psa3 の日本国内での

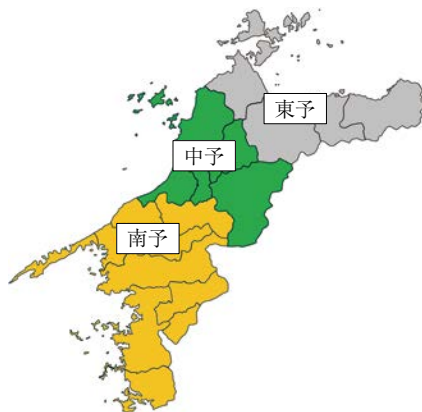


図-1 愛媛県の地域区分

Current Status and Measures for Kiwifruit Canker in Ehime Prefecture. By Mitsuo AONO, Nobuki MIYATA and Tsuyoshi SHINOZAKI  
 (キーワード: キウイフルーツかいよう病, Kiwifruit canker, *Pseudomonas syringae* pv.*actinidiae*, Psa3, 防除対策, 愛媛県)

初確認となった。5月2日には病虫害防除所から病虫害発生予察特殊報が発出され、かいよう病の周知と迅速な対応が呼びかけられた。発生当初から発病園の全伐採や周囲への感染防止のため薬剤散布を行う等の防除対策を実施したものの、根絶には至っていない。しかし、2016~18年の愛媛県のかいよう病の発生面積 (Psa1 と Psa3 の合計) は約 80 ha で推移しており、防除対策の徹底が被害拡大防止に効果を上げている。現在も安心してキウイフルーツ栽培が行えるよう、生産者および関係者が一丸となってかいよう病への対策に取り組んでいる。

### I Psa3 による被害

biovar 間の病徴に大きな違いはなく、かいよう病感染樹では、冬期から春期にかけて赤褐色の樹液の流出、枝梢や花蕾の枯死、葉の褐色斑点の症状が見られる。夏期に結果母枝が枯死した場合には、果実の萎凋が見られる。

葉での褐色斑点は、Psa3 ではハローと呼ばれる黄色部が Psa1 と比較して小さい特徴がある(図-2)。しかし、Psa1 に特徴的な毒素であるファゼオロトキシンを産出しない Psa1 系統(三好ら, 2012)では、ハローが小さい傾向にあるため、葉の褐色斑点症状から Psa1 と Psa3 を肉眼で正確に識別することはできない。葉での被害は、展葉から第 10 葉程度までで激しく見られるが、以降の展開葉では被害が軽くなる。春期から夏期になるにつれて、他の糸状菌や細菌等によるかいよう病類似症状が葉で多く見られ始めるため、葉での発病確認は難しくなる。



図-2 葉の褐色斑点症状 (左 Psa3, 右 Psa1)

## II 愛媛県の取組

かいよう病の感染防止のための追加防除や防風網の設置は労力のみならず、経済的な負担も大きい。そのため、愛媛県は2014年5月～15年6月までの期間、伐採や防除にかかる経費、感染拡大のための施設整備、改植等の生産に係る補助を県の事業で行った。

2015年7月以降の樹体伐採については国の農業共済(樹体共済)制度で対応している。

2015年には症状に応じた切除などの防除対策や改植時の注意点について県独自のPsa3の防除方針を策定し、適切な防除対応と留意事項を定めている。

Psa3の発生を受けて、各生産地域においては、発生状況の確認と発生時の対応などを協議するため、県市町やJA等が構成メンバーとなった拡散防止対策協議会が設置された。かいよう病の発生が疑われる場合は病害虫防除所が遺伝子診断を実施することとなっているが、その際には同協議会が窓口となっている。

未発生地域での発病であったため、2014～16年にかけて感染ルートの追跡調査が行われた。聞き取りや資材の保菌等について調査を行い、一部では花粉による感染が疑われたものの、感染ルートの特定には至らなかった。

現在も講習会や発生予察情報等での情報提供を行い、かいよう病に対する理解と防除対策の徹底を継続して指導している。

試験研究の面からは、診断技術や防除対策の確立を図るため、2014年には農林水産省農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「キウイフルーツの新系統かいよう病に対応した診断技術、対処方法の開発(課題番号26110)」, 2015～17年は農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「27008C かいよう病Psa3に対して、安心してキウイフルーツ生産を可能とする総合対策技術」等に関係機関と連携して取り組んだ。

## III 品種抵抗性

かいよう病は、抵抗性に品種間差があり、2倍体の中国系黄色品種や赤色品種 (*Actinidia chinensis*) では、6倍体の緑色品種 (*A.deliciosa*) よりも被害が大きい傾向にある(三好ら, 2014)。2倍体の中国系黄色品種や赤色品種では、枝幹の枯死が多いため生産量が大きく減少する。さらに発病後の時間が経過するほど、被害程度は大きくなるため、栽培が困難となり伐採に至る樹が多い。そのため、商品性の高さから導入が進められていた2倍体の中国系黄色品種や赤色品種の栽培面積は大きく減少している。

かいよう病の感染リスクがある中での栽培を検討するため、2015年にかいよう病(Psa1)発生地域の無病徴ヘイワードに国内で栽培可能なキウイフルーツおよび台木系統の13種を高接ぎし、品種抵抗性を調査した(宮田ら, 2017)。ニュージーランドで用いられている罹病

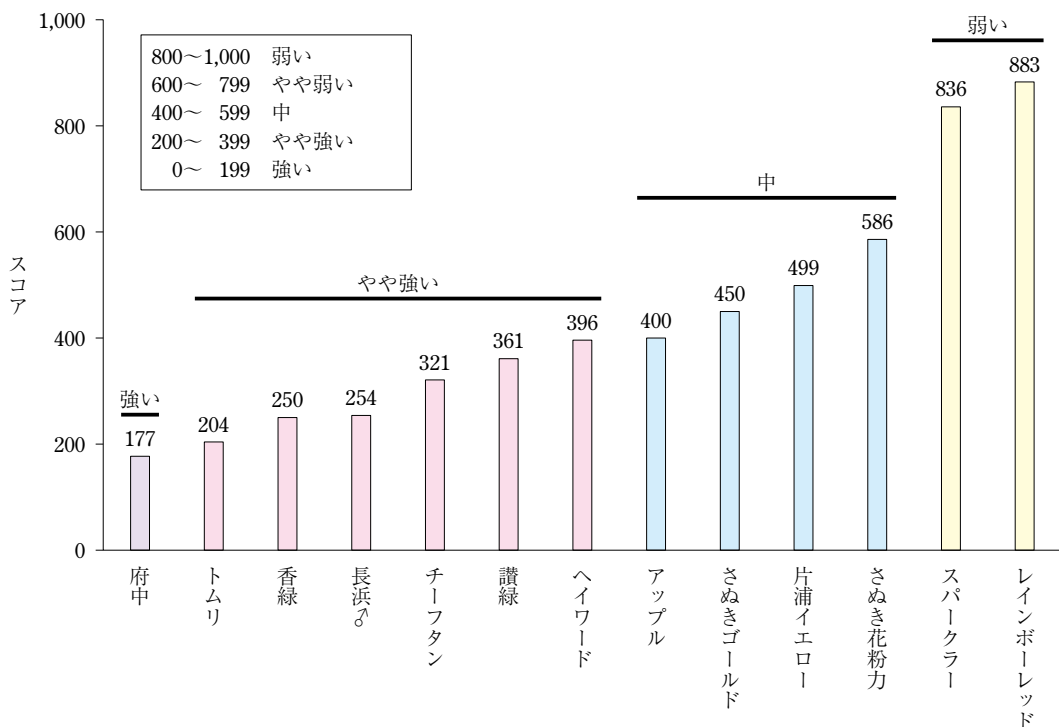


図-3 キウイフルーツかいよう病に対する罹病性スコア

性スコア (経済栽培上影響の大きい項目を高く配点し、スコア値が高いほどかいよう病に弱い) に基づき抵抗性を評価したところ、かいよう病に対する抵抗性はおおむね2倍体<4倍体<6倍体という順であった (図-3)。

新梢の枯死などが著しい罹病性の高いレインボーレッドにおいては Psa 発生地域での経済栽培は困難であるが、4倍体 (*A.chinensis*)、6倍体の品種では感染はするものの、新梢の枯死などの生産に及ぼす影響が少ない品種・系統があることが明らかとなった。そのため、かいよう病発生地域においても適正な品種選択をすることで安定的な栽培は可能であると考えられた。なお、Psa1 と Psa3 において、病原性に違いはあるものの、品種抵抗性の評価には影響しないことを確認している。

全伐採した園地においては、かいよう病の影響を受けない他品目への転換なども検討されたが、キウイフルーツの販売単価が安定していることや棚が整備されていることからキウイフルーツを再植する生産者が多い。周辺にかいよう病発病園がある場合、苗木が再び感染するリスクがあるため、4倍体 (*A.chinensis*)、6倍体の品種が選択されている。

#### IV 防除対策

##### 1 化学的防除

Psa は、強雨風による傷や剪定跡といった傷口だけではなく、葉の気孔や枝の皮目といった自然開口部からも樹体に侵入する (Gao et al., 2016)。一度樹体内に侵入すると、樹体内に不均一に存在する (Tyson et al., 2014) ことから樹液の流出などの症状が見られないと寄生部位を特定することはできない。そのため、継続的な薬剤散布により樹体を保護し、感染を防止することが重要となる。そこで愛媛県では、①収穫直後から発芽前までの休眠期②発芽後叢生期 (新梢長約 10 cm) まで③開花前④開花後の四つの生育時期別に年間 6 回の基幹防除 (休眠期の防除回数は 3 回) を指導している。春期の葉での感染と異なり、収穫直後から発芽前までの休眠期は感染の有無を確認することが難しいが、Psa の活動が活発な時期にあたるため、重要な防除時期である。

Psa は細菌であるため、効果のある薬剤は銅剤、抗生物質剤、それらの混合剤、または微生物剤に限られる。愛媛県では、残効性の長さや病原菌の抵抗性管理の面から銅剤が防除の主体となっている。収穫後から発芽前は商品名 IC ボルドー 66D、発芽期以降は商品名コサイド 3000 (炭酸カルシウム剤加用) が主に散布されている。現在は散布できる薬剤が限られているため、農薬の登録拡大に向けた試験にも取り組んでいる。

年間を通じた銅剤散布の防除効果は高いが、連続散布により葉では葉脈の褐変症状が見られる。2倍体の中国系黄色品種や赤色品種では落葉や果実の汚れ等の薬害が問題となることがある。また、開花期の前後は銅による薬害が発生しやすいため、銅剤の散布には注意が必要である。

ハイワード (Psa1) の発病園地において、銅剤の定期防除に加え、春期の強風雨後に抗生物質剤 (商品名アグレプト水和剤) を追加散布することで、追加散布を行わなかった区と比較して花蕾での発病を低下させることができた (図-4)。このことから、感染リスクが高い気象条件後に抗生物質剤を応急的に使用することは有効な防除方法であると考えられる。これまでのところ Psa3 では抗生物質剤に対する耐性菌は確認されていないが、同一の薬剤を連続散布せず、ローテーション散布を実施するなど、耐性菌に配慮した使用を心がける必要がある。

Psa の主要感染時期の気温は 10~20℃であり、気温が上昇すると、感染の危険性が低くなることが報告されている (芹澤・市川, 1993)。夏期は高温による銅剤の薬害発生の危険性が高く、暑さが厳しい中での防除は体力的にも厳しい作業となる。夏期防除の必要性を 4~7 月の時期別に銅剤を散布することにより検討した。散布は 4 月から約 1 か月間隔で実施し、最終散布を 5 月、6 月、7 月として、発病程度を比較したところ、春期から梅雨にあたる 6 月までは銅剤散布による防除効果が認められた。しかし、7 月散布区では 6 月散布区と発病度に差が認められなかった (図-5)。発病樹からの雨水への菌の流出についても、夏期は少ないことが確認されている。これらのことから、気温の上がる梅雨明け以降の夏期の薬剤散布は不要であると考えられる。

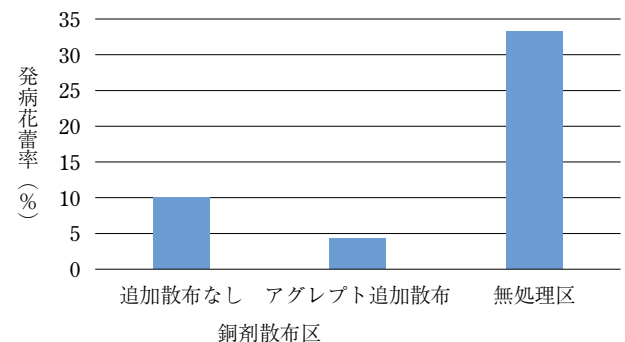


図-4 抗生物質剤の追加散布による防除効果 (Psa1)

供試樹: ハイワード 1区1樹3反復。

発芽期: 4月上旬, 開花期: 5月下旬。

2017年4月17~18日に強風雨。4月19日にアグレプト水和剤1,000倍を追加散布。

5月20日に花蕾の発病を調査。

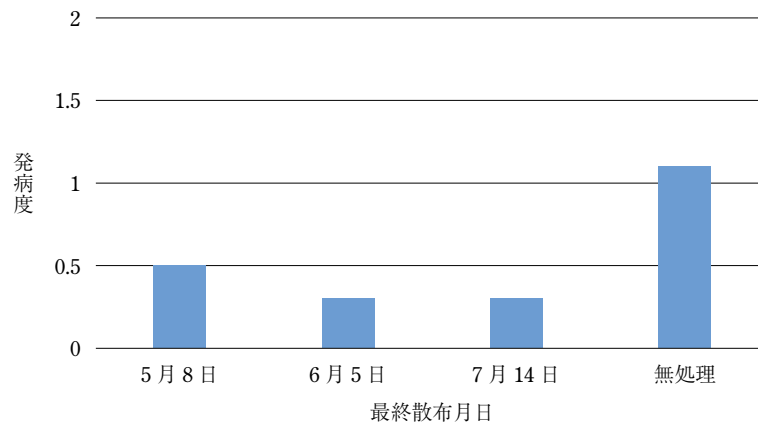


図-5 春期の時期別銅剤散布による防除効果（Psa3）

供試樹：ヘイワード 1区1樹2反復。

2017年4月12日、5月8日に炭酸カルシウム剤加用のコサイド3000（2,000倍）を散布後、6月5日または7月14日まで同剤の追加散布を実施。

8月3日に葉の発病程度を下記のとおり調査。

指数0：発病なし 指数1：1葉当たりの病斑数が1～3個 指数3：1葉当たり4～11個、指数5：1葉当たり11個以上 発病度 =  $\Sigma$  (指数 × 発病程度別葉数) × 100/5 × 調査葉数。

## 2 耕種的防除

Psaは様々な部位から感染して樹体内に不均一に存在するため、樹液の流出部から一定の長さを樹体から切除すればPsaを樹体から除去できるという基準は設定できていない。ただし、樹液の流出部は菌量が非常に多いことから、周囲への飛散を防ぐために早急な切除が必要である。

ヘイワードでは、発病部位から遺伝子診断（PCR）で検出されない部位まで切り返して、薬剤防除を実施し、その後の発病状況を調査したところ、切除2年後での発病はなく、発病部位の切除による効果が認められた。しかし、2倍体の黄色品種、赤色品種では同様の切除処理を行っても病徴の進展を防止することはできず、最終的には伐採に至った。

このことから、樹液流出部を切除処理して菌量を低下させ、薬剤散布などの防除対策を実施すれば、抵抗性品種のヘイワードなどでは、継続的な栽培が可能であると考えている。切除した傷口には保護とカルス化のため癒合促進剤（商品名トップジンMペースト）を塗布している。

切除した枝幹内には菌が依然として生存しているため、周辺に飛散しないよう園外に持ち出すか、深さ50cm以上へ埋設することが必要となる。しかし、園地の立地条件や労力の面から実施が困難な場合もある。そこで、切除枝の被覆処理を検討した。切除枝を被覆資材で覆って、遺伝子診断（PCR）での検出率で評価したと

ころ、被覆処理により菌の検出数が早期に低下する傾向にあった。被覆資材では、青色ビニールシートよりも透明ビニールのほうがPsaの死滅温度である32℃（牛山，1993）以上の保持時間が優っていた。園内に切除枝を放置する場合、飛散防止と早期の菌量低下のため被覆することが必要であると考えられる。

## V 圃場衛生

Psa3の発生以降、器具や人に病原菌が付着して伝染することが周知されたことで、①園地の入口には看板を掲示し、無許可での園地内への立ち入りはしない、②エタノールなどを持ち歩き、靴や手、ハサミ、ノコギリ等の器具の消毒を実施する、③収穫かごやコンテナへ植物残渣を混入させない、④降雨により樹体が濡れているときは管理作業を行わないこと等の対策が徹底されている。

早期の発見が迅速な対応と被害の拡大防止につながることから、葉の斑点症状、枝の枯死、樹液の流出といったかいよう病の症状が見られないか、発生地域のみならず非発生地域においても定期的な園地の巡回を指導している。

## VI 健全な資材の確保

Psaは接木で感染することから、保菌している可能性のある樹から穂木を採らないことやPsaを持ち込まないよう健全な苗木の購入を指導している。

かいよう病は花粉を通じて感染することが報告され

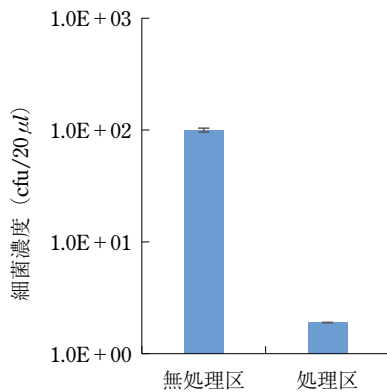


図-6 アグリマイシン-100の除菌効果  
図中の縦線は標準誤差 (n = 3).

ている (TONTOU et al., 2014) ため、検疫を受けた安全な輸入花粉を使用することを推奨している。しかし、かいよう病の発生以降は花粉の価格が大きく高騰しており、安定的な供給に不安がある。そこで、花粉の安定確保のため、雄木の植栽を推進しており、自家で花粉を採取している事例もあるが、かいよう病発生地域内の花粉は汚染されている危険性がある。

輸入花粉の不足により感染の危険性のある花粉を使用せざるを得ないケースを想定して抗生物質剤 (商品名アグリマイシン-100) による除菌効果を検討した (戸井ら, 2015)。抗生物質剤は液体受粉の際に液体増量剤で登録濃度 (1,000 倍) に希釈して処理する。抗生物質剤の混用により培養可能細菌数を 1/100 程度まで減少させることができた (図-6)。受粉には 15℃ 以上の気温が必要なため、開花の早い品種では使用することは難しいが、 Hayward では通常の液体受粉と同様の果実肥大結果が得られている。ただし、肥大が劣った事例もあったため今後さらに使用条件についての検討を行う。花粉は資材と

しての取り扱いとなるが、花粉の液体増量剤で希釈して花に散布した場合は、農薬の使用回数としてカウントされるので注意が必要である。

また、花粉の安定供給に向けて、Psa の感染リスクが小さいキウイフルーツ非栽培地域での花粉生産を目的にした園地も計画されている。

## おわりに

キウイフルーツは消費量が増加している果物の一つであり、販売単価も安定していることで、生産者の意欲も高い。2014 年の Psa3 の発生により、2 倍体の中国系黄色品種や赤色品種を中心に大きな被害が出ているが、防除対策の徹底により被害の拡大防止に努めている。伐採後に改植して再び収穫が行えるようになった園地もあり、Psa3 の被害から徐々にではあるが回復の兆しも見えてきている。かいよう病は非常に防除の難しい病害であり、産地の維持発展のために生産者や関係機関が連携した継続的な取組が必要である。

## 引用文献

- 1) Gao, X. et al. (2016): PLoS ONE 11 (3): e0151169.
- 2) 宮田信輝ら (2017): 園学中四要旨 56: 18.
- 3) 三好孝典ら (2003): 愛媛県立果樹試験場報告 16: 47~56.
- 4) ———ら (2012): 日植病報 78(2): 92~103.
- 5) ———ら (2014): 平成 26 年度日本植物病理学会大会講演要旨集: 162.
- 6) 澤田宏之ら (2014): 植物防疫 68: 660~667.
- 7) ———ら (2016): 日植病報 82(2): 101~115.
- 8) 清水伸一ら (2015): 日本植物病理学会植物感染生理談話会論文集 50: 57~62.
- 9) 芹澤拙夫・市川 健 (1993): 日植病報 59(4): 460~468.
- 10) 戸井康太ら (2015): 園学研(別) 2: 375.
- 11) TONTOU, R. et al. (2014): Phytopathologia Mediterranea 53(2): 333~339.
- 12) TYSON, J. L. et al. (2014): New Zealand Plant Protection 67: 41~47.
- 13) 牛山欣司 (1993): 神奈川県園試研報 43: 1~76.

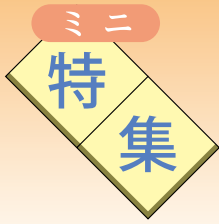
## 発生予察情報・特殊報 (2018.12.1~12.31)

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.jpnn.ne.jp/>) でご確認ください。

- りんご：リンゴツボミタマバエ (長野県：初) 12/5
- かんしょ：サツマイモ基腐病 (仮称)、サツマイモ乾腐病 (鹿児島県) 12/11
- トルコギキョウ：トルコギキョウ斑点病 (栃木県：初) 12/20
- ラナンキュラス：ラナンキュラス葉化病 (宮崎県：初) 12/25
- ポインセチア：モトジロアザミウマ (福島県：初) 12/25
- ぶどう：ブドウリーフロール病 (愛知県：初) 12/27





## キウイフルーツかいよう病 (Psa3 系統) 福岡県における現状と対策

福岡県農林業総合試験場病害虫部 **菊 原 賢 次**

### はじめに

福岡県におけるキウイフルーツ (*Actinidia chinensis*, *A. deliciosa*) の栽培面積は 2018 年現在 292 ha で、全国 2 位である (農林水産省, 2018 b)。近年、価格が安定していることから、栽培意欲が高く、本県の果樹栽培の重要品目の一つとなっている。

キウイフルーツかいよう病は *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (以下 Psa) によって引き起こされる細菌性の病害で、1980 年代に静岡県で初めて発見された。本病は福岡県でも 1987 年に確認されたが、発生園地が独立した立地で、伐採などの対策が実施されたことから、根絶された。一方、他県では本病の発生が続き、2010 年ころから海外で日本の生態型 *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* biovar1 (以下 Psa1) と異なる生理型の *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* biovar3 (以下 Psa3) の大流行が始まった (CUNTY, 2015)。本県では、2012 年に本病の対策について協議が行われ、侵入警戒と生産者への注意喚起が実施された。ところが、本県で 2014 年 4 月末に愛媛県に次いで全国 2 例目の Psa3 が発見された。本稿では、本県におけるキウイフルーツかいよう病の防除対策について紹介する。

### I 診 断

細菌性病害である本病は、キウイフルーツ栽培で一般的に防除される灰色かび病や軟腐病のような糸状菌性病害と防除薬剤や耕種の防除法が異なり、特別な対策を必要とする。このため、正確な診断は防除対策決定に不可欠な情報である。本試験場では特異プライマー (表-1) を用いた PCR 法で遺伝子検定を実施し、誤診断を防いでいる。

#### 1 葉の遺伝子診断

2014 年 4 月末日に主要産地の 1 園地の品種 '紅妃' の葉

に褐色斑と枝に赤褐色の樹液の漏出が確認された。葉の病斑から定法により分離された細菌は Api20 による簡易生理試験で Psa の特徴を示し、すべての biovar が検出される PsaF1/R2 プライマーセットを用いた PCR 法で反応したが、Psa1 が検出される OCTF/R プライマーセットでは反応しなかった。Psa の可能性が高いものの疑義が生じたため、農研機構遺伝資源センターに分離菌株の同定を依頼した結果、Psa3 であることが判明した。

その後、現地から本試験場に多くの診断が依頼されるようになった。2014 年は定法による細菌の分離後、PsaF1/R2 プライマーセットと Psa3 が検出される China・F/R プライマーセットを用いたコロニーダイレクト PCR 法で検定を実施した。本県では誤診断を防ぐため、2 種類のプライマーで同時に検出されたときに陽性としている。この方法では細菌分離に時間がかかり、数日を要した。

2015 年は県内全圃場を対象とした巡回調査が実施され、前年を大幅に上回るサンプル数を診断した。2014 年の診断法では時間がかかるため、「キウイフルーツかいよう病の Psa3 系統の当面の防除対策マニュアル (暫定版) (農林水産省, 2015 a)」の方法で行った。この方法では、病斑部を滅菌水に浮かべ、漏出する細菌を鋳型にした特異プライマー (PsaF1/R2 プライマーセットおよび P0(hopA)-F1/P3(hopA)-R2 プライマーセット) を用いた PCR 法で判別する。細菌分離が必要なく、時間短縮になった。現在ではこの方法に若干の改良を加え、サンプルを滅菌水中で破碎し、増幅酵素には阻害物質を含む鋳型であっても反応性が高い KOD FX NEO (TOYOBO) を用いている。

#### 2 枝の遺伝子診断

2015 年のサンプルは赤褐色の樹液の漏出が見られる枝枯れ症状が多かった。枝枯れ症状のサンプルは腐敗が進んでおり、生菌分離が困難で、葉と同様な診断ができなかった。そこで、Psa3 の検出は以下の手順で行った。枝の表皮を薄く剥ぎ、0.01~0.1 g の褐変組織を採取し、磁性ビーズを用いたキット (MagExtractor-Pant Genome-(TOYOBO)) で DNA を抽出した。PCR 法には葉の遺伝子診断と同様のプライマー (PsaF1/R2 プライマーセ

Current Status and Control of Kiwifruit Bacterial Canker in Fukuoka Prefecture. By Kenji KIKUHARA

(キーワード: *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*, 診断, PCR, 防除対策, 福岡県)

表-1 キウイフルーツかいよう病菌特異プライマー

プライマーセット	検出可能な biovar	プライマー配列 (5' → 3')	増幅産物	出典
PsaF1 PsaR2	共通	TTTTGCTTTGCACACCCGATTTT CACGCACCCTTCAATCAGGATG	280 bp	REES-GEORGE et al. (2010)
OCTF OCTR	1	TATTACCCTGATGAGCTCGA GATGATCGACCTTGTGACCTCCCG	1,098 bp	SAWADA et al. (1997)
China・F China・R	3	GGAGTTCCAGCAACTGACG CGCTCAAGATCCTTTTCCAT	609 bp	BALESTRA et al. (2013)
hopZ5-F2 hopZ5-R2	3	CAGGAATTCATGACTTCTCA TAGTCTCGAAGATTCAATGG	630 bp	澤田ら (2015)
P0(hopA)-F1 P3(hopA)-R2	3	GCAGAGGCGATGCAAAACCCG ACGCGACAACCTACCTTGAAAACG	186 bp	清水ら (2015)

表-2 かいよう病症状のサンプルにおいて Psa3 が検出された割合

採取月	枝・樹皮 (陽性数/検定数 (%))			葉 (陽性数/検定数 (%))		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017
1~4月	358/477 (75)	68/118 (58)	71/80 (89)	18/31 (58)	62/79 (78)	18/18 (100)
5~6月	111/449 (25)	1/22 (5)	4/8 (50)	15/92 (16)	75/98 (77)	41/62 (66)

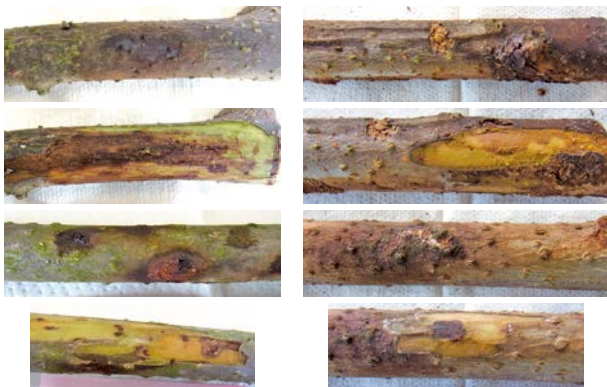


図-1 ‘ヘイワード’における枝枯症状 (2015年4月)  
 左: 比較的新しい検体. 遺伝子検定で陽性.  
 右: 腐敗が進んだ検体. 遺伝子検定で陰性.

ットおよび P0(hopA)-F1/P3(hopA)-R2 プライマーセット) を用い、増幅酵素には AmpliTaq Gold™ 360 Master Mix (Thermo Fisher Scientific) を用いた。1~4月の比較的新鮮な枝サンプルは検出されやすかったが、5月以降の腐敗が進んだ枝サンプルの検出は困難であった(表-2, 図-1)。

### 3 花粉の遺伝子診断

キウイフルーツでは、安定した結実を確保するため、人工授粉が一般的に実施される。2014年に全国で発生した本病の侵入経路の一つとして、海外から輸入された汚染花粉の可能性が疑われた(農林水産省, 2015b)。現在は輸出国の検疫に合格した花粉が輸入されている

が、世界的に清浄な花粉の供給はひっ迫しており、安定供給が危惧されている。本県では、これまで輸入花粉に多くを依存していたが、雄木の植栽や花粉精製器具の所有を県の補助事業で支援し、自家花粉体制への移行を推進している。雄木の多くは果実生産園の中に植栽され、近隣に発生樹があることも少なくない。そこで汚染花粉による本病の感染を防ぐため、生産者が採取した花粉の検定を実施した。

検出方法は枝の診断方法に準じて、0.03gの花粉を磁性ビーズを用いたキットでDNAを抽出し、PCR法を実施した。特異プライマーも枝の診断方法と同様のものを使用したが、現在、hopZ5-F2/R2プライマーセットも推奨されている(農林水産省, 2018a)。その結果、未発生地域で採取された花粉からPsa3は検出されなかった。しかし、発病が確認された雄木、花粉採取翌年に初めて発生を確認した雄木および周囲に発生樹がある未発病の雄木からPsa3が検出される場合があった。一般的な雄木品種‘マツア’や‘トムリ’の本病の症状は比較的軽く、抵抗性は中程度であるが、病徴が確認できない雄木から採取した花粉からもPsa3が検出されることから、正常な花粉生産と樹体の抵抗性は一致しない可能性がある。発病した雄木は健全な花粉の生産ができないため、伐採を勧めている。一方、未発病樹から採取された花粉も汚染されている可能性があることから、現在、本県農林業総合試験場果樹部は、汚染花粉の消毒技術の開発に

取り組んでいる。

#### 4 病徴診断

病害虫防除の基本は早期診断による早期対策である。本病の症状は枝からの樹液の漏出や葉の褐変であるが、栽培圃場では類似症状が発生しており、病徴診断の誤診の原因になっている。本県が中心となり、平成 27 年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「かいよう病菌 Psa3 に対して、安心してキウイフルーツ生産を可能とする総合対策技術」に参画した研究機関が、本病と本病の類似症状の特徴をとりまとめ、見分け方チャートを作成した（農林水産省，2018 a）。本病の葉の病徴の特徴は、葉脈に囲まれた小褐斑で、特に元から 10 葉までの葉に多く発生する。4～5 月の症状は本病であることが多いが、6 月以降は角斑病や炭そ病等他の類似した病害や症状が多く混在する。枝の病徴の特徴は、赤褐色に変色した樹液で、2～5 月に多く観察される。本病以外の原因、凍害や捻枝等の傷により漏出した樹液は無色透明であるが、次第にゼリー状に固まり白色～黄色～橙色に変色する。現在、見分け方チャートは生産者や関係者に配布され、現場の病徴診断に活用されている。

### II 防除対策

#### 1 栽培圃場における品種ごとの発生推移

福岡県で主に栽培されている‘ヘイワード’と‘紅妃’について、発生推移を調査した。調査圃場は‘紅妃’圃場と‘ヘイワード’圃場が隣接し、‘ヘイワード’圃場の中にも‘紅妃’が植栽されていた。調査は 2017 年に実施され、薬剤防除は農家慣行で実施された（表-3）。調査圃場における本病は‘紅妃’圃場で 2016 年に小枝と葉に初めて確認され、発病部分は発見時に切除された。‘紅妃’圃場における 2017 年の初発は 4 月上旬に葉で確認された（図-2）。4 月 21 日に主枝や主幹から樹液を漏出する被害は見られなかった。その後、葉に急速に発生が拡大し、新梢枯死や花蕾枯死が激しく、生産が困難な樹は 5 月上旬に伐採された。6 月 6 日まで発病は増加したが、6 月 22 日以降、新たな発病は観察されず、新葉が展葉したため、発病率は減少した。2018 年 3 月から、圃場全体で主幹を含む枝から樹液の漏出を伴う激しい症状が観察され、防風林に近く比較的発病が少ない樹を残して、伐採された。隣接した‘ヘイワード’圃場では、2017 年 4 月 21 日に葉の発病が確認され、‘紅妃’圃場と同様に、6 月 6 日に発生のピークを迎えた（図-2）。枝の発病はわずかであった。発病程度は軽く収量に影響する被害はなかった。この圃場内に‘ヘイワード’に接木された‘紅妃’があり、その葉の発病は多かった。2018 年の発生は前

表-3 薬剤の防除の実績

散布日	薬剤名	ステージ
2016 年 12/24	水酸化第二銅	落葉期
2017 年 2/28	塩基性硫酸銅	剪定期
3/24	水酸化第二銅 + 炭酸カルシウム	発芽前
4/13	水酸化第二銅 + 炭酸カルシウム	新梢伸長期

※農家慣行による。

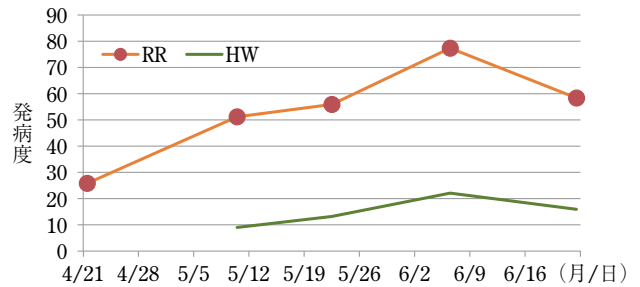


図-2 各品種の発生推移 (2017)

注) 調査基準：樹ごとに達観で下記の程度別に調査し、発病度を算出した。

発病程度別指数 0：発病なし，1：発病率が 10% 以下，2：11～30%，3：31～50%，4：51%～。

発病度 =  $\sum (\text{程度別発病指数} \times \text{発病葉数}) / (\text{調査葉数} \times 4) \times 100$ 。

RR：‘紅妃’。HW：‘ヘイワード’。

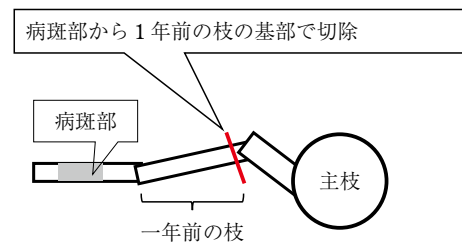


図-3 かいよう病発病枝の切除法

年より多かったが、‘紅妃’圃場のような激しい症状は観察されなかった。

‘紅妃’は本病による被害が大きく、発病後、数年が経過すると生産が困難になる。防除対策として現地では風雨による感染を防ぐ施設栽培が試みられている。一方、‘ヘイワード’では適切な対策を講じれば生産が可能と考えられた。

#### 2 ヘイワードにおける総合的防除対策

2016 年から 2 年間、2 圃場で‘ヘイワード’における総合的防除対策試験を実施した。本病の主な防除対策は、伝染源になる発病枝の早期発見、早期切除による耕種的防除と落葉期から開花前までの銅水和剤の薬剤防除である。落葉期から、特に発病枝の発生が多い 3 月下旬～4 月下旬に見取り調査をし、発病枝を切除した。切除部位は発病部のある枝から一年前の枝の基部とした（図-3）。



図-4 ‘ヘイワード’におけるキウイフルーツかいよう病の病徴 (2018)

薬剤防除としては、落葉期から開花前まで銅水和剤を4回前後散布した。散布時期は、落葉痕の傷に感染を防ぐ落葉期、剪定傷からの感染を防ぐ剪定後、罹病枝からの菌の飛散を抑制する発芽前、新梢葉の感染を抑制する新梢伸長期である(表-3)。その結果、発病枝を切戻した後から先に新たに枯れ込みは生じず、葉の発病は認められなかった。

### おわりに

2018年の初発は3月中旬で、枝枯症状が多く発生した。‘紅妃’では昨年同様の発生であったが、‘ヘイワード’では5月上旬に風当たりの強い園地を中心に激しい葉枯

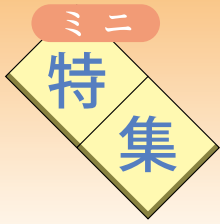
症状と花蕾の褐変が発生し(図-4)、福岡県病虫害防除所から平成30年5月17日付で注意報が発表された。現地試験を実施した2圃場では前年より発生が多いものの大きな被害はなかった。発生には防風林の有無などによる圃場間差や標高等の地域差が関連すると考えられた。現在、本年の多発要因について調査中である。

なお本稿の一部は、平成27年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「かいよう病菌Psa3に対して、安心してキウイフルーツ生産を可能とする総合対策技術」の成果を取りまとめたものである。

### 引用文献

- 1) BALESTRA, et al. (2013): *Plant Dis.* **97**: 472~478.
- 2) CUNTY, A. et al. (2015): *Plant Pathol.* **64**: 582~596.
- 3) 農林水産省 (2015 a): キウイフルーツかいよう病Psa3系統の当面の防除対応マニュアル(暫定版), [http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/siryoutu2/pdf/boujyo\\_manual.pdf](http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/siryoutu2/pdf/boujyo_manual.pdf)
- 4) ——— (2015 b): 第3回キウイフルーツかいよう病のPsa3系統に関する防除対策専門家会議の概要, [http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/siryoutu2/other/pdf/h270803\\_gaiyou.pdf](http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/siryoutu2/other/pdf/h270803_gaiyou.pdf)
- 5) ——— (2018 a): キウイフルーツかいよう病のPsa3系統の防除マニュアル第3版, <http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/siryoutu2/attach/pdf/index-14.pdf>
- 6) ——— (2018 b): 平成30年果樹及び茶栽培面積, <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/menseki/index.html>
- 7) REES-GEORGE, J. et al. (2010): *Plant Pathol.* **59**: 453~464.
- 8) 清水伸一ら (2015): *日植病報* **81**: 296.
- 9) 澤田宏之ら (2015): 同上 **81**: 111~126.
- 10) SAWADA, H. et al. (1997): *Appl. Environ. Microbiol.* **63**: 282~288.





## キウイフルーツかいよう病 (Psa3 系統)

# 和歌山県におけるキウイフルーツかいよう病の発生

和歌山県果樹試験場かき・もも研究所 かん さ こ まさ のり 間 佐 古 将 則

### はじめに

和歌山県におけるキウイフルーツの栽培面積は 152 ha で全国シェアの 7% を占める。県内の主な産地は、面積の大きい順から紀の川市 (87 ha)、海南市 (28 ha)、かつらぎ町 (14 ha)、有田川町 (14 ha) である (2016 年市町村別統計検討協議会調べ)。栽培面積は、1990 年の 354 ha をピークに 20 年後の 2010 年には 152 ha まで減少し、その後、近年は横ばいで推移している。

本県で栽培している種類の構成は、ほとんどが「緑色果実品種」である「ヘイワード」(以下:「緑色品種」)の *Actinidia deliciosa* で、黄色系品種「レインボーレッド(紅妃)」(以下:「赤色品種」)等の *A. chinensis* は 10% 未満である。2014 年 4 月、本県の「赤色品種」において枝から赤褐色の樹液漏出が見られ、5 月には葉に褐色斑点が見られた。農業生物資源研究所による同定診断の結果、病原性の強いキウイフルーツかいよう病の Psa3 系統 (*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* biover3) であることが確認(澤田ら, 2014; 2015)され、病原菌のまん延防止のために防除対策に取り組んでいる。ここでは、県内の各園地で Psa3 が発生および再発生した内容と、2015~17 年にかけて農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業の「かいよう病菌 Psa3 に対して安心してキウイフルーツ生産を可能とする総合対策技術」に参画し、防除対策を行うためのかいよう病菌の樹体内分布の解明について取り組んだ内容を合わせて紹介する。

### I 症状および被害

主な症状として、冬季には結果母枝、枝幹部、枝の分岐部から白濁した樹液が漏出(芹沢ら, 1989)する。春季の新梢伸長期には伸長中の新梢で黒変や枯死の症状が

見られる(図-1)。主枝、亜主枝、主幹等に赤褐色の樹液漏出跡が見られる。葉に感染すると斑点状に退緑し、その後褐色斑点が見られ(図-2)、花蕾に感染すると褐変する。これら症状の程度は「赤色品種」に比べ「緑色品種」のほうが軽い傾向で、Psa1 系統の発症程度が品種により異なる(三好ら, 2014)のと同様であった。本県では、「赤色品種」の成木と若木、「緑色品種」の若木において赤褐色の樹液漏出が発生し枯死する被害があった。「緑色品種」の成木は葉に褐色斑点が見られ、枯死に至らなかったものの発病葉が増加し未熟な果実を残し



図-1 新梢の黒変と萎れ「赤色品種」



図-2 葉の褐色斑点(葉裏)「赤色品種」

Occurrence of Bacterial Canker of Kiwifruit Caused by *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* in Wakayama Prefecture. By Masanori KANSAKO

(キーワード: キウイフルーツ, かいよう病, 和歌山県, 樹体内分布, 切除処理)

て早期落葉する被害があった。県内では2014年に初めて確認され、2015年に多くの園で確認した後、2016年・2017年の発生園は減少傾向で、ここで紹介する再発生の園地が主であった。しかし、2018年は風当たりの強い地域や園地において再発園や新規発生園が見られ、病原菌の密度が広範囲で高まっている傾向があり、2月以降の強風を伴う雨は細菌を周辺樹や園地へ飛散させ、発生拡大の要因になっている(篠崎・清水, 2014)ことから、翌春の被害を抑えることを目的に冬季の防除対策を徹底してもらうため、2018年12月5日付けで和歌山県農作物病害虫防除所から病害虫防除技術情報を発出した。

## II 病原菌の樹体内分布

発病した樹の中で病原菌の樹体内分布を把握し、防除対策として病原菌を除去し再発を防止するための有効な切除部分を検討するため、品種別や樹齢別の事例を収集した。

サンプルの採取方法は、伐採しない樹と伐採する樹で異なった。伐採しない樹では、主に葉に褐色斑点のみが見られた樹で、前年枝の基部から切除したものをを用いた。伐採する樹では、赤褐色の樹液が漏出した樹を用い、主枝、亜主枝、側枝等に約30cm間隔でラベルを付け切断したものをを用いた。サンプルの破碎は、採取枝の長

さ約30cm間隔で切り出した節部組織を検体とし、厚さ約0.1mmのポリ袋(10cm×10cm)に入れ、乳棒で潰した。

樹体内分布の調査方法は、愛媛県で行っていた実施方法を参考にするとともに、事業内で協力分担している関係者の指導を受けながら実施した。核酸抽出には、MagExtractor Plant genome (toyobo)を用いた。プライマーとして、P0(hopA)-F1/P3(hopA)-R2のセット(清水ら, 2015)を用いた。PCRのキットとしてAmpliTaq Gold 360 Master Mix (Thermo Fisher Scientific K.K.)を用いた。

### 1 「赤色品種」の樹体内分布と発病状況

2016年に「赤色品種」の栽培園において本病の新規発生や再発生が見られ、収穫後に全樹を伐採し、A園は2樹、B園は3樹を樹体内分布調査として採取した(表-1)。

新規発生したA園のNo.1樹では、主枝の1本に赤褐色の樹液漏出跡を確認し、その部位から先の枝は枯死していた。枯死部付近で生存した枝は陰性であったが、樹液漏出跡から側枝、亜主枝、主枝、主幹にかけての枝は陽性であった。一方、A園のNo.1樹から離れた位置にあるNo.2樹は、葉に褐色斑点は見られたが、樹体内分布調査では、すべて陰性であった。再発したB園は、検定結果にばらつきは見られたが、3樹とも樹全体が陽

表-1 「赤色品種」調査園・調査樹の概要(2016年)

園地	発病の確認			切除		サンプル採取				
	年度	症状	樹齢	時期	部位	採取時期	樹No.	採取部位		
A	2016年新規	葉の褐色斑点 赤褐色樹液漏出跡	約7年生	2016年5月	2年生枝基部から	11月1日	No.1	主幹, 主枝, 亜主枝, 側枝		
		葉の褐色斑点	約7年生	2016年5月	2年生枝基部から				No.2	主幹, 主枝, 亜主枝, 側枝
B	2015年発生	葉の褐色斑点 (2015年, 2016年)	約6年生	2015年5月	2年生枝基部から	11月15日	No.1	主幹, 主枝, 亜主枝, 側枝		
	2016年再発	赤褐色樹液漏出 (2016年)		2016年春から	降雨前のたびに				No.2	主枝, 亜主枝, 側枝
				梅雨明けころ	1年生枝基部から					

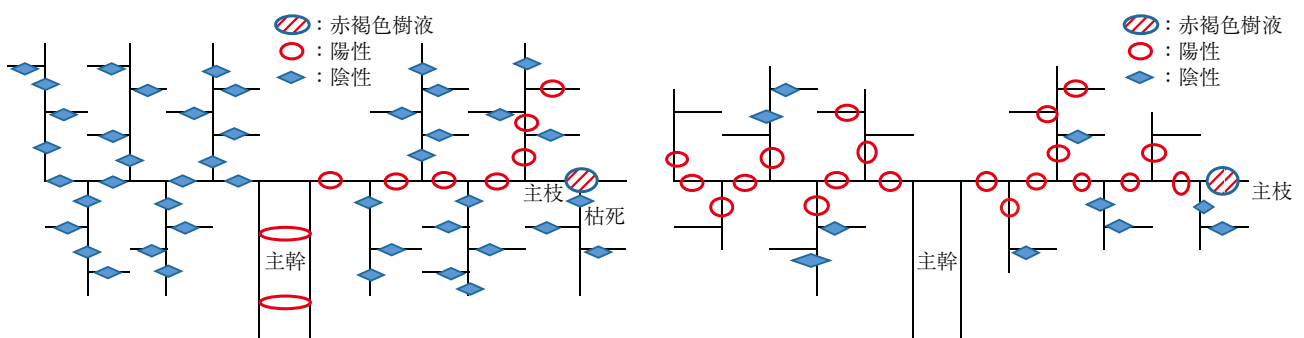


図-3 「赤色品種」の樹体内分布概略図(2016年)  
(左図:A園の樹No.1, 右図:B園の樹No.3)

表-2 「赤色品種」再発園の発病状況（2017年）

樹 No.	発病 葉率 (%)	発病度	赤褐色樹液 漏出箇所数
1	22.1	11.3	-
2	27.8	17.2	-
③	26.8	13.4	1
④	27.7	10.9	3
5	30.9	15.7	-
6	45.7	20.5	-
⑦	39.6	21.9	1
8	37.4	27.7	-
9	40.0	19.7	-
10	24.4	13.3	-
11	14.5	6.5	-
⑫	32.5	29.8	5 (うち主幹 1)
⑬	33.8	21.4	7
⑭	32.9	14.8	4
⑮	21.4	9.6	4
⑯	30.7	20.7	7
⑰	31.6	15.1	7

注) ○囲みの樹 No. は赤褐色樹液漏出樹。  
調査日：2017年5月11日。

性であった(図-3)。

2017年5月に県北部の山間部(標高約300m)において再発病した園の約10年生「赤色品種」17本について発病状況を調査した。この園では、2015年春季から無機銅水和剤(コサイド3000)や冬季に無機銅水和剤(ICボルドー66D)を散布していたが、2016年5月に葉に褐色病斑の初発が見られPCRによってPsa3が確認された。さらに、6月に発病葉が着生した新梢や前年枝(10枝)からもPsa3が検出された。2016年は、園主が梅雨明けころまで降雨前のたびに罹病葉のついた新梢切除を続けた結果、6月や10月の達観調査による葉の発病は軽微な状況を保っていたが、残念ながら樹勢が低下した1本を2017年2月に伐採した経緯があった。

2017年5月11日に赤褐色樹液漏出跡の箇所数、発病葉率(%)および発病度について調査した。葉の調査は新梢基部から展開葉10枚×10新梢/樹について、10枚に満たない新梢は展開した全葉(7枚以上)について病斑数を調べた。発病度の算出は、 $\Sigma(\text{指数} \times \text{程度別発病葉数}) \div (4 \times \text{調査葉数}) \times 100$ とし、指数を0:病斑なし、1:1葉当たりの病斑数が1~3個、2:病斑数が4~10個または葉の25%未満の面積、3:病斑数が11~30個または葉の25~50%未満の面積、4:病斑数が31個以上または葉の50%以上の面積とした。

その結果、2016年5月の調査では葉の褐色斑点症状を最初に確認したのは、No.⑫と⑬の樹であったが、樹液漏出跡が多かった樹は、No.⑫の樹から西側に集中し

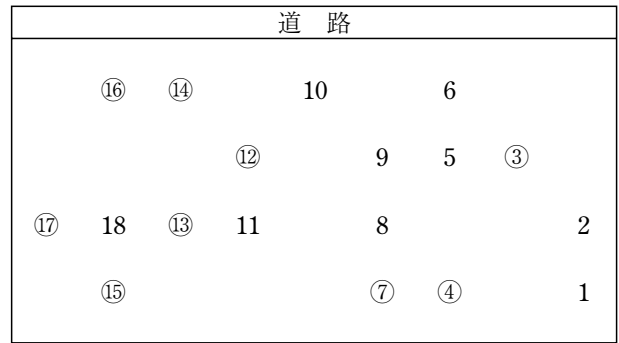


図-4 「赤色品種」再発園の植栽図(2017年)

注) ○囲みの樹 No. は赤褐色樹液漏出樹。

No.18は2017年2月に伐採。

ていた。葉の発病はすべての樹で確認され、No.⑫の発病度が最も高かった(表-2, 図-4)。この園は、翌日の5月12日全樹伐採に至った。

これら本県における「赤色品種」の調査事例から、前年は軽症であっても当年に急激に多発する場合があると考えられた。また、「赤色品種」は、かいよう病菌が検出されなくなる部位まで切除しても再発防止は難しく、経済栽培の継続は困難になる場合があると考えられた。

## 2 「緑色品種」の樹体内分布と発病状況

2017年に「緑色品種」栽培のA園、B園、C園では、葉に褐色斑点が見られ、キウイフルーツかいよう病の再発生を確認した。これらの園は2015年や2016年に、既に葉に褐色斑点が見られ初発を確認している。そこで、防除対策として切除を行うこととしたが、切除方法の違いによる防除効果を確認するため、各園で異なる切除とした。2017年6月7日に関係者が剪定バサミと約70%エタノールを持って集まり、A園では2年生枝(前年枝)の基部から切除した。B園では収量確保を考慮し、葉に褐色斑点が多い1年生枝(新梢)の基部から切除し、葉に褐色斑点の少ない枝は残した。C園では実施しなかった。各園において切除実施日や近日に前年枝や前々年枝に遡ってサンプルを採取した(表-3)。なお、各枝の切除ごとに剪定バサミを70%エタノールで消毒した。

樹体内分布調査の結果、A園とB園では、新梢(1年生枝)と前年枝(2年生枝)から検出された。C園では、新梢(1年生枝)、前年枝(2年生枝)、前々年枝(3年生枝)から検出された(表-4)。

A園・B園・C園について赤褐色樹液漏出跡の箇所数、疑似葉の発生葉率(%)および発生度を調査した。ここでは、夏季以降の葉の症状をかいよう病のみであることを断定するのは困難と考え疑似葉とした。葉の調査は、新梢基部から展開葉10枚×10新梢/樹について数え、



表-3 「緑色品種」再発した調査園・調査樹の概要 (2017年)

園地	発病の確認			切除による防除対策		サンプル採取 (2017年)		
	初発年	症状	樹齢	時期	部位	採取時期	枝の採取本数	採取部位
A	2015年	葉の褐色斑点	約10年生	2015年5月 2017年6月	前年枝 基部	6月7日	16本	葉に褐色斑点が多い3樹について主に前々年枝まで遡って採取した
B	2016年	葉の褐色斑点	約10年生	2017年6月	新梢基部 (収量確保を考慮)	6月7日	15本	葉に褐色斑点が多い3樹について主に前年枝まで遡って採取した
C	2015年	葉の褐色斑点	約15年生	実施せず		6月10日	9本	葉に褐色斑点が多い1樹について主に前年枝まで遡って採取した。

表-4 「緑色品種」再発園採取枝からの検出 (2017年)

	A園			B園			C園		
	調査(本)	検出(本)	検出率(%)	調査(本)	検出(本)	検出率(%)	調査(本)	検出(本)	検出率(%)
1年生枝	16	1	6.3	15	3	20.0	9	7	77.8
2年生枝	16	2	12.5	15	1	6.7	9	8	88.9
3年生枝	10	0	0.0	4	0	0.0	3	2	66.7
4年生枝	2	0	0.0	-	-	-	-	-	-
5年生枝	1	0	0.0	-	-	-	-	-	-

注) 枝の採取日: A園とB園は2017年6月7日, C園は同年6月10日。

表-5 「緑色品種」再発園の疑似葉発生状況 (2017年)

園地	疑似葉の発生葉率 (%)			疑似葉の発生日			赤褐色樹液漏出箇所数
	6月1日	8月4日	10月4日	6月1日	8月4日	10月4日	
A	12.8	0.3	0.0	3.9	0.1	0.0	-
B	66.7	54.3	12.4	22.2	23.9	3.3	-
C	28.8*	12.3*	-	10.8*	5.1*	-	-

注) 疑似葉: 夏季以降はかいよう病の発病葉のみと断定するのは困難と考え、疑わしい葉をすべてカウントした。

表中の値: A園は10本の平均値, B園は3本の平均値, C園は10本の平均値を示す。

\*) ただし, C園は5月27日と8月5日に調査した。

発生度は「赤色品種」の発病度と同様に算出した。A園とB園は2017年6月1日, 8月4日, 10月4日の3回, C園は同年5月27日と8月5日の2回調査した。

調査の結果, A園では2017年6月7日に切除処理を実施した後, 疑似葉はほとんど見られなかった。B園では同日切除処理を実施した後も疑似葉は多く見られた。C園では切除処理を実施していないが, 8月5日の発生葉率が5月27日の半分に低下した樹が多かった(表-5)。

以上のことから, 「緑色品種」の切除処理は, A園のように2年生枝(前年枝)の基部からが望ましいと考えられた。B園のように収穫量を確保するため発病葉の少ない新梢を残した切除では十分な防除効果が得られないと考えられた。

## おわりに

本県では, 2014年のキウイフルーツかいよう病(Psa3)発生後の6月に「キウイフルーツの栽培を行っているみなさまへ キウイフルーツかいよう病にご注意ください!!」との表題をつけ, 症状, 防除対策および発見後の連絡先を書いた啓発リーフレットを作成し配布した。特に問題になっていないが, キウイフルーツかいよう病を起こす細菌の中には, 接種試験において, キウイフルーツのほか, モモやウメに対して病原性が認められた(瀧川ら, 1989)という点について, 本県にはキウイフルーツ以外にモモ産地やウメ産地もあるので, 今後の問題にならないことを願っている。

防除対策の基本的な考え方としてキウイフルーツかいよう病は, 一度感染すると治療する薬剤はなく, 「感染さ

せない]、「病原菌を持ち込まない」等の予防対策に努めることを重要とし、疑わしい症状や発病等を確認した場合、二次伝染防止のため速やかな除去をお願いしている。

防除対策の参考資料として、2015～17年にかけて農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業で取り組んだ成果「Psa3系統によるキウイフルーツかいよう病に対する防除対策技術」および「キウイフルーツかいよう病の見分け方」が農研機構果樹茶業部門でとりまとめ配布されている。また、農林水産省消費・安全局植物防疫課が公開している「キウイフルーツかいよう病のPsa3系統の防除対策マニュアル（第3版）」、和歌山県農林水産

部が情報提供している「キウイフルーツかいよう病防除対策マニュアル」を活用し防除の徹底に努めていただきたい。

#### 引用文献

- 1) 三好孝典ら (2014): 日植病報 80: 323.
- 2) 澤田宏之ら (2014): 植物防疫 68: 660～667.
- 3) ———ら (2015): 日植病報 81: 111～126.
- 4) 芹沢拙夫ら (1989): 同上 55: 427～436.
- 5) 清水伸一ら (2015): 同上 81: 296.
- 6) 篠崎 毅・清水伸一 (2014): 植物防疫 68: 255～258.
- 7) 瀧川雄一ら (1989): 日植病報 55: 437～444.

## 登録が失効した農薬 (2018.12.1～12.31)

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」

- カーバムナトリウム塩液剤  
18525：キルパー（バックマンラボラトリーズ）18/12/12
- インドキサカルブ MP 水和剤  
20614：クミアイトルネードフロアブル（クミアイ化学工業）18/12/13
- MEP 水和剤  
21900：協友スミチオン水和剤40（協友アグリ）18/12/25

#### 「殺菌剤」

- 銅・メタラキシル水和剤  
17286：日農リドミル銅水和剤（日本農薬）18/12/13
- フェノキサニルマイクロカプセル剤  
21730：アチーブ MC（日本農薬）18/12/13
- カスガマイシン・バリダマイシン・フサライド水和剤  
14225：ホクコーカスラブリダゾル（北興化学工業）18/12/18
- メトコナゾール水和剤  
22528：リベロフロアブル（北興産業）18/12/18
- 銅水和剤  
22536：丸和コサイド 3000（丸和バイオケミカル）18/12/25
- ジクロシメット・フェリムゾン水和剤  
20905：ブラストップフロアブル（ホクサン）18/12/26
- ジクロシメット粉剤  
22674：ホクサンデラウス粉剤 DL（ホクサン）18/12/26
- ジクロシメット水和剤  
22675：ホクサンデラウスフロアブル（ホクサン）18/12/26
- ジクロシメット粒剤  
22676：ホクサンデラウス粒剤（ホクサン）18/12/26

#### 「殺虫殺菌剤」

- カルボスルファン・プロベナゾール粒剤  
17142：オリゼメートアドバンテージ粒剤（日産化学）18/12/1
- エトフェンプロックス・テブフェノジド・フサライド・フルトラニル粉剤

- 19361：サスペンダー F 粉剤 DL（日本農薬）18/12/13
- クロラントラニリプロール・ジノテフラン・チアジニル粒剤  
22992：ブイゲットフェルテラスタークル粒剤（日本農薬）18/12/13
- プロプロフェジン・フルトラニル粒剤  
23232：アプロードモンカット粒剤（日本農薬）18/12/13
- エトフェンプロックス・カスガマイシン・フサライド水和剤  
18025：ホクコーカスラブレボンゾル（北興化学工業）18/12/18
- クロチアニジン・ジクロシメット・フェリムゾン水和剤  
22601：ホクサンブラストップダントツフロアブル（ホクサン）18/12/26
- クロチアニジン・ジクロシメット・フェリムゾン粉剤  
22602：ホクサンブラストップダントツ粉剤 DL（ホクサン）18/12/26
- MEP・ジクロシメット粉剤  
22720：ホクサンデラウススミチオン粉剤 DL（ホクサン）18/12/26
- 22721：ホクサンデラウススミチオン(L)粉剤 DL（ホクサン）18/12/26
- BPMC・MEP・ジクロシメット粉剤  
22722：ホクサンデラウススミバッサ粉剤 DL（ホクサン）18/12/26

#### 「除草剤」

- インダノファン・クロメプロップ・ダイムロン・ベンスルフロメチル粒剤  
21161：日農ダイナマン D1 キロ粒剤 51（日本農薬）18/12/13
- インダノファン・クロメプロップ・ダイムロン・ベンスルフロメチル水和剤  
21179：日農ダイナマン D フロアブル（日本農薬）18/12/13
- インダノファン・クロメプロップ・ベンスルフロメチル粒剤  
21239：日農ダイナマンジャンボ（日本農薬）18/12/13

# 研究 報告

## 北海道のミニトマト栽培におけるトマト斑点病の発生実態と薬剤の防除効果

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 農業研究本部  
花・野菜技術センター

しら 井 佳 代

### はじめに

北海道において、トマト斑点病は古くから発生記録があるが（成田ら，1998），特に大きな問題にはなっていない。しかし近年では，2003年に日高地域のハウス栽培ミニトマト（品種‘千果’，‘キャロル10’）での発生記録以来，各地のミニトマト産地での多発が問題となっている。本病の症状は，葉身，葉柄，茎に褐色の小斑点を生じ，多発すると葉が早期に枯死するほか，萼にも斑点を生じ，商品価値が低下する（図-1a, b）。本病の発生は大玉トマトでは問題となっていないこともあり，これまで道内での発生実態は明らかでなく，防除対策に関する試験例もなかったため，生産現場では対応に苦慮していた。このため，道内のミニトマト栽培における斑点病発生の特徴や，品種による発病差，薬剤の防除効果について試験を行ったので，その結果について紹介する。

### I 北海道における斑点病発生の様子と多発要因

道内における本病の発生状況を把握するため，2014～16年に，道内10市町内のミニトマト栽培ハウスにおいて，発病調査および生産者や地域の普及センターへの聞き取り調査を行った。

その結果，本病の多発が問題となっていた品種は，‘キャロル10’と‘ラプリー藍’の2品種のみであり，‘SC6-008’，‘CFココ’では発生が認められなかった（表-1）。多発生または甚発生の‘キャロル10’栽培ハウスに隣接する‘キャロルスター’で，少ない発生を認めた事例があったが（表-1の生産者JおよびQ），栽培上問題とならない程度であった。

多発事例の多かった石狩および留萌地域の普及センターへの聞き取り調査によると，本病の初発生の時期は，道内で主要な作型である半促成長期どり作型（定植4月ころ，生育前半のみ無加温で保温）およびハウス夏秋ど



図-1a ミニトマト斑点病の発病葉



図-1b ミニトマト果実の萼に発生した病斑

り作型（定植5～6月上旬ころ）において，いずれも6月下旬以降であった。

ハウス内での発病調査において，発生初期の病斑は中位葉付近にごく少数認められるのみであり，他要因により生じる斑点との区別もつきにくいいため，ハウス内の簡単な見回りで初発を発見するのは難しいと考えられた。初発後，病斑数は緩やかに増加し，7月下旬以降に病斑が目立つようになり，特に8～9月に急激に発病が進展した。生産者が実際に発生を認識したのは発病進展後の7月下旬～8月ころであった（表-2）。病斑数の増加は，老化葉より新鮮葉で明らかに多く，発病は初発葉位から主に上位葉方向に進展した。老化が進んだ下位葉で新たな病斑が形成されることは少なかったが，下位葉の病斑

Occurrence of Leaf Spot of Cherry Tomato Caused by *Stemphylium lycopersici* and Efficacy of Fungicides on the Disease in Hokkaido.  
By Kayo SHIRAI

（キーワード：ミニトマト，斑点病，品種，防除薬剤）

表-1 道内のミニトマト栽培ハウスにおける品種と斑点病の発生程度<sup>a)</sup>

振興局	調査市町	生産者	調査品種	斑点病発生程度 <sup>b)</sup>		
				2014年	2015年	2016年
石狩	恵庭市	A	ラブリー藍	多	多	多
		B	ラブリー藍	多	多	多
	北広島市	C	ラブリー藍	少	多	多
空知	砂川市	D	SC6-008	無	- <sup>c)</sup>	-
	妹背牛町	E	SC6-008	無	-	-
	雨竜町	F	キャロル10	無	-	-
後志	余市町	G	キャロル10	多	多	多
		H	CFココ	無	-	-
	小樽市	I	キャロル10	多	多	多
		J	キャロル10 キャロルスター	-	-	甚 少
		K	キャロル10	-	-	多
上川	旭川市	L	SC6-008	無	無	無
		M	SC6-008	無	-	-
		N	SC6-008	無	無	無
留萌	苫前町	O	キャロル10	多	多	-
		P	キャロル10	中	多	-
		Q	キャロル10 キャロルスター	多 少	多 少	多 -
		R	キャロル10	多	多	-
		S	キャロル10	中	多	-
		T	キャロル10	-	多	中
日高	新ひだか町	U	キャロル10	中	少	-
		V	キャロル10	少	無	-
		W	キャロル10	少	少	-
		X	キャロル10	中	少	-
		Y	キャロル10	多	少	-

<sup>a)</sup> 石狩・空知・後志・上川・留萌の各振興局管内は半促成長期どり作型およびハウス夏秋どり作型のハウスで8月下旬～10月初旬、日高振興局管内は抑制作型のハウスで10月中旬～11月初旬に調査。

<sup>b)</sup> 斜め誘引により栽培された株を約40cm幅で垂直に見た部分を1株と見なし、1ハウス当たり25～30株について、株当たり病斑面積率を以下の指数で調査し、計算式により算出した発病度を、以下の発生程度区分に当てはめた。

指数0：発病なし、指数1：5%未満、指数2：5～25%、指数3：25～50%、指数4：50%以上。

発病度 =  $\Sigma(\text{発病指数} \times \text{当該株数}) / (4 \times \text{調査株数})$ 。

発生程度区分 無：0、少：1～25、中：26～50、多：51～75、甚76以上。

<sup>c)</sup> 「-」は調査せず。

は次第に拡大し、時に中央部分が枯死して破れ、葉裏に分生子を形成した。

半促成長期どり作型～ハウス夏秋どり作型では、定植日の早晚と発生量の間に特に一定の傾向はなく、定植時期による発病の回避は難しいと考えられた。一方、新ひだか町では、促成作型（定植2月下旬～3月上旬）と抑制作型（定植7月下旬）の2作型が主要であり、このうち促成作型で発生が少ない傾向にあった。新ひだか町の

促成作型は、後作の抑制作型の定植を7月下旬に行うため、7月20日ころで栽培を終了することから、発病が増加する時期の前に栽培を終えることで、結果的に多発が回避されていると推察された。抑制作型では特に9月中旬以降に保温のための二重トンネル被覆後から発生が増加する事例が多かった。一般に、斑点病は多湿条件下で発生しやすいとされており、保温のための被覆によりハウス内の湿度が高まることで、発病が助長されやすくな

表-2 斑点病の多発ハウスにおける発生時期と発病推移

調査年次	市町	調査品種	生産者	定植日	発病度 <sup>a)</sup>									初発期 <sup>b)</sup>	生産者の発病認識	
					7/23	8/6	8/20	8/21	8/24	9/18	9/25	9/29	9/30			
2014	恵庭市	ラブリー藍	A	4/11	12.5	-	50	-	-	-	-	-	-	52.5	6月下旬	
				5/18	37.5	-	75	-	-	-	-	-	100			
				B	4/10	25	-	57	-	-	-	-	-	100		
	余市町	キャロル 10	G	6/17	-	-	-	44.2	-	-	75	-	-	-	8月	
2015	恵庭市	ラブリー藍	A	3/26	-	50	-	-	-	100	-	-	-	6/30		
				5/19	-	37.5	-	-	-	75	-	-	-			
				6/1	-	25	-	-	-	50	-	-	-			
				B	4/10	-	50	-	-	-	100	-	-	-		
					5/15	-	37.5	-	-	-	50	-	-	-		
	北広島市	ラブリー藍	C	C	4/15	-	50	-	-	-	72.5	-	-	-	-	7/23
5/20					-	8.3	-	-	-	27.5	-	-	-			
苫前町	キャロル 10	Q	R	4/17	-	-	-	-	25	-	-	69	-	6/29		
				4/27	-	-	-	-	67	-	-	75	-			

a) 発病度の調査・算出方法は、表-1の注釈に記載の通り。

b) 初発期は普及センターが確認した各地域内での初発期。

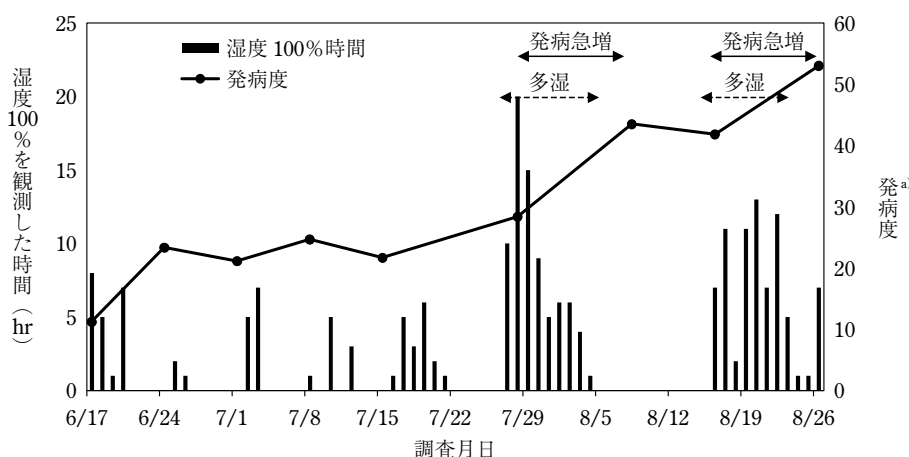


図-2 ハウス内の湿度条件と発病度の増加

a) 発病度の調査は、6株×3箇所、1株当たり10複葉について、複葉ごとに以下の発病指数に基づいて行い、以下の計算式により算出した。

指数0：発病なし、指数0.1：病斑1~2個、指数0.5：病斑面積率1%未満、指数1：病斑面積率5%未満、指数2：病斑面積率5~25%、指数3：病斑面積率25~50%、指数4：病斑面積率50%以上。

$$\text{発病度} = \frac{\sum (\text{発病指数} \times \text{当該株数})}{(4 \times \text{調査株数})}$$

っていると推察された。多湿条件と発病増加の関係については、各地の生産者への聞き取り調査において、台風などの多雨の後に急激に発病が増加したという情報が多かった。そこで、花・野菜技術センター内で、2016年に薬剤の効果試験を行ったミニトマト栽培ハウス内に、温湿度計（おんどとり TR7-nw；株式会社ティアンドデイ）を設置し、ハウス内湿度と薬剤無散布区の発病度推移との関係を見たところ、湿度100%の多湿条件が長時

間観測された日が続いた後に、発病度の急上昇が起こった（図-2）。これらのことから、多湿条件は多発の重要な要因の一つと考えられた。また、ハウス内で採集した罹病葉上の病斑をそのまま実顕微鏡下で観察しても分生子は観察されないか、わずかであることが多いが、罹病葉を湿室に一晩置くと、多量の分生子の形成が観察されることから、多湿条件により分生子形成が旺盛となることで、発病増加につながると推察された。

## II 道内主要品種における発病比較

本病は、全国的にも2000年前後から‘千果’、‘サンチェリー250’、‘キャロル10’等の特定のミニトマト品種での発生が問題となっており、罹病性品種の栽培の拡大に伴い、発生が増加していると報告されている（前田ら、2004；藤井・深谷、2006；西村、2011）。道内で現在発生が問題となっている品種は‘キャロル10’と‘ラプリー藍’のみであり、品種による発病差があることは明らかであるが、‘キャロル10’は斑点病耐病性とされている品種である。このため、本病に耐病性とされている品種も含め、道内で現在主に作付けされている‘キャロル10’、‘キャロル7’、‘ラプリー藍’、‘CF千果’、‘キャロルパッション’、‘キャロルスター’、‘SC6-008’、‘アイコ’と、過去に本病の発生が認められた‘千果’の合計9品種について、ハウス栽培における発病の多少を比較した。試験は、2015年に花・野菜技術センター内のビニールハウスで行った。上記9品種のポット苗を1品種3株、3反復で条間50cm、株間40cmで6月1日に定植し、1本仕立て、斜め誘引で栽培した。本病の分生子懸濁液を噴霧接種して作成した発病株（直径12cmポット苗）を、各品種に均等な接種圧になるよう、7月3日に条間に配置した。発病調査は、各株の第1果房より上位の10複葉を任意に選び、図-2の注釈に示した発病指数に基づいて行い、発病度を算出した。

その結果を図-3に示した。供試した9品種はいずれも本病の発生が認められたが、発病度は品種によって大きく異なり、‘キャロル10’、‘ラプリー藍’、‘千果’の3品種は、特に発生が多く推移し、最終的に発病度50を越

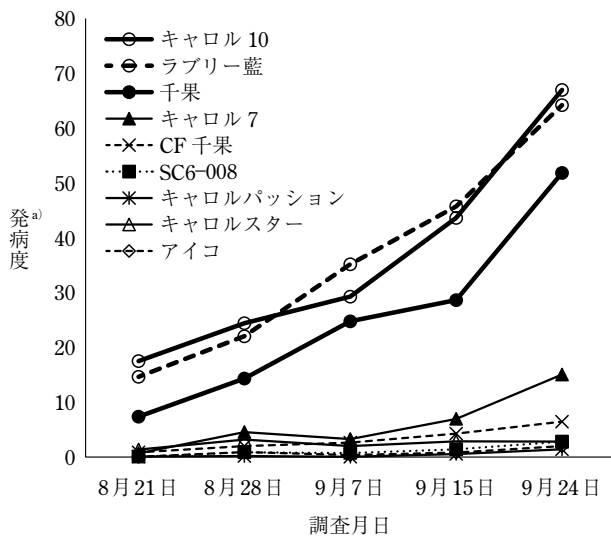


図-3 道内で主要なミニトマト品種における斑点病の発病差  
a) 発病度は3反復の平均値。

える多発生となった。一方で‘キャロル7’、‘CF千果’、‘SC6-008’、‘キャロルスター’、‘キャロルパッション’、‘アイコ’は、上記3品種が多発した条件下でも、最大発病度が15.1の少発生であり、これら品種の栽培において、防除は不要と考えられた。

本病の発病に対する品種の影響は非常に大きく、現在の道内の主要品種で本病の防除対策が必要なのは‘キャロル10’と‘ラプリー藍’の2品種であった。ただし、今回試験をした品種以外で、現地で小規模に導入した試作品種などでは、中発生以上の発病が認められた事例があることから、新品種導入の際には注意が必要である。

## III 薬剤の防除効果

本病に対する登録薬剤の数は少なく、生産現場では防除対応に苦慮しているが、これまで道内で防除薬剤の効果について検討した事例はない。このため、2014年と2016年に、花・野菜技術センター内のハウスで、本病に登録のある8薬剤の防除効果を検討した。品種は‘キャロル10’を用い、試験区は1区10株、3反復とした。各年次の供試薬剤は表-3に示した通りで、所定濃度に希釈した薬液に展着剤（グラミンS）を5,000倍となるよう添加し、初発前から約7日間隔で100~250 l/10 aを散布した。接種は、本病の分生子懸濁液を噴霧接種して作成した発病株（直径12cmポット苗）を条間に設置した。なお2016年は発病株を2日間温室に静置し、病斑上の分生子形成を確認して設置した。調査は、試験区中央の6株において、2014年は第1果房より上位12葉、2016年は第2果房より上位10葉を対象として、図-2の注釈に示した発病指数に基づいて行い、発病度を算出した。

その結果、TPN水和剤とアゾキシストロビン・TPN水和剤は高い防除効果が認められ、次いで、イプロジオン水和剤とピリベンカルブ水和剤に防除効果が認められ、イミノクタジナルベシル酸塩水和剤、ペンチオピラド水和剤および銅水和剤は、効果はやや低いものの防除効果が認められた。バチルスズブチリス水和剤は防除効果が認められなかった（表-3）。これらの剤のうち、銅水和剤は実用上問題となる果実の汚れが生じたことから、実用的ではないと考えられた。また、アゾキシストロビン・TPN水和剤は、効果は高かったものの、使用時期が収穫7日前までであり、防除時期が収穫時期と重なる本病の防除には、現実的には使用が困難と考えられた。以上のことから、本病の防除には、TPN水和剤、イプロジオン水和剤、ピリベンカルブ水和剤、イミノクタジナルベシル酸塩水和剤およびペンチオピラド水和剤の5剤が活用できると考えられた。TPN水和剤とイプ

表-3 斑点病に対する各薬剤の防除効果<sup>a)</sup>

供試薬剤 ( )内は商品名	希釈 倍数	2014年			2016年試験1			2016年試験2			防除 <sup>d)</sup> 効果	使用 <sup>e)</sup> 時期
		発病 <sup>b)</sup> 度	防除 価	薬害 (果実の <sup>c)</sup> 汚れ)	発病 度	防除 価	薬害 (果実の 汚れ)	発病 度	防除 価	薬害 (果実の 汚れ)		
TPN 水和剤 (ダコニール 1000)	1,000				0.5	99	- (±)	3.1	94	- (±)	◎	収穫 前日
イプロジオン水和剤 (ロブラール水和剤)	1,000	5.3	71	- (-)	3.9	91	- (±)	12.9	77	- (±)	○	収穫 前日
ピリベンカルブ水和剤 (ファンタジスタ顆粒水和剤)	2,000							13.7	76	- (-)	○	収穫 前日
イミノクタジナルベシル酸塩水和剤 (バルケートフロアブル)	4,000	8.5	54	- (-)	11.5	72	- (-)	24.9	56	- (-)	△	収穫 前日
ペンチオピラド水和剤 (アフエツトフロアブル)	2,000				7.3	83	- (-)	31.3	45	- (-)	△	収穫 前日
銅水和剤 (ドイツボルドー A)	500	8.8	52	- (+)	9.5	77	- (+)	26.2	54	- (+)	△	収穫 前日
バチルスズブチリス水和剤 (アグロケア水和剤)	1,000	16.3	11	- (±)							×	収穫 前日
アゾキシストロビン・TPN 水和剤 (アミスターオプティフロアブル)	1,000				0	100	- (±)	0.1	100	- (±)	◎	収穫 7日前
無散布		18.4 (少発生)			41.7 (中発生)			56.5 (多発生)				

<sup>a)</sup> 定植日は、2014年：5月28日、2016年試験1：5月25日、2016年試験2：6月7日。

接種日は、2014年：7月8日、2016年試験1：6月10日、2016年試験2：6月24日。

初発日は、2014年：7月15日、2016年試験1：6月15日、2016年試験2：6月28日。

薬剤散布月日は、2014年：7/1, 7, 14, 22, 29, 8/6, 13, 2016年試験1：6/8, 16, 23, 30, 7/7, 14, 21, 29, 8/8,  
2016年試験2：6/23, 30, 7/7, 14, 21, 29, 8/8, 16, 26, 9/5。

調査月日は、2014年：8月18日、2016年試験1：8月16日、2016年試験2：9月13日。

<sup>b)</sup> 発病度の数字は3反復の平均値。

<sup>c)</sup> 果実の汚れ -：認めない、±：認められたがその程度は比較的軽い、+：実用上問題になる。

<sup>d)</sup> 防除効果 ◎：高い、○：ある、△：やや低いがある、×：ない。

<sup>e)</sup> 農薬登録上の使用時期。

ロジオン水和剤は比較的度が軽いものの果実の汚れが認められ、産地や生産者によっては問題となる事例もあったことから、使用には注意が必要であるが、本病の防除に有効な薬剤の数が限られている現状では、生産現場ごとで使用可能な薬剤を選択して対応する必要がある。

## おわりに

本病の多発に最も大きく影響する要因は品種であり、次いで多湿条件であると考えられたが、産地の様々な事情により栽培品種の変更は容易ではなく、またハウス栽培といえども降雨などによる多湿条件のコントロールは難しいため、主要な防除対策は薬剤防除に頼らざるを得ない。ミニトマトの作期は長い為、防除期間も長くなるが、本試験においては農薬成分としてカウントされな

い生物農薬と銅剤の使用は、防除効果や果実の汚れの問題から現実的な対策とはならなかった。本試験では、散布タイミングなどの十分な検討には至らなかったが、効率的で効果的な防除法を示すことは、今後の課題の一つと考える。

## 引用文献

- 1) 藤井直哉・深谷富夫(2006):北日本病虫研報 57:222.
- 2) 前田美沙ら(2004):九州病虫研報 50:10~13.
- 3) 成田武四ら(1998):北海道における農作物および観賞植物の病害誌,北海道立中央農試, p.469.
- 4) 西村康平(2011):石川県農林水産研究成果集報 13:14.

本稿で供試された薬剤の一部は未登録ですのでご留意  
ください。 「植物防疫」編集注

# 光反射資材によるブドウのクビアカスカシバの被害抑制効果

山口県農林総合技術センター かわ河 むら村 とし俊 かず和

## はじめに

クビアカスカシバはスカシバガ科に属するガの仲間であり、成虫はスズメバチに擬態していると考えられている。本虫は年に1世代で、雌成虫は1週間程度の寿命であるが、6~8月までの間、成虫の羽化が続き連続的に園地へ飛来して産卵する。成虫が粗皮の隙間などに産下する卵数はおよそ200卵以上と考えられ(新井, 2013; 伊藤, 2013; 内田, 2014), ふ化幼虫の食入時期は7~10月の長期に及ぶ(小松, 2011)。幼虫は、植物体の粗皮下に食入・加害しながら発育する。幼虫の体色はふ化後の初めは乳白色であるが、成長すると赤紫色となり老熟幼虫は体長4 cmに達する(図-1)。秋には樹上から落下した後、浅い土中で土繭を作って翌春まで過ごす。

クビアカスカシバの被害は、1975年の大分県のブドウ園で初めて確認された(中島ら, 1978)が、その後しばらくは発生報告はなかった。2000年以降になって岡山県や長野県、山梨県、山形県等から被害報告があり、現在は全国的に発生が問題となっている(小松ら, 2013)。一度被害を受けたブドウ樹はくりかえし加害さ

れ、加害部位には複数頭の幼虫が食入していることが多い(小松, 2010)。被害樹は食入加害部から先端部にかけて樹勢が低下し、枝や樹体全体の枯死に至る場合もある(中島ら, 1978; 村上, 2008)。

山口県におけるクビアカスカシバの初確認は2011年で、周南市の産地で広範な被害を認めた。翌2012年には、柳井市の一部の園でも被害が発生していることを確認した。産地での対応は、防除薬剤が2011年に初めて登録されたばかりで、また、防除時期の解明が不十分ということから、捕殺が主体で、長期に及ぶ幼虫の食入に対応できていなかった。そのため、被害が発生した産地からは対策技術の確立が求められていた。しかし、発生地域では一般市民が出入りすることが多い観光農園が多く、農薬の使用回数を増加させない防除体系への期待が大きかった。そこで、課題解決にあたって、農薬以外に物理的な防除技術に注目し、いくつかの試験を行った。

昼行性のトンボなどの昆虫は、飛翔する際に空からの光を背中に受けて、体の上下の姿勢を保っており、下方から光が照射されると正常な姿勢での飛翔が妨げられる光背反応と呼ばれる現象が知られている(霜田, 2014)。クビアカスカシバも昼行性の蛾で、日中に交尾・産卵を行う昆虫である。クビアカスカシバでも、光に対する反応のかく乱により、正常な飛翔行動を妨げることが可能であれば、園地における成虫の産卵行動の抑制できるという仮説を立てた。アルミ蒸着フィルムなどの光反射資材は、アブラムシ類やアザミウマ類等の微小害虫の侵入抑制に活用されている。そこで、市販の光反射資材を用いて、クビアカスカシバ成虫の光に対する反応のかく乱を試みたところ、被害抑制効果が認められ、防除対策に活用できる見込みが得られた(河村ら, 2018)ので報告する。

## I 光反射資材の設置方法の検討

ブドウ園において光反射資材を設置する場合、地温抑制や着色促進の目的で地表面被覆とすることが多い。この設置方法では栽培管理作業により被覆面が汚れ光反射効果が減少しやすいことや、スピードスプレーヤーの走



図-1 食入幼虫

Effect of Reflective Mulching Film on Suppression of Grape Tree Damaged by *Toleria romanovi* (Leek). By Toshikazu KAWAMURA  
(キーワード: ブドウ, クビアカスカシバ, 光背反応, 光反射資材, 樹幹害虫)



行の妨げになる問題点もある。そこで、通常の株元地表被覆に加えて汚れにくく、スピードスプレーヤーの走行の妨げにならない主幹部への巻き付けについても検討することとした。

試験は、2013年に周南市でトンネルメッシュ方式によりピオーネなどの巨峰系4倍体品種を栽培する園地において行った。光反射資材には、アルミ蒸着フィルムのネオポリシャインクロス T87（日立化成社製：幅120 cm、厚さ0.1 mm、有孔）を用いた。設置は5月19日に行い、株元地表被覆、主幹部被覆とも1列の連続した3樹を用いて1区とした。被覆区以外に同数の連続した樹を選定し、無被覆区とした。各区とも場所を離して2反復とした。クビアカスカシバの被害は、過去に被害があった樹に集中する傾向があるため、前年の被害調査をもとに試験区間にかたよりが少なくなるように供試樹を選定した。株元地表被覆区では、図-2に示すように、連続した3樹を1枚の資材で被覆した。そのため、光反射資材の供試樹の株元に当たる部分に切れ込みを入れ、株元が資材の中央に位置するように被覆した。

光反射資材は、マルチ押さえ（日本ワイドクロス社製商品名：黒丸君）で約1 mおきに固定した。主幹部被覆区では、図-3に示すように株元から主幹の分岐部までを1枚の光反射資材で3重に巻つけ、株元から分岐部までの部分には隙間ができないようにマジックテープを貼り付けて固定した。さらに下端および上端は、隙間ができないように荷造り用PPテープで締め付けた。

なお、被覆処理以外の防除および耕種概要については現地慣行に従った。

被覆処理後7~10日間隔で各区すべての供試樹の主幹および主枝について、虫糞の排出箇所数と食入幼虫数を調査した。主幹部被覆区については、主幹に巻きつけた光反射資材を調査の都度に外して、被害状況を確認した



図-2 光反射資材の株元地表面被覆の状況

後に再度被覆した。調査時に発見した食入幼虫はすべて捕殺し除去した。また、調査時には主幹の外見上の変化についても観察した。

調査の結果、株元地表被覆区で6樹のうち2樹、主幹部被覆区で同6樹のうち1樹、無被覆区では3樹に被害が認められた。調査期間中の虫糞排出箇所数の累計は、株元地表被覆区で6箇所、主幹部被覆区で2箇所、無被覆区で38箇所であった（図-4）。各区の食入幼虫数の累計は、株元地表被覆区で3頭、主幹部被覆区で2頭、無被覆区で23頭であった（図-5）。被害樹、虫糞排出箇所数、食入幼虫数のいずれも無被覆区で最も多く、主幹部被覆区で最も少なかった。株元地表被覆、主幹部被覆のいずれも無被覆に比べ被害抑制効果が認められた。

なお、主幹部被覆においては、産卵・加害部位を物理的に覆っているため、成虫の産卵やふ化幼虫の食入を確実に回避できるものと推測されたが、実際には被害の発生が認められた。その原因としては、PPテープによる結束部の固定が不十分で隙間が発生し、ふ化幼虫が侵入した可能性が考えられた。また、今回の調査における生育状況の観察では、主幹部を被覆した樹において、程度の差はあるが気根の発生が認められた。この現象は、被覆資材と樹幹の間が過湿となったため発生したと推測された。主幹部被覆は効果は認められるものの、実用には改善が必要と判断された。株元地表被覆は、被害の発生を完全に抑制することは難しいが、効果は十分に認められ、生育への影響も認められず、設置も簡単であることから実用性が高いと考えられた。



図-3 光反射資材の樹幹被覆の状況

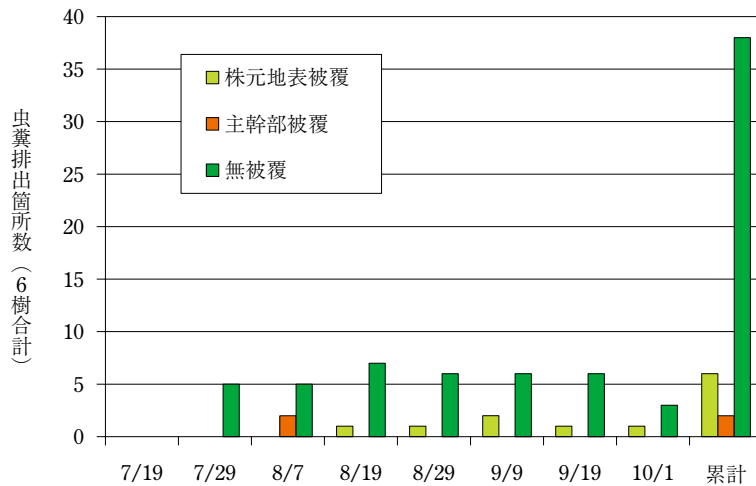


図-4 各区の虫糞排出箇所数の推移 (2013年)

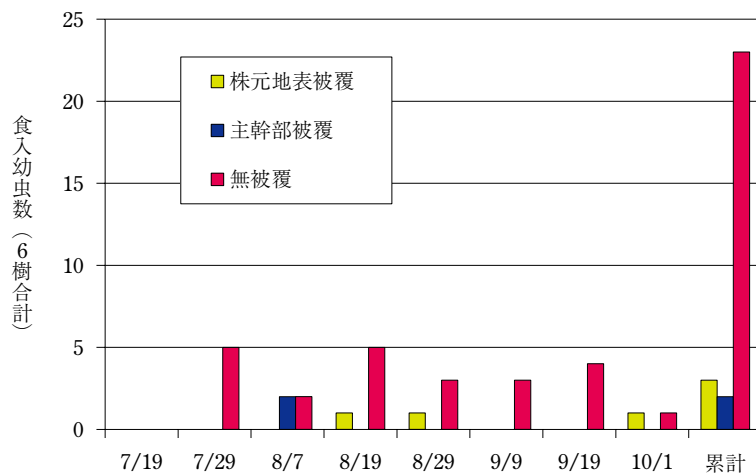


図-5 各区の食入幼虫数の推移 (2013年)

## II 株元地表被覆の改善と被害抑制効果の確認

2013年の試験において、株元地表被覆で被害抑制効果が認められたことから、2014年に被覆面積を拡大し試験を実施した。試験は2013年と同じ地区の巨峰系4倍体品種を栽培する1園地で実施した。光反射資材にはアルミ蒸着フィルムのネオポリシャインクロス T87の幅150cm、厚さ0.1mm、有孔タイプを用いた。株元地表被覆区、無被覆区とも面積は15aとし、供試樹は連続した2~4樹がある列(長さ30~50m)を5列15樹を用い、反復はなしとした。区の設定においては、前年の被害調査をもとに、試験区間にかたよりが少なくなるように各区から供試樹を15樹選定した。光反射資材の被覆期間は5月28日~10月11日とした。被覆方法は、調査樹の株元を2枚の光反射資材を約15cmの重なり幅で左右からはさみこむように敷設し、マルチ押さえ

(黒丸君)で約1mおきに固定した(図-6)。また、薬剤防除および耕種概要については現地慣行とした。調査は、すべての供試樹について、被覆後7~10日間隔で虫糞の排出箇所数と食入幼虫数を確認した。調査時に発見した食入幼虫はすべて補殺し除去した。

調査の結果、期間中約4か月の虫糞排出箇所数の累計は、被覆区では23箇所、無被覆区では86箇所となり、被覆区では無被覆区の1/3以下であった(図-7)。部位別に見ると、被覆区では主幹部2箇所、主枝部21箇所であったのに対し、無被覆区では主幹部で23箇所、主枝部で63箇所であった。主幹部における被害は、被覆区が無被覆区に比べ91.3%減少したのに対し、主枝部の被害の減少は66.7%にとどまり、被害抑制効果は主幹部において顕著であった。また、調査期間中の食入幼虫数の累計は、被覆区で13頭、無被覆区で51頭で、被覆区は無被覆区の約1/4であった(図-8)。部位別に見ると、被

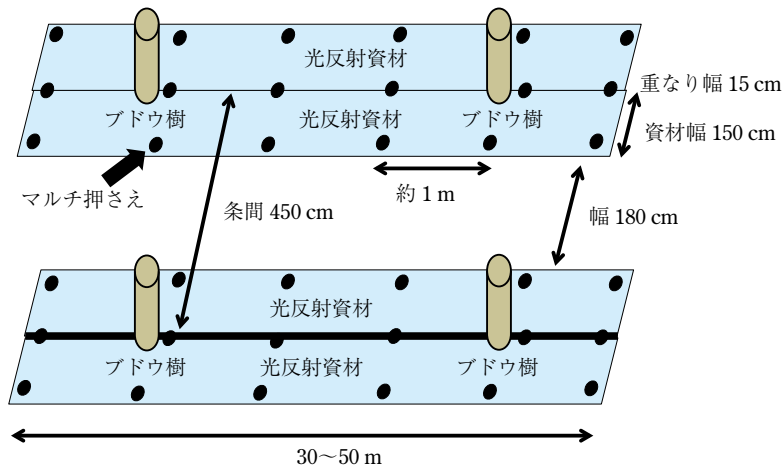


図-6 光反射資材の設置方法 (2014年)

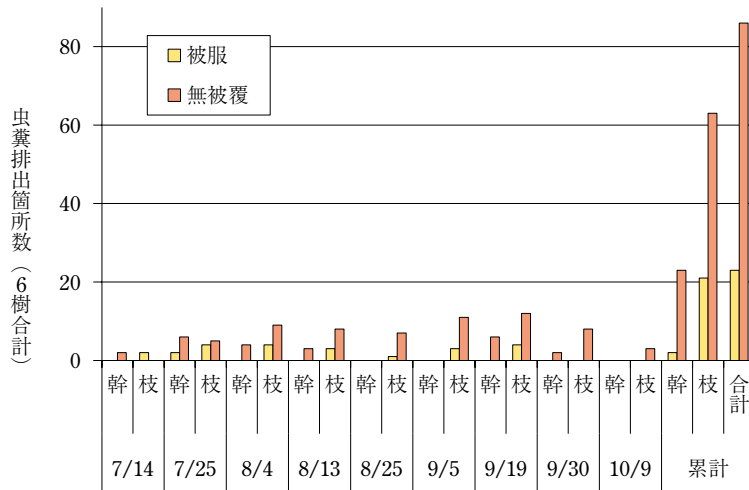


図-7 各区の虫糞排出箇所数の推移 (2014年)

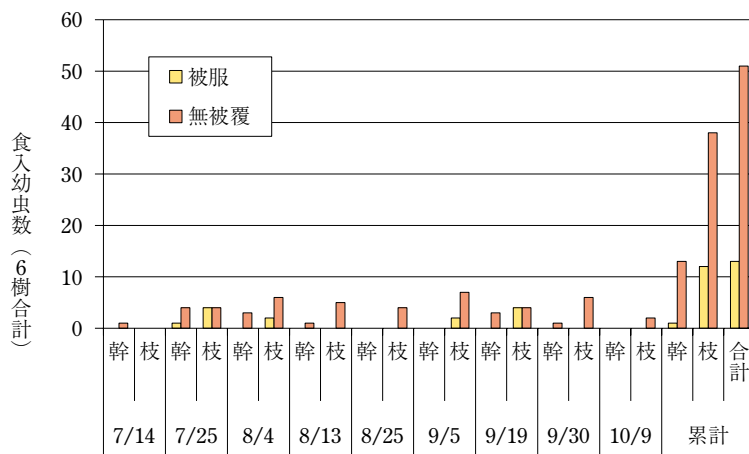


図-8 各区の食入幼虫数の推移 (2014年)

覆区では主幹部1頭、主枝部12頭、無被覆区では主幹部13頭、主枝部38頭であった。主幹部への食入幼虫数は、被覆区では無被覆区に比べ92.3%減少し、主枝部については同減少率68.4%であった。これは、主枝部において

は光反射資材の反射光が枝葉により遮られ減少したため、成虫の飛翔に光かく乱の影響が及びにくく、主枝部よりも光の透過性が良好であった主幹部と比較して、被害の抑制効果が低かったものと推測された。

表-1 10 a 当たり資材費

資材名	規格	必要数	価格 (円)
ネオポリシャインクロス T87	幅 1,500 mm × 長 50 m × 厚 0.1 mm	2.7 本	11,340
黒丸君 (マルチ押さえ)	長 20 cm	219 本	2,332
合計			13,672

注 1) 価格は資材費 ÷ 耐用年数 (3 年).

### III 光反射資材設置にかかる資材費の試算

2014 年の試験において、資材の購入に要した 10 a 当たりの経費を試算すると、光反射資材が 34,020 円、マルチ押さえが 6,997 円で、合わせて 41,017 円であった。いずれの資材も最低 3 年間は連年使用が可能と考えられ、単年当たりの資材費は 13,672 円/10 a となる (表-1)。被覆資材を導入すれば、従来の薬剤散布によるクビアカスカシバ防除に経費が加算される計算となる。しかし、クビアカスカシバは難防除害虫であり、本害虫防除を行っても、幼虫が主幹部や主枝部の粗皮下に食入する被害が生じ、薬剤による防除だけでは不十分となっている。本虫の加害が進めば、ブドウ樹を衰弱・枯死に至らしめるため経済的な損失が大きく、このことを考慮すると光反射資材設置により防除対策の徹底を図ることは合理的であると考えられる。

### IV 光反射資材を組み込んだ体系的防除

難防除害虫であるクビアカスカシバは、通常の薬剤散布を行ったうえで光反射資材を活用した防除を行った場合、防除の徹底は図れるが、これらの対策だけでは被害が残ることも明らかとなった。被害をさらに軽減するためには、いくつかの防除技術を体系的に組み合わせることが重要と考えられる。例えば、冬期に実施する粗皮剥ぎやスピードスプレーヤー (SS) による薬剤散布方法の改善技術と組合せれば、より防除効果が安定すると考えられる。

粗皮剥ぎは、成虫の産卵に好適な表皮の間隙を減らすとともに、薬剤の加害部位への到達をうながす。また、SS の両サイド最下端の散布ノズルの角度を通常よりも下方に矯正することで、クビアカスカシバの被害が多い主幹部株元の薬剤付着状況を改善できる (河村, 2018) (表-2)。また近年は、主幹部の加害部位へ直接塗布できる薬剤も登録されており、効果が期待できる。これらの有効な防除技術を体系化して防除することが、クビアカ

表-2 スピードスプレーヤー散布による薬剤の付着状況

	主幹株元	主幹上部
慣行散布	4.7	10.0
改善散布	10.0	10.0

注 1) 感水紙による 10 箇所調査の付着度指数の平均値。  
注 2) 生物系特定産業技術研究推進機構 (生研機構) 作成 (1991) の標準付着度指数 (液斑の被覆面積率による 10 段階評価) に基づく。

スカシバの被害を回避するうえで重要と考えている。

### おわりに

本稿の内容は、2013~15 年に実施したクビアカスカシバの防除対策についての試験の成果である。本害虫は、何度も記述するように難防除で、通常の防除に加えて複数の対策を講じる必要があり、労力的・経済的な負担の増加は避けて通れない。果樹栽培の現場でも高齢化などによる労力不足は深刻になりつつあることから、今後の研究では、フェロモンの活用など、より労力的に負担の少ない技術の開発が求められる。最後に、本研究を実施するにあたり、被害発生リスクをかえりみず協力をいただいた現地の農家の皆様をはじめ、調整に尽力をいただいた関係機関の方々に御礼申し上げる。

### 引用文献

- 1) 新井朋徳 (2013): 植物防疫所病害虫情報 100: 10.
- 2) 伊藤慎一ら (2013): 北日本病害虫研報 64: 222~226.
- 3) 河村俊和 (2018): グリーンレポート 34(11): 16~17.
- 4) ———ら (2018): 山口県農林総合技術センター研究報告 9: 54~59.
- 5) 小松美千代 (2010): 北日本病害虫研報 61: 247~249.
- 6) ——— (2011): 同上 62: 191~193.
- 7) ———ら (2013): 植物防疫 67(4): 40~44.
- 8) 村上芳照 (2008): 農業総覧 病害虫診断防除 編(6), 果樹 (ブドウ), 農山漁村文化協会, 東京, p.18.
- 9) 中島三夫ら (1978): 農薬グラフ 67: 10~11.
- 10) 霜田政美 (2014): 植物防疫 68: 594~598.
- 11) 内田一秀ら (2014): 関東東山病害虫研報 61: 149~152.


 研究  
報告

# 農研機構メッシュ農業気象データシステムと その病害虫分野での利用について

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
農業環境変動研究センター

おおのひろゆき  
大野宏之

三重県農業研究所

にしのみのる  
西野実

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

あしざわたけと  
芦澤武人

## はじめに

我が国の農業は、気候温暖化と高齢化という二つの大きな課題に直面している。これらはそれぞれ別個の課題ではあるが、気象データの活用が課題解決の共通したキーとなっている。温暖化への対応においては、温度上昇を見据えた品種開発や栽培適地・栽培適期の検討、病害虫を含む農業生態系の変化の予測が必要となっており、これには過去から将来にわたる長期間の気象データが必要である。また、温暖化に伴い頻度を増す猛暑などいわゆる異常気象をいち早く把握し被害低減につなげるうえで、気象予測データの活用は欠かせない。高齢化に関しては、これに伴って担い手に集積する小規模で分散した数百筆に及ぶ圃場を効率的に経営するために、多数の作目や品種を組合せる営農を管理する技術が求められており、これには気象予測を用いた正確な発育予測が必要である。

このように、日本の農業が直面する課題の解決には気象予測や温暖化シナリオ等高度な気象データの活用が欠かせないことから、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）は、気象予測を含む日別気象データ（メッシュ農業気象データ）と、温暖化ガス排出シナリオに基づく気候予測モデルの計算結果（メッシュ温暖化シナリオデータ）を整備するとともに、これらの配信システムを構築した。当初は、農研機構内部での利用を目的としていたが、後述するように数多くの特長を有し農業分野全般で幅広い活用が期待されることから、2016年に特定向け気象予報業務許可を気象庁から

取得し、研究、開発、教育、試用を目的とする農研機構外部の利用者にもデータ提供を開始した。2018年11月時点における農研機構内部と外部を合わせた利用登録件数は474件で、病害虫発生要因の解明や発生予測を目的とする利用は、作物の生育予測に関する目的に次いで多い。そこで本稿では、メッシュ農業気象データと、これを活用した虫害分野と病害分野における研究・応用の事例を紹介する。

## I メッシュ農業気象データ

メッシュ農業気象データは、総務省が定義する標準地域メッシュ（約1km×1km）を単位として全国を網羅する日別気象データで、表-1に示す14種類の気象要素で構成される。これらは、アメダスデータや数値予報モデルGPV（Grid Point Value：格子点値）等、気象庁が日々公表する気象資料に基づいて作成され、1日1回更新される（大野ら、2016）。

メッシュ農業気象データの最も大きな特徴は、1980年（一部2008年）の年始から現在の1年後の年末までの観測値、予報値、平年値がシームレスに利用可能なことである。これを利用すると、現在栽培中の作物に対しても発育予測モデルが簡単に適用でき、出穂日や収穫適期等が、従来よりも簡便かつ正確に予測できる。また、14種類の気象要素を組合せると、農耕地表面での熱のやり取りを計算することが可能なので、例えば、水田の水温を推定することも可能である。

メッシュ農業気象データは、メッシュ農業気象データ配信システムから利用者に配信される。大規模な気象データを提供する多くのサービスは、人がデータを選択しそれをCSVなどのファイルとしてダウンロードする形で行われているが、メッシュ農業気象データ配信システムは、表計算ソフトウェア（Excel）やプログラミング言語（Python）等アプリケーションプログラムからの

The Agro-meteorological Grid Square Data System and its Use in Pest Management. By Hiroyuki OHNO, Minoru NISHINO and Taketo ASHIZAWA

（キーワード：メッシュ、気象予測、稲こうじ病、システム、発生育察、ミナミアオカメムシ）

表-1 メッシュ農業気象データシステムが提供する日別気象データの一覧

気象要素	単位	日別気象値			日別平年値
		過去期間	予報期間	平年値期間	
日平均気温	℃	1980年1月～	～26日先	～1年後	2011年～1年後
日最高気温	℃	1980年1月～	～26日先	～1年後	2011年～1年後
日最低気温	℃	1980年1月～	～26日先	～1年後	2011年～1年後
日積算降水量	mm/day	1980年1月 <sup>1)</sup> ～ 2008年1月 <sup>2)</sup> ～	～26日先	～1年後	2011年～1年後
1mm以上の降水の有無	0(無)～1(有)	1980年1月～	～9日先	～1年後	2011年～1年後
日照時間	h/day	1980年1月～	なし	～1年後	2011年～1年後
全天日射量	MJ/m <sup>2</sup> /day	1980年1月～	なし	～1年後	2011年～1年後
下向き長波放射量	MJ/m <sup>2</sup> /day	2008年1月～	なし	なし	なし
日平均相対湿度	%	2008年1月～	～9日先	なし	なし
日平均風速	m/s	2008年1月～	～9日先	なし	なし
積雪深	cm	1980年10月～	～9日先	なし	なし
積雪相当水量	mm	1980年10月～	～9日先	なし	なし
日降雪相当水量	mm/day	1980年10月～	～9日先	なし	なし
予報気温の確からしさ <sup>3)</sup>	℃	なし	～26日先	なし	なし

<sup>1)</sup> アメダスベースの過去値。

<sup>2)</sup> 解析雨量ベースの過去値。

<sup>3)</sup> 気温予報値の標準偏差近似値。

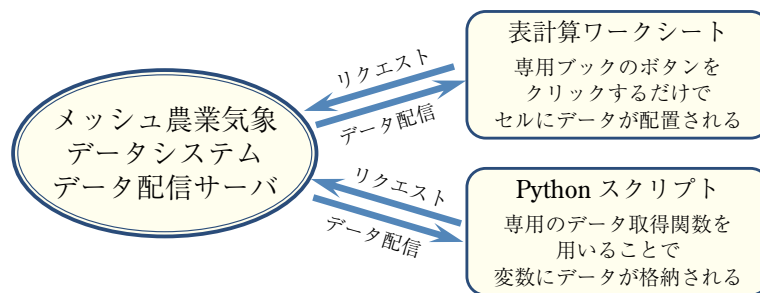


図-1 メッシュ農業気象データシステムによるデータ提供の概念図

リクエストを受け付けて、それが指定するデータをオンデマンドに返信する(図-1)。このようにすると、利用者がアプリケーションプログラムにデータ処理の数式や手続きとともにデータの取得設定を記述しておくことで、データの取得からそれに基づく農業情報の作成までをワンクリックで実行することが可能となる。農業利用においては、気象データには多かれ少なかれ必ず何らかの処理が施されて農業情報に変換される。さらに、気象データが予報を含む場合は、この処理は1回にはとどまらず予報の更新に対応して複数回実行されるのが普通であるから、この方式の利便性は高い。

気象予測を活用する農業技術の開発においては、過去の事例と当時の気象予測データを用いて検証を繰り返す

ことが欠かせない。メッシュ農業気象データは1日に1回内容が書き換えられる動的なデータセットであるが、日々作成されるデータは、2011年以降、毎日圧縮保存されており、利用者はこのデータを再現して検証に利用することができる。

なお、メッシュ農業気象データシステムに関する詳細な情報は、ホームページ(<https://amu.rd.naro.go.jp/>)から得ることができ、利用申請もこのホームページから行うことができる。また、このデータシステムの開発の一部は、内閣府戦略的イノベーションプログラム(SIP)「次世代農林水産業創造技術」(管理人:生研支援センター)の資金を使用して実施された。

## II メッシュ農業気象データの虫害分野での利用

### 1 有効積算温度を用いた害虫の発生予測

多くの害虫について発育零点や有効積算温度定数が明らかにされており、発生世代数や発生時期等の予測に用いられている（桐谷，2012）。有効積算温度を利用した害虫の発生予測については、JPP-NETが提供する有効積算温度計算シミュレーションなどのツールがあり、予測したい地点に近いアメダス観測地点と、対象害虫の発育零点、発育高温限界、有効積算温度等のパラメーターを指定することで、害虫の発生時期または防除時期の予測に利用されている。しかし、これらのツールは、あくまでアメダス観測地点ごとの予測値であるため、アメダス観測地点から離れた地点での利用は難しい。この点、メッシュ農業気象データを利用すれば、予測したい地点を含む1×1kmの3次メッシュでの予測値が得られるため、アメダス観測地点から離れた地点でも予測が可能である。また、メッシュ農業気象データを利用することで予測を面的に展開できることから、県域レベルでの予測地図などを作成して視覚的に理解しやすい形で予測結果を活用することが可能である。ただし、現時点でのメッシュ農業気象データでは日別の気象データで運用されており、時別データは格納されていない。そのため、利用にあたっては日別データで有効積算温度計算シミュレーションを行った場合の予測精度を確認しておく必要がある。

### 2 害虫の分布拡大予測

害虫の分布範囲を推定し、その変化を予測すること、特に害虫の分布拡大を予測することは重要である。害虫の分布拡大要因には様々なものがあるが、冬期の気温上昇など、気象条件が害虫の分布を制限する要因として考えられることも少なくない。そのような場合、メッシュ

農業気象データを利用し、害虫の分布データと気象情報をリンクさせて解析することができる。具体的な事例として、「ミナミアオカメムシの越冬可能地域予測モデル」を作成するときのメッシュ農業気象データの利用方法について説明したい。

なお、この研究内容は、農林水産省委託研究プロジェクト「土着天敵を有効活用した害虫防除システムの開発」（2012～15年）によって実施したものである。

#### （1）ミナミアオカメムシについて

ミナミアオカメムシ *Nezara viridula* は、世界各地の亜熱帯～温帯に分布し、水稻、ダイズをはじめ多くの農作物を加害する害虫である。2000年以降分布を急速に拡大させて、近畿、東海地域、関東地域でも分布が確認されるようになった（水谷，2013）。本種の分布は、冬期の気温によって制限されており、地球温暖化による冬期の気温が上昇傾向であることが本種の分布拡大を引き起こしていると考えられている（湯川・桐谷，2008）。三重県でも分布拡大傾向にあり、2007年以降、県中部、県北部でも確認されるようになった（鈴木・下，2009）。近年ではダイズで多発し、収量、品質を低下させる要因の一つとなっている。

#### （2）分布調査と予測モデルの作成

三重県ではコムギ、早期水稻、ダイズの2年3作の水田輪作体系が広範囲に行われているが、これらの作物で本種の分布調査が可能である。特にコムギは越冬世代の寄主植物であることから、2011～15年にコムギで分布調査を行い、越冬世代の分布を把握した。そして、調査で得られた本種の越冬世代の分布データ（調査地点に「いた」、「いなかった」の二項データ）を予測モデルの目的変数として利用した。

予測モデルの説明変数にはメッシュ農業気象データから取得した気象情報、地理情報を利用した（表-2）。具

表-2 ミナミアオカメムシ越冬可能地域予測モデル作成のためにメッシュ農業気象データから利用して得た説明変数

利用した要素・情報		説明変数
気象要素	日平均気温	・各要素の最高、最低値 ・移動平均値（5～30日間） ・任意の気温条件の日数 例）2.5℃，5℃，10℃未満の日数 ※ Python で組んだプログラムにより各気象要素を上記条件で加工して取得して説明変数として利用 ※データの取得期間は12月1日～3月31日
	日最高気温	
	日最低気温	
	日平均相対湿度	
	日積算降水量	
地理情報	土地利用比率	・3次メッシュ当たりの水田の土地利用比率 ・3次メッシュ当たりのその他農用地の土地利用比率 ・3次メッシュ当たりの森林の土地利用比率

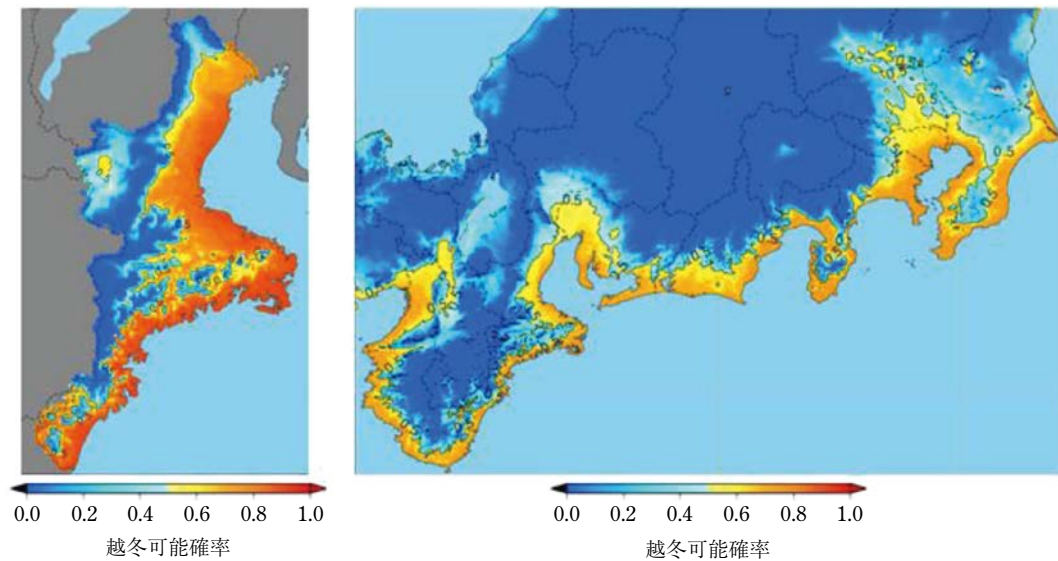


図-2 ミナミアオカメシ越冬可能地域予測モデルによる予測図の例

(左) 三重県における越冬可能地域予測 (2015年)。

(右) 広域の越冬可能地域予測 (2015年) 発生量を 0.01 頭/25 株に設定した場合の予測図。

越冬可能地域：図内の黄～オレンジ色に着色された地域 確率 5～10.

越冬困難地域：図中の水色～青色に着色された地域確率 0～5 未満。

体的には、調査地点ごとに、調査地点を含む3次メッシュの気象情報、地理情報を取得した。Pythonでプログラムを作成してデータ取得をすることで、「日平均気温の任意の期間の移動平均値」や「日平均気温が任意の気温未満となる日数」といった変数も加工してから取得することができる。取得したデータはcsvファイルでダウンロードすることもできるため、その後のモデル作成の作業をRでも行うことができる。そして、予測モデルを組み込んだPythonプログラムを用いてメッシュ農業気象データから3次メッシュごとに「予測結果」を算出し、GISソフトなどを利用して予測図が作成できる(図-2)。

### III 1 km-メッシュ農業気象データを利用した イネ稲こうじ病の薬剤散布適期判定システム

イネ稲(いな)こうじ病は、出穂したイネが黄熟期ころになると穂の朶に暗緑色の病粒が生じる病害である。我が国では2008～17年の10年間に10万haを超える発生が7回あり、近年は北海道を除く全国のどこかで多発生して問題となっている。このため、農林水産省は平成28年4月1日に指定有害植物49種の一つとして「いねの稲こうじ病菌」を指定した。本病の防除方法としては、薬剤散布が最も有効であるが、農薬のラベルには本田で散布してもよい期間が記載されているだけで、防除効果の高い時期の記載はない。このため、本病の防除適期は出穂前のごく短い期間に限られるにもかかわらず、農家では適期に散布できていない場合がほとんどであっ

た。そこで、農薬の適期散布を支援する目的で電子メールを自動配信できる、「1 km-メッシュ農業気象データ版薬剤散布適期判定システム」の概要について紹介したい。

#### 1 システムの概要

##### (1) 稲こうじ病の発生と散布適期の予測の原理

本病の発生予測は、出穂前30日間の降雨の頻度、土壌菌量およびイネの抵抗性程度のパラメータの値を利用して、株当たり病粒数(個)を計算するよう構築したモデル(芦澤, 2014)を導入している。散布適期の予測は、生育予測モデル(堀江・中川, 1990)の発育指数(Developmental Index; DVI)値を利用して、自動計算により各薬剤の散布適期のDVI値をあらかじめ登録し、設定値に達した日を判定するよう構築している。

##### (2) 操作手順

登録した電子メールアドレスとパスワードでシステムのウェブサイトからログインする。次に国土地理院の地図の画面もしくは航空写真の画面から目的圃場を選択後(図-3)、イネの品種名、移植日、平年の出穂期を選択してシステムに登録する。次に診断画面に遷移し、土壌菌量(もしくは近年の発生量)と薬剤の種類を選択し、配信を希望する電子メール情報にチェックを入れて登録する(図-4)。電子メールは、散布適期開始日と終了日だけでなく、出穂期40日前、幼穂形成期、出穂期ならびに設定した閾値を発生予測量が超過した日の合計6時期を登録でき、自動診断により登録者に配信される。なかでも薬剤散布適期開始日の情報が生産者にとって重要であ





図-3 1 km-メッシュ農業気象データを利用したシステムによる登録圃場（灰色のドット二つ）の表示例

り、本電子メールを受信後、圃場でイネの幼穂が1～5 cm 程度の長さであることを確認できれば防除適期であるので、ただちに農薬散布を実施する。この手順により、散布適期の短い本病を効果的に防除することが可能となっている。なお、稲こうじ病の発生予測値（株当たり病粒数）の計算期間内（幼穂形成期～出穂期）であれば、診断画面に当日から9日間先までの発生予測情報が表示されるので、当該年度の発生予測の推移を見ながら防除の有無を判断できる段階に入りつつある。なお、スマートフォンを利用した簡易版の本システムを開発中であり、実需者を中心に今後のより一層の普及が期待される。

### おわりに

本稿では、メッシュ農業気象データサービスの概要と、その虫害・病害分野での利用事例を紹介した。

農研機構では、水稻の白未熟粒の発生を高度な追肥の制御により抑制する技術や、胴割れ米の発生を回避する刈取適期の診断等、気象予測を活用した新しい栽培支援技術の開発に取り組んでいる。同時に、多種の作物を栽



図-4 イネ稲こうじ病の薬剤散布適期判定システムの診断画面（スナップショット）

培する担い手を支援するために、導入が進みつつある営農管理ソリューションに、高精度な発育予測機能をローコストで付加できるよう、Web-APIと呼ばれるICT技術を利用した発育予測サービスの開発にも取り組んでいる。

「はじめに」にも記した通り、研究・開発の目的であれば、メッシュ農業気象データは無償で利用できる。メッシュ農業気象データシステムのホームページ (<https://amu.rd.naro.go.jp>) から利用申請ができるので、気象予測の利活用に関心のある方は訪問していただきたい。

### 引用文献

- 1) 芦澤武人 (2014): 関東東山病虫害研報 61: 18～22.
- 2) 堀江 武・中川博視 (1990): 日作紀 59: 687～695.
- 3) 桐谷圭治 (2012): 農業環境技術研究所報告 31: 1～74.
- 4) 水谷信夫 (2013): 植物防疫 67: 595～601.
- 5) 大野宏之ら (2016): 生物と気象 16: 71～79.
- 6) 鈴木 賢・下 里緑 (2009): 関西病虫害研究会報 51: 103～104.
- 7) 湯川淳一・桐谷圭治 (2008): 植物防疫 62: 14～17.

## 農林水産省プレスリリース (2018.12.11～2019.1.10)

農林水産省プレスリリースから、病虫害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年度ウメ輪紋ウイルス対策検討会（第1回）」の開催について (18/12/10) /syokubo/181210.html

◆ 「第7回ジャガイモシロシストセンチュウ対策検討会議」の開催について (18/12/12) /syokubo/181212.html



# 気象予測値を用いた病害虫防除適期予測の精度向上

—カンシャコバネナガカメムシにおける精度検証—

気象庁 地球環境・海洋部	萱	場	互	起
沖縄県 農林水産部	永	山	敦	士
沖縄気象台	田	村	弘	人
沖縄県 農業研究センター	真	武	信	一

## はじめに

気象庁では「異常天候早期警戒情報」(2週先の顕著な天候の予測情報)や「1か月予報」といった週間天気予報よりも先の長期の予報とともに、それらの予報の基礎資料である全国約150地点を対象とした向こう2週間先までの7日間平均気温予測値と4週間先までの28日間平均気温予測値(それぞれ、2週間予測値、4週間予測値と示す)を提供している。さらに、極端な天候となった過去の事例を対象に、予測値を用いることの効果を定量的に評価して利用価値を確認できるように、現在の予測技術を用いて1981年まで遡って再予報した結果もあわせて提供している。これらは、気象庁ホームページ内の「気候リスク管理」ポータルサイト (<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/index.html>) から取得できる。

横山(2014)は、1985~2012年を対象に、平年値を用いた従来の水稲刈取適期予測の方法を4週間予測値に置き換えてシミュレーションし、観測値による結果との最大の誤差を4日から1日に改善でき実用上有効であると考察した。現在の国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構(以下、農研機構)の近畿中国四国農業研究センター(現在は西日本農業研究センター)では、小麦の開花日予測を対象に、1991~2010年のデータを用いて開花3週間前の時点で平年値を用いた方法を2週間予測値に置き換えて検証したところ、改善は20年中13年、改善は3年で、平均して1日程度改善でき有効性を確認した。さらに、高温となった2013年の事例では、

約2週間前の時点で3日程度改善的中したことを示し、無人ヘリコプターを用いた赤かび病の防除日の決定をより事前に決定できると考察した(気象庁・農研機構, 2016)。その他、各地の都道府県の普及センターや農業試験場においても、気温予測値の活用が広がってきている。

本稿では、まず、防除適期予測に利用する気温の4週間予測値のデータを気象庁ホームページからCSV形式で入手する方法を示した後、さとうきびの害虫であるカンシャコバネナガカメムシ(地域によってはガイダー、チンチバックと呼ばれる)の防除適期の予測を例として取り上げ、気温予測値を用いることの有効性を定量評価し、発生予察現場での具体的な活用について紹介する。

## I 気温の4週間予測値のデータアクセス方法とフォーマット

データアクセス方法を図-1に示し、以下解説する。

- ①気象庁ホームページ (<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>) から「各種データ・資料」タブを選択する。
- ②「気象情報を利用して気候の影響を軽減してみませんか?」を選択する。
- ③「2週目以降の気温の予測資料の紹介」を選択する。
- ④表示したページでは、異常天候早期警戒情報と1か月予報の基礎データである予測資料が選択できる。ここでは、「予測資料(1か月予報)」の「最新の確率予測資料(累積確率・確率密度分布図)」を選択する。
- ⑤確率予測資料(1か月予報)のページでは、地点を選択すると、予報対象期間における28日間の気温の予測値のほか、平年値、昨年の値、過去10年間の平均の値も表示される。
- ⑥確率予測資料のダウンロードボタンをクリックすると、表計算ソフトで加工が容易なCSVファイルでデータを取得することができる。

A Method using the Temperature Prediction to Predict the Proper Time of the Prevention of *Cavelerius saccharivorius*. By Nobuyuki KAYABA, Atusi NAGAYAMA, Hiroto TAMURA and Shinichi MATAKE

(キーワード:カンシャコバネナガカメムシ, 病害虫発生予察, 季節予報, 気温予測値)



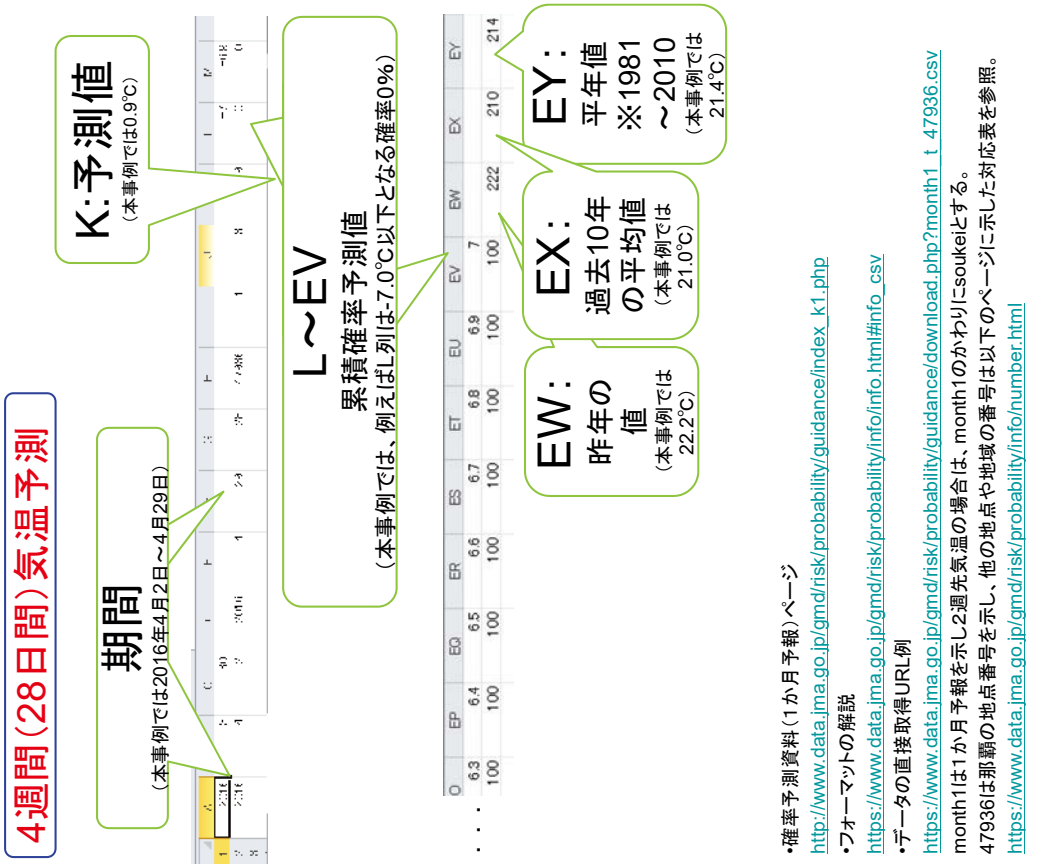


図-2 気温の4週間予測値のデータフォーマット

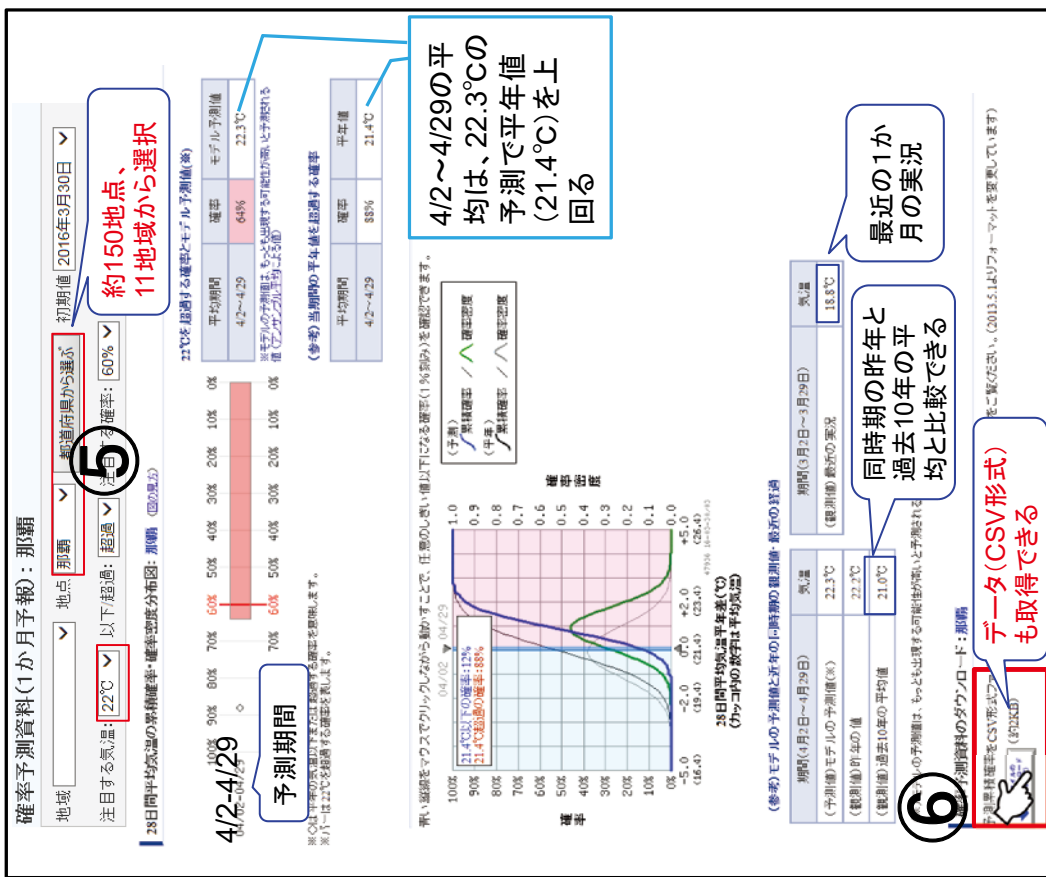


図-1 気温の4週間予測値のデータアクセス方法 (2/2)

データフォーマットを、解説ページとともに図-2に示し、以下解説する。

- 1 行目：データの作成日（初期日という）を示す。
- 2 行目を以下に示す。
  - ・ A 列から F 列：予測の対象期間の初日と終日を示す。
  - ・ K 列：予測値\*だが、10 倍した値を示している。単位は℃。
  - ・ L 列から EV 列：確率予測値で、1 行目で示した値以下の累積確率を示す。単位は%。
  - ・ EW 列, EX 列, EY 列：それぞれ対象期間における昨年、過去 10 年の平均、平年値（1981 から 2010 年の平均値）。10 倍した値を示している。単位は℃。

## II カンシャコバネナガカメムシと防除適期

本種は幼虫・成虫ともに葉鞘や未展開葉部に潜み、集団で吸汁加害し、多発生すると減収や品質の低下を引き起こす。1960 年代から南西諸島全域で問題となり、1974 年からは一斉防除が行われてきた。本種は年間 3 世代であり（図-3）、第 3 世代の雌成虫が 10 月下旬以降に産んだ卵は休眠し、2 月以降に生んだ卵は休眠しない

（Hokyo et al., 1983）。卵は農薬の効果が低く、防除は休眠卵がすべてふ化した時期が効果的であり、その時期は 2.5 齢期に相当する（藤崎, 1986）。玉城・宮良ら（未発表）は、本種の発育零点を 13℃、積算起点を 1 月 30 日として求めた有効積算温度（x）と平均齢期（y）の間には、 $y = -1.8036 + 0.00885x$  という関係があることを明らかにしている。この関係式から 2.5 齢期（y）の有効積算温度（x）を計算すると 486.3 日度となる。このことから沖縄県では有効積算温度が 480 日度となる時期を本種の防除適期の目安として技術指導を行っている。

## III 調査の方法

調査対象は、那覇における 1981～2017 年（予測値が存在しない 2011 年は除外した）とした。用いたデータは、気象庁の地上気象観測値と平年値、2 週間と 4 週間の平均気温の再予報（現在の数値予報モデルを用いて、過去に遡った事例を対象に実施した予測結果で、例えば 1981 年の事例を対象とした予報の評価ができる。多くの事例で評価すれば、数値予報モデルの予測精度と予測特性を統計的に把握できる）結果である。なお、データ

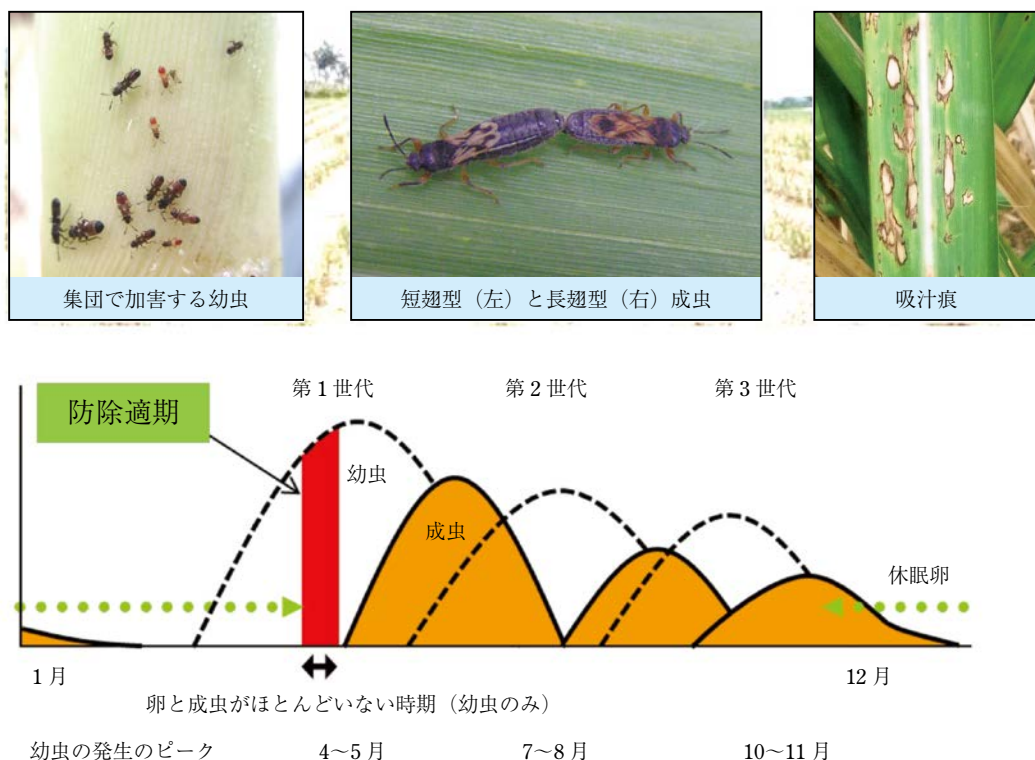


図-3 カンシャコバネナガカメムシと防除適期の考え方  
赤い部分が最も薬剤散布に適した時期をあらわす。

\*ここでの予測値は、確率予測値におけるもっとも出現する可能性が高いと予測される値を意味する。

表-1 予測値を用いた場合、平年値を用いた場合のシミュレーションの方法と防除適期の算出方法

	起算日 (2/1)	予測日 (3月下旬ころ)	予想日 (480日度)
平年値を用いた場合 (従来の方法)	観測値	平年値	
予測値を用いた場合	観測値	予測値	平年値
防除適期	観測値		

は図-1 で示した気候リスク管理ページの「過去の気温予測データ」を利用した。調査方法は、起算日を2月1日として発育零点を13℃とした有効積算温度(表-1)と、予測期間(予測日を3月上旬から4月上旬に設定)中の気温を予測値と平年値、観測値を用いて算出したシミュレーション結果を比較した。

図-4 に、観測値から求めた有効積算温度の推移を示す。480日度(防除適期に相当)に達した日は、1998年の4月10日が最も早く、最も遅い5月5日(1986年)に比べ約4週間早い。図-5では、起算日を2月1日として発育零点を13℃とした有効積算温度を示したが、近年は防除適期が極端に早くなる年もあることが示されている。

#### IV 結果と考察

1981~2010年を対象に、4週間予測値、2週間予測値を用いた結果をそれぞれ図-6、図-7に示す。平年値を用いた場合での防除適期との差は大きい。予測日が3月22日では、防除適期との誤差の最大は、平年値では+7日だが、4週間予測値を用いると+4日、2週間予測値では+5日である。3月12日の場合でも予測値を用いることで3日に改善される。4月2日での誤差の最大は、平年値では+5日(極端な高温時)や-6日(極端な低温時)といった誤差の大きな年においても、2週間予測値を用いることで改善がみられ、極端な高温による適期の見逃しリスクを2日以下に抑えることができる。

3~4月にかけて高温となった2016年では、2週間予測値や4週間予測値は実況の傾向を捉えている(図-8)。図-9から、防除適期の予測について、平年値を用いると予測開始日の違いによってばらつくが、予測開始日が3月5日では、4週間予測値を用いると3日改善し、その後もばらつきの幅が小さく改善でき、的中している場合もあることがわかる。

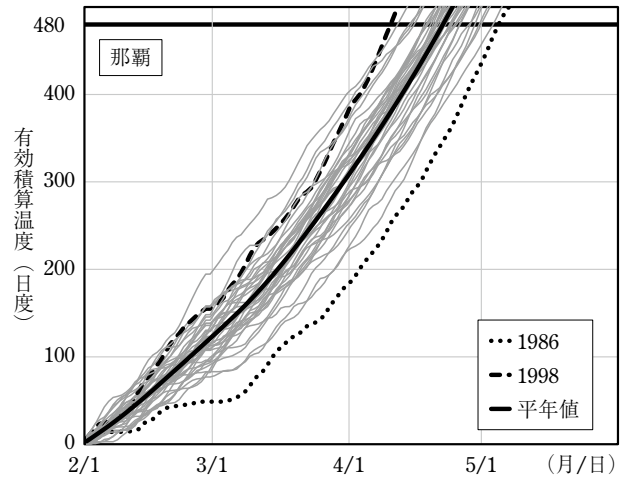


図-4 那覇における各年の有効積算温度の推移の比較(1981~2017年)

発育零点を13℃とした有効積算温度が480日度に達した年で最も早い(1998年)または遅い(1986年)年は点線とした。黒線は平年値を用いた推移を示す。

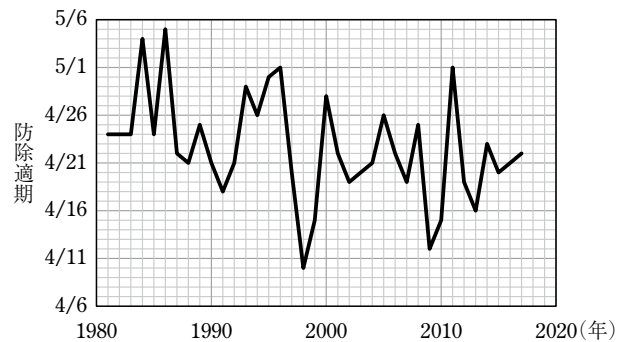


図-5 起算日を2月1日として発育零点を13℃とした有効積算温度が480日度となる日の推移(1981~2017年)

沖縄県発生予察で参考にする防除適期の方法を用いた結果を示す。

#### おわりに

本調査により、気象予測値を用いるとよりの確な防除適期に関する情報を提供できることが検証できた。沖縄県で3月下旬ころに実施するカンシャコバネナガカメシの防除適期予測では、気象庁の地上気象観測所のデータを用いており、日別の実況値と予測部分については平年値を用いていた(表-1)。本調査の成果も踏まえて、平成26年からは本防除適期予測に平年値のかわりに2週間予測値や4週間予測値を利用し、情報を提供している。その結果極端な高温の際は約3日程度精度がよくなり、防除適期の見逃しリスクの軽減につなげることができる。生産者は、より効果的な薬剤散布の実施と適切な防除計画(薬剤や機材・機器等の在庫管理、人員配置)

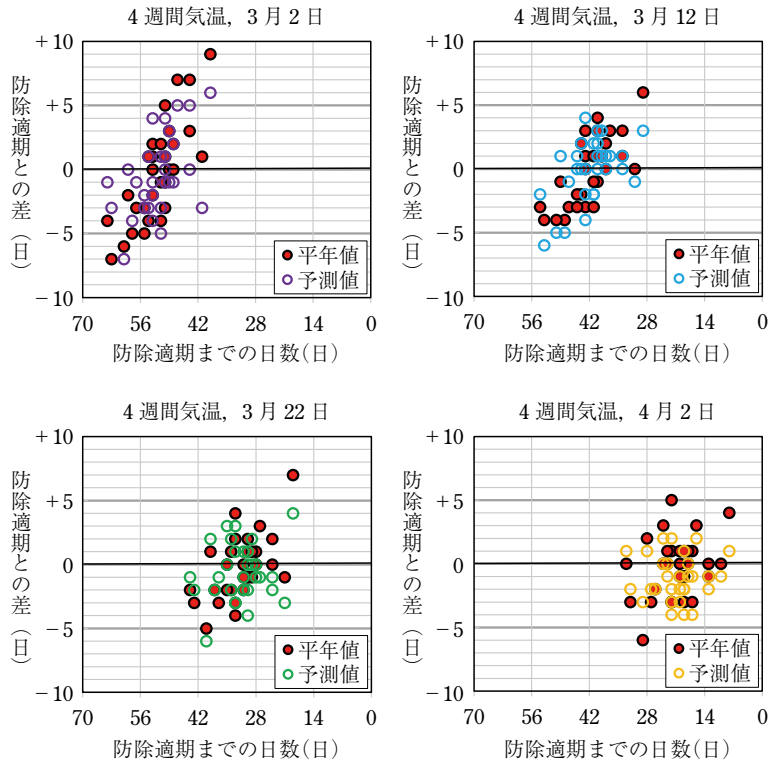


図-6 防除適期までの日数に対応した4週間予測値を用いた場合、平年値を用いた場合のそれぞれのシミュレーションの防除適期との差  
赤丸は平年値を用いた場合、○は4週間予測値を用いた場合で、色の違いは予測開始日に対応している。調査期間は1981~2010年。

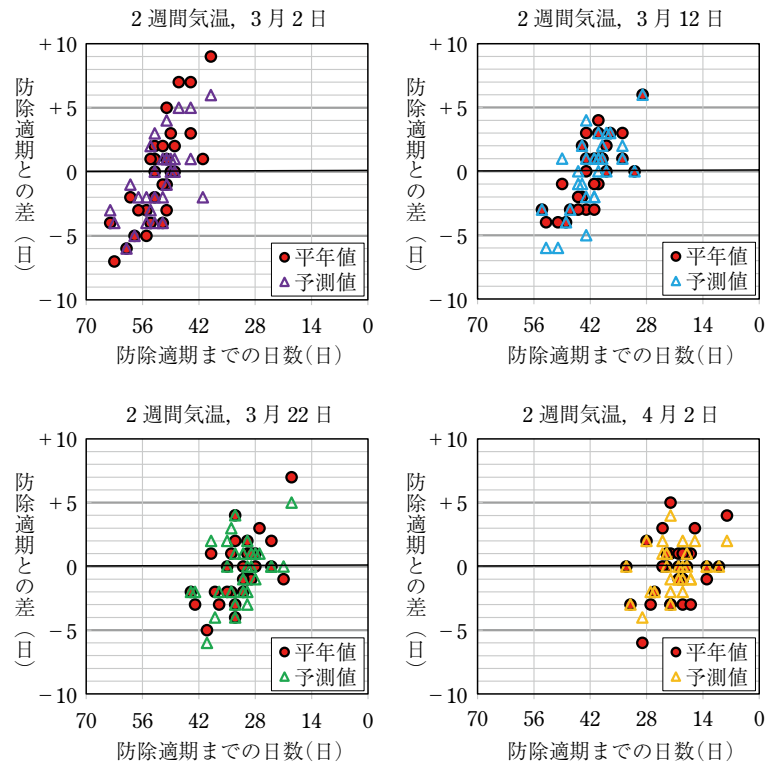


図-7 図-6と同じ、ただし2週間予測値を用いた場合

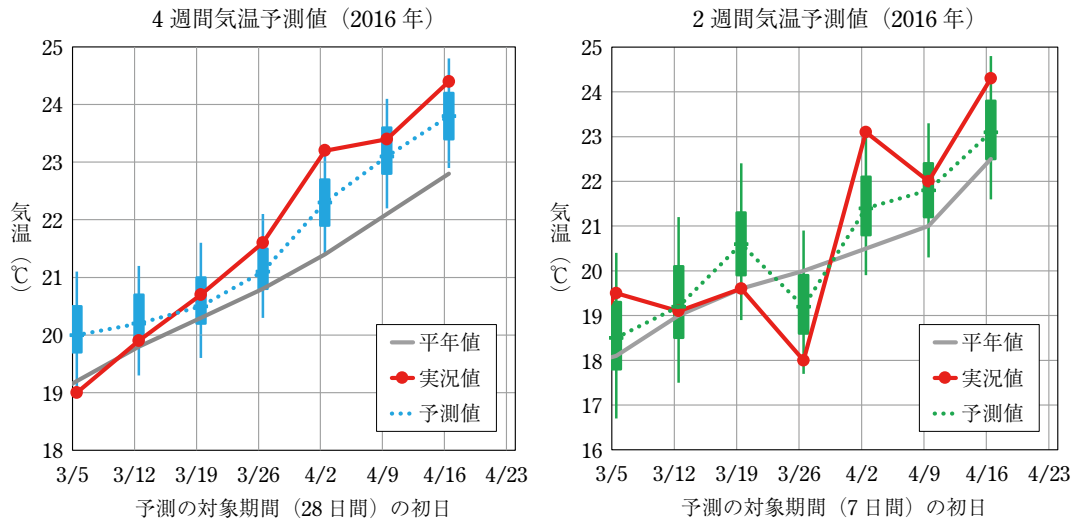


図-8 気温の予測と実況の比較 (2016年)  
 横軸は予測期間の初日、縦軸は気温を示す。赤は実況値、灰色は平年値を示す。青色または緑色の箱ひげ図は予測値で点線はアンサンブル平均値を示す。箱ひげ図については、棒は10~90%、箱は30~70%の範囲を示す。左図が4週間予測値 (28日間平均)、右図が2週間予測値 (7日間平均)。

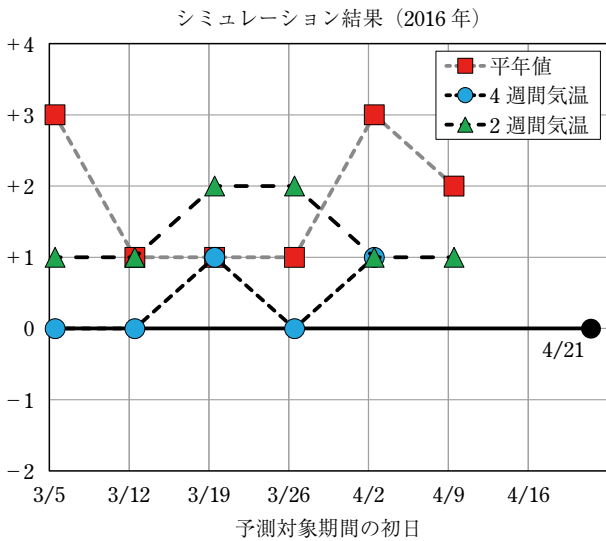


図-9 防除適期とシミュレーション結果の比較 (2016年)  
 横軸は予測期間の初日、縦軸はシミュレーション結果と防除適期の差を示す。防除適期は4月21日で黒丸で示した。赤四角は平年値、青丸 (4週間気温を用いた) と緑三角形 (2週間気温を用いた) は予測値を用いたシミュレーション結果を示す。ただし、4週間気温では4月2日までを示す。

を策定できる。同様に、山形県、新潟県、香川県では水稲の刈り取り適期、山梨県では果樹のモモの開花日の予測において、従来の平年値を用いた予測を気温予測値に置き換えた方法で予測しているなど、技術情報を提供する事例が広がりつつある。気象予測値を活用した長期予報は、目先の異常天候に早期に対応するための警戒情報を提供するだけでなく、生育予測や病害虫発生予察と

いった定量的な予測にも役立つことが実証されている。地球温暖化などに伴う異常気象によるリスクの増大によって、病害虫発生時期の早期化のみならず、これまでに経験したことのない極端に早い時期の発生も懸念される。天候が平年から大きく異なる場合に防除適期が適切に予測できることは、気温の予測値を用いる手法の大きな利点である。桐谷 (2012) は、400種類以上の昆虫などについて発育零点と有効積算温度定数を示しており、今回紹介した調査は他の害虫にも応用できると考える。平年値を用いた予測や経験や勘だけではなく、最新の気象情報も利用した対応が有効であるので、本調査も参考にぜひ気象情報を活用して欲しい。

予測技術の向上により長期予報の利用可能性も増大している一方、具体的に活用している例はまだ少ない。このため、気象庁では、気象情報の作成者と利用者が協力し成功事例を創出することと、同情報の利便性を向上させることに取り組んでいる。長期予報そのものの改善に係る取り組みとして、2019年6月頃からは、2週間気温予報などの運用を開始することを計画している。全国主要地点について2週間先の5日間平均した最高・最低気温の予報を毎日行い、気象庁HPにおいて過去の実況から時系列的に一括表示を行う予定である。また、平均・最高・最低気温の各5日間平均の気温確率予測値をCSV形式で気象庁HPから毎日提供する予定である。気象情報の予測精度と利便性は日々向上している。気象データの取り扱いに日ごろから慣れ親しんでいただくことにより、事前に極端な天候が予想された際に迅速かつよ



り効果的な対応ができる。病害虫防除現場における利活用のきっかけにいただければ幸いです。

引用文献

- 1) 藤崎憲治 (1986): 植物防疫 40(7):333~338.
- 2) HOKYO, N. et al. (1983): Appl. Ent. Zool. 18(3): 382~391.
- 3) 桐谷圭治 (2012): 農環研報 31: 1~74.
- 4) 気象庁・国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 (2016): 気候予測情報を活用した農業技術情報の高度化に関する研究, p.18~21.
- 5) 横山克至 (2014): 東北の農業気象 58: 1~6.



新しく登録された農薬 (2018.12.1~12.31)

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」

- イミダクロプリド・フルオピラム粒剤  
24168：ビーラムプラス粒剤（バイエルクロップサイエンス）18/12/5  
イミダクロプリド：0.3%  
フルオピラム：0.5%  
かんしょ：ネコブセンチュウ，コガネムシ類：植付前
- シアントラニリプロール水和剤  
24174：丸和エクシレルSE（丸和バイオ）18/12/19  
シアントラニリプロール：10.2%  
ぶどう：チャノキイロアザミウマ，ハスモンヨトウ，ケムシ類：収穫前日まで  
かんきつ：アゲハ類，ケムシ類，ハマキムシ類，アザミウマ類，ミカンハモグリガ，ミカンキジラミ，ヨモギエダシャク，ケシキスイ類，ゴマダラカミキリ成虫，チャノミドリヒメヨコバイ，コアオハナムグリ，ハスモンヨトウ：収穫前日まで  
かんきつ（苗木）：アゲハ類，ミカンハモグリガ，ゴマダラカミキリ成虫：育苗期  
茶：ヨモギエダシャク，チャハマキ，チャノコカクモンハマキ，チャノホソガ，チャノミドリヒメヨコバイ，チャノキイロアザミウマ，マダラカサハラハムシ，ハスモンヨトウ：摘採7日前まで  
りんご：ハマキムシ類，シンクイムシ類，ヒメボクトウ，キンモンホソガ，ギンモンハモグリガ，ケムシ類，ヨモギエダシャク，オオタバコガ：収穫前日まで  
もも・ネクタリン：ハマキムシ類，ケムシ類，モモハモグリガ，シンクイムシ類：収穫前日まで  
なし：ハマキムシ類，シンクイムシ類，ヒメボクトウ，ケムシ類，ワタアブラムシ：収穫前日まで  
おうとう：ハマキムシ類，ケムシ類，オウトウショウジョウバエ，チャノキイロアザミウマ，コスカシバ：収穫前日まで  
あんず：ケムシ類：収穫7日前まで  
すもも：シンクイムシ類，ケムシ類：収穫14日前まで

「除草剤」

- イマズスルフロン・ピリミノバックメチル・フェンキノトリオン粒剤  
24165：マスラオ1キロ粒剤（住友化学）18/12/5  
イマズスルフロン：0.9%  
ピリミノバックメチル：0.6%  
フェンキノトリオン：3.0%

- 移植水稻：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，オモダカ，クログワイ，コウキヤガラ，アオミドロ・藻類による表層はく離
- 直播水稻：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，アオミドロ・藻類による表層はく離
- イマズスルフロン・ピリミノバックメチル・フェンキノトリオン粒剤  
24166：マスラオジャンボ（住友化学）18/12/5  
イマズスルフロン：4.5%  
ピリミノバックメチル：3.0%  
フェンキノトリオン：15.0%  
移植水稻：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，オモダカ，クログワイ，コウキヤガラ，アオミドロ・藻類による表層はく離
- 直播水稻：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，アオミドロ・藻類による表層はく離
- イマズスルフロン・ピリミノバックメチル・フェンキノトリオン水和剤  
24167：マスラオフロアブル（住友化学）18/12/5  
イマズスルフロン：1.7%  
ピリミノバックメチル：1.2%  
フェンキノトリオン：5.8%  
移植水稻：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，オモダカ，クログワイ，コウキヤガラ，アオミドロ・藻類による表層はく離
- 直播水稻：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，アオミドロ・藻類による表層はく離
- シメトリン・ピリミスルファン・フェンキノトリオン粒剤  
24169：ツイゲキ1キロ粒剤（クミアイ化学工業）18/12/5  
シメトリン：3.0%  
ピリミスルファン：0.75%  
フェンキノトリオン：2.5%  
移植水稻：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，オモダカ，クログワイ，コウキヤガラ

(51 ページに続く)

植	物	
防	疫	
講	座	

## 病害編-14

## さび病菌の生態と防除

筑波大学生命環境系 やま おか ゆう いち  
山 岡 裕 一

## はじめに

サビキノは担子菌類サビキノ目 (Pucciniales) に属する植物の絶対寄生菌で、「Dictionary of Fungi 第10版」(KIRK et al., 2008) では、世界で14科166属約7,798種が存在するとされており、日本では約800種のサビキノが報告されている (HIRATSUKA et al., 1992)。シダ類 (ヒカゲノカズラ植物・シダ植物)、裸子植物、被子植物等、様々な植物に寄生し、コムギ、トウモロコシ、ダイズ、ナシ、リンゴ、キク、マツ、ユーカリ等、経済的に重要な作物や樹木に深刻な被害を引き起こしている。

菌類は、一般的に有性世代と無性世代を有することが知られているが、サビキノの胞子世代はより複雑で、1種が最大で四つの形態的、機能的に異なる胞子世代と5種類の胞子 (精子、さび胞子、夏胞子、冬胞子、担子胞子) を形成する。単相世代の担子胞子の感染により精子器やさび胞子堆原器、受精毛が形成される。精子は厳密には胞子ではなく、単相世代の配偶子で、受精毛との間の交配に使用される。さび胞子は、交配によって形成された2核 (重相) 菌糸から形成される胞子で、さび胞子が感染すると夏胞子が形成される。さび胞子の感染により再びさび胞子が形成されることはない。夏胞子は、同じく重相世代の胞子だが、同じ宿主植物に感染すると再び夏胞子が形成され、唯一同じ植物上で繰り返し感染することができる胞子世代である。そのため、夏胞子世代が発生した宿主植物上では、感染に必要な環境条件が続く限り感染被害が拡大していく。冬胞子は、夏胞子と同様に重相世代の菌糸から形成される。一般に温帯に生息する *Puccinia*, *Uromyces* 属等のさび病菌の多くは、冬胞子で越冬する。春になり休眠が解けると胞子細胞内で核融合 (複相) が起こり、発芽して担子器を形成し、減数分裂を起こして担子胞子 (単相) が形成され、新たな生活環が始まる。

また、生活環を全うするのに系統的に關係の遠い2種

Ecology and Control of Rust Fungi on Crops and Vegetables.

By Yuichi YAMAOKA

(キーワード: Pucciniales, コムギ, トウモロコシ, ダイズ, ネギ)

類の植物 (それぞれを精子・さび胞子世代宿主、夏胞子・冬胞子世代宿主と呼ぶ) を必要とする異種寄生種と1種の植物で全うできる同種寄生種が存在する。さらには、すべての胞子世代を有する長世代型的生活環を持つ種、夏胞子世代を欠く類生型、さらに精子・さび胞子世代も欠いた短世代型の種も存在する等、種によって生活環が非常に多様であるという特徴がある。前述のように同じ植物上で感染を繰り返し被害を拡大するのは主に夏胞子によるが、短世代型の場合、冬胞子が発芽して形成された担子胞子が同じ植物に感染し、再び冬胞子が形成されるため、事実上同じ植物上で感染を繰り返し、増殖することになる。異種長世代型生活環の例として、図-1にコムギ赤さび病菌 (*Puccinia triticina*) の生活環を示した。

さび病菌は絶対寄生菌で、生活するためには生きてい植物体が必要であり、宿主植物が枯死した後は、それを腐生的に利用することはできず、休眠しなければならない。一般的には、冬胞子で越冬し感染可能な宿主植物がない季節を乗り切る。しかし、中にはシソやフキのさび病菌を含む *Coleosporium* 属菌のように、冬胞子は夏の間に形成されると休眠することなく発芽し、担子胞子がマツ類の針葉に感染し、単相世代の菌糸で越冬する場合もある。また、マツのこぶ病菌 (*Cronartium orientale*)、ビャクシンさび病菌 (*Gymnosporangium* spp., ナシの赤星病菌などの冬胞子世代) 等の樹木に寄生するさび病菌の場合、一度感染するとその組織内に定着し、以後ほぼ毎年胞子を生産する種類も存在する。

また、さび病菌は一般的に、宿主特異性が高く、それぞれの種の宿主範囲は狭い。しかし、さび病菌の種によっては、多数の宿主がリストされているものもあるが、形態的に識別困難な集団は同種として扱い、その中に寄生性が異なる (宿主範囲の異なる) 分化型が存在する場合もある。一方、ダイズさび病菌のように、一つの菌糸が多数の宿主に感染可能な、非常に宿主範囲が広い種も存在する。さび病菌は、種によって生活環や寄生性に関する特性が異なる。それぞれの種の特性を理解し、第一次感染源となる中間宿主の除去などの生態的防除を行う

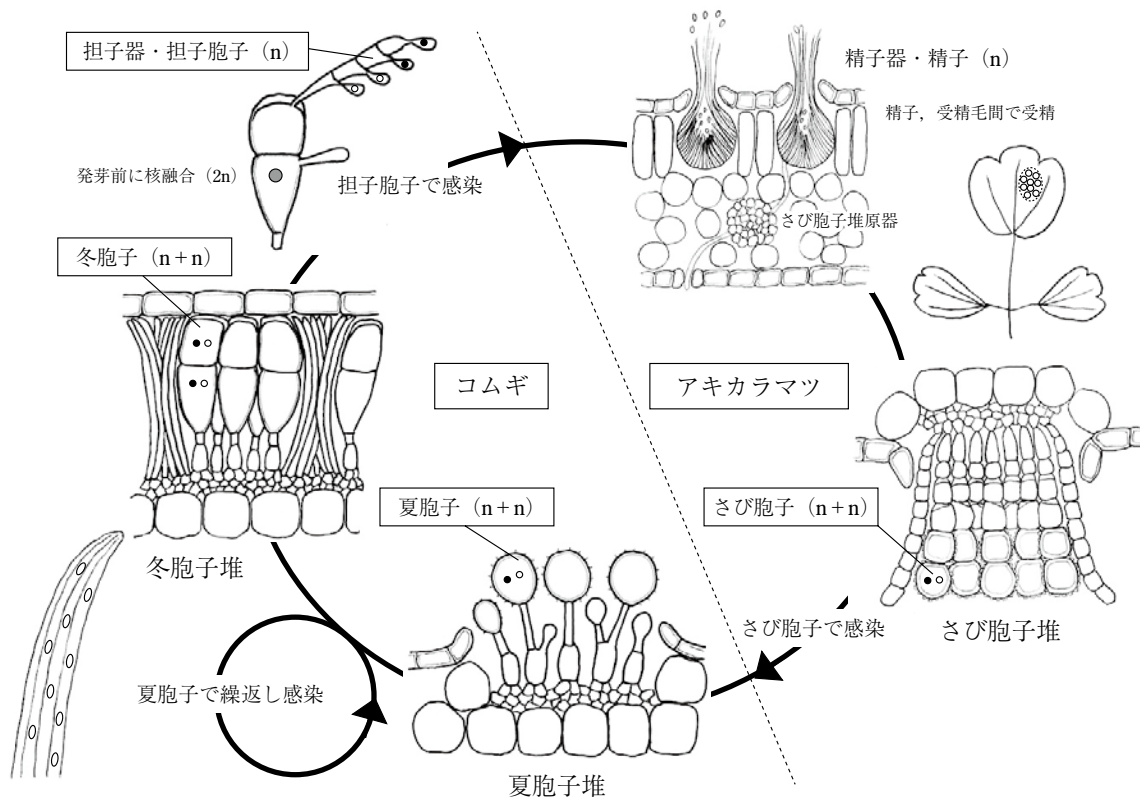


図-1 コムギ赤さび病菌 (*Puccinia triticina*) の生活環 (異種長世代型)

必要がある。

前述のように、さび病菌は様々な植物に寄生しているが、本稿では、食用作物と野菜の主要なさび病菌の生態と防除について概説する。

## I 食用作物の主要なさび病

### 1 ムギ類のさび病

ムギ類には複数のさび病が発生する。生活環がわかっているものはいずれも異種長世代種で、ムギ類上で夏胞子・冬胞子世代が形成される。コムギには赤さび病、黒さび病、黄さび病の3種が発生する。世界的にはコムギ黒さび病が最も有名であるが、日本では、赤さび病のほうが一般的である。その他に、オオムギには小ささび病、黒さび病、黄さび病の3種が、ライムギには赤さび病、黒さび病、黄さび病の3種が、エンバクには冠さび病、黒さび病の2種が発生する。

コムギ赤さび病の病原菌は、異種長世代種の *Puccinia triticina* である。形態的に類似するライムギ赤さび病菌やその他のイネ科植物に寄生する菌系もまとめて *P. recondita* 1種とし、そのうちコムギに寄生性が分化した集団を分化型 *P. recondita* f. sp. *tritici* とする考え方もある。分子系統解析の結果、詳細な形態比較、寄生性の分化(精子・さび胞子世代宿主も含む)に関する情報に基

づく、コムギ赤さび病菌は、その他の集団から識別できると考えられる (ANIKISTER et al., 1997; LIU et al., 2013)。コムギ赤さび病菌の精子・さび胞子世代は、キンポウゲ科カラマツソウ属 (*Thalictrum*) 植物上で形成される。夏胞子堆は楕円形、赤褐色、粉状で葉、特に葉身に形成される (図-2a)。夏胞子は広楕円形または倒卵形、黄褐色から肉桂褐色、単胞で表面が刺状突起で覆われる (図-2b)。この夏胞子が繰り返しコムギに感染し被害を拡大していく。秋蒔きのコムギの場合、春になって夏胞子堆が次第に増加し、出穂期ころから発病が目立つようになる。日本では、中間宿主のカラマツソウ属植物に形成されたさび胞子による感染よりも、コムギ上で夏胞子世代で越冬し、形成された夏胞子が春の伝染源になっていると考えられる。登熟期になると、表皮下に楕円形、黒褐色、痂状の冬胞子堆が形成される (図-2c)。冬胞子は棍棒状、肉桂褐色、2細胞で短い柄を有する (図-2d)。

コムギ赤さび病菌の種内には、病原性の異なるレースが存在する。特に北海道では様々なレースが分布しているとの報告がある (OKAMOTO et al., 1994)。本菌に対する抵抗性遺伝子も多数発見されており、またそのいくつかは日本産レースに対して有効であるとの報告もある (<http://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/>

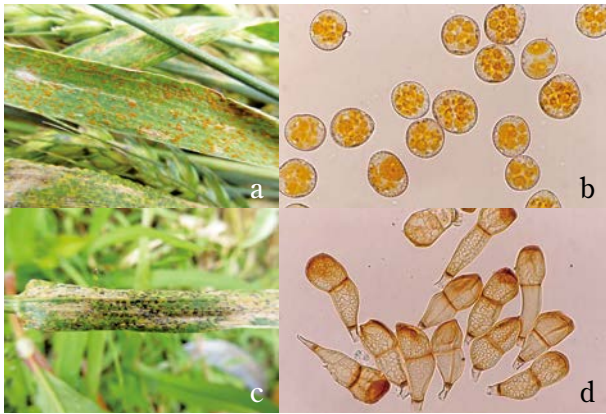


図-2 コムギ赤さび病菌の夏胞子・冬胞子世代  
a: コムギ上の夏胞子堆, b: 夏胞子, c: コムギ上の冬胞子堆, d: 冬胞子.

H11/tnaes99048.html)。分布するレースに対して有効な抵抗性遺伝子を保有する品種を活用することは重要な防除法の一つである。

薬剤による防除では、テブコナゾール、プロピコナゾール等のDMI剤、クレスキシムメチルなどのQoI剤、硫黄剤などが有効とされている (<https://www.jacom.or.jp/series/images/seri1309130707.pdf>, 米山ら, 2018)。

コムギ黒さび病の病原菌は異種長世代種の *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* である。海外のコムギ産地では本菌による被害が最も重要視されている。本種は、コムギのほか、オオムギ、ライ麦、エンバクを始め多数のイネ科植物を宿主とすることが知られているが、種内に寄生性を異にする分化型が存在する。しかし、コムギに寄生する系統 (*P. graminis* f. sp. *tritici*) は、コムギのほかオオムギにも寄生し、まれにライムギやその他のイネ科植物にも寄生することが知られている。また、この集団を亜種として区別する (*P. graminis* subsp. *graminis*) 考え方もある。

精子・さび胞子世代はメギ科メギ属植物上で形成される。夏胞子堆は細長く、肉桂褐色、粉状で、主に葉鞘や茎に形成される (図-3a)。夏胞子は長楕円形、黄褐色から褐色、単胞で赤道面に4~5個の発芽孔があり、表面は刺状突起で覆われる。夏胞子が繰り返しコムギに感染し被害を拡大していくが、日本では激しい発病はムギの成熟後期になって発生する。冬胞子堆は細長く、黒褐色、粉状で、冬胞子は楕円形から長楕円形、栗褐色、2細胞で、先端の壁が厚く、胞子の長径とほぼ同じかやや長い柄を有する。

この分化型内には病原性の異なるレースが存在することが知られている。多くの抵抗性遺伝子が発見されており、それらの遺伝子を活用した抵抗性品種も多く存在す



図-3 コムギ黒さび病菌および黄さび病菌の病徴  
a: コムギ黒さび病菌の夏胞子堆, b: コムギ黄さび病菌の夏胞子堆, c: コムギ黄さび病菌の冬胞子堆.

る。その地域に分布するレースを把握して適切な抵抗性品種を利用する必要がある。しかし、20世紀の終わりに、アフリカおよび中東地域で出現した強病原性レース Ug99 とそれと近縁なレースのように、その当時の既知のコムギ黒さび病菌抵抗性遺伝子のほとんどを打ち破る能力を有するレースが、突然出現することもある (SINGH et al., 2011)。生態的防除法の一つとして中間宿主の除去がある。米国ではコムギ黒さび病菌の主要な中間宿主であるセイヨウメギ (*Berberis vulgaris*) の除去を広範囲で行った。それによって、コムギ黒さび病発生頻度や激しさが低減されたが (ROELFS, 1985)、完全に病害を防ぐことはできなかった。その原因としては、地域によってコムギ上で夏胞子世代で越冬し、翌年の感染源となることができるためである。日本においては、メギ属植物から飛来するさび胞子ではなく、夏胞子が主な第一次感染源となっていると考えられている。薬剤による防除については、赤さび病と同様である。

コムギ黄さび病の病原菌は異種長世代種の *Puccinia striiformis* である。コムギのほか、オオムギ、ライムギ、他のイネ科植物を宿主とする。本種の場合も寄生性が異なる分化型が存在し、コムギに寄生する分化型は、コムギに対する特異性が比較的高いとされている。しかし、コムギ、オオムギ上から採取した系統がマウンテンブロムグラス、アオカモジグサ、カモジグサ、イヌムギに寄生するとの報告もあり (尾添・川本, 1960)、これらのイネ科植物が感染源になる可能性はある。長年、精子・さび胞子世代宿主が不明であったが、メギ属植物上であることがわかった (JIN et al., 2010)。しかし、日本国内では確認されていない。夏胞子堆は橙黄色、粉状で、コムギ葉の葉脈に沿った萎黄条斑上に並ぶ (図-3b)。夏胞子は

広楕円形または倒卵形、淡黄色、単胞で表面が刺状突起で覆われる。冬胞子は長棍棒状、栗褐色、2細胞で短い柄を有し、コムギさび病菌冬胞子の形態に類似する。

他の2種のコムギのさび病菌に比べて低温を好み、発病が確認されてから周辺にまん延する速度が速く、収量に大きな影響を与えることがあり、発病初期での防除が特に重要である。上記2種同様、種内に多数のレースの存在が知られており、防除のためには、適切な抵抗性品種の利用や薬剤による防除が必要である。

その他のムギ類のさび病として、オオムギ小さび病 (*P. horiana*)、ライムギさび病 (*P. recondita*)、エンバク冠さび病 (*P. coronata* f. sp. *avenae*) が、日本で発生する。オオムギ小さび病菌とライムギさび病菌は異種長世代種で、前者は、キジカクシ科オオアマナ属、後者はムラサキ科ウシノシタグサ属植物を精子・さび胞子世代として利用している。エンバク冠さび病菌も異種長世代種であると考えられているが、精子・さび胞子世代は不明である。しかし、いずれの種も、日本では夏胞子世代で越冬し、夏胞子が主な第一次感染源として機能していると考えられている。

## 2 トウモロコシのさび病

トウモロコシには、*Puccinia sorghi* と *P. polysora* の2種が寄生し、前者により引き起こされる病気をさび病、後者による病気を南方さび病と呼んでいる。両菌とも、トウモロコシ上で、夏胞子・冬胞子世代を過ごす。

*Puccinia sorghi* の夏胞子堆は葉の両面に形成され、肉桂色粉状、夏胞子は広楕円形から広倒卵形、黄金褐色から肉桂色、赤道面に3~4個の発芽孔があり、表面は刺状突起で覆われる。秋になると黒褐色の冬胞子堆が形成される。冬胞子は2細胞で長楕円形から倒卵形で、先端部の壁は厚く、長い柄を有する。異種長世代種で、精子・さび胞子世代宿主はカタバミ科カタバミ類である。北海道から沖縄まで発生する。

*Puccinia polysora* の夏胞子堆は *P. sorghi* に似るが小型で、夏胞子はやや大きく、楕円形から倒卵形、黄金色から黄色、表面は刺状突起で覆われる。冬胞子堆は小型で黒褐色、表皮に覆われている。冬胞子は2細胞で楕円形から長楕円形、壁はほぼ均一で薄い。柄は胞子の長径とほぼ同じか短い。異種長世代種と考えられているが、精子・さび胞子世代の宿主は不明である。日本では主に沖縄、九州、四国で発生する。初発は6月ころからとされており、ウンカ類同様、下層ジェットにより海外から飛来している可能性が示唆されている (西ら, 1998)。

## 3 ダイズさび病

ダイズさび病の病原菌として、*Phakopsora pachyrhizi*

と *P. meibomia* の2種が知られている。前者は東アジア起源、後者は中南米起源とされている。日本では、特に関東以西で *P. pachyrhizi* によるさび病が発生することがあるが、夏の終わりから秋になってから発生が顕著になり、収穫に影響が出るほどの被害はほとんどない。しかし、早めに発病が始まり夏胞子が繰り返し感染して被害が拡大すると、葉は黄化し落葉する (図-4a, b)。現在 *P. pachyrhizi* は、世界のダイズ生産にとって大きな脅威になっている。*P. pachyrhizi* は、インド、アフリカに侵入後、2001年にはパラグアイとブラジルに、2003年にはアルゼンチンに侵入し、ダイズ生産に大きな被害を与えた (IVANCOVICH, 2005; YORINORI et al., 2005)。2004年には北アメリカにも侵入が確認され (SCHNEIDER et al., 2005)、世界のダイズ主要産地が本菌の脅威にさらされることとなったためである (GOELLNER et al., 2010)。後述のように、第一次感染源は夏胞子と考えられるため、日本においても温暖化が進み、夏胞子の越冬が可能になると、初夏からの感染、その後の感染拡大が懸念される。

*P. pachyrhizi* は、ダイズ上で夏胞子・冬胞子世代を形成するが、精子・さび胞子世代は不明である。夏胞子堆 (図-4c, d) は半球形で淡褐色、淡黄褐色から赤褐色の病斑上に数個形成される。夏胞子堆は基部が接着して壁状になった糸状体に囲まれており、胞子堆中央に糸状体で囲まれた孔が形成され、そこから夏胞子が放出される。夏胞子は球形から楕円形、淡黄色、単胞で、表面は刺状突起で覆われる。冬胞子堆 (図-4e, f) は暗赤褐色から黒褐色、痂状で、表皮下に形成され、始め黄褐色、後に黒褐色になり、単細胞の冬胞子が、石垣状に数層の塊を形成する。冬胞子は越冬後に発芽して担子胞子を形成する。日本で発生が遅いのは、冬胞子が形成され越冬しても、翌春担子胞子が感染可能な植物がなく生活環を回すことができず、外部から新たに夏胞子が飛来し感染しなければならぬためと考えられる。一方、南米で被害が拡大した原因の一つとして夏胞子で越冬できる環境がそろっていたためである。マイルドの冬の気候のため、圃場やその周辺、道路脇に落下した種子が発芽したダイズ苗や野生植物も含むその他のマメ科植物上で夏胞子世代で越冬することが可能であった。

さび病菌は前述の通り、一般的には宿主範囲が狭いが、*P. pachyrhizi* は例外的で、様々なマメ科植物上で夏胞子・冬胞子世代を形成する。ONO et al. (1992) は、自然宿主としてはマメ科植物の17属31種が、人工接種によりさらに26属60種が本菌の宿主植物となることを報告した。その後、北米での調査が進み、これまでに54属158種のマメ科植物が本菌の宿主となることが報



図-4 ダイズさび病菌の夏胞子・冬胞子世代

a: ダイズさび病の被害を受けたダイズ圃場, b: 罹病ダイズ, c: ダイズ葉上の夏胞子堆, d: 夏胞子堆の切片像, e: ダイズ葉上の冬胞子堆, f: 冬胞子堆の切片像。

告されている (KELLY et al., 2015)。日本では、栽培ダイズのほか、野生植物のクズ (*Pueraria lobata*)、タイワンクズ (*P. montana*) およびツルマメ (*Glycine soja*) 上で見られ (HIRATSUKA et al., 1992)、特にクズ上では普通に見られる。また、同じ菌系が栽培ダイズとクズ等の野生植物の両方に寄生し、ダイズ上と野生植物上に共通するレースが存在することも確認されており (YAMAOKA et al., 2014)、ダイズ以外のマメ科宿主植物が感染源となることは確実で、その除去が防除のための重要な課題の一つである。

日本では、あまり被害が発生しないため、精力的な防除が行われることは少ないが、ダイズの主要産地では、トリアゾール系殺菌剤 (DMI 剤) とストロビリリン系殺菌剤 (QoI 剤) の利用、抵抗性主導遺伝子を利用した抵抗性品種の利用、宿主となる野生植物の除去、冬期の圃場からの自生ダイズの除去等、様々な防除法を組合せた総合防除が試みられている。しかし、南米で本病病害が問題になって以来、DMI 剤、QoI 剤の効果が高かったことから盛んに使用されていたが、近年その効力の低下

(薬剤耐性菌の出現) が問題となっている。現在効果を発揮している SDHI 剤では、まだ薬剤耐性菌の出現に関する報告はないが、警戒が必要である (LANGENBACH et al., 2016)。抵抗性遺伝子については、八つの主動抵抗性遺伝子 (*Rpp1*~7, *Rpp1-b*) が知られているがその多くの遺伝子を打破する能力を有するレースの出現がすでに確認されている (CHILDS et al., 2018)。これらの抵抗性遺伝子一つを導入した品種を作製し圃場で栽培しても、すぐに抵抗性が打破されてしまうが、遺伝子を二つあるいは三つ導入した品種はより効果が安定しており (YAMANAKA et al., 2015; LANGENBACH et al., 2016)、その活用が期待されている。

薬剤による防除では、日本に於いてはペンチオピラドなどの SDHI 剤、硫黄・銅水和剤等が有効とされている (<http://www.boujo.net>)。

#### 4 インゲン、アズキ、ササゲのさび病

これら 3 種のマメ科植物に寄生するさび病菌は形態的に類似しており、研究者によって、あるいは時代によって分類学的取り扱いが異なる。例えば、岸 (1998) では、

インゲン、アズキ、ササゲのさび病菌を *Uromyces phaseoli* の変種として、それぞれ var. *phaseoli*, var. *adzukicol*, var. *vignae* としている。一方、HIRATSUKA et al. (1992) では、インゲン、アズキのさび病菌をそれぞれ、*Uromyces appendiculatus* の変種、var. *appendiculatus*, var. *azukicola* とし、ササゲのさび病菌を *Uromyces vignae* としている。これら三つのさび病菌は、形態的にも、分子系統解析結果によっても識別可能とする報告もあるが (CHUNG et al., 2004), 分類学的な整理のためには今後さらに近縁の種を含めた解析が必要である (BARILLI et al., 2011)。

いずれのさび病菌も同種長世代種で、すべての胞子世代をそれぞれのマメ科植物上で形成する。精子器はタイプ4型、さび胞子堆は銹子腔 (Aecidium) 型で、各胞子堆は護膜で囲まれカップ状となる。その内部に多角形で表面を疣状突起で覆われたさび胞子が鎖生して形成される。夏胞子堆は円形、褐色、粉状で、夏胞子は球形から卵形、淡褐色、表面は刺状突起で覆われる。冬胞子堆は夏胞子堆に似るが、黒褐色から黒色。冬胞子は単細胞で垂球形、卵形、楕円形、先端に無色のパピラ、基部に柄を有する。三つのさび病菌のうちアズキのさび病菌の冬胞子は他の二つに比べ、冬胞子の大きさがやや小型で、側部の壁の厚さが薄い (CHUNG et al., 2004)。

6月ころから発病が始まり、さび胞子、夏胞子により感染が拡大する。秋には冬胞子が形成され、そのまま越冬し、春に担子胞子が形成される、担子胞子の感染により精子器が形成され、交配の結果さび胞子が形成される。したがって、圃場とその周辺に冬胞子を形成した罹病組織を放置すると、それが春先の第一次感染源となるので、それらを除去することが重要である。

薬剤による防除では、アゾキシストロビンなどの QoI 剤、ペンチオピラドなどの SDHI 剤、マンゼブなどが有効とされている (<http://www.boujo.net>)。

## 5 その他マメ科作物のさび病

日本では、その他のマメ科作物に寄生するさび病菌として、ソラマメとエンドウのさび病菌 (*Uromyces vicia-fabae*)、エンドウさび病菌 (*U. hidakensis*) ラッカセイさび病菌 (*P. arachidis*) が報告されている。前2者は同種長世代種、ラッカセイさび病菌は夏胞子・冬胞子世代のみがラッカセイ上で発生し、その他の胞子世代は不明である。

## II 野菜の主要なさび病

### 1 ネギ類のさび病

病原菌は *Puccinia alli* で、ネギ、タマネギ、ニラ、ニンニク、ラッキョウ等のネギ類に夏胞子・冬胞子世代を

形成する。海外では同種寄生性であることが確認されているが (ANIKISTER et al., 2004), 日本では精子・さび胞子世代は確認されていない。夏胞子堆は楕円形で黄色から橙色、粉状 (図-5a)。夏胞子 (図-5b) は球形から楕円形で、黄色、表面は刺状突起で覆われる。冬胞子堆は黒褐色から黒色で表皮に覆われている。冬胞子 (図-5c) は2細胞、楕円形から倒卵形で、胞子先端の壁はやや厚く、下方に柄を有する。1細胞の冬胞子も混在する。

本種内には寄生性が分化した集団が存在する。ネギに寄生する系統とニラに寄生する系統は、寄生性が分化しており、それぞれニラとネギには寄生しない (守中, 1983; 村田・長井, 1984)。ニンニク、ノビル、アサツキは両系統に感受性である。ラッキョウに寄生性の強い系統も存在する (米山ら, 2005)。ネギ類に寄生するさび病菌として冬胞子の大部分が1細胞性であるグループは、別種、*Uromyces durus* として扱われてきた。*Puccinia* と *Uromyces* は近縁であるが、前者の冬胞子は2細胞、後者は1細胞であり、1細胞と2細胞の冬胞子が混在する場合は原則 *Puccinia* と分類されてきた。ノビル上の *U. durus* の夏胞子を用いた接種試験ではネギ、タマネギ、ニンニク等に寄生することが確認されている (平塚・平塚, 1966)。1細胞性の冬胞子は *P. alli* でも確認されており、その混在する比率は集団によって変異があるため、この2種の形態的差異は不明確である。一方、日本産の *P. alli* または *U. durus* と同定された標本から得た rDNA D1/D2 領域と ITS2 領域を用いた分子系統解析の結果、これまでの形態に基づく同定結果とは必ずしも一致しないものの、2グループに分かれるとの報告もある (POTA et al., 2007)。また、ネギ属に寄生するさび病菌の分子系統解析の結果、複数の種が存在することは明確であり (McTAGGART et al., 2016; TANAKA and ONO, 2018), 今後海外の種も含め、分類学的な検討が必要と

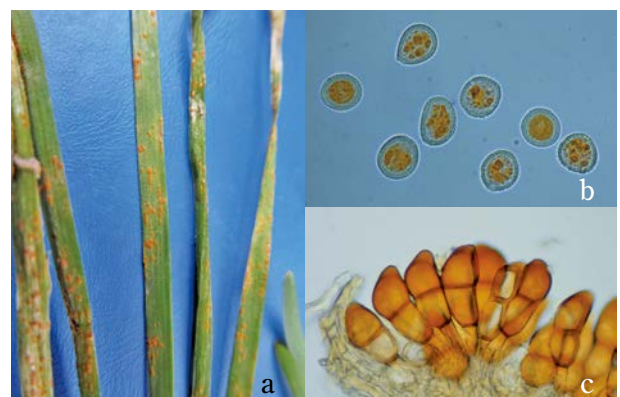


図-5 ニラさび病菌の夏胞子・冬胞子世代

a: ニラさび病菌の夏胞子堆, b: ニラさび病菌の夏胞子, c: ニラさび病菌の冬胞子。

されている。

春と秋に発生が多く、SDHI剤のペンチオピラド、QoI剤のアズキシストロビン、細胞壁阻害剤のポリオキシン、多作用点阻害剤のマンゼブ等の殺菌剤が有効とされる（米山ら，2018）。

2 その他野菜のさび病

その他、野菜類に寄生するさび病菌について、表-1にまとめた。

表-1 食用作物、野菜類の代表的なさび病

種名	宿主植物	病名	胞子世代*	生活環***	中間宿主
<i>Puccinia graminis</i>	ムギ類（コムギ，オオムギ，ライムギ，エンバク）	コムギ黒さび病他	II, III	HeM	セイヨウメギ他メギ属
<i>P. triticina</i>	ムギ類（コムギ，ライムギ）	コムギ赤さび病他	II, III	HeM	アキカラマツ他カラマツソウ属
<i>P. striiformis</i>	ムギ類（コムギ，オオムギ，ライムギ）	コムギ黄さび病他	II, III	HeM	セイヨウメギ他メギ属
<i>P. coronata</i>	エンバク	エンバク冠さび病	II, III		不明
<i>P. hordei</i>	オオムギ	オオムギ小さび病	II, III	HeM	オオアマナ他オオアマナ属
<i>P. recondita</i>	ライムギ	ライムギ赤さび病	II, III	HeM	アレチウシノシタグサ他ウシノシタグサ属
<i>P. polysora</i>	トウモロコシ	トウモロコシ南方さび病	II, III		不明
<i>P. sorghi</i>	トウモロコシ	トウモロコシさび病	II, III	HeM	カタバミ他カタバミ属
<i>P. arachidis</i>	ラッカセイ	ラッカセイさび病	II, III		不明
<i>Uromyces appendiculatus</i> var. <i>appendiculatus</i>	インゲン	インゲンマメさび病	0, I, II, III	AuM	-
<i>U. appendiculatus</i> var. <i>azukicola</i>	アズキ	アズキサビ病	0, I, II, III	AuM	-
<i>U. vignae</i>	ササゲ	ササゲさび病	0, I, II, III	AuM	-
<i>U. viciae-fabae</i>	ソラマメ，エンドウ	ソラマメさび病他	0, I, II, III	AuM	-
<i>U. hidakaensis</i>	エンドウ	エンドウさび病	I, II, III	AuM	-
<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	ダイズ	ダイズさび病	II, III		不明
<i>Puccinia allii</i>	ネギ類（ネギ，タマネギ，ニラ，ニンニク，ラッキョウ他）	ネギさび病他	0, I, II, III	AuM	-
<i>P. cnici-oleracei</i>	シュンギク	シュンギクさび病	III	Mi	-
<i>Aecidium</i> sp.	チシャ	チシャさび病	0, I		不明
<i>Coleosporium yamabense</i>	フキ	フキサビ病	II, III	HeM	チョウセンゴヨウ他マツ属
<i>P. carici-petasitidis</i>	フキ	フキサビ病	0, I	HeM	サドスゲ他スゲ属
<i>P. conglomerata</i>	フキ	フキサビ病	III	Mi	-
<i>C. plectranthi</i>	シソ	シソさび病	II, III	HeM	アカマツ
<i>P. menthae</i>	ミント類	ミント類さび病	0, I, II, III	AuM	-
<i>P. miyabeana</i>	アシタバ	アシタバさび病	0, I**, II, III	AuM	-
<i>P. oenanthis-stoloniferae</i>	セリ	セリさび病	0, I, II, III	AuM	-
<i>P. phellopteri</i>	ハマボウフウ	ハマボウフウさび病	0, I**, II, III	AuM	-
<i>P. tokyensis</i>	ミツバ	ミツバさび病	0, I, II, III	AuM	-
<i>P. asparagi-lucidi</i>	アスパラガス	アスパラガスさび病	II, III		不明
<i>Goplana dioscoreae</i>	ヤマイモ	ヤマイモさび病	II, III		不明

\* 0：精子，I：さび胞子世代，II：夏胞子，III：冬胞子世代。  
 \*\*形態的には夏胞子世代とほぼ同じ。  
 \*\*\* HeM：異種長世代型，AuM：同種長世代型，Mi：短世代型。



## おわりに

さび病の防除方法の一つとして、中間宿主の除去がある。ナシやリンゴの赤星病菌 (*Gymnosporanium asiaticum*, *G. yamadae*) のように、夏胞子世代を欠く異種類生型の生活環を有し、保護したい植物が精子・さび胞子世代宿主である場合は、この方法は非常に効果的である。しかし、上記の作物のさび病の場合、対象作物のほとんどは夏胞子・冬胞子世代宿主であり、夏胞子世代で越冬可能な場合には、中間宿主の除去による防除効果はあまり期待できない。一方、栽培期間以外の時期に、圃場周辺に落下した種子による苗や、宿主となる野生植物が存在する場合、それらを確実に除去し、夏胞子世代の越冬、越冬を防ぐことは、栽培開始時の第一次感染源の除去になるため非常に重要となる。

さび病の防除には、殺菌剤の使用が重要な手法の一つである。さび病菌は QoI 剤などに対して薬剤耐性菌が出現しにくい菌群と考えられていたが、ダイズさび病菌のように、耐性菌が出現した例も報告されている。耐性菌出現を防ぐための対策が重要である (石井, 2015)。

さび病菌も他の菌類同様、長年、形態情報に基づき分類が行われてきた。近年分子系統解析の結果を分類に反映することになり、これまで形態的に識別困難とされていた集団が別種として分割されたり、命名法 (藻類, 菌類, 植物の新国際命名規約) の変更 (岡田, 2011) の影響を受けて学名が変更される等、分類学的取扱いが変更された病原菌が多数存在する。同じ学名が使われていても以前とはその名前が示す集団の範囲が異なっている場合もあり、今後さらに学名が変更される可能性も高い。実際に扱っている病原菌が何者であるかを正確に把握し、対応を検討する必要がある。

## 引用文献

- 1) ANIKISTER, Y. et al. (1997): *Can. J. Bot.* **75**: 2082~2096.
- 2) ———— et al. (2004): *Phytopathology* **94**: 569~577.
- 3) BARILLI, E. et al. (2011): *J. Phytopathol.* **159**: 137~145.
- 4) CHILDS, S. P. et al. (2018): *Plant Breeding* **137**: 250~261.
- 5) CHUNG, W. H. et al. (2004): *Mycoscience* **45**: 233~244.
- 6) GOELLNER, K. et al. (2010): *Mol. Plant Pathol.* **11**: 169~177.
- 7) HIRATSUKA, N. et al. (1992): *The Rust Flora of Japan*, Tsukuba Shuppankai, Tsukuba, Japan, 1205 pp.
- 8) 平塚直秀・平塚利子 (1966): *日菌報* **7**: 160~173.
- 9) 石井英夫 (2015): *植物防疫* **69**: 469~474.
- 10) IVANCOVICH, A. (2005): *Plant Dis.* **89**: 667~668.
- 11) JIN, Y. et al. (2010): *Phytopathology* **100**: 432~435.
- 12) KELLY, H. Y. et al. (2015): *Phytopathology* **105**: 905~916.
- 13) KIRK, P. M. et al. (2008): *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi* (10th ed.), CAB International, Wallingford, UK, 771 pp.
- 14) 岸 國平 (1998): *日本植物病害大事典*, 全農教, 東京, 1276 pp.
- 15) LANGENBACH, C. et al. (2016): *Frontiers in Plant Science* **7**: Article 797.
- 16) LIU, M. et al. (2013): *Plant Dis.* **97**: 1408~1417.
- 17) McTAGGART, A. R. et al. (2016): *Austr. Plant Pathol.* **45**: 581~592.
- 18) 守中 正 (1983): *日植病報* **49**: 399.
- 19) 村田明夫・長井雄治 (1984): *千葉農試験報* **25**: 1~8.
- 20) 西 和文ら (1998): *九病虫研会報* **44**: 9~11.
- 21) 岡田 元 (2011): *日菌報* **52**: 82~97.
- 22) OKAMOTO, S. et al. (1994): *Ann. Phytopath. Soc. Japan* **60**: 196~201.
- 23) ONO, Y. et al. (1992): *Mycol. Res.* **96**: 825~850.
- 24) 尾添 茂・川本亮三 (1960): *日植病報* **25**: 53.
- 25) POTA, S. et al. (2007): *日本菌学会第 51 回大会講演要旨 B17*, <https://doi.org/10.11556/msj7abst.51.0.28.0>
- 26) ROELFS, A. P. (1985): *Wheat and rye stem rust*. In: Roelfs AP, Bushnell WR (eds) *The cereal rusts, vol. II Diseases, distribution, epidemiology, and control*, Academic Press, Orlando, Florida, p.3~37.
- 27) SCHNEIDER, R. W. et al. (2005): *Plant Dis.* **89**: 774.
- 28) SINGH, R. P. et al. (2011): *Ann. Rev. Phytopathol.* **49**: 465~481.
- 29) TANAKA, E. and Y. ONO (2018): *Mycoscience* **59**: 137~146.
- 30) YAMANAKA, N. et al. (2015): *Trop. Plant Pathol.* **40**: 283~290.
- 31) YAMAOKA, Y. et al. (2014): *J. Gen. Plant Pathol.* **80**: 184~188.
- 32) 米山伸吾ら (2018): *仕組みを知って上手に防除 新版 病気・害虫の出方と農薬選び*, 農文協, 東京, 190 pp.
- 33) ————ら (2005): *図説 野菜の病気と害虫 伝染環・生活環と防除*, 農文協, 東京, 367 pp.
- 34) YORINORI, J. T. et al. (2005): *Plant Dis.* **89**: 675~677.

(新しく登録された農薬 43 ページからの続き)

- ピリミノバックメチル・フェンキノトリオン水和剤  
24170: ベルーガフロアブル (クミアイ化学工業) 18/12/5  
ピリミノバックメチル: 1.7%  
フェンキノトリオン: 5.6%
- 移植水稻: 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, オモダカ
- 直播水稻: 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
- トリアファモン・フェンキノトリオン粒剤  
24171: プライオリティ1キロ粒剤 (クミアイ化学工業)

18/12/5

トリアファモン: 0.5%

フェンキノトリオン: 3.0%

移植水稻: 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,  
オモダカ, クログワイ, コウキヤガラ, キシユウ  
スズメノヒエ

直播水稻: 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

(61 ページに続く)

植物  
防疫  
講座

## 虫害編-12

# ニカメイガの発生生態と防除

農研機構 生物機能利用部門 まつ くら けい いち ろう  
松 倉 啓 一 郎

### はじめに

ニカメイガ *Chilo suppressalis* (図-1) は一般的には「ニカメイチュウ」とも呼ばれ、東アジアから東南アジアに広く分布するイネの害虫である。幼虫がイネの茎内に侵入して食害し、葉鞘褐変や白穂を生じさせる。1960年ごろまではイネの重要害虫であり、国内での発生面積は多い年で100万haにも達していたが、1970年代以降のイネの栽培方法の変化や効果的な化学農薬の登場によって被害は急激に減少した。1990年代以降はその発生面積は6万ha程度で推移しており、ほとんどの地域では本種が農業上の問題となることはない。ところが近年、それまで本種の被害が見られなかった一部の地域におい

て、本種の発生によるイネへの深刻な被害が発生している。このような害虫の再興は害虫を取り巻く生態的・人為的要因によってしばしば生じる現象であり、今後、他の地域でも本種が再び問題となる可能性はある。

本稿では、かつてのニカメイガの急激な密度の低下と近年の一部地域での再興に関連する本種の生態的特性を紹介するとともに、発生地において現在実施されている防除方法を紹介する。

### I ニカメイガの基本的生態

ニカメイガは、その名の通り、国内のほとんどの地域では2化（1年間に成虫が2回発生）する（図-2）（岸野，1974）。発生のピークは地域によって異なるものの、稲わらなどで幼虫越冬した個体が4月下旬～6月上旬の間に羽化する。この時期に発生した越冬世代成虫は田植え後の若いイネに産卵し、ふ化した第一世代幼虫がイネの茎内に侵入する。第一世代幼虫は分けつ期までイネを食害し、7月下旬から8月に羽化する。第一世代幼虫に食害された茎は葉鞘褐変を起こし、食害量が多い場合にはその後枯死するかあるいは出穂が阻害される。第一世代成虫もイネに産卵し、幼虫は出穂期以降のイネを食害する。この時期に食害を受けた茎は子実の登熟が進まず白穂となる。この第二世代幼虫（＝越冬世代幼虫）はイネ



図-1 ニカメイガ成虫（上段左：オス，同右：メス）と幼虫（下段）

Ecology and Control Strategy of the Striped Stem Borer, *Chilo suppressalis*. By Keiichiro MATSUKURA

（キーワード：ニカメイチュウ，イネ，マコモ，箱施用剤）

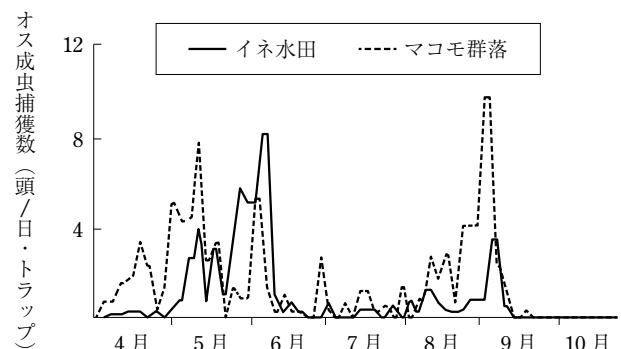


図-2 性フェロモントラップによるニカメイガオス成虫の捕獲消長（2004年，茨城県守谷市）

マコモ群落では4月上旬からオス成虫が捕獲されるのに対し、直線距離で100mほどのイネ水田では移植時期である5月上旬以降に成虫の捕獲が目立つ。



図-3 マコモ茎内で越冬中のニカメイガ幼虫

が収穫されるまでイネの茎内で過ごし、気温が低下すると多くの個体は茎内の地際まで移動し、越冬に向けて休眠に入る。イネの収穫などによりイネの茎内から追い出された幼虫は他の株や茎に移動するほか、圃場周辺の雑草の茎などにも潜入して越冬する。

本種はイネのほかにマコモも寄主植物としている(図-3)。マコモは多年生の挺水植物であり、国内各地の水田地帯の水路や池に自生している。また、近年ではマコモダケ(黒穂菌の寄生によって株元で肥大したマコモの新芽)栽培の普及に伴って、国内の様々な地域で栽培もされている。ニカメイガはマコモの茎内にも侵入し、食害する。マコモはイネよりも大型の植物であり、栽培マコモの茎部が加害されても植物が枯死するようなことはないが、収穫期にマコモダケが食害されると商品価値はなくなる。イネでの発生活長とは異なり、野生のマコモ群落上では4月上旬には越冬世代成虫の発生が見られ、年間で3回の成虫発生ピークが観察される(図-2)(MATSUKURA et al., 2009)。

マコモに生息する個体はイネに生息するものよりも大型であることから、イネを食害する個体群(イネ個体群)とマコモに生息する個体群(マコモ個体群)が同一種であるか否かについては古くから議論されてきた。上述の発生活長の違いに加え、イネ個体群が夜の前半に交尾するのに対してマコモ個体群は明け方近くに交尾するなど、両個体群の間には繁殖行動に時期・時刻の違いがあることが知られている(SAMUDRA et al., 2002)。また、性フェロモン成分の構成比がわずかながら異なることやオスの交尾器の形態に統計的な差異があることなどから、現在では、両個体群の間には生殖隔離機構が存在すると考えられている。

## II 1970年代以降の密度減少の要因

戦後の本種の防除は化学農薬による薬剤防除が中心であった。BHCやパラチオン、MEP(フェニトロチオン)やカルタップ等、様々な化学農薬が使用されてきたが、人畜毒性や抵抗性の発達等の問題もあり、被害の解決までには至らなかった。本種の決定的な防除法は1970年代になっても確立されていなかったが、1970年代前半から、全国的に本種の発生活量は顕著に減少し始め、被害もほとんど問題とならなくなった。地域によって年代は多少異なるものの、本種の急激な発生活量の減少は中国や台湾、韓国等でも共通して発生している。

この突然の発生活量の減少の背景には、様々な人為的要因があることが、後年の検討から明らかとなっている(桐谷・田付, 2009)。ここでは、それら要因のうちの主なものを紹介する。

### 1 イネ品種の変化

1960年代に起きた「緑の革命」は世界のイネ栽培に大きな変化をもたらした。国内においても、それまでは「農林22号」や「フジミノリ」等、一株当たりの茎数が少なく穂当たりの粒数が多い穂重型の品種もよく栽培されていたが、緑の革命により化学肥料の大量投入技術が普及すると、多肥栽培に適した穂数型あるいは中間型の品種である「コシヒカリ」や「日本晴」、*「ササニシキ」「トヨニシキ」*等が圧倒的な割合を占めるようになった。従来の穂重型の品種は茎が太いものが多く、ニカメイガは茎内に十分な成育スペースを確保することができる。それに対し、穂数型や中間型の品種は茎が細く、茎内の幼虫の生育が不良であったり、そもそも茎内に侵入することができないことから、寄主植物としては不適である。

### 2 稲わらの処理法の変化

1953年に施行された農業機械化促進法(2018年に廃止)や1960年代の高度経済成長を背景に、国内の農業はこの時期に急速な機械化が進められた。稲作でも機械化が進められ、1970年代にはコンバインによるイネの刈り取りが一気に普及した。コンバインによる収穫作業では、脱穀と同時に稲わらを自動で結束するか裁断するため、この過程で稲わら中のニカメイガ幼虫の多くは死亡する。また、大型の機械が圃場を走行することにより、刈り株に残存していた幼虫も圧殺される。

高度経済成長や収穫の機械化は、稲わらの活用法にも変化をもたらした。それまでは稲わらは重要な資材として日常生活品の材料や燃料、家畜の飼料等として活用されており、資材として保管されていた稲わらはニカメイガ幼虫の重要な越冬源であった。ところが、資材として

の稲わらの需要が低下し、コンバインによる収穫が主流となると、稲わらの大半は収穫時に裁断されて圃場に鋤き込まれるようになった。

### 3 栽培時期の早期化

現代の普通期栽培では9~10月に収穫時期を迎えるのが一般的であるが、1950年代までは11月に収穫するのが主流であった。11月に収穫する栽培では、出穂期以降の低温による子実の登熟不足や台風による倒伏等が大きな減収要因であった。1960年代以降に育苗箱を利用した保温育苗技術が確立し、また機械による稚苗移植が可能となると、これら減収リスクの回避を目的として、栽培時期の早期化が進んだ。

栽培時期の早期化は短期的にはニカメイガの発生量を増加させることとなった。これは、ニカメイガの越冬世代成虫の発生ピークである5~6月には、すでに生育の進んだイネが水田に存在するため、第一世代幼虫の発生量が増加したためである。このような地域では化学農薬等による集団防除によって被害を抑える必要が生じた。ところが、栽培時期の早期化がさらに普及し、地域全体のイネが早期栽培となると、9~10月には地域全体の稲作が終了することとなった。これにより、越冬世代幼虫は越冬前に十分なエサを確保することが困難となり、越冬個体の減少につながった。栽培時期の早期化は長期的には本種の発生量を低下させる効果があったと考えられる。

### 4 箱施用薬剤の登場

上述の栽培体系の変化によって1980年代にはニカメイガの発生量は著しく低下していた。この時期に登場したのが育苗箱に散布する箱施用薬剤である。従来の本田散布に比べて省力で処理できること、イネミズゾウムシやツマグロヨコバイ等の生育期前半の害虫の防除に効果的であることなどから、箱施用薬剤は急速に普及していった。箱施用薬剤の普及はイネを主な寄主とする多くの害虫の発生も抑制する結果となり、特にニカメイガについては、1990年代に登場したフィプロニルの箱施用薬剤によってさらに発生量が低下したと言われている。

## III 近年の一部地域での再興とその要因

現在、全国的にはニカメイガによる被害は問題視されていない。ところが、いくつかの地域では本種が多発し被害が発生している。被害の状況は地域ごとに特徴があり、その発生要因もそれぞれ個別に検討されている。

### 1 北陸地方の湛水直播栽培での発生

水稲の直播栽培は種子を本田に直接播種する栽培方法で、育苗や移植の手間を省けることから、近年国内の多くの地域で普及が進んでいる。北陸地方においても、栽

培法や播種機の改良によってそれまで直播に不向きであるとされていた‘コシヒカリ’などの主力品種の直播栽培が可能となったことで、2000年以降、その面積は急激に拡大している。

北陸における直播栽培の面積が5,000 haを越えた2000年代後半に、福井県や富山県の一部地域でニカメイガによる被害が目立つようになった(増田ら, 2016)。特に直播栽培での被害が顕著であったことから、直播栽培とニカメイガの被害との因果関係が検討され、現在では以下の二つの要因が挙げられている。一つは初期防除の難しさである。移植栽培では育苗箱への箱施用薬剤の処理が初期の害虫防除に重要な役割を果たしているが、直播栽培ではそれに替わる効果的な薬剤がなく、ニカメイガの第一世代幼虫の発生を抑えることが困難となっている。もう一つは収穫期の遅延である。直播栽培は種子から栽培を始めるため、移植栽培に比べ、直播栽培の収穫期は1~2週間ほど遅くなる。越冬世代幼虫はより長期間イネを食害できるため、被害量が増加するだけでなく、越冬生存率も向上すると考えられる。

### 2 滋賀県での多発

他の地域と同様、滋賀県においても1970年代以降、本種は少発生で推移していた。ところが、2000年代後半から発生が目立ち始め、2009年と2010年には病害虫発生予察注意報が発令されるまでに被害が深刻化した。被害は食用品種と飼料用品種いずれでも見られたが、茎が太い飼料用品種での発生が顕著であった。

那須・江波(2011)は滋賀県での本種の再興に対する温暖化の影響を指摘している。温暖化によってニカメイガの発育速度が上昇して第一世代成虫の発生時期が早まった結果、従来の薬剤防除(後述)の適期がずれた可能性がある。発生量については詳細には解析されていないが、滋賀県では今後平均気温が2~3℃上昇するとニカメイガは年3回発生すると推定されており(那須・江波, 2011)、それに伴って発生量も増加する可能性がある。また、滋賀県特有の事象として、減農薬栽培の推進も本種の発生に影響した可能性がある。滋賀県では2003年に「環境こだわり農業推進条例」を制定し、琵琶湖の水質保全を図っている。ネオニコチノイド系薬剤と同様に環境への負荷が大きいフィプロニルについては特に使用量が激減し、同薬剤の育苗箱施用が見られなくなった。その結果、ニカメイガの第一世代幼虫の発生が増加した可能性がある。

### 3 宮崎県の飼料用品種での問題化

宮崎県の中州においても、2011年ごろより本種による被害が目立つようになった。この地域には早期と普通

期の食用米のほか、飼料用品種の栽培も盛んであり、いずれにおいても被害が発生している。また、他の地域とは異なり、宮崎県では本種は年間に3回の成虫発生時期があり（宮崎県，2014）、主に被害を起こすのは、7月上旬以降に発生する第二世代幼虫と8月中旬以降に発生する第三世代幼虫である。

飼料用品種についてはこの地域特有の被害も報告されている。この地域では収穫した飼料用品種の茎葉と穂を同時にラッピングして乳酸発酵させている。茎葉中にニカメイガ幼虫がいた場合、ラッピングされた幼虫がラップを食い破って外部に脱出してくる。これにより嫌気状態が解除されラップ内の乳酸発酵が失敗する可能性がある。このような収穫後のイネへの被害は、近年の飼料用品種の需要増加やラッピングによるホールクロップサイレージ技術の普及等の人為的要因によって新たに発生した問題と言える。

#### IV 防除対策

##### 1 初夏に発生する成虫への薬剤散布

現在被害が発生しているいずれの地域においても、6～7月の成虫発生期に本田への薬剤散布が推奨されている。これは、この時期に産卵される幼虫による被害が最も大きいことや、発生予察情報に基づいて防除の要否を判断できる経済的利点があるためである。散布時期は成虫の発生量がピークとなる日（発蛾最盛日）を基準とし、粒剤は発蛾最盛日の直後に、液剤は発蛾最盛日の数日～7日後に散布することで防除効果が上がる。発蛾最盛日は年2化の地域では6月上旬ごろであるのに対し、宮崎県のような年3化の地域では7月上旬に第一世代成虫の発蛾最盛日を迎える。また、発蛾最盛日は気温の影響も受けるため、同一地域においても年によって異なる。散布する薬剤としては、カルタップやジノテフラン、MEP（フェニトロチオン）やPAP（フェントエート）等がよく使われている。

##### 2 箱施用薬剤による第一世代幼虫の防除

育苗箱への薬剤の散布が普及している地域では、ニカメイガへの効果もある薬剤を選択することで本種の第一世代幼虫を防除できる。現在市販されている箱施用薬剤

は複数の農薬成分が混合されており、他の病害虫の発生状況も考慮したうえで、ニカメイガに効果のあるフィプロロニルやクロラントラニリプロール、スピノサド等を含む薬剤を選択するとよい。

##### 3 刈り株や稲わらの処理

刈り株や稲わら中の越冬幼虫を防除することで、翌年以降の本種の発生量を抑えられる。温暖化により、近年では収穫後にひこばえが生じる地域が多く、幼虫は早期に収穫された刈り株中でも発育できると考えられる。また、稲わらについては、過去に果樹園の下草として利用した地域で本種の被害が生じた事例もあり、本種が発生する地域では、依然として稲わらを適切に処理する必要がある。刈り株については収穫後に圃場内を耕うんすること、稲わらについては収穫時に裁断しその後水田内にすき込む方法がそれぞれ一般的である。

#### おわりに

以前ほどの脅威ではなくなったとはいえ、ニカメイガは現在でも多発時には被害が深刻化する難防除害虫である。本稿で紹介したように、本種のかつての衰退や近年の局地的な再興の背景には、本種を取り巻く生態的・人為的な変化が存在する。これを正しく理解することで、本種の多発を回避できる栽培体系を構築することができる。また、本種の子防的害虫管理技術の確立・実践のためには、これまでに多く蓄積されている生理・生態的な知見を活用し、さらに近年の発生要因を詳細に解析することが重要であると考えられる。

#### 引用文献

- 1) 桐谷圭治・田付貞洋（2009）：ニカメイガ：日本の応用昆虫学，東京大学出版会，東京，290 pp.
- 2) 岸野賢一（1974）：東北農業試験場研究報告 47：13～114.
- 3) 増田周太ら（2016）：福井農試研報 53：13～17.
- 4) MATSUKURA, K. et al. (2009) : Appl. Entomol. Zool. 44: 485～489.
- 5) 宮崎県（2014）：飼料イネにおける主要害虫とその防除対策，宮崎県植物防疫協会，宮崎，12 pp.
- 6) 那須大城・江波義成（2011）：関西病虫研報 53：111～112.
- 7) SAMUDRA, I. M. et al. (2002) : Appl. Entomol. Zool. 37: 257～262.

植	物
防	疫
講	座

## 農薬編-13

# ナトリウムチャネルモジュレーター

—ピレスロイド系, ピレトリン系—

住友化学株式会社 さい 齋 とう 藤 やす 康 まさ 将

## はじめに

Crop Life International 傘下の Insecticide Resistance Action Committee (以下 IRAC) では、害虫の抵抗性発達を回避する防除体系の確立のために、殺虫剤の作用機構を体系的に分類している。

IRAC 作用機構分類のグループ 3 ナトリウムチャネルモジュレーターは、二つのサブグループ 3A: ピレスロイド系・ピレトリン系および 3B: DDT・メトキシクロルからなる (農薬工業会, 2017)。サブグループ 3A はいわゆる「合成ピレスロイド (合ピレ)」として殺虫剤市場で大きな割合を占めており、日本国内においては 2012 年の殺虫剤原体 (農薬の有効成分) 出荷額ベスト 100 に 15 化合物がランクインし (上山, 2014), 世界的に見ても 2016 年殺虫剤市場の 16.9% を占める (Phillips McDougall, 2017)。

本稿では、IRAC グループ 3 サブグループ 3A: ピレスロイド系・ピレトリン系について解説する (表-1)。

## I 開発の経緯

昔から殺虫剤として知られていた除虫菊 (シロバナムシヨケギク; *Chrysanthemum cinerariaefolium*, 図-1) は、ヨーロッパ地中海・ダルマチア地方で発見されたキク科の多年草であるが、長年その殺虫効果については不明であった。

1910~20 年代にかけて行われた STAUDINGER, RUZICKA および山本らの研究により、除虫菊の有効成分が発見され、その化合物はピレトリンと命名された。その後、天然ピレスロイドは 2 種類の酸と 3 種類のアルコールの組み合わせによってできる 6 種類のシクロプロパンカルボン酸エステル、ピレトリン I (AC1 + AL2), ピレトリン II (AC2 + AL2), シネリン I (AC1 + AL1), シネリン II (AC2 + AL1), ジャスモリン I (AC1 + AL3) およびジャ

スモリン II (AC2 + AL3) からなることが明らかとなった (図-2)。

天然ピレスロイドの発見以降、ピレトリンの構造を単純化し、かつより優れた性能を有する化合物の探索が多くの研究者により進められた。1949 年, LaFORGE らが



図-1 シロバナムシヨケギク (除虫菊)  
(住友化学 合成ピレスロイド製品ガイドブック資料から抜粋)

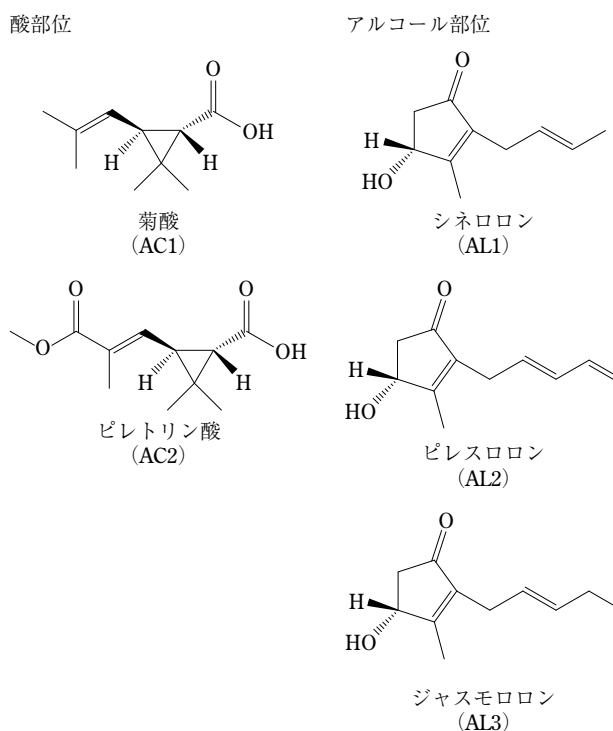


図-2 天然ピレスロイドの部分構造

Review of Sodium Channel Modulators (IRAC Group 3). By Yasumasa SAITO

(キーワード: ナトリウムチャネルモジュレーター, 合成ピレスロイド, 作用機構, IRAC, 殺虫剤)

表-1 日本における農業用殺虫剤の作用機構（一部抜粋，加筆）

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
3 ナトリウムチャンネルモジュレーター 神経作用	3A ピレスロイド系 ピレトリン系	アクリナトリン	アーデント	神経 および 筋肉
		ピフェントリン	テルスター	
		シクロプロトリン	シクロサル	
		シフルトリン	バイスロイド	
		シハロトリン	サイハロン	
		シベルメトリン	アグロスリン， ゲットアウト	
		エトフェンプロックス	トレボン	
		フェンプロバトリン	ロディー	
		フェンバレレート	ハクサップ， パーマチオン， ベジホン等の成分	
		フルシトリネート	ペイオフ	
		フルバリネート （ $\alpha$ -フルバリネート）	マブリック	
		ベルメトリン	アディオオン	
		シラフルオフェン	MR. ジョーカー	
		テフルトリン	フォース	
		トラロメトリン	スカウト	
ピレトリン	除虫菊			
	3B DDT メトキシクロル			

アルコール部分を改変し，化学的安定性と揮発性を改善した世界初の合成ピレスロイド「アレスリン」を発明した。日本国内においては，1953年に住友化学工業株式会社（現：住友化学株式会社）がアレスリンの工業的合成法を確立し，蚊取り線香などの原料として使用されるようになった。アレスリンの登場後，レスメトリン，フェントリン等の合成ピレスロイドが開発されたが（図-3），いずれも天然ピレスロイドと同様，屋外環境条件下で光安定性が低く，主に公衆衛生害虫用殺虫剤として製品開発が行われた。

合成ピレスロイドの研究開発では，まずピレトリンのアルコール部位を改変し，さらに酸部分が改変され，エステル部分も置き換えられる化合物も開発され，2018年12月現在，18剤がピレスロイド剤として上市されている。前述のように，アルコール部位を改変したアレスリン，レスメトリン，フェントリンは天然ピレスロイドに比べ光安定性は増したものの，農業用には不十分であったが，フェントリンが持つフェノキシベンジルが安定性に寄与したことから，アルコール部位をこの構造に固定し，酸部位（シクロプロパン環）を改変した化合物の合成研究が行われた。

この構造改変過程により化合物の耐候性・生物活性が飛躍的に向上し，1979年，住友化学工業株式会社より世界初の農業用合成ピレスロイド殺虫剤フェンバレレート（商品名：スミサイジン®）が上市された（エスフェンバレレート（商品名：SUMI-ALPHA®）はフェンバレ

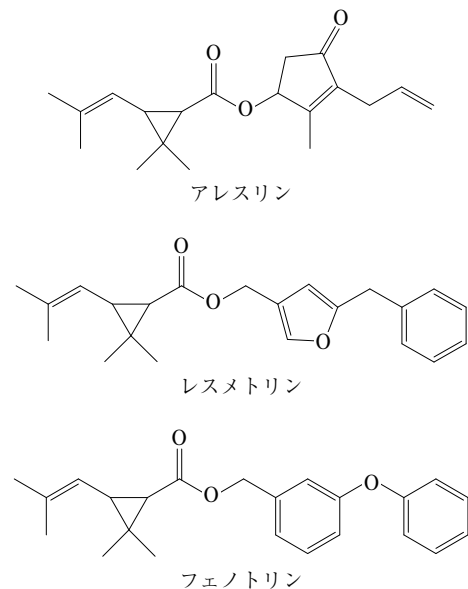


図-3 アルコール部分を構造改変した合成ピレスロイドの構造

レーートの光学異性体の1種）。日本においてもフェンバレレートを含む混合剤が1983年に登録されたのを皮切りに，1985年に住友化学工業株式会社からベルメトリン（商品名：アディオオン®），1986年に住友化学工業株式会社からシベルメトリン（商品名：アグロスリン®），アメリカンサイアナミッド社（現：BASF社）からフルシトリネート（商品名：ペイオフ®），1987年にルセル・ユクラフ社（現：バイエル社）からトラロメトリン（商品名：スカウト®），三菱化成工業株式会社（現：日本農

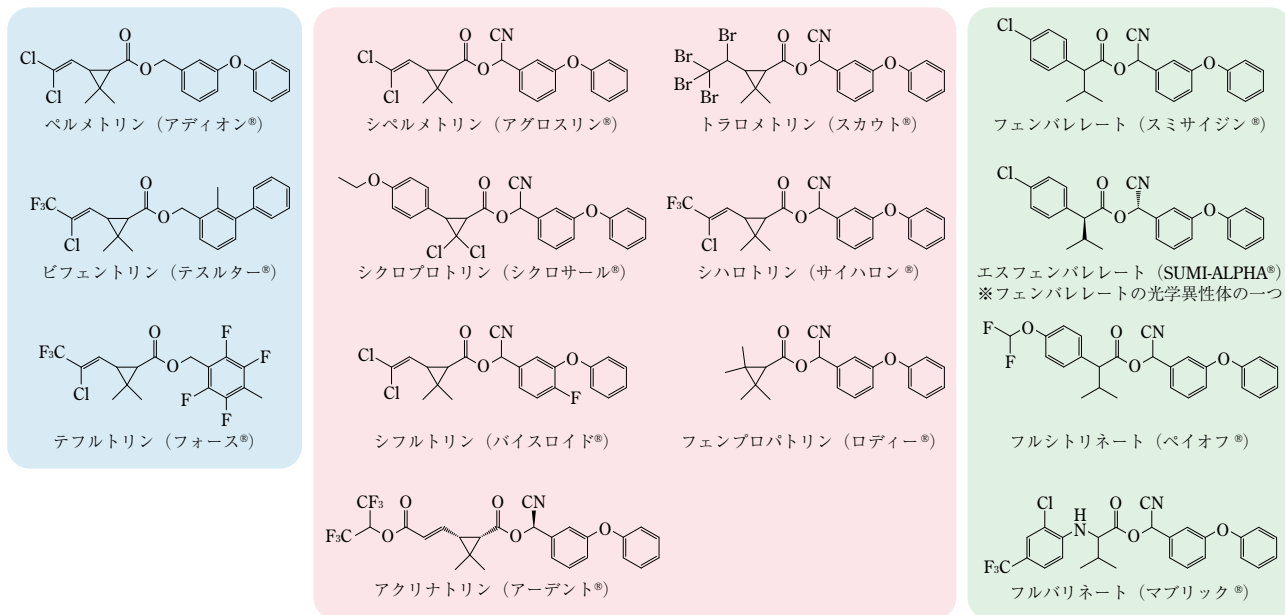


図-4 酸(シクロプロパン環)部位を構造改変した合成ピレスロイドの構造  
 ( )内は登録商標。  
 青: シアノ基(CN)を持たない。  
 赤: シクロプロパン環とCN基を持つ。  
 緑: シクロプロパン環を持たずCN基を持つ。

薬株式会社)からフルバリネート(商品名:マブリック®),日本化薬株式会社からシクロプロトリン(商品名:シクロサル®),三井東圧化学株式会社(現:三井化学アグロ株式会社)からエトフェンプロックス(商品名:トレボン®),1988年にICI社(現:シンジェンタ社)からシハロトリン(商品名:サイハロン®),バイエル社からシフルトリン(商品名:バイスロイド®),住友化学工業株式会社からフェンプロバトリン(商品名:ロディー®),1992年に日産化学工業株式会社(現:日産化学株式会社)・アグロカネシヨウ株式会社からピフェントリン(原体開発はFMC社,商品名:テススター®),1995年にルセル・ユクラフ社からアクリナトリン(商品名:アーデント®),ヘキスト社(現:バイエル社)から,シラフルオフェン(商品名:MR.ジョーカー®)が登録された(図-4)。

シアノ基(CN)を持つ合成ピレスロイド剤は,シアノピレスロイドとも呼ばれ,シアノ基を持たないものに比べ神経内の脱分極をより強く引き起こすなど,作用機構や中毒症状に違いがある。そのためシアノ基を持たないものをタイプI,持つものをタイプIIと分ける方法がある。

これらの剤の中で,フェンバレレート(エスフェンバレレート),フルシトリネートおよびフルバリネートはピレスロイドとして必須と考えられていたシクロプロパ

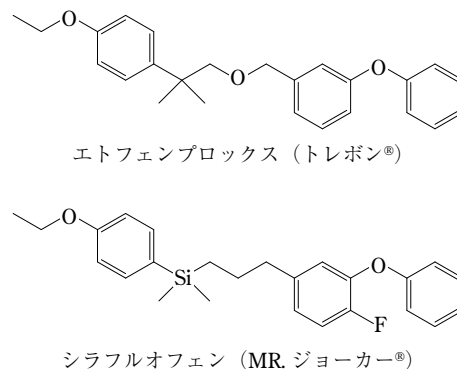


図-5 エステル結合を有しない合成ピレスロイドの構造  
 ( )内は登録商標。

ン環を有していない。また,エトフェンプロックスおよびシラフルオフェンは,同様に必須と考えられていたエステル結合を有していないが,ピレスロイドと同様の作用機構と生物活性を示す(図-5)。

ピレスロイドの魚毒性は一般的に高いが,魚毒性の低いシクロプロトリン,エトフェンプロックスおよびシラフルオフェンが水田の害虫防除に用いられている(表-2)。また,フェンプロバトリンおよびアクリナトリンはダニ類に対する活性を示し,殺ダニ剤としても登録されている。

一方,アルコール部位の改変も継続され,テトラフロロメチルベンジルを有することで安定性を増加させたテ



表-2 ピレスロイド剤の物理化学的性状（農業ハンドブック，日本植物防疫協会 2016 より）

	ピレトリン	アレスリン	フェンバレーレト	ベルメトリン	シベルメトリン	フルシトリネート
外観	黄褐色油状物	白色結晶性固体	黄褐色粘稠液体	白色結晶性粉末	白色固体（粉末）	淡黄色粘稠液体
臭気	特異臭	無臭	無臭	無臭	僅かに特有の臭気	僅かなかび臭
蒸気圧, Pa	$2.7 \times 10^{-3}$ , $5.3 \times 10^{-5}$ (25℃)*	$1.65 \times 10^{-4}$ (21.6℃)	低い	$6.82 \times 10^{-7}$ (25℃)	$< 1.68 \times 10^{-8}$ (25℃)	$1.0 \times 10^{-7}$ (20℃)
水溶性, g/l	$0.2 \times 10^{-3}$ , $9 \times 10^{-3}$ (25℃)*	$3.4 \times 10^{-3}$ (20℃)	$1.31 \times 10^{-6}$ (25℃)	$11.1 \times 10^{-6}$ (20℃)	$12.4 \times 10^{-6}$ (20℃)	$96 \times 10^{-6}$ (20℃)
オクタノール/水分分配係数 (LogPow)	5.9, 4.3 (25℃)*	4.96 (25℃)	6.53 (25℃)	6.36 (室温)	6.33 (25℃)	4.74 (室温)
魚毒性 (LC <sub>50</sub> , mg/l) コイ, 96時間	0.014	0.4	0.055	0.24	0.09	0.00024

	トラロメトリン	フルバリネート	シクロプロトリン	エトフェンプロックス	シハロトリン	シフルトリン
外観	黄色～薄茶色液体	黄褐色粘稠液体	無色透明粘稠液体	白色結晶	黄褐色～暗褐色粘稠液体	黄色～茶褐色粘性液体
臭気	無臭	薬品様臭	無臭	僅かな芳香臭	無臭	弱い特異臭
蒸気圧, Pa	$2.0 \times 10^{-9}$ (20℃)	$9 \times 10^{-11}$ (25℃)	$3.11 \times 10^{-5}$ (80℃)	$8.13 \times 10^{-7}$ (25℃)	$1 \times 10^{-6}$ (20℃)	$9.6 \times 10^{-7} \sim 1.4 \times 10^{-8}$ (20℃)*
水溶性, g/l	$80 \times 10^{-6}$ (25℃)	$1.03 \times 10^{-6}$ (25℃)	$0.32 \times 10^{-3}$ (20℃)	$22.5 \times 10^{-6}$ (20℃)	$4.2 \times 10^{-6}$ (20℃)	$1.9 \sim 2.9 \times 10^{-6}$ (25℃)
オクタノール/水分分配係数 (LogPow)	5.05 (25℃)	4.26 (25℃)	4.19 (18℃)	6.9 (20℃)	6.9 (20℃)	5.91～6.04 (20℃)*
魚毒性 (LC <sub>50</sub> , mg/l) コイ, 96時間	0.00049	0.00195	> 7.7	0.141	0.0026	0.00557

	フェンプロバトリン	ビフェントリン	アクリナトリン	シラフルオフェン	テフルトリン
外観	白色結晶性粉末	類白色粉末	白色粉末	淡黄色～褐色液体	白色結晶
臭気	僅かな特異臭	無臭	無臭	僅かなフェノール臭	無臭
蒸気圧, Pa	$2.15 \times 10^{-6}$ (25℃)	$2.4 \times 10^{-5}$ (25℃)	$4.4 \times 10^{-8}$ (20℃)	$2.5 \times 10^{-6}$ (20℃)	$8.4 \times 10^{-3}$ (20℃)
水溶性, g/l	$10.3 \times 10^{-6}$ (25℃)	$< 0.1 \times 10^{-6}$ (23℃)	$< 0.02 \times 10^{-3}$ (25℃)	$0.001 \times 10^{-3}$ (20℃)	$0.016 \times 10^{-3}$ (25℃)
オクタノール/水分分配係数 (LogPow)	6.0 (室温)	6.6 (23℃)	5.6 (25℃)	8.2 (22℃)	6.4 (20℃)
魚毒性 (LC <sub>50</sub> , mg/l) コイ, 96時間	0.015	0.00033	> 0.165	> 1000	$102 \times 10^{-6}$

\*：構造または異性体による。

■：シクロプロパン環を持つがシアノ基を持たない。

■：シクロプロパン環とシアノ基を持つ。

■：シクロプロパン環を持たずシアノ基を持つ。

■：エステル結合を持たない。

フルトリン（商品名：フォース®）が、1993年にICI社から登録された（図-4）。テフルトリンは他のピレスロイド剤の使用法とは異なり、粒剤により土壌害虫などの防除に使用されている。

## II 作用機構

動物のナトリウムチャンネルは三つのサブユニット  $\alpha$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  からなり、主なチャンネル機構は約 260 kDa の  $\alpha$ -サブユニットが担っている。この  $\alpha$ -サブユニットは、細胞膜を貫通する  $\alpha$ -ヘリックスの六つのセグメント (S1～S6) が連なって一つのドメインを作り、それが 4 個 (I～IV) 集合してチャンネルを形成している。

通常、興奮していない神経細胞は細胞膜の外側が正 (+)，内側が負 (-) に帯電している。神経細胞が刺激を受けると、細胞膜上のナトリウムチャンネルが開放し、 $\text{Na}^+$  が細胞内に流入する。その結果、外側が負 (-)，内側が正 (+) に電位が逆転し、これが細胞の興奮となる。

ピレスロイドの殺虫効果は、昆虫を転倒・落下させる

速効性（ノックダウン）と致死性の両方による。ピレスロイドはナトリウムチャンネル不活化機構を阻害する化合物（モジュレーター）であり、ナトリウムイオンチャンネルの開いた状態を安定化することで反復興奮を引き起こす（図-6）。高薬量の場合、伝導遮断が起こる。また、すべてのピレスロイドが反復興奮を誘起するわけではなく、静止膜電位を脱分極シフトさせ、活動電位を遮断するものもある。

## III 作用特性

### 1 選択性

ピレスロイドはヒトを含む哺乳類に対する毒性が低く、昆虫に対する殺虫活性が高い。その原因は、①昆虫の神経系イオンチャンネルのピレスロイド感受性が高い、②昆虫は変温動物で基本的に体温が低く、ピレスロイドの作用は低温ほど高活性である、③哺乳類の代謝活性が高い（神経系に届くまでに素早く代謝・分解される）、④昆虫の体サイズが小さい、等が挙げられる（桑野ら、

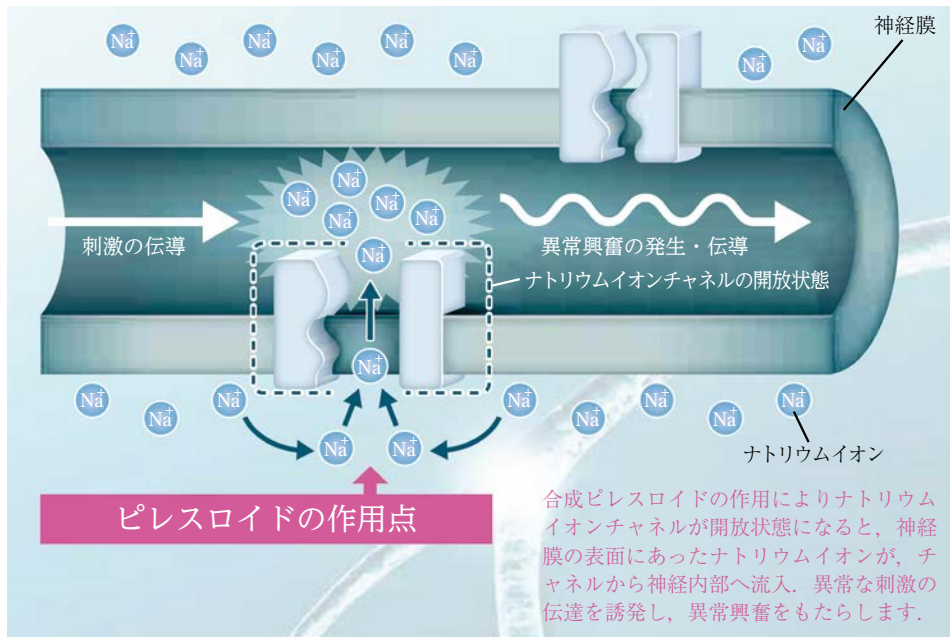


図-6 ピレスロイドの作用機構  
(住友化学 合成ピレスロイド製品ガイドブック資料から抜粋)

2004)。

## 2 殺虫スペクトラム

ピレスロイドは化合物により適用範囲が異なるが、果樹・野菜・水稻等の広範な農業害虫（昆虫，ダニ類）に対して殺虫効果がある。2018年12月現在，日本国内においては，カメムシ目（カメムシ科・アブラムシ科・コナジラミ科・ヨコバイ科），チョウ目（ボクトウガ科・ハマキガ科・シンクイガ科・シャクガ科・ハモグリガ科・ホソガ科・ヤガ科・シロチョウ科・メイガ科・ヒトリガ科），アザミウマ目（アザミウマ科），コウチュウ目（カミキリムシ科・コガネムシ科・ケシキスイ科・オトシブミ科），ハエ目（ショウジョウバエ科・ハモグリバエ科），ダニ類 ダニ目（ハダニ科・フシダニ科）等に対して農薬登録が取得されている。

## 3 物理化学的性状

合成ピレスロイド剤の物理学的性状を見ると（表-2），いずれの化合物も水溶性が低く，オクタノール/水分配係数が高い。したがって，根や茎葉からの浸透移行性を持たないが，茎葉への吸着が高く，降雨の影響も小さいと考えられる。

## IV 抵抗性の現状

IRACでは，殺虫剤抵抗性を「農薬使用基準に準じて使用しても，期待される防除効果を発揮できない現象が繰返し観察される，害虫個体群における感受性の遺伝的变化」と定義している。

一般に，殺虫剤抵抗性の原因は①皮膚透過性の低下，②標的部位の感受性の低下，③解毒分解酵素活性の増大によって付与される（園田，2012）。

1996年，イエバエにおいて作用点の感受性の低下によるピレスロイド抵抗性には，ナトリウムチャンネルの1014番目のアミノ酸部位におけるロイシン（L）からフェニルアラニン（F）へのアミノ酸変異（L1014F）と，918番目のメチオニン（M）からスレオニン（T）へのアミノ酸変異（M918T）が関与していることが報告された（WILLIAMSON et al., 1996；MIYAZAKI et al., 1996）。その後，コナガにおいてもピレスロイド抵抗性にはL1014FとT929Iが関与していることが報告された（SCHULER et al., 1998）。ピレスロイド抵抗性においては，L1014Fが基本的な抵抗性をもたらす変異であり（knockdown resistance：*kdr* 遺伝子），他方はエンハンサー（遺伝子発現を調節する因子）であると推定されている（*super-kdr* 遺伝子）（図-7）。さらに，抵抗性エンハンサーとして，タバココナジラミのL925I/T929V（MORIN et al., 2002；ALON et al., 2006；RODITAKIS et al., 2006）や，ネギアザミウマのT929I（TODA and MORISHITA, 2009）等の報告がある。また，ナトリウムチャンネルのアミノ酸変異はDNAレベルではなく，RNA編集やRNA対立遺伝子変異等の機構を通じて生じるmRNAレベルでの変化に基づくとの報告もある（Xu et al., 2006 a；2006 b）。

解毒分解にかかわる主な酵素としては，チトクロームP450，カルボキシルエステラーゼ，グルタチオン転移

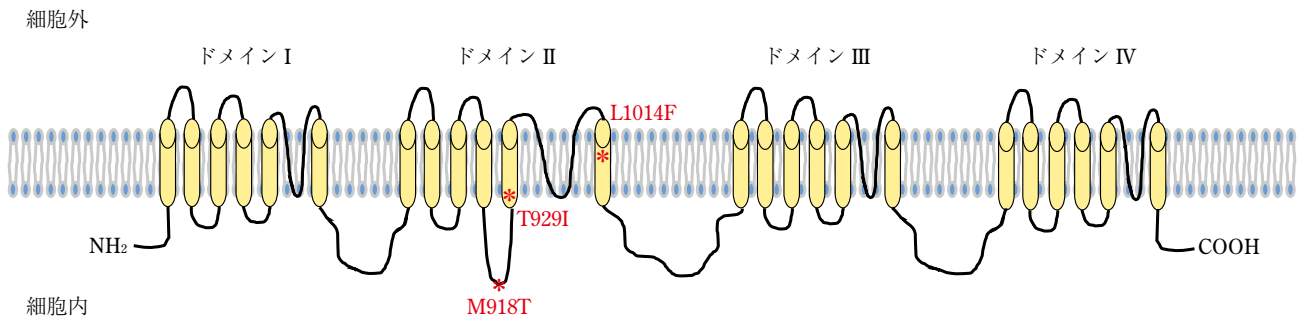


図-7 ナトリウムチャネルにおけるピレスロイド抵抗性の変異点  
赤のアスタリスク (\*) は点変異を示す。

酵素が挙げられる。ピレスロイド抵抗性には、いずれの酵素も関与しているとされる。トビイロウンカにおいては、グルタチオン転移酵素遺伝子の重複によって発現が高まり、ピレスロイドに対して抵抗性を獲得することが知られている (VONTAS et al., 2002)。

### おわりに

世界初の農業用合成ピレスロイド「フェンバレレート」が誕生してから40年、ピレスロイドは国内外において広く利用されている殺虫剤であり、現在も害虫防除において欠かすことのできない重要な選択肢の一つである。一方、ピレスロイドに抵抗性を示す害虫種が出現しており、一部の使用場面においては十分な防除効果が得られない可能性もある。Integrated Pest Management (IPM; 総合的害虫管理) および Insecticide Resistance Management (IRM; 殺虫剤抵抗性管理) の実現のためには、ローテーション散布が有効な手段である (島, 2017)。今後も IPM および IRM 実現のために、害虫防除の選択肢の一つとして適切にピレスロイドが使い続けられることを望みたい。

### 引用文献

- 1) ALON, M. et al. (2006): *Insect Biochem. Mol. Biol.* **36**: 71~79.
- 2) 桑野栄一ら (2004): 農業の科学—生物制御と植物保護—, 朝倉書店, 東京, p.42~46.
- 3) MIYAZAKI, M. et al. (1996): *Mol. Gen. Genet.* **252**: 61~68.
- 4) MORIN, S. et al. (2002): *Insect Biochem. Mol. Biol.* **32**: 1781~1791.
- 5) 日本植物防疫協会 (2016): 農業ハンドブック.
- 6) 農業工業会 (2017): 日本における農業用殺虫剤の作用機構, [http://www.jcpa.or.jp/lab/pdf/2017/mechanism\\_irac03.pdf](http://www.jcpa.or.jp/lab/pdf/2017/mechanism_irac03.pdf)
- 7) Phillips McDougall (2017): *AgriService Products Section—2016 Market*, p.126~221.
- 8) RODITAKIS, E. et al. (2006): *Pestic. Biochem. Physiol.* **85**: 161~166.
- 9) SCHULER, T. H. et al. (1998): *ibid.* **59**: 169~182.
- 10) 島 克弥 (2017): *植物防疫* **71**: 675~687.
- 11) 園田昌司 (2012): 同上 **66**: 162~167.
- 12) 住友化学株式会社 (2016): 合成ピレスロイド製品ガイドブック『GO! ピレスロイド宣言。』.
- 13) TODA, S. and M. MORISHITA (2009): *J. Econ. Entomol.* **102**: 2296~2300.
- 14) 上山功夫 (2014): 農業出荷統計からみた日本の農業市場—2013—, 化学分析コンサルタント, 東京, p.18~22.
- 15) VONTAS, J. G. et al. (2002): *Biochem. J.* **362**: 329~337.
- 16) WILLIAMSON, M. S. et al. (1996): *Mol. Gen. Genet.* **252**: 51~60.
- 17) Xu, Q. et al. (2006 a): *Biochem. Biophys. Res Commun* **345**: 774~780.
- 18) ——— et al. (2006 b): *Gene* **379**: 62~67.

(新しく登録された農薬 51 ページからの続き)

#### ●トリアファモン・フェンキノトリオン粒剤

24172: プライオリティ豆つぶ 250 (クミアイ化学工業)  
18/12/5

トリアファモン: 2%

フェンキノトリオン: 12.0%

移植水稻: 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, オモダカ, クログワイ, コウキヤガラ, エゾノサヤヌカグサ

24173: プライオリティジャンボ (クミアイ化学工業)  
18/12/5

トリアファモン: 2%

フェンキノトリオン: 12.0%

移植水稻: 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, オモダカ, クログワイ, コウキヤガラ, エゾノサヤヌカグサ

## 新農薬の紹介

# 新規殺虫剤ピラキサルト™の特長

デュポン・プロダクション・アグリサイエンス株式会社  
ダウ・アグロサイエンス日本株式会社

全国農業協同組合連合会

おお  
大  
あ  
阿

うえ  
上  
べ  
部

めぐ  
恵  
しん  
新  
た  
太  
ろう  
郎

### はじめに

ピラキサルト™（一般名：トリフルメゾピリム）はデュポン社により創製された新規化合物で、水稻の重要害虫であるウンカ類・ツマグロヨコバイに対して高い活性を有し、水稻栽培地域である中国、ASEAN 諸国、インドおよび日本で開発が進められてきた。国内では、全国農業協同組合連合会とデュポン・プロダクション・アグリサイエンス株式会社が共同開発を進め、水稻育苗箱施用としてピラキサルトを 0.75% 含有する粒剤（試験番号 ZDI-2501 粒剤）において、一般社団法人日本植物防疫協会を通じた新農薬実用化試験を 2013 年から開始した。本剤は 2018 年 9 月 21 日にゼクサロン™箱粒剤として農薬登録を取得した（表-1）。以下に本剤の特長を紹介する。

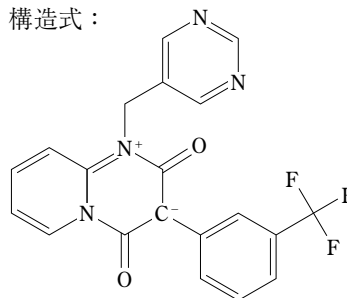
#### [有効成分の名称およびその性状]

有効成分の通称：ピラキサルト™ (Pyraxalt™)

一般名：トリフルメゾピリム (ISO name: Triflumezopyrim)

化学名 (IUPAC)：3,4-dihydro-2,4-dioxo-1-(pyrimidin-5-ylmethyl)-3-( $\alpha, \alpha, \alpha$ -trifluoro-*m*-tolyl)-2*H*-pyrido[1,2-*a*]pyrimidin-1-ium-3-ide

構造式：



分子式：C<sub>20</sub>H<sub>13</sub>F<sub>3</sub>N<sub>4</sub>O<sub>2</sub>

分子量：398

CAS No.：1263133-33-0

性状：固体

色調：黄色

臭気：なし

溶解度：0.23 g/l (20℃)

分配係数：Log Pow = 1.24

融点：189.1~189.4℃

#### [作用機構]

ピラキサルトは、IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) により、その独自の作用機構から新サブグループであるグループ 4E のメソイオン系に分類された。

害虫神経系では、通常神経伝達物質アセチルコリンが昆虫神経細胞のシナプス後膜にあるニコチン性アセチル

表-1 ゼクサロン™箱粒剤の適用害虫の範囲および使用方法

作物名	適用病害虫名	使用量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	トリフルメゾピリムを含む農薬の総使用回数
稲	ウンカ類, ツマグロヨコバイ	育苗箱 (30 × 60 × 3 cm, 使用土壌約 5 l) 1 箱当たり 50 g	は種時 (覆土前) ~ 移植当日	1 回	育苗箱の上から 均一に散布する	1 回
			は種時		育苗箱の床土または 覆土に均一に混和する	

TM：米国デュポン社またはその関連会社の商標または登録商標。

コリン受容体に作用し、受容体チャンネルの開閉によりナトリウムイオンを適量透過させることで正常な神経伝達を行っている。一方、ピラキサルトがニコチン性アセチルコリン受容体に結合すると、受容体チャンネルが閉じた状態になり、ナトリウムイオンの神経細胞内への流入が遮断され、脱感作（昏睡）状態を引き起こす。これは、グループ4の他のサブグループに属する既存剤がニコチン性アセチルコリン受容体に結合し、受容体チャンネルを開いた状態に保つことで異常興奮を引き起こす作用とは異なり、ピラキサルト特有の作用といえる（図-1）。

また、害虫抵抗性要因の一つといわれている解毒分解酵素の過剰発現の問題に対しても、グループ4に属する他の既存剤が影響を受ける解毒分解酵素に対して、ピラキサルトは作用を受けないことが確認されている。

【特長】

1. 殺虫スペクトラムと効果

本剤はカメムシ目害虫であるトビイロウンカ、ヒメトビウンカ、セジロウンカおよびツマグロヨコバイに対して高い殺虫効果を有している。また、長期の残効性があり、播種時処理および移植当日処理のいずれにおいても

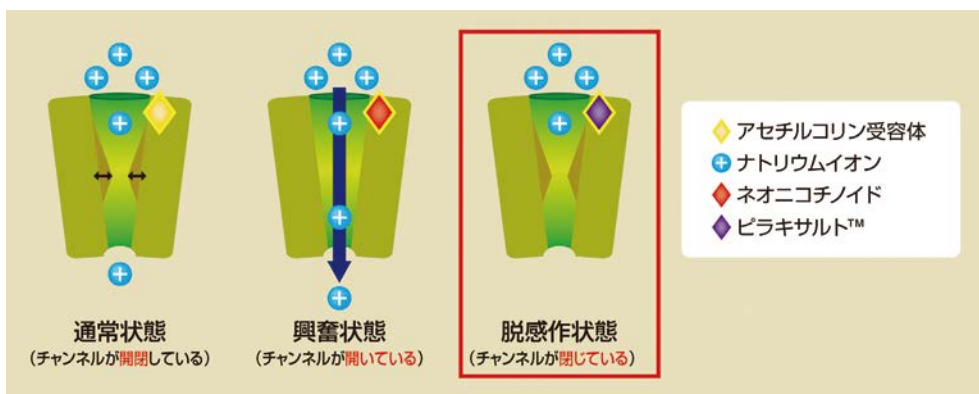


図-1 ニコチン性アセチルコリン受容体への作用

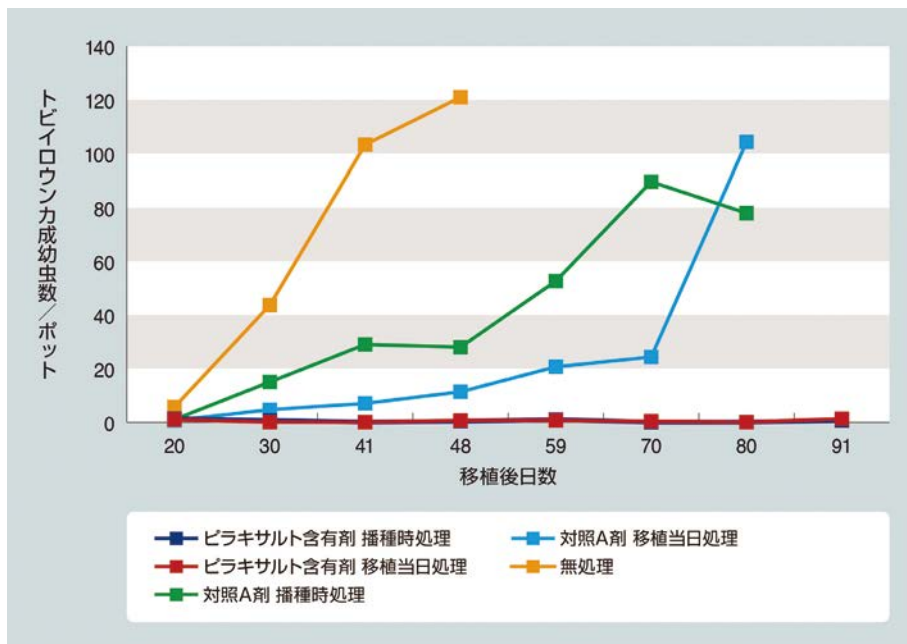


図-2 トビイロウンカへの効果と残効性

試験場所：JA 全農 営農・技術センター。  
 試験規模：1/5,000 a ワグネルポット 3 連制。  
 供試個体群：トビイロウンカ感受性系統。  
 放虫方法：移植 10 日後からポットにプラスチックケージを被せ、約 10 日間隔で雌成虫 3 頭、雄成虫 2 頭を放虫した。  
 調査方法：移植 20 日後以降、放虫前にケージ内の成幼虫数を調査した。

同等の残効を發揮することが確認されている（図-2）。

2. 既存薬剤抵抗性ウンカにも高い効果

現在、既存薬剤に対し感受性が低下したウンカ類の発生が見られる中、ピラキサルトはそれらの個体群に対しても感受性個体群と同等の高い効果を示した（図-3）。

3. 速効性

本剤の殺虫作用は非常に速効的であり、社内試験では既存剤と比較して約1.5~6倍早い殺虫効果を示した（表-2）。これにより、吸汁による被害および、イネ縞葉枯病など害虫により媒介されるウイルス病の感染を効果的に抑制することができる。

〔圃場での効果〕

本剤は社内および公的圃場試験においても安定した効果を示した。

ヒメトビウンカに対する新農薬実用化試験において、ピラキサルトは虫数を低く抑えるとともに（図-4）、ウイルス媒介により発病するイネ縞葉枯病に対しても、その速効的な作用から発病株率を低く抑え、高い実用性が確認された（図-5）。

表-2 トビイロウンカに対する効果発現速度

処理薬剤	薬量 (gai/ha)	TTK90 時間 (成虫)
ピラキサルト	25	29.2
D 剤	150	42
E 剤	30	145

試験場所：DuPont South Asia Field Experiment Station, India.  
 試験概要：稲に薬剤を散布処理し、風乾後、トビイロウンカを放虫。90%の個体が死亡するまでの時間（TTK90 = Time To Kill 90）を測定した。

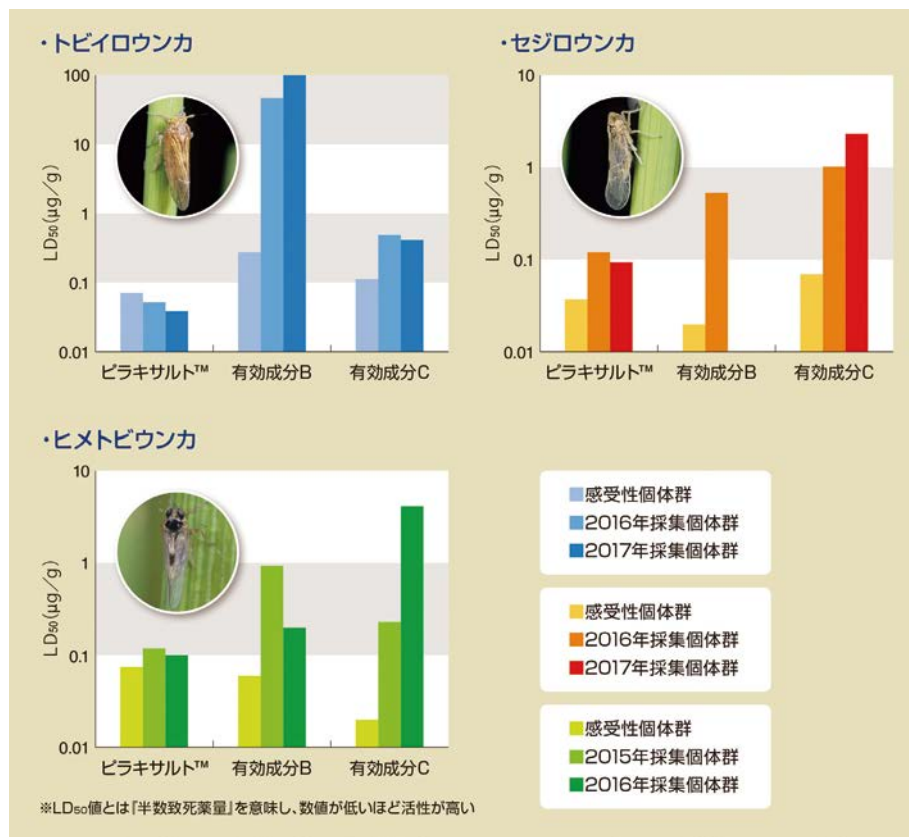


図-3 殺虫剤抵抗性のウンカ類に対するピラキサルト™の活性  
 試験場所：JA 全農 営農・技術センター。

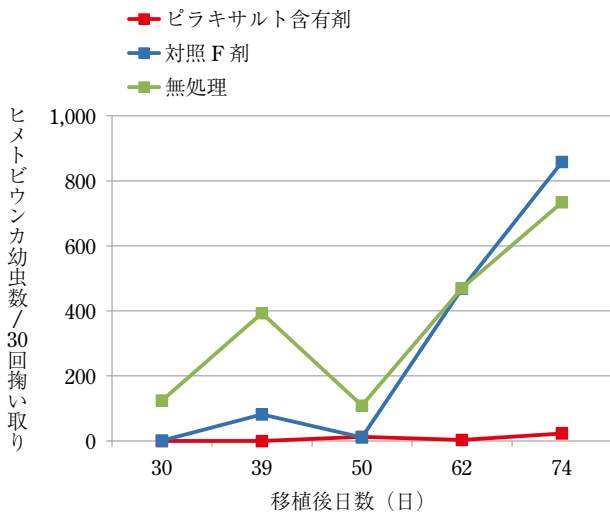


図-4 ピラキサルトのヒメトビウンカ幼虫に対する効果

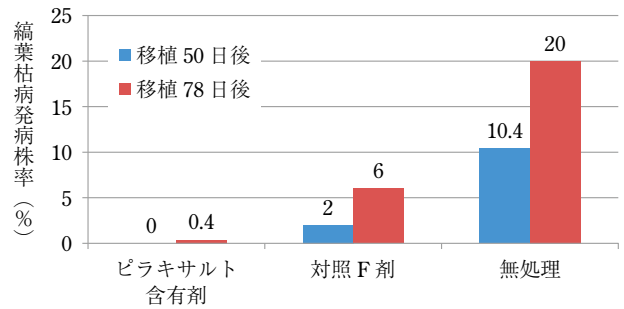


図-5 ピラキサルトのイネ縞葉枯病抑制効果

〈図-4, 5 試験概要〉

試験年・場所：2016年 埼玉県農業技術研究センター。

播種日：6月6日。移植日：6月27日。

薬剤処理日：6月27日（移植当日）。

薬剤処理量：育苗箱1箱当たり製剤50g。

調査：虫数調査は3地点において各区10回振りの掬い取り調査。縞葉枯株調査は各区500株中の発病株数を調査。

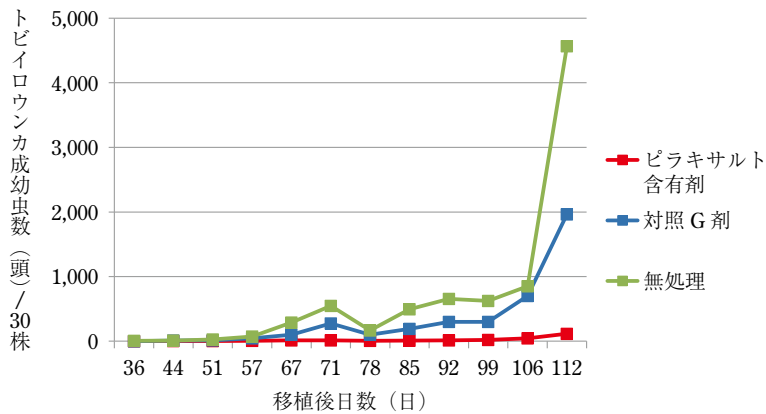


図-6 ピラキサルトのトビイロウンカに対する効果

試験年・場所：2017年 鹿児島県農業開発総合センター。

播種日：5月19日。移植日：6月6日。

薬剤処理日：ピラキサルト含有剤5月19日（播種時覆土前）。

対照 G 剤：6月6日（移植当日）。

薬剤処理量：育苗箱1箱当たり製剤50g。

調査：各区30株（連続15株×2箇所）の払い落とし調査。

九州地域で特に問題となるトビイロウンカに対する試験においては、試験期間を通じて安定して密度を低く抑え、長期残効性を示した（図-6）。

### おわりに

ピラキサルトはウンカ類、ツマグロヨコバイへ高い効果と長期残効を有し、またイネへの安全性が高いことから播種時から使用でき、苗の生育を妨げることなく使用

できる。有用生物および人畜に対しても安全性が高く、農作物生産現場において安定的で品質の高い作物生産に貢献できる薬剤と考えている。本剤を含む各種混合剤も開発が進んでおり、各地域の防除体系で活用していただけることを期待している。本剤の普及にあたっては各地域の指導機関や流通関係者の皆様へ引き続きご指導・ご助言を賜りたくお願い申し上げたい。

## 研究室紹介

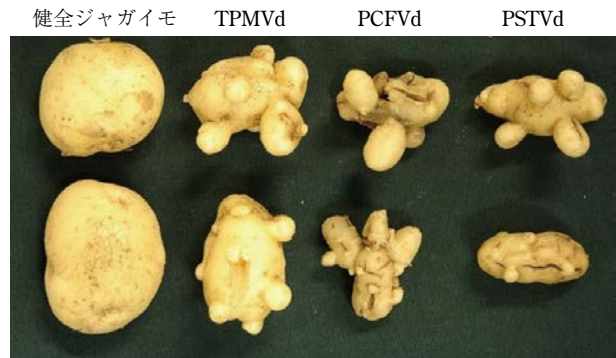
# 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター 病害研究領域 リスク解析グループ

農研機構は平成28年4月に農業生物資源研究所、農業環境技術研究所および種苗管理センターと統合する形で組織再編され、その際に中央農業総合研究センターは「総合」がとれて中央農業研究センターに、病害虫研究領域は病害研究領域と虫・鳥獣害研究領域に分かれました。リスク解析グループは、組織再編前に侵入病害虫リスク評価に関するプロジェクト・リーダーを務めていた大藤泰雄氏をグループ長とし、同プロジェクトに携わっていた病害分野の研究者（奥田充氏、柳沢広宣氏、鈴木清樹氏）をメンバーとして病害研究領域内に設けられました。その後、平成28年10月に農林水産省消費・安全局植物防疫課に出向していた宮田伸一氏が加わり、平成30年4月に大藤氏の病害研究領域長就任に伴って筆者がグループ長を引き継ぎ現在に至ります。

グループの英名表記は **Pest Risk Analysis (PRA) Group** です。PRAとは輸入検疫などの行政機関によるリスク管理措置において、科学的、経済的な根拠に基づき管理対象とする病害虫を定め、そのリスク低減措置を決定するプロセスです。その名のとおり、当グループでは、行政機関による病害虫リスク管理措置（植物検疫や侵入病害虫のまん延防止対策等）に資するためのレギュラトリーサイエンスとして、病害虫リスク評価やリスク低減技術を中心とした研究開発を実施しています。



イネ縞葉枯病の発生調査



ポスピウイルスに感染したジャガイモの病徴

特に、農産物貿易の自由化に伴いリスクの増大が懸念される国内未発生病害については、その侵入を未然に防止するとともに、仮に国内に入り込んだ際にも迅速に防疫措置がとれるよう、植物検疫上重要な病原体の検出・同定技術の開発に重点的に取り組んでおります。具体的には、微小害虫（アザミウマ類）により媒介され、野菜、花き類を中心に広い宿主域を有するため、被害が大きく防除が難しいトスボウイルス、およびジャガイモやせいもウイルス（PSTVd）等、種苗の国際的移動により侵入し、ナス科の重要作物に甚大な被害を引き起こすおそれの高いポスピウイルスについて、迅速かつ高精度な検出・同定技術を開発しています。

地球温暖化などの生産環境の変化や病害虫の薬剤抵抗性の発達に伴って被害の増大が懸念される国内既発生病害のリスク低減技術の開発にも取り組んでいます。近年、全国的に発生が増加傾向にあるイネ縞葉枯病については、中央農業研究センター虫害防除体系グループと連携し、多発生地域における縞葉枯病および媒介虫のヒメトビウカノの発生や被害の実態を調査、分析し、地域の状況に応じて化学的防除、耕種栽培管理、抵抗性品種利用等の技術を組合せる総合的管理技術の開発を進めています。また、イネの種子伝染性病害について、主にいもち病を対象に、病害の発生量や種子の生産・流通といった疫学データを分析し、構築した疫学モデルを用いて、種子流通が薬剤耐性菌の分布拡大に与える影響等を評価しています。

（リスク解析グループ長 田中 穰）

〒305-8666 茨城県つくば市観音台2-1-18  
TEL 029-838-8885



## 研究室紹介

# 地方独立行政法人 青森県産業技術センター 野菜研究所 病虫部

青森県産業技術センターは、平成21年4月に、それまで青森県が設置していた工業系と農林水産系などの公設試験研究機関を統合し、県内唯一の地方独立行政法人の研究機関として発足しました。

青森県は、全国一の出荷量を誇るにんにく、ごぼうをはじめとして、ながいも、だいこん、にんじん等、出荷量が全国の10位以内に入る品目が10品目以上もある東北一の野菜産地です。

野菜研究所は、本県野菜の中心産地である上北地方に立地し、本県野菜研究の拠点として、特産野菜のにんにく、ながいも等を対象に、栽培技術や病害虫防除の研究と指導、優良品種開発のほか、にんにく、ながいものウイルスフリー種苗を増殖し、全農あおもりやJAの行う優良種苗の確保を支援しています。

病虫部は、病害担当2名、虫害担当2名（うち1名は主に線虫担当）、研究補助員2名の総勢6名からなり、日々研究業務に取り組んでいます。以下に主な最近の研究内容を紹介します。

### 「ニンニクのイモグサレセンチュウの防除対策」

イモグサレセンチュウは収穫後のニンニクに腐敗を引き起こす重要線虫です。発生圃場では作付けしないことが基本ですが、やむを得ず作付けする場合は、マルチ畦内処理による土壌くん蒸消毒と処理前の深耕を組み合わせると被害低減効果が高いことを明らかにしています。これらの対策を行ったうえで線虫が内部まで侵入する前に早期収穫する必要があるため、併用する技術として、被害軽減できる収穫時期を判定する方法の開発に取り組んでいます。また、土壌消毒によらない技術として、田畑輪換や



ニンニクのイモグサレセンチュウ被害とニンニク調査風景



ナガイモ根腐病

他野菜等との輪作の被害低減効果についても検討しています。

### 「ナガイモの土壌病害の防除対策」

連作により発生が増加する根腐病に対して安定した防除効果の得られるクロルピクリンによる土壌消毒が行われていますが、健康への影響や環境負荷の低減を求める情勢に対応するため、生物くん蒸作物やガス難透過性資材を利用したクロルピクリン低減技術を検討してきました。次年度からは緑肥作物などを取り入れた輪作による土壌病害低減技術について検討を始めることにしています。

### 「ダイコンのキスジノミハムシに対する防除対策」

播種時の粒剤の効果的な処理方法や粒剤と茎葉散布を組合せた効果的な防除体系について検討しています。

以上の課題以外にも、ドローンを活用したナガイモの薬剤散布の検討や、新農薬実用化試験、必要に応じて病害虫の診断等も行っています。また、研修講師の依頼や、県や農協等からの研究要望、生産者や普及指導員、農協の営農指導員等からの問い合わせも多く、生産現場に密着した研究機関として、これからも貢献できるよう努めていきたいと思っています。

(病虫部長 新藤潤一)

■訂正

73巻1月号 68頁の書評に誤りがありました。  
 右段 18行目  
 発生させて → 発生する  
 訂正してお詫びいたします。

学会だより

○平成31年度日本植物病理学会大会

日時：平成31年3月18日(月)～3月20日(水)  
 会場：つくば国際会議場  
 〒305-0032 つくば市竹園2-20-3  
 日程：3月18日(月)開会式，総会，新会長講演，授賞式，  
 受賞講演，情報交換会  
 3月26日(火)一般講演  
 3月27日(水)一般講演，閉会式  
 大会組織委員会事務局：  
 農研機構 中央農業研究センター内  
 〒305-8666 つくば市観音台2-1-18  
 TEL：029-838-8885 FAX：029-838-8916  
 e-mail：psj2019@ml.affrc.go.jp

広告掲載会社一覧 (掲載順)

BASF ジャパン(株) …… プリンスベイト  
 デュポン・プロダクション・アグリサイエンス(株)  
 …… ピラキサルト  
 バイエルクロップサイエンス(株)  
 …… カウントダウン  
 サンケイ化学(株) …… 主要品目  
 日本曹達(株) …… ピシロック  
 フェニックス普及会 …… フェニックス  
 日産化学(株) …… スターマイト  
 石原バイオサイエンス(株) …… ネマトリンエース  
 アグロカネショウ(株) …… 主要品目

上路雅子理事長逝去のお知らせ

当協会理事長上路雅子氏が、本年1月7日に逝去されました(享年73才)。  
 謹んでご冥福をお祈りします。

次号予告

次号2019年3月号の主な予定記事は次のとおりです。

採種スイカにおける害虫発生状況と防除対策 井村岳男	錯誤捕獲を解消したアライグマ専用捕獲器の開発 小川倫史
着色期のカンキツ果実を加害するアザミウマ類の発生生態と防除対策 東浦祥光	植物防疫講座 病害編 ベと病菌による病害の生態と防除 佐藤 衛
沖縄県北大東島におけるサトウキビ寄生性線虫の実態と収量被害 河野辺雅徳	植物防疫講座 虫害編 イネツトムシの発生生態と防除 石崎摩美
新たな化学合成農薬を用いたホップベと病，うどんこ病の新防除体系 岩館康哉	植物防疫講座 農薬編 <i>Bacillus thuringiensis</i> と殺虫タンパク質生産物 浅野真一郎
たまねぎの小菌核病に対する効率的防除対策 池谷美奈子ら	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 鳥獣害G 竹内正彦
農業生物資源ジーンバンクにおける <i>Ralstonia</i> 属細菌の学名管理と情報提供 澤田宏之	福岡県農林業総合試験場 八女分場 角重和浩
沖縄県におけるサツマイモトビハムシの分布状況とその寄主植物 小濱継雄	

植物防疫

2019年  
2月号

(毎月1回1日発行)

第73巻 2019年1月25日印刷  
 第2号 2019年2月1日発行  
 (通算866号)

編集発行人 藤田 俊一  
 印刷所 三美印刷(株)  
 東京都荒川区西日暮里5-9-8

定価947円  
 本体877円

2019年分購読料  
 前払10,800円，後払11,364円  
 (送料サービス，消費税込み)

発行所

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

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

# チョウ目害虫防除に!

殺虫剤

# フェニックス®

顆粒水和剤

フロアブル



71作物に登録。  
幅広く使えて、効きめが長く続く!



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

フェニックス普及会

日本曹達株式会社 事務局 日本農薬株式会社  
東京都中央区京橋1丁目19番8号

- 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。

# べと病、疫病、白さび病を ピシッとロック!

新発売

農林水産省登録 第23952号

殺菌剤 ビカルブトラゾクス水和剤

# ピシロック® フロアブル



【登録作物】

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



HPはこちら

🔒 新規有効成分ピカルブトラゾクス配合!(FRACコード U 17)

🔒 収穫前日まで使える!(はくさいは収穫3日前まで)



日本曹達株式会社

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



®は日本曹達(株)の登録商標

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

# 作用点まで しっかり届く!

殺ダニ剤  
**スターマイト**<sup>®</sup>  
70777ル



## 殺ダニ成分「シエノピラフェン」配合

だから…

### ● 抵抗性ハダニにもきちんと効く

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

### ● 卵から成虫まで、 ハダニの全ステージにしっかり効く

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

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

 **日産化学株式会社**

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

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

殺線虫剤

農林水産省登録  
第 20265 号

# ネマトリン<sup>®</sup>エース

有効成分：ホスチアゼート……1.5% 人畜毒性：普通物（毒劇物に該当しないものを指している通称）  
Ⓜ は登録商標

## 粒剤



センチュウ  
退治に  
この一手!!

作物をしっかりとガード

### 特長

- 散布後すぐには種、定植ができる。
- 強力な運動阻害効果と殺センチュウ効果をあわせもつ。
- 浸透移行性を有するため、地上部害虫にも副次効果を発揮。（ばれいしょ、なす、いちご）
- 土壌タイプ、地温、土壌 pH の影響をほとんど受けない。

### 線虫の被害



ネコブセンチュウ  
最も重要な線虫で、多発すると  
収量を激減させる



ネコブセンチュウ  
による被害  
(メロンの根部)



ネコブセンチュウ  
による被害  
(かんしょ)



ネグサレセンチュウ  
による被害  
(ダイコン)



ジャガイモシスト  
センチュウ  
(雌センチュウ)

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

**ISK** 石原産業株式会社

**ISK** 石原バイオサイエンス株式会社

〒102-0071 東京都千代田区富士見2丁目10番2号

いい土から、いい作物。



アグロカネショウの土壤消毒剤

絆  
Ba N D  
バスアミド ネマキック D-D

で土壌を守る。

線虫問題にケリをつける!!

土壌病害・雑草防除に!

土壌センチチュウ防除に!



ネマキック®  
粒剤



バスアミド®  
微粒剤

D-D®

アグロ カネショウ  
の  
土壌分析

化学性や生物性の土壌診断を行います。

土壌の  
養分分析

線虫や  
菌の密度

土壌分析の詳細や申込みについては▼

アグロ カネショウ土壌分析室 [0296-21-3108] まで



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

■製品のお問い合わせ  
アグロ カネショウ(株)お客様相談係  
04-2944-1117

