

植物防疫

Plant Protection

2

2021
VOL.75



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



速く効く。
あの害虫にも効く。
だから、
収量に差がつく。

*2

*1

効きの速さ
有効成分が直接害虫に作用するから、作物が食べられる前に駆除できる。

対象害虫の幅広さ
チョウ目害虫やアザミウマなど幅広い害虫^{*1}に効く。

大切な作物の食害を抑え、収量を確保したい。
決め手は「効きの速さ」と「対象害虫の幅広さ」。
食べられる前に害虫を駆除、野菜・茶用殺虫剤 グレーシア。

野菜・茶用殺虫剤

グレーシア[®] 乳剤



- 有効成分フルキサメタミド配合。抵抗性コナガにも卓効
- 葉内に薬剤が浸透、葉裏の害虫も退治
- 幅広いチョウ目害虫に効果
- 殺虫効果は約2週間持続

*1 作物によって適用害虫は異なります。詳しくはWebをご覧ください。*2 効果は害虫の発生密度や天候、栽培環境等によって異なる場合があります。



お客様窓口

TEL.03-4463-8271
(9:00~17:30 土日祝日除く)

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



 日産化学株式会社



SANKEI
ECO PRODUCTS



植物油脂パワー！
サンクリスタル乳剤



チョウ目害虫退治の生物農薬！
サンケイ
サブリーナフロアブル



植物保護薬！
サンケイ
ジーファイン水和剤



硫黄の力でうどんこ病防除！
サンケイ
グムラス



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 鹿児島県鹿児島市南栄二丁目9番地
東 京 本 社 〒110-0005 東京都台東区上野7-6-11

☎(099) 268-7588
☎(03) 3845-7951



カウントダウン®



JAグループ
農協 全農 経済連

⑧ カウントダウンはバイエルグループの登録商標
⑨ はクミアイ化学工業(株)の登録商標

雑草の無い水田へ

一発、カウントダウン。

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
- 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・フロアブル)
- 7 無人航空機での処理可能(1キロ粒剤・フロアブル)
- 8 水口施用可能(移植水稲・フロアブル)
- 9 拡散性に優れたジャンボ剤
- 10 直播水稲への適用性
- 11 新規需要米(WCS、飼料米等)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
土日祝日および会社休日を除く

水稲種子消毒用の微生物農薬

タフブロック

タラロマイセス フラバス水和剤

農林水産省登録 第21920号

育苗期の 各種病害に 優れた効果!



温水消毒との 水体系でばか苗病を 徹底防除!!

適用病害

ばか苗病、いもち病、もみ枯細菌病、苗立枯細菌病、褐条病
苗立枯病(リゾープス菌、トリコデルマ菌、フザリウム菌)

販売 出光アグリ株式会社 協友アグリ株式会社 ホクサン株式会社

製造



株式会社 エス・ディー・エス バイオテック

〒103-0004 東京都中央区東日本橋1-1-5
<http://www.sdsbio.co.jp>

目 次

巻頭言

現場で使える技術を目指して—ゴールは農家—……………松本 幸子 1

総説

西日本のタマネギ産地に深刻な被害を及ぼしているべと病の防除技術の開発と普及……………井手 洋一 2

研究報告

一般化線形混合モデルとベイズ推定を用いたオオムギ黒節病の発病リスク評価……………川口 章 6
発生予察調査データを活用したコムギ赤さび病のリスク要因解析……………恒川 健太 10
春まきタマネギ栽培におけるネギアザミウマ防除対策と殺虫剤・細菌防除剤の併用が
りん茎の腐敗および収量に及ぼす影響……………横田 啓 15
ワサビクダアザミウマの寄主適合性と水ワサビ圃場における防除法
……………松田健太郎・佐々木大介・芳賀 一・萩原優花・笠井 敦 21

トピックス

クモヘリカメムシ（カメムシ目ホソヘリカメムシ科）の北進と気象データから見た
越冬可能地域の変遷……………田淵 研 25

新技術解説

キウイフルーツかいよう病とその類似症状の見分け方……………菊原 賢次 30

植物防疫講座

病害編-37 作物に発生するウイルス・ウイロイドとその管理技術……………津田 新哉 35
虫害編-32 リンゴに発生する害虫の生態と防除……………石栗 陽一 47

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 生物機能利用研究部門
植物・微生物機能利用研究領域……………森 昌樹・石川雅之 56
三重県農業研究所 基盤技術研究室 農産物安全安心研究課……………西野 実 57

農林水産省プレスリリース（2020.12.8～2021.1.13）……………55
新しく登録された農薬（2020.12.1～12.31）……………34, 46
登録が失効した農薬（2020.12.1～12.31）……………14
発生予察情報・特殊報（2020.12.1～12.31）……………20

【表紙写真】

上段左：タマネギべと病の発病株と分生子

上段右：クモヘリカメムシ成虫（左：雄，右：雌）

下段：ワサビ根茎の被害とワサビクダアザミウマ成虫

殺線虫剤

農林水産省登録
第 20265 号

ネマトリン[®]エース

粒剤

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



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




 巻頭言

現場で使える技術を目指して —ゴールは農家—



福岡県農林業総合試験場 まつ松 もと本 さち幸 こ子

全世界を震撼させている新型コロナウイルス感染症（COVID-19）ですが、いまだ感染経路、治療法等明確に解明されておらず、感染も続いている中、医療関係者をはじめとして対応されている皆様に心から尊敬と敬意を表します。

本来ならオリンピックもあり、人、物の移動がますます激しくなる中、病虫害の侵入警戒を強化する必要がありますと書いていたところでしたが、1年の間にこれほど世界が大きく変化するとは思いませんでした。

福岡県では、新型インフルエンザ等対策特別措置法（平成24年法律第31号）第32条第1項の規定に基づき、4月7日に新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言7県の対象となりました。いきなりの外出自粛、在宅勤務やリモート会議等急激な社会情勢の変化で先が見えない暗いトンネルに入った感覚でした。しかし、この感覚は、我々植物防疫関係が一度は経験する、新病虫害が点から面に広がっていく状況の世界規模を彷彿させます。一度侵入した病虫害をなかなかゼロにできない焦り、いったん減ってからの再増加、関係機関が一堂に会して課題解決に取り組み、何年もかけての対策を施して沈静化する流れは全く同じです。きっと新型コロナウイルス感染症も解決できると信じています。

今年度は、このような情勢でも容赦なく飛来してくるツマジロクサヨトウ、ミカンコミバエ種群、そしてトビイロウンカ等の海外飛来性害虫の対応に苦慮した年でした。問題になる前に対応することを業務としている植物防疫ですが、いざ発生すればすぐに最前線に対応できる体制の必要性が改めて認識された年でもありました。

ここで自分の経歴を紹介したいと思います。大学で植物病理学を学んだあと、県試験場病虫害部に配属されました。その後、病虫害防除所、農林事務所、普及指導センター、病虫害専門技術員を経て現職（試験場病虫害部長および病虫害防除所長の兼務）にたどり着いた変わり種です。所属した場所で最大限できることをやってきた自負はありますが一方、思い返してみると、若いころはなんのためにやっているのか、明確な目標があったわけではなかったような気がします。転機になったのは、普及指導員になったことです。目の前に課題が転がっており、そのなかでも病虫害は常に問題となっていました。私が野菜の普及指導員になった時代は、防虫ネットはすでに導入されていたのですが、紫外線除去フィルムの普及開始およびアザミウマ類やコナジラミ類等に対する天敵

「スワルスキー®」が販売された年でした。この組合せを全国に先駆けていち早くキュウリ産地に導入した結果、栽培期間が2か月も延長可能となり、部会平均単収がわずか2年間で1.5倍になった経験が今の自分を支えています。もちろん、未熟な自分を大きな懐で招き入れ、技術を取り入れてくれた農家のおかげです。

また、大学の後輩から聞かれた言葉があります。「大学で学んだことは社会人になって役に立っていますか」。基礎的なところは確かに役に立っています。が、大学で研究していたときに一番大きな部分が抜け落ちていたことを今、実感しています。卒業論文や修士論文のためのデータを揃えるというのが大きな目的であり、その背景を感じる事ができていませんでした。今の大学の研究室でも、自分たちの研究が実社会で普及拡大できるという実感がみえない方も多いと思います。学会に発表したら、論文書いたら終わり、論文データをとるためだけの試験をやっていると思いませんか。病虫害の被害→要因解明→病虫害の同定診断→発生生態解明→防除法の確立→普及・指導と、どこかで関与しているはずですが。我々国や県では決まった期間で成果の実績を問われるため、基礎研究まで時間が割けなくなってきています。現場が一番近く、現場で実証することが多い、病虫害関連の研究でも例外ではありません。関係機関がお互いに補足しあって課題解決を行っていると考えればつながっています。国や県等の研究機関の研究の方向性も、技術を開発するだけではなく、いかに現場に利用していくか、普及方法までを連携させて組み立てていく内容が変わっています。さらに、同定診断の技術も向上しています。ひと昔前は同定が困難だったウイルスや細菌等が簡易に診断できるようになり、対策も早期に可能となって拡大抑制に一役買っています。我々の業務はもっと進化し続ける必要があると思います。

農林水産省にある植物防疫法は、昭和二十五年に制定され、その目的は、「輸出入植物及び国内植物を検査し、並びに植物に有害な動植物を駆除し、及びそのまん延を防止し、もつて農業生産の安全及び助長を図ることを目的とする。」と70年経った現在でも生きている法律です。農林水産省関連で業務をするからには、ゴールの先には農家がいることを認識するだけで、今自分がなにをすべきかのヒントになると思います。

（九州病虫害研究会 会長）



西日本のタマネギ産地に深刻な被害を及ぼしているべと病の防除技術の開発と普及

佐賀県農業試験研究センター 井 手 洋 一

はじめに

タマネギべと病は *Peronospora destructor* という糸状菌による病害で、茎葉に病斑を生じる。症状がひどい場合には枯れ上がり、鱗茎は小玉化して収量は著しく低下する。さらに重篤化すると枯死する場合もある (図-1)。

過去にも春先に雨が深い年などに発生が多くなることがあったが、本県では2008年(平成20年)ころから本病の被害が問題視されはじめた。特に、2016年産(平

成28年)タマネギにおいては、べと病発生に好適な気象条件が続いたことで、これまでにない甚大な発生となり、べと病の被害で全面が枯れる圃場も散見された。その年の収量は平年の6割ほどまで低下した。また、この年は本県のみならず、西日本一帯の冬春タマネギで大発生したこともあり、流通量は著しく減少した。タマネギ価格の高騰を招き、報道でも大きく取り上げられた。

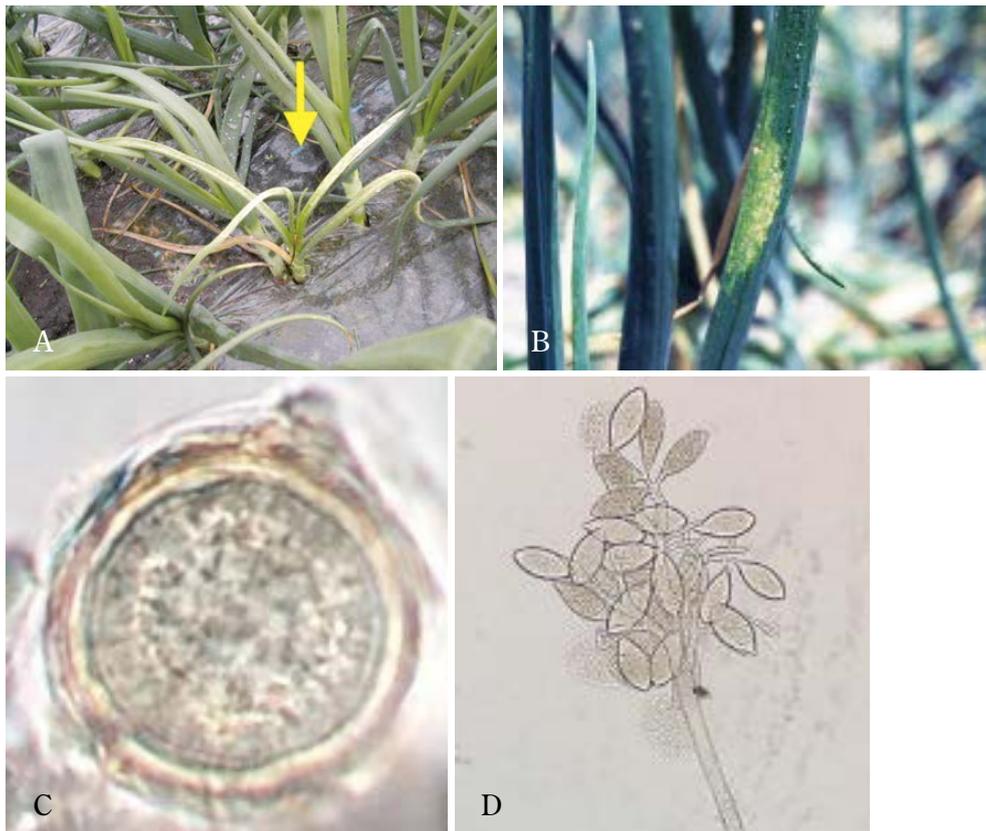


図-1 タマネギべと病の病徴と胞子の形態

- A: 一次感染による全身病徴. B: 二次感染による病斑.
C: 卵胞子 (耐久体). D: 病斑に生じた分生胞子.

Development and Dissemination of the Technique to Control of the Downy Mildew on Onion in Western Japan Region. By Yoichi Ide

(キーワード: タマネギ, べと病, 防除)

I 発生生態

九州を含む西日本のタマネギ産地では、秋期に苗を定植し、翌年の4~6月に収穫、出荷する秋植えの作型が主流である。秋植えの作型におけるべと病の発生生態は図-2に示す通りで、収穫後に土中の植物残渣の中で卵胞子という休眠形態で越冬する。10~12月の苗床から定植後の植物体が小さい時期に温暖で湿潤な感染に好適な条件が続くと、土中の卵胞子が植物体に感染する。この時期の感染を一次感染と称しており、発症すると葉は湾曲し、色あせて黄色っぽくなるのが特徴である。全身的に萎縮することも多い。この一次感染株には多量の胞子（分生胞子）が形成され、3~5月に好適な条件が生じると、周囲の株に拡散、感染する二次感染が繰り返される。

II 2016年産（平成28年）タマネギでの多発生要因

西日本の各産地において大発生を招いた28年産タマネギでのべと病の多発生要因については、以下のように整理している。

①発生に好適な気象条件：28年産タマネギでは、定植後の降雨日数が多く（一次感染の助長）、4~5月にも断続的な降雨にみまわれ（二次感染の助長）、べと病の発生に好適な気象条件が続いた。

②圃場内の菌密度の増加：タマネギを毎年連作してお

り、土壌中での菌密度が増加していた。

③土壌条件の悪化：排水対策の不徹底や、作土層の浅渣による生育不良も被害助長の一要因として考えられた。

④メタラキシル剤に対する耐性菌の発生：調査の結果、佐賀県では、これまでの本県の防除の主体であったメタラキシル剤の効果が低下していた。

III 研究成果

このような流通量の激減を招いた本病に対する防除技術を早急に確立するために、農研機構生研支援センターの支援のもと、佐賀県、佐賀大学、農研機構九州沖縄農研センター、兵庫県との間で、2016年10月から3年間の緊急的な共同研究プロジェクトが始まった（2019年9月まで実施）。佐賀県における取組の一部は、既に本誌でも紹介しているが（善・菖蒲，2017；渡邊・菖蒲，2019），本稿ではプロジェクト終了後の全体の成果について紹介する。

1 一次感染の防止対策

本病の一次感染（土中の卵胞子が植物体に感染）は、10~12月までの長期にわたり、苗床および本圃の両方において感染する。対策については、苗床の時期（9~11月）における菌密度低減対策と、定植前後の本圃における感染防止対策（11~12月）の二つに分かれる。

苗床の防除対策については、ダズメット（商品名：バスアミド微粒剤）の播種前処理が有効であること、11~

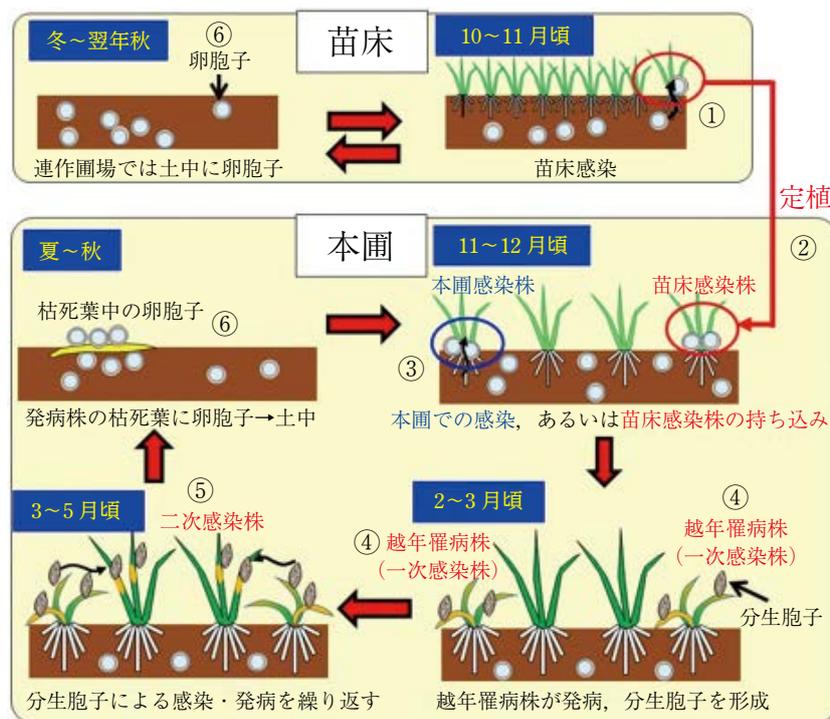


図-2 タマネギべと病の発生生態（模式図）

12月に行われる定植の前後に使用する殺菌剤については、フルオピコリド・ベンチアバリカルブイソプロピル（商品名：ジャストフィットフロアブル）等のCAA系の有効成分を含む殺菌剤（佐賀県、表-1）や、フルアジナム（商品名：フロンサイドSC）が高い効果を示すこと等を明らかにした（兵庫県）。

耕種の対策としては、定植時期を遅くすることでさらに発病が抑制されること、定植を遅くした場合、露地栽培では鱗茎肥大が抑制されてしまうが、マルチ被覆を行うことで高い収量を得られることが確認された（佐賀県）。

また、タマネギべと病の甚発生圃場より枯死葉を圃場外に持ち出した際の効果について検討した結果、枯死葉を持ち出した区では、一次感染株の発生が約1/10に減少した（兵庫県）。

2 二次感染の防止対策

二次感染期（3～4月）の防除薬剤についてスクリーニング試験を行った結果、マンゼブ（商品名：ジマングアイセン水和剤）の予防散布の効果が最も優れることが明らかとなり（佐賀農試、図-3）、発病後の対応から予防散布主体の防除体系にシフトした（佐賀県）。

ほかにも、二次感染期における発生生態として、気象条件と感染・発病の関係性が解明され、主要な感染時期

表-1 CAA剤の定植後防除による一次感染の発病抑制
(2018年春収穫)

系統	薬剤名	発病株割合 (%)
CAA剤	フルオピコリド・ベンチアバリカルブイソプロピル水和剤	1.4
その他	マンゼブ水和剤	5.1
	アゾキシストロピン水和剤	3.8
	無散布	7.6

散布：12/5, 12/20, 1/4の計3回散布。

調査：3/9。

平成30年度推進会議資料より抜粋。

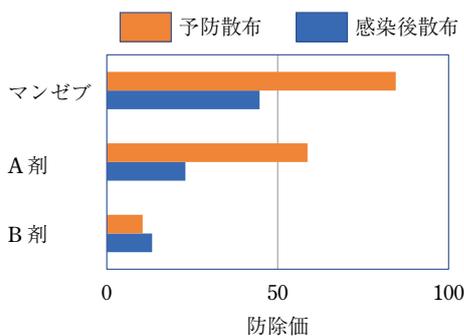


図-3 タマネギべと病に対するマンゼブ剤の予防効果
(2017年春収穫)

がいつなのかがわかるようになった。さらに、発生予測のための2次伝染モデルを作成するとともに（九州沖縄農研センター）、兵庫県において行われた試験では、気象予測モデルに基づいた防除による減農薬防除体系の可能性も示唆されている。

3 夏期湛水処理による菌密度低減

タマネギべと病では、土中の卵胞子が感染して1～3月にかけて発症した植物体を一次感染株と呼んでいる。その一次感染株の防除の成否が、その後の発生を大きく左右する。

タマネギが水田において秋から翌年春にかけて作付けされる場合、収穫後は水稲が栽培されるため、土壌中の菌量はある程度は減少するが、佐賀県農業試験研究センター白石分場が実施した一連の試験において、収穫後に水稲を栽培せずに、夏期の高温期に圃場を長期間湛水することで、菌密度が著しく減少することが明らかとなった（図-4、表-2）。湛水処理の実施期間については、高温期となる7月下旬～9月上旬の約50日間の湛水処理が、一次感染株の発生防止として有効で、その後の定植の準備作業に及ぼす悪影響もないことが確認された。

4 卵胞子の実験手法および生態解明

プロジェクトの開始当初、本病菌卵胞子に関する実験手法は確立されておらず、卵胞子の生態には未解明な部分が多かった。本プロジェクトを通して、土壌あるいは罹病葉からの卵胞子抽出法、原形質分離を指標とした卵胞子の生死判別法、定量PCR法、生物検定法等を確立した（佐賀大学、九州沖縄農研センター）。これらを利用して卵胞子の生態に関する種々の調査を行い、春に作られた卵胞子は、当年夏～秋に野外での生存率が大きく低下すること、その一方で、当年夏～秋には感染能力を有するようになること等が明らかになった。



図-4 タマネギべと病の菌密度低減を目的とした夏期湛水処理

表-2 タマネギべと病に対する夏期湛水処理の効果 (2018年春収穫)

試験区	調査時期ごとの発病株率 (%)							累計
	2/下	3/上	3/中	3/下	4/上	4/中	4/下	
①湛水 34 日区	0.5	0.8	1.4	0.5	0.1	0.0	0.0	3.3
②湛水 47 日区	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
③対照区 (無湛水)	0.5	1.0	1.5	6.1	0.1	0.0	0.0	9.3

※湛水 34 日区の湛水期間：7/21～8/24.

※湛水 47 日区の湛水期間：7/21～9/6.

5 成果マニュアルの作成

以上の成果については、対策マニュアルとしてとりまとめ、佐賀県農業試験研究センターのホームページにて公開中である。あわせて、表計算ソフト「エクセル」を用いて、気象庁のデータを用いて過去の二次伝染が生じた時期を推定できる「高湿度継続時間を指標とした二次伝染推定モデル」をアップロードしているのので、参考にさせていただきたい。

参考 URL：http://www.pref.saga.lg.jp/kiji00370267/index.html

IV 補助事業による支援 (佐賀県の事例)

本共同研究は、「①新技術の開発、②現場での実証・経営評価」の両輪で取り組んだ。

得られた新技術の速やかな普及を図るため、各地域において、普及指導機関との連携や、補助事業の活用による取組みの推進が行われた。例えば、佐賀県の補助事業の取組みを例にとると、べと病防除で使用するマンゼブ剤の購入に対して、県 1/2、市町 1/10 の助成が行われた。試験研究の成果のうち、マンゼブ剤による予防散布については、試験開始 1 年目から高い効果が得られた成果であったことや、前述の通り、2016 年産 (平成 28 年) の大発生前までは、発生後の事後対応的な薬剤散布が主流で予防散布の習慣がなかったこと等から、発生後の対応から予防散布への切り替えを農家に促すための施策であった。大発生の翌年に当たる 29 年産タマネギの 1 年間のみの緊急的な事業であったが、この事業が呼び水となり、マンゼブ剤の予防散布の考え方が広く定着した。

また、農林水産省の産地パワーアップ事業や、各種県単事業を活用し、防除に必要な乗用管理機、土づくりに必要な機械 (もみサブロー、堆肥散布機等) の購入に対する助成が行われた。

さらに、大発生後の 29 年産以降は、それまでほとん

ど行われていなかった一次感染株の抜き取り作業を徹底することとしたが、抜き取られた発病株をそのまま圃場の隅に積まれてしまうと伝染源となるため、抜き取られた一次感染株を役場や JA 等の収集場所にいったん集め、専用の施設において焼却処分することとした。このような体制は、それまで全く行われていなかったことから、焼却処分に係る費用が助成された (県 1/2、29 年産～31 年産まで実施)。この事業の実施と指導の徹底により、多くの農家が一次感染株の抜き取り作業に取り組むようになった。

おわりに

これらの一連の成果とあわせて、関係機関が一体となった指導、行政的な支援、そして、タマネギ農家の皆さんのたゆまぬ努力により、べと病の発生は著しく減少しており、生産量は V 字回復をとげている。

各試験研究機関では引き続き、防除回数の削減を目的とした有効な防除体系の開発や、夏期湛水処理のさらなる期間短縮化等について取り組んでいる。一方で、畑地で大豆などの畑作物ため湛水ができない圃場もあることから、湛水処理以外の菌密度低減技術の開発などについても着手している。

なお、これまでに述べた試験研究の成果は、農研機構生研支援センターから支援を受けた革新的技術開発・緊急展開事業 (うち地域戦略プロジェクト) 「西日本のタマネギ産地に深刻な被害を及ぼしているべと病の防除技術の開発と普及」の共同研究により得られたものである。プロジェクト実施にあたり支援していただいた関係者の皆様方に厚くお礼申し上げる。

引用文献

- 1) 渡邊幸子・菖蒲信一郎 (2019): 植物防疫 73: 363～369.
- 2) 善正二郎・———— (2017): 同上 71: 264～268.

一般化線形混合モデルとベイズ推定を用いた オオムギ黒節病の発病リスク評価

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
西日本農業研究センター

かわ
川ぐち
口あきら
章

はじめに

オオムギ黒節病は主に節を黒褐色に変色させる細菌性病害（図-1）である。症状が進むと節だけでなく稈、葉身、葉鞘、穂も黒褐色になり、部分的または全体的に枯死、穂は焼けたように枯れてしまい（穂焼症状）、不稔になる場合もある。病原細菌は *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* で、オオムギだけでなくコムギにも同じ病害を起こす。全国のムギ類生産地で発生が認められており、発生面積はおおむね4~8%で推移している（井上, 2017）。

本病は種子伝染、土壌伝染、罹病した麦稈から病原細菌が雨滴などで近隣の健全な麦稈に伝播する地上部伝染などが知られている（菅, 1978；福田, 1990；KAWAGUCHI et al., 2017；2018）。本病の主な伝染経路は種子伝染であること（KAWAGUCHI et al., 2017）から、本病の防除にはまずは種子消毒が重要となる。また、露地栽培条件下では雨滴により罹病した麦稈からの地上部伝染も起こる（KAWAGUCHI et al., 2018）ため、特に種子生産圃場では生育期の防除についても行う必要がある。これまでは有効な防除対策がなかったが、2015~17年に実施された農林

水産業・食品産業科学技術研究推進事業（25063）「麦類で増加する黒節病などの種子伝染性病害を防ぐ総合管理技術の開発」で防除対策について網羅的な研究が行われ、原原種圃場等を対象とした雨よけ栽培、種子消毒、生育期の銅水和剤の散布等の対策が確立した（井上, 2017；島田・酒井, 2017；森, 2017；田畑, 2017；酒井, 2017）。それら研究成果が植物防疫（2017）第71巻第6号に特集として掲載されているので是非ご覧いただきたい。

本病の防除対策は種子生産圃場、特に原原種圃場、原種圃場では健全な種子生産のためには必須と言える。原種圃場の次の段階である採種圃場では栽培面積が大きくなるため、生育期の銅水和剤の散布には大きな労力とコストがかかる。加えて、一般のムギ類生産圃場では労力とコストはさらに大きくなる。そこで、生育期の防除の実施の有無を判断するツールとして発病予測モデルが使えないかと考えた。そのためには、農業生産現場での本病の多発要因を明らかにする必要がある。これまで、ムギ類の幼穂形成始期に低温に晒されると発病が助長されることが知られている（森ら, 2001；河田・森, 2017 a；2017 b）が、その他の発病リスク要因についても検討する必要がある。

そこで本報告では、発病リスク要因を把握するため、病害虫防除所のデータを活用したモデリングの例を紹介する。本稿の一部は既に報告したので（KAWAGUCHI, 2020）、併せて参照いただければ幸いである。

I 一般化線形混合モデル

1 病害虫防除所の調査データの活用

特に露地栽培における農作物の病害の発生に影響を与える要因として、気象条件（誘因）、その地域または圃場における過去の発病程度（伝染源の有無；主因）、植物の感受性（品種の抵抗性、罹病性の性質等；素因）が考えられる。素因については、産地のオオムギの主力品種の変遷は頻繁ではない（ムギは主力品種の選定から種子の供給体制が整うまでに10年近くかかる）ことから、ここでは対象から外した。誘因の気象条件については、気象庁による各地域の定点観測のデータ（アメダスデー



図-1 オオムギ黒節病の症状（赤い矢印）

Risk Assessments of Bacterial Black Node of Barley by General Liner Mixed Model and Bayesian Inference. By Akira KAWAGUCHI

（キーワード：オオムギ黒節病，一般化線形混合モデル，ベイズ推定，病害虫防除所）

タ)を活用することで、現在と過去の気象データを入手できる。しかし、主因の圃場における過去の発病程度のデータは、その圃場で実際に調査しないとわからない。しかも、発病の推移を当年の時期別で知ること、さらにその年次変動まで把握しようと思えば、同じ圃場に毎年通いつけてデータを蓄積する必要がある。そこで、そういった研究に応用できると思われる既に蓄積されたデータを有効活用すること(データマイニング)を考えた。主因のデータとして注目したのは、都道府県の病害虫防除所で実施されている病害虫発生予察事業の定期巡回調査データである。

発生予察事業における定期巡回調査は、あらかじめ決められた地点、圃場を定期的に調査し、そのときの様々な病害虫の発生程度を記録する。そのデータは毎月の子報の根拠として活用されるだけでなく、最終的には病害虫発生予察年報として毎年発刊される。何年に渡り蓄積された巡回調査データは一つの県だけでも大きなものになる。調査方法は病害虫の種類ごとに決められており、担当者が変わっても基本的な調査方法は変わらない。これらのデータを目的別に整理し、複数年をまとめて解析することによって、一年間のデータではわからない、何らかの傾向を抽出することが可能である。筆者は過去に岡山県病害虫防除所の巡回調査データを活用して、モモセン孔細菌病の発病リスク評価を行った(川口, 2013; KAWAGUCHI, 2014)。ほかにも病害虫防除所の巡回調査データを活用した研究事例がある(猫塚ら, 2009; 猫塚, 2010; 七海・柳沼, 2017)。

しかしながら、オオムギ黒節病は国の指定有害動植物ではないため、すべての都道府県で一律に調査されているわけではなく、県によっては調査していないか、またはデータの蓄積が少ない場合がある。そこで今回は、瀬戸内海を挟んだ隣同士の県である岡山県と香川県の2県の病害虫防除所のデータを活用した。2県ともオオムギ黒節病の巡回調査を行っており、当年の最終調査日である5月中旬のデータを活用した。岡山県病害虫防除所は二条大麦、県下の19圃場/年、2002~18年(17年間)の計323圃場の事例をデータ解析に用いた。また、香川県病害虫防除所は六条大麦、県下の15~25圃場/年、2002~18年(17年間)の計306圃場の事例を用いた。データは発生圃場数と調査圃場数の形にして、一つの圃場で発病の有無を二値データ(有=「1」、無=「0」)として、目的変数とした。気象要因(基準となる気温、風速、降水量に到達した日数)はアメダスデータを活用して、それぞれ説明変数とした。説明変数は32個になったため、この中から目的変数に関連の深いものを選抜する必

要があった。

2 本病と気象要因の関連性

ここでは、一般化線形混合モデルを説明する。一般化線形混合モデルとは、一般化線形モデルに“変量効果”を組み込んだものである。一般化線形モデルの一つにロジスティック回帰があり、今回はそれを用いている。ロジスティック回帰とは、回帰分析を行う元データに、二値データ(質的変数)、順序変数、量的変数などが混合している場合に用いる解析である。症例群(A:ある程度以上の発病程度に含まれる圃場数)を対照群(B:それ以外の発病程度に含まれる圃場数)で割った値がオッズ(A/B)であり、症例群の割合 $p = A/(A+B)$ に対するオッズは $p/(1-p)$ で表される。モデル選択にはAIC(Akaike's Information Criterion)を用いることが多い。AICはパラメータ数とデータとの適合性のバランスを取る指標であり、一般的に、AICが低い値を示すモデルが良いモデルであるとされる。

一般化線形モデルは、実際に調査したデータ(数値)が目的変数に与える影響である“固定効果”を扱う。データを元に形成される説明変数のパラメータはすべて固定効果である。それに対して一般化線形混合モデルで扱う変量効果は、実際にはデータとしては記録されていないが、サンプル間に存在すると考えられる“差”を表すもので、例えば調査個体が複数存在する場合、それらが完全なクローンでなければ、個体には「個体差」が存在すると考えられる。今回用いた発病データは一つの圃場における発病の有無であり、圃場はすべて異なるため、“個体差=圃場ごとの何らかの差”とみなすことができる。その差は実際には調査・測定できていないが、差が存在するならば、その差、つまり変量効果(γ_i)の分布は平均0、分散 σ_i^2 の正規分布で近似できる(一般式は $\gamma_i \sim \text{Normal}(0, \sigma_i^2)$ と表す)。

結果を表-1に示す。岡山県、香川県、および2県の合算データでのモデリングで、最も影響が高い要因(回帰係数が最も大きい)として、共通して“1月の最低気温が-4℃以下の日数(Y_1)”が選抜された。河田・森(2017a; 2017b)は、香川県において1~2月の最低気温が-3℃以下の日数が多い年は発生圃場数が多い傾向があることを報告しており、森ら(2001)はムギ類の幼穂形成期に-5℃の低温条件に曝露すると病原細菌の接種試験で発病が増加するとしている。両県における一般のオオムギ栽培圃場の幼穂形成始期は1~2月であり、今回の解析結果はこれらの報告を支持している。次に、香川県のデータでは説明変数として“1月の平均気温が5℃以上の日数(Y_2)”が選抜された。前述の1月の最低

表-1 一般化線形混合モデルによる岡山県、香川県におけるムギ類黒節病の発生圃場割合に影響を与える要因の選抜

県	説明変数	パラメータの区別	係数	回帰係数	回帰係数の標準誤差	z 値	p 値	AIC 値
岡山	1月の最低気温が-4℃以下の日数 圃場の違い 切片	固定効果	Y_1	1.659	0.681	5.25	0.015	39.7
		変数効果	γ_i	0	-	-	-	
				-5.927	1.129	-2.44	< 0.001	
香川	1月の最低気温が-4℃以下の日数 1月の平均気温が5℃以上の日数 3月の降水量が1mm以上の日数 圃場の違い 切片	固定効果	Y_1	0.746	0.183	4.08	< 0.001	230.4
		固定効果	Y_2	0.403	0.080	4.86	< 0.001	
		固定効果	Y_3	0.348	0.135	2.58	0.010	
		変数効果	γ_i	0	-	-	-	
				-9.260	1.476	-6.28	< 0.001	
2県データ 合算	1月の最低気温が-4℃以下の日数 3月の降水量が1mm以上の日数 圃場の違い 切片	固定効果	Y_1	0.188	0.093	2.01	0.045	330.2
		固定効果	Y_3	0.209	0.061	3.45	< 0.001	
		変数効果	γ_i	0.278	0.342	-	-	
				-3.282	0.289	-11.34	< 0.001	

気温と併せて考察すると、1月の気温の寒暖差が大きい場合に発病が助長される可能性も考えられるが、この要因を支持する文献などがいないため、この要因が重要かどうかはさらに検討する必要がある。また、香川県と2県の合算データでは説明変数として“3月の降水量が1mm以上の日数 (Y_3)”も選抜された。本病は細菌病であることから、一般的に植物の生育期に多雨であれば発病が助長されると考えられるが、岡山県単独データでは選抜されていないので、この要因も今後さらに検討の必要がある。岡山県、香川県のデータにおける変数効果 (γ_i) は両方とも0となり、この解析における圃場の差は無視できるものと考えられた。しかし、2県の合算データでは変数効果 (γ_i) = 0.278 となり、他の固定効果 Y_1 = 0.188, Y_3 = 0.209 よりやや高かった。県単独の場合は圃場の差はほとんど認められなかったため、これは県の違いによる差が影響していると考えられる。さらに、選抜された各要因の回帰係数から本病の発生モデル式を導くと、岡山県では $\ln(p/(1-p)) = 1.659Y_1 - 5.927$ (AIC = 39.7) (式1)、香川県では $\ln(p/(1-p)) = 0.746Y_1 + 0.403Y_2 + 0.348Y_3 - 9.260$ (AIC = 230.4) (式2)、2県の合算データでは $\ln(p/(1-p)) = 0.188Y_1 + 0.209Y_3 - 3.282 + \gamma_i$ (γ_i = 0.278, AIC = 330.2) (式3) となった。発生圃場割合の観測値と上記の予測式による予測値の単回帰分析によって得られた補正決定係数 (R^2) は、式1で0.741、式2で0.560、式3で0.152となった(データ省略)。

II ベイズ推定による各発病要因のリスク評価の試み

式3は2県の合算データを元に、変数効果を加味した一般化線形混合モデルで構築したもののだが、式1および2に比べて補正決定係数が低く、このまま予測式として

使用することは難しいと考えられた。そこで、各発病要因を事前確率として、その要因が観察された場合における本病の発生確率の増加を数値化して評価することを考え、ベイズ推定を用いた。

近年、ベイズ定理は科学の様々な場面で活用されている。ベイズ定理には“事前確率”と“事後確率”が存在し、事前確率に何らかのパラメータ(一般的に尤度と言う)を掛けた値が事後確率となる。ベイズ推定はベイズ定理に従った事後確率の推定である。確率 P を導くベイズ推定の式は以下ようになる。

$$P(q|Y_n) = P(Y_n|q) \cdot P(q) / P(Y_n), \text{ (式4)}$$

ここで $P(q)$ が事前確率、 $P(q|Y_n)$ が事後確率になる。 $P(q|Y_n)$ は“事象 Y_n が起きた後で事象 q が起こる確率”である。ベイズ推定では Y_n はデータ、 q はパラメータで、どちらも確率変数である。

今回は、病害虫防除所の巡回調査データから、黒節病が発生した時の各条件 (Y_1, Y_2, Y_3) の発生圃場割合をすべて算出できるので、それらを条件付き確率と見なして事後確率を推定した。岡山県、香川県、2県の合算データから得られる事前確率をそれぞれ $P(q_0)$, $P(q_k)$, $P(q_e)$ として、各条件付き確率、事後確率を算出した結果を図-2に示した。例として $P(q_0|Y_1)$ の算出の手順を説明すると、まず2002~18年(17年間)における本病の発生割合0.012(1.2%)を黒節病発生の事前確率 $P(q_0)$ と置く。黒節病未発生の圃場割合は $1 - 0.012 = 0.988$ (98.8%)、黒節病発生圃場の中で Y_1 の条件を満たす圃場割合は1.000(100%)、黒節病未発生圃場の中で Y_1 の条件を満たす圃場割合は0.404(40.4%)であった。黒節病発生圃場の中で Y_1 の条件を満たす圃場割合を尤度とみなすと事後確率は $0.012 \times 1.000 = 0.012$ となるが、この値を標準化(条件付き確率の総和が1になるように変換)する

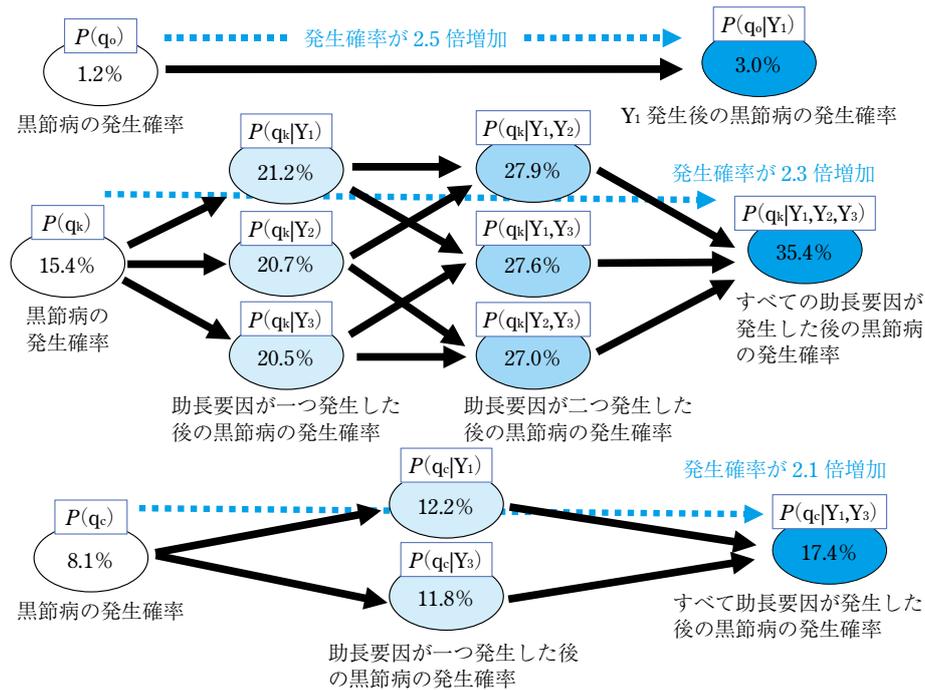


図-2 ベイズ推定による各要因の発生と黒節病発生確率の関連

必要がある。よって、計算式は $P(q_0|Y_1) = (0.012 \times 1.000) \div \{(0.012 \times 1.000) + (0.988 \times 0.404)\} = 0.030$ (3.0%) となる。つまり、 Y_1 の条件が発生した後の黒節病の発生確率は $0.030 \div 0.012 = 2.5$ 倍に増加することがわかった (図-2)。 $P(q_k)$ と $P(q_c)$ は要因が複数あるが、どの条件がどの程度黒節病発生確率を増加させるのかを数値化させ、図-2 のようにネットワークのような図として示すことができる。今回は説明変数をあらかじめ選抜しているためどの要因も本病の発生に関連が深い可能性が高く、要因発生後の黒節病発生確率も大きく変わらないが、どの事後確率においても Y_1 を要因として含む場合がやや確率が高いことがわかる。

おわりに

本報告で示した方法は、圃場ごとの発病程度を継続的に調査したデータがあれば、本病に限らず様々な病害虫で応用可能である。一般的に、複数の異なる現地圃場での調査データを活用する場合には、圃場差、地域差等を考慮した変量効果を組み込んだ一般化線形混合モデルを

使うことが多いと考えられる。

今回は一般化線形混合モデルとベーシックなベイズ推定を使ってオオムギ黒節病の発病リスク評価を試みたが、現在は様々なモデリング方法があるので、活用できるデータの種類によってうまく使い分ける必要がある。

引用文献

- 1) 福田徳治 (1990): 日植病報 56: 252~256.
- 2) 井上康宏 (2017): 植物防疫 71: 373~376.
- 3) 川口 章 (2013): EBC 研究会誌 9: 33~37.
- 4) KAWAGUCHI, A. (2014): J. Gen. Plant Pathol. 80: 435~442.
- 5) ——— et al. (2017): ibid. 83: 162~168.
- 6) ——— et al. (2018): ibid. 84: 35~43.
- 7) ——— et al. (2020): ibid. 86: 193~198.
- 8) 河田和利・森 充隆 (2017 a): 香川県農試研報 67: 1~14.
- 9) ——— (2017 b): 同上 67: 9~15.
- 10) 森 充隆 (2017): 植物防疫 71: 377~382.
- 11) ———ら (2001): 日植病報 67: 207~208.
- 12) 七海隆之・柳沼久美子 (2017): 日植病報 83: 237.
- 13) 猫塚修一ら (2009): 日植病報 75: 314~322.
- 14) ——— (2010): EBC 研究会誌 6: 11~17.
- 15) 酒井和彦 (2017): 植物防疫 71: 392~396.
- 16) 島田 俊・酒井和彦 (2017): 同上 71: 383~386.
- 17) 菅 正道 (1978): 今月の農業 22: 14~18.
- 18) 田畑茂樹 (2017): 植物防疫 71: 387~391.

発生予察調査データを活用したコムギ
赤さび病のリスク要因解析

愛知県農業総合試験場 恒川健太

はじめに

愛知県におけるコムギ栽培は、2019年産で作付面積は5,620 ha (全国6位)、収穫量は31,600 t (全国4位)であり、10 a当たりの収量は全国1位の563 kgを誇る(農林水産省, 2020)。愛知県のコムギ生産において、2015年、16年産に *Puccinia recondita* によるコムギ赤さび病が多発し、前後年産と比較して低収となり、大きな問題になった。

赤さび病菌は、担子菌類サビキン目に属する絶対寄生菌で、感染するとコムギ葉身上に赤褐色で楕円形の病斑(夏孢子堆: 図-1)が生じる。夏孢子堆からは夏胞子を飛散し、次々と感染を広げる。多発すると葉が早期に枯死するため、収量の低下をもたらす。愛知県においては、2~3月に夏孢子堆が発生し始め、4月に流行初期を迎える。流行盛期である5月には、多くの圃場で赤さび病の発生が確認される。本病原菌はコムギ収穫後も、こぼれ種などによる自生コムギ上で越冬する。そこから飛散した夏胞子が第一次伝染源となり、秋に播種し出芽したコムギに感染する。(BOLTON et al., 2008)。感染後、菌糸体



図-1 コムギの葉身に発生した赤さび病の病斑(赤褐色の斑点)

Risk Factor Analysis for Leaf Rust on Wheat Using Prevalence Reconnaissance Survey Data. By Kenta TSUNEKAWA

(キーワード: 発生予察, 疫学, ロジスティック回帰分析, コムギ赤さび病, リスク要因)

として葉身内で越冬、翌春に再び夏胞子の飛散を開始し、第二次伝染源となる(EVERSMeyer and KRAMER, 2000)。なお、中間宿主として日本ではアキカラマツ (*Thalictrum thunbergii*) が知られているが、アキカラマツの生育期間とコムギ栽培期間との関係から伝染源として重要でないとされている(山田ら, 1973)。

赤さび病の防除は、殺菌剤の散布によって行われる。赤さび病は、感染の進展が早くまん延に気づいてからの防除では効果が劣るため、発病初期に合わせた予防散布が必要である。池田(2002)は、止葉期(愛知県の作型では3月下旬~4月上旬にあたる)に初回の防除を実施して、開花期(愛知県における4月中下旬)に赤さび病の同時防除も兼ねて2回目の散布を実施すると効果的であるとしている。2015年、16年のような多発年は、止葉期に初回の防除を実施する必要があるが、少発年は開花期における防除で被害を防ぐことができる。そのため、コムギ生産現場からは、3月末ころまでに多発年かどうかを予測し、止葉期における防除が必要かどうかを判断する指標の確立が求められていた。そこで、筆者らは、赤さび病の流行様相の解明を含むリスク要因解析を行い、防除の要否に関する判断指標を明らかにしたので紹介する(恒川ら, 2020)

I 解析手法

赤さび病は絶対寄生菌であるため、圃場における伝染源量を統一化することが難しい。さらに、コムギは露地栽培の作物であることから、温湿度条件も人為的にコントロールすることもできない。以上から、赤さび病は介入試験により要因を特定することが困難な病害の一つである。そこで、筆者らは、病害虫防除所が行っている病害虫発生予察調査データ(以下「予察調査データ」という)に着目した。病害虫発生予察調査は、多発年・少発年にかかわらず、発病の有無に関する多数の観察データを蓄積している。これら観察データを疫学的に解析することにより、リスク要因を明らかにすることを考えた。なお、本手法については、本誌において、川口(2015)や猫塚(2019)が詳しく解説している。

II 赤さび病のリスク要因分析

1 対象データ

植物病理学において、病気が発生するのは、植物体の性質（植物側の感受性；素因）、病原体の存在（主因）、病気の程度を左右する環境条件（誘因）が揃ったときである。要因を正しく評価するためには、まず素因を統一する必要がある。愛知県のコムギ栽培では、2015年以降、愛知県農業総合試験場が育成したコムギ品種‘きぬあかり’が主な栽培品種となっている。そのため、‘きぬあかり’で調査した2015～19年までの予察調査データを解析対象とした。なお、愛知県における本病の予察調査は、県内16圃場において、3月下旬、4月下旬、5月下旬に任意に選んだコムギ計100茎中の発病茎数（発病茎率）をカウントしている。

2 流行様相の解明

2015～19年までの予察調査データにおける本病の発生状況を図-2に示した。産地で問題になった2015年、16年は高い発病茎率を記録した。

ここで、多発年である2015年、16年の流行様相の特徴として、両年とも流行初期にあたる4月下旬調査時において、既に発病を確認した圃場があったことが挙げられる。そこで、4月の発病が流行盛期である5月の発病

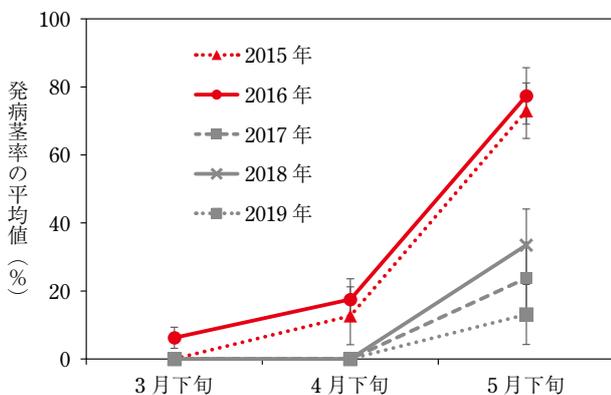


図-2 予察調査データにおける3月下旬、4月下旬、5月下旬のコムギ赤さび病の年次別発病茎率の推移

程度にどう影響を与えるかを検討した。まず、愛知県病害虫発生予察調査実施基準に基づき、予察調査データの発病程度を、無：発生なし、少：1～30%以下、中：31～60%、多：61%以上の4段階で評価した。続いて、4月下旬の調査で、発生「少」以上だった事例、発生「無」だった事例が、5月下旬に「多」以上または「中」以下のどちらになったかを、2×2のクロス集計を行い調べた（表-1）。この結果、4月下旬が発生「少」以上だと、5月下旬の「多」以上になりやすい関係性があることがわかった。つまり、本病の流行初期にあたる4月下旬に「少」以上確認されるという「流行の早期化」が多発につながるということがわかった。

3 流行の早期化に関連する条件の抽出

4月に発病が確認される流行の早期化は、主因（伝染源）や誘因（環境条件）の多寡が関連すると考えられる。これら要因の特定にあたっては、4月下旬の発病程度が「少」以上だった圃場に「1」、 「無」だった圃場に「0」を付し、これらを目的変数としたロジスティック回帰分析を用いた。ロジスティック回帰分析では、回帰係数からオッズ比を算出することで、ある説明変数が1単位変化するとき、目的変数の起こりやすさが何倍変化するかを表すことができる。

さらに、関連があると思われる説明変数を同時にモデルに投入し、多変量で解析することにより、説明変数相互の交絡の影響を調整することができる。すなわち、「他の説明変数が同じときに、その説明変数が1増えた場合」という調整をした後のオッズ比を算出することが可能となる。

ロジスティック回帰分析の説明変数には、主因や誘因になりえる表-2に示す項目を用いた。主因については、各圃場における前年の発生程度が伝染源量を反映していると考え、前年5月の発生程度が、「少」発生以下を参照群とし、「中」発生、「多」発生の3階級にカテゴリ化した。これにより、前年が「少」発生以下であった場合と比較し、前年が「中」発生だった場合はどうか、前年が「多」発生だった場合はどうかという比較が可能とな

表-1 4月下旬調査の発生程度と5月下旬調査の発生程度との関係（恒川ら、2020）

4月下旬調査	5月下旬調査の症例		計	p値
	「多」以上の圃場数 (発病茎率61%以上)	「中」以下の圃場数 (発病茎率60%以下)		
発生「少」以上の圃場数	6 (100%)	0 (0.0%)	6	< 0.001
発生「無」の圃場数	16 (26.7%)	44 (73.4%)	60	

Fisherの正確確率検定によるp値。

予察調査データのうち、4月下旬および5月下旬調査データに欠測のない66事例を供試した。

表-2 ロジスティック回帰分析で用いた要因とカテゴリー (恒川ら, 2020)

目的変数	説明変数		
	要因	内容	カテゴリー
4月の発生 「少」以上/無	主因	前年5月の発生程度	「少」発病茎率 30%以下/参照群
			「中」発病茎率 31~60%
	誘因	・日平均 12℃以上 ・降雨有り	2月1日~3月31日までの該当日数
			2月1日~3月31日までの該当日数
		・日平均 12℃以上かつ 降雨有り	2月1日~3月31日までの該当日数

る。なお、欠測値を充足するため、前年の5月下旬調査において葉身の枯上がり等で調査ができなかった圃場で、4月下旬調査において発生「少」以上であった圃場は、表-1の関係性から推定できるように、5月下旬において「多」以上発生していたとして供試した。

誘因については、4月の発病は、2月1日~3月31日までの間における感染に好適な気象条件の出現回数に関連するだろうと推察された。赤さび病菌は、12℃以上の葉面湿潤条件で感染可能であることがわかっている (EVERSMEYER et al., 1988)。そのため、感染に好適な環境条件として「(降雨にかかわらず)日平均 12℃以上の日数」, 「(気温にかかわらず)降雨のあった日数」, 「日平均 12℃以上かつ降雨のあった日数」の三つを考え、供試した。さらに、圃場に的確な気温や降雨データを供試するため、大野ら (2016) が開発した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) のメッシュ農業気象データから各予察調査圃場を含む 1 km 四方の地域メッシュのデータを使用した。

以上の処理を 2015~19 年までの予察調査データについて整理し得た、計 78 事例を解析に用いた。前述の通り、主因、誘因それぞれで調整した結果を得るため、すべての説明変数を投入した多変量のロジスティック回帰分析を行った。解析には、統計ソフト R (R Foundation for Statistical Computing, version 3.5.1) を用いた。

その結果を表-3 に示した。説明変数の中で、「日平均気温 12℃かつ降雨のあった日数」のみが有意な関連性を示し、そのオッズ比は 5.77 であった。一方で、好適条件が温度のみ、降雨のみの日数は有意にならなかった。これは、本病原菌の感染には、一定の範囲内の温度および葉面湿潤条件の両方が必要なためと考えられる (EVERSMEYER et al., 1988)。さらに、前年の発生量も当年の発病に対して有意な関係とならなかった。これは、本病原菌が絶対寄生菌であるため、伝染源量としては、前年の発生量だけでなく、収穫後の自生コムギの有無とい

表-3 ロジスティック回帰分析結果 (恒川ら, 2020 を一部改変)

説明変数	オッズ比 (95%信頼区間)	p 値
前年の発生程度 「少」以下	1.00 (参照群)	—
前年の発生程度 「中」	0.13 (4.52 × 10 ⁻⁵ - 7.18)	0.44
前年の発生程度 「多」以上	0.15 (5.31 × 10 ⁻⁵ - 6.79)	0.45
日平均 12℃以上の日数	0.66 (0.24 - 1.28)	0.27
降雨のあった日数	0.95 (0.55 - 1.45)	0.82
日平均 12℃以上かつ 降雨のあった日数	5.77 (2.20 - 59.20)	0.013*

Wald 検定による p 値. *p < 0.05.

った周辺の植栽環境にも影響されるためと考えられる。

「日平均気温 12℃かつ降雨のあった日数」と 4 月下旬における発病程度の症例との関連性を可視化するため、クロス集計を行ったところ、当該条件の該当日が 5 日あった場合は、3 日以下であった場合と比較して、4 月下旬に「少」以上となる比率が高く、統計的に有意差が認められた (表-4)。

アメダス観測地点の実測値での評価も行うため、愛知県のコムギ産地にかかるアメダス 2 地点 (豊田, 岡崎) での観測データによる条件該当日を表-5 に示した。赤さび病が多発した 2015, 16 年は条件該当日数が 4 または 5 日観測されていた。一方、被害が少なかった 2017~19 年の条件該当日数は、0~2 日であった。

以上から、2 月 1 日~3 月 31 日までに日平均気温 12℃かつ降雨のあった日が 4 日以上あることが、赤さび病の多発に「関連」していることがわかった。一方で、統計的に有意に「関連」しているからといって、それが要因で赤さび病が発生したという因果関係まで結論づけ

表-4 条件該当日数と4月下旬の症状発生との関係 (恒川ら, 2020)

2月1日～3月31日までの 日平均12℃以上かつ 降雨のあった日数	4月下旬調査の発病			p 値
	「少」以上の圃場数	無の圃場数	計	
5日	10 (62.5%)	6 (37.5%)	16	<0.001
0～3日	4 (6.2%)	60 (93.8%)	64	

Fisher の正確確率検定による p 値.

ることはできない。

4 因果関係の検討

因果関係があるかどうか検討するため、猫塚ら (2009) による報告で採用している米国公衆衛生局諮問委員会提唱の①異なる年・場所でも認められる「関連の一致性」、②曝露量の増加につれて用量・反応関係が認められる「関連の強固性」、③必ずこの関係が認められる「関連の特異性」、④曝露要因が症状発生に先立って生じている「関連の時間性」、⑤実験などで得られた事実と符合する「関連の整合性」の五つの基準について、本研究結果を考察した。まず、愛知県のコムギ生産産地における異なる二つのアメダス地点 (豊田および岡崎) において、条件該当日数を年次別に比較した結果、2015年、16年は豊田、岡崎ともに4日以上曝露し、産地全体を調査している予察調査データにおいても、発生量が多い年であった (表-5, 図-2)。一方、2017, 18, 19年はそれぞれ0, 2, 1日しか曝露していなかったため、5月下旬の予察調査データでも発病は高まらなかった (表-5, 図-2)。以上から、①異なる年・場所でも同様の結果が認められる「関連の一致性」を満たす。次に、表-4から、本条件が0～3日曝露では、4月下旬に「少」以上になりにくく、5日曝露の場合には、なりやすい関連性があったことから、②曝露量の増加につれて用量・反応関係が認められる「関連の強固性」も満たす。一方、③必ずこの関係が認められる「関連の特異性」は、本条件が5日曝露しても発病程度が低かった圃場もあるため、完全には満たしていない (表-4) が、統計上有意に影響を与えていることは明らかなため、おおむね満たしている。本条件は、症状発生より先じた期間の気象であり、④曝露要因が症状発生に先立って生じている「関連の時間性」も満たす (表-3)。EVERSMAYER et al. (1988) により、12℃以上かつ葉面湿潤条件により、本病原菌がコムギに感染できることは実験的に明らかになっているため、⑤実験などで得られた事実と符合する「関連の整合性」も満たす。以上から、①から⑤の基準をおおむね満たしたため、因果関係があるとする仮説の妥当性は高いと考えた。

本研究結果に基づき、愛知県においては、「2月1日か

表-5 産地にかかるアメダス地点における年別条件該当日数およびその日付 (恒川ら, 2020)

年		岡崎	豊田
2015年	該当日数	4日	5日
	日付	2/23, 3/18, 19, 22	3/16, 18, 19, 20, 22
16年	該当日数	5日	5日
	日付	2/14, 3/6, 7, 18, 19	2/14, 3/6, 7, 18, 19
17年	該当日数	0日	0日
	日付	-	-
18年	該当日数	2日	2日
	日付	3/5, 19	3/5, 19
19年	該当日数	1日	1日
	日付	3/21	3/21

ら3月31日までの感染好適日が4日以上」を止葉期における防除の要否の判断指標として活用していくこととしている。一方で、本解析は、供試したデータが2015～19年までと少なく、さらに、各圃場の殺菌剤の散布履歴や栽培方法等も検討対象としていない。今後も、予察調査データおよび各種条件を蓄積して再解析しながら、本研究結果の妥当性を検討していく必要がある。

おわりに

過去数十年に渡り各都道府県に蓄積された予察調査データは、予察情報発信の基礎データとして重要な役割を果たしてきた。一方で、情報作成以外には使われていないデータも数多く存在している。これらデータについて、踏み込んで解析することで、多発要因の特定や予測モデルの創出等、植物病理学上および現場における病害管理上、重要な要点を明らかにできることが近年報告されている (猫塚ら, 2009; KAWAGUCHI, 2014; 猫塚ら, 2018; 猫塚, 2019)。スマート農業が注目されるようになったことで、データサイエンスがより身近になり、各種ツールが多くの農業分野で利用されつつある。発生予察においても、今まで以上にデータ解析が進められ、先人の方々が汗を流して取得したものの現在眠ってしまっているデータが十分に活かされていくことに期待したい。

引用文献

- 1) BOLTON, M. D. et al. (2008): Mol. Plant Pathol. **9**: 563~575.
- 2) EVERSMEYER, M. G. and C. L. KRAMER (2000): Annu. Rev. Phytopathol. **38**: 491~513.
- 3) ——— et al. (1988): Plant Dis. **72**: 409~412.
- 4) 池田幸子 (2002): 北海道立農業試験場集報 **82**: 89~96.
- 5) KAWAGUCHI, A. (2014): J. Gen. Plant Pathol. **80**: 435~442.
- 6) 川口 章 (2015): 植物防疫 **69**: 363~367.
- 7) 猫塚修一ら (2009): 日植病報 **75**: 314~322.
- 8) ———ら (2018): 北日本病虫研報 **69**: 72~76.
- 9) ——— (2019): 植物防疫 **73**: 698~702.
- 10) 大野宏之ら (2016): 生物と気象 **16**: 71~79.
- 11) 農林水産省 (2020): 作物統計, https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kome/index.html#r
- 12) 恒川健太ら (2020): 関西病虫研報 **62**: 1~6.
- 13) 山田昌雄ら (1973): 菌草研報 **10**: 283~302.

登録が失効した農薬 (2020.12.1~12.31)

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〕

- チアメトキサム水和剤
22402：アクタラフロアブル（シンジェンタ ジャパン株式会社）20/12/11
- チアメトキサム複合肥料
22747：花色彩（シンジェンタ ジャパン株式会社）
20/12/11
- イミダクロプリド液剤
19005：ブルースカイ AL（バイエルクロップサイエンス株式会社）20/12/22
- イミダクロプリド液剤
21967：HJ ブルースカイ AL（株式会社ハイポネックスジャパン）20/12/23

〔殺菌剤〕

- ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル水和剤
17699：ホクコーゲッター水和剤（北興化学工業株式会社）20/12/2
- 生石灰
12059：菱印ボルドー液用粉末生石灰（菱光石灰工業株式会社）20/12/22
- 生石灰
12060：菱印ボルドー液用生石灰（菱光石灰工業株式会社）20/12/22

〔殺虫殺菌剤〕

- シフルトリン・トリアジメホン液剤
21261：ヒットゴール液剤 AL（株式会社ハイポネックスジャパン）20/12/2
- エマメクチン安息香酸塩・チアメトキサム・ジフェノコナゾール水溶液
22334：ガーディー SG（シンジェンタ ジャパン株式会社）20/12/11

〔除草剤〕

- エスプロカルブ・ジメタメトリン・ピラゾスルフロンエチル・プレチラクロール粒剤
18227：ICI スパークスター粒剤（シンジェンタ ジャパ

- ン株式会社）20/12/11
- ジメタメトリン・ピリブチカルブ・プレチラクロール水和剤
19629：チバガイギー・農将軍フロアブル（シンジェンタ ジャパン株式会社）20/12/11
- シハロホップブチル・ジメタメトリン・ピラゾスルフロンエチル・プレチラクロール粒剤
20845：シンジェンタ・ホクト1キロ粒剤（シンジェンタ ジャパン株式会社）20/12/11
- ピラゾスルフロンエチル・ピリフタリド・プレチラクロール粒剤
20981：アピロスター1キロ粒剤（シンジェンタ ジャパン株式会社）20/12/11
- ピラゾスルフロンエチル・ピリフタリド・プレチラクロール水和剤
20983：アピロファイン顆粒（シンジェンタ ジャパン株式会社）20/12/11
- ピリフタリド・プレチラクロール・ベンスルフロンメチル粒剤
20985：アピロトップ1キロ粒剤 51（シンジェンタ ジャパン株式会社）20/12/11
- ジメタメトリン・ピラゾスルフロンエチル・ピリフタリド・プレチラクロール粒剤
21391：アピロファインDジャンボ（シンジェンタ ジャパン株式会社）20/12/11
- ピリフタリド・プレチラクロール・ベンスルフロンメチル水和剤
21552：アピロプロフロアブル（シンジェンタ ジャパン株式会社）20/12/11
- ピリフタリド・プレチラクロール・ベンスルフロンメチル・メソトリオン粒剤
22723：アピロキリオ MX1 キロ粒剤 75（シンジェンタ ジャパン株式会社）20/12/11
- ピリフタリド・プレチラクロール・ベンスルフロンメチル・メソトリオン粒剤
22724：アピロキリオ MX1 キロ粒剤 51（シンジェンタ ジャパン株式会社）20/12/11

研究報告

春まきタマネギ栽培におけるネギアザミウマ防除対策と殺虫剤・細菌防除剤の併用がりん茎の腐敗および収量に及ぼす影響

岩手県農業研究センター 横 田 ひろし 啓

はじめに

岩手県では従来10月に定植して翌年6~7月に収穫する「秋まきタマネギ栽培」が行われてきたが、積雪地域のため越冬後の株消失や抽苔等により作柄が不安定であった。そこで、筆者らは4月に定植して同年7~8月に収穫する「春まきタマネギ」の栽培法の開発に取り組んだ。岩手県内の春まきタマネギの栽培面積は2014年は1haに満たなかったが、栽培法が確立したことや、水田転換畑における作付面積の増加にともない、2019年は40ha以上まで増加している（岩手県農業研究センター, 2020）。また、東北地域全体としても春まきタマネギの栽培面積が拡大しつつある（山崎, 2017）。

春まきタマネギ栽培は従来から行われている秋まきタマネギ栽培と栽培期間が異なるため、病虫害の発生は不明な点が多く、病虫害防除対策は喫緊の課題となっている。なかでも、ネギアザミウマ *Thrips tabaci* LINDEMANN はタマネギの害虫として世界的に知られており（GILL et al., 2015）、日本でも古くからタマネギやネギの害虫とされている（今井ら, 1988）。ネギ栽培では、ネギアザミウマの食害部位である葉身が出荷部位のため、本種による食害が品質被害となるが、タマネギの葉身は出荷部位ではないため、被害とみなされないおそれがある。そこで、ネギアザミウマによる被害実態（横田・福田, 2016）や適切な殺虫剤散布間隔（横田ら, 2019）、各種殺虫剤の評価（横田ら, 2020 b）について検討した。

一方、春まきタマネギ栽培では収穫時期以降にりん茎の腐敗が生じて問題となっている。東北地域の収穫期以降のタマネギりん茎の腐敗部位からは *Burkholderia cepacia* complex 細菌が分離されており（達ら, 2019 a）、

主たる病害はタマネギ腐敗病（SOTOKAWA and TAKIKAWA, 2004）と考えられる。*B. cepacia* の好適発病温度域は30℃以上とされており（守川・三室, 2018）、高温がタマネギの腐敗性病害を助長すると考えられる。しかしながら、腐敗の主因であるタマネギ腐敗病について、現在軟腐病やりん片腐敗病等の各種細菌性病害の予防のため散布している殺虫剤（以下、細菌防除剤）の効果については明確になっていない。また、ネギアザミウマによる葉の食害痕上で *Burkholderia cepacia* complex 細菌が増殖すること（達ら, 2019 b）が報告されており、ネギアザミウマがりん茎腐敗の主因であるタマネギ腐敗病の発生と関係すると考えられている。そこで、殺虫剤と細菌防除剤の組合せが収量・腐敗に及ぼす影響について検討した（横田ら, 2020 a）。

I ネギアザミウマ発生消長

岩手県農業研究センター県北農業研究所内圃場（岩手県軽米町：以下「岩手県北農研」）において2014~15年の2か年実施した。各調査時にタマネギ40~60株について、中心3葉の成幼虫数を3倍ルーペを用いて計数した。いずれの年次も殺虫剤は無散布とした。

図-1に本種の発生消長を示す。2014年は5月21日、2015年は5月14日より成虫が認められ、その後5月末~6月上旬より幼虫の発生が確認された。各年次の発生

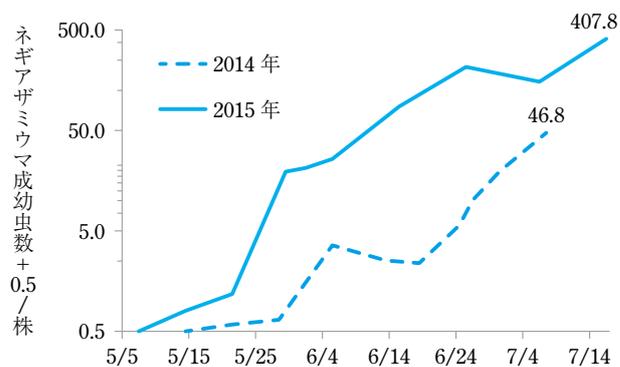


図-1 ネギアザミウマ発生消長

Control Effects on Onion Thrips *Thrips tabaci* LINDEMANN and Effect of Pesticide and Bactericide on the Rot and Yields in Spring Onion Seedling. By Hiroshi YOKOTA

(キーワード：タマネギ, ネギアザミウマ, タマネギ腐敗病, 殺虫剤, 細菌防除剤)

密度は異なったが、成幼虫数はいずれの年次も7月上、中旬の最終調査日に最大となり、2014年は1株当たり46.8頭、2015年は同407.8頭に達した。発生期間が長期にわたることも考慮すると、春まきタマネギ栽培ではネギアザミウマが多発生となる可能性が高いと考えられる。

II 殺虫剤散布の有無がタマネギ収量、腐敗に及ぼす影響

岩手県北農研において2014～15年の2か年実施した。いずれの年次も殺虫剤散布区（以下、散布区）と殺虫剤無散布区（以下、無散布区）を設置し、各区4反復で実施した。殺菌剤は両試験区において散布し、殺虫剤は散布区のみでプロチオホス乳剤を主体に6回散布した（ただし、2014年は無散布区においてスピネトラム水和剤を8月5日に特別散布）。収穫日（2014年は8月11日、2015年は8月3日）に1区当たり40球～60球収穫し、乾燥調製後に1球重、腐敗球率を計測した。

図-2に2015年の収穫直前におけるタマネギの生育状況を示す。ネギアザミウマによる食害によりタマネギ出荷部位への加害は認められなかったが、葉身への食害によりかすり状の白斑被害を生じた。一方、殺虫剤散布区ではネギアザミウマの発生は少なく、葉身の被害も軽微であった。なお、ネギアザミウマ以外の害虫はネギハモグリバエ *Liriomyza chinensis* (KATO) やネギコガ *Acrolepis sapporensis* (MATSUMURA) の発生が確認されたが、ネギアザミウマに比べて発生は極めて少なかった。表-1に殺虫剤散布の有無とタマネギ1球重、腐敗球率、商品収量との関係を示す。2014年には1球重で散布区では269.5g、無散布区では223.5gであった。腐敗球率は散布区よりも無散布区で高まり、商品収量は無散布区では散布区より21%低下した。2015年には1球重は散布区では221.5g、無散布区では148.6gとなり、腐敗球が散

布区の0%に対して無散布区では14.6%発生したことから、無散布区の商品収量は散布区より44%低下した。この結果から、岩手県の春まきタマネギ栽培においてはネギアザミウマの防除は必須と考えられる。また、無散布区では腐敗球率が増加したことから、ネギアザミウマによる食害が腐敗症状を増加させる可能性が示唆される。

III ネギアザミウマに対する適切な殺虫剤散布間隔

岩手県北農研において2015～18年の4か年実施した。試験区については6～7月にかけて殺虫剤の散布間隔を変えて設置した。具体的には①7日間隔、②10日間隔、③15日間隔、④30日間隔、⑤10頭/株（ネギアザミウマ成幼虫数が10頭に達した直後に殺虫剤散布）、⑥50頭/株（ネギアザミウマ成幼虫数が50頭に達した直後に殺虫剤散布）、⑦無防除について、各年次で6～7試験区を設置した。殺虫剤についてはプロチオホス乳剤を主体とした散布を実施し、殺菌剤については全試験区においておむね10日間隔で散布した（散布薬剤など、試験の詳細については横田ら（2019）を参照）。いずれの年

表-1 殺虫剤散布の有無とタマネギ1球重、腐敗、商品収量との関係

年次	殺虫剤散布の有無 ^{a)}	1球重 (g/個)	腐敗球率 (%)	商品収量 ^{b,c)} (t/10a)
2014年	散布	269.5	1.9	5.84 (100)
	無散布	223.5	6.3	4.60 (79)
2015年	散布	221.5	0.0	4.92 (100)
	無散布	148.6	14.6	2.75 (56)

a) 殺虫剤、殺菌剤の詳細は横田・福田（2016）を参照。

b) 規格外、腐敗球を除く収量。

c) カッコ内の数値は殺虫剤散布区を100とした場合の相対値を示す。



①殺虫剤散布区

②無散布区

図-2 収穫直前におけるタマネギの生育状況（北日本病虫研報より転載）

表-2 殺虫剤の散布間隔が1球重, 商品収量に及ぼす影響

試験区名	1球重 (g) ^{b)}				商品収量 (t/10 a) ^{a, b)}			
	2015年	2016年	2017年	2018年	2015年	2016年	2017年	2018年
① 7日間隔	219.7	249.9	258.1	209.7	4.80	5.43	5.46	4.19
② 10日間隔	221.5	259.3	253.5	225.2	4.92	5.69	5.05	4.54
③ 15日間隔	217.8	264.2	262.3	227.2	4.82	5.67	5.22	4.75
④ 30日間隔	212.7	269.0	268.7	237.9	4.51	5.87	5.29	4.74
⑤ 10頭/株	—	—	254.4	225.8	—	—	4.11	4.20
⑥ 50頭/株	208.2	237.3	—	224.8	4.37	4.91	—	4.33
⑦ 無防除	148.6	216.1	258.8	219.6	2.75	4.55	4.52	3.95

a) 腐敗球, 規格外を除いたもの。

b) カッコ内の数値は⑦無防除区を100とした場合の割合を示す。

も8月上旬に収穫し, 収穫日の約1か月後に1球重を計測した後, 全球を切断して腐敗の有無を計数した。

表-2に殺虫剤の散布間隔が1球重, 商品収量に及ぼす影響を示す。無防除区におけるタマネギ1球重は, 2015年は148.6g, 2016年は216.1g, 2017年は258.8g, 2018年は219.6gであった。それに対して, 暫定基準である10日間隔防除区におけるタマネギ1球重は, 2015年は221.5g, 2016年は259.3g, 2017年は253.5g, 2018年は225.2gであり, 無防除区からの増加率は2015年では49%, 2016年では20%だったが, 2017年は-2%, 2018年は3%であり, 1球重の増加率は2015, 2016年では大きく増加したが, 2017, 2018年ではほとんど変わらなかった。10a当たりの商品収量については, 無防除区における商品収量は2015年は2.75t, 2016年は4.55t, 2017年は4.52t, 2018年は3.95tであった。それに対して10日間隔防除区では2015年は4.92t, 2016年は5.69t, 2017年は5.05t, 2018年は4.54tであり, 無防除区からの増加率は2015年では78%, 2016年では25%, 2017年は12%, 2018年は15%と, 年次により異なるが, いずれも10%以上の増加を示した。図-3に4か年合計の殺虫剤散布間隔と腐敗球率の関係を示す。②10日間隔, ③15日間隔の場合, 腐敗球率の中央値が他と比べて特に低くなった。ネギアザミウマを対象とした適切な防除間隔について検討したところ, 1球重については各年次で異なる傾向が見られたが, 商品収量においては②10日間隔防除, ③15日間隔防除, ④30日間隔防除において高い傾向が見られた。しかしながら, 腐敗球率を見ると④30日間隔防除では②10日間隔防除や③15日間隔防除に比べて統計的な有意差はないものの, 腐敗球の中央値が上昇した(図-3)。春まきタマネギ栽培で発生する腐敗球は外見による識別が困難であることが多いため, 市場に出回る腐敗球の増加により産地としての信頼が低下する恐れがある。このため, ネギアザミウマを対象と

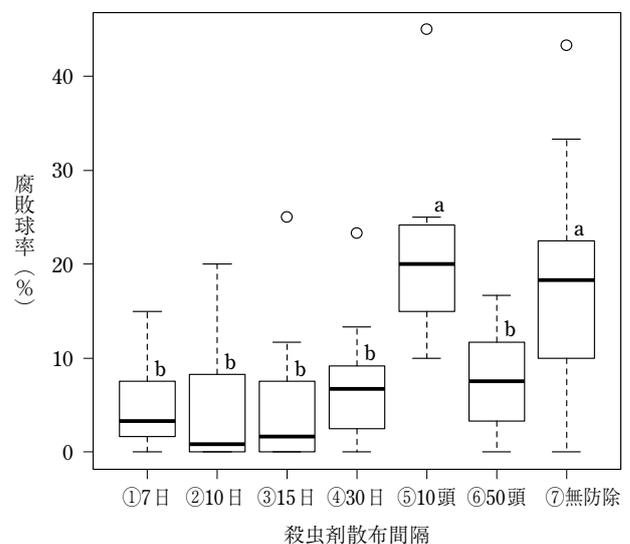


図-3 殺虫剤散布間隔と腐敗球率との関係

a) 4か年(2015~18年)の試験成績を集計。

b) 箱の下端は第一四分位数, 中央線は中央値, 上端は第三四分位数, ○は外れ値を示す。

c) 図中の同一アルファベットは有意差のないことを示す(Tukey's HSD test; $p < 0.05$)。

した商品収量を最大化し, 産地としての信頼性を低下させないために適切な殺虫剤の散布間隔は, 10日間隔(合計6回散布)~15日間隔(同4回散布)と考えられる。

IV ネギアザミウマに対する各種殺虫剤の評価

岩手県北農研(2013~16年, 2018年)ならびに岩手県農業研究センター(岩手県北上市: 2019年, 以下「岩手農研」)の試験成績を元に各種殺虫剤の防除効果について再評価を行った。殺虫剤はアセフェート水和剤(1,000倍), クロルピリホス乳剤(1,000倍), プロチオホス乳剤(1,000倍), シベルメトリン乳剤(2,000倍), トラロメトリン水和剤(2,000倍・3,000倍), シハロトリン・ジフルベンズロン水和剤(1,500倍), アセタミプリド水

溶剤 (2,000 倍), イミダクロプリド水和剤 (5,000 倍), スピネトラム水和剤 (2,500 倍・5,000 倍), チオシクラム水和剤 (1,500 倍), カルタップ水溶剤 (1,500 倍), シアントラニリプロール水和剤 (2,000 倍), フルキサメタミド乳剤 (2,000 倍・3,000 倍), フロメトキン水和剤 (1,000 倍・2,000 倍), ピリフルキナゾン水和剤 (2,000 倍) の計 15 剤を供試した。その結果, ネギアザミウマに効果が高かったのはプロチオホス乳剤 1,000 倍とフロメトキン水和剤 1,000 倍であった。フルキサメタミド乳剤 2,000 倍, 同 3,000 倍, スピネトラム水和剤 2,500 倍, クロルピリホス乳剤 1,000 倍, フロメトキン水和剤 2,000 倍はそれらに次ぐ効果を示した。それに対して, アセタミプリド水溶剤, イミダクロプリド水和剤, チオシクラム水和剤, カルタップ水溶剤, ピリフルキナゾン水和剤の防除効果は劣った。春まきタマネギ栽培では 5~7 月にかけてネギアザミウマが急増するため, 上記で示した効果の高い殺虫剤を活用して防除を実施する必要がある。なお, 試験地ではネギアザミウマの産雄単為生殖系統は確認されていない。

V 殺虫剤と細菌防除剤の組合せが収量・腐敗に及ぼす影響

岩手県北農研 (2018 年) ならびに岩手農研 (2019 年) において試験を実施した。試験区については, 5 月下旬~8 月上旬の薬剤散布を殺菌剤 (糸状菌防除剤), 殺虫剤, 細菌防除剤の要素ごとに分けて設定した。2018 年の試験では, 殺菌剤 (糸状菌防除剤) についてはいずれの試験区でも散布し, 殺虫剤と細菌防除剤の有無より①無散布, ②殺虫剤散布, ③細菌防除剤 (5 回) 散布, ④殺虫剤および細菌防除剤 (5 回) 散布, の 4 試験区を設定した。試験に用いた細菌防除剤は, 西南暖地のタマネギ軟腐病の防除に用いられているオキシソリニック酸・ストレプトマイシン水和剤 (1,000 倍) と, りん片腐敗病および軟

腐病に登録のある銅水和剤 (1,000 倍) であり, 両剤は過去の先行研究 (横田・福田, 2016; 横田ら, 2019) でも使用された。2019 年の試験では, 殺菌剤 (糸状菌防除剤) についてはいずれの試験区でも散布し, 殺虫剤の有無と細菌防除剤の散布回数を変えることで①無散布, ②殺虫剤散布, ③殺虫剤および細菌防除剤 (2 回) 散布, ④殺虫剤および細菌防除剤 (5 回) 散布, の 4 試験区を設定した。なお, ③の試験区ではオキシソリニック酸・ストレプトマイシン水和剤を 2 回散布し, ④の試験区ではオキシソリニック酸・ストレプトマイシン水和剤を 2 回, 銅水和剤を 3 回散布した。また, 各散布時には展着剤 (ミックスパワー 3,000 倍) を加用した (各試験区における散布薬剤の詳細については横田ら (2002 a) を参照)。収穫物調査については, タマネギ収穫は過半数倒伏の約 10 日後に行い, 2018 年: 8 月 8 日, 2019 年: 8 月 13 日とした。1 区当たり 60 球を収穫し, 葉身が 10 cm 程度残るようはさみで切断したのち, 遮光幕を展張したビニルハウス内に移動して乾燥させた。収穫日の約 1 か月後に 1 球重を計測したのち, 全球を切断して腐敗の有無を原因別に分けて計数した。なお, 腐敗の主要因は腐敗病を主因とする細菌性のりん茎腐敗症状であり, 乾腐病などの, 他の原因による腐敗は全腐敗球の 3% 以下と極めて少なかった。表-3 に 2018 年の各試験区における収量調査結果を示す。まず, 1 球重については, ①無散布では 186.9 g であったのに対し, ②殺虫剤散布は 230.7 g (①を 100 とした場合の割合: 123), ③細菌防除剤 (5 回) 散布は 176.2 g (同 94), ④殺虫剤および細菌防除剤 (5 回) 散布は 220.0 g (同 118) であった。Dunnnett の多重比較検定を行ったところ, ②殺虫剤散布, ④殺虫剤および細菌防除剤 (5 回) 散布は①無散布より 1 球重が有意に増加した (②は $p < 0.01$, ④は $p < 0.05$)。次に, 腐敗球率については①無散布では 11.1% であったのに対し, ②殺虫剤散布では 6.1%, ③細菌防除剤 (5 回) 散布で

表-3 殺虫剤と細菌防除剤が 1 球重, 腐敗, 商品収量に及ぼす影響 (2018 年)

試験区	薬剤の要素 ^{a)}			1 球重 (g) ^{b)}	腐敗球率 (%) ^{b)}	商品収量 (t/10 a) ^{b,c)}
	糸状菌 防除剤	殺虫剤	細菌 防除剤			
①無散布	○	-	-	186.9	-	3.56
②殺虫剤散布	○	○	-	230.7	**	4.70 *
③細菌防除剤 (5 回) 散布	○	-	○	176.2	N.S.	3.33 N.S.
④殺虫剤および細菌防除剤 (5 回) 散布	○	○	○	220.0	*	4.58 N.S.

^{a)} 薬剤名, 散布時期は横田ら (2020 b) を参照。

^{b)} Dunnnett の多重比較検定において, ①無散布との間に 1% 水準で有意差あり (**), 5% 水準で有意差あり (*), 5% 水準で有意差なし (N.S.) を示す。

^{c)} 腐敗球, 規格外球 (球径 6 cm 以下) を除いたもの。

は10.6%、④殺虫剤および細菌防除剤（5回）散布では3.9%であった。Dunnnettの多重比較検定を行ったところ、①無散布と他の試験区間には有意差は認められなかった（ $p < 0.05$ ）。

商品収量については①無散布のみでは3.56 (t/10 a) であったのに対して、②殺虫剤散布は4.70 (t/10 a) (①を100とした場合の割合：132)、③細菌防除剤（5回）散布は3.33 (t/10 a) (同94)、④殺虫剤および細菌防除剤（5回）散布は4.58 (t/10 a) (同129)であった。Dunnnettの多重比較検定を行ったところ、①無散布に比べて②殺虫剤散布では有意に商品収量が増加した（ $p < 0.05$ ）。

表-4に2019年の各試験区における収量調査結果を示す。まず、1球重については、①無散布では146.1 gであったのに対し、②殺虫剤散布は228.7 g (①を100とした場合の割合：157)、③殺虫剤および細菌防除剤（2回）散布は232.9 g (同159)、④殺虫剤および細菌防除剤（5回）散布は220.4 g (同151)であった。Dunnnettの多重比較検定を行ったところ、②殺虫剤散布、③殺虫剤および細菌防除剤（2回）散布、④殺虫剤および細菌防除剤（5回）散布では①無散布より1球重は有意に増加した（ $p < 0.001$ ）。次に、腐敗球率については①無散布では12.5%であったのに対し、②殺虫剤散布では5.4%、③殺虫剤および細菌防除剤（2回）散布では1.3%、④殺虫剤および細菌防除剤（5回）散布では0%であった。Dunnnettの多重比較検定を行ったところ、③殺虫剤および細菌防除剤（2回）散布、④殺虫剤および細菌防除剤（5回）散布では①無散布より腐敗球率は有意に低下した（ $p < 0.01$ ）。

商品収量については①無散布では2.62 (t/10 a) であったのに対して、②殺虫剤散布は4.79 (t/10 a) (①を100とした場合の割合：183)、③殺虫剤および細菌防除剤（2回）散布は5.09 (t/10 a) (同194)、④殺虫剤および細菌防除剤（5回）散布は4.83 (t/10 a) (同184)であった。

Dunnnettの多重比較検定を行ったところ、②殺虫剤散布、③殺虫剤および細菌防除剤（2回）散布、④殺虫剤および細菌防除剤（5回）散布では①無散布より商品収量は有意に増加した（ $p < 0.001$ ）。

殺虫剤散布区では腐敗球率は低下する傾向を示したものの、いずれの年次も無散布に対して統計学的に有意ではなかった。一方、殺虫剤および細菌防除剤（5回）を散布した場合、いずれの年次でも腐敗球率はより低下し、2019年は統計学的に有意な差となった。すなわち、殺虫剤によるネギアザミウマ密度の低減に加え、本試験で細菌防除剤として用いたオキシソリニック酸・ストレプトマイシン水和剤と銅水和剤を散布することは、タマネギ腐敗病を主因とするりん茎の腐敗を低減しうることが示された。2018年に殺虫剤を散布せずに細菌防除剤単独の効果を評価したところ腐敗球率は無散布と同等であったことから（表-3）、ネギアザミウマを防除しない場合は細菌防除剤の効果が得られないことが示唆された。達ら（2019 b）はネギアザミウマによる食害を受けたタマネギではりん茎の腐敗が著しく増加し、食害痕上では病原細菌が時間の経過とともに増殖したことから、ネギアザミウマ食害痕が病原細菌の侵入口になるとしている。今回の試験でも殺虫剤を散布しない試験区ではネギアザミウマ食害痕は多いと推察され、このことが細菌防除剤の効果が見られなかった要因と考えられた。

タマネギ1球重および商品収量は、殺虫剤の単独処理により2か年とも無散布より有意に増加した。この結果は上記の試験Ⅱ、試験Ⅲの結果と同じ傾向であり、ネギアザミウマ食害により、腐敗の発生だけではなく、りん茎の肥大が抑制されていることが示された。一方、殺虫剤に加えて細菌防除剤（5回）を散布した区では、2018年は無散布と比較して商品収量に統計学的な有意差がなかったが、無散布と比べて高かった。また、2019年は殺虫剤および細菌防除剤散布では腐敗球率が低下

表-4 殺虫剤と細菌防除剤が1球重、腐敗、商品収量に及ぼす影響（2019年）

試験区	薬剤の要素 ^{a)}				1球重 (g) ^{b)}	腐敗球率 (%) ^{b)}	商品収量 (t/10 a) ^{b,c)}
	糸状菌 防除剤	殺虫剤	細菌防除 剤 (2回)	細菌防除 剤 (5回)			
①無散布	○	-	-	-	146.1 -	12.5 -	2.62 -
②殺虫剤散布	○	○	-	-	228.7 ***	5.4 N.S.	4.79 ***
③殺虫剤および細菌防除剤（2回）散布	○	○	○	-	232.9 ***	1.3 **	5.09 ***
④殺虫剤および細菌防除剤（5回）散布	○	○	-	○	220.4 ***	0.0 **	4.83 ***

^{a)} 薬剤名、散布時期は横田ら（2020 b）を参照。

^{b)} Dunnnettの多重比較検定において、①無散布との間に0.1%水準で有意差あり（***）、1%水準で有意差あり（**）、5%水準で有意差なし（N.S.）を示す。

^{c)} 腐敗球、規格外球（球径6 cm以下）を除いたもの。

し、商品収量が増加することが確認され、細菌防除剤 2 回と 5 回では腐敗球率や商品収量がほぼ同等であった(表-4)。以上のことから、細菌防除剤の選択や散布時期等について検討する余地があるものと考えられる。

おわりに

筆者は以前、水稻・畑作害虫を担当していたが、2013 年の異動を機に春まきタマネギの栽培技術確立に向けた試験を担当することとなった。異動直後はネギアザミウマ防除の重要性に気付いていなかったが、害虫担当であった経験や関係者の助言が糧となり、ネギアザミウマ防除が春まきタマネギ栽培のりん茎腐敗抑制に重要であることを明らかにできた。このことは春まきタマネギ栽培の安定生産に大きく貢献すると考えており、ネギアザミウマ防除の徹底により岩手県ならびに東北地域において春まきタマネギ栽培がさらに普及することを期待している。ただし、ネギアザミウマがタマネギのりん茎腐敗に関与するメカニズムはあまり明らかになっておらず、さらなる知見の集積が望まれる。

なお、本研究の一部は農研機構生研支援センター革新的技術開発・緊急展開事業(うち経営体強化プロジェクト)「寒冷地の水田作経営収益向上のための春まきタマネギ等省力・多収・安定化技術の開発とその実証」で実施した。

引用文献

- 1) GILL, H. K. et al. (2015): Journal of Integrated Pest Management 6: 1~9.
- 2) 今井國貴ら (1988): 農作物のアザミウマ: 分類から防除まで (梅谷献二ら 編), 全国農村教育協会, 東京, p.283~292.
- 3) 岩手県農業研究センター (2020): 春まきタマネギ栽培マニュアル, (http://www2.pref.iwate.jp/~hp2088/library/harutama/harutama_manual.pdf)
- 4) 守川俊幸・三室元気 (2018): 富山県農総セ農研研報 8: 21~25.
- 5) SOTOKAWA, N. and Y. TAKIKAWA (2004): J. Gen. Plant. Pathol. 70: 348~352.
- 6) 達 瑞枝ら (2019 a): 日植病報 85: 205~210.
- 7) ———ら (2019 b): 同上 85: 296.
- 8) 山崎 篤 (2017): JATAFF ジャーナル 5(8): 18~22.
- 9) 横田 啓・福田拓斗 (2016): 北日本病虫研報 67: 154~158.
- 10) ———ら (2019): 同上 70: 152~157.
- 11) ———ら (2020 a): 同上 71: 69~73.
- 12) ———ら (2020 b): 同上 71: 210.

発生予察情報・特殊報 (2020.12.1~12.31)

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/>) でご確認下さい。

- キク: キクわい化病 (島根県: 初) 12/4
- ウメ, モモ等: ヨコバイ科の一種 (和名なし) *Singaporea shinshana* (Matsumura) (滋賀県) 12/4
- ばれいしょ: ミツコビナミハダニ (広島県: 初) 12/4
- ネギ: ネギハモグリバエ (別系統) (鹿児島県: 初) 12/9
- サツマイモ: サツマイモ基腐病 (高知県: 初) 12/10
- オクラ: フタテンミドリヒメヨコバイ (熊本県: 初) 12/11
- リンドウ: ハイイロホソバノメイガ (福岡県: 初) 12/23
- かんしょ: サツマイモ基腐病 (静岡県: 初) 12/23
- ナス: タバコノミハムシ (高知県: 初) 12/24
- モモ, スモモ, ウメ, アンズ, オウトウ, ハナモモ, ハナウメ: ヨコバイ科の一種 (和名なし) (香川県: 初) 12/24
- トルコギキョウ: キキョウトリバ *Stenoptilia zophodactylus* (Duponchel) (大分県: 初) 12/25


 研究
報告

ワサビクダアザミウマの寄主適合性と 水ワサビ圃場における防除法

静岡県病害虫防除所

 まつだ けんたろう ささき だいすけ はが はじめ
 松田 健太郎・佐々木 大介*・芳賀 一
 はぎわら ゆうか かせい あつし
 萩原 優花**・笠井 敦

静岡大学大学院総合科学技術研究科農学専攻

はじめに

ワサビクダアザミウマ *Liothrips wasabiae* Haga and Okajima (アザミウマ目: クダアザミウマ科) は、畑ワサビ *Eutrema japonicum* (Miq.) Koidz., syn. *Wasabia japonica* (Miq.) Matsum. の害虫として知られており、体長は 3 mm 程度で、食害部は黒斑となる (石井・北村, 1975; OKAJIMA, 2006)。本種はこれまで日本の中国地方 (広島県, 鳥根県および山口県) のみで分布が知られていた (石井・北村, 1975; HAGA and OKAJIMA, 1983; OKAJIMA, 2006)。しかし, 2016 年に静岡県中部地域の水ワサビにおいても発生が確認され (松田ら, 2018; 図-1~4), その被害が問題となっている。

侵入害虫に対する対策は, 大きく二つが考えられる。一つ目は, 未発生地域 (圃場) への侵入防止, 二つ目は, 既発生地域 (圃場) での密度抑制である。ここでは, この二つの視点からいくつかの調査を行った結果を報告する。

I ワサビクダアザミウマの寄主適合性

ワサビクダアザミウマの未発生地域 (圃場) への侵入防止について考える場合, 本種の寄主適合性を明らかにすることは重要である。なぜなら, ワサビクダアザミウマがワサビ以外の植物を介して分布を拡大する可能性が考えられるためである。そこで, ワサビと同じアブラナ科の植物を用い, ワサビクダアザミウマの寄主適合性を調査した。

各種アブラナ科植物の芽出し (発芽 2~3 日後) にワサビクダアザミウマ成虫を接種し, 20℃ 条件下で管理したところ, カラシナ *Brassica juncea* (L.) Czern., ルッコ

ラ *Eruca vesicaria* (L.) Cav. ssp. *sativa* (Mill.) Thell. およびダイコン *Raphanus sativus* L. を与えた区では, 水のみを与えた区より本種の成虫寿命が有意に長くなったものの, 次世代成虫の発生数はわずかもしくは 0 であり, いずれの植物でも次世代の成虫数は接種した成虫数より減少した (MATSUDA et al., 2020; 表-1)。ワサビクダアザミウマにワサビを与えた際の成虫寿命は, 18 および 23℃ でそれぞれ 116 および 93 日とされている (石井・北村, 1975)。また, 次世代成虫数は単為生殖時で 50~68 頭/1 雌成虫, 両性生殖時で 70~104 頭/1 雌成虫であり (石井・北村, 1975), 成虫寿命, 次世代成虫数ともに本調査より高い値であった。加えて, ワサビクダアザミウマの寄主植物は, 野外ではワサビしか報告されていない (HAGA and OKAJIMA, 1983; OKAJIMA, 2006)。これらのことから, ワサビクダアザミウマはワサビ以外のアブラナ科植物にはあまり適合していないと考えられる。村井 (1982) は, ワサビクダアザミウマはダイコンの芽出しを用いて室内で容易に飼育増殖できると報告しており, これは本調査の結果と異なる。この原因は飼育環境の違いなどが考えられるが, 不明である。このため, 今後さらなる調査が必要であろう。

ワサビクダアザミウマ成虫は水のみでも 14 日以上生存が可能であった (MATSUDA et al., 2020; 表-1)。このことは, 例えばワサビ運搬用のコンテナなどにワサビクダアザミウマが付着していた場合, コンテナにワサビが入っていない状態であっても水に濡れて給水できる状況であればワサビクダアザミウマが長期間生存できることを意味している。このことから, ワサビ運搬用のコンテナなどの水に濡れた農業資材の移動の際には, ワサビクダアザミウマが付着していないか注意する必要がある。

II ワサビクダアザミウマに対する防虫ネットの 侵入抑制効果

ワサビクダアザミウマの未発生地域 (圃場) への侵入防止について考える際に, 苗の移動も重要な要因である。水ワサビ栽培では一般的に, 育苗施設で苗が育てら

Host Plant Suitability on *Liothrips wasabiae* and Control Methods on Wasabi Paddy Fields. By Kentaro MATSUDA, Daisuke SASAKI, Hajime HAGA, Yuka HAGIWARA and Atsushi KASAI

(キーワード: 水ワサビ, 寄主範囲, 成虫寿命, 防虫ネット, 化学農薬, 微生物農薬, IPM)

*現所属: 北海道立総合研究機構農業研究本部上川農業試験場

**現所属: 静岡県中遠農林事務所



図-1 ワサビクダアザミウマ成虫



図-2 ワサビクダアザミウマ幼虫

図-3 ワサビクダアザミウマによるワサビ葉の被害
被害部は黒斑となる。図-4 ワサビクダアザミウマによるワサビ根茎の被害
水ワサビでは水面より上の部位が食害され黒変する。表-1 各種アブラナ科植物の芽出しを与えた際のワサビクダアザミウマ成虫の寿命および次世代発生数^{a)}

供試植物	成虫寿命 (日) ^{b)}	次世代成虫 発生数/放飼した10成虫 ^{b)}
カラシナ 品種A	19.9 ab	0 a
カラシナ 品種B	21.2 abc	0.7 ab
キャベツ 品種A	15.4 bd	0 a
キャベツ 品種B	15.8 bd	0 a
コマツナ	19.9 abd	0 a
ルッコラ	29.9 c	1.0 b
クレソン	17.6 abd	0 a
ダイコン 品種A	23.7 ac	0 a
ダイコン 品種B	20.8 abc	0.7 ab
蒸留水のみ (対照区)	14.9 d	0 a

^{a)} MATSUDA et al., 2020, Table 2 より改変.

^{b)} 異なるアルファベットをつけた値の間には有意差がある ($P < 0.05$).

れ、それが水ワサビ圃場（わさび田）に定植される。このため、もし育苗施設でワサビクダアザミウマが発生した場合、苗とともに本種が各圃場に拡散してしまうことも考えられることから、育苗施設に本種を持ち込まないことが重要である。

ワサビクダアザミウマ幼虫は、飼育条件下ではほとんど動かないことから、移動性は低いと考えられる。一方ワサビクダアザミウマ成虫は、飼育条件下での飛翔行動は観察されていないものの、屋外で飛翔するかは不明であり、加えて歩行によってどれだけの距離を移動できるかも明らかになっていない。静岡県ワサビクダアザミウマ発生地域内にもワサビの育苗施設があるが、この施設への本種成虫の侵入を防ぐには、どの程度の目合いの防虫ネットを設置すればよいか不明であった。このため、ワサビクダアザミウマ成虫の侵入を防ぐために最適な防虫ネットの目合いを調査した。

6面のうち1面が開口部となっている直方体のプラスチックケース二つの開口部を合わせ、その中央に防虫ネットを設置した容器を用い、片側にワサビ葉を設置した後、その逆側にワサビクダアザミウマ成虫を放飼し、防虫ネットの通過率を調べた。試験は、1反復あたり成虫10頭を放飼し、5反復行った。なお、クダアザミウマ亜目は雌雄の識別が実態顕微鏡レベルでは困難であることから（宮崎・工藤，1988）、雌雄の識別は行わなかった。ミナミキイロアザミウマ *Thrips palmi* Karny やネギアザミウマ *Thrips tabaci* Lindeman では、赤色防虫ネットによる侵入抑制効果が報告されているが（桑原ら，2013；上山ら，2013）、本調査では、赤色と白色の防虫ネットでワサビクダアザミウマ成虫の通過率に有意な差は認められなかった（MATSUDA et al., 2020；表-2）。目合い0.4 mmの防虫ネットでは、わずかにワサビクダアザミウマ成虫の通過が認められたものの、目合い

0.3 mmの防虫ネットでは、本種成虫の通過は認められなかった。このため、ワサビ育苗施設でワサビクダアザミウマ成虫の侵入を防ぐには、色にかかわらず目合い0.3 mmの防虫ネット設置が推奨される。

III ワサビクダアザミウマに対する化学および微生物農薬の効果

既発生地域（圃場）での密度抑制のため、ワサビクダアザミウマ成虫に対する化学および微生物農薬の効果室内試験で調べた。試験は20℃条件下で行った。羽化後2日以内の成虫5～7頭を1反復に用い、6～10反復行った。その結果、ジノテフラン水溶剤、ニテンピラム水溶剤およびエチプロール水和剤ではいずれも成虫の補正死亡率が100%となり、高い効果を示した（MATSUDA et al., 2020；表-3）。本調査で用いたネオニコチノイド系農薬3剤のうち、イミダクロプリド水和剤は他2剤と比較して殺虫効果が低かった。ネオニコチノイド系農薬は、その有効成分によって効果が大きく異なることが報告されていることから（MAIENFISCH et al., 2001；IWASA et al., 2004；BYRNE et al., 2007）、それが原因でこのような効果の違いが現れた可能性はある。

微生物農薬では、ボーベリア・バシアーナ乳剤と同水和剤で殺虫効果に大きな差が見られた（MATSUDA et al., 2020；表-3）。この差は、製剤の違いによるものと考えられる。また、ボーベリア・バシアーナ乳剤は、化学農薬ほどではないものの、ワサビクダアザミウマ成虫に対して一定の殺虫効果が認められた。

これまで水ワサビのアザミウマ類に対して使用できる農薬はなかったが、本試験結果を踏まえた現地試験により、ジノテフラン水溶剤（わさび用緑風SG）が2020年2月12日付でワサビのアザミウマ類に登録拡大された（独立行政法人農林水産消費安全技術センター，2020）。

表-2 ワサビクダアザミウマ成虫への防虫ネットの効果^{a)}

ネットの色	ネットの目合い (mm)	通過率 (%) ^{b)}					
		放飼後時間 (分)					
		15	30	45	60	90	120
白	0.3	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a
	0.4	0 a	0 a	0 a	2 a	2 ab	2 a
	0.6	0 a	6 a	8 a	12 a	12 ab	14 ab
	0.8	2 ab	8 a	14 ab	14 a	22 b	24 b
赤	0.6	2 ab	4 a	4 a	8 a	10 ab	10 ab
	0.8	2 ab	6 a	10 a	12 a	14 ab	18 ab
ネットなし		22 b	36 b	38 b	44 b	54 c	58 c

^{a)} MATSUDA et al., 2020, Table 1 より改変。

^{b)} 異なるアルファベットをつけた値の間には有意差がある ($P < 0.05$)。

表-3 ワサビクダアザミウマ成虫に対する化学および微生物農薬の殺虫効果^{a)}

殺虫剤（有効成分濃度）	ワサビへの登録の有無	ワサビのアザミウマ類への登録の有無	希釈倍率 ^{b)}	補正死亡率（%） ^{c), d), e)}					
				接種後時間（時間）					
				24	48	72	120	240	
ネオニコチノイド系									
イミダクロプリド水和剤（50%）	○ ^{f)}	× ^{g)}	× 4,000	65.1	67.5	67.5			
ジノテフラン水溶剤（20%）	○ ^{f)}	○	× 2,000	100	100	100			
ニテンピラム水溶剤（10%）	○ ^{f)}	× ^{g)}	× 2,000	100	100	100			
フェニルピラゾール系									
エチプロール水和剤（10%）	× ^{g)}	× ^{g)}	× 2,000	100	100	100			
その他									
ピメトロジン水和剤（50%）	× ^{g)}	× ^{g)}	× 5,000	1.1	1.1	1.1			
微生物農薬									
ボーベリア・バシアーナ乳剤（分生子 1.6×10^{10} 個/ml）	× ^{g), h)}	× ^{g), h)}	× 1,000	6.0	8.0	22.0	44.0	72.9	
ボーベリア・バシアーナ水和剤（分生子 4.4×10^{10} 個/g）	× ^{g)}	× ^{g)}	× 1,000	2.0	4.0	8.0	16.0	14.6	
対照区									
蒸留水				(0) ⁱ⁾	(0)	(0)	(0)	(4.0)	

a) MATSUDA et al., 2020, Table 3 より改変.

b) ワサビもしくは野菜類での希釈倍率.

c) 柴尾ら（2007）のソラマメ葉片浸漬法を改変したワサビ葉片浸漬法により調査した.

d) 補正死亡率は、ABBOTT（1925）の補正式により算出した。補正死亡率（%）=（対照区の生存率 - 薬剤処理区の生存率）/対照区の生存率 × 100.

e) 微生物農薬のみ接種 240 時間後まで調査した.

f) ワサビのアブラムシ類に登録あり.

g) 登録なし.

h) 野菜類で登録があり、ワサビにも適用できるが、製剤油分を含み水産動植物に対し影響が懸念されることから、農林水産省から水ワサビ圃場での使用は許可されていない.

i) () 内の数字は補正死亡率ではなく、実際の死亡率.

このことから、本剤は水ワサビのワサビクダアザミウマ防除にも使用可能となった。ただし、水ワサビ圃場での農薬使用には、水系管理者への申請・承認が必要なことから、本剤の使用の際には注意を要する。加えて、本試験を行った殺虫剤のうち、ジノテフラン水溶剤（わさび用緑風 SG）以外の殺虫剤は、ワサビのアザミウマ類への登録がないことから、水ワサビのワサビクダアザミウマ防除には使用できないため（2020 年 10 月時点）、注意が必要である。

おわりに

水ワサビ圃場で使用できる農薬は、水産動植物への影響が懸念されることから極めて少ない（独立行政法人農林水産消費安全技術センター，2020）。このため、水ワサビでは畑ワサビと異なり、ワサビクダアザミウマの防除が困難となっている。したがって、ワサビクダアザミウマの生態面の解明を進めるとともに、耕種的、生物学的および物理的防除法についても積極的に検討し、IPM 技術を構築する必要がある。

最後に、本調査の実施からとりまとめに至るまでご協力とご助言をいただいた元静岡県農林技術研究所伊豆農

業研究センターわさび生産技術科長の西島卓也氏、本種を同定していただいた工藤 巖博士、防虫ネットを提供していただいた日本ワイドクロス株式会社の阿部弘文氏に深謝する。

引用文献

- 1) ABBOTT, W. S. (1925): J. Econ. Entomol. **18**: 265~267.
- 2) BYRNE, F. J. et al. (2007): Pest. Manag. Sci. **63**: 860~866.
- 3) 独立行政法人農林水産消費安全技術センター（2020）: 農薬登録情報提供システム, http://www.acis.famic.go.jp/index_kensaku.htm（最終アクセス日：2020 年 10 月 1 日）.
- 4) HAGA, K. and S. OKAJIMA (1983): Annot. Zool. Jpn. **56**: 333~337.
- 5) 石井卓爾・北村憲二（1975）: 鳥根農試研報 **13**: 12~29.
- 6) IWASA, T. et al. (2004): Crop. Prot. **23**: 371~378.
- 7) 桑原克也ら（2013）: 関東東山病虫研報 **60**: 107~109.
- 8) MAIENFISCH, P. et al. (2001): Pest. Manag. Sci. **57**: 906~913.
- 9) 松田健太郎ら（2018）: 昆蟲（ニューシリーズ）**21**(1): 103~105.
- 10) MATSUDA, K. et al. (2020): Appl. Entomol. Zool. **55**: 309~317.
- 11) 宮崎昌久・工藤 巖（1988）: 農作物のアザミウマ, 全国農村教育協会, 東京, p.35~57.
- 12) 村井 保（1982）: 植物防疫 **36**: 82~85.
- 13) OKAJIMA, S. (2006): The Insects of Japan, Volume 2: The Suborder Tubulifera (Thysanoptera). 720 pp The Entomological Society of Japan, Touka Shobo Co. Ltd., Fukuoka.
- 14) 柴尾 学ら（2007）: 関西病虫研報 **49**: 85~86.
- 15) 上山 博ら（2013）: 同上 **55**: 123~124.



クモヘリカメムシ(カメムシ目ホソヘリカメムシ科)の 北進と気象データから見た越冬可能地域の変遷

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
東北農業研究センター

た
田

ぶ
瀨

けん
研

はじめに

今日、全球レベルの気候変動によって数十年に一度と考えられる規模の自然災害やそれに伴う生態系の変化が毎年のように世界各地で起こっている (PERSHING et al., 2019)。このような状況下で、農作物をいかに安定的に生産し、食料を確保するのは世界的に重要な問題である。気候変動に伴う温暖化がこのまま続けば、害虫の個体数増加によって世界中で作物被害が著しく増加すること、特に世界の穀物の大部分が栽培されている温帯域では被害増加が顕著になることがシミュレーション研究から示唆されている (DEUTSCH et al., 2018)。害虫が将来にわたって分布域をどのように変え、その結果食料生産への影響がどの程度起こるのかを知るうえで野外調査を主体とした地道な検証が必要である。こういった調査から害虫の分布地域の拡大メカニズムを解明することで、将来の食糧供給に関する問題に科学的に貢献することが可能である。

クモヘリカメムシ *Leptocoris chinensis* が属する *Leptocoris* 属の昆虫は元々熱帯を含む南方性の種群であり、本種は *Leptocoris* 属昆虫のうち最北に分布する種として知られる。本種は2月上旬の最高気温平均が4.7℃を越える地域で越冬可能なこと (大江ら, 2017)、越冬場所はスギなどの常緑針葉樹林内であること (横須賀, 2001)、イネ科植物を餌とすること (LITSINGER et al., 2015) が知られる。本種の分布は本州、四国、九州、対馬、壱岐、南西諸島、小笠原諸島、台湾、中国、朝鮮半島、東洋区 (石川ら, 2012; LITSINGER et al., 2015; KIM et al., 2018) から記録され、分布北限について太平洋側では宮城県南部の沿岸部 (大江ら, 2017) や福島県、日本海側では新潟県南部の沿岸地域や佐渡市 (山代, 2012) とされていた。筆者らは2019年夏に岩手県陸前高田市小友地区におい

て本種の新規北限個体群を発見した。この個体群の越冬成虫と次世代の繁殖を2年確認したことから、単なる飛び込みではなく、当該地区で本種が定着したことを確認した。この発見は、分布北限とされていた宮城県南部 (大江ら, 2017) から本種の北限を大きく広げるものであり、また想定された以上に本種が分布を拡大しつつあることを示している。岩手県では過去に本種の採集記録がなく、今回の発見を元に特殊報 (岩手県病害虫防除所, 2019) が発表された。本稿では同地区における現在のクモヘリカメムシ分布状況と被害発生程度を記録し、さらにメッシュ農業気象データを用いた岩手県内並びに東日本地域の越冬可能地域について解説する。なお本報告の岩手県部分については田瀨ら (2020) を参照いただきたい。

本研究の一部は食料生産地域再生のための先端技術展開事業「復旧水田における先端技術導入による水田営農の高度安定化に向けた実証研究」(JPJ000418) により行われた。

I クモヘリカメムシ新規北限個体群の分布状況

調査は岩手県陸前高田市小友地区 (38°59'56.4"N, 141°41'36.3"E) 周辺で行った。2018年はすくい取り調査を行わず、調査対象とした水稻品種「たかたのゆめ」圃場3地点で被害調査のみを行った。2019年は11地点 (品種: 「ひとめぼれ」9地点, 「たかたのゆめ」1地点, 「銀河のしずく」1地点) で3回のすくい取り調査 (8/9, 21, 9/4) と斑点米被害調査を行った。すくい取り調査は水田畦畔から10m内部に入った地点で、1地点当たり1箇所40回振りにて行った。2018年、2019年ともに調査圃場で斑点米カメムシ防除のための殺虫剤散布は行われなかった。植生データは、環境省自然環境局生物多様性センターの自然環境調査 Web-GIS (<http://gis.biodic.go.jp/webgis/>, 2020年2月28日確認) よりダウンロードし、調査地点から常緑針葉樹林までの距離について ArcGIS 10.4.1 (ESRI, Inc. Redland, CA, USA <http://desktop.arcgis.com/en/>) で計算した。

被害調査については稲株サンプルを各地点から約22株採集した。玄米サンプルは脱穀、乾燥調整した後

Range Expansion in the North and Transition of Potential Overwintering Area of *Leptocoris chinensis* (Hemiptera: Alydidae).

By Ken TABUCHI

(キーワード: 気候変動, 分布域, 斑点米, 水稻害虫, 斑点米カメムシ)

1.9 mm 目合いのふるいで選別した精玄米をすべて観察した。斑点米カメムシ類の被害については、林 (1989) と川村 (2007) の斑点米被害写真を参照し、下記の項目を基準として加害種を判別した。クモヘリカメムシ：玄米内部までの加害が見られ、被害部位は白く粉状に変色する。被害部分はアスジカスミカメより相対的に大きく、被害部位の中心に口器を刺した痕が見える。被害の形状は比較的鮮明で周縁部は黒く縁取られる。アスジカスミカメ *Stenotus rubrovittatus* (カメムシ目カスミカメムシ科)：玄米表面部分に被害が見られ、被害部分が黒い。被害の形状は不定形で不鮮明。また、すくい取り調査により捕獲された個体の多くがアスジカスミカメ

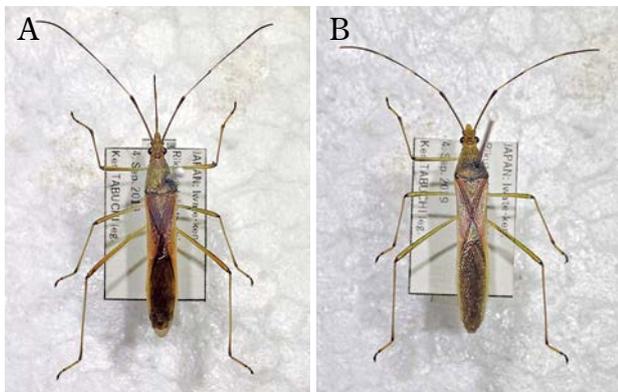


図-1 岩手県陸前高田市で採集されたクモヘリカメムシ成虫
A. 雄：体長 16.1 mm, B. 雌：体長 16.8 mm. 採集地：岩手県陸前高田市小友 (38°59'56.4"N, 141°41'36.3"E), 採集日：2019年9月4日, 採集者：田淵 研, 吉村英翔, 上杉龍士, 同定者：田淵 研.

であったことから、カスミカメムシ科によると推定された斑点米被害はすべてアスジカスミカメによるものとして扱った。

クモヘリカメムシは2019年の3回のすくい取り調査により、延べ10地点において若齢から老齢幼虫まで計22個体がすくい取られ (図-1), 水田近くのイネ科雑草地でも各発育段階の成幼虫が確認された。調査を行った11地点中延べ10地点, 合計33個体 (平均3個体) がすくい取られた (図-2, 3)。調査圃場はすべて殺虫剤無

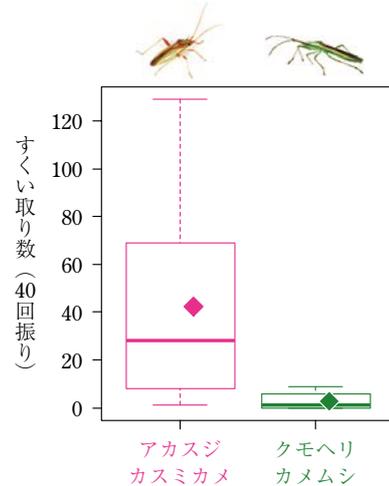


図-3 2019年のすくい取り調査で採集されたアスジカスミカメとクモヘリカメムシの捕獲数

捕獲数は2019年8月9日, 21日, 9月4日に行った40回振りすくい取りの総計。11圃場の結果を示す。箱の下端, 上端はそれぞれ第一四分位点, 第三四分位点。箱内の太線は中央値, ひし形は平均値。ヒゲの下端上端はそれぞれ四分位範囲の1.5倍内にある最小, 最大値。

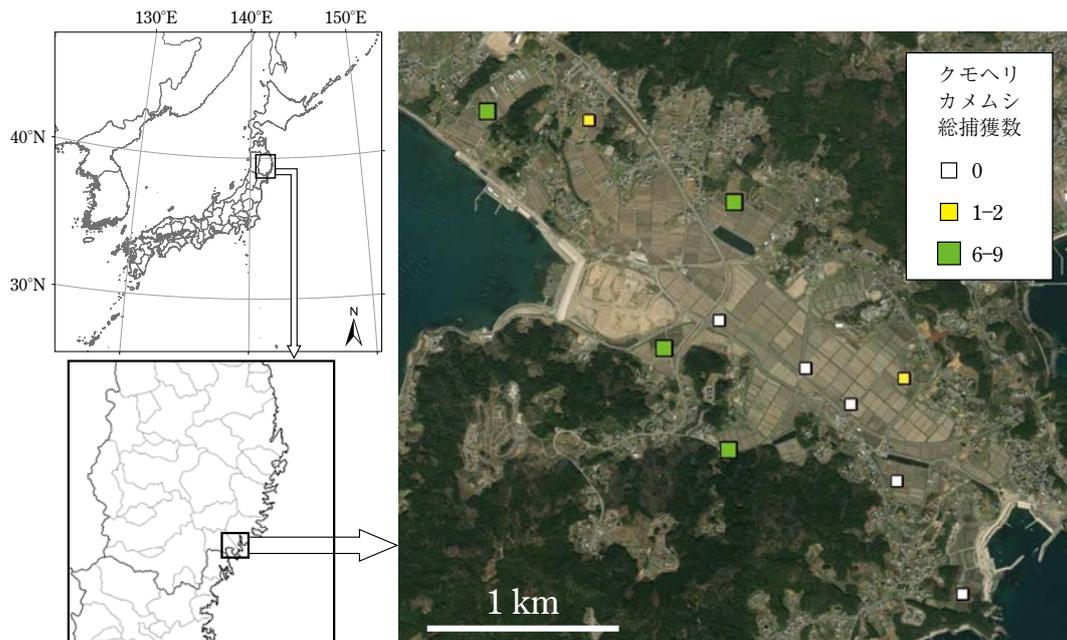


図-2 調査地点と採集されたクモヘリカメムシ総捕獲数

捕獲数は2019年8月9日, 21日, 9月4日に行った40回振りすくい取りの総計。

散布で、コウキヤガラ *Bolboschoenus koshevnikovii* などカヤツリグサ科水田内雑草が多く、アカスジカスミカメすくい取り数は平均 42.4 個体（合計 466 個体）と多発した。その他、すくい取り調査においてはクモヘリカメムシ以外に大型の斑点米カメムシ類は捕獲されず、フタトゲムギカスミカメ *Stenodema calcarata*（カメムシ目カスミカメムシ科）が合計 9 個体、オオトゲシラホシカメムシ *Eysarcoris lewisi*（カメムシ目カメムシ科）が合計 3 個体捕獲されたのみであった。

また、クモヘリカメムシの捕獲された水田と常緑針葉樹林との距離は、捕獲されなかった水田に比べ有意に短かった（LM: $n = 11$, $t = -2.32$, $p = 0.046$ ）。

調査圃場はすべて殺虫剤無散布で水田内雑草が多く、斑点米カメムシ類による被害が多発した（図-4）。クモヘリカメムシによる被害は 2018 年に 3 地点すべて、2019 年に 11 地点中 9 地点で確認され、調査地域のほぼ全域で水田に侵入したことが推察された。一方、アカスジカスミカメによる斑点米被害平均 1.42%（2018 年）、1.28%（2019 年）に対し、クモヘリカメムシによる斑点米被害は平均 0.16%（2018 年）、0.11%（2019 年）と非常に少なかった（図-4）。

II クモヘリカメムシの越冬可能地域推定

本種成虫の発生確率は 2 月上旬の日最高気温の平均が 4.7℃ を超えた翌年に高く、この温度は越冬可能性が高くなる気温であることが示されている（大江ら, 2017）。

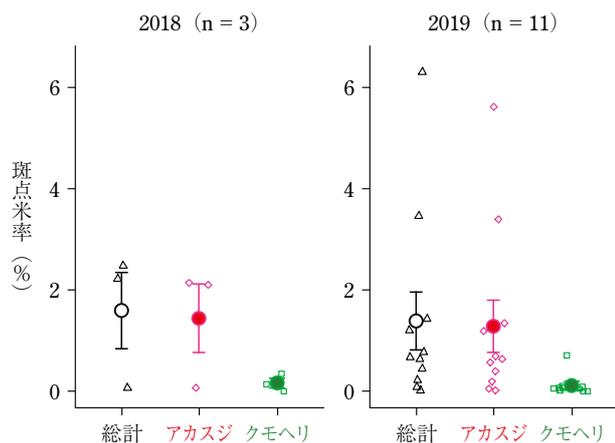


図-4 2018 年と 2019 年における各調査圃場の斑点米被害率
左から斑点米総計（△）、アカスジカスミカメによる被害（◇）、クモヘリカメムシによる被害（□）を示す。図中の円は平均値、上下は標準誤差。調査粒数平均 ± SE は 39,626 ± 1558.9（2018）、42,520 ± 1301.5（2019）。2018 年の調査圃場における品種はすべて‘たかたのゆめ’、2019 年の調査圃場は‘たかたのゆめ’（ $n = 1$ ）, ‘ひとめぼれ’（ $n = 9$ ）, ‘銀河のしずく’（ $n = 1$ ）であり、いずれもカメムシを対象とした殺虫剤は無散布。

そこで、本調査地（7 メッシュ）における 1980～2020 年までの上記温度を調査するとともに、岩手県において過去に上記温度が 4.7℃ を超えた数を 10 年ごとに調査して地図化した。また、東日本地域についても同様に越冬可能だった気温を 10 年ごとに地図化した。過去の気温の調査には農研機構メッシュ農業気象データシステム（<https://amu.rd.naro.go.jp/>）を用い、1980、1990、2000、2010 年代の 2 月 1 日～10 日の日最高気温の平均を算出して、4.7℃ を超えた数別に 1 km メッシュ単位で図示した。地図化には ArcGIS 10.4.1 を用いた。

本調査地における 1980～2020 年までの 2 月上旬の最高気温は緩やかに変動しながら上昇し、近年はクモヘリカメムシの越冬可能性の高い気温を超える年が 2016 年から 5 年続いた（図-5）。また、岩手県内において越冬可能性の高い気温となった年数の多い地域は 1980 年代～2010 年代にかけて増加し、特に沿岸部に多かった（図-6）。1980 年代は越冬可能性の高い気温を超えた回数が沿岸部でも 3～5 回だったのに対し、1990 年代は沿岸部で 6～7 回となった。2000 年代は 6～7 回となった地域が少なくなったものの 3～5 回の地域が内陸部まで拡大し、2010 年代はまた沿岸部を中心に越冬可能性の高い気温を超えた回数が 6～7 回となった。特に、1990 年代～2010 年代まで越冬可能性の高い気温を超えた回数が多かった山田町の山田湾沿岸では 8～9 回、今回の調査地である広田湾沿岸や近隣の大船渡湾沿岸では 6～7 回であった。一方、内陸部は 2 月上旬の気温が低く、クモヘリカメムシの越冬に適さないことが明らかとなった。

今回岩手県陸前高田市で発見した個体群はこれまで北限とされていた宮城県名取市から直線距離で 115 km、

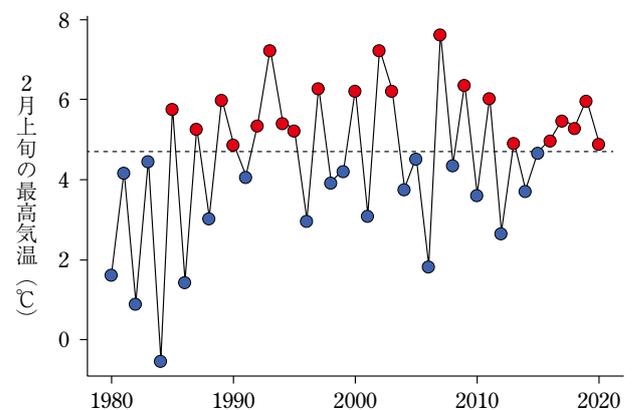


図-5 1980～2020 年までの 2 月上旬の最高気温平均
調査した岩手県陸前高田市小友地区の気温は農研機構農業気象メッシュデータシステムから 7 メッシュ分を取得。図中の点線はクモヘリカメムシ成虫の越冬可否の指標となる温度（4.7℃, 大江ら, 2017）。

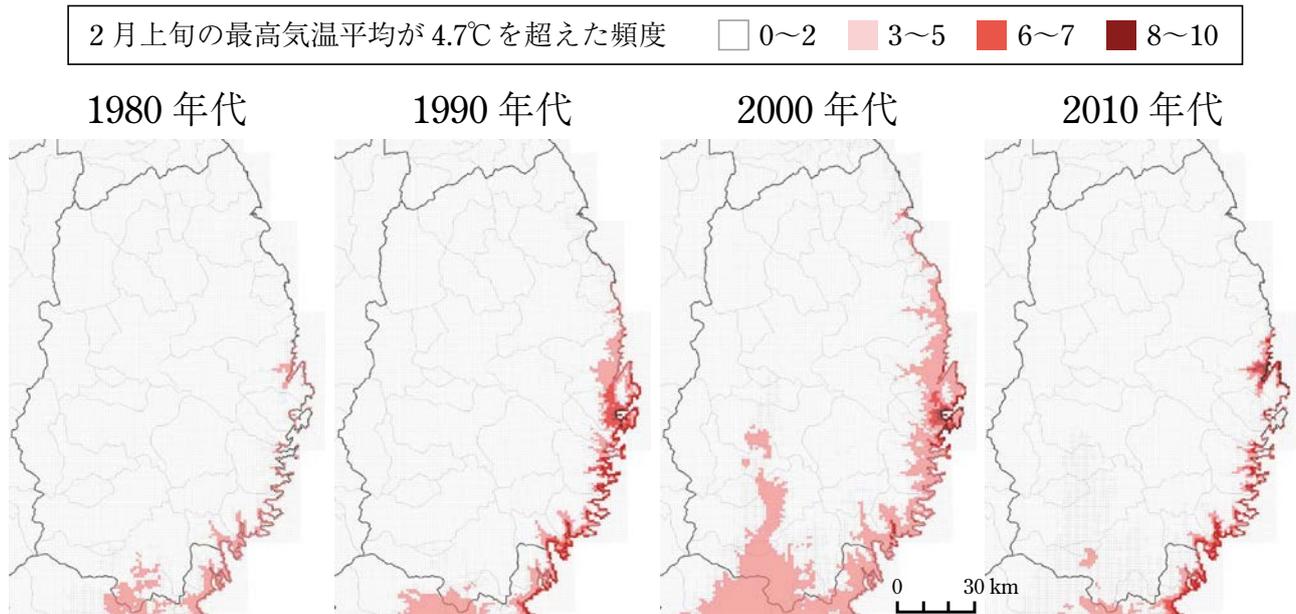


図-6 岩手県におけるクモヘリカメムシの潜在的越冬可能地域
1980~2020年までの2月上旬の最高気温平均を地図化したもの。
気象データは農研機構メッシュ気象データシステムから取得。

北へ約90 km離れた地点から採集された。過去に青森県西津軽郡岩崎村（現：西津軽郡深浦町）で本種の捕獲事例がある（市田，2001）ものの、捕獲されたのは雄1個体のみであり飛び込み個体と思われる。一方，本研究において，2018年に大型のカメムシによると思われる斑点米被害があったこと，また2019年にクモヘリカメムシ以外に大型の斑点米カメムシ類が捕獲されなかったことから，今回見つかったクモヘリカメムシ個体群は，2018年に本調査地域において生息していた可能性があった。また，2019年には本調査地で世代が経過して繁殖したことが明らかになり，2020年にも世代の経過と繁殖を確認した。今回クモヘリカメムシが見つかった地点から北西へ3 kmほど離れたところにある陸前高田市米崎町の岩手県病害虫防除所の巡回調査圃場では，1980年代~2010年代の過去40年における越冬可能の高い気温の出現頻度が20回と今回の調査地の20~21回とほぼ変わらないにもかかわらず，これまでに本種の採集記録がない（岩手県病害虫防除所，2019）。米崎町の定点巡回圃場周辺は水田などの農地や宅地に囲まれた環境だったのに対し，小友町の採集場所の周辺はスギなど常緑針葉樹林やイネ科雑草であり，生息場所周辺の環境によって定着や生息可否が影響された可能性が考えられる。

本種の移動能力は高く，潜在的に平均でオスが24.2 km/日，メスが29.4 km/日飛翔できることが室内試験から明らかとなっている（TSUNODA and MORIYA, 2008）。ただし野外条件でこのような長距離移動を一度

に行い，宮城県南部の個体群が直接本研究の調査地域に移入したとは考えにくい。大江ら（2017）は宮城県北部の沿岸地域における本種発生の可能性を示唆しており，今回発見された個体とこれまでに知られていた分布地域との直線距離を考えると，中間に分布地点があることも十分考えられる。

1980年代からの気温の推移から，本調査地では1980年代から2月上旬の気温が変動しながら緩やかに上昇し，本種の越冬可能な地域が岩手県内で広がっていることが示された（図-5，6）。岩手県沿岸部では陸前高田市から宮古市付近沿岸の地域において越冬可能な気温が2010年代には6~9回あったことが確認され，本種が飛来・侵入した場合には越冬可能な条件となっていることが示された。これらの地域で2020年9月に本種の分布調査を行った結果，大船渡市越喜来，釜石市唐丹，大槌町大槌，山田町織笠で本種の成虫が捕獲され，分布域がさらに北へ50 kmあることが確認された（田淵・吉村，未発表）。一方で山田町織笠以北の山田町（荒川，赤前，田鎖）と宮古市（田老），計7地点ですくい取りを行ったが，本種は捕獲されなかった（田淵・吉村，未発表）。今後の本種の分布北進の動向について，継続的な調査が待たれる。一方，岩手県の水稲主産地である内陸部の北上川流域の地域においては，本種の越冬可能性が非常に低いことが示唆され，水稲生産への影響は小さいものと考えられた。前述したように，本種は成虫が水分摂取しやすい環境である針葉樹林で越冬することが知られ

2月上旬の最高気温平均が4.7℃を超えた頻度

□ 0~2 ■ 3~5 ■ 6~7 ■ 8~10

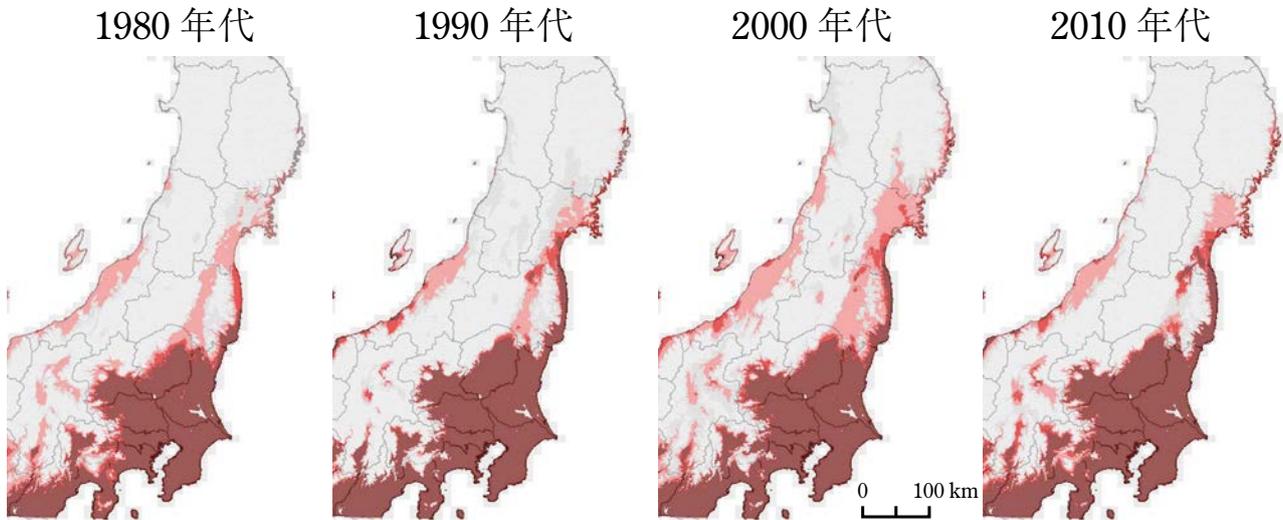


図-7 東日本地域におけるクモヘリカメムシの潜在的越冬可能地域
1980~2020年までの2月上旬の最高気温平均を地図化したもの。
気象データは農研機構メッシュ気象データシステムから取得。

る。本研究においても成虫は比較的針葉樹林からの距離が近い水田で捕獲されているため、岩手県沿岸部においては本種の越冬場所として知られる針葉樹林があり、かつ夏場の餌場となる水稲作付け圃場が存在する地域において、本種の加害が懸念される。

東日本地域における1980~2020年までの2月上旬の最高気温についても、緩やかに変動しながら上昇したことが明らかとなった(図-7)。静岡県や関東地方では山間部を除くほぼ全域で越冬可能であり、その傾向は40年間で大きな変化はなかった。一方、長野県や新潟県では越冬可能気温が6~7回を超える地域が1990年代以降、緩やかに増加しており、本種の越冬可能地域の拡大が認められた。福島県では沿岸部の浜通りにおける越冬可能地域について大きな変化はなかったものの、中通りでは茨城県や宮城県との県境から福島県の中心部へ向けて越冬可能地域が拡大していた。一方、宮城県や岩手県とほぼ同緯度の山形県や秋田県では2月上旬の気温が低く、1980年から10年間で6回以上越冬可能な気温を越えた地域が認められず、本種の分布北進は難しいものと思われた。

おわりに

今回発見されたクモヘリカメムシの新規北限個体群については、無防除条件の被害発生程度がアカスジカスミカメと比較して2年とも1/10以下と比較的低く、現状では深刻な被害が出る状況ではなかった。しかし本種は

斑点米カメムシ主要種の中でも大型種であり、不稔やしいなの原因となることや青立ち症状を起こす(横須賀, 1995; 藤田ら, 2000)等玄米品質への被害のみならず収量へも大きく影響しうる種である。越冬可能地域が拡大している自治体では、分布の北進や、分布可能域が拡大する可能性が考えられるため、本種による被害増加が危惧される。本種の分布や被害に関する現状の把握と今後の継続的な分布域調査が必要であろう。

引用文献

- 1) DEUTSCH, C. A. et al. (2018): *Science* **361**: 916~919.
- 2) 藤田智博ら (2000): *北日本病虫研報* **51**: 151~154.
- 3) 林 英明 (1989): *広島農試報告* **52**: 1~8.
- 4) 市田忠夫 (2001): *かめむしニュース* **24**: 2~3.
- 5) 石川 忠ら (2012): *日本原色カメムシ図鑑 第3巻 陸生カメムシ類*, 全国農村教育協会, 東京, 576 pp.
- 6) 岩手県病害虫防除所 (2019): **[R1・水稲・特殊報]** クモヘリカメムシの発生について, <https://i-agri.net/Index/gate003/003/17809>
- 7) 川村 満 (2007): *黒点米と斑点米*, 全国農村教育協会, 東京, 128 pp.
- 8) KIM, H. et al. (2018): *J. Asia-Pacif. Entomol.* **21**: 244~251.
- 9) LITSINGER, J. et al. (2015): *The Philippine Entomologist* **29**: 1~103.
- 10) 大江高穂ら (2017): *北日本病虫研報* **68**: 247~252.
- 11) PERSHING, A. J. et al. (2019): *PNAS* **116**: 18378~18383.
- 12) 田淵 研ら (2020): *北日本病虫研報* **71**: 108~113.
- 13) TSUNODA, T. and S. MORIYA (2008): *Appl. Entomol. Zool.* **43**: 451~456.
- 14) 山代千加子 (2012): *にいがた植防だより* **133**: 4.
- 15) 横須賀知之 (1995): *今月の農業* **39**(5): 54~58.
- 16) ——— (2001): *植物防疫* **55**: 455~458.



キウイフルーツかいよう病とその類似症状の見分け方

福岡県農林業総合試験場病害虫部 **菊原賢次**

はじめに

キウイフルーツかいよう病は1980年代前半に静岡県で初めて発見された病害で、病原細菌 *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* によって引き起こされる (TAKIKAWA et al., 1989)。その後、各産地に発生が確認され、葉、新梢、枝、花蕾の枯死や樹体の損傷等の被害を与えた。福岡県でも1987年に発生が確認されたが、発生園の周囲にキウイフルーツの植栽がなく、伐採などの防除対策がなされたため、それ以降の発生はなかった。ところが、2014年の4月末から全国的に新系統のかいよう病菌による発生が相次ぎ、福岡県でも30年ぶりに発生し、大きな被害を受けた。この新系統は世界的な流行を引き起こしている biovar3 (Psa3, 3系統) であり、従来から日本で発生していた biovar1 (Psa1) とは異なる系統であった (澤田ら, 2014)。この年、発生県、農研機構、大学等が連携し、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業 (農食事業) 「キウイフルーツの新系統かいよう病に対する診断技術、対処方法の開発」が実施され、生産者向けに典型的な病徴とともに発生生態と防除対策を掲載したリーフレット「キウイフルーツかいよう病の緊急対策」を作成し (農林水産省 編, 2015)、2015年春にキウイフルーツ栽培農家および関係者に配布した。本病の基礎な情報を広く共有し、関係者で栽培園地のモニタリング調査を実施したところ、かいよう病の典型的な症状と類似した症状が数多く見つかった。病害虫防除の基本は、早期発見と早期防除である。これら類似症状の存在は、生産現場での病徴診断に混乱を招き、早期診断を阻害する要因となった。2015年から3年間、農食事業「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」が実施され、防除対策だけでなく、現場での診断技術精度を向上させるための研究も実施された。2018年に本事業の成果を活用し、「キ

ウイフルーツかいよう病の3系統の防除対策マニュアル (第3版)」とともに「キウイフルーツかいよう病見分け方チャート」が作成された (農林水産省 編, 2018)。本リーフレットはA3サイズの二つ折りで、見開き左側にかいよう病の症状、右側に類似症状を掲載している。ビニールコーティングした厚紙製で園地の巡回調査にも耐える作りとなっている。全国の栽培農家および関係者に配布され、生産現場の診断に活用されている。ここでは本リーフレットに掲載されている時期や部位ごとの見分け方のポイントについて紹介する。

I かいよう病の発生時期

キウイフルーツかいよう病菌は5℃でも増殖し、15～25℃が生育適温で、32℃を超えると39時間で死滅する (牛山, 1993)。実際の発病は20℃以上で植物体の抵抗性反応により病原菌の増殖が抑制されるため、夏の発病はほとんどなく、冬から初夏にかけて発病する (篠崎・芹澤, 2016)。見分け方チャートは、時期別にかいよう病の症状と類似症状を比較し、本病と類似症状の特徴を解説している。なお、月の記述は福岡県を基準としている。

II 枝・蕾の見分け方 (図-1)

枝や枝幹部の症状は樹液の流動開始 (2月) から5月に多く発生し、樹液が赤褐色に変色するところが特徴的である。枝や蕾の症状は、ハイワード等の緑色系品種より紅妃等の赤色・黄色系品種の発生頻度が高く、激しい症状になる。図中の写真はすべて Psa3 の症状であるが、Psa1 の症状との差はない。

1 冬～早春 樹液漏出 (休眠期)

(かいよう病の症状)

冬季は凍害の傷口や剪定の傷口等物理的な傷から菌体を含む樹液が流出する (図-1 上段左)。

早春 (2～3月) のころ、樹液流動が活発になると、皮目や枝基部等から菌体を含む樹液が流出する (図-1 中上段左)。側枝に多く発病するが、症状が激しい場合は主枝や主幹からも樹液が流出する。菌体を含む樹液は白

How to Distinguish Symptoms of Kiwifruit Bacterial Canker between Similar Symptoms. By Kenji KIKUHARA

(キーワード: キウイフルーツかいよう病, 病徴, 類似症状, *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*)

色だが、樹体に流れ出た後に赤褐色となるため、圃場では血を流したかのような症状を見ることが多い。

(類似症状)

かいよう病に感染していない樹の樹液は白濁や赤褐色になることはなく、透明である(図-1 上段右)。樹液流動期には剪定傷や捻枝の傷、虫害等の物理的な傷から、粘性の高い樹液が流出し、*Fusarium* 属菌などの腐生菌が増殖し、白色～黄色～橙色に変色する(図-1 中上段右)。かいよう病発病樹では混発することもあり、樹液が赤褐色の場合はかいよう病の可能性が高いので注意が必要である。

2 春 新梢枯死(発芽～新梢伸長期)

(かいよう病の症状)

発芽後に激しく感染した場合、枯死する。伸長期の新梢に発症し、枝先に樹液が流れなくなると萎れることもある(図-1 中下段左)。激しく発病した樹ではこのような新梢の萎れとともに、周囲の枝に赤褐色の樹液や葉の褐点等の別の症状も観察される。

(類似症状)

霜害により芽枯れが発生することがあるが、周辺にかいよう病の症状がない。また、キクビスカシバの被害により新梢が萎れるときは、周辺にかいよう病の症状がなく、注意深く観察すると、食害痕や虫糞がある(図-1 中下段右)。

3 春 花蕾枯死(開花期)

(かいよう病の症状)

開花前のつぼみのがく片が褐変し、開花前に枯死する。開花してもがく片を中心に褐変する(図-1 下段左)。

(類似症状)

花腐細菌病の症状は、やくの黒変に特徴があるが、本病と類似しており、症状だけで区別することが困難である(図-1 下段右)。周囲の枝に赤褐色の樹液などのかいよう病の症状があれば、かいよう病と診断できる。しかし、花腐細菌病でも葉の褐点は発生するため、葉の軽い病徴だけでは区別が困難である。

III 葉の見分け方(図-2)

展葉後から5月に発生する。この時期に展葉した葉に感染するため、基部から10枚目までの葉に発生が多い。また、4月までは類似症状が少ないため、小褐斑はかいよう病である可能性が高い。

1 春～初夏

(かいよう病の症状)

葉の症状は葉脈に囲まれた小褐斑である(図-2 左)。葉の裏の病斑から樹液を流出し、赤褐色になることもあ

る。多発すると病斑が融合し、大きな病斑になり、葉枯症状になる。葉が硬化すると病斑はわかりづらくなり、新たな病斑はできなくなる。Psa1 と Psa3 で症状はやや異なる。Psa1 は周囲に黄色のハローを伴う小褐斑を形成し、ヘイワードでは比較的ハローが大きい(図-2 中央上段)。一方、Psa3 は大きなハローを伴わない小褐斑を形成する。品種間で症状の差はない。

(類似症状)

類似症状は5月以降に増加する。かいよう病の防除対策に使用される銅水和剤は葉害を引き起こしやすく、葉害は葉脈黒変や黒点症状が特徴的である(図-2 中段右)。特に中国系品種における開花前後の散布はハローのような黄色斑の葉害になりやすい。明褐色で滴の後のような円形斑は除草剤による葉害であることが多い(図-2 中段中央)。これらのほかにも、原因不明の樹液の漏出跡や葉脈上に斑紋が見られるが、葉脈に囲われておらず、区別がつく。

一方、識別困難な症状もある(図-2 中段中央)。花腐細菌病による葉の病斑はかいよう病と区別がつかないが、病斑数が少ない傾向がある。炭疽病、角斑病は5月下旬以降に増加するが、病徴では区別が付きにくい。5月下旬以降から新たに発生した小黒褐斑の多くは炭疽病や角斑病である。これらの病害は7～8月の多雨で病勢が増し、葉の枯死や落葉を引き起こすことがある。

2 夏～秋

(かいよう病の症状)

葉が硬化し、病徴がわかりにくくなるとともに感染しにくくなる。気温が上昇するこの時期に、新たな発病はほとんどない。

(類似症状)

梅雨ごろから角斑病や炭疽病が発生し、降雨が続くと激しく発病し、病斑が癒合して大きくなり、時に、落葉を引き起こす(図-2 下段中央)。気温が高い時期に発生が拡大する場合は類似症状である。風すれなどで葉が暗褐色に変色することがあるが、葉脈に囲まれていないので、かいよう病ではない(図-2 下段右)。

おわりに

冬季の低温は樹体を傷つけ、病原菌の増殖を助長し、春先の強風雨は感染を促す。2018年、福岡県では多発を引き起こすこれらの気象条件が揃い、比較的抵抗性のあるヘイワードでも葉に激しく発病した。その後、2019年と2020年は暖冬傾向が続き、本病は少なかった。2021年の冬季は平年並み～やや低いと予報され、気象条件によっては発病が多くなる可能性がある。冬季の銅

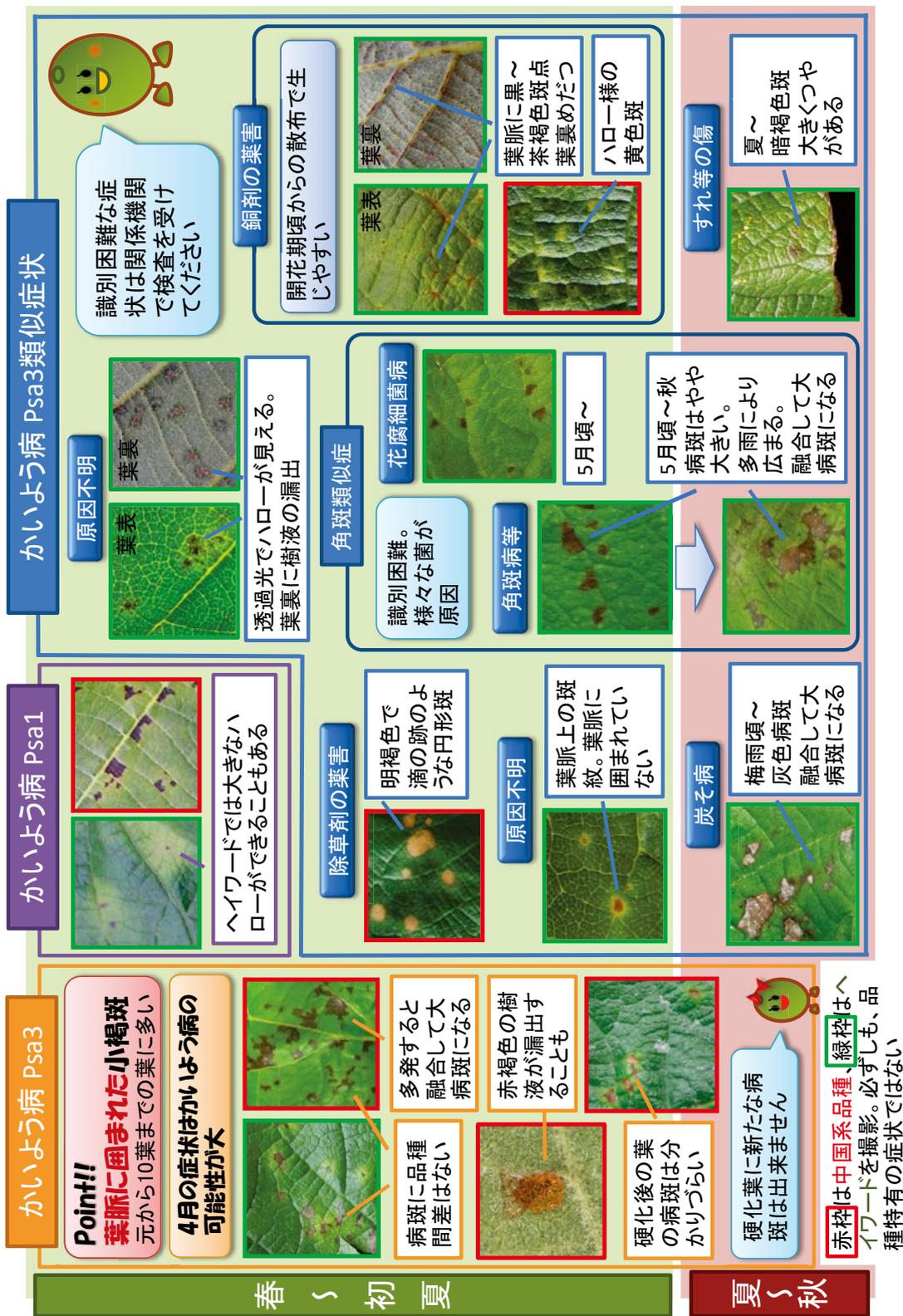


図-2 キウイフルーツかいよう病の見分け方 (葉)
「かいよう病菌 Psa3 に安心してキウイフルーツ生産を可能とする総合対策技術」研究プロジェクトチーム作成。

水和剤の散布により、落葉痕や剪定の切り口等の傷口を保護し、感染防止を図る必要がある。2014年に初発を確認してから数年間は急激に発生地域が拡大した。現在、防除対策により発生の拡大は緩やかになったものの、新規発生は続いている。また、汚染花粉流通に伴う感染拡大のリスクを軽減するため、自家花粉生産が推進されるようになったが、本病発生地域では雄樹が感染することにより、花粉に病原菌が混入する（菊原，2019）。本病発生拡大を防止するためにも花粉消毒の技術開発が望まれる。

引用文献

- 1) 菊原賢次 (2019): 福岡農林試研報 5: 5~10.
- 2) 農林水産省 編 (2015): かいよう病蔓延防止パンフレット, <https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/siryou2/pdf/pamph.pdf>
- 3) ——— (2018): キウイフルーツかいよう病の3系統の防除対策マニュアル (第3版), <https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/siryou2/attach/pdf/index-14.pdf>
- 4) 澤田宏之ら (2014): 日植病報 80: 171~184.
- 5) 篠崎 毅・芹澤拙夫 (2016): 農業総覧 原色病害虫診断防除編 7, 農山漁村文化協会, 東京, 追録第46号キウイフルーツ p.7~10 の6.
- 6) TAKIKAWA, Y. et al. (1989): Ann. Phytopath. Soc. Japan 55: 437~444.
- 7) 牛山欽司 (1993): 神奈川園試研報 43: 1~76.



新しく登録された農薬 (2020.12.1~12.31)

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。

〔殺菌剤〕

- タラロマイセス フラバス水和剤
24463：タフエイド（エスディーエス）20/12/9
タラロマイセス フラバス SAY-Y-94-01 株胞子：3×10⁸ CFU/g
稲（箱育苗）：苗立枯細菌病，もみ枯細菌病，苗立枯病（トリコデルマ菌）：は種時
稲（箱育苗）：苗立枯病（トリコデルマ菌），苗立枯病（リゾープス菌），苗立枯病（フザリウム菌），：は種時（覆土前）
- キャプタン・ピコキシストロピン水和剤
24465：ツインバリアー水和剤（日本農薬）20/12/23
キャプタン：50.0%
ピコキシストロピン：7.0%
りんご：黒星病，斑点落葉病，褐斑病，炭疽病，すす点病，すす斑病：収穫前日まで

〔殺虫剤〕

- インドキサカルブ水和剤
24464：ホークアイ顆粒水和剤（シンジェンタ）20/12/23
インドキサカルブ：20.0%
芝：シバツトガ，スジキリヨトウ：発生初期
- チリカブリダニ・ミヤコカブリダニ剤

- 24466：ミッチトップ（アグリ総研）20/12/23
チリカブリダニ：400 頭/250 ml
ミヤコカブリダニ：1600 頭/250 ml
野菜類（施設栽培）：ハダニ類：発生初期
- テトラニリプロール水和剤
24467：テトリーノフロアブル（バイエル）20/12/23
テトラニリプロール：4.0%
芝：シバツトガ，スジキリヨトウ，タマナヤガ，コガネムシ類幼虫，シバオサゾウムシ：発生初期

〔除草剤〕

- オキサジクロメホン・テフリルトリオン・メタゾスルフロン水和剤
24460：デオレフロアブル（日産化学）20/12/9
オキサジクロメホン：0.80%
テフリルトリオン：4.0%
メタゾスルフロン：2.0%
移植水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ウリカワ，ミズガヤツリ，ヘラオモダカ，ヒルムシロ，セリ，オモダカ，クログワイ，コウキヤガラ
- 直播水稻：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

(46 ページに続く)

植	物	
	防	疫
講	座	

病害編-37

作物に発生するウイルス・ウイロイドとその管理技術

法政大学 生命科学部 応用植物科学 津 田 新 哉

はじめに

19世紀後半にルイ・パスツールやロベルト・コッホにより拓かれた近代微生物学は、細菌研究を中心に人類の社会生活の向上に大きく貢献した。しかし、彼らの研究成果を持ってしても原因がわからない植物の病気があることは、その当時から知られていた。それが「ろ過性病原体」である。この言葉の登場は、細菌が通過できない素焼きのろ過器でこした液体に病原性が認められたことに起因している。その当時、細菌より小さな微生物は存在しないと信じられていたが、それを覆す現象が発見されたのだ。そのろ過性病原体が今のタバコモザイクウイルス (TMV) である。

マルティヌス・バイエリンクは、1898年にろ過性病原体がそれまでの細菌とは異なる新たな病原であるとして世界で初めて「ウイルス」の概念を確立した。ろ過性病原体である TMV が発見されて以来、動植物や菌類等に感染するウイルスが次々と発見された。現在でも新種のウイルスが時々発見されており、植物ウイルスでは21世紀初頭までにウイロイドも含め1,000種以上を数えるまでに至っている。

一般的に、ウイルスが感染した植物ではモザイクやえそ等の病徴が現れ正常な成長が妨げられる。それが農作物の場合には収穫物の奇形や生産量の減少等の経済的被害となり、生産者の生計を苦しめる原因になる。菌類や細菌類等による病害と異なり、ウイルスが感染した植物に治療効果を示す化学合成農薬は皆無であることから、生産現場で発生するウイルス病を防ぐには予防的措置が極めて重要になる。

本稿では、植物ウイルス・ウイロイドの分類、病徴、診断、防除について現時点の情報をわかり易く解説する。

Plant Viruses and Viroids Infecting Crops and Its Control Measures. By Shinya Tsuda

(キーワード: 植物ウイルス, ウイロイド, 分類, 病徴, 診断, 防除)

I 植物ウイルス・ウイロイドの分類体系と命名法

1 ウイルス・ウイロイドの分類

生き物の機能や特性を解析し、客観的に他種と比較・照合しながら類縁関係を研究するためには分類体系の構築は欠かせない。ウイルスもゲノムを有し宿主生物においてその機能を発現していることから、この考え方は同じである。「ウイルス」の概念が確立された TMV の発見以降、ヒト、動物および植物等で数多くのウイルスが見つかる。初めてウイルスが発見されて半世紀が経過したころから、国際的な分類基準を設定するため関係研究者が議論を開始し、1969年には「国際ウイルス命名委員会」(1973年に「国際ウイルス分類委員会 (ICTV)」と改称)が組織された。そして1971年、ウイルスの寄生性、形状および血清型等を指標として2科、43属、290種からなる分類体系が同委員会により初めて示された。20世紀までのウイルス分類および命名法の歴史的な歩みは大木 (2006) の総説に詳細が述べられているので参照していただきたい。

その後、続々と新種ウイルスが発見されるとともに目まぐるしいほど分類基準の修正が繰り返され、2014年、ICTV第9次報告書の基準に基づき7目、104科(23亜科)、505属、3,185種に整理されたICTV分類リスト(第29版)が公開された。その翌年、我が国では日比・大木編(2015)により刊行された「植物ウイルス大事典」において、第29版分類リストの中から抽出された植物ウイルス・ウイロイドは3目、25科(3亜科)、112属、1,235種になることが示された。しかし ICTV は、その後もウイルス分類体系の細分化を進め、2018年の第33版リストではそれまでの階級に「門 (Phylum)」および「綱 (Class)」を加え、同年に追加公開した第34版リストでは、分子系統解析の成果として生物の分類階級に新たに設定されたドメインに相当する「レルム (Realm)」を最上位に位置付けた。さらに、2019年の第35版リストではレルムと門の間に「界 (Kingdom)」を設け現在のウイルス分類体系の原型を完成させた。その第35版リ

表-1 国際ウイルス分類委員会第35版分類リスト内で示された植物ウイルス・サテライト核酸・ウイロイドの分類表

【植物ウイルス分類表】

レム (Realm)	界 (Kingdom)	門 (Phylum)	綱 (Class)	目 (Order)	科 (Family)	亜科 (Sub-Family)	属 (Genus)	亜属 (Sub-Genus)	タイプ種 (Species)	種数
Monodnaviria (ssDNA(+)/(++/-))	Stratovirales	Cressdnaviricota	Africanviricetes	Moltopvirales	Nanoviridae		Babuvirus		Banana bunchy top virus	3
							Nanovirus 未設定		Saharanean clover stunt virus Coccolofoliar decay virus	8 1
Riboviria (dsRNA)	Orthornanvirae	Duplornaviricota	Resentoviricetes	Reovirales	Reoviridae	Sedoreovirinae	Mimovirus		Micromonas pusilla reovirus	1
							Phytoreovirus		Wound tumor virus	3
(ssRNA(+))		Kitrinoviricota	Absuviricetes	Hepelivirales	Beynaviridae	Spinareovirinae	Fijivirus		Fiji disease virus	9
							Mycovirus 1		Mycovirus 1	3
							Oryzavirus		Rice ragged stunt virus	2
							Beynavirus		Beet necrotic yellow vein virus	4
							Alfavirus		Alfalfa mosaic virus	1
							Andavirus		Petargonium zonate spot virus	2
							Bromovirus		Brome mosaic virus	6
							Cucumovirus		Cucumber mosaic virus	4
							Ilarivirus		Tobacco streak virus	22
							Oleavirus		Olive latent virus 2	1
							Ampelovirus		Grapevine leafroll-associated virus 3	12
							Closterovirus		Beet yellows virus	16
							Crinivirus		Lettuce infectious yellows virus	14
							Velarivirus 未設定		Grapevine leafroll-associated virus 7 Actinidia virus 1, 他	7 7
							Alphadornavirus		Oryza sativa alphadornavirus	24
							Betadornavirus		Sclerotinia sclerotiorum betadornavirus 1	7
							Blumovirus		Blueberry necrotic ring blotch virus	2
							Cilivirus		Citrus leprosis virus C	2
							Higvirus		Hibiscus green spot virus 2	1
							Idaeovirus		Raspberry bushy dwarf virus	2
							Pteridovirus		Japanese holly fern mottle pteridovirus	2
							Furuvirus		Soi-borne wheat mosaic virus	6
							Goravirus		Gentian ovary ringspot virus	2
							Hordavirus		Barley stripe mosaic virus	4
							Plectovirus		Peanut clump virus	2
							Pomovirus		Potato mop-top virus	5
							Tobamovirus		Tobacco mosaic virus	37
							Tobravirus		Tobacco rattle virus	3
							Alltaxivirus		Shallot virus X	12
							Botreavirus		Botrytis virus X	1
							Lolavirus		Lolium latent virus	1

表-1 つづき

レルム (Realm)	界 (Kingdom)	門 (Phylum)	綱 (Class)	目 (Order)	科 (Family)	亜科 (Sub-Family)	属 (Genus)	亜属 (Sub-Genus)	タイプ種 (Species)	種数	
					Betaflexiviridae	Quararivinae	Mandariavirus		Indian citrus ringspot virus	2	
							Platybucivirus			Donkey orchid symptomless virus	1
							Potexvirus		Potato virus X	38	
					Betaflexiviridae	Trinivirinae	Sclerodarnavirus		Sclerotinia sclerotiorum debilitation-associated RNA virus	1	
							Carlinavirus			Carnation latent virus	53
							Foveavirus			Apple stem pitting virus	8
							Robigovirus			Cherry necrotic rusty mottle virus	5
							未設定			Banana mild mosaic virus, 他	3
							Capilliovirus			Apple stem grooving virus	4
							Chordovirus			Carrot Ch virus 1	2
							Citrovirus			Citrus leaf blotch virus	1
							Dianvirus			Dianis virus A	3
							Prunivirus			Apricot vein clearing associated virus	3
					Rauavirus			Ribes americanum virus A	1		
					Tepovirus			Potato virus T	2		
					Trichovirus			Apple chlorotic leaf spot virus	7		
					Vitivirus			Grapevine virus A	15		
					Wamavirus			Watermelon virus A	1		
					Deltaflexiviridae			Sclerotinia deltaflexivirus 1 (内、菌類)	2		
					Gammaflexiviridae			Botrytis virus F	1		
					Tymoviridae			Maculavirus	1		
							Marafivirus	Maize rayado fino virus	10		
							Tymovirus	Turnip yellow mosaic virus	28		
							未設定	Bombax mori latent virus, 他	2		
					Lateoviridae			Enamovirus	5		
							Luteovirus	Pea enation mosaic virus 1	13		
							Poleovirus	Barley yellow dwarf virus PAV	26		
							未設定	Potato leafroll virus	7		
							未設定	Barley yellow dwarf virus GPV, 他	9		
					Tombusviridae	Calusvirinae	Umbravirus		Carrot mottle virus	7	
							Alphacarmovirus			Carnation mottle virus	4
							Aureovirus		Tobacco necrosis virus A	5	
							Avenavirus		Poehos latent virus	1	
							Betacarmovirus		Oat chlorotic stunt virus	4	
							Betanecrovirus		Turnip crinkle virus	3	
							Gallinivirus		Tobacco necrosis virus D	1	
							Gammacarmovirus		Gainsoga mosaic virus	4	
							Macanavirus		Melon necrotic spot virus	1	
							Machlomavirus		Furcraea necrotic streak virus	1	
							Panicovirus		Maize chlorotic mottle virus	3	
							Pelarspovirus		Petargonium line pattern virus	6	
							Tombusvirus		Tomato bushy stunt virus	17	
							Zeanvirus		Maize necrotic streak virus	1	
							未設定	Altham waterborne virus, 他	6		
							Dianthovirus		Carnation ringspot virus	3	
					Narnaviridae	Mitosviridae	Narnavirus		Saccharomyces 20S RNA narnavirus	2	
							Mitovirus			Cryphonectria mitovirus 1	5
					Bobournaviridae		Botovirus		Botrytis botovirus	2	

表-1 つづき

レルム (Realm)	界 (Kingdom)	門 (Phylum)	綱 (Class)	目 (Order)	科 (Family)	亜科 (Sub-Family)	属 (Genus)	亜属 (Sub-Genus)	タイプ種 (Species)	種数	
(ssRNA(-) (+/ -))		Negarnaviricota	Monjiviricetes	Mononegavirales	Rhabdoviridae		Magnolivirus		Magnaporthe magnolivirus 1	2	
							Ourniavirus		Ournia melon virus	3	
							Sclerotivirus		Sclerotinia sclerotivus 1	3	
							Alphamacleovirhabdovirus		Potato yellow dwarf alphamacleovirhabdovirus	9	
							Cytorhabdovirus		Lettuce necrotic yellow cytorhabdovirus	23	
							Variicosavirus		Lettuce big-vein associated variicosavirus	1	
							Emaravirus		European mountain ash ringspot-associated emaravirus	11	
							Tenuivirus		Rice stripe tenuivirus	8	
							Orthospovirus		Tomato spotted wilt orthospovirus	26	
							Ophiiovirus		Citrus psorosis ophiiovirus	7	
(dsRNA)		Pisuviricota	Milneviricetes	Serpentovirales	Aspiriviridae		Amalganvirus		Southern tomato virus	9	
							Zyovavirus		Zygosaccharomyces bailii virus Z	1	
							Hypovirus		Cryphonectria hypovirus 1	4	
							Alphapartitivirus		White clover cryptic virus 1 (内、菌類)	9	
							Betapartitivirus		Atkinsonella hypoxylon virus (内、菌類)	10	
							Deltapartitivirus		Pepper cryptic virus 1	5	
							Gammapartitivirus		Penicillium stoloniferum virus S	8	
							未設定		Agaricus bisporus virus 4, 他	15	
							Comonivirus	Comonitriinae	Comonivirus		15
							Fabavirus		Broad bean wilt virus 1	7	
(ssRNA(+))		Pisoniviricetes	Pisonivirales	Secoviridae			Nepovirus		Tobacco ringspot virus	40	
							Cheravirus		Cherry rasp leaf virus	5	
							Sadwavirus		Chocolate lily virus A	2	
							Cholivirus	Cholivirinae	Satsumavirus		1
							未設定		Satsuma dwarf virus	2	
							未設定		Strawberry mottle virus	2	
							Segivirus		Parsnip yellow fleck virus	3	
							Torradovirus		Tomato torrado virus	6	
							Waikavirus		Rice tungro spherical virus	4	
							未設定		Strawberry latent ringspot virus	1	
(ssRNA(+))		Pisoniviricetes	Pisonivirales	Sobelivirales	Aluvernauviridae		Heterocapsa		Heterocapsa circularsquama RNA virus 01	1	
							Barnavirus		Mushroom bacilliform virus	1	
							Polemovirus		Polesettia latent virus	1	
							Sobemovirus		Southern bean mosaic virus	19	
							Arepavirus	Polyviridae	Areca palm necrotic spindle-spot virus	2	
							Bevemovirus		Bellflower veininal mottle virus	1	
							Bramlyivirus		Blackberry virus Y	1	
							Bymovirus		Barley yellow mosaic virus	6	
							Celavirus		Celery latent virus	1	
							Ipomovirus		Sweet potato mild mottle virus	7	
(dsDNA-RT)	Favarnavirae	Arteriviricota	Reutraviricetes	Ortervirales	Caulimoviridae		Macluravirus		Maclura mosaic virus	10	
							Poacevirus		Triticum mosaic virus	3	
							Polyvirus		Potato virus Y	183	
							Roymovirus		Rose yellow mosaic virus	2	
							Rymovirus		Ryegrass mosaic virus	3	
							Tritimovirus		Wheat streak mosaic virus	6	
							未設定		Common reed chlorotic stripe virus, 他	3	
							Badnavirus		Commelina yellow mottle virus	59	
							Caulimovirus		Cauliflower mosaic virus	13	

表-1 つづき

レルム (Realm)	界 (Kingdom)	門 (Phylum)	綱 (Class)	目 (Order)	科 (Family)	亜科 (Sub-Family)	属 (Genus)	亜属 (Sub-Genus)	タイプ種 (Species)	種数							
(ssRNA-RT)							<i>Cavemovirus</i>		<i>Cassava vein mosaic virus</i>	2							
							<i>Dioscorea</i>		<i>Dioscorea nummularia associated virus</i>	1							
							<i>Petuvirus</i>		<i>Petunia vein clearing virus</i>	1							
							<i>Rosadnavirus</i>		<i>Rose yellow vein virus</i>	1							
							<i>Solendovirus</i>		<i>Tobacco vein clearing virus</i>	2							
							<i>Soymovirus</i>		<i>Soybean chlorotic mottle virus</i>	4							
							<i>Tungrovirus</i>		<i>Rice tungro bacilliform virus</i>	1							
							<i>Vaccinivirus</i>		<i>Blueberry-fruit drop associated virus</i>	1							
							<i>Metavirus</i>	<i>Metaviridae</i>		<i>Saccharomyces cerevisiae Ty3 virus</i> (内、酵母+植物)	3						
							<i>Hemivirus</i>	<i>Pseudoviridae</i>		<i>Drosophila melanogaster copia virus</i> (内、酵母+緑藻類)	6						
							<i>Pseudovirus</i>			<i>Saccharomyces cerevisiae Ty1 virus</i> (内、酵母+菌類)	4						
							<i>Sirevirus</i>			<i>Glycine max SIRE1 virus</i>	5						
							(ssRNA(+))							未設定		<i>Phaseolus vulgaris Tpu2-6 virus</i>	1
														<i>Polymyovirus</i>		<i>Aspergillus fumigatus polymyovirus 1</i>	10
														<i>Albatovirus</i>		<i>Tobacco albatovirus 1</i>	3
<i>Aumavirus</i>		<i>Maize aumavirus 1</i>	1														
<i>Papanivirus</i>		<i>Panicum papainivirus 1</i>	1														
<i>Virtovirus</i>		<i>Tobacco virtovirus 1</i>	1														

【サテライト核酸分類表】

レルム (Realm)	界 (Kingdom)	門 (Phylum)	綱 (Class)	目 (Order)	科 (Family)	亜科 (Sub-Family)	属 (Genus)	亜属 (Sub-Genus)	タイプ種 (Species)	種数	
未設定 (ssDNA(+))/(+/+)							<i>Ageyosatellite</i>		<i>Ageratum yellow vein Singapore alphasatellite</i>	2	
							<i>Clecrusatellite</i>		<i>Cleome leaf crumple alphasatellite</i>	12	
							<i>Colecusatellite</i>		<i>Cotton leaf curl Malian alphasatellite</i>	26	
							<i>Gosmusatellite</i>		<i>Gossypium mustelinum symptomless alphasatellite</i>	7	
							未設定		<i>Dragonfly associated alphasatellite</i> , 他	2	
							<i>Babusatellite</i>	<i>Nanophasatellitinae</i>		<i>Banana bunchy top alphasatellite 1</i>	4
							<i>Clostrusatellite</i>		<i>Subterranean clover stunt alphasatellite 2</i>	5	
							<i>Fabensatellite</i>		<i>Faba bean necrotic yellow alphasatellite 2</i>	1	
							<i>Milbetsatellite</i>		<i>Milk vetch dwarf alphasatellite 3</i>	1	
							<i>Miveduasatellite</i>		<i>Milk vetch dwarf alphasatellite 1</i>	4	
							<i>Sophoyesatellite</i>		<i>Sophora yellow stunt alphasatellite 3</i>	2	
							<i>Subclovsatellite</i>		<i>Subterranean clover stunt alphasatellite 1</i>	4	
							未設定		<i>Coconut foliar decay alphasatellite</i>	1	
							<i>Betasatellite</i>	<i>Tolecusatellitidae</i>		<i>Ageratum yellow vein betasatellite</i>	61
							<i>Deltasatellite</i>			<i>Tomato leaf curl deltasatellite</i>	11

【ウイロイド分類表】

レルム (Realm)	界 (Kingdom)	門 (Phylum)	綱 (Class)	目 (Order)	科 (Family)	亜科 (Sub-Family)	属 (Genus)	亜属 (Sub-Genus)	タイプ種 (Species)	種数						
未設定 (ssRNA)							<i>Ausunviroid</i>		<i>Avocado sunblotch viroid</i>	1						
							<i>Elanviroid</i>		<i>Eggplant latent viroid</i>	1						
							<i>Pelamoviroid</i>		<i>Peach latent mosaic viroid</i>	3						
							<i>Apsacoviroid</i>	<i>Positiviroidae</i>		<i>Apple scar skin viroid</i>	10					
							<i>Cocobviroid</i>			<i>Coconut cadang-cadang viroid</i>	4					
							<i>Coleviroid</i>		<i>Coleus blumei viroid 1</i>	3						
							<i>Hostuviroid</i>		<i>Hop stunt viroid</i>	2						
							<i>Positiviroid</i>		<i>Potato spindle tuber viroid</i>	9						
							2	3	7	14	18	41	10	169	3	1,840

※本表の表記は、ICTV 分類リスト (第 35 版) を基に、日比・大木 (2015) の記載方法に従った。各分類群のゲノムタイプは「レルム」項の括弧内に記入した。

ストによると、既知ウイルスは4レムム、9界、16門(2亜門)、36綱、55目(8亜目)、168科(103亜科)、1,421属(68亜属)、6,590種に分類され、その中で植物ウイルス・ウィロイドは、酵母、菌類、真菌類に寄生するものも含め2レムム、3界、7門、14綱、18目、41科(10亜科)、169属(3亜属)、1,840種であった(表-1)。なお、分類階級の最上位に新設された「レムム」の和文表記は、医学系研究者から「域」とする和訳案が提示されているが、現時点で日本ウイルス学会など関係学術団体間で十分なコンセンサスが得られていないことから、本稿ではフリー百科事典 Wikipedia(日本語版)の「ウイルスの分類」(<https://ja.wikipedia.org/wiki/ウイルスの分類>)を参考に英単語のカタカナ表記とした。

この間の特筆すべきこととして、2016年にICTVから公開された第31版リストでは、*Geminiviridae*科のウイルス粒子に取り込まれるサテライト核酸を *Toleucusatellitidae*科として新設し、その直下に61種からなる *Betasatellite*属と11種の *Deltasatellite*属を配置した。さらに、その翌年の第32版では、*Geminiviridae*科と *Nanoviridae*科のウイルスに付随するサテライト核酸を *Alphasatellitidae*科として独立させ、その下に *Geminialphasatellitinae*亜科(4属49種)と *Nanoalphasatellitinae*亜科(7属22種)、1種の未設定を設けた。これらサテライト核酸がICTV分類リストに追記されたこともあり、「植物ウイルス大事典」発刊以降の5年間で植物ウイルス・ウィロイド種の数が増加した。

しかしながら、過去50年に及ぶウイルス分類体系の検討プロセスからもわかる通り、現在でもその体系の改善は日進月歩で進められている。本稿で提供している情報も瞬く間に過去のものになるであろう。ICTVが取りまとめた第10次報告書や最新の分類リスト等、ウイルス分類に関する国際的な詳細情報はICTVのホームページ(<https://talk.ictvonline.org>)から入手できる。最新版の分類リスト(第35版)では、一部のウイルスが新種名に変更、また新設の分類階級に再配置されているものもあり、これまでの認識を改めなければならない点も見受けられる。興味ある読者は、是非ともホームページを訪れていただきたい。因みに、我が国で確認された植物ウイルス・ウィロイドは、(一社)日本植物病理学会のホームページにその一覧が掲載されている(https://www.ppsj.org/pdf/mokuroku-viroid_2019.pdf#0802)。

2 ウイルスの学名と命名法

学術論文などでウイルス名を表す場合、分類群内での位置を示す学名で記載する場合と研究材料として普通名で記載する場合とがある。国内外で発行される論文など

では、その違いが明確に区別されていないケースが見受けられる。このことから、日本植物病理学会植物ウイルス分類委員会は、公表される書類などのウイルス表記はICTVが示した国際的な記載方法に準拠すべきであることを提言している(https://www.ppsj.org/pdf/mokuroku-virus_uniform_20190410.pdf)。論文や雑誌等で情報を発信する関係者は是非とも参考にしていきたい。ところでウイルスの命名法はICTVの発足以来現在に至るまで国際舞台で今もお議論が繰り返されており、その行方は予断を許さないようである。過去50年にわたりウイルスの学名は、動物や植物等のラテン式二命名法ではなく、ウイルスの寄生性や伝染環等の生命現象を反映した非ラテン式二命名法を独自に採用してきた。しかしICTVの一部の研究者は、今世紀に入りウイルスゲノムのデータベースが整ってきたことを理由にラテン式二命名法の適用が相応しいとの意見を提案した(SIDDELL et al., 2020)。現在、その命名法の見直しがICTVのホームページ上で盛んに議論されている(https://talk.ictvonline.org/files/ictv_documents/m/binomial-nomenclature)。この原稿を執筆している最中にも、これまで通りの非ラテン式二命名法の維持を主張する分類学者の熱のこもった論文がICTVの公式機関誌であるArchives of Virologyに矢継ぎ早に掲載されている。国内のウイルス研究者も論文などを執筆する際に関係することになるのでこの議論の行方を注視しておいていただきたい。

II 植物ウイルス・ウィロイド感染による病徴発現

1 モザイク

ウイルスなどが感染した植物体上には、一般的に病原体を想起させる特徴的な病徴が現れる。例えば、モザイク、えそ、わい化、黄化および萎縮等である。代表的な病徴の一つであるモザイクは感染植物の生長点近傍の上位葉に現れる濃淡斑のことで、それは濃緑部(DGIs)と黄緑部(YTs)に分けられる。この病徴は、TMVを代表種とする *Tobamovirus*属(属和名:トバモウイルス)、キュウリモザイクウイルス(CMV)の *Cucumovirus*属、ジャガイモYウイルスの *Potyvirus*属等のウイルスが感染したときに現れる。本病徴は、植物ウイルスによる代表的な症状であることから、20世紀初頭からその発現機構の解明に向けた研究が盛んに行われてきた。これまでの組織学的な研究で、TMV感染タバコに生じるモザイク葉のDGIsでは複製されるウイルスが極少量または検出限界以下であるのに対し、YTsではウイルスが大量に複製・蓄積されていることがわかっている。TMVが感染したタバコにおいて、最初にモザイク症状が現れる

のはその時点の最上位葉で、葉長 1.5 cm 程度のときである。丁度、植物の栄養成長期のシンク器官（貯蔵の場）の時期にあたる。モザイク症状の大凡のパターンはそのときすでに決定しており、葉の基部側半分が DGI に、残りの上端側半分が YT に変化していく（HULL, 2014）。これらの知見は主に組織学的な解析結果に基づくものであるが、TMV に極近縁のトマトモザイクウイルス（ToMV）を用いた実験で、モザイク症状のパターン形成にはウイルス感染後に引き起こされる宿主植物の RNA サイレncing（RNAi：その中でも、転写後型 RNA サイレncing（PTGS）が機能した結果であることが示されている（飯, 2003）。PTGS は生物の細胞内で過剰生産された RNA 鎖の分解反応で、一方でウイルスはその反応を抑制する PTGS サプレッサーをゲノム上にコードしている。すなわち、感染組織においてウイルスの PTGS サプレッサー機能が勝れば細胞内の代謝エネルギーのほとんどがウイルスのゲノム複製や遺伝子発現に消費され、終末には複製された夥しいほどの子孫ウイルスが細胞内に蓄積される。結果として、葉緑体の機能に支障を来し光合成などの正常な細胞活動が阻害されその組織は YT に変貌する（望月, 2020）。一方、植物の PTGS 活性がウイルスのサプレッサー機能を陵駕しウイルスゲノムの複製などを抑制することができればその組織は DGI として比較的正常な成長を示すと考えられる（HIRAI et al., 2008）。つまり、感染後の植物の上位葉で形成されるモザイクパターンは、ウイルス RNA 鎖を分解する宿主の PTGS 機能とそれを抑えようとするウイルスのサプレッサー機能とが感染細胞やその周辺組織で闘った（あるいは、闘っている）結果と理解することができる（飯, 2003）。ところで、筆者らが ToMV の PTGS サプレッサー機能を若干弱めたウイルスを宿主植物葉面に機械接種した際に興味深い現象が認められた。野生型ウイルスを接種すると数日後にその感染組織が侵入細胞を中心に団子状のスポットになったのに対し、サプレッサー機能を弱めたウイルスの感染組織は侵入細胞から同心円状のサークル（環）として拡がっていた。つまり、その環の内側ではウイルス感染後に発動した植物の PTGS が機能してウイルスゲノムの分解が起こっていたのであった（KUBOTA et al., 2003）。接種葉に点として感染したウイルスが PTGS の影響を受けながらも同心円状に徐々に外側に侵攻していく現象を目の当たりにしたときに、ウメ輪紋ウイルスなどのある種の植物ウイルスが示す「輪紋」症状はこのような反応を繰り返しながら形成されるのではないかと想像させられた。

2 黄化

モザイクと比較的近い病徴に「黄化」がある。代表的な事例として CMV の感染植物に散見される症状であるが、その黄化症状の形成にウイルスゲノムではなくウイルス粒子内に格納されるサテライト RNA が引き金になっている場合もあることが示された。サテライト RNA の複製はヘルパーウイルスである CMV の複製機構に依存しているが、その塩基配列はウイルスゲノムとの間に相同性がない。驚いたことに、そのサテライト RNA の配列上には宿主植物のクロロフィル合成関連遺伝子と相補的な 22 塩基の連続した配列があった。サテライト RNA が感染細胞で複製されるとその配列も増産され、それが切っ掛けとなり葉緑体形成で重要なクロロフィルの生合成が PTGS で阻害され、その結果黄化症状が誘発されることが判明した。紙面の都合上詳細は割愛するが、興味ある読者は志村・増田（2017）の総説を参照していただきたい。

3 えそ（斑）

ある種のウイルス感染によって引き起こされる病徴の「えそ（斑）」の形成過程も解析されている。ウイルスが感染した細胞とその周辺組織が死滅するえそ症状の形成には、二つのルートが示されている。一つは「可敏感反応」と呼ばれる現象で、植物の病害抵抗性遺伝子がウイルスのある遺伝子（非病原性決定基）と特異的に反応し、その後の細胞内で起こる分子間の連鎖反応により生理的に細胞死（えそ斑）を起こすものである。もう一つは、細胞内小器官の膜上に形成された複合体内でウイルスが複製し、その結果として細胞の活性が低下して死に至る病理的な反応である。前者はプログラム細胞死、後者はネクローシスと呼称されている。プログラム細胞死は、線虫の細胞で初めて発見されたアポトーシスと酷似した現象である。アポトーシスは、細胞内で発現されたシステインプロテアーゼの一種であるカスパーゼがあらかじめ遺伝的にプログラムされた指示の元で自らの細胞を消去するシステムである。本現象は、多細胞生物に広く観察されることから植物でもそのカスパーゼ活性物質の探索が進められ、液胞に局在する液胞プロセッシング酵素（VPE）がその役割を担っていることが証明された。実は、植物細胞ではカスパーゼそのものや類似体は存在しないが、VPE の触媒活性中心の数残基のアミノ酸がカスパーゼのそれとほぼ同じ配列であった。このことなどが本現象発見の切っ掛けとなり植物細胞におけるプログラム細胞死の顛末が露わになった。本現象を証明する実験では野生タバコと TMV が使われた。野生タバコの *Nicotiana glutinosa* は TMV 抵抗性遺伝子「N」を保有し

ており、TMVが感染するとその侵入細胞は周辺組織を巻き込みながら可敏感反応でえそ斑を形成し、その局部にウイルスを封じ込める。抵抗性遺伝子と病原体の会合に端を発するこの可敏感反応は、VPEが液胞を崩壊しその中に蓄えられている加水分解酵素が細胞質に流出して自らを分解するプログラム細胞死であると初めて示されたのである(初谷ら, 2005)。一方、ネクロシスは、先の自らを死に至らしめるプログラム細胞死とは異なり、病原体が感染した細胞が病理反応の結果として死に至る現象である。メロンえそ斑点ウイルス(MNSV)が感染した宿主植物は、その植物体上にえそを発症する。MNSVは感染細胞のミトコンドリアの膜上に複合体を形成し自身のゲノムを複製することが知られている。その複製経過とともにミトコンドリアの形態や機能が変化していく様子が蛍光顕微鏡下で詳細に観察されている。MNSVゲノムにコードされる複製酵素p29は、ウイルスゲノムから翻訳されるもう一つの複製酵素p89とともに感染細胞内のミトコンドリア膜上に複合体を形成しその中で子孫となるウイルスゲノムを複製する。プロトプラストにウイルスを接種してその後の経過を観察すると、このゲノム複製開始後にミトコンドリアの生理活性が徐々に減退する様子がうかがえる。ミトコンドリアは細胞内で呼吸を司る小器官であり、生命活動に必要なエネルギー生産という重大な役割を担っている。ミトコンドリアの膜構造を変化させるように複製複合体が形成されると、その生理活性が徐々に低下して細胞死に至る様子が観察されている(望月, 2010)。これがMNSV感染により引き起こされるえそ症状発症の実態であり、ネクロシスの一例と考えられる。現時点では、プログラム細胞死やネクロシスで起こる細胞死の大凡の現象はこのように理解されるが、その結末に至るまでに起こる細胞内での遺伝子応答や分子間相互作用、特に感染・発病のストレスで発生する活性酸素の果たす役割などはまだまだ不明な点が多い(安達・吉岡, 2017)。

4 その他

植物ウイルス感染で起こる上記以外の病徴、例えばイネ萎縮ウイルスによる「わい化」症状は、ウイルス感染により引き起こされる植物ホルモンのジベレリン合成阻害が原因になっていることなどが報告されている(ZHU et al., 2005)。類似病徴を示すウィロイド感染でもその発現に植物ホルモンが関係しているのかもしれない。ウイルスやウィロイド感染による病徴発現の仕組みを探ることで、それらと宿主植物との自然界における相互関係の必然性が見えてくるようである。

III 植物ウイルス病の診断方法

1 遺伝子診断法

植物ウイルス病の診断の第一歩は病徴観察にある。先述の通り植物がウイルス病に罹ると、その個体上にウイルス種に特徴的な病徴が現れることから、その病徴で大凡の病原ウイルスを推定することができる。また、圃場で栽培している作物が集団発病した場合には、発病株の局所的な集積により圃場内に特徴的な現象を認めることもある。その発現パターンから病原ウイルスを絞り込むことを圃場診断と呼ぶ。虫媒伝染性や土壌伝染性のウイルス病が栽培圃場の一部で集中的に発生するとこのような現象が現れることがある。

しかしながら、そのように感染株に現れる病徴や植栽圃場の状態変化などで病原ウイルスを同定できることは極めてまれである。基本的には複数の検定技術を組合せながら感染株の病原を同定し、それらの結果を総合的に判断して病気の診断を下す。これまでに病原ウイルスを同定する様々な方法が開発されてきたが、それらの中でも最近ではウイルス種固有の遺伝子配列を利用した Polymerase Chain Reaction法(PCR法)が主流となっている。植物ウイルスの場合にはそのゲノムのほとんどがRNAを主成分とすることから、逆転写酵素反応(Reverse Transcription: RT)から開始する。つまり、RT-PCR法が多用されている。また、設備の整っている国公立試験研究機関や大学等では検出対象ゲノムを定量的に測定できる quantitative PCR法(qPCR法)も利用されるようになってきている。植物ウイルスを種のレベルで検出するための RT-PCR用プライマーは既に国内外の多くの企業から市販されている。また、膨大な遺伝子データベースにアクセスし独自に開発することも可能である。近年では、多くのウイルス種のゲノム情報が蓄積されてきたことから、種を跨ぎ属レベルで反応する RT-PCR用プライマーが開発されている(Arous et al., 2018)。これは、ウィロイド病も同じである。他方、一つの作物に感染する複数の異なるウイルス種を同時検出できる RT-PCR法も開発されている。特に、栄養繁殖作物や果樹類に感染するウイルスの同時検出に著しい進展が認められる(KUMAR et al., 2017; DIAZ-LARA et al., 2020)。一風変わった検出方法として、RT-qPCR法と次世代シーケンシング法(NGS法)を組合せた超高感度のウイルス検出法も提案されている(SANTALA and VALKONEN, 2018)。先に紹介したRNAiは、植物細胞内でその機能が発現されると対象RNAを分解した21~24塩基からなる短いRNA(siRNA)が生産される。ウイルスが感染している

植物ではウイルスゲノム配列由来の siRNA が大量に作られることから、それを検定することで感染ウイルスを特定する方法である。NGS 法は専用的高額機器が必要で、また結果を解析する高価なコンピュータソフトも必須である。そのため、生産現場で発生した感染植物を気軽に検定するような技術ではないが、基礎研究レベルでは絶大な力を発揮する。これら以外にも遺伝子を対象とした検出手法は次から次に開発されているため、本稿ではすべてを網羅することができない。興味のある方は関係する複数のキーワードを用いてインターネットなどで検索していただきたい。

2 血清診断法

次によく使われる方法は血清診断法であろう。本方法は、抗血清がウイルス種（または、系統）特異的に反応することを基礎としている。精製したウイルスをウサギやマウス等に注射して、その体内で産生される抗血清から特異抗体を抽出して血清診断法を構築する。最も利用されている方法は、酵素抗体法（Enzyme-Linked Immunosorbent Assay : ELISA 法）である。本手法にはいくつかのバリエーションがあり、各々に手法名が付されている。検査する汁液などの試料を 96 穴プレートに固相してから特異抗体で検出する「間接 ELISA 法」は、比較的簡単かつ短時間に実施できる方法である。結果の判定は、検体にウイルスが含まれていればプレートに添加した透明な基質液が黄色になるので肉眼で容易に判断できる。ただし本法は、植物種やその組織により非特異反応が出現しやすく比較的感度も低い。プレートの代わりにナイロンやニトロセルロースを成分とするメンブランを用いた「Dot Immuno Binding Assay : DIBA 法」も知られている。本手法は、検査汁液を支持体であるメンブランにスポット状に固相しその後は間接 ELISA 法と同様の手順で処理する。反応結果は、検体を固相したメンブラン上のスポットが紫色に変化することから肉眼で判定することができる。先の間接 ELISA 法と同等の感度であるが、検体をスポットした部位が紫色に着色するため定性的には判断しやすい。最後は、種類の異なる二つの抗体でウイルスを挟み付けて検出する「Double Antibody Sandwich-ELISA : DAS-ELISA 法」である。この方法は、96 穴マイクロプレートに 1 次抗体を固相して目的のウイルスを反応させた後、酵素標識した 2 次抗体を添加してウイルスに結合させ、その 2 次抗体上の酵素の触媒活性を検出する方法である。一般に ELISA 法といふところの DAS-ELISA 法を指していることが多い。本手法は、いくつかのウイルスでは既にキット化され民間企業などから市販されている。血清診断法では、これらのほかに

短冊状に加工したろ紙などの支持体の上でクロマトグラフィのように反応させる免疫ろ紙検定法も外国メーカーから販売されている。本方法は、感染植物の汁液さえ調整できれば、結果を得るまでに 10 分以内と短時間であることから生産現場を抱える指導者などには極めて使いやすい技術であろう。ただし、血清診断法は、抗体（抗血清）がなければ実施できない。また、抗体の特異性を利用することから検出できるウイルス種が 1 種類に限られる。複数のウイルスを同時に検出しようとする場合には、遺伝子診断法と異なりウイルスごとに検査キットを用意する必要が生じるため複雑になる。それぞれの長短所を見極めながら利用していただきたい。

3 電子顕微鏡観察

最後に紹介するのは電子顕微鏡観察である。観察に用いるのは透過型電子顕微鏡である。この方法では、感染ウイルスの粒子形状を確認することができる。検査対象植物に感染するウイルス種をあらかじめ文献で調査し、実際の電顕観察で確認された粒子形状と文献情報とを突き合わせると大凡のウイルス種を絞り込むことができる。ただし本手法の利用は、この透過型電子顕微鏡が極めて高価で大型の機器であることからそれが整備されている施設へアクセスできることが条件となる。本顕微鏡を用いたウイルスの観察手法は大きく分けて 2 種類ある。一つは、感染組織の汁液を直接観察するダイレクトネガティブ染色法（DN 法）、もう一つは感染植物組織を固定包埋した樹脂から切り出した切片を観察する超薄切片法である。DN 法は、電子顕微鏡と染色試薬のリタングステン酸があれば比較的簡易に観察できる。一方、超薄切片法は切片を作製する技術に加えそれを切り出すウルトラミクロトームが必要である。また、染色のための試薬として、法律で核燃料物質に指定されている酢酸ウランも必要になることから種々の行政手続きを要する。以上のことから、電子顕微鏡による病原ウイルスの観察は使用場面が限られる。

4 その他

上記に示した診断技術以外に、古典的ではあるが病原の生物学的特性を正確に把握するための各種接種試験、物理的性質を究明する保存限界や耐熱限界等の調査、感染株が発生した背景を解明するための伝染環の調査等がある。単に、病原ウイルスやウイロイドを同定するためだけであればそれらの遺伝子配列を決定すれば事は済むのであるが、植物病理学においては病原を同定したうえで病気としての診断を下さなければならない。すなわち、次の工程となる防除に結びつけられる検査が診断である。これは、ヒトや動物の病気でも同じで、診断の次

には治療がある。古典的とはいえ、これらの方法から得られる調査結果も踏まえることで初めて「病気の診断」をしたことになる（防除法の提案ができることになる）。同定と診断の間にはこのように大きな違いがある。植物ウイルス病の診断方法の詳細は、大木（2009）や堀江ら編（2016）の著書等を参考にしていきたい。

IV 植物ウイルス病の防除方法

1 弱毒ウイルス

現時点では、ウイルスが感染した植物を治療する方法はない。したがって、ウイルス病の最大の防除は予防にある。あるウイルス病が圃場で発生したら、前述の通りまずその病原を同定し病気としての診断を下す。その診断に基づき、以後の感染株の発生阻止や伝染環遮断のための適切な措置を講ずる。

植物ウイルス病の予防技術に弱毒ウイルスを用いた生物防除法がある。これは、ある種のウイルスに感染している植物は同種もしくは近縁ウイルスの感染から免れる現象である。学術的には「干渉作用」もしくは「交叉防衛」と呼ばれている。この現象を利用して、病原性のない、もしくは極めて弱いウイルス（弱毒ウイルス）をあらかじめ植物に接種しておくことで、その後侵入する強毒ウイルスの感染を防ぐことができる。卓効を示す化学農薬がないウイルス病にとって、弱毒ウイルスを用いた生物防除法は被害を直接抑える唯一の技術である。処理方法や効果がヒトや動物に処置するワクチン接種と似ていることから近年では弱毒ウイルスを一般的に「植物ウイルスワクチン」と呼称している。もっとも、植物には抗体を産生する免疫系はないのでその原理は全く異なる。これまでに、ウイルス病防除を目的とする弱毒ウイルスは世界各地で開発され、生産現場で利用されてきた（西口，2017）。

人為的に弱毒ウイルス系統を得るためには、感染植物やそのウイルス溶液に物理的あるいは化学的な処理を施す。具体的には、強毒ウイルス系統を感染させた植物への温度（高温または低温）処理、部分純化したウイルス溶液への亜硝酸ナトリウム処理や紫外線照射等である。それらの処理後、局部病斑を形成する植物に機械接種してその接種葉から単病斑分離を繰り返すことで弱毒系統を確立する。また、分節ゲノムのウイルスの場合、感染細胞内や試験管内で弱毒性を担う遺伝子が座乗している分節を強毒系統のものと交換（遺伝的再集合：リアソートメント）することで作出することができる。我が国で人為的に開発された弱毒ウイルスは、温度処理により分離された ToMV、高温・亜硝酸・紫外線の複合処理され

たスイカ緑斑モザイクウイルス、高温処理で選抜されたカンキツトリステザウイルス、弱毒性分節を付加した CMV、低温処理で得られ生物農薬として登録されたズッキーニ黄斑モザイクウイルス、高温処理で作出され同様に農薬登録されたトウガラシ微斑ウイルス（PMMoV）等があり、いずれも生産圃場で実用化された。海外でも同様に、温度処理や亜硝酸処理等でいくつかの弱毒系統が分離され実用化が図られた。近年では、病原性に関するゲノムに遺伝子操作で人為的に変異を導入し、高い干渉作用を示す弱毒ウイルスの試験管内合成に成功した事例も報告されている（西口，2017）。

我が国の一般圃場で弱毒ウイルスを利用した生物防除を実践する場合、農薬取締法に基づく取り扱い上の注意が必要となる。あらかじめ弱毒ウイルスが感染している植物を栄養繁殖および接ぎ木（穂木または台木）に利用する場合、またその植物の粗汁液を単純に他の植物に機械接種する場合には、同法に規制されることなく自由に利用することができる（https://www.maff.go.jp/j/council/sizai/tokutei_noyaku/15/attach/pdf/index-18.pdf）。この場合、その効果は植物が後天的に獲得した「ウイルス病抵抗性形質」と見なされ、耕種的防除法の一つと判断される。一方、人為的に増殖した弱毒ウイルスを精製・濃縮しアンプルなどに封入して製剤化する場合には同法に基づき生物農薬としての登録が必要になる。これは、人為的な濃度調整や製剤化に必要な安定化剤の混合等、一定の製造工程を経て製品にすることから農薬と判断される。弱毒ウイルスを中核とした防除技術を適応する場合、対象作物の栽培様式（栄養繁殖、実生苗生産等）や生物特性（多年性、単年性等）等を慎重に考慮し、現場の生産体系に即した利用方法の提案が普及の鍵となる。また、弱毒系統は「生きているウイルス」であることから、場合によっては接種した植物にわずかな生育抑制や減収等少なからずデメリットが生じることもある。このことから、望ましい弱毒ウイルスの形質として、宿主域内のすべての植物で弱毒性を示し、遺伝学的に安定し強毒への復帰が起こりにくく、そのうえで高い干渉効果を発揮する、また接種が容易だが虫媒などで拡がらないことなどの条件をクリアすることが求められる。現時点では作物と病原ウイルスの個々の組合せに応じてそれぞれ素材を開発する必要があるが、環境保全や持続的安定生産に好適な防除技術であることから今後も発展することを期待したい。

2 抵抗性品種

ウイルス病の発生を事前に防ぐもう一つの効果的な防除技術にウイルス抵抗性品種の利用がある。本技術は耕

種の防除法に位置付けられ、対象作物の栽培地、作型、周辺環境等に応じてその効果が期待できる。ただし、使い方を誤るとその抵抗性を打破する新たな系統の出現を促し貴重な効果を損なうことになる。そのため、抵抗性品種を利用する場合には病害虫は元より、育種や栽培等の専門家の意見も踏まえた利用法を産地全体で考案する必要がある。ピーマンなどに代表されるトウガラシ類は、いくつかの野生種に TMV, ToMV や PMMoV を含むトバモウイルスに対する抵抗性遺伝子「L」が保存されている。この抵抗性遺伝子は、数値の高いほうから順に優位性が認められる四つの階層的な対立遺伝子「L¹」「L²」「L³」「L⁴」があり、同一遺伝子座を共有している。一方、病原側のトバモウイルスは、それらの抵抗性遺伝子に対応するように「P₀」「P₁」「P_{1,2}」「P_{1,2,3}」の四つの病原型に区分されている。すなわち、病原型 P₀ はすべての抵抗性遺伝子に抑え込まれるが、病原型 P₁ は抵抗性遺伝子 L¹ を打破し、P_{1,2} は L¹ と L² を、そして P_{1,2,3} は L¹ から L³ を無力化する。これまでに、PMMoV を始めとするトバモウイルスが全国のピーマン産地でまん延したことにより、ウイルス抵抗性遺伝子 L³ を保有する育成品種が多く産地で栽培されるようになった。しかし、抵抗性品種が普及したことによって、その抵抗性を打破し激しいモザイク症状を現す病原型 P_{1,2,3} の新型 PMMoV 系統が全国の生産圃場で発生した。さらに、その新型 PMMoV 系統の発生を憂慮し、L³ 遺伝子の上位に当たる抵抗性遺伝子 L⁴ を有するピーマンの新品種が栽培されたが、間もなくその抵抗性をも乗り越える新系統の PMMoV (病原型 P_{1,2,3,4}) が発生してしまった (TSUDA, 2020)。植物が持つ病害抵抗性遺伝子も防除法の重要な要素の一つではあるが、ウイルスは複製の過程でゲノムに変異が生じ、ややもするとその抵抗性遺伝子の機能を乗り越える変異体が発生してしまう。生産現場で抵抗性品種を利用する場合には、そのことを念頭においた生産体系への適応が求められる。

3 総合防除体系

ウイルス/宿主作物間での応酬が繰り返されるこのような状況を沈静化するためには、圃場内外のウイルス濃度を極力低下させ、栽培期間中でも感染が広がらないような圃場衛生を確保するなど、作物を持続的・安定的に栽培できる生産環境を整備する必要がある。ある種の植物ウイルスを媒介する微小害虫のアザミウマ類やコナジラミ類は、殺虫効果の高い同一系統の化学合成農薬を連用すると薬剤抵抗性が発達しコントロールできなくなる恐れがある。そのような負のスパイラルの発生を防ぐため、対象害虫の生物機能に着目した新たな環境保全型病

害虫防除技術が開発された。例えば、害虫の視覚特性を利用した LED 光やエッジ模様による誘引・忌避技術、天敵昆虫のタバコカスミカメと温存植物を組合せた生物防除技術、さらに植物ホルモンを活用した害虫の行動制御技術等である (安部ら, 2018; 日本ら, 2020)。これらは、アザミウマ類やコナジラミ類が媒介する植物ウイルス病の伝染環制御にも適応が見込まれる技術である。「殺虫から制虫へ」というスローガンの下、それら新規開発技術を巧みに組合せた総合防除体系が全国 7 箇所の異なる地域の生産現場に適応され、経営的にも成り立つことが検証されている (https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/129995.html)。また土壌消毒では、これまで化学合成くん蒸剤が多用されてきたが、環境を保全しつつ消毒効果の高い技術である土壌還元消毒法を核とした地下部病害虫防除体系も開発された (中保ら, 2020)。本技術は、トマトなどの青枯病や線虫害対策の一環として開発されたが、土壌生息菌や線虫によって媒介される土壌伝染性ウイルス病の伝染環制御にも有効な技術と考えられる。本防除体系も全国の産地に導入され、経営的に収益が確保できる技術体系であることが確認されている (https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130490.html)。

虫媒性や土壌菌媒介性にかかわらず、生産者がウイルス病害の発生リスクを抱えた栽培から開放されるためには、単一技術に依存した防除から可及的速やかに脱却しなければならない。繰り返すが、作物のウイルス病害に効果を示す化学合成農薬は皆無である。このことから、各々の生産現場では産地に適した既存の耕種的・物理的防除技術に加え、生物防除技術なども包括的に組合せ、農家経営にも有益となる総合的病害虫管理体系 (IPM) の整備に努めていただきたい。

おわりに

1898 年にベイエリンクが新たな病原体となる「ウイルス」を発見して以来、ウイルス研究は自然科学の本流を突き進んできた。ウイルス粒子の結晶解析や遺伝因子としての核酸の発見等、ウイルス研究はまさに現代科学の礎を築き生物学をリードしてきた。最近では、2020 年度ノーベル化学賞を受賞したゲノム編集の中心技術である CRISPER/Cas 系も細菌類が持つウイルス (ファージ) に対する感染制御機構を利用したものである。このように、ウイルス研究は人類の科学的進歩に大きく貢献し、さらにこれからも未知の自然現象を解明していく先駆けになるものと思われる。

その一方、ウイルスが宿主生物の細胞に侵入しその遺伝子発現装置などを利用して増殖する病原体であることも深く理解しておかなくてはならない。2020年初頭から世界を震撼させ続けている新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）は今なお衰えを見せず、2021年も人類の前に大きな脅威としてのし掛かっている。人類の活動が制限されることにより、世界の農作物の作付けが抑制され人類が必要とする食糧の減産が危惧される。地球上の世界人口が今世紀中ごろには95億人を突破すると推定されている今、その人口に見合った食糧は現在の供給量の1.7倍量となる58億トンが必要になると予測されている。作物生産で最も大きいリスクファクターである病害虫の被害（推計30～40%減）を軽減し、食糧増産に寄与しなければならないことは植物病理学の使命であると心得る。生産圃場においていったんウイルス病害が発生するとその後の防除対策は困難を極める。生産者の辛苦を取り除き農作物の安定生産を実現するためにも、各々の産地はIPMを強く意識した防除体系を整備する必要がある。国内の各産地にかかわる研究・技術・普及・行政の関係者が英知を絞る、科学的に裏付けされた個別技術を見事に調和させた経営的にも成り立つIPM体系を創出し現場に実装していくことが持続的安定生産につながる近道になるであろう。

引用文献

- 1) 安達広明・吉岡博文 (2017): 化学と生物 **55**(9): 590～592.
- 2) 安部 洋ら (2018): 植物防疫 **72**(1): 15～19.
- 3) AROUS, S. et al. (2018): J. Virol. Methods **258**: 29～34.
- 4) DIAZ-LARA, A. et al. (2020): Plants **9**(273): doi:10.3390/plants9020273
- 5) 初谷紀幸ら (2005): 蛋白質 核酸 酵素 **50**(4): 343～349.
- 6) 日本典秀ら (2020): 植物防疫 **74**(1): 16～45.
- 7) 日比忠明・大木 理 編 (2015): 植物ウイルス大事典, 朝倉書店, 東京, 904 pp.
- 8) HIRAI, K. et al. (2008): J. Virol. **82**: 3250～3260.
- 9) 堀江博道ら 編 (2016): 植物医学実験マニュアル, 大誠社, 東京, 490 pp.
- 10) HULL, R. (2014): Plant Virology Fifth Edition, Elsevier, London, p.145～198.
- 11) KUBOTA, K. et al. (2003): J. Virol. **82**: 11016～11026.
- 12) KUMAR, R. et al. (2017): J. Plant Pathol. **99**(1): 37～45.
- 13) 飯 哲夫 (2003): 化学と生物 **41**(6): 390～397.
- 14) 望月知史 (2010): 植物防疫 **64**(3): 162～165.
- 15) ——— (2020): 日本農薬学会誌 **45**(1): 7～8.
- 16) 中保一浩ら (2020): 植物防疫 **73**(12): 738～752.
- 17) 西口正通 (2017): 同上 **42**(2): 326～333.
- 18) 大木 理 (2006): 植物防疫 **60**(11): 552～555.
- 19) ——— (2009): 植物ウイルス同定の基礎, 日本植物防疫協会, 東京, 130 pp.
- 20) SANTALA, J. and J. R. T. VALKONEN (2018): Front. Microbiol. **9**(939): doi.org/10.3389/fmicb.2018.00939
- 21) 志村華子・増田 税 (2017): 化学と生物 **55**(1): 42～48.
- 22) SIDDELL, S. G. et al. (2020): Arch. Virol. **165**: 519～525.
- 23) TSUDA, S. (2020): J. Gen Plant Pathol. **86**(6): 538～542.
- 24) ZHU, S. et al. (2005): Plant Physiol. **139**: 1935～1945.

(新しく登録された農薬 34 ページからの続き)

●オキサジクロメホン・テフリルトリオン・メタズスルフロンの粒剤

24461: ディオーレジャンボ (日産化学) 20/12/9

オキサジクロメホン: 1.0%

テフリルトリオン: 5.0%

メタズスルフロンの: 2.5%

移植水稻: 一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ, ヘラオモダカ, ヒルムシロ, セリ, オモダカ, クログワイ, コウキヤガラ

直播水稻: 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

●オキサジクロメホン・テフリルトリオン・メタズスルフロンの粒剤

24462: ディオーレエアー粒剤 (日産化学) 20/12/9

オキサジクロメホン: 1.0%

テフリルトリオン: 5.0%

メタズスルフロンの: 2.5%

移植水稻: 一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ, ヘラオモダカ, ヒルムシロ, セリ, オモダカ, クログワイ, コウキヤガラ

直播水稻: 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

●チフェンスルフロンのメチル水和剤

24468: ハーモニー DF (エフエムシーケミカルズ) 20/12/23

チフェンスルフロンのメチル: 75.0%

小麦: 一年生広葉雑草, ギシギシ類, スズメノテッポウ, カズノコグサ

大麦: 一年生広葉雑草, スズメノテッポウ, カズノコグサ

牧草: 一年生広葉雑草, ギシギシ類

飼料用とうもろこし: ギシギシ類

植物
防疫
講座

虫害編-32

リンゴに発生する害虫の生態と防除

地方独立行政法人 青森県産業技術センター いし ぐり よう いち
りんご研究所 石 栗 陽 一

はじめに

リンゴ害虫を加害部位別に見ると、果実を加害する種、葉を加害する種、枝幹を加害する種に類別される(表-1, 地下部を除く)。果実内部を加害する種はシンクイムシ類と呼ばれ、生産物の品質や収量に直接的な影響を及ぼすため、防除上、特に重要な種を含む。また、ハマキムシ類のように、通常は葉を加害し、商品となる果実には間接的な影響しか及ぼさないが、特定の条件下では果実表面も食害し、直接的な影響を及ぼすといった、複数の部位を加害する種類も存在する。

永年性作物であるリンゴに発生する害虫相は多様性に富むが、農薬散布や栽培管理等の人為的なかく乱にさらされているため、一般の園地で問題となる種類は限られたものとなる。使用する農薬の種類や栽培体系の違いによって、地域や園地、あるいは年次ごとに優占する害虫種は異なるが、本稿では、リンゴの主産地である青森県で防除対象としている主要害虫について、被害の特徴、発生生態の概要、防除法を解説する。

I モモシンクイガ *Carposina sasakii*

幼虫が果実内部に食入して加害する代表的なシンクイムシである。卵は主に果実のがくあ部(花止まり)に産みつけられるが(図-1, 白色矢印)、一部はこうあ部(つる元)にも見られる。卵からふ化した幼虫は果実表面を歩行して、適当な場所を見つけると、針で突いた程度の小さな穴を開けて果実内部に食入する。産卵のがくあ部に多いため、食入部位は果実の赤道部よりも下(がくあ部側)に多い。食入痕からは透明な汁液が滲出し(図-1, 黄色矢印)、雨などによって流されなければ、次第に白く固まって果実表面に遅くまで残る。幼虫は果肉や種子を食害するとともに、果実内部に排泄物を充満させるため、被害を受けた果実は商品価値を失う(図-2)。幼虫が老齢になると、果実表面に穴を開け、湿った粒状の排

表-1 青森県りんご生産指導要項に掲載している各種リンゴ害虫の加害部位

害虫名	加害部位		
	果実	葉	枝幹 ^{a)}
*モモシンクイガ	◎		
*ナシヒメシンクイ	◎		◎
*ハマキムシ類	○	○	
*キンモンホソガ		◎	
*ギンモンハモグリガ		◎	
シャクトリムシ類		○	
キリガ類	○	○	
フタモンマダラメイガ	○		○
*ヒメボクトウ			◎
オオタバコガ	○	○	
*アブラムシ類		□	□
リンゴワタムシ			□
カメムシ類	□		
カスミカメムシ類	□	□	
*クワコナカイガラムシ	□		□
ナシマルカイガラムシ	□	□	□
*ハダニ類		□	
リンゴサビダニ		□	

*: 本稿で取り上げた害虫。

◎: 内部を食害, ○: 表面から食害, □: 吸汁。

^{a)}: 木化していない伸長中の当年枝を含む。

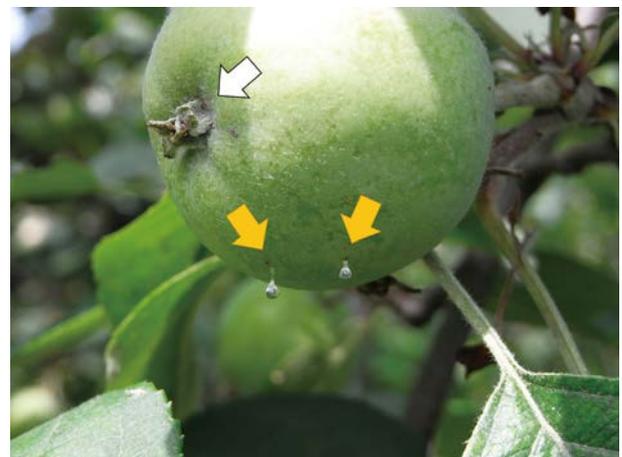


図-1 モモシンクイガの卵(白色矢印)と食入痕から滲出する汁液(黄色矢印)

Insect and Mite Pests of Apple in Japan: Biology and Management. By Yoichi ISHIGURI

(キーワード: リンゴ, 害虫, 生態, 防除)

排泄物を排出することがある。發育を完了した老熟幼虫は、果実を脱出して地面に落下し、浅い土中で土繭を作る。非休眠幼虫は夏繭と呼ばれる長球形の繭の中で蛹化し、その年のうちに成虫として羽化するのに対し、休眠幼虫は冬繭と呼ばれる球形の繭の中で越冬し、翌春、いったん冬繭から出て新たに夏繭を作り、その中で蛹化後、成虫として羽化する。

北海道と東北地方北部太平洋側では年1化が主体、東北地方南部と日本海側では年2化が主体である（水越，1983；千葉・小林，1985）。長野県では年2化が主体だが、高冷地では年1化となる（吉沢ら，2008）。西日本では発生が少ないが、大分県ではフェロモントラップによる発生消長から年3化と推定されている（玉嶋，2009）。青森県の日本海側に位置する津軽地方では5月下旬ころから越冬世代成虫が発生し始めるが、個体によるばらつきが大きく、遅い個体の発生は第1世代成虫の発生時期と重なるため、9月中旬ころの終息時期まで成虫が発生し続ける。

殺虫剤による防除は、果実表面の卵や果実に食入する前のふ化幼虫を対象に行うため、成虫の発生が長期にわたる本種に対しては、産卵が始まる6月中旬ころから10～15日間隔での定期的な散布が必要になる。モモシクイガにおける薬剤抵抗性の事例はこれまで知られていないが、本種に効果の高い殺虫剤はスペクトルの広いピレスロイド剤、有機リン剤、ネオニコチノイド剤が主体であるため、これらの連続的な散布により、同時に発生している他害虫の抵抗性発達を助長する恐れがある。本種の防除に交信かく乱剤を用いることで殺虫剤の散布を削減することができるため（奥ら，1989）、積極的に活用する。なお、成虫は果実以外には産卵しないため、袋掛けによる有袋栽培は本種に対する有効な防除対策となる。



図-2 モモシクイガ幼虫と被害果

II ナシヒメシクイ *Grapholita molesta*

モモシクイガと同じく幼虫が果実内部を加害するが、本種は果実だけでなく、伸長中の新梢の先端にも食入する。髓を食害された新梢は萎凋して先端の葉が枯れ、いわゆる芯折れの状態となる（図-3）。卵は葉の表裏、あるいは果実表面に産みつけられる。ふ化幼虫は主にがくあ部やこうあ部から果実に食入し、赤道部付近から食入することは少ないが、摘果前の果そうのように複数の果実が互いに接していると、その間から食入することもある。果実内に食入した幼虫は、モモシクイガのように果実内を縦横に食い進むというよりも、食入部付近の果肉を食い広げるようにして加害する。モモシクイガの果実外への糞の排出は老齢幼虫によるものであるが、ナシヒメシクイは若齢幼虫の段階から糞の排出を行う。また、モモシクイガが比較的湿った状態の糞を排出するのに対し、ナシヒメシクイは糸でつづられたやや乾いた糞塊として認められることが多い（図-4）。老熟幼虫は主幹や大枝の粗皮の下や割れ目等に繭を作り、



図-3 ナシヒメシクイによる芯折れ



図-4 ナシヒメシクイによる幼果の被害

越冬する。

北海道（奥，1967）および東北北部（新井ら，2014；石栗，2018）では年3化が主体で，有効温量が増加する低緯度地方に向かって，発生世代数は増加する（田中・矢吹，1979）。青森県では4月下旬～5月下旬に越冬世代成虫が発生し，6月下旬～7月下旬に第1世代成虫，7月下旬～9月下旬に第2世代成虫がそれぞれ発生する。第1世代と第2世代の発生時期は重なるため，6月下旬以降は世代の区別が付きにくい。

殺虫剤による防除は，モモシクイガとの同時防除が基本となるが，越冬世代成虫がモモシクイガよりも早い時期に発生するため，落花10日後ころ（5月下旬ころ）から防除を開始する必要がある。また，卵期間がモモシクイガよりも短いため，特に夏場の気温の高い時期には散布間隔が空きすぎないように注意する必要がある（石栗，2018）。モモシクイガと同様に発生が長期にわたり，非選択性殺虫剤の定期的な散布が必要となるため，交信かく乱剤も積極的に活用し，殺虫剤だけに依存しない防除体系が望ましい。なお，モモシクイガと異なり，袋掛けは本種に対して効果が低く，袋内の果実が加害され，除袋時まで被害に気がつかない場合もあるため，注意が必要である。

III ミダレカクモンハマキ *Archips fuscocupreanus*

枝幹表面に産みつけられた数十～100個程度の卵からなる卵塊（大平，1990）で越冬する。産卵直後の卵塊は黒色で目立たないが，越冬後の卵塊は灰白色となり（図-5），春の剪定時などに見つけることができる。幼虫は新梢先端葉や，花そう葉，葉そう葉をつづつて食害する。開花期には花も好んで加害する（図-6）ことや，結実期以降は，幼果もかじるように食害する（図-7）ため，発生が多い場合には実害が大きい。

青森県では，越冬卵は展葉期～開花期ころ（4月下旬～5月上旬ころ）にふ化し，6月下旬～7月中旬ころに成虫が出現する。産下卵は内因性休眠を示し，翌春までふ化せず，年1化の生活史となる。

幼虫の加害時期が開花時期と重なるため，殺虫剤による防除を行う際には，訪花昆虫に悪影響のないBT剤またはIGR剤を選択し，開花直前および落花直後ころに散布する。春の剪定時に見つけた卵塊は，除去するか，ワイヤーブラシなどですりつぶす。また，卵塊の付いた剪定枝を園内に放置すると，発生源となるため，幼虫がふ化する前に処分する。交信かく乱剤による防除は，本種に対し効果が高いが（榎田ら，2002），年1化であるため，被害を生じる幼虫の密度が低下するのは翌年になる。



図-5 ミダレカクモンハマキの卵塊（白色矢印）とふ化幼虫（黄色矢印）



図-6 ミダレカクモンハマキ幼虫による花そうの被害



図-7 ミダレカクモンハマキ幼虫による果実被害

IV リンゴコカクモンハマキ *Adoxophyes orana fasciata*

若齢幼虫が枝幹の割れ目やしわの部分等に薄い繭（越冬巣，図-8）を作り，その中で越冬する。春に越冬巣を



図-8 リンゴコカクモンハマキの越冬巣



図-9 リンゴコカクモンハマキ若齢幼虫による被害葉



図-10 リンゴコカクモンハマキ幼虫による果実被害

離脱した幼虫は、発芽期には芽に食入し、展葉期以降は新しく展開した柔らかい葉をつづって食害する。その後も、新梢先端の柔らかい葉を好んで加害するが、夏季に新梢の伸長が停止すると成葉も加害するようになる。若齢幼虫は葉裏の葉脈に沿って糸を張り、その中に潜んで食害し（図-9）、幼虫が大きくなると複数の葉を重ねて

つづり合わせ、内部から葉脈を残して透かし状に食害するようになる。葉が果実に接しているとそのすき間に潜り込み、葉とともに果実の表面も食害する（図-10）。有袋栽培では袋内に入り、果皮を加害することがある。

北海道（奥，1970）と東北地方北部（石栗，2004）では年2化，東北地方南部以南では年3化の生活史が主体であるが，長野県の高冷地では年2化の発生を示す個体群も知られている（北村，1985）。青森県の津軽地方では，1990年代前半を境に，それ以前の年3化から，年2化に変化した（石栗，2004）。従来の年3化の個体群では，展葉期ころを盛期として越冬幼虫が活動を開始したが，年2化の個体群では，開花期ころを盛期として活動を開始する（石栗，未発表）。同じような越冬幼虫の活動開始時期に見られる個体群間の変異は，長野県でも確認されている（北村，1985）。また，同じ年2化の個体群でも，青森県では開花期ころに活動を開始するのに対し，北海道では展葉期ころに活動を開始することから（奥，1970），休眠深度の地理的な変異によって越冬幼虫の活動開始時期が異なると考えられる。

殺虫剤による防除は，活動を開始した越冬幼虫と各世代の若齢幼虫を対象として行う。越冬世代幼虫の防除は，対象とする個体群の活動開始時期によって異なるが，展葉期～落花期にかけて殺虫剤を散布する。開花期間中は訪花昆虫に悪影響のないIGR剤などの殺虫剤を選択する。夏の世代はフェロモントラップによる雄成虫の誘引消長から，卵のふ化そろい期を推定し，若齢幼虫を対象として薬剤散布を行う（石栗，2010）。従来は，シンクイムシ類の防除を兼ねて有機リン剤やピレスロイド剤を主体に散布していたが，これらの系統の殺虫剤に対する感受性が低下した個体群が多いため，現在は夏の世代に対してはジアミド剤が主に使われている。本種は殺虫剤に対する抵抗性が発達しやすいため，連続した世代に対する同一系統の薬剤散布を避けるとともに，交信かく乱剤による防除を積極的に行い，殺虫剤だけに依存しない防除体系が望ましい。

V キンモンホソガ *Phyllonorycter ringoniella*

成虫が葉の裏面に白色透明な円盤状の卵を一粒ずつ産みつける。ふ化した幼虫は葉肉内に潜入し，加害するが，幼虫期前半の無脚幼虫（吸汁型幼虫）は海綿状組織を加害するため，葉の裏側に水ぶくれ様の症状を生じる。幼虫期後半の有脚幼虫（食組織型幼虫）になると，柵状組織を摂食するため，葉の表側に斑点状の食痕が透かしのように見える（図-11）。幼虫は被害痕の中で蛹化し，成虫が羽化すると，葉裏の被害痕から蛹殻が突き出た状態

で残る(図-12)。最終世代の蛹は、落葉とともに地面に落下し、被害痕の中で越冬する。

青森県では、成虫は年4回発生する。各世代の発生時期は、越冬世代成虫が4月中旬～5月中旬、第1世代成虫が6月中～下旬、第2世代成虫が7月中旬～8月上旬、第3世代成虫が8月中旬～9月上旬ころである。積雪の多い地域では、越冬蛹が雪の重みで圧死したり、密着した落葉から成虫が羽化できなくなるため(山田ら, 1986)、越冬世代の発生が最も少なく、世代を重ねるごとに増殖して、発生密度が高まる傾向が見られる。

殺虫剤による防除は、成虫の発生盛期ころ(羽化率70～80%)に行う。第1世代成虫以降は、被害痕から突き出た蛹殻の観察を行うことで、羽化状況が判断できる。トビコバチやヒメコバチ等の天敵による寄生が多い場合には、キンモンホソガの成虫が羽化しないため、蛹殻の観察だけでは正確な羽化率が把握できない。そのような場合には、被害痕を解体して未寄生の個体をもとに羽化率を計算する必要がある。防除剤として、ネオニコチノイド剤、IGR剤、ピレスロイド剤等がある。



図-11 キンモンホソガ有脚幼虫(食組織型幼虫)による被害痕



図-12 キンモンホソガ成虫が羽化した後に残された蛹殻

VI ギンモンハモグリガ(リンゴハモグリガ)

Lyonetia prunifoliella malinella

成虫は柔らかい葉に産卵するため、春季はすべての葉が産卵対象となるが、夏季には伸長中の新梢先端部に限定される。1齢幼虫は葉肉内を潜行し、線状の被害痕を残すが、2～3齢幼虫は斑状の被害痕を生じる(図-13)。葉脈を横切って被害が拡大すると、それより先の部分が枯れ込み、褐変する。幼虫は3齢で成熟し、葉肉内から脱出する。脱出幼虫は糸を垂れて下位の葉に移り、葉の裏側にハンモック状の白い繭を作り、その中で蛹化する(図-14)。

雌成虫が垣根や小屋の板壁のすき間、樹幹の窪み等の風当たりが少なく、雨や雪が入りにくい場所で越冬する。青森県では成虫は年5～6回発生し、一定でない。夏世代の成虫は翅の大部分を銀白色が占め、黒色の斑紋の占める割合は少ないが、越冬成虫では、黒色の斑紋の占める割合が増加する。

本種による被害は果実に対する実害を伴わないため、



図-13 ギンモンハモグリガ幼虫による被害葉



図-14 ギンモンハモグリガの蛹

積極的な防除は必要ない場合が多いが、発生が多い場合には、主要害虫との同時防除をねらって、卵を対象に殺虫剤を散布する。葉を脱出した幼虫が下垂する盛期から数えて、春季は約2週間後ころ、夏季は約10日後ころが卵期に相当する。防除剤として、ネオニコチノイド剤、IGR剤、有機リン剤等がある。

VII ヒメボクトウ *Cossus insularis*

成虫は粗皮の下や樹皮の割れ目等に20~100個程度の卵をまとめて産みつける(中牟田ら, 2010)。幼虫(図-15)は大枝や主幹の内部に坑道を掘りながら、集団で木質部を食害する。被害部位からは虫糞と木屑が混ざったフラスの排出が見られ(図-16)、独特の発酵臭がする。被害が著しくなると、被害部より先の樹勢が低下し、枯死に至る。

成虫の発生は年1回で、地域によって早晚があるが(中牟田ら, 2010)、青森県では7月上旬~8月上旬ころに発生し、7月中~下旬が盛期となる。越冬ステージは幼虫期であるが、本種は幼虫期間が長く、羽化するまで



図-15 ヒメボクトウ幼虫



図-16 ヒメボクトウによる被害

に複数年を要するため(NAKANISHI et al., 2017)、発育段階の異なる幼虫が越冬すると考えられる。

殺虫剤による防除はふ化幼虫の枝幹内部への食入防止と、既に食入した枝幹内部の幼虫の殺虫に区別される。ふ化幼虫の食入防止には、成虫の発生盛期ころにジアミド剤を枝幹に散布する。葉が繁茂していると枝幹部に薬液がかかりにくいので、散布前に不要な徒長枝を剪去するなどして、薬液の通りをよくしておく。既に食入した枝幹内部の幼虫に対しては、フラスの分布から被害部の範囲を推定し、フラスを除去した後に、穴からエアゾル剤を噴射し、薬液が内部の坑道に行き渡るようにする。

コッシンリア剤を用いた交信かく乱による防除も効果が高い(中牟田, 2015)。本種は卵から成虫に達するまでに複数年を要するため、処理当年にかく乱できる個体は圃場に存在する集団の一部だけである。そのため、被害をなくすには複数年連続して処理する必要がある。

VIII アブラムシ類 (リンゴクビレアブラムシ *Rhopalosiphum oxyacanthae*, ユキヤナギアブラムシ *Aphis spiraeicola*)

リンゴで発生の多いアブラムシ類は、春季はリンゴクビレアブラムシ、夏季はユキヤナギアブラムシである。リンゴクビレアブラムシはリンゴ樹上で卵越冬し、展葉とともにふ化するため、開花期前後に発生が多くなる。加害された葉は縮葉となり(図-17)、花そう葉に寄生した場合には、花器官も含めて被害を受けるため、実害が生じることがある。6月ころにはリンゴを離れ、夏寄主へ移動する。発生時期が開花期と重なるため、殺虫剤は訪花昆虫に悪影響の少ないフロニカミドを選択して散布する。

ユキヤナギアブラムシは6月ころに冬寄主からリンゴに飛来し、伸長中の新梢先端葉を主体として加害する。



図-17 リンゴクビレアブラムシによる被害葉



図-18 ユキヤナギアブラムシによる被害葉

加害された葉は湾曲するが（図-18）、リンゴクビレアブラムシの被害のような縮葉にはならない。寄生数が多くなると、甘露によって果実が汚染されることがあり、品質の低下を招く。寄生が多くなる6月は、摘果作業の最盛期であることから、生産者にとっては不快害虫としての側面が大きい。新梢の伸長が停止すると、自然に密度が低下するので、薬剤散布は新梢の生育を見極めながら行う。防除剤として、ネオニコチノイド剤のほか、エチプロール、スルホキサフロル、フロニカミド、ピリフルキナゾン等、いくつかの系統の薬剤がある。

IX クワコナカイガラムシ *Pseudococcus comstocki*

幼虫と雌成虫が徒長枝基部、果そう基部、枝の切り口等に定着し、吸汁加害する。有袋栽培では袋内に幼虫が侵入して果実表面に寄生し、排泄物により果実が黒く汚染されるほか、吸汁された部位が着色しないため、かすり状の着色阻害が生じる（図-19）。

粗皮の下や樹皮の割れ目等に産みつけられた卵で越冬する。卵は数十～数百の卵が白い綿状物質に包まれた卵のうとして産みつけられる（図-20）。5月中旬～6月上旬ころにふ化し、6月下旬～7月上旬ころに越冬世代成虫が出現する。越冬世代成虫による産卵は7月中旬ころが盛期となる。

春に粗皮削りを行うと、越冬卵の密度を低下させることができる。例年発生が多い樹には、20 cm 幅程度に切った段ボール片を帯状に巻き付けておくと、成虫が内部に潜り込んで産卵するので、卵のうを段ボールごと除去することで発生密度を低下させることが可能である。殺虫剤の効果は、白い粉状物質で体表が覆われた幼虫や成虫に対しては劣るため、ふ化幼虫を対象に散布を行う。越冬世代幼虫は落花10日後～落花20日後ころ、第1世代幼虫が7月末～8月上旬ころが防除適期となる。本種



図-19 クワコナカイガラムシによる被害果



図-20 クワコナカイガラムシ雌成虫と卵のう

の寄生は粗皮が多い樹齢の進んだ樹で多いため、枝葉が繁茂するとスピードスプレーによる散布では寄生部位である樹冠内部に薬液が到達しづらいことがある。そのような場合には主幹部や大枝を対象とした手散布（胴木洗い）を行うと効果的である。また、枝葉が繁茂する前の展葉期にブプロフェジンを散布すると、越冬世代幼虫の防除が可能である（木村，2016）。

X ハダニ類（ナミハダニ *Tetranychus urticae*, リンゴハダニ *Panonychus ulmi*）

ナミハダニは葉の裏側に寄生し、吸汁加害するため、多発すると葉裏が褐変する。成虫は乳白色～淡黄緑色の地色に2個の黒色斑点があるが（図-21）、休眠態の雌成虫は体色が淡橙色となり、主に樹幹の粗皮下や落葉等で集団越冬する。秋季に発生が多い場合には、果実のがくあ部に越冬雌成虫が多数集まることもあり（図-22）、果実の商品価値にも直接的な影響を及ぼす。

リンゴハダニは葉の表裏両面に寄生するため、多発すると葉の表側から見て白っぽく色が抜け、葉裏は褐変す



図-21 ナミハダニ雌成虫と卵



図-23 リンゴハダニ雌成虫と卵



図-22 果実のがくあ部に集まるナミハダニ越冬成虫



図-24 リンゴハダニ越冬卵

る。成虫は体色が暗赤色で、胴背毛の基部が白くこぶ状に盛り上がる（図-23）。夏世代の卵は葉上に産みつけられるが、越冬態である休眠卵は、2~5年枝の分岐部や芽の基部、樹皮のしわの部分に産みつけられる（図-24）。秋季に発生が多い場合には、果実のがくあ部に多数の越冬卵が産みつけられることがある。

いずれの種も寄生密度が高くなると、葉の光合成能力を低下させるため、果実の着色不良を引き起こしたり、翌年の花芽形成に悪影響を及ぼしたりする。ナミハダニは樹幹部や落葉で越冬するため、発生はリンゴ樹の内側から始まり、主幹部に近い葉そうや徒長枝葉等で増殖した後、次第に外側の新梢葉などに広がる（佐々木・伊藤, 1998）。リンゴハダニは比較的若い枝で越冬するため、花そうや葉そうで増殖しながら、次第に樹全体に分散する。両種とも気温の上昇とともに増殖速度が高まり、通常、7月ごろに防除が必要な密度に達し、9~10月ごろに休眠に入るまで繁殖を繰り返す。

殺ダニ剤による防除は、園地における発生状況を観察し、1葉当たり2個体以上、あるいは寄生葉率50%以上

の場合には殺ダニ剤を散布する。発生が樹の内側から始まるナミハダニは、主幹から直接発出した枝の葉を観察し、発生初期を見逃さないようにする。リンゴハダニの越冬卵が多い場合には、発芽前~展葉期にマシン油を散布する。

ハダニ類は薬剤抵抗性が発達しやすいため、自園における殺ダニ剤の効果を把握しておくことが重要である。現場では殺ダニ剤のローテーション散布や隔年使用により、薬剤抵抗性の発達を遅らせる努力がなされているが（鈴木, 2010）、殺ダニ剤の延命はできても、抵抗性の発現は避けることができない。近年、殺ダニ剤だけに依存しないハダニ類の抑制手段として、土着天敵であるカブリダニ類を利用した管理技術が開発されている（舟山, 2018）。リンゴ園におけるカブリダニ類の天敵としての特性（TOYOSHIMA, 2003; TOYOSHIMA et al., 2011）や、病害虫防除に使用される各種農薬の影響度（岸本ら, 2018; 2020）も明らかになってきており、今後の現場への普及が期待される。

おわりに

冒頭に述べたようにリンゴの害虫相は多様であり、本稿で紹介した主要害虫以外にも発生が問題になる種類は多い。また近年は、従来問題にならなかった種が突発的に問題化するケースも見られている。例えば、オオタバコガ *Helicoverpa armigera* は野菜や花きの重要害虫として知られるが、2016年ころからリンゴにおいても果実に穴を開ける被害が散見されるようになり、一部の園地で問題になっている。同じく野菜などの害虫として知られるヨトウガ *Mamestra brassicae* も2020年にリンゴ園で多発した。また、2019年には、これまで慣行防除園ではほとんど問題にならなかったオウトウハダニ *Amphitetranychus viennensis* の発生も観察されている(木村・小笠原, 2020)。これらの害虫が今後も継続的にリンゴ園で問題となるかどうかは、現時点では不明であるが、主要害虫の防除とともに、新たな害虫の発生にも対応していく必要がある。

引用文献

- 1) 新井朋徳ら (2014): 北日本病虫研報 **65**: 177~181.
- 2) 千葉武勝・小林森巳 (1985): 岩手園試研報 **6**: 1~14.
- 3) 舟山 健 (2018): 応動昆 **62**: 95~105.
- 4) 石栗陽一 (2004): 北日本病虫研報 **55**: 247~251.
- 5) ——— (2010): 植物防疫 **64**: 266~268.
- 6) ——— (2018): 北日本病虫研報 **69**: 186~190.
- 7) 木村佳子 (2016): 同上 **67**: 197~202.
- 8) ———・小笠原南美 (2020): 同上 **71**: 157~161.
- 9) 岸本英成ら (2018): 応動昆 **62**: 29~39.
- 10) ———ら (2020): 同上 **64**: 175~182.
- 11) 北村泰三 (1985): 今月の農業 **29**: 59~63.
- 12) 榎田俊明ら (2002): 東北農業研究 **55**: 171~172.
- 13) 水越 亨 (1983): 北海道立農試集報 **49**: 41~48.
- 14) 中牟田 潔 (2015): 植物防疫 **69**: 777~779.
- 15) ———ら (2010): 同上 **64**: 779~781.
- 16) NAKANISHI, T. et al. (2017): Appl. Entomol. Zool. **52**: 29~35.
- 17) 大平喜男 (1990): 果樹試報 **17**: 63~76.
- 18) 奥 俊夫 (1967): 北海道立農試集報 **16**: 44~62.
- 19) ——— (1970): 北海道立農試報 **19**: 1~52.
- 20) ———ら (1989): 果樹試報 **C16**: 63~81.
- 21) 佐々木正剛・伊藤恵造 (1998): 北日本病虫研報 **49**: 177~179.
- 22) 鈴木敏男 (2010): 岩手農研七研報 **10**: 113~126.
- 23) 田中福三郎・矢吹 正 (1979): 植物防疫 **33**: 297~302.
- 24) 玉嶋勝範 (2009): 同上 **63**: 307~311.
- 25) TOYOSHIMA, S. (2003): Appl. Entomol. Zool. **38**: 387~391.
- 26) ——— et al. (2011): J. Acarol. Soc. Jpn. **20**: 77~86.
- 27) 山田雅輝ら (1986): 青森りんご試報 **23**: 1~146.
- 28) 吉沢栄治ら (2008): 植物防疫 **62**: 556~559.

農林水産省プレスリリース (2020.12.8~2021.1.13)

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

- ◆ 「アグリビジネス創出フェア 2020」の開催結果について (20/12/23) [maff.go.jp](https://www.maff.go.jp/j/press/docs/press/201223_24.html) の後に /docs/press/201223_24.html
- ◆ 2020年農業技術10大ニュースの選定について (20/12/23) [maff.go.jp/](https://www.maff.go.jp/j/press/docs/press/201223.html) の後に /docs/press/201223.html
- ◆ 農業気象情報衛星モニタリングシステム (JASMAI) の公開について (21/1/12) [/kanbo/anpo/210112.html](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/anpo/210112.html)
- ◆ 国内産農産物における農薬の使用状況及び残留状況調査の結果について (令和元年度) (21/1/12) [/syuan/nouyaku/210112.html](https://www.maff.go.jp/j/syuan/nouyaku/210112.html)

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 生物機能利用研究部門 植物・微生物機能利用研究領域

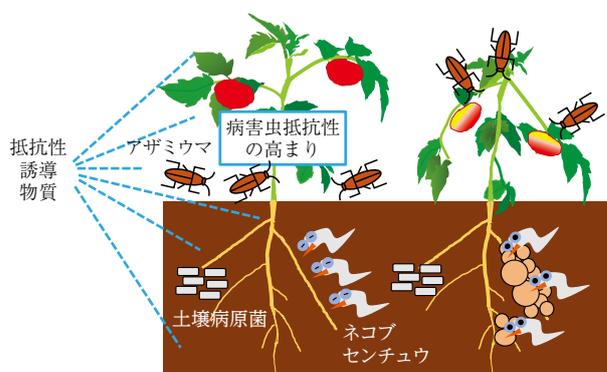
農研機構 生物機能利用研究部門 植物・微生物機能利用研究領域には、植物病理学を専門とする十余名の研究員が在籍し、茨城県つくば市観音台地区で、植物病原体と宿主の相互作用に関する研究を進めています。当部門は、農業生物資源研究所を前身とし、2016年に農研機構に統合されました。研究対象としている病原体は、ウイルス、細菌、糸状菌、線虫から節足動物まで、宿主はイネをはじめとする種々の作物からモデル植物までと多彩です。研究の焦点も、病原体の感染機構から宿主の応答機構、さらに最近は発病と植物内生菌や植物を取り巻く微生物叢との関連など多岐にわたります。このように、一見てんでばらばらの集団のように見えますが、分子レベルで感染現象を理解し、得られた知見を病害防除に応用するというのが、皆が共通してもつスタンスです。以前は基礎研究に重心があったため、農業の現場とのつながりが希薄でしたが、今は多くのメンバーが成果の社会実装を目指して現場寄りの専門家との共同研究を求めています。以下に研究の一端を紹介しますので、興味のある方は是非下記連絡先にご連絡ください。

広範な病害に対する抵抗性付与

植物にも免疫機構が存在しますが、それを明らかにして増強することができれば、作物に複数の病害に対する抵抗性を付与することが可能になります。当研究領域では、イネの免疫に関する遺伝子を複数同定し、その一つをイネで高発現することによりいもち病、白葉枯病等4種の重要病害に対する強い抵抗性を、また別の一つを高発現することにより紋枯病抵抗性等を付与できる（農研機構 2019年3月4日プレスリリース）ことを明らかにしました。さらに、後者をイネ以外の作物で高発現することにより、灰色かび病や青枯病に対する抵抗性も付与できることを示しました（農研機構 2020年11月10日プレスリリース）。今後は同定した遺伝子の機能をさらに追究することにより、遺伝子組換えによらずに、広範な病害に対する抵抗性を付与することを目指します。

植物に病害抵抗性を誘導する天然化合物の同定と利用

作用点のはっきりした従来の殺菌剤を使用すると、しばしば耐性菌の出現が問題となります。これに対し、病原体を直接殺さずに植物の病害抵抗性を高める抵抗性誘導剤ではこのような問題は起きにくいとされています。当研究領域では、抵抗性誘導剤の素材となる物質を自然界から探索してきました。これまでに難防除土壌病害に有効な物質に加えて、アザミウマなどの害虫に効く物質も見いだしました（図参照）（農研機構 2019年5月8日



抵抗性誘導物質による病虫害の防除

プレスリリース)。いずれの物質も新規な作用点を示すことから、これまでにない抵抗性誘導剤の開発につながると期待されます。

植物根圏微生物および内生微生物に着目した病害防除技術の開発

植物の根圏には多様な微生物が生息しています。当研究領域では、有用微生物が本来もつ機能を制御し、病原微生物の生育を抑えることで根圏微生物叢を健全な状態に保つことにより、難防除とされる土壌病害を防除する技術の開発を行っています。また、最近、植物病原細菌による病気の発症に宿主の内生微生物叢が大きく関与していることを見だし、イネもみ枯細菌病の発症を抑える有用な微生物を複数発見しました。農薬ゼロの持続可能な農業の実現に向けて、有用微生物の機能に着目し、その制御技術をフィールドへ応用することを目指しています。

病害抵抗性遺伝子の探索・同定とその利用

我が国のダイズの収量は世界平均を大きく下回っています。その主要な原因の一つが、湿害に伴って発生する黒根腐病や茎疫病等の立枯性病害です。当研究領域では、これらの病害に対する新規の抵抗性育種素材を発見し、その原因遺伝子座の特定に成功しました。これらの成果を活用することにより、抵抗性品種の早期育成を目指しています。

また、ダイズモザイクウイルス抵抗性遺伝子 *Rsv4* の産物が、ウイルスゲノムの複製の場に潜入してゲノム複製中間体を分解することにより抵抗性を発揮するというユニークな作用機作をもつことを明らかにしました。さらに、その作用機作を真似て、二つの植物内在性遺伝子を融合することにより新しいウイルス抵抗性遺伝子を創りだすことが可能であることを示しました（農研機構 2019年9月27日プレスリリース）。

（植物・微生物機能利用研究領域、
植物機能制御ユニット長 森 昌樹；
同、植物微生物機能ユニット長 石川雅之）

〒305-8634 茨城県つくば市大わし1-2
TEL 029-838-7419（代表）
連絡先：<https://www.naro.affrc.go.jp/inquiry/telfax.html>

研究室紹介

三重県農業研究所 基盤技術研究室 農産物安全安心研究課

三重県農業研究所の本所は1970年に当時の農業技術センターとして、県中部の松阪市嬉野川北町に設置され、組織改編を重ねて現在に至っています。研究所の敷地内には病害虫防除所と中央農業改良普及センター、農業大学校も設置されており、三重県農業の技術拠点となっています。

農産物安全安心研究課は、農作物の病害・虫害防除技術に関する研究開発を担当しており、研究課長1名、病害担当研究員2名、虫害担当研究員2名、技術専門員1名、試験研究補助職員2名の体制で業務を行っています。当研究課は水稲、大豆、麦類等の水田農業や、露地および施設栽培の野菜で問題となる病害虫を主な対象としています。対象品目が幅広いことに加え、気候変動の影響や、経営規模の拡大等の農業情勢の変化による病害虫の発生の変化への対応のほか、スマート農業技術等の新しい技術への対応等、課題が尽きない状況となっています。県予算による研究費の確保が厳しい中、県独自の研究課題が実施しにくい状況ですが、現在取り組んでいる研究課題のうち特徴のある研究について以下の通り紹介します。

1 土壌病害診断に関する研究開発

農林水産省の委託プロジェクト研究への参画を契機に土壌病害の診断技術の開発に取り組んできました。これまでに、LAMP法によるアブラナ科野菜根こぶ病菌やトマト青枯病菌の土壌中の菌密度測定技術を開発しました。アブラナ科野菜根こぶ病菌を土壌中から検出する技術は根こぶ病菌密度診断サービスとして民間企業に技術移転され、全国の生産者に活用されています。また、アブラナ科野菜根こぶ病の土壌病害診断を普及センターやJAとともに実践し、産地の防除指導に活用しています。



図-1 アブラナ科野菜根こぶ病の幼苗検定調査

〒515-2316 三重県松阪市嬉野川北町530
TEL 0598-42-6360



図-2 ゴマを加害するミナミアオカメムシ終齢幼虫

2 ゴマの産地化に向けた取り組み

当研究所では、県内のゴマ総合メーカーと連携してゴマの機械化栽培体系の確立に取り組み、現在では水田農業の担い手を中心に機械化体系での栽培が行われています。当研究課ではゴマの生産安定を図るために病害虫管理について研究を実施しています。これまでに、ミナミアオカメムシの加害により子実収量が減収し、搾油後のゴマ油の品質も低下することを明らかにしました。現在では、ゴマのカメムシ類に対する農薬登録取得のための取り組みを行っています。

3 施設園芸における防除の効率化・省力化

三重県でもここ10年ほどの間に、トマトやミニトマトの大規模な施設栽培が行われるようになりました。このような大型の栽培施設では、農薬散布の労力が大きいため、防除効果や薬剤抵抗性管理だけではなく散布労力の低減が求められています。当研究課では、本年度から参画しているイノベーション創出強化研究推進事業「微生物殺虫・殺菌剤を用いた野菜重要病害虫のデュアルコントロール技術の確立」のなかで、微生物農薬を利用した防除体系の確立や、常温煙霧装置等を活用した省力的な散布技術の確立に取り組んでいます。

4 病害虫の被害リスクや防除時期の予測

農研機構が開発したメッシュ農業気象データシステムを利用して、気象データを利用した病害虫による被害リスクや防除適期の予測に取り組んでいます。これまでに、ミナミアオカメムシの越冬リスクや、チャのクワシロカイガラムシの防除適期の予測に取り組んできました。現在は県内で被害が拡大している水稲のスクミリンゴガイの被害リスクを予測し、防除時期を判断できるような技術開発に取り組んでいます。

(課長 西野 実)

学会だより

○第65回日本応用動物昆虫学会大会

第65回日本応用動物昆虫学会大会は、松江市の島根大学松江キャンパスに事務所を置いてオンラインにて開催の予定です。

大会日程：2021年3月23日（火）～26日（金）（予定）

大会参加申し込み：2021年2月12日（金）まで

講演要旨集のみを購入

受付期間：2021年2月15日（月）

～2021年3月19日（金）

価格：送料込1,500円（税込）

第65回日本応用動物昆虫学会大会事務局

島根大学 生物資源科学部 生命科学科

生命工第4研究室内

〒690-8504 島根県松江市西三津町1060

E-mail：odokon2021@life.shimane-u.ac.jp

参加申し込みに関するお問い合わせ

日本応用動物昆虫学会大会ヘルプデスク

〒116-0011 東京都荒川区西尾久7-12-16

(株)創文印刷工業内

FAX：03-3893-6611

E-mail：odokon.desk@soubun.com

○第74回北日本病害虫研究発表会の開催中止について

2021年2月18日～19日に、コラッセふくしま（福島県福島市三河南町1-20）で開催を予定しておりました研究発表会は、開催中止となりました。

広告掲載会社一覧（掲載順）

- 日産化学(株)……………グレーシア
- サンケイ化学(株)……………主要品目
- バイエルクロップサイエンス(株)
- ……………カウントダウン
- エス・ディー・エスバイオテック(株)
- ……………タフブロック
- 石原バイオサイエンス(株)…ネマトリンエース
- 日本農薬(株)……………AI診断
- 日本曹達(株)……………ピシロック
- BASF ジャパン(株)……………アクサー
- アグロカネショウ(株)……………主要品目

○関東東山病害虫研究会第68回研究発表会の通常開催の中止

2021年2月26日に、埼玉会館で開催が予定されていた第68回研究発表会の通常開催は中止となりました。代替手段による開催の可能性を模索中です。詳細は後日改めてウェブサイト上でお知らせいたします。

○九州病害虫研究会第100回研究発表会（春季大会）の開催について（中止）

2021年2月4日に、菊南温泉ユウベルホテルで開催が予定されていた第100回研究発表会は中止となりました。

次号予告

次号2021年3月号の主な予定記事は次のとおりです。

連棟ハウスにおけるメロン退緑黄化病の発生と防虫ネットの発病抑制効果 行徳 裕ら	フェロモントラップに誘引されたナシヒメシクイとその近縁種の見分け方 那須義次ら
「広義の <i>Pseudomonas marginalis</i> 」が抱える諸問題 澤田宏之	植物防疫講座 病害編：作物に発生するウイロイド病害 松下陽介
湿度制御と薬剤散布を併用したトマト灰色かび病の効率防除 渡辺秀樹	植物防疫講座 虫害編：カンキツに発生する主要害虫の発生生態と防除 増井伸一
沖縄県のサトウキビに寄生する線虫の地理的分布と土壌理化学的関係 河野辺雅徳	植物防疫講座 農薬編：細胞壁のメラニン合成を阻害する殺菌剤 萩原寛之
新潟県におけるネオニコチノイド低感受性のアカヒゲホソミドリカスカメの発生と今後の対策 石本万寿広	研究室紹介：農研機構九州沖縄農業研究センター 生産環境研究領域 熱帯性病害虫管理グループ 市瀬克也
サツマイモつる割病発生農家圃場における発生要因 島田 峻	和歌山県果樹試験場 環境部 井口雅裕

植物防疫

第75巻 2021年1月25日印刷

第2号 2021年2月1日発行
(通算890号)

定価965円

本体877円

2021年
2月号

(毎月1回1日発行)

編集発行人 早川 泰弘

印刷所 三美印刷(株)

東京都荒川区西日暮里5-16-7

——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)

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。

農薬ハンドブック 2021年版

2021年3月 発刊予定

国内の登録農薬について原体成分ごとに開発会社や開発の経緯、物理化学的性状、安全性、作用特性、主な製剤・用途等について詳しくまとめた解説書です。

2016年版から大幅改訂

- ◆ IRAC・FRAC・HRACによる作用機構分類に準じて掲載し、作用機構に属する化合物群を解説
- ◆ ADI, ARfD, 毒劇物判定基準による分類、水域の生活環境動植物の被害防止に係る農薬登録基準、水質汚濁に係る農薬登録基準などの基準を本文中に掲載

A5判、価格：15,400円（税込み、送料サービス）



農薬要覧 2020年版 令和元農薬年度

好評発売中!!

農薬の生産・出荷、輸入、流通・消費など農薬に関する統計資料や、登録されている農薬名の一覧、新農薬の解説、病害虫の発生面積・防除面積、関係先名簿などをまとめた資料集です。

掲載内容

- ◆ 農薬の生産・出荷に関する、総数、種類別、剤型別などに区分した数量や金額の一覧表
- ◆ 農薬の流通・消費に関する、流通機構図、県別出荷金額・数量、農家購入価格の推移など
- ◆ 農薬の輸出・輸入に関する、国別数量・金額、種類別数量、会社別農薬取扱金額表など

A5判、価格：11,000円（税込み、送料サービス）



JPPA オンラインストアよりご注文ください

JPPA オンラインストア：<https://www1.enekoshop.jp/shop/jppashop/>
お問合せ E-mail：order@jppa.or.jp

一般社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部 TEL：03-5980-2183

害虫・病害・雑草

稲の異変!?

写真を撮るだけ

レイミーがAI診断するよ

スマホでいつでも、写真からAI診断、有効薬剤をご紹介

病害虫・雑草を撮影

診断履歴

設定

いもち病発生予測機能付き!

診断結果有効薬剤がわかる!

※画面は開発中のもののため実際と異なる場合があります

スマートフォンアプリ **無料ダウンロード**

『レイミーのAI病害虫雑草診断』

日本農業ホームページから

■本アプリケーションで使用されているAI診断学習モデルは(株)NTTデータCCSと日本農業(株)の共同開発です。
 ■本システムは農林水産省の農業界と経済界の連携による生産性向上モデル農業確立実証事業「防除支援システム研究会(H30~R1)」の成果を社会実装したものです。

日本農業株式会社

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

日本農業株式会社は持続可能な開発目標(SDGs)を支援しています

べと病、疫病、白さび病を ピシッとロック!

農林水産省登録 第23952号

殺菌剤 ピカルブトラゾクス水和剤

ピシロック® フロアブル

新規有効成分ピカルブトラゾクス配合!(FRACコード U 17)

収穫前日まで使える!(はくさいは収穫3日前まで)

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

HPはこちらから

日本曹達株式会社

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

⑥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圏場などに放置せず、適切に処理してください。

■ - BASF

We create chemistry

果樹専用殺菌剤

アクサー[®]フロアブル

実る果実が
待ち遠しい

- 新規有効成分「ゼミウム[®]」配合
- 幅広い病害に安定した効果
- 安定した予防効果はもちろん、優れた治療効果もあり

BASFジャパン株式会社

〒103-0022 東京都中央区日本橋室町3丁目4番4号 OVOL日本橋ビル3階
☎ 0120-014-660 <https://agriculture.basf.com/jp>

©-BASF社の登録商標

いい土から、いい作物。



アグロカネショウの土壤消毒剤

で土壌を守る。

線虫問題にケリをつける!!

土壌病害・雑草防除に!

土壌センチチュウ防除に!



ネマキック®
粒剤



バスアミド®
微粒剤

D-D®

アグロ カネショウの
土壤分析

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
<https://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