2021年2月25日　印　刷　第75巻　第3号　2021年3月1日　発　行（毎月1回1日発行）

ISSN 0037-4091

植物防疫

Plant Protection

3

2021

VOL.75

一般社団法人 日本植物防疫協会

Japan Plant Protection Association

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。

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。

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をご覧下さい。 *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
サブリナフロアブル

植物保護薬！

サンケイ
ジーファイン水和剤

硫黄の力でうどんこ病防除！

サンケイ
クムラス

安定した銅の効果！

サンボルドー

キュウリ・カボチャのうどんこ病に！

ハッパ乳剤

硫黄と銅の強力タッグ！

園芸ボルドー

サンケイ化学株式会社

本　　社 〒891-0122 鹿児島県鹿児島市南栄二丁目9番地　☎(099) 268-7588
東 京 本 社 〒110-0005 東京都台東区上野7-6-11　☎(03) 3845-7951

BAYER

カウンシル® エナジー

雑草に負けてたまるか！
“除草力”を鍛えた
カウンシル エナジーがある。

Ⓡカウンシルはバイエルグループの登録商標
はクミアイ化学工業(株)の登録商標

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

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

植物防疫
Plant Protection
2021
第75巻 第3号

目　　次

巻 頭 言

トビイロウンカの発生予察に携わった頃 …… 山中　正博　1

研究報告

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・江島暢喜・坂本幸栄子・林田慎一　2

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　7

「広義の *Pseudomonas marginalis*」が抱える諸問題 …… 澤田　宏之　11

調査報告

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性の関係
…… 河野辺雅徳・杉原　創・宮丸直子　20

トピックス

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ミカメの発生と今後の対策 …… 石本万寿広・岩田大介　27

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　31

新技術解説

フェロモントラップに誘引されたナシヒメシンクイとその近縁種の見分け方 …… 那須義次・吉松慎一　35

植物防疫講座

病害編−38　作物に発生するウイロイド病害 …… 松下　陽介　39

虫害編−33　カンキツに発生する主要害虫の発生生態と防除−1
—カイガラムシ類，ミカンハダニ，チャノキイロアザミウマ— …… 増井　伸一　45

農薬編−34　細胞壁のメラニン合成を阻害する殺菌剤 …… 萩原　寛之　51

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 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　56

和歌山県果樹試験場 環境部 …… 井口　雅裕　57

農林水産省プレスリリース（2021.1.14～2.8）　30

新しく登録された農薬（2021.1.1～1.31）　6, 34, 55

登録が失効した農薬（2021.1.1～1.31）　26

発生予察情報・特殊報（2021.1.1～1.31）　50

【表紙写真】
上段中央：サツマイモつる割病の発生圃場
上段右：保菌いも内の導管褐変
下段左：Potato spindle tuber viroid（PSTVd）に感染したジャガイモの塊茎（左：健全，右：感染）
下段右：チャノキイロアザミウマによるカンキツ果頂部被害と雌成虫

農林水産省登録
第２２８０１号

殺ダニ・殺虫剤

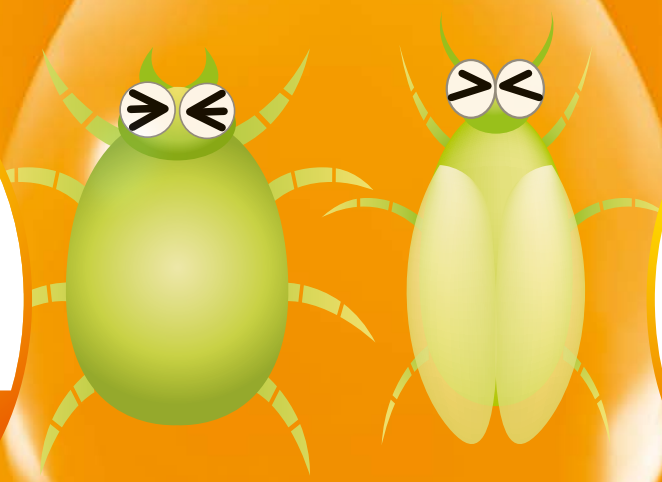
サフオイル®乳剤

Suffoil

調合油乳剤 1ℓ入

一歩上の物理防除剤
残効性・殺卵効果もあるんです！

有機JAS
使用可能農薬



天然由来
紅花から抽出

サフオイル乳剤の特長

- 物理的に作用する剤であり、抵抗性が発達するおそれが殆どないので連続散布が可能です。
- 既存の薬剤に対して抵抗性の発達したハダニ類及びコナジラミ類にも効果を発揮します。
- ハダニ類への残効性が認められています。
- 殺卵活性も認められ、ハダニ類及びコナジラミ類の全発育ステージに対して有効です。
- 天敵や有用昆虫に対する影響が小さく、IPM（総合的病害虫管理）に適しています。
- 有効成分は食用の植物油なので、安心して収穫前日まで散布可能です。
- 有機農産物の日本農林規格（有機JAS）別表２に適合する農薬です。

本製品は、国立研究開発法人理化学研究所の研究成果が利用されています。

OATアグリオ株式会社
https://www.oat-agrio.co.jp/ 〒101-0052 東京都千代田区神田小川町1-3-1
コールセンター：0120-210-928（9:00～12:00、13:00～17:00 土・日・祝日をのぞく）

巻頭言

トビイロウンカの発生予察に携わった頃

一般社団法人 九州病害虫防除推進協議会 山中正博（やまなかまさひろ）

九州地域以外の方には「九州病害虫防除推進協議会（以下，九防協）」と聞いてもピンとこない方も多いかと思うので，簡単にご紹介いたします。九防協は1970年に創立され（2010年に法人格を取得），九州農政局，農薬工業会の会員や九州に所在するJAの8組織のご支援，ご協力を得て病害虫防除に関する様々な事業を行っていますが，最も重要な事業は病害虫防除技術向上のための農薬連絡試験です。具体的には普通作物，野菜（花き類を含む），果樹，茶の各作物において農研機構や九州7県の試験研究機関で検討を積み重ねた試験設計に基づき，新旧農薬（天敵などを含む）の防除効果試験を原則2か年かつ2場所以上で実施し，その結果を基に農家の皆さんに活用していただける最も効果的な使用法をスピーディーに確立することを目指しています。

さて，昨2020年は春から日本中が新型コロナ問題一色といっても過言ではない状況で，日常生活もままならない中，果樹カメムシ類やトビイロウンカ等が多発したことで，病害虫防除に携わる皆さん方は調査研究や対策会議，防除資材の普及活動等で大変ご苦労されたことと思います。特にトビイロウンカについては九防協の農薬連絡試験課題の一つでもあり，初飛来の時期から発生状況に注目してきました。2020年には注意報が24府県から延べ30件，警報が11府県から発出され，2年続けての多発生となったことから，今後はトビイロウンカ多発年の頻度が高まることを想定した対策が必要かと思います。

私は福岡県職員時代に普通作物害虫担当として1979年から12年間，県予察員も兼ねてトビイロウンカの研究業務に携わった経験があるので，当時の体験談を少しお話します。

予察灯やネットトラップによる飛来波の確認からその年のトビイロウンカの発生予察が始まるのは今も昔も変わりません。ただ困ったことに設置場所が悪かったのか，試験場内の予察田では飛来成虫が確認されるのにトラップ類では捕獲されないことも多く，飛来波の把握には毎年苦労しました。そこで飛来が予想される日（当時は「九州北部に梅雨前線がかかり，前線に向かって吹く南西風に乗って飛来する」と言われていました）に予察田で成虫数調査を行うようにしたところ，飛来波ごとの成虫数が把握でき，普及員からの「農家はまず最多飛来波を対象に防除するので，どれが最多飛来波？」との質問にも自信を持って回答できるようになりました。また，成虫数調査では思わぬ“副産物”も得られました。移植時期の異なる3水田で3年間調査したところ，移植時期の早い水田ほどトビイロウンカの飛来成虫数が多く，次世代の短翅雌率は高く，その結果，成幼虫密度も高く推移し，坪枯れ面積率も高くなる結果が得られました。巡回調査に5月下旬植水田を含めると坪枯れ発生の危険度を早めに予測できるので，防除対策資料によく活用したものです。現在では日本植物防疫協会が運営する「JPP-NET」の「ウンカのリアルタイム飛来予測システム」で高精度に飛来時期・地域の予測が可能になり，予察技術の進歩には隔世の感を覚えます。さらにAIを活用したイネウンカ類の種類別計測の研究が現在進行中とのことで，近い将来，時間と労力を要する水田内での個体数調査もかなり省力化できるのではないかと期待しています。

発生予察に携わった当初，トビイロウンカの防除はBPMC粉剤やMTMC粉剤等の比較的防除適期幅の狭い薬剤散布が主流だったので，普及員からは日単位での防除適期を求められる厳しい時代でもありました。その後，比較的防除適期幅の広いブプロフェジン剤やイミダクロプリドを含有する残効の長い育苗箱施薬剤が登場し，本田期防除はこれ1剤だけで，あるいは本田期防除はもう不要では，とまでいわれる時期がありました。しかしながら，両剤については既に薬剤感受性低下が指摘されており，近年のトビイロウンカ多発の主要因の一つにもあげられています。

最近，新規開発剤トリフルメゾピリムを含む育苗箱施薬剤が上市され，九防協でもトビイロウンカが多発したここ2か年，九州6県の試験研究機関で移植日から3～4か月間の長期調査を行う延べ24件の農薬連絡試験を実施しました。詳細は省きますが，いずれの試験でも長期間，低密度に抑える好成績が得られ，今後の普及拡大が期待されています。しかしながら，いかに優れた殺虫剤であっても薬剤感受性低下対策は避けて通れない課題です。トビイロウンカの性質上，国内のみの対策では不十分なので，飛来源と推定される国と連携した薬剤感受性検定，発生実態等の調査研究や情報交換がより一層重要になると思っています。

最後になりますが，一刻も早く新型コロナ感染症が終息に向かい，私たちが不安なく業務に専念できる日々が戻ってくることを切に願うものです。

研究報告

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

熊本県農業研究センター生産環境研究所　行徳　裕*・江島　暢喜**・坂本　幸栄子***
熊本県農業研究センター農産園芸研究所　林田　慎一****

はじめに

メロン退緑黄化病は，2004年に熊本県のメロンで初めて発生が確認されたウリ類退緑黄化ウイルスCucurbit chlorotic yellows virus（以下CCYV）を病原とする病害で，タバココナジラミバイオタイプQ *Bemisia tabaci* Q biotypeおよびバイオタイプB *B. tabaci* B biotypeによって半永続的に媒介される（行徳ら，2009；Okuda et al., 2010）。発病したメロンは葉が黄化し，果実重量と糖度が低下するため（行徳，2008），農家経営に与える影響が大きく，メロンの栽培で最も重要な病害となっている。CCYVはメロンのほか，キュウリやスイカにも感染・発病し，それぞれキュウリ退緑黄化病（古田ら，2008），スイカ退緑えそ病（森山・行徳，2011）と命名されている。CCYVによる病害は2020年12月現在，九州や四国，関東地方を中心とした23県で発生し，海外でも中国やイラン等12か国から報告されている（Kheireddine et al., 2020）。

虫媒伝染性ウイルス病の防除は，抵抗性品種などウイルスへの対策と農薬散布など媒介虫への対策に大別される。ただし，メロンには市販されたCCYV抵抗性品種がなく，媒介虫であるタバココナジラミを施設に「入れない」，施設で「増やさない」，施設から「出さない」対策で密度を低く抑え感染機会を奪い，被害軽減を図ることが防除の基本となる。また，タバココナジラミと退緑黄化病の発生実態を把握し，CCYVの伝染環を切断するよう個々の対策を組合せることも重要である。

本稿では農林水産省実用技術開発事業「果菜類の新規コナジラミ（バイオタイプQ）等防除技術の開発」および「タバココナジラミにより媒介される新規ウリ科野菜ウイルス病の統合型防除技術体系の開発」で得られた，生産現場におけるメロン退緑黄化病の発生生態および「入れない」対策として使用される防虫ネットの発病抑制効果について紹介する。

I　退緑黄化病の連棟ハウスにおける発生の特徴

生産現場の発生実態を把握するため，2006年9月に定植された熊本市のアールス系メロンハウスで発病株の発生推移および分布を調査した。さらに，ハウスにおけるタバココナジラミの分散や発病株拡大の特徴を知るため，2010年に研究所内のアールス系メロンハウスで保毒虫の放飼試験を行った。なお，両調査は熊本県内のメロン栽培で広く利用されている両側面および棟と棟の連結部（以下谷部）に換気用の開口部を持つ連棟プラスチックハウス（以下連棟ハウス）で行った（図-1）。

発病株率は側面および谷部の開口部に隣接した畝で高く，その傾向は初確認時から収穫時まで継続した。開口部に隣接する畝，隣接しない棟中央部の畝の発病株率は定植20～60日後を中心に両者が同調するように増加した（図-2）。CCYVは感染から発病までに約20日を要すること（行徳，2008），常に発病株率が開口部に隣接し

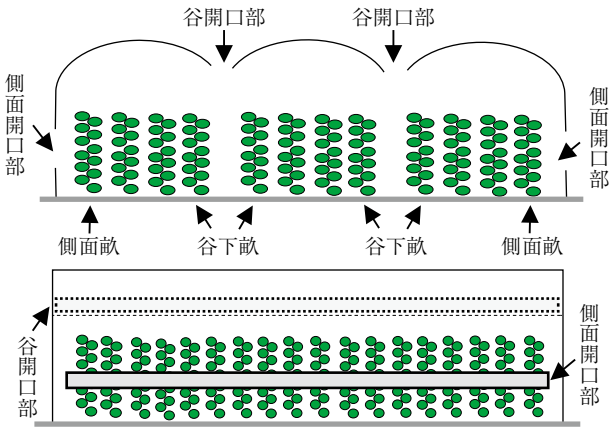


図-1　連棟ハウスの構造と開口部の設置位置の模式図

Effect of Insect-proof Nets and Occurrence of Melon Chlorotic Yellows Disease in Multispan Plastic Greenhouses.　By Yutaka Gyoutoku, Nobuki Ejima, Saeko Sakamoto and Shinichi Hayashida

（キーワード：タバココナジラミ，メロン退緑黄化病，防虫ネット，CCYV）

現所属：　*住友化学株式会社アグロ事業部営業部福岡営業所
**熊本県農林水産部生産経営局農業技術課
***熊本県農林水産部生産経営局農産園芸課
****熊本県農林水産部生産経営局農地・担い手支援課

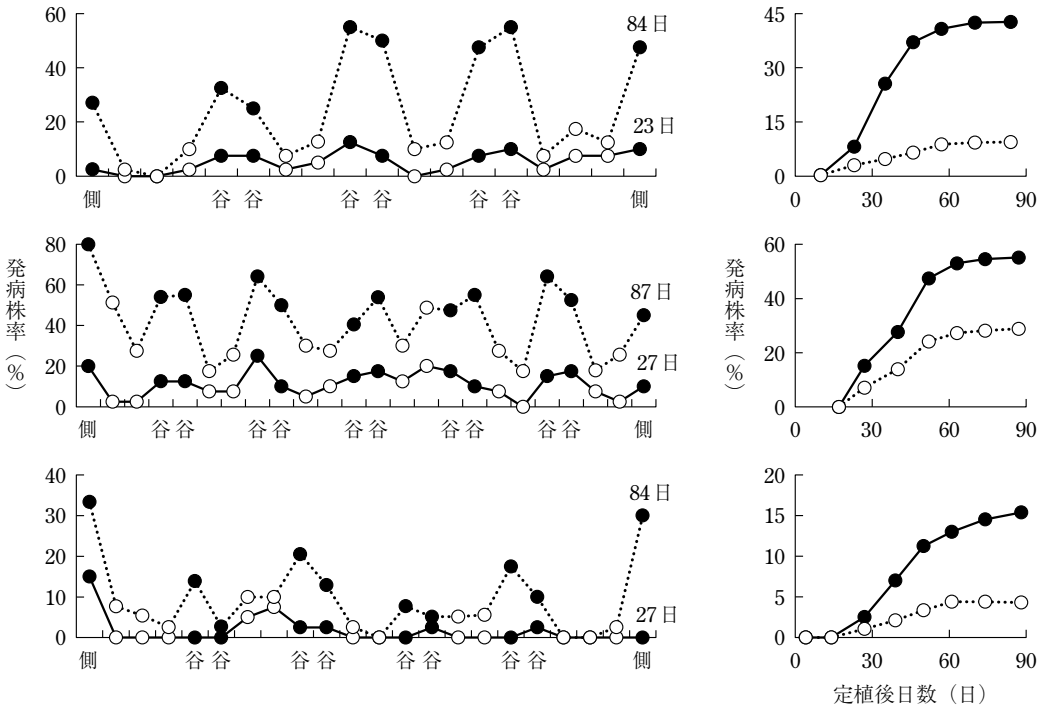


図-2　連棟ハウスにおけるメロン退緑黄化病の発生
左：発生初期（23日，27日）と収穫期（84日，87日）における畝ごとの発病株率．図中の側は側面開口部に隣接した畝，谷は谷開口部に隣接した畝であることを示し，その発病株率を●で示す．
右：開口部に隣接した畝（●）および隣接しない中央部の畝（○）における発病株率の推移．

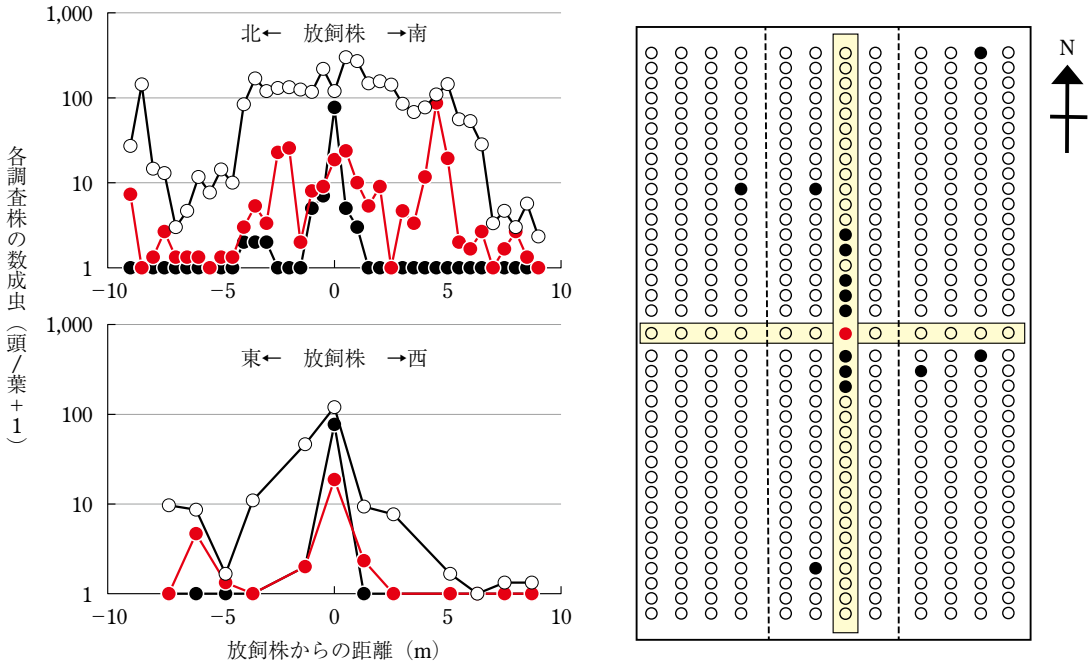


図-3　放飼ハウスにおける発病株の位置（右）および放飼株からの距離とタバココナジラミ成虫密度の関係（左）
3連棟（各棟4畝，畝間1.3 m，株間0.5 m）の中央（●）に保毒虫144頭を放飼．●●は収穫時までに発病した株，○は未発病株．黄色の網掛けはタバココナジラミ成虫の調査株．南北は放飼畝（左上），東西は畝間方向（左下）で，●は放飼10日後，●は同42日後，○は同73日後の各調査株の成虫数．

た畝で高く推移することから，CCYV の感染は定植後に開口部から侵入する保毒虫によって始まり，拡大すると推測された。

放飼試験は 11 月 24 日に定植したアールス系メロンで実施した。定植当日に保毒率 100％の個体群から採集したタバココナジラミ成虫 144 頭を 3 連棟ハウスの中央に放飼し，放飼株と同一畝の株（以下放飼畝）および直角方向の株（以下畝間方向）で寄生成虫数を，全株を対象に発病の有無を調査した。なお，試験期間中は無防除とし，コナジラミの侵入を防止するためすべての開口部に目合 0.4 mm の防虫ネット（以下 0.4 mm ネット）を設置した。

放飼 10 日後，放飼個体の約半数にあたる 76 頭が放飼株にとどまっていた。放飼株以外の調査株に移動した個体も 20 頭確認されたが，畝間方向で確認された個体は 1 頭と，放飼畝の 19 頭に比べ少なかった。また，確認された 96 頭の移動距離は 10 日間で最大 4.0 m，平均 0.24 ± 0.07 m（平均 ± SE 以下同じ）であった。日数が経過するにしたがい，放飼畝の寄生は両側に広がりながら密度も高まったが，畝間方向の拡大は放飼畝に比べ緩やかに進行し，密度も収穫期まで低く推移した（図–3 左）。発病は 443 株中 15 株で確認された。そのうち 9 株は放飼株を中心として放飼畝で発生した。一方，隣接する 2 棟の発生は 3 株および 1 株と少数であった（図–3 右）。以上の結果は，CCYV の感染が保毒虫の移動によってハウス内の広い範囲に及ぶものの，主に同一畝上で進展することを示しており，発病株の発生が収穫期まで開口部に隣接した畝で高い状態が維持される一因と考えられる。

Ⅱ　防虫ネットの発病抑制効果

防虫ネットは害虫のハウス内への侵入防止対策として広く普及している。害虫種によって有効な防虫ネットの目合は異なる。タバココナジラミの侵入抑制には 0.8 mm 以下が必要であり，0.4 mm ネットではおおむね 1/5 以下となる（松浦ら，2005）。タバココナジラミが媒介するトマト黄化葉巻ウイルスでは，0.4 mm ネットを開口部に設置することで黄化葉巻病の発病を抑制できることが報告されている（小川・内川，2004；大矢・植草，2009）。CCYV においても，これらの報告を基に利用されているが，その効果について調査されていない。そこで，2010 年にメロンを中心にキュウリ，スイカ等の CCYV 感染作物が周年栽培されている地域の連棟ハウスで，ネットの種類，設置状況と収穫期における側面開口部に隣接した畝（以下側面畝）およびハウス中央の谷開口部に隣接した畝（以下谷下畝）の発病株率を調査し，0.4 mm ネットの発病抑制効果を評価した。なお，調査ハウスとして 1 km 四方の範囲からタバココナジラミ密度と保毒虫率が高まる 7～9 月にアールス系メロンが定植された連棟ハウス 20 棟を選定した。

保毒虫がハウス内を広範囲に移動することから，調査畝の発病には隣接する開口部だけでなく他の開口部における防虫ネットの有無や種類が影響すると考えられる。調査ハウスの開口部の状態には 0.4 mm ネット設置，目合 1.0 mm 防虫ネット（以下 1.0 mm ネット）設置，寒冷紗設置およびネット未設置があった。このうち，侵入抑制効果が認められない 1.0 mm ネットおよび寒冷紗をネット未設置と同一区分とし，調査ハウスを表–1 に示す四つに分類し比較した。

側面開口部に 0.4 mm ネットを設置した 0.4 + 0.4 ハウスおよび 0.4 + 1.0 ハウスの側面畝の発病株率は 13.6 ± 4.7％，23.5 ± 5.0％と 1.0 + 1.0 ハウスの 72.8 ± 10.3％に比べて有意に低かった（図–4 左）。谷開口部に 0.4 mm ネットを設置した 0.4 + 0.4 ハウスおよび 1.0 + 0.4 ハウスの谷下畝の発病株率も 4.8 ± 1.4％，15.5 ± 4.0％と 1.0 + 1.0 ハウスの 58.5 ± 10.0％に比べ有意に低かった（図–4 右）。したがって，開口部への 0.4 mm ネット設置は，現地で使用される連棟ハウスにおいて退緑黄化病の発病抑制に有効であり，すべての開口部に設置することで発病株率を 1/5 以下に低減できることが明らかとなった。

ただし，0.4 mm ネットは 1.0 mm ネットなどに比べ通気性が低く，ハウス内の温度が上昇する（森山ら，2008；松浦，2009）。本県の主力作である秋作，秋冬作メロンは気温が高い 7～9 月に定植される。0.4 mm ネットの設置は熱中症の発生リスクが高まるなど作業者への負担が大きく，導入の障害となるため，通気性の高い素材を使用したネット（松浦，2009）や遮光資材，循環扇利用技術の開発等，降温対策について検討が必要である。

表–1　防虫ネットの発病抑制効果調査におけるハウス分類

ハウス分類	側面開口部	谷開口部
0.4 + 0.4 ハウス	0.4 mm 防虫ネット	0.4 mm 防虫ネット
0.4 + 1.0 ハウス	0.4 mm 防虫ネット	1.0 mm 防虫ネットまたはネット未設置
1.0 + 0.4 ハウス	1.0 mm 防虫ネットまたは寒冷紗	0.4 mm 防虫ネット
1.0 + 1.0 ハウス	1.0 mm 防虫ネット	1.0 mm 防虫ネットまたはネット未設置

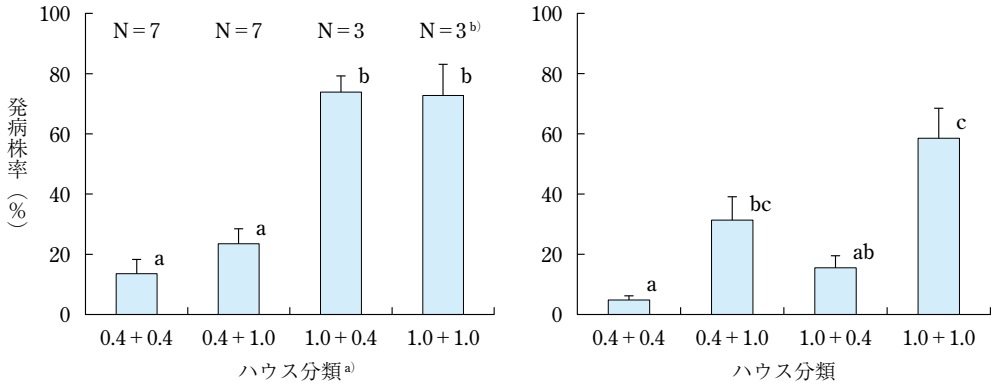


図-4　ハウス開口部におけるネットの設置状況が側面畝（左）と谷下畝（右）の退緑黄化病発病株率に及ぼす影響（行徳・江島，2020）
a) 表-1 の分類．b) 調査ハウス数．異なる英小文字間には有意差があることを示す（発病株率をアークサイン変換したのちTukey's multiple comparison testで検定，$p < 0.05$）．エラーバーは標準誤差．

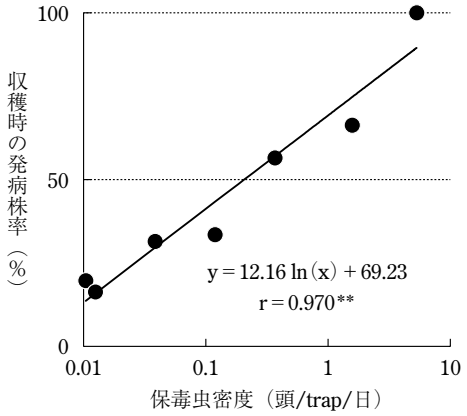


図-5　ハウス周辺の定植期の保毒虫密度と収穫期の退緑黄化病発病株率の関係
県内 4 地域のメロン栽培ハウスで調査．保毒虫密度＝黄色粘着トラップ捕獲虫数/trap/日×CCYV 保毒虫率．

表-2　メロン栽培ハウス a) における定植期と収穫期の保毒虫密度

調査項目 b)	定植期	収穫期	
タバココナジラミ密度（頭/trap/日）	1.4 ± 0.8	9.8 ± 4.0	* c)
保毒虫率（%）	14.3 ± 4.6	39.9 ± 11.0	**
保毒虫密度（頭/trap/日）	0.18 ± 0.08	6.27 ± 3.94	**

a) 熊本県内の 3 地域から各 3 棟を選び調査．b) タバココナジラミの密度調査には黄色粘着トラップを使用．PCR 法で粘着トラップに捕獲された個体の保毒を検定．保毒虫密度は両者の積．c) 各調査項目の定植期と収穫期に有意差があることを示す（Wilcoxon signed-rank test）．

III 「出さない」対策の重要性

2011 年に県内 4 地域で 7～9 月にメロンを定植した連棟ハウスおよび単棟プラスチックハウスで施設内外のタバココナジラミ成虫密度，保毒虫率および発病株率を調査した。また，保毒虫密度をタバココナジラミ成虫密度と保毒虫率の積で推定した。先に述べた通り，ハウス内の感染は侵入した保毒虫によって始まり，拡大することから，ハウス周辺の保毒虫密度が高いほど，発病株率が高くなると予想される。今回の調査でも両者に有意な相関が認められており（図-5），「入れない」，「増やさない」対策の効果向上にハウス周辺の保毒虫密度の抑制が重要であることが示唆された。

CCYV の自然感染植物としてカラスウリなど数種の雑草が知られている（影山ら，2017）。しかし，その存在頻度は低く，メロン生産地における保毒虫の主な発生源はメロンの栽培ハウスである。ハウス内のタバココナジラミ成虫密度および保毒虫率は栽培期間中に高まり，収穫期の保毒虫密度は 6.27 ± 3.94 頭/トラップ/日と栽培初期の 0.18 ± 0.08 頭/トラップ/日から有意に高まった（表-2）。増殖した保毒虫は栽培期間中からハウス周辺へと移出し，その量は栽培終了後の片付け時に最多となる。このため，「出さない」対策として栽培終了時の密閉処理（古家，2006；杖田ら，2007）が実施されるが，同時に 0.4 mm ネットを開口部に設置するなど栽培期間中の移出防止も重要である。また，メロン退緑黄化病の発病株率は定植から 40 日間の薬剤散布で低く抑えることが可能である（樋口・行徳，2011）。このため，防除の重点が栽培期間の前半に置かれているが，保毒虫の移出を考慮し，定植 40 日以降のタバココナジラミ防除を含めた体系へと見直す必要もある。

お　わ　り　に

メロン退緑黄化病の発生はメロン栽培ハウスで増殖した保毒虫が周辺環境へ移出し，再びメロン栽培ハウスに侵入することで繰り返されている。0.4 mm ネットは，生産者が使用する大規模な連棟ハウスにおいても退緑黄化病の発病株率を低く抑えており，効果の高い「入れない」対策である。また，ハウス内で発生した保毒虫の移出抑制も期待できることから，退緑黄化病の発生の連鎖を切断する有効な防除手段と考えられる。

ただし，0.4 mm ネットのみでタバココナジラミの侵入，移出を完全に防ぐことはできない。退緑黄化病の被害を効率的に低減するには，侵入したタバココナジラミを防除する「増やさない」対策や施設内で増殖した保毒虫を「出さない」対策を組合せ，ハウスだけでなく地域全体の保毒虫密度を低く抑えることが重要である。

引　用　文　献

1）古家　忠（2006）：植物防疫 **60**：544～546.
2）古田明子ら（2008）：日植病報 **74**：218（講演要旨）.
3）行徳　裕（2008）：植物防疫 **62**：424～426.
4）――――・江島暢喜（2020）：熊本農研セ研報 **27**：16～21.
5）――――ら（2009）：日植病報 **75**：109～111.
6）樋口聡志・行徳　裕（2011）：植物防疫 **65**：534～537.
7）影山智津子ら（2017）：関東東山病虫研会報 **64**：27～29.
8）Kheireddine, A. et al.（2020）：Plant disease **104**：1264.
9）松浦　明ら（2005）：九病虫研会報 **51**：64～68.
10）松浦昌平（2009）：農業および園芸 **84**：999～1002.
11）森山美穂・行徳　裕（2011）：日植病報 **77**：34（講演要旨）.
12）森山友幸ら（2008）：福岡農総試研報 **27**：99～101.
13）小川恭弘・内川敬介（2004）：九病虫研会報 **50**：72～76.
14）Okuda, M. et al.（2010）：Phytopathology **100**：560～566.
15）大矢武志・植草秀敏（2009）：関東病虫研報 **56**：29～32.
16）杖田浩二ら（2007）：応動昆 **51**：197～204.

新しく登録された農薬（2021.1.1～1.31）

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」

●アシベンゾラル S－メチル・フルジオキソニル水和剤

24481：**メダリオンアクション水和剤**（シンジェンタ）21/1/27
アシベンゾラル S－メチル：0.25%
フルジオキソニル：50.0%
西洋芝（ベントグラス）：褐条病，炭疽病：発病前～発病初期

●フルオピコリド水和剤

24482：**ローバーフロアブル**（バイエル）21/1/27
フルオピコリド：40.0%
西洋芝（ベントグラス）：ピシウム病，赤焼病：発病前～発病初期

「殺虫殺菌剤」

●シアントラニリプロール・イソチアニル水和剤

24473：**ミネクトブラスター顆粒水和剤**（シンジェンタ）21/1/13
シアントラニリプロール：15.0%
イソチアニル：40.0%
稲（箱育苗）：いもち病，イネドロオイムシ，イネミズゾウムシ，ニカメイチュウ：は種時～移植当日

●テトラニリプロール・ピメトロジン・イソチアニル・ペンフルフェン粒剤

24474：**ヨーバルパワー EV 箱粒剤**（バイエル）21/1/13
テトラニリプロール：1.5%
ピメトロジン：3.0%
イソチアニル：2.0%
ペンフルフェン：2.0%
稲（箱育苗）：いもち病，紋枯病，白葉枯病，イネドロオイムシ，イネミズゾウムシ，ニカメイチュウ，コブノメイガ，イネツトムシ，フタオビコヤガ，ツマグロヨコバイ，ウンカ類：は種時（覆土前）～移植当日
稲（箱育苗）：内穎褐変病，もみ枯細菌病：移植 3 日前～移植当日

●テトラニリプロール・イソチアニル・ペンフルフェン粒剤

24475：**ヨーバルプライム EV 箱粒剤**（バイエル）21/1/13
テトラニリプロール：1.5%
イソチアニル：2.0%
ペンフルフェン：2.0%
稲（箱育苗）：いもち病，紋枯病，白葉枯病，イネドロオイムシ，イネミズゾウムシ，ニカメイチュウ，コブノメイガ，イネツトムシ，フタオビコヤガ，ツマグロヨコバイ：は種時（覆土前）～移植当日
稲（箱育苗）：内穎褐変病，もみ枯細菌病：移植 3 日前～移植当日

（34 ページに続く）

研究報告

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

岐阜県農業技術センター　渡辺（わたなべ）　秀樹（ひでき）

はじめに

トマトの施設栽培において，灰色かび病は最重要病害の一つである。開花直後の花弁や葉先枯れ部位等から感染することが多く，果実や茎葉等へ発病が進展すると，被害が大きくなる。冬春作型では，夜温の上昇に伴って暖房機の稼働時間が減少し，施設内の相対湿度が高くなりやすい2～3月ころに発病が増加する。

本病の防除に殺菌剤散布は欠かせないが，灰色かび病菌は薬剤耐性が発達しやすい。1970年代には，ベンゾイミダゾール剤などの耐性菌が各地で確認され問題となった（山本，1975；尾松ら，1991；竹内，1993）。2000年代に上市されたQoI剤やSDHI剤でも耐性菌が確認されており（Ishii et al., 2009；鈴木ら，2012），岐阜県内のトマト産地では，複数の薬剤に耐性を有する灰色かび病菌が約6割以上を占めている（渡辺，2019）。それ故，耕種的対策や環境改善によって灰色かび病菌の感染機会を減少させ，持続可能な防除対策を構築することは喫緊の課題である。

灰色かび病やべと病，疫病等の好湿性病害にとって，湿度は発病因子である。そのため，施設内の湿度を制御することによって発病の軽減が可能である（渡辺，1982）。近年，温風暖房機を活用した改善手法が開発され，ピーマン黒枯病，シソ斑点病，キュウリべと病，ミニトマト疫病等の防除で結露センサー付き暖房機制御装置の有効性が報告されている（牛尾・竹内, 2006；下元・鈴木，2010；下元，2014；國友ら，2016）。そこで，冬春作型のトマト栽培における灰色かび病を対象として，同装置を用いた環境改善と薬剤散布との併用による防除効果を検討した（渡辺，2020）。本稿では，その概要を紹介する。

I　灰色かび病菌の感染好適条件と湿度制御

灰色かび病菌の生育温度は2～31℃，適温は23℃前後である（岸，1998）。分生子は93％以上の相対湿度で発芽し（Snow, 1949），感染には95％以上の相対湿度が5時間必要であったと手塚ら（1983）は報告している。トマト灰色かび病は，枯死した花弁や葉先枯れ部から感染

図-1　感染花弁（矢印）を介したトマト灰色かび病の発病

Efficient Control of Tomato Gray Mold Disease by Combination of Humidity Control and Fungicide Spraying.　By Hideki Watanabe

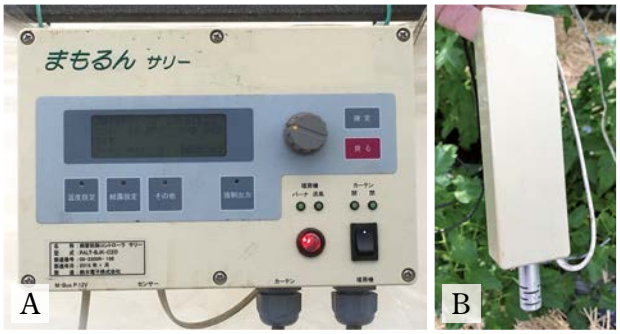
（キーワード：灰色かび病，湿度制御，防除）

する場合が極めて多い。花弁や葉先枯れ部に付着した分生子は，好適環境下で発芽して発芽菅を伸長し，好適条件が続くと菌糸を発達させて，二次伝染源となる（図–1）。一方で，発芽後まもない分生子は，乾燥条件に数時間以上遭遇すると生存率が大幅に低下する。トマトの枯死花弁に灰色かび病菌の分生子を接種し，高湿度下でいったん発芽させたのち，相対湿度 60％程度で数時間維持すると，罹病花弁の二次伝染源としての病原力は大きく低下した（渡辺，未発表）。これらのことから，本病の感染好適条件が続く際には，積極的な湿度制御によって感染リスクの低減が可能と考えられる。

Ⅱ　湿度制御装置と薬剤散布の併用効果

2017 年 10 月～18 年 4 月に，隣接した 2 棟の温室（各 6 × 20 m）を供試して試験を行った。10 月 17 日にトマト苗（品種：‘CF 桃太郎 J’）を定植した。各施設に設置した暖房機（ネポン KA–205）は，12℃以下で作動するよう設定した。うち 1 棟は，結露制御施設として結露センサー付き暖房機制御装置（鈴木電子株式会社 まもるんサリー，図–2）を用い，通常の加温だけでなく結露センサーの値が設定値以上に達した場合に暖房機を作動（3 分間燃焼，17 分間送風）するようにした。結露センサーの応答値は，作物の表面結露を判断する新たな指標で単位は定められていない。相対湿度が 80％以上で上昇し始め，95％以上で急激に上昇する特性がある（國友ら，2016）。予備試験により，灰色かび病菌の感染好適条件である 95％前後の相対湿度は，結露値で 120 前後を示したことから，装置は結露値 120 以上で作動するようにした。もう 1 棟は慣行施設として結露制御を行わなかった。両施設内には，薬剤散布区と無散布区を配置した（12 株，6 m², 3 反復）。薬剤散布区は，表–1 に示すように耐性菌発生リスク（FRAC, 2020；殺菌剤耐性菌研究会，2020）が低～中の薬剤を主体としてローテーションで散布した（表–2）。各区の灰色かび病の発病を随時観察するとともに，発病果実数をおおむね 2～4 日間隔で調べた。

灰色かび病の初発生は，両施設ともに 1 月中旬に確認された。慣行施設では，1 月中旬以降に病葉が増加し，2 月中旬には下位葉にも発病の進展が多数認められた（データ略）。果実の発病は 3 月上旬に急増し，慣行施設の無散布区では 45.7％の果実に発病が認められた（図–3）。同施設では，薬剤散布区でも 40.8％の果実が発病した。これと比較して，結露制御施設の発病は 3 月上～中旬に明らかに少なくなった。試験終了時における慣行施設の無散布区の累積発病果率は，17.9％であった（表–3）。同施設の薬剤散布区の累積発病果率は 11.9％で，程度は低いものの防除効果は認められた。これに対して，結露



図–2　暖房機制御装置（まもるんサリー）
A：本体，B：結露センサー．

表–1　供試殺菌剤

殺菌剤名	耐性リスク	FRAC コード
キャプタン水和剤	低	M4
イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤	低	M7
水和硫黄剤	低	M2
TPN 水和剤	低	M5
ポリオキシン水和剤	中	19
フルジオキソニル水和剤	中	12
炭酸水素カリウム水溶剤	未発生	NC

表–2　薬剤散布区の防除履歴

月日	薬剤名	月日	薬剤名
10/24	炭酸水素カリウム水溶剤	2/8	水和硫黄剤※
	キャプタン水和剤	2/15	スピロメシフェン水和剤※
11/13	イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤	2/16	ポリオキシン水和剤
11/28	炭酸水素カリウム水溶剤		TPN 水和剤
	水和硫黄剤	3/7	フルジオキソニル水和剤
12/22	イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤	3/20	イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤
1/12	水和硫黄剤※	4/10	フルジオキソニル水和剤
1/23	キャプタン水和剤		

注）※は無散布区も散布した（主にサビダニ対象）．

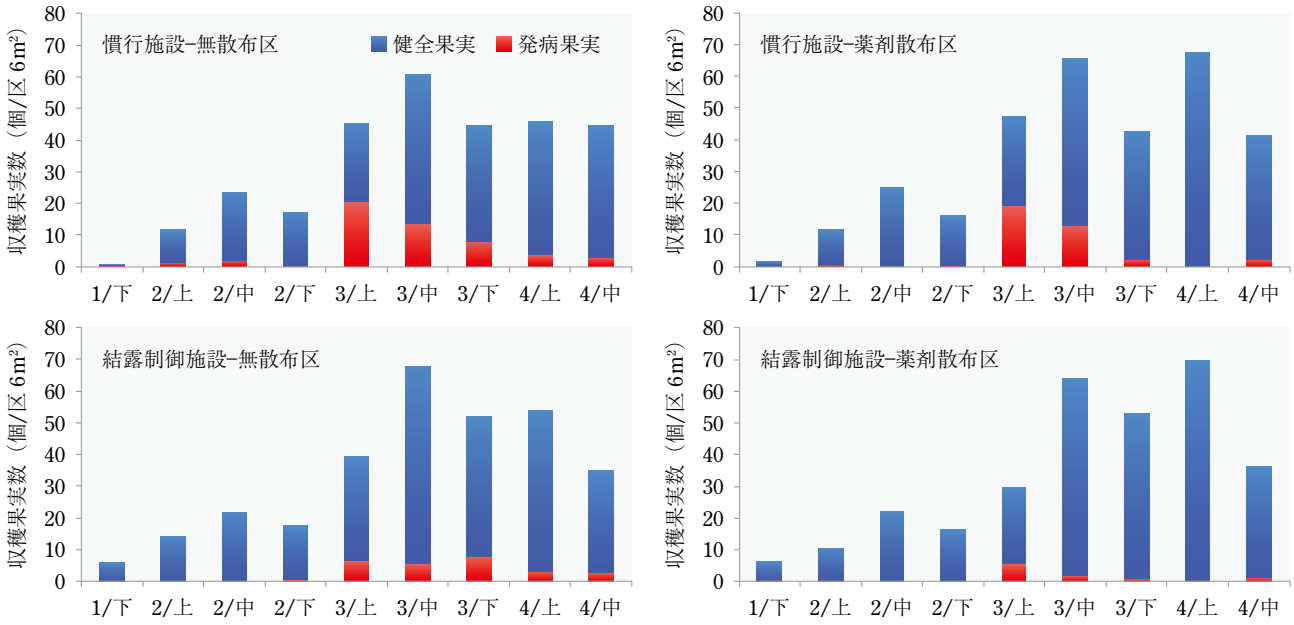


図-3　灰色かび病の発病推移

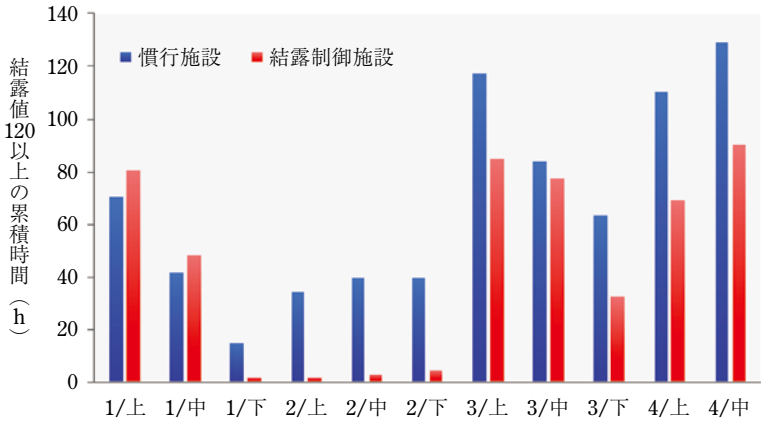


図-4　結露値が 120 以上に達した時間の推移（渡辺，2020 を一部改変）

表-3　灰色かび病の累積発病果率（渡辺，2020）

試験区	発病果数/調査果数	発病果率（%）
結露制御施設–薬剤散布区	31/925	3.4 ± 1.3 a
結露制御施設–無散布区	82/921	8.9 ± 2.2 b
慣行施設–薬剤散布区	114/955	11.9 ± 3.2 b
慣行施設–無散布区	158/883	17.9 ± 0.1 c

注）発病果数および調査果数は，3 反復の合計値，発病果率は 3 反復の平均値 ± 標準誤差を示す．発病果率（3 反復の合計値）を χ^2 検定で比較，（$P < 0.05$），Bonferroni 法で有意水準を補正した．異なる英小文字間には有意差があることを示す．

制御施設の無散布区における発病果率は 8.9%で，慣行施設の薬剤散布区と同程度であった。また，薬剤散布区の発病果率は 3.4%と低く，結露制御と薬剤散布を併用することによって，薬剤散布のみの 11.9%と比較し，発病果率は 1/3 以下に減少した。

各施設内における結露値の状況を図-4 に示す。結露制御施設において，結露値 120 以上に達した累積時間が，1 月上～中旬に慣行施設より減少しなかった要因は不明であるが，1 月下旬から 2 月下旬にかけて慣行施設より顕著に減少した。3 月上旬以降は 120 以上の結露値に達した時間が両施設で急増したが，結露制御施設では慣行施設より少なく推移した。相対湿度についても，同様の傾向が認められた。図-5 に 3 月 19～20 日における温湿度の推移例を示す。慣行施設では，夜間を通じて 12℃以上の気温で経過したため暖房機が稼働せず，相対湿度は灰色かび病菌の感染好適条件である 95%前後で推移した。一方，結露制御施設は，結露センサーによって暖房機が断続的に稼働したため，気温は慣行施設より約 2℃高く，相対湿度は 90%前後で推移した。灰色かび病

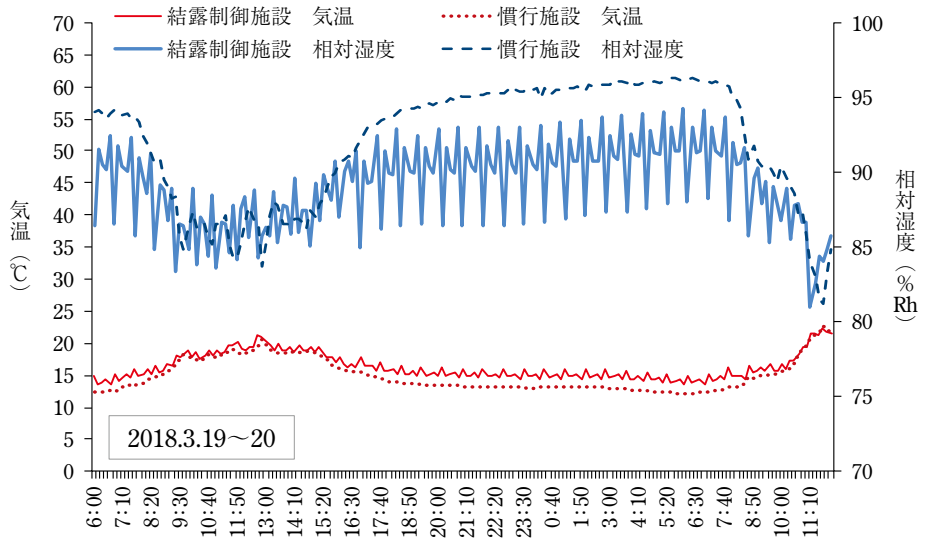


図-5　施設内温湿度の推移例（渡辺，2020 を一部改変）

菌の分生子は，90%の相対湿度下では発芽しない（手塚ら，1983）。これらのことから，結露制御施設で灰色かび病の発生が慣行施設より少なく推移したのは，結露センサーにより暖房機が稼働することによって施設内の多湿環境が改善され，灰色かび病菌の初期感染および感染拡大が抑制されたためと考えられた。

以上に示したように，本試験では暖房機を活用した湿度制御と耐性菌発生リスクが低い殺菌剤を中心とした防除体系を併用することで，トマト灰色かび病の被害を著しく軽減することができた。暖房機の稼働時間は慣行施設に対して 13.6%増加したものの，施設 1 棟（120 m^2）当たりの燃料コストの増加に対し，被害軽減による増収額が上回った。今後は，暖房機制御に換気窓とカーテン制御等を組合せることによって，さらに効果的な活用が可能と考えられる。

お　わ　り　に

ベンゾイミダゾール剤耐性菌などの出現を背景として，施設栽培では 1970 年代から湿度環境の改善に関する研究が精力的に進められ，現地への技術導入も進められてきた（渡辺，1982）。しかし，残念なことに QoI 剤や SDHI 剤等の新たな「特効薬」が開発されるたび，これら薬剤の過度の使用によって耐性菌の発達を繰り返している。持続可能な防除体系を実現するには，耐性菌発生リスクが低い保護殺菌剤を中心に薬剤を構成し，リスクが高い殺菌剤を使用する場合には殺菌剤使用ガイドライン（殺菌剤耐性菌研究会）に沿って適正使用することが求められる。一方で，保護殺菌剤は一般的に感染後の散布では防除効果が低下しやすい弱点があり，本稿で示したような環境改善技術を組合せて感染リスクの低下を図ることは極めて重要である。今回の試験で使用した結露センサー付き暖房機制御装置は，多湿時に環境を自動で改善することができるため，実用性が高く，取り組みやすい技術である。さらに最近では，温室内の各種環境データをスマートフォンなどで容易に可視化できるようになり，病害抑制のための湿度制御も一層取り組みやすくなってきた。今後は，これらも積極的に活用してさらに効率的な防除技術を構築していきたい。

引　用　文　献

1）FRAC（2020）: URL：https://www.frac.info（2020 年 11 月確認）
2）Ishii, H. et al.（2009）: Pest Manag. Sci. **65**: 916～922.
3）岸　國平 編（1998）: 日本植物病害大事典，全国農村教育協会，東京，p.477.
4）國友映理子ら（2016）: 関東東山病虫研報 **63**: 18～21.
5）日本植物病理学会 殺菌剤耐性菌研究会（2020）: URL：http://www.taiseikin.jp（2020 年 11 月確認）
6）尾松直志ら（1991）: 九州病虫研報 **37**: 15～20.
7）下元祥史・鈴木菊雄（2010）: 四国植防研究 **45**: 38（講要）.
8）――――（2014）: 植物防疫 **68**: 443～446.
9）Snow, D.（1949）: Ann. Appl. Biol. **36**: 1～13.
10）鈴木啓史ら（2012）: 日植病報 **78**: 56（講要）.
11）竹内妙子（1993）: 関東東山病虫研報 **40**: 47～49.
12）手塚信夫ら（1983）: 野菜試験場報告 A **11**: 105～111.
13）牛尾進吾・竹内妙子（2006）: 関東東山病虫研報 **53**: 51～54.
14）渡辺康正（1982）: 化学と生物 **20**: 753～759.
15）渡辺秀樹（2019）: 日本農薬学会誌 **44**: 236～240.
16）――――（2020）: 関西病虫害研究会報 **62**: 133～136.
17）山本　磐（1975）: 植物防疫 **29**: 194～196.

研究報告

「広義の *Pseudomonas marginalis*」が抱える諸問題

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 遺伝資源センター 澤田宏之（さわだひろゆき）

はじめに

Pseudomonas marginalis は長い歴史のある学名であり，その誕生は100年ほど前にまで遡る。Brown（1918）によって“*Bacterium marginale*”として記載されたレタス葉の病原菌が，その後，Stevens（1925）により *Pseudomonas* 属へと移され，この時点で *P. marginalis* が誕生した。それ以降，様々な作物の病害に本種が関与しているとの報告が世界各地で相次ぎ，20世紀後半には典型的な「多犯性の腐敗病菌」として広く知られるようになった（Bradbury, 1986）。本種には三つのpathovar（pathovar *alfalfae*, *marginalis*, *pastinacae*）が設けられているが，このうちのpathovar *marginalis* の宿主範囲が極めて広く，33種類の植物で自然発病が認められるとされていた（Bradbury, 1986）。一方，pathovar *alfalfae* はアルファルファ，pathovar *pastinacae* はアメリカボウフウ（パースニップ）の病原として記載されている。

本種が関与する病害の研究が20世紀後半に進んだ背景には，簡便な同定・診断手法が普及したことがある。その中でも特に，Lelliott et al.（1966）によるLOPAT類別法（表–1）が果たした役割は極めて大きいと考えられている。本法では，5種類（補助的性状も加えると9種類；表–1）の表現形質を調べることによって，蛍光色素を産生する主要な植物病原性 *Pseudomonas* 属細菌が判別できるとされており，迅速な対応が求められる場面で広く使われてきた。我が国でも，LOPAT類別法をはじめとする簡易同定法（西山，1991；Schaad et al., 2001, 等）を診断の中に取り込むことによって，様々な新病害の研究が精力的に進められてきた。その結果，31種類の病害において，*P. marginalis*（pathovar *marginalis* が多いが，pathovar未詳のものも含まれている）が病原として記載されるに至っている（日本植物病理学会，2020）。

しかし，近年になり，細菌の分類に分子系統解析やゲノム解析が導入されるのに伴い，表現形質に基づいて構築されてきたこれまでの分類体系が大きく変更されるようになってきた。その結果，主に表現形質に従って同定・記載されてきた病原の学名の中には，見直しが必要なものも出てきている。多犯性の腐敗病菌として数多くの病害にかかわるとされてきた *P. marginalis* も例外ではない。本稿では，農業生物資源ジーンバンクに所蔵されている *P. marginalis* をもとに，その現状を紹介してみたい。

I ジーンバンク所蔵の *P. marginalis* の分類検証

ジーンバンクでは，近年における分類体系の変更や相次ぐ新種記載に対応するために，所蔵菌の学名表記を更新する作業（分類検証）を行っている（青木ら，2018；澤田ら，2018；2019）。*Pseudomonas* 属細菌に関しては，16S rRNAと *rpoD* 遺伝子の配列を用いた分子系統解析に基づいて各所蔵菌の再同定を行い，必要に応じて，その表示学名を最新の分類体系に沿った形へ修正・更新してきた。さらに，その結果を，MALDI–TOF MS（マトリックス支援レーザー脱離イオン化飛行時間型質量分析装置）によるリボソームタンパク質のマススペクトルの分析やゲノム解析，PCR検定等によってクロスチェックしている（澤田ら，2018）。

ジーンバンクには，*P. marginalis* という表示学名が与えられた菌株が多数所蔵されており，これまでにそのうちの145菌株を対象として分類検証を行ってきた。その結果，驚くべき結果が得られつつある。もし，これらの菌株がいずれも「真正の *P. marginalis*」であれば，系統樹上で，*P. marginalis* の基準株と同じ位置づけとなるはずである。しかし実際は，*Pseudomonas* 属のクラスター内において，広範囲にわたって散在してしまうという予想外の結果となった〔澤田ら（2018）における図–1を参照〕。これらの位置づけをより細かく見てみると，その多くは，*P. fluorescens* group（特にそのうちの *P. fluorescens* subgroup）と *P. putida* group のクラスター内に配置されていた（その一部を本稿の図–1に赤字で示した）。一方，*P. marginalis* の基準株（図–1で青字で示した）と位置づけが一致し，「真正の *P. marginalis*」と判定でき

Problems Related to *Pseudomonas marginalis* sensu lato. By Hiroyuki Sawada

（キーワード：*Pseudomonas marginalis*，腐敗病菌，日和見感染，新産種，新種，分子系統，ゲノム，ジーンバンク）

表-1　本稿で紹介した菌種の比較[a)]

	P. marginalis（真正）	*P. grimontii*	*P. salomonii*	*P. kitaguniensis*	*P. allii*	*P. cyclaminis*	*P. brassicae*
菌種の位置づけ							
旧来の分類	← 広義の *P. marginalis* →						
現在の位置づけ	真正 *P. marginalis*	← 真正 *P. marginalis* に該当しない菌種 →					
		日本新産種	日本新産種	新種	新種	新種	新種
関与する病害	レタス腐敗病など	カブ腐敗病	ニンニク春腐病	ネギ腐敗病	タマネギ腐敗病など	シクラメン芽腐細菌病	ブロッコリー花蕾腐敗病
LOPAT 類別法							
主要性状：							
（L）レバン産生	＋*	＋	＋	＋	＋	－	－
（O）オキシダーゼ活性	＋	＋	＋	＋	＋	＋	＋
（P）ジャガイモ塊茎腐敗	＋*	＋	＋*	＋	W～＋	＋	＋
（A）アルギニンジヒドロラーゼ	＋	＋	＋	＋	＋	＋	＋
（T）タバコ過敏感反応	－*	－	－	－	－	－	－
補助的性状：							
グルコン酸の酸化	＋	＋	＋	W～＋	W～＋	＋	－
マーガリン加水分解	＋	＋	＋	＋	ND	ND	－
硝酸塩の還元	＋	＋	－*	－	＋	－	－
スクロースからの酸の産生	＋*	＋	＋	－	－	－	－
類別群の判定	IVa	IVa	IVa[b)]	IVa[b)]	IVa[b)]	IVb	IVb
アピ 20NE[c)]							
菌種間で差が認められる項目：							
硝酸塩の還元	＋	＋	－*	－	＋	－	－
エスクリンの分解	＋	＋	－	＋	－	＋	－
資化性：							
D-マンノース	＋	＋	＋	＋	＋	＋	－
マルトース	W～＋	＋	－	－	＋	＋	＋
アジピン酸	W～＋	＋	－	－	＋	＋	＋
酢酸フェニル	＋*	＋*	－	－	－	－	＋
プロファイル番号	1557777*	1557777*	0157555*	0557555	1157775	0557775	0155777

a) ＋：陽性，－：陰性，W：弱陽性，*：例外あり，ND：未実施．
Sawada et al.（2019），Sawada et al.（2020 b～d），Sawada et al.（2021 a～b）より作成．

b) IVa 群は，硝酸塩の還元とスクロースからの酸の産生がいずれも陽性になるとされているが（西山，1991），Lelliott et al.（1966）の試験では陰性になる事例も認められている．

c) 27℃で 4 日間培養後に結果の判定を行った．

たのは，わずか 13 菌株のみであった。

ジーンバンクでは，この結果を踏まえて，*P. marginalis* の基準株とは位置づけが異なる 132 菌株の表示学名を，暫定的に「*Pseudomonas* sp.」へ変更したところである（澤田ら，2018）。しかし，「*Pseudomonas* sp.」のままでは，植物病理学をはじめとする様々な研究分野や，実際の防除にかかわる多くの関係者にとって大変不都合である。そこで，ジーンバンクでは現在，これらをいかに取り扱うべきかについて検討を進めている。その過程で得られつつある成果を，次章で具体的に示したい。なお，本稿では以後，「真正の *P. marginalis*」と，「それに該当しなかった *Pseudomonas* sp.」を一つにまとめて，「広義の *P. marginalis*」と表記する（表-1）。

II　真正の *P. marginalis* に該当しない腐敗病菌

以下に示す腐敗病菌は，LOPAT 類別法で IVa（一部は IVb）となることなどを主な根拠として *P. marginalis* と同定されていたが，ジーンバンクの分類検証（澤田ら，

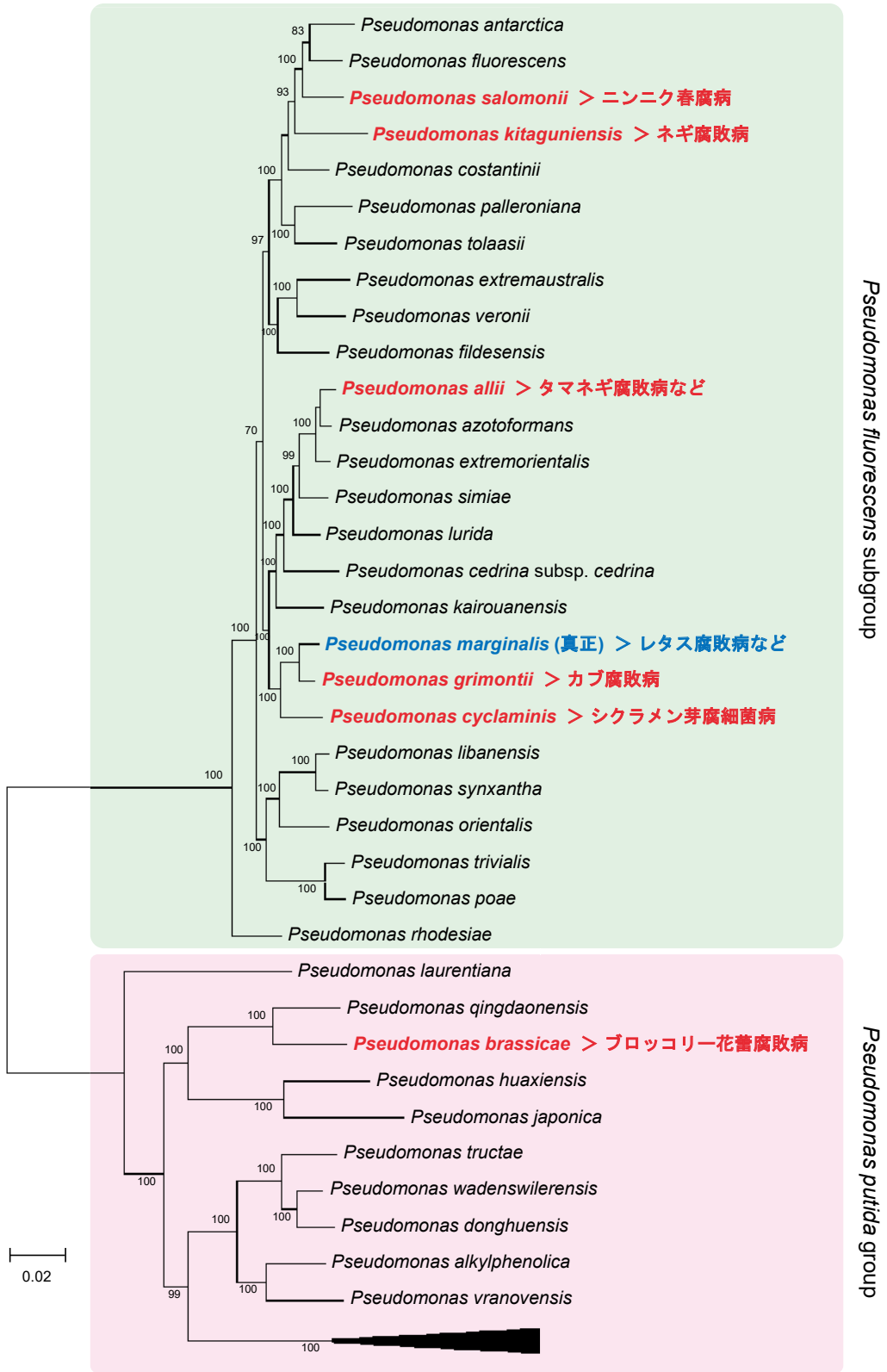


図-1　*P. fluorescens* subgroup および *P. putida* group のゲノム系統樹
これらのグループに属する菌種の基準株を対象として，それぞれのゲノム配列から 387 個の指標遺伝子のデータ（ゲノム当たり 82,956 アミノ酸残基）を抽出し，その連結配列に基づいて最尤系統樹（ブートストラップ解析：1,000 回反復）を構築した．なお，*P. putida* group の一部の菌種は圧縮表示してある．また，「真正の *P. marginalis*」は青，「真正 *P. marginalis* に該当しないことが判明した腐敗病菌（を含む菌種）」は赤で示してある．さらに，それぞれの菌種が関与している病害名を，学名の右に示した．

2018）によって「真正 *P. marginalis*」ではないことが判明したものである。これらの分類上の所属を再検討したところ，日本新産種や新種に相当することがわかってきた（表−1 に赤字で示した）。

1　カブ腐敗病菌は *P. grimontii* である

2012 年 4〜5 月に，北海道の道南地域における春まきハウス作型のカブで，下位葉に激しい葉枯症状が発生した。さらに，根冠部の表面が褐変する，主根の内部が褐変・腐敗する，出荷後の根部表皮に褐色のしみ症状が発生する等の被害も認められるようになった（図−2）。発生直後に行われた緊急調査の結果に基づき，本症状は *P. marginalis* による「カブ腐敗病（bacterial rot of turnip）」と記載された（堀田ら，2014）。

しかし，ジーンバンク所蔵の本病菌について分類学的に再検討したところ，本病菌は *P. fluorescens* subgroup に属するものの，*P. marginalis* ではなく，その姉妹群に相当する *P. grimontii* であることが判明した（図−1）（Sawada et al., 2019）。しかも，この研究によって，カブ腐敗病が新病害として提案された際（堀田ら，2014）に，提案の根拠として用いられた菌株のすべてが，実際は *P. grimontii* であることが明らかとなった。そこで，日本植物病名目録における本病の病原を，*P. marginalis* から *P. grimontii* へ差し替えることを提案し（Sawada et al., 2019），承認されたところである（日本植物病理学会，2020）。

これまで我が国には *P. grimontii* の分離報告が存在しないことから，本研究が本邦初の事例となる。なお，*P. grimontii* はそもそも，瓶詰めされたミネラルウォーターから分離された菌株を元に，フランスで記載された菌種であり（Baïda et al., 2002），どのような意義のある細菌であるのかは不明とされていた。しかし，本研究によって *P. grimontii* は，植物病原細菌として警戒が必要な菌種であることが明らかとなった。ただし，*P. grimontii* の基準株（CIP 106645^{T}）からは，カブに対する病原性が認められないことから，種内には多様性が存在するようである。

2　ニンニク春腐病菌の一部は *P. salomonii* である

我が国では 3〜6 月ころにかけて，ニンニクの葉や鱗茎に細菌性の腐敗症状が発生することがあり，「ニンニク春腐病（spring rot of garlic）」という病名が与えられている（木村・橋本，1982；日本植物病理学会，2020）。その原因菌としては，*P. marginalis*，*P. cichorii*，*Erwinia* sp. が報告されていた。その中でも特に *P. marginalis* の分離頻度が際立って高く，原因菌の 8 割近くを占めることから，*P. marginalis* が本病の主因ではないかと推測されていた（木村・橋本，1982；木嶋，1991）。しかし，ジーンバンク所蔵の本病菌を分類学的に再検討したところ，*P. fluorescens* subgroup には属するものの，*P. marginalis* とは系統的に大きく異なる *P. salomonii* であることが明らかとなった（図−1）（Sawada et al., 2020 b）。

P. salomonii はもともと，ニンニクに「カフェオレ病」を引き起こす原因菌としてフランスで記載された菌種であるが（Gardan et al., 2002），これまでフランスとイタリア以外では分離報告がなかった（Jacques et al., 2009）。カフェオレ病と春腐病の記載を比較してみると，地上部が腐敗・枯死する，鱗茎の表面が褐変するという病徴（図−3）に関しては，両者に共通していることが確認できた。ただし，「鱗茎内部が腐敗する」という現象は，

図−2　*P. grimontii* によるカブ腐敗病（Sawada et al., 2019）
根冠部の表面が褐変する（左図），主根の内部が褐変・腐敗する（右図）等の症状が発生する．

図-3　*P. salomonii* によるニンニク春腐病（Sawada et al., 2020 b）
地上部が腐敗・枯死したり（左図），収穫後の乾燥処理時に鱗茎の表面や切断面が褐変する（右図）．
これらの症状は，カフェオレ病でも報告されている．

カフェオレ病では観察されておらず，一部の春腐病罹病個体でのみ報告されていることが判明した。

なお，本研究（Sawada et al., 2020 b）に供試した 14 菌株はいずれも，地上部の病変や鱗茎表面の褐変部分から分離されているが，その際に分離源として用いられた罹病個体では，鱗茎内部の腐敗症状は確認されていない。さらに，これらをニンニクへ接種しても，鱗茎内部が腐敗する現象は認められなかった。

以上のことから，我が国で発生している春腐病のうち，鱗茎内部が腐敗しないタイプに関しては，少なくともその発生の一部に *P. salomonii* が関与していることが本研究によって確認できたことになる。そこで，*P. salomonii* を，本病の病原の一つとして追加することを提案し（Sawada et al., 2020 b），承認されたところである（日本植物病理学会，2020）。一方，鱗茎内部が腐敗するタイプに関しては，今後，関与する原因菌やその症状の発生要因についてさらに精査する必要があると考えている。

3　ネギ腐敗病菌の一部は *P. kitaguniensis*（新種）である

秋田県では，1975 年ころからネギに腐敗症状が発生していた（飯富ら，1983）。本症状では，葉身に不整形の斑点や水浸状の腐敗が発生し，やがて多くの葉身は罹病部から折れ曲がり，後に萎れて枯死に至る（図-4）。1981～82 年にかけて病原学的解析が行われた結果，原因菌は *P. marginalis* と同定され，本症状は「ネギ腐敗病（bacterial rot of Welsh onion）」と命名された（梅川ら，1983）。さらに 2015 年には，北海道でも本病が発生している（西脇，2017）。

図-4　*P. kitaguniensis* によるネギ腐敗病（Sawada et al., 2020 c）
不整形の斑点や水浸状の腐敗が発生し，多くの葉身は罹病部から折れ曲がり，やがて萎凋・枯死する．

ジーンバンクに所蔵されている秋田・北海道由来の本病菌を対象として，各種表現型・遺伝型，およびゲノム解析に基づいて近縁菌種との比較を行ったところ，これらは *P. fluorescens* subgroup に属するものの，*P. marginalis* をはじめとするいずれの既知菌種とも異なることが明らかになった（図-1）。そこで，これらを *Pseudomonas kitaguniensis*（基準株：MAFF 212408）と命名し，新種

として取り扱うことを提案したところ，正式に承認された（Sawada et al., 2020 c）。

ところで，本病の発生に真正 *P. marginalis* がかかわっているか否かについては，現時点で明確な結論を出すことはできないと考えている（澤田，未発表）。そこで，*P. kitaguniensis* を本病の病原の一つとして追加するとともに，*P. marginalis* を病原とする従来までの記載も残しておくことを申請し，認められたところである（日本植物病理学会，2020）。

4　タマネギ腐敗病菌の一部は *P. allii*（新種）である

大内ら（1983）は，タマネギの葉身，葉鞘，あるいは鱗茎に発生する細菌病として，「タマネギ腐敗病（soft rot of onion）」を記載している。本病では，はじめ，葉身に暗緑色・水浸状の小斑点が現れ，やがてそれらは拡大融合するとともに，垂直方向に進展して淡黄緑色～淡褐色の条斑となる。葉鞘や鱗茎組織が侵されると，淡桃色～褐色に変色して腐敗する。その病原としては，これまでに *Burkholderia ambifaria*，*B. cenocepacia*，*B. cepacia*，*B. pyrrocinia*，*Erwinia persicina*，*E. rhapontici*，*P. marginalis* が報告されてきている（大内ら，1983；Sotokawa and Takikawa, 2004；遠ら，2019；Tsuji et al., 2020；Tsuji and Kadota, 2020）。

このうち，ジーンバンクには，タマネギの葉身・葉鞘の病斑から分離され，*P. marginalis* と同定された 6 菌株の本病菌（大内ら，1983）が所蔵されている。これらの所属について再検討した結果，*P. fluorescens* subgroup に属する新種であることが判明したので（図–1），*Pseudomonas allii*（基準株：MAFF 301514）と命名することを提案し，正式に認められたところである（Sawada et al., 2021 a）。

ところで，ニンニク春腐病の場合と同様に，本病でも，鱗茎内部の腐敗がほとんど認められないタイプや，収穫後～貯蔵中に鱗茎が腐敗するタイプ等，様々な発病形態が観察されている。さらに，このうちの特定のタイプと病原との間に，高い相関が認められる事例も明らかになりつつある（遠ら，2019；Tsuji and Kadota, 2020）。このような病原学的・疫学的研究が *P. allii* も含めた形でさらに進展し，本病の発生生態の全体像が解明されることを望みたい。

なお，直近の分類検証によって，ジーンバンク所蔵のトマト腐敗細菌病菌（唐津ら，1995）や，イネ，キャベツ，ヤマノイモ等から分離された細菌も，*P. allii* の範疇に入ることが判明している。したがって，今後は，*P. allii* の宿主範囲や病原性分化の有無についても体系的な調査が必要であろう。

5　シクラメン芽腐細菌病菌の一部は *P. cyclaminis*（新種）である

10～3 月の低温期に，シクラメンの葉柄，花柄，芽，あるいは塊茎に腐敗症状をもたらす細菌病が発生することがあり，「シクラメン芽腐細菌病（bacterial bud blight of cyclamen）」と命名されている（長田・三浦，1984；日本植物病理学会，2020）。*P. marginalis* が原因菌として報告されているが，その中には，LOPAT 類別法によって IVa となる菌群（木嶋・峯岸，1985）と，IVb となる菌群（長田・三浦，1984）の二つのグループが認められていた。

ジーンバンクにはいずれのグループの原因菌も所蔵されているが，後者（IVb となる菌群；表–1）については，分類検証によって真正 *P. marginalis* ではないことが判明していた。そこで，その分類学的な位置づけについて検討した結果，*P. fluorescens* subgroup に属する新種であることが明らかになったので（図–1），*P. cyclaminis* と命名することを提案し，認められたところである（Sawada et al., 2021 b）。

6　ブロッコリー花蕾腐敗病菌の一部は *P. brassicae*（新種）である

ブロッコリーの花蕾に腐敗症状（図–5）をもたらす細菌病が，我が国をはじめとする多くの生産国で発生しており，「ブロッコリー花蕾腐敗病（head rot of broccoli）」と命名されている（Wimalajeewa et al., 1987；Hildebrand, 1989；堀田，2001）。その病原として，我が国ではこれまでに *P. cannabina* pv. *alisalensis*，*P. cichorii*，*P. fluorescens*，*P. marginalis*，*P. viridiflava*，*Pectobacterium carotovorum* が報告されてきている（堀田，2001；日本植物病理学会，2020）。

このうち，*P. marginalis* と同定されていた 4 菌株の本病菌（堀田，2001）について分類学的に再検討したところ，*P. marginalis* が属している *P. fluorescens* subgroup ではなく，*P. putida* group のメンバーであることが判明した（図–1）。しかも，同グループのいずれの既知菌種にも該当しないことが確認できた。そこで，これらを新種〔*Pseudomonas brassicae*（基準株：MAFF 212427）〕として取り扱うことを提案し，正式に認められたところである（Sawada et al., 2020 d）。

ところで，*P. brassicae* も加えると，*P. putida* group には 25 菌種が属することになる（Sawada et al., 2020 d）。この中には，*P. brassicae* 以外にも，植物体や根圏土壌に由来する複数の菌種が含まれている。しかし，我々が知る限り，*P. putida* group に属する菌種が，植物に病気を引き起こすことを明確に証明した研究はこれまでにな

図-5　*P. brassicae* によるブロッコリー花蕾腐敗病（Sawada et al., 2020 d）
花蕾の一部が濃緑色・水浸状となり（左図の矢印），症状が進行すると軟化・腐敗する（右図）.

く，本研究が世界初の事例になると思われる。

P. brassicae が本病の病原に加わったことで，本病の発生にかかわる菌種は七つも存在することになる（堀田，2001；日本植物病理学会，2020）。しかも，この 7 種以外にも，本病の発生には少なくとも複数の新たな病原が関与している可能性が認められている（堀田・澤田，未発表）。また，気候や施肥，圃場の排水性等の条件と，本病の発生程度との間には高い相関のあることも明らかになっている（堀田，2001）。なお，同じく花蕾に発生する病害であるキウイフルーツ花腐細菌病でも，複数の属にまたがる数多くの病原が発生にかかわっている可能性が認められている（三好，2000；澤田・瀧川，未発表）。また，気温，湿度，降水量等の気象要因や栽培条件が，花腐細菌病の発生程度に大きな影響を与えることも報告されている（三好，2000）。以上のように共通点が多いことから，ブロッコリー花蕾腐敗病は，キウイフルーツ花腐細菌病と同じく，弱病原性の腐敗病菌による「日和見感染症」である可能性が考えられる。その発生生態を明らかにするためにも，疫学・病原学的研究のさらなる進展が待たれるところである。

III　残された課題と今後の展望

1　「真正 *P. marginalis*」に該当しない腐敗病菌

「広義の *P. marginalis*」のうち，「真正 *P. marginalis*」の範疇に入らないもの（＝表示学名が *Pseudomonas* sp. へ変更されたもの）を対象として，ジーンバンクでは分類学的研究を精力的に進めてきたところである。しかし，これまでに整理できたのは，前章で述べたようにそのごく一部であり（表-1 に赤字で示した），依然として多くの課題が残されている。

このうち，当然のことながら最も対応が急がれるのは，未整理のまま残された多くの *Pseudomonas* sp. を対象として分類学的研究をさらに加速させ，種としての記載を進めることである。一方，前章で紹介したような，新種や日本新産種であることが判明した腐敗病菌（表-1 における赤字）については，その起源，侵入・伝搬経路，我が国における分布の実態を明らかにすることが，防除対策を講じるうえで求められるであろう。さらに，それぞれの菌種ごとに，宿主範囲や，種内変異・病原性分化の有無についても検討が必要である。

2　「真正 *P. marginalis*」に該当した腐敗病菌

これまでの分類検証によって，ジーンバンク所蔵菌の中には，真正 *P. marginalis* に該当するものが 13 菌株存在することがわかってきた。これらは 6 種類の植物（レタス，シクラメン，シュンギク，ハナキンポウゲ，ダッチ・アイリス，ニンニク）に由来している。この真正 *P. marginalis* に関しても，検討すべき課題が山積していることから，そのうちの代表的なものを紹介しておきたい。

まず，真正 *P. marginalis* は，「多犯性の腐敗病菌」と考えていいのか，あるいは，「宿主範囲がそれぞれで限定された菌株の集合体」と捉えるべきなのか，という難題が残されている。この点を明らかにするには，来歴の異なる真正 *P. marginalis* を可能な限り収集したうえで，各菌株の宿主範囲を慎重に吟味することが必要となる。

また，*P. marginalis*（広義）が病原として記載されてきた31種類の病害（日本植物病理学会，2020）のうち，その発生に真正 *P. marginalis* が実際に関与しているものがどれくらいあるのかについても，明確にする必要があろう。

ところで，*P. marginalis* には三つの pathovar が記載されているが（Bradbury, 1986），いずれも，広義の *P. marginalis* を対象として研究が行われていた時代に設けられたものである。したがって，これらの pathovar を，真正 *P. marginalis* と組合せて使うことは不適切ではないだろうか。上記の諸問題が解決できるまでは，真正 *P. marginalis* 内に pathovar を設定することが妥当か否かについて，判断を下すことはできないであろう。

3　同定の手順

前段までに示した諸問題を解決するには，各病原・病害を対象として疫学・病原学的研究に取り組む必要がある。そのような研究を効率よく進めるには，簡便な同定技術を確立しておくことが極めて重要であろう。なお，これまでに行ってきた分類学的研究の結果，真正 *P. marginalis* と *P. grimontii* 以外の菌種に関しては，アピ20NE（ビオメリュー・ジャパン）における反応に差が認められることがわかっている（表-1）。そのため，この違いを利用すれば，種レベルの同定ができるのではないかと考えたくなる。しかし，菌種内でも例外的な反応が認められること，非病原性の近縁菌種の中には類似した反応パターンを示すものが存在すること，腐敗病の罹病組織には原因菌以外の菌種も混在していることが多いこと等を考慮すると，表現形質に過度に依存することは避けたほうが無難かもしれない。

現時点では，以下に示すような手順が，誤同定のリスクが少ない実用的な同定手法として期待できるのではないかと考えている。

- 分離・純化・保存のいずれかの過程で KingB 培地を用い，被検菌が水溶性の黄色色素を産生することを確認しておく。可能であれば，紫外線ランプの下で観察し，それが黄緑色蛍光色素であることを確認しておきたい。
- 表-2 に示した特異プライマーを用いてコロニー PCR〔具体的な手順は澤田（2015）を参照〕を行い，被検菌からいずれのシグナルが得られるのかを確認する。
- 可能であれば，ジャガイモ塊茎腐敗能の有無を確認しておきたい。これまでに我々が確認した限りでは，非病原性の近縁菌種の中から，陽性を示すものは見いだされていない。
- さらに確実な同定を行いたい場合は，被検菌の *rpoD* 遺伝子の配列を決定したうえで，ジーンバンクの「分類・同定支援システム」（https://www.gene.affrc.go.jp/?db_hom）を利用して相同性検索・分子系統解析を実行する。その際，検索対象を「分類検証済み」に限定すると判定しやすいであろう。詳しい利用手引きは同サイトに用意した。

ただし，*P. cyclaminis* と *P. brassicae* に関しては，現時点で特異プライマーが準備できていないので，早急に開発する必要がある。

お　わ　り　に

これまでの100年程の歴史の中で，広義の *P. marginalis* は，「多様な環境に生息しており，病原力はやや弱いが，宿主範囲は極めて広い多犯性の腐敗病菌」というイメー

表-2　本稿で紹介した菌種に対する特異プライマー

対象となる菌種	標的遺伝子	プライマー名	配列（5'＞3'）	アニーリング温度[a)]	初期変性時間[a)]	増幅産物のサイズ	文献
P. marginalis（真正）	*rpoB*	marginalis-F3 marginalis-R4	CAATCGAAACGCCGGAAGGC GCGGACGCTGGTTGATGCAA	68℃	2分	630 bp	Sawada et al.（2020 a）
P. grimontii	*rpoD*	grimontii-F grimontii-R	TTGCTGCCCAGCGTTTCGGT TTTCGTCAACTTCGTGGCCA	68℃	2分	294 bp	Sawada et al.（2020 a）
P. salomonii	*rpoD*	salomoniiF2 salomoniiR1	GCCCGGACCCGATCATCGCA GTTCTTGCGCACGCAGACGT	68℃	2分	222 bp	Sawada et al.（2020 b）
P. kitaguniensis	*rpoD*	PkitaguniF1 PkitaguniR2	CTGAAGACGACGACGCCGAT GACCGTGCTTTTTCAGCGCT	68℃	2分	141 bp	本稿
P. allii	*rpoD*	PalliiF2 PalliiR1	TCCCAGGCACGGTTGACCAT GCTCGGCAATCGCCTGCTTA	68℃	2分	336 bp	本稿

[a)] それぞれ，AmpliTaq Gold 360（サーモフィッシャーサイエンティフィック）と T100 サーマルサイクラー（バイオラッド）を用い，モノプレックス PCR として至適化した値を示した．その他の反応条件は，AmpliTaq Gold 360 のプロトコール通りである．

ジで捉えられてきた。しかし，今後，研究がさらに進み，本稿で紹介したような諸問題が解決されるにつれ，*P. marginalis* のイメージは変化していくのではないだろうか。そしてその成果は，基礎的な研究だけでなく，防除技術の開発をはじめとする応用研究を加速化することにも直結すると考えている。ジーンバンクでは，*P. marginalis* をはじめとする所蔵菌の分類検証や分類学的研究を今後もさらに進め，信頼できる菌株や情報をユーザーへ提供することによって，植物病原微生物に関連した様々な課題の解決に貢献していきたいと考えている。

謝辞　佐藤衛氏，藤川貴史氏，遠瑞枝氏（以上，農研機構），堀田治邦氏，三澤知央氏（以上，道総研），西村文宏氏（香川農試）には原稿をご高閲いただき，有益なご助言を賜った。本研究には，共同研究者や支援者として，多くの研究者の方々にご参加・ご協力いただいた。また，本研究に供試したジーンバンク所蔵菌は，多数の関係者の方々からご提供いただいたものである。農研機構 遺伝資源センターの皆様には，分類検証を進めるうえで多大なるご支援をいただいた。青柳千佳氏，中島比呂美氏，井垣善美氏，金澤智恵子氏（以上，農研機構 遺伝資源センター）には，ジーンバンク所蔵細菌を対象とした品質管理業務をご担当いただいた。Springer Japan 社と日本植物病理学会からは，図の転載許可をいただいた。ここに記して深く感謝の意を表したい。

引　用　文　献

1）青木孝之ら（2018）：植物防疫 **72**：72～84.
2）Baïda, N. et al.（2002）：Int. J. Syst. Evol. Microbiol. **52**：1497～1503.
3）Bradbury, J. F.（1986）：Guide to Plant Pathogenic Bacteria, CAB International, Farnham Royal, Slough, UK, p.139～140.
4）Brown, N. A.（1918）：J. Agric. Res. **13**：367～388.
5）Gardan, L. et al.（2002）：Int. J. Syst. Evol. Microbiol. **52**：2065～2074.
6）Hildebrand, P. D.（1989）：Can. J. Plant Pathol. **11**：205～214.
7）堀田治邦（2001）：第 21 回植物細菌病談話会講演要旨集，日本植物病理学会，東京，p.15～20.
8）————ら（2014）：日植病報 **80**：57.
9）飯富暁康ら（1983）：同上 **49**：415.
10）Jacques, M. A. et al.（2009）：Eur. J. Plant Pathol. **124**：695～700.
11）唐津達彦ら（1995）：近畿中国農業研究 **89**：9～12.
12）木嶋利男（1991）：作物の細菌病，日本植物防疫協会，東京，p.232～233.
13）————・峯岸長利（1985）：栃木県農業試験場研究報告 **31**：87～99.
14）木村俊夫・橋本　保（1982）：日植病報 **48**：97.
15）Lelliott, R. A. et al.（1966）：J. Appl. Bacteriol. **29**：470～489.
16）三好孝典（2000）：愛媛県立果樹試験場研究報告 **14**：1～66.
17）日本植物病理学会（2020）：日本植物病名目録（2020年8月版），日本植物病理学会，東京，2352 pp.
18）西脇由恵（2017）：日植病報 **83**：71.
19）西山幸司（1991）：作物の細菌病，日本植物防疫協会，東京，p.25～55.
20）長田　茂・三浦喜夫（1984）：日植病報 **50**：421.
21）大内　昭ら（1983）：同上 **49**：619～626.
22）澤田宏之（2015）：同上 **81**：332～340.
23）————ら（2018）：植物防疫 **72**：305～314.
24）————ら（2019）：同上 **73**：167～174.
25）Sawada, H. et al.（2019）：J. Gen. Plant Pathol. **85**：413～423.
26）———— et al.（2020 a）：ibid. **86**：81～85.
27）———— et al.（2020 b）：ibid. **86**：180～192.
28）———— et al.（2020 c）：Int. J. Syst. Evol. Microbiol. **70**：3018～3026.
29）———— et al.（2020 d）：ibid. **70**：5319～5329.
30）———— et al.（2021 a）：ibid. **71**：004582.
31）———— et al.（2021 b）：ibid. **71**：（印刷中）.
32）Schaad, N. W. et al.（2001）：Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria, 3rd edition, APS Press, St. Paul, MN, 373 pp.
33）Sotokawa, N. and Y. Takikawa（2004）：J. Gen. Plant Pathol. **70**：348～352.
34）Stevens, F. L.（1925）：Plant Disease Fungi, Macmillan, New York, p.30.
35）遠　瑞枝ら（2019）：日植病報 **85**：205～210.
36）Tsuji, M. et al.（2020）：J. Gen. Plant Pathol. **86**：24～33.
37）———— and I. Kadota（2020）：ibid. **86**：376～386.
38）梅川　学ら（1983）：日植病報 **49**：415.
39）Wimalajeewa, D. L. S. et al.（1987）：Aust. J. Agric. Res. **38**：735～742.

調査報告

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性の関係

国立大学法人 東京農工大学　河野辺（かわのべ） 雅徳（まさのり）*・杉原（すぎはら） 創（そう）・宮丸（みやまる） 直子（なおこ）

はじめに

農耕地土壌ではカビやバクテリア等の多様な微生物が窒素や炭素循環といった持続可能な農業に必須の活動において重要な役割を果たしている。また，微生物より少し大きめの生物である線虫（0.1～1 mm 程度のひも状の生物）も土壌中に多く生息しており，なかでもカビやバクテリアを捕食する自活性線虫は養分循環や病原体の抑制等に多様な役割を担っている。そのため，土壌線虫の多様性は土壌の健康診断にも有益な指標となっている（Yeates and Bongers, 1999）。一方，線虫の中には植物に寄生して作物の収量減や品質悪化を引き起こす植物寄生性線虫がいて，サトウキビについても線虫による被害が世界的に知られている。日本でも，沖縄のサトウキビにおいて，植物寄生性線虫が新植，株出しとも 2 割程度の収量減を引き起こすことがこれまでの研究でわかってきた（河野辺・宮丸，2019）。

これまで沖縄県北大東島や久米島で行われた調査（河野辺・宮丸，2016）により，サトウキビ畑でネグサレセンチュウとイシュクセンチュウ（図-1）が広範囲にかつ高密度に生息していることが判明し，植物寄生性線虫が沖縄県全域でサトウキビに被害をもたらしているのではないかと危惧されている。一方，沖縄県は南北およそ 400 km，東西 1,000 km の海域に広がる島しょからなり，県内全体で同様の植物寄生性線虫が見られるのかは不明であった。これまで沖縄県の主要サトウキビ産地を網羅する広域線虫調査は実施されていなかったことから，本稿では 2016 年から 3 年にわたって沖縄本島，宮古島（図-2），石垣島で実施したサトウキビ畑の広域線虫調査で明らかになった植物寄生性線虫の生息域と土壌の理化学性との関係，さらにはカビやバクテリア等を捕食する自活性線虫相との関係に関して得られた知見を報告する。

I　線虫および土壌理化学性の広域調査

本調査の対象地域は，沖縄県のサトウキビ生産高トップ 3 の地域である沖縄本島（北部および南部，49 地点），宮古島（20 地点），石垣島（16 地点）の 4 地域で，それぞれ 2016 年 9～10 月，2017 年 8 月，2018 年 7 月に土

図-1　モロコシネグサレセンチュウ（左）とリュウキュウイシュクセンチュウ

Distribution of Lesion and Stunt Nematodes and their Relationship with Environmental Factors in Okinawa Sugarcane Fields.　By Masanori Kawanobe, Soh Sugihara and Naoko Miyamaru

（キーワード：イシュクセンチュウ（*Tylenchorhynchus* sp.），サトウキビ，自活性線虫，植物寄生性線虫，線虫種多様性，地理的分布，土壌理化学性，ネグサレセンチュウ（*Pratylenchus* sp.））

*アグリランド兼務

図-2　宮古島のサトウキビ畑

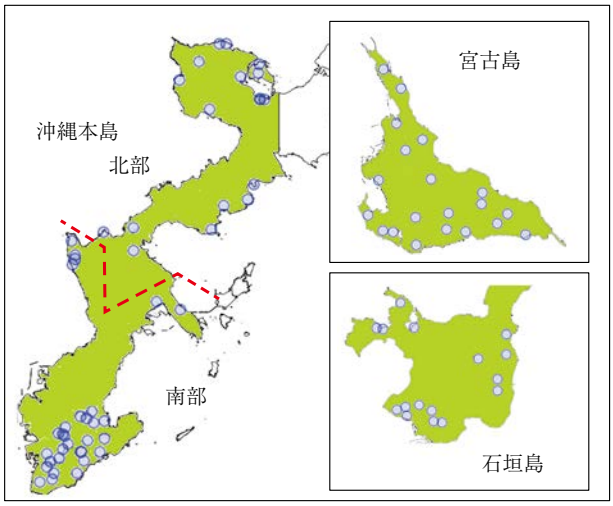


図-3　広域調査地点（Kawanobe et al., 2020 より改変）

壌採取を実施した（図-3）。調査地の年間降水量と日中平均気温を見ると，過去 20 年間の平均で沖縄本島北部は 2,152 ± 425（標準偏差）mm；22.9 ± 0.3℃，沖縄本島南部は 2,210 ± 439 mm；23.4 ± 0.3℃，宮古島は 2,086 ± 317 mm；23.9 ± 0.3℃，石垣島は 2,129 ± 381 mm；24.6 ± 0.3℃ であった。主な土壌は沖縄本島北部と石垣島は国頭マージ（赤黄色土），宮古島は島尻マージ（暗赤色土），沖縄県南部は島尻マージとジャーガル（灰色台地土石灰質）である。

各調査地点での土壌採取は，各畑で無作為に選んだ 5 株のサトウキビの株元 10～15 cm（理化学性調査用は株元 20～30 cm）の位置で表層 30 cm 部分について行った。採取土壌は 5 mm のふるいにかけたうえで線虫抽出に供試した（理化学性調査用土壌は 2 mm のふるいにかけて風乾した）。線虫抽出はベールマン法（20 g 土壌 3 反復，室温，72 時間）のあと同じ土壌をさらに二層遠心法にかけて線虫の抽出もれを回避し，分離した線虫は顕微鏡下で形態的特徴をもとに，また必要に応じて塩基配列（主としてリボソーム RNA の 18S 領域）により同定を行った。

本調査で確認した線虫種は，植物寄生性線虫はネグサレセンチュウ（*Pratylenchus* 属），イシュクセンチュウ（*Tylenchorhynchus* 属），ラセンセンチュウ（*Helicotylenchus* 属），ニセフクロセンチュウ類（*Rotylenchulus* 属），ヤリセンチュウ（*Hoplolaimus* 属），ネコブセンチュウ（*Meloidogyne* 属），ピンセンチュウ（*Paratylenchus* 属），オオハリセンチュウ（*Xiphinema* 属），ワセンチュウで，自活性線虫は細菌（バクテリア）食性線虫（*Acrobeloides* 属，その他 Cephalobidae 科，*Rhabditis* 属，その他 Rhabditidae 科，その他），および糸状菌（カビ）食性線虫（*Aphelenchus* 属，*Aphelenchoides* 属，*Filenchus* 属，*Ditylenchus* 属）と，主として雑食性の Dorylaimida 目が含まれる。さらにネグサレセンチュウとイシュクセンチュウについては，リアルタイム PCR 法を使って種の判別を行った。また，自活性線虫は種の多様度（*H'*：シャノン・ウィナーの多様度指数，*D*：シンプソンの多様度指数），豊富さ（マーガレフ指数），均等度（*J'*），および Maturity Index（生態学的特性によって線虫分類ごとに重み付けをした指標）を用いて多様性の検証を行った。

土壌理化学性は pH（H_2O および KCl），電気伝導度（EC），全炭素，全窒素，可給態リン酸，塩基置換容量（CEC），交換性塩基（カリウムイオン：K^+，ナトリウムイオン：Na^+，カルシウムイオン：Ca^{2+}，マグネシウムイオン：Mg^{2+}）および土壌粒径組成を計測した。調査結果は固定効果（理化学性など）と変量効果（4 地域）を合わせて複数地域間のデータをまとめて分析することのできる混合効果モデルを使って，ネグサレセンチュウ数およびイシュクセンチュウ数に対する理化学性や自活性線虫等の各要素による影響を検証した。

Ⅱ　沖縄 4 地域のサトウキビ畑土壌線虫相と理化学性

全 85 調査地点のうち 8 割を超える地点において植物寄生性線虫数が自活性線虫数を上回り，特に沖縄本島は植物寄生性線虫の割合が高く宮古島や石垣島より多く確認された。また，全植物寄生性線虫のうち，ネグサレセンチュウ，イシュクセンチュウ，ラセンセンチュウが占める割合は全地域で 8 割を超えた（表-1）。地域別には，ネグサレセンチュウやラセンセンチュウが沖縄本島北部で他の地域より多く，イシュクセンチュウは沖縄本島南

部で宮古島や石垣島より明瞭に多かった。多くの畑作物で甚大な被害をもたらすことが知られるネコブセンチュウは，一部調査地点で散見される程度で主要な植物寄生性線虫ではなかった。また，ニセフクロセンチュウの仲間（*Rotylenchulus reniformis* と *R. borealis* を含む）は宮古島や石垣島ではほぼ全地点で確認されたが，沖縄本島北部では3割，南部では7割の調査地点での検出であった。

自活性線虫は沖縄本島で細菌（バクテリア）食性が9割を占め，宮古島と石垣島は7割前後であった。沖縄本島では北部，南部とも自活性線虫のうち約半数が細菌食性の *Acrobeloides* 属である一方，宮古島と石垣島では同属の占める割合は15%ほどであったが（表−2），*Acrobeloides* 属以外の Cephalobidae 科の線虫はどの地域でも2割弱程度であった。また，*Rhabditis* 属は沖縄本島の北部，南部で1割弱を占め宮古島と石垣島と比べて多かったが，*Rhabditis* 属以外の Rhabditidae 科の線虫はどの地域でも1割程度であった。一方で，他の細菌食性線虫は宮古島で全自活性線虫数の3割，石垣島で2割を占め，1割ほどの沖縄本島北部と南部より多かった。糸状菌（カビ）食性の線虫では，*Filenchus* 属が石垣島で全自活性線虫数の1割以上と他の地域より多かった。また，主に雑食性の Dorylaimida 目と肉食（他の線虫などを捕食）性線虫は宮古島と石垣島で多く見られた。自活性線虫の多様度については，シャノン・ウィナー *H'*，均等度 *J'*，分類数，種の豊富さの各指標について，糸状菌食性線虫が多く検出された宮古島と石垣島が沖縄本島北部および

表−1　分類ごとの線虫密度　（頭/20 g 土壌）

	自活性線虫	植物寄生性線虫	ネグサレセンチュウ	イシュクセンチュウ	ラセンセンチュウ	ヤリセンチュウ
本島北部	146 ± 85	372 ± 215	63 ± 40	148 ± 160	153 ± 127	2 ± 2
本島南部	82 ± 52	273 ± 235	17 ± 16	203 ± 191	21 ± 47	3 ± 5
宮古島	128 ± 66	200 ± 112	20 ± 19	77 ± 40	64 ± 66	4 ± 4
石垣島	54 ± 29	146 ± 109	17 ± 23	83 ± 77	23 ± 27	3 ± 7

	ネコブセンチュウ	ピンセンチュウ	ニセフクロセンチュウ*	オオハリセンチュウ	ワセンチュウ
本島北部	0 ± 0	2 ± 5	1 ± 1	0 ± 0	3 ± 5
本島南部	0 ± 1	0 ± 1	27 ± 50	0 ± 0	1 ± 3
宮古島	3 ± 5	0 ± 0	32 ± 24	0 ± 0	0 ± 0
石垣島	0 ± 0	0 ± 0	12 ± 21	0 ± 0	7 ± 12

数値は平均±標準偏差，**Rotylenchulus* 属（Kawanobe et al., 2020 より改変）.

表−2　自活性線虫の分類ごとの割合

	細菌食性				
	Acrobeloides	他の Cephalobidae	*Rhabditis*	他の Rhabditidae	他の細菌食性
本島北部	48% ± 18%	16% ± 10%	8% ± 4%	9% ± 8%	10% ± 4%
本島南部	51% ± 20%	15% ± 10%	7% ± 4%	10% ± 10%	10% ± 4%
宮古島	15% ± 8%	15% ± 5%	0% ± 0%	12% ± 6%	31% ± 14%
石垣島	13% ± 6%	19% ± 9%	3% ± 5%	11% ± 7%	20% ± 7%

	糸状菌食性				主に雑食性 Dorylaimida	肉食性
	Aphelenchus	*Aphelenchoides*	*Filenchus*	*Ditylenchus*		
本島北部	3% ± 4%	0% ± 0%	3% ± 4%	0% ± 0%	3% ± 3%	0% ± 0%
本島南部	2% ± 4%	0% ± 0%	3% ± 3%	0% ± 0%	2% ± 3%	0% ± 0%
宮古島	3% ± 4%	3% ± 3%	4% ± 5%	0% ± 0%	16% ± 9%	1% ± 2%
石垣島	1% ± 1%	2% ± 3%	13% ± 6%	0% ± 0%	16% ± 9%	2% ± 3%

数値は平均±標準偏差（Kawanobe et al., 2020 より改変）.

南部より高い傾向が見られ（シンプソン *D* は逆），多様性が高いことが示された（表–3）。さらに線虫種の生態特性を反映した Maturity Index について見ると，宮古島と石垣島が沖縄本島北部および南部よりも高く，線虫種の特性からみて環境かく乱が少なく安定度が高いことが示唆された。

理化学性については，pH と CEC が沖縄本島北部と石垣島において沖縄本島南部と宮古島より低かった（表–4）。粘土は沖縄本島南部と宮古島が沖縄本島北部と石垣島より割合が高く，砂は逆に沖縄北部と石垣島が沖縄本島南部と宮古島より高かった。また，カリウムイオンは宮古島が他の地域より高く，全炭素と全窒素は宮古島が沖縄本島南部と石垣島より高かった。さらにカルシウムイオンは沖縄本島南部が他の地域より高かった。

III　ネグサレセンチュウ，イシュクセンチュウと土壌理化学性および線虫相の関係

ネグサレセンチュウとイシュクセンチュウは調査地域全域で確認され，北大東島や久米島を対象とした調査（河野辺・宮丸，2016）と同様の結果となったことから，両線虫種は沖縄県全域のサトウキビ畑に生息していることが示唆された。特に沖縄本島北部ではネグサレセンチュウが多く（約 3 割の圃場で 20 g 土壌当たり 80 頭以上：過去の調査で甚大な被害が確認できている水準；Kawanobe et al., 2014）確認された。イシュクセンチュウについては沖縄本島南部で多く確認され（約 8 割の圃場

表–3　自活性線虫の多様性

	シャノン・ウィナー *H'*	均等度 *J'*	分類数	種の豊富さ
本島北部	2.07 ± 0.61	0.90 ± 0.26	6.94 ± 1.39	1.50 ± 0.45
本島南部	1.93 ± 0.64	0.84 ± 0.28	6.58 ± 1.50	1.56 ± 0.35
宮古島	2.43 ± 0.26	1.05 ± 0.11	7.50 ± 1.16	1.61 ± 0.27
石垣島	2.60 ± 0.22	1.13 ± 0.09	7.81 ± 1.47	2.05 ± 0.39

	シンプソン *D*	Maturity Index（MI）	MI（cp2_5）	MI（Cephalobidae 調整）
本島北部	0.34 ± 0.19	1.90 ± 0.12	1.73 ± 0.20	1.26 ± 0.14
本島南部	0.38 ± 0.20	1.87 ± 0.12	1.69 ± 0.21	1.21 ± 0.13
宮古島	0.23 ± 0.06	2.20 ± 0.20	2.08 ± 0.24	1.90 ± 0.22
石垣島	0.19 ± 0.03	2.17 ± 0.24	2.02 ± 0.32	1.84 ± 0.34

数値は平均±標準偏差（Kawanobe et al., 2020 より改変）.

表–4　土壌の理化学性

	pH（H_2O）	pH（KCl）	全炭素（g C/kg）	全窒素（g N/kg）	可給態リン酸（mg P/kg）
本島北部	5.4 ± 1.0	4.3 ± 1.0	0.93 ± 0.63	0.10 ± 0.05	214 ± 229
本島南部	8.1 ± 0.7	7.0 ± 0.7	0.85 ± 0.30	0.10 ± 0.04	103 ± 158
宮古島	6.9 ± 1.0	5.9 ± 1.1	1.17 ± 0.21	0.14 ± 0.02	87 ± 40
石垣島	5.8 ± 1.3	4.9 ± 1.3	0.77 ± 0.21	0.09 ± 0.03	114 ± 115

	EC（mS/m）	粘土（%）	シルト（%）	砂（%）	土壌水分（%）
本島北部	13.0 ± 7.1	33 ± 16	38 ± 9	29 ± 11	14 ± 3
本島南部	14.3 ± 2.6	41 ± 13	50 ± 10	9 ± 12	15 ± 3
宮古島	13.3 ± 7.5	62 ± 11	29 ± 5	9 ± 7	19 ± 3
石垣島	13.5 ± 5.9	30 ± 11	30 ± 8	40 ± 16	14 ± 3

	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	CEC
本島北部	0.3 ± 0.2	0.1 ± 0.1	11 ± 11	1.6 ± 1.7	14 ± 5
本島南部	0.5 ± 0.2	0.2 ± 0.1	36 ± 10	2.7 ± 1.1	18 ± 4
宮古島	1.0 ± 0.9	0.3 ± 0.1	16 ± 10	2.5 ± 0.7	18 ± 3
石垣島	0.6 ± 0.3	0.1 ± 0.1	7 ± 7	1.1 ± 0.7	11 ± 5

数値は平均±標準偏差，交換制塩基と CEC は cmol/kg（Kawanobe et al., 2020 より改変）.

で同 100 頭以上：同水準；照屋，1971），沖縄本島北部で 5 割，宮古島と石垣島では 4 割程度の畑で同水準を上回った。甚大な被害の予備軍としてこれらの水準の半数を基準として見てみると，ネグサレセンチュウは調査対象地点全体の 3 割弱（沖縄本島北部に限れば 7 割以上），イシュクセンチュウは同 4 分の 3 の畑がその水準を超えており，線虫の影響は広い範囲に及んでいると想定される。さらに，ネグサレセンチュウとイシュクセンチュウは地域によってモロコシネグサレセンチュウとそれ以外のネグサレセンチュウ，およびリュウキュウイシュクセ

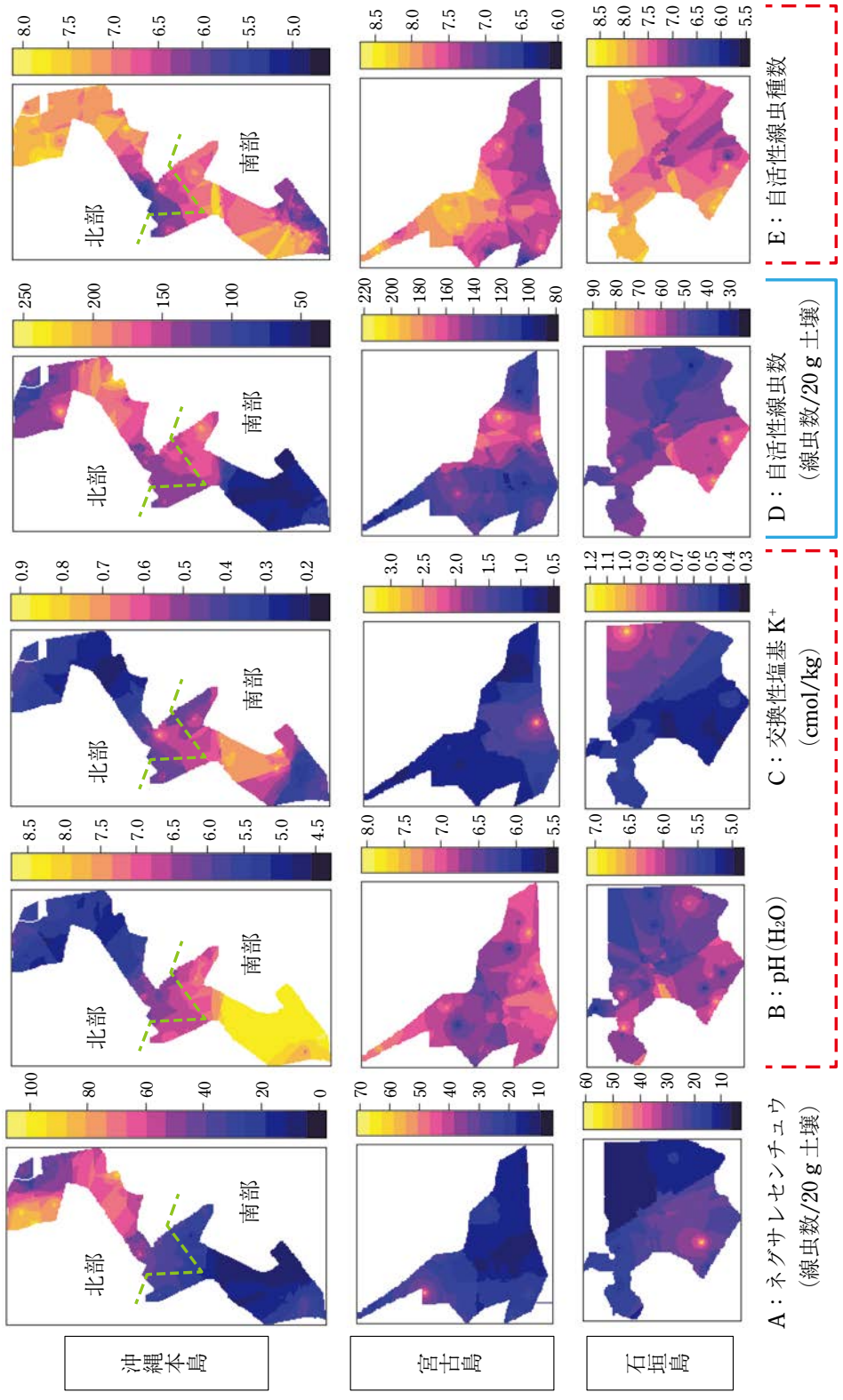


図-4　ネグサレセンチュウの地理的分布と土壌理化学性および自活性線虫の関係
（囲み：赤破線はネグサレセンチュウと負の関係，青実線は同正の関係）（Kawanobe et al., 2020 より転載）

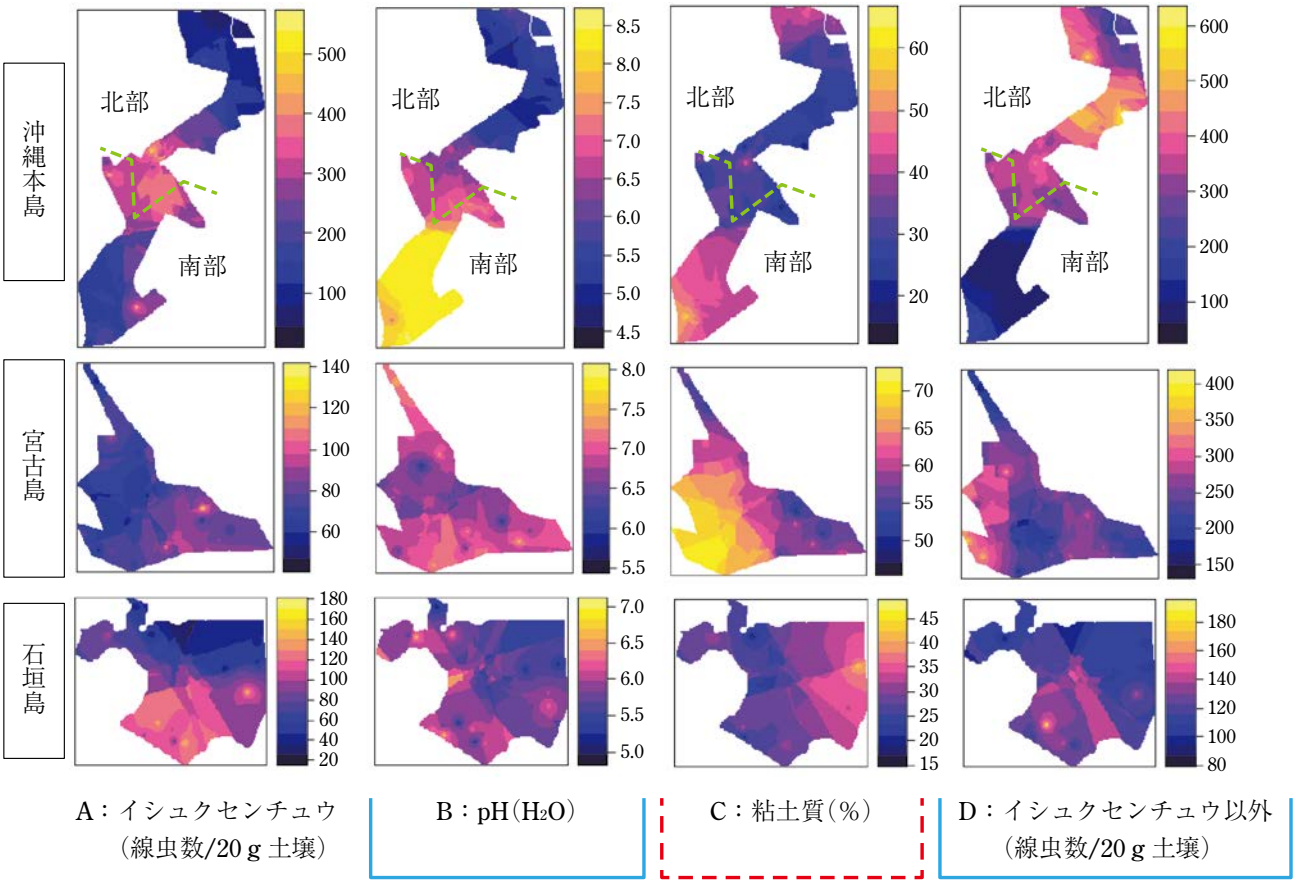


図-5　イシュクセンチュウの地理的分布と土壌理化学性およびイシュクセンチュウ以外の線虫との関係
（囲み：赤破線はイシュクセンチュウと負の関係，青実線は同正の関係）（Kawanobe et al., 2020 より転載）

ンチュウとそれ以外のイシュクセンチュウのいずれか一方の種，あるいは場所によっては同属の 2 種が混在していることも判明した。特に沖縄本島では，ネグサレセンチュウは北部にモロコシネグサレセンチュウ，南部には他のネグサレセンチュウが生息しており，イシュクセンチュウは北部に 2 種混在，南部にはリュウキュウイシュクセンチュウが生息していることがわかった。線虫種による被害度の違いも考えられることから，さらなる調査が必要と思われる。

土壌理化学性との関係では，混合効果モデルの解析結果からネグサレセンチュウに対しては pH とカリウムイオンが負の相関（これらの数値が高くなるとネグサレセンチュウが減少），イシュクセンチュウに対しては pH が正の相関，粘土の割合は負の相関を示した。また，線虫相との関係では，混合効果モデルの解析結果からネグサレセンチュウに対しては自活性線虫数が正の相関，自活性線虫の分類数が負の相関を，イシュクセンチュウに対してはイシュクセンチュウ以外の線虫数が正の相関を示した。これらの関係を図示したものが図-4 および図-5 で，色の違いが各要素の多寡を示している。これらの結果から，ネグサレセンチュウは特に低い pH の地域で多く生息している一方，イシュクセンチュウは高い pH の地域で確認数が多いという関係が示唆された。また，交換性塩基や粘土含量および線虫相の違いがネグサレセンチュウとイシュクセンチュウの生息密度に影響を及ぼす可能性が示された。

自活性線虫の多様性および Maturity Index は，沖縄本島（北部と南部）のグループと宮古島および石垣島のグループの間で地域差があった。自活性線虫については，気候の類似性も含めて地理的な近接性が線虫相の特徴に反映されている可能性が示唆された。また，土壌理化学性については，pH，粘土および砂，カルシウムイオンとマグネシウムイオン，そして CEC は沖縄本島北部と石垣島のグループと沖縄本島南部と宮古島のグループの間で違いがあり，これらの違いは母岩の違いによる土性への影響によるものと考えられる。さらに，土壌理化学性による自活性線虫相の地域別特徴との関係を NMDS（多次元尺度構成法）分析で解析すると，沖縄本島（北部と南部）のグループと宮古島および石垣島のグループに分かれることが示唆され，地理的な近接性および土壌

理化学性それぞれが自活性線虫相に影響を与えていると考えられる。

お　わ　り　に

沖縄県のサトウキビ畑の主要植物寄生性線虫であるネグサレセンチュウとイシュクセンチュウの地理的分布状況を知ることは，線虫害を知りその防除をするための必須の情報となる。また，これらの植物寄生性線虫と土壌理化学性，さらには各種自活性線虫の生息状況との関係も含めて，これまで本邦でのサトウキビ畑の線虫分布の研究は手付かずの状況であった。本稿では，沖縄県のサトウキビ生産高のトップを占める沖縄本島，宮古島，石垣島のサトウキビ畑における植物寄生性線虫と土壌理化学性の地理的分布を明らかにするとともに，植物寄生性線虫と土壌理化学性の関係性を分析した。調査の結果，ネグサレセンチュウとイシュクセンチュウが広域に生息しており，それぞれの線虫種の密度は地域によって偏りがあるもののおおむね高密度であることが判明した。また，ネグサレセンチュウとイシュクセンチュウの密度はともに土壌 pH との相関が強く，さらにネグサレセンチュウは自活性線虫密度と交換性塩基（特にカリウムイオン）濃度と，またイシュクセンチュウは土性（粘土）とその他の線虫密度と相関があることが示唆された。さらに土壌採取した 3 島（4 地域）それぞれ異なる線虫相を持つことがわかり，その違いは主として土壌 pH，土性，交換性塩基が関係している可能性が示唆された。植物寄生性線虫全体で見ると，多くの調査地点で自活性線虫より大幅に多く，自活性線虫の多様性が高い地点でも，植物寄生性線虫によるサトウキビ収量への影響が危惧される。本研究成果はサトウキビ畑における有害線虫防除に資する基礎的知見を提供することを目的とした。なお，本稿の詳しい内容は Kawanobe et al.（2020）に報告されている。

本研究の推進にあたり，沖縄本島，宮古島，石垣島のさとうきび農家の皆様，日本分蜜糖工業会，ゆがふ製糖株式会社，沖縄製糖株式会社，宮古製糖株式会社，石垣島製糖株式会社にご協力いただきました。心から感謝いたします。また，本研究は生研支援センター「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）」（H28～H30 年度）の支援を受けて実施しました。

引　用　文　献

1）Kawanobe, M. et al.（2014）: Nematology **16**(7): 807～820.
2）———— et al.（2020）: Agronomy **10**(5): 762.
3）河野辺雅徳・宮丸直子（2016）: 砂糖類・でん粉情報 **40**(1): 41～50.
4）————・————（2019）: 植物防疫 **73**(3): 150～155.
5）照屋林宏（1971）: 植物防疫 **25**(11): 458～460.
6）Yeates, G. W. and T. Bongers（1999）: Agriculture, Ecosystems and Environment **74**: 113～135.

登録が失効した農薬（2021.1.1～1.31）

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。

「殺菌剤」

●銅水和剤
23168：**キュプロフィックス 40**（ユーピーエルジャパン合同会社）21/1/21

●シメコナゾール・メトミノストロビン粒剤
21202：**イモチミン粒剤**（三井化学アグロ株式会社）21/1/29

「殺虫殺菌剤」

●イミダクロプリド・スピノサド・トリシクラゾール粒剤
20875：**ビームアドマイヤースピノ箱粒剤**（ダウ・アグロサイエンス日本株式会社）21/1/14

●イミダクロプリド・スピノサド・トリシクラゾール粒剤
21490：**パワーリードスピノ箱粒剤**（ダウ・アグロサイエンス日本株式会社）21/1/14

「除草剤」

●グリホサートイソプロピルアミン塩・MCPB 水和剤
20953：**クサピカフロアブル**（三井化学アグロ株式会社）21/1/29

トピックス

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ミカメの発生と今後の対策

新潟県農業総合研究所　石本万寿広（いしもと ますひろ）
新潟県農業総合研究所作物研究センター　岩田大介（いわた だいすけ）

はじめに

アカヒゲホソミドリカスミカメは斑点米カメムシ類の1種で，特に北海道と東北地域の日本海側と北陸地域で発生が多い。本種では，新潟県と山形県において有機リン系殺虫剤のMEPあるいはMPPに抵抗性を示す個体群が確認されている（石本，2004；吉村・越智，2010）。その後，他の地域あるいは他の殺虫剤で抵抗性発達の事例は報告されていない。

ネオニコチノイド系のクロチアニジン剤やジノテフラン剤はアカヒゲホソミドリカスミカメに卓効があることから（石本，2007 a），新潟県では2005年ころから各地で使用が始まった。現在では10年以上にわたり連用されている地域も多く，特にジノテフラン剤の使用が続いている地域が多い。同一薬剤あるいは同一系統の薬剤の連用は，薬剤抵抗性の発達を助長するとされ，上記の抵抗性の事例（石本，2004；吉村・越智，2010）でも，その主な要因はMEP剤あるいはMPP剤の長年にわたる連用と推察されている。筆者らは，主にアカヒゲホソミドリカスミカメのジノテフラン感受性低下を早期に把握することを目的に，感受性検定を継続して実施してきている。その調査の中で，2019年に明らかな感受性低下と評価されるアカヒゲホソミドリカスミカメ個体群が確認された（石本・岩田，2020）。アカスジカスミカメの感受性検定の結果も併せて紹介する。

Ⅰ　アカヒゲホソミドリカスミカメのネオニコチノイド感受性低下の実態

1　感受性検定

2018年までに実施した検定では，明らかに感受性低下と判断される個体群は確認されていなかった。2019年に県内の1地区の個体群でジノテフラン感受性低下が強く疑われる結果が得られた。この地区ではクロチアニジン剤が長年にわたり使用されてきていたことから，クロチアニジン感受性の検定も行うとともに，急遽，他地区の個体群についても検定を行った。本種のジノテフラン感受性に関しては，ジノテフラン剤の使用が始まる前あるいは使用開始初期の2004年，2006年に検定を行ったデータ（石本，2007 c）があることから，このデータとも比較して感受性を評価した。

県内3地区から採集した個体群と，感受性系統として作物研究センターで累代飼育している系統について局所施用法により検定を行った。クロチアニジンのLD$_{50}$値は0.437～1.837 μg/g（感受性系統は0.214 μg/g），ジノ

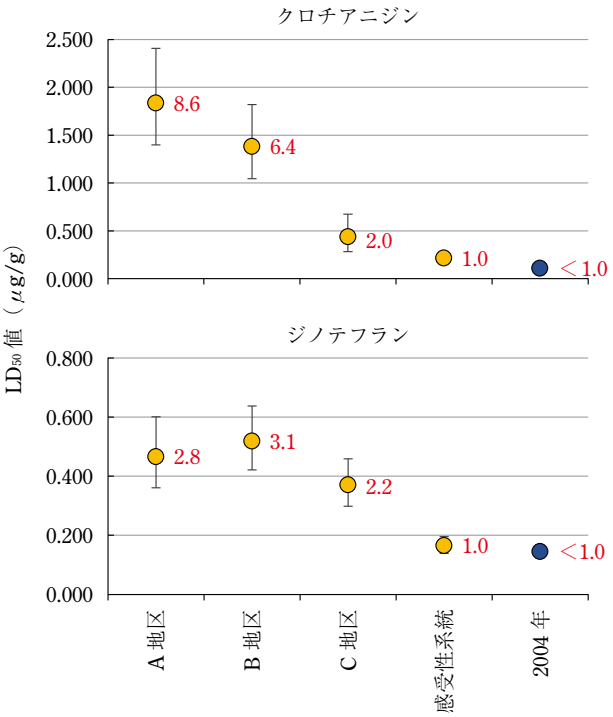


図-1　新潟県内3地区のアカヒゲホソミドリカスミカメ成虫のクロチアニジンとジノテフランのLD$_{50}$値
注）感受性系統は，2016年に作物研究センター内で採集し累代飼育した系統．2004年は，2003年に採集し累代飼育した系統のデータ（石本，2007 c）．誤差バーは95％信頼限界，グラフ内の数字は抵抗性比（石本・岩田，2020より作成）．

Occurrence of Rice Leaf Bug, *Trigonotylus caelestialium* decreased the Susceptibility to Neonicotinoid, and the Future Measures.
By Masuhiro Ishimoto and Daisuke Iwata

（キーワード：アカヒゲホソミドリカスミカメ，ネオニコチノイド，薬剤感受性）

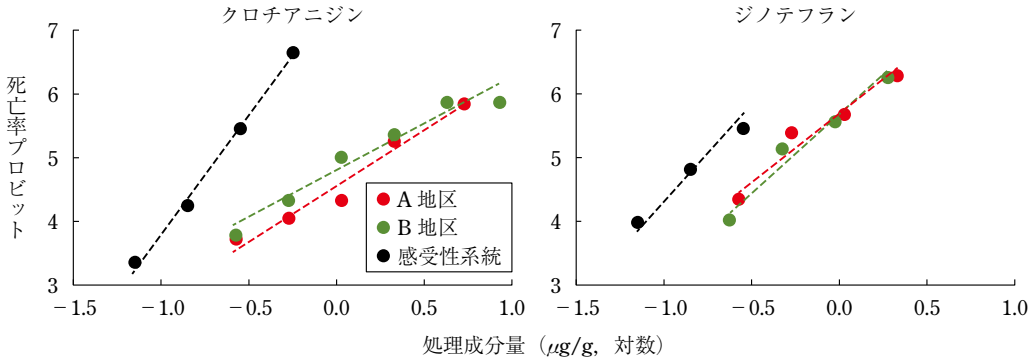


図-2　局所施用法によるアカヒゲホソミドリカスミカメの感受性検定における処理成分量と死亡率プロビットの関係
注）C 地区のデータは省略した（石本・岩田，2020 より作成）．

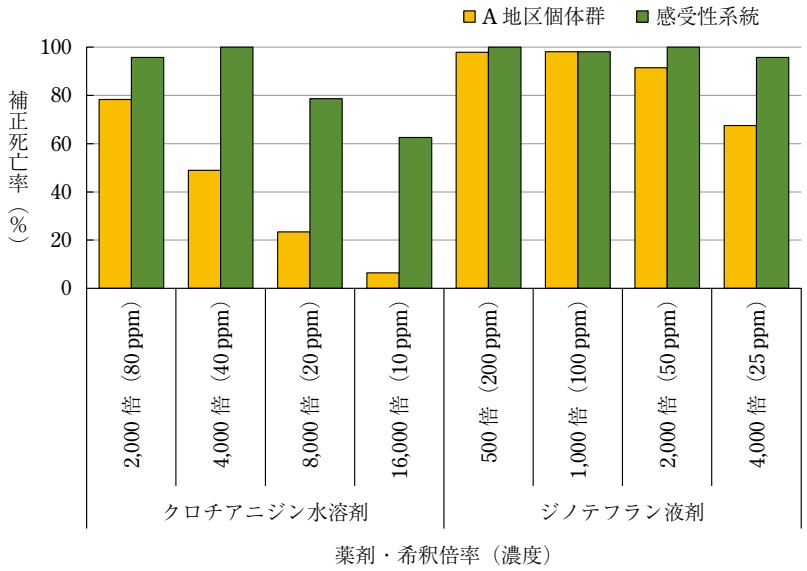


図-3　茎葉浸漬法によるアカヒゲホソミドリカスミカメ雌成虫の死亡率
注）薬液に浸漬し，風乾したコムギ幼苗に雌成虫 10 頭を放飼し，72 時間後に生死を調査した．6 反復の平均，常用濃度は，クロチアニジン水和剤が 4,000 倍，ジノテフラン液剤が 1,000 倍（石本・岩田，2020 より作成）．

テフランの LD_{50} 値は 0.371～0.519 μg/g（感受性系統は 0.165 μg/g）であった（図-1，図-2）。3 地区の個体群のクロチアニジンとジノテフランの LD_{50} 値は，いずれも感受性系統に比べ高かった。また，ジノテフランの LD_{50} 値は，2004 年，2006 年に県内 5 地区の個体群の LD_{50} 値（0.091～0.129 μg/g）（石本，2007 c）に比べても高かった。

今回の局所施用法による結果や過去のデータからクロチアニジンとジノテフランに対する感受性低下は明らかではあるが，防除効果への影響は不明であることから，実際の使用場面に近いと考えられる茎葉浸漬法で評価した。クロチアニジンの LD_{50} 値が最も高い A 地区個体群と感受性系統について，コムギ幼苗を用いた茎葉浸漬法による検定を行った。クロチアニジン水溶剤は 2,000～16,000 倍の 4 段階の希釈倍率を設定した。成虫の死亡率は希釈倍率が高まるほど低下し，いずれの希釈倍率でも A 地区個体群で低かった（図-3）。常用濃度（4,000 倍）での補正死亡率は 48.9%であった。ジノテフラン液剤は 500～4,000 倍の 4 段階の希釈倍率を設定した。感受性系統の死亡率は，いずれの希釈倍率でもほぼ 100%であったが，A 地区個体群の死亡率は 2,000 倍希釈，4,000 倍希釈で低下した。これらの結果から，A 地区個体群のクロチアニジン感受性は，実際の防除効果が低下するレベルであること，ジノテフラン感受性は防除効果が確保できるレベルであると判断された。

2　ネオニコチノイド系殺虫剤の使用歴

アカヒゲホソミドリカスミカメを採集した 3 地区の殺虫剤使用歴を確認した（図-4）。いずれも無人ヘリコプターによる広域防除が実施されている地区である。A 地

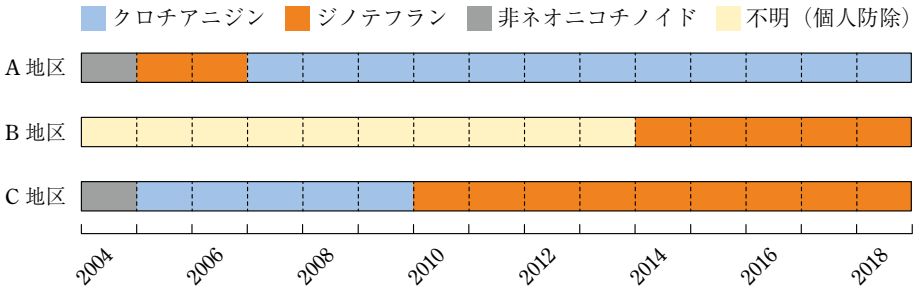


図-4　新潟県内 3 地区の殺虫剤使用経歴
注）無人ヘリコプターによる広域防除（石本・岩田，2020 より作成）．

区では 2005 年から 2 年間ジノテフラン剤が使用され，その後クロチアニジン剤が毎年 1 回使用され続けている。B 地区では 2014 年より広域防除が実施され，ジノテフラン剤が毎年 1 回使用され続けている。C 地区では 2005 年から 5 年間クロチアニジン剤が使用され，その後ジノテフラン剤が毎年 1 回使用され続けている。このように，年数には違いはあるが，いずれもネオニコチノイド系剤が連用されている地区である。

県内では，図–3 で示した地区以外にもジノテフラン剤が長年連用されている地区は多く，長い地区では 2005 年から連用が続いている。

Ⅱ　ネオニコチノイド系殺虫剤が連用される理由

抵抗性管理の基本は異なる系統の殺虫剤のローテーション使用であるにもかかわらず，本県ではジノテフラン剤が長年連用されてきている。その理由としていくつかが考えられる。第 1 にカメムシ類に対する優れた防除効果がある。アカヒゲホソミドリカスミカメの場合，その効果は有機リン剤や合成ピレスロイド剤の 2 回散布を上回る（石本，2007 a）。この効果の高さにより，防除回数が従来の 2 回から 1 回に削減されている。複数品種を一括して防除する広域防除においても高い防除効果が確認され（石本，2007 b；石本・岩田，2017），1 回防除が定着している。第 2 に害虫の発生相がある。本県ではカメムシ類以外に実用上問題となる害虫が少ないため，本田防除ではカメムシ類に対する防除効果を優先して殺虫剤が選択される。第 3 に水面施用粒剤の存在が挙げられる。本県では水稲作付面積のおよそ 1/2 で無人ヘリコプターなどによる広域防除（液剤散布）が実施されているが，このような地区でもその除外地や個人による防除の水田は少なからず存在する。地区内で使用農薬を統一したいとする JA などの意向は強く，除外地散布や個人による散布でも広域防除と同じ成分の殺虫剤の使用を推奨している。これらの防除においてもドリフトが少なく散布しやすい水面施用粒剤がラインナップされていることは地区の農薬選択の重要な条件になっている。

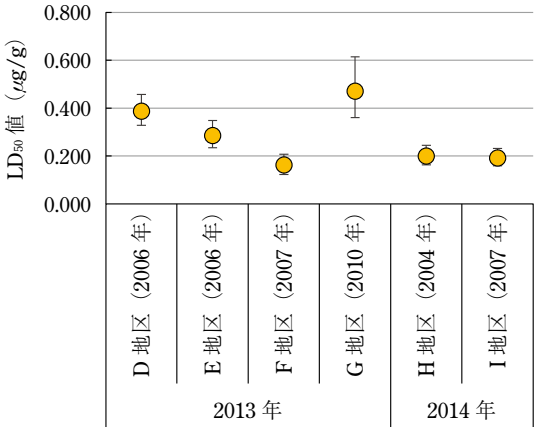


図-5　新潟県内 6 地区のアカスジカスミカメ成虫のジノテフランの LD_{50} 値
注）いずれもジノテフラン剤を連年使用している地区．地区名のかっこ内はジノテフラン剤の広域散布を始めた年次．D 地区は 2007～09 年にクロチアニジン剤を広域散布した．飼育第 1 世代の雌成虫を供試した．誤差バーは 95%信頼限界．

現時点でこれらの条件を満たす殺虫剤には，ジノテフラン剤，クロチアニジン剤とフェニルピラゾール系のエチプロール剤がある（石本，2016 a）。しかし，県内でのエチプロール剤の使用は一部の地区に限られている。その一因として，エチプロール剤はジノテフラン剤に比較して価格が高いことが指摘されている。

Ⅲ　アカスジカスミカメのネオニコチノイド感受性

県内では 2003 年ころからアカスジカスミカメの増加が続き，最近，その発生量はアカヒゲホソミドリカスミカメを上回っている（石本，2016 b）。水田内や畦畔ではごく普通にこれら 2 種が混在している（石本・岩田，2019）。したがって，アカスジカスミカメもネオニコチノイド剤散布の影響を受けていて，感受性が低下している可能性が考えられる。このことから，筆者らは 2013 年と 2014 年に 6 地区の個体群の感受性検定を実施している（図–5）。これら個体群のジノテフランの LD_{50} 値は

0.154～0.471 μg/g で，個体群間で違いが認められている。本種では 2012 年以前の調査データがなく，この違いが殺虫剤使用に伴う感受性低下か，個体群間の感受性のばらつきかの判断はできていないが，今後，注目していく必要がある。

お　わ　り　に

新潟県では，2001 年に国内で初めて斑点米カメムシ類での抵抗性発達を確認した。これはアカヒゲホソミドリカスミカメの MEP 抵抗性であり，当時，MEP 剤はカメムシ防除剤の主要剤であった。斑点米被害のうち MEP 抵抗性の発達に伴う被害がどの程度かを推定できるデータはないが，アカヒゲホソミドリカスミカメ防除試験では MEP 剤の防除効果の明らかな低下が認められていることから（石本，2007 c），MEP 抵抗性の発達によって相当の経済的被害があったと推察される。斑点米カメムシは水田内の密度が低いことから，水田での観察では防除効果の低下に気づくことはほぼないと考えられる。斑点米カメムシ類の抵抗性を早期に把握するには感受性検定によるモニタリングが必要であり，これを踏まえて，小規模ながらアカヒゲホソミドリカスミカメの薬剤感受性のモニタリングを継続してきた。今回，生産現場で被害が顕在化する前にアカヒゲホソミドリカスミカメの感受性低下が確認されたことは一つの成果といえよう。一方，同一の殺虫剤を長年連用することを抑制できなかったことは課題として残っている。今後は，特定の殺虫剤が長年連用されることがないように対策の強化が必要であろう。

本県では今回の結果を受けて，県内全域を対象にアカヒゲホソミドリカスミカメのジノテフラン感受性の検定を進めている。併せて他系統の殺虫剤への切り替えの指導も行っている。さらに，使用できる殺虫剤のラインアップを増やすため，近年新たに登録された殺虫剤の防除効果の評価を行っている。

新潟県以外でもカスミカメムシ類を対象にネオニコチノイド系剤が長年にわたり連用されている地域が少なくないと思われる。しかし，これまでに薬剤感受性の実態に関する報告はなく，アカヒゲホソミドリカスミカメやアカスジカスミカメの感受性検定の実施件数は極めて少ないとみられる。感受性検定では，特に供試虫を確保するための大量飼育に多くの労力と時間を要し，これを簡便化することが課題である。特にアカスジカスミカメは，アカヒゲホソミドリカスミカメに比べ大量増殖が難しく，検定実施の障害になっていると推察される。今後，遺伝子診断法（土田，2013）など，野外採集個体を直接かつ簡便に検定できる手法の開発が望まれる。

引　用　文　献

1）石本万寿広（2004）：応動昆 **48**：348～352.
2）――――（2007 a）：北陸病虫研報 **56**：9～15.
3）――――（2007 b）：同上 **56**：17～21.
4）――――（2007 c）：植物防疫 **61**：201～204.
5）――――（2016 a）：新潟農総研報 **14**：45～51.
6）――――（2016 b）：植物防疫 **70**：787～791.
7）――――・岩田大介（2017）：北陸病虫研報 **66**：1～8.
8）――――・――――（2019）：応動昆 **63**：109～121.
9）――――・――――（2020）：北陸病虫研報 **64**：（印刷中）.
10）土田　聡（2013）：植物防疫 **67**：416～422.
11）吉村具子・越智昭彦（2010）：北日本病虫研報 **61**：121～124.

農林水産省プレスリリース（2021.1.14～2.8）

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。

◆**令和元年度農薬の使用に伴う事故及び被害の発生状況について**（21/1/26）　/syouan/nouyaku/210126.html
◆**新規試験研究課題の募集について（レギュラトリーサイエンス研究推進委託事業）**（21/1/28）　/syouan/gijyutu/210128.html
◆**令和 3 年度「農林水産分野の先端技術展開事業」の公募及び公募説明会の実施について**（21/2/1）　maff.go.jp/ の後に /docs/press/210201.html
◆**「令和 3 年春の農作業安全確認運動」の実施及び「農作業安全確認運動推進会議」の開催について**（21/2/8）　/seisan/sizai/210208.html

トピックス

サツマイモつる割病発生農家圃場における発生要因

茨城県農業総合センター農業研究所　島田（しまだ）　峻（しゅん）

はじめに

サツマイモつる割病は，*Fusarium oxysporum* f.sp. *batatas* によって引き起こされる土壌病害である。発病初期は下葉から黄化し，落葉しやすくなる。病勢が進展すると，茎が地際部から縦に大きく裂け，茎の繊維が露出して典型的なつる割れ症状を示す（図-1）。植付け直後に発病すると枯死するが，塊根の肥大開始以降の生育後期に感染した株では，茎の地際部やいもを切断すると導管褐変が認められるものの，外観の症状は見られない。このような株から収穫した保菌いもを種いもとして苗床に伏せこむと，萌芽した苗に病原菌が移行して苗伝染が起こる（図-2）。外観上健全な感染苗（保菌苗）は，植付け後に発病枯死するだけでなく，採苗時にハサミを通じて病原菌を健全苗に汁液伝染させることが報告されている（小川，1988）。

茨城県のサツマイモの栽培面積は 6,860 ha で全国第 2 位（2019 年），産出額は 249 億円で全国第 1 位（2018 年）と，本県の重要な農産品である（農林水産省，2020 a；2020 b）。また，日本産サツマイモは海外で高く評価され，東南アジアを中心に輸出量は年々増加しており，農産物輸出における成長品目の一つである。

ところが近年，サツマイモつる割病抵抗性がやや弱い‘べにまさり’栽培地域において本病の発生が問題視されており，ベノミル剤による苗の消毒および土壌消毒を実施しても発病株率が 10％を超える事例が報告されるようになった。また，‘ベニアズマ’や‘シルクスイート’栽培地域でも本病の発生事例が報告されている（図-3）。そこで，2016 年に茨城県行方市の当該圃場の発病株から病原菌を分離し，ベノミル剤に対する薬剤感受性を調査したところ，国内未報告のベノミル耐性サツマイモつる割病菌であることが判明した（島田ら，2017）。また，同地域の現地圃場において発病状況を調査したところ，

図-1　発病株のつる割れ症状

図-2　保菌いも内の導管褐変

図-3　つる割病が多発生した‘シルクスイート’栽培圃場

Occurrence Factor of Sweet Potato Stem Rot in the Farmer's Field. By Shun Shimada

（キーワード：サツマイモつる割病，*Fusarium oxysporum* f.sp *batatas*，土壌病害，ベノミル耐性，苗伝染）

マルチ畦内土壌消毒を行っているにもかかわらず，同一畦内で連続して発病している様子がしばしば観察された（図-4）。現地では同じ種いもからの苗は，複数本同時に採苗され，同じ苗束に束ねられて圃場に運ばれるため，挿苗時に隣接して植付けられることが多い。つまり，同じ保菌いも由来の苗が隣接して植付けられることが多いため，畦内で連続的に発病している可能性が考えられた。

そこで本稿では，サツマイモつる割病発生農家における発生要因として，ベノミル耐性菌の出現だけでなく，種いもからの苗伝染の関与について調査した結果を紹介する。

Ⅰ　異なる採苗源に由来する苗の発病状況調査

1　調査農家の採苗方法

調査を行った農家では，1年目はウイルスフリー苗を購入し，苗床で増殖後に採苗（以下，フリー苗）して圃場に植付け，秋に種いもとして収穫する。2年目は，フリー苗から収穫した種いもを苗床に伏せこみ，採苗（以下，種いも苗）して圃場に植付けている（図-5）。これは，本県内において一般的な採苗方法である。

2　現地および研究所内圃場における発病調査

茨城県行方市の同じ農家の圃場で2018～20年にかけて，‘べにまさり’における発病状況調査を実施した。調査圃場は，クロルピクリンくん蒸剤によるマルチ畦内土壌消毒を行い，当該農家がフリー苗および種いも苗を採苗し，ベノミル水和剤500倍希釈液に30分間苗基部浸漬後に順次植え付けた。毎年6月下旬～7月上旬にかけて，つる割れ症状が認められた発病株数を調査した結果，フリー苗の発病株率は0.04～0.23%に対し，種いも苗は0.42～1.13%であり，フリー苗と比較して発病株率が高かった（表-1）。

また，2018年は茨城県水戸市の茨城県農業総合センター農業研究所内圃場で採苗源が異なる苗を用いた発病状況の調査を実施した。供試苗は，2018年産の農家のフリー苗および種いも苗に加えて，2017年に当研究所の無発病圃場より収穫した種いもから採苗した苗（以下，農研苗）を植付けた。試験圃場は，クロルピクリンくん蒸剤によるマルチ畦内土壌消毒を行い，いずれの苗もベ

図-4　同一畦内でつる割病により苗が連続して枯死している現地圃場の様子

表-1　異なる採苗源に由来する苗のつる割病発病株率（現地圃場）

調査年	供試苗	調査株数	発病株数	発病株率(%)
2018	フリー苗[a)]	8,790	4	0.05
	種いも苗[b)]	31,130	352	1.13
	計	39,920	356	0.89
2019	フリー苗	8,190	3	0.04
	種いも苗	31,210	131	0.42
	計	39,400	134	0.34
2020	フリー苗	7,430	17	0.23
	種いも苗	36,780	244	0.66
	計	44,210	261	0.59

供試品種：‘べにまさり’

a) ウイルスフリー苗を苗床で増殖後に植え付けた苗.
b) フリー苗から収穫した種いもを苗床に伏せこみ，採苗した苗.
*本表は島田・西宮（2020）を改変した.

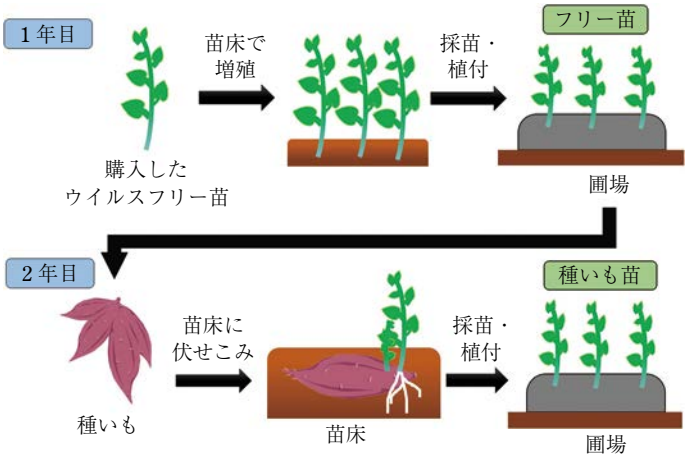


図-5　調査農家の採苗方法

表-2　異なる採苗源に由来する苗のつる割病発病状況（農業研究所内圃場）

供試苗	発病株率（%）	導管褐変株率（%）
種いも苗	6.7 ± 1.67[a)]	11.7 ± 4.41
フリー苗	0	0
農研苗	0	0

供試品種：‘べにまさり’

[a)] 各区 20 株 3 連制の平均値 ± 標準誤差を示す.
*本表は島田・西宮（2020）を一部改変した.

ノミル水和剤による植付け前の苗消毒は行わなかった。

発病調査の結果，種いも苗では発病株率 6.7%，導管褐変株率 11.7%と発病が認められたのに対し，フリー苗および農研苗では発病が認められなかった（表-2）。

以上のように，農家の種いも苗において発病が多かったことから，フリー苗を用いた栽培後に外観上健全な保菌いもが種いもとして採取されたものと推測され，苗伝染が発生要因の一つとして考えられた。また，現地圃場ではフリー苗でもわずかに発病が認められ，苗床からの土壌伝染，種いも苗の採苗と同じハサミを使用することによる汁液伝染および圃場からの土壌伝染が考えられるが，要因の特定にはいたらなかった。

Ⅱ　苗床に伏せこまれた種いもの保菌状況調査

1　種いも内部の導管褐変

2018～20 年にかけて，農家の苗床から‘べにまさり’の種いもを毎年すべて掘り取り，いも内部の導管褐変の有無を達観調査した結果，導管褐変いも率は 0.6～2.5%とわずかながら認められた（表-3）。

2　種いもからの病原菌の検出

導管褐変が認められた種いも（2018 年は任意の 6 本のみ）から，褐変部位を切り出し，表面殺菌後に駒田培地上に置床して *Fusarium* 属菌を 2～4 菌株ずつ分離した。

病原性検定は，分離菌株を Potato Dextrose 液体（PDB）培地で 25～28℃，110～130 rpm で約 7 日間振とう培養した菌液を接種に用いた。上位葉 2～3 枚をつけたサツマイモ苗基部を培養菌液に 10 秒間浸漬して接種した。接種後の苗は，滅菌水を入れた試験管に挿して，人工気象器内（28℃，16L8D）で管理し，7 日後に発病調査を行った。さらに，分離菌株のベノミル感受性を調査するため，Potato Dextrose 寒天（PDA）培地にベノミル濃度が 100 または 1,000 ppm になるようにベノミル水和剤を混和した検定培地を用いて簡易検定を行った。なお，ベノミル感受性菌の MIC 値は 3.13 ppm である（島田ら，2017）。その結果，導管褐変が認められた種いもの多くからサツマイモつる割病菌が検出され，それらの中にはベノミル濃度 1,000 ppm で生育可能な耐性菌が認められた（表-4）。

表-3　種いも内部の導管褐変調査

調査年	調査いも数（本）	導管褐変いも数（本）	導管褐変いも率（%）
2018	1,752	15	0.9
2019	3,184	18	0.6
2020	2,826	71	2.5

供試品種：‘べにまさり’

表-4　種いも内部のサツマイモつる割病菌の検出

調査年	調査いも数（本）	検出いも数（本）	うち，耐性菌検出いも数（本）
2018	6	6	2
2019	18	7	3
2020	71	61	−

供試品種：‘べにまさり’

注 1）導管褐変が認められた種いもについて調査した．なお，2018 年は任意に 6 本選び，*Fusarium* 属菌の分離を行った.
注 2）「−」は未調査.

本病に対するベノミル水和剤の適用条件は，500～1,000 倍希釈液（ベノミル濃度で 500～1,000 ppm）であるため，ベノミル水和剤の適用条件では防除効果が得られないと考えられた。

お　わ　り　に

小川（1988）は，サツマイモつる割病発生圃場の外見健全株から採取した種いもからも苗伝染が起こること，また，外見上健全だった保菌苗を植付けることが本圃での多発生につながり，さらには採苗時のハサミにより，保菌苗から健全苗に汁液伝染する確率は約 25%であることを明らかにしている。

本調査において，農家が伏せこんだ種いもの中に保菌いもが混入していたことが明らかとなったが，育苗中の苗に発病はほとんど認められなかった。今回は 3 か年ともに少発生条件下での調査であったが，種いも 1 本当たりから約 10～18 本採苗していることとなるため，保菌苗に気づかずに採苗して植付けてしまうことと，ハサミによる健全苗への汁液伝染が，圃場における発生量の増加につながるものと考えられた。また，これまでは保菌苗に対しても，ベノミル水和剤による苗消毒により本病の防除効果が期待できたが，ベノミル耐性菌を保菌した苗に対しては，苗消毒の効果がないため，発病を抑えることができずに圃場での発生につながったものと考えられた。

本調査の結果から，小川（1988）による報告のとおり，

サツマイモつる割病発生圃場から採取された種いもは，発生の多少にかかわらず，保菌いもの可能性が高い。したがって，防除対策として圃場をよく観察し，本病の無発生圃場から種いもを採取することが重要である。また，耐性菌に対しては，ベノミル水和剤による防除効果が期待できないため，苗床や圃場の土壌消毒，ハサミ等の資材の消毒やウイルスフリー苗を利用して種いもを毎年更新する等の対策を徹底する必要がある。

現在，サツマイモつる割病に登録のある薬剤はベノミル水和剤のみであり，生産現場からは有効薬剤の早急な登録が要望されている。今後，新たな有効薬剤が登録された際には，耐性菌発生地域において普及を進めるとともに，未発生地域においても隔年使用を推奨する等，耐性菌管理を行っていきたい。また，耐性菌のまん延防止には発生状況のモニタリングが必要であるが，多大な労力と時間がかかることから，調査技術の簡易・迅速化が大きな課題である。このため，筆者らは LAMP–FLP 法を利用したベノミル耐性菌検出技術を開発中であり（島田ら，2020），本技術を用いて発生実態を把握するとともに，継続的にモニタリング調査を行う予定である。

最後に，本研究の遂行にあたり元茨城県農業総合センター農業研究所長 渡邊健博士（現：東京大学大学院特任教授）に多大なご指導を賜った。ここに記して深く感謝申し上げる。

引　用　文　献

1）農林水産省（2020 a）: 作物統計調査, http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/index.html
2）――――（2020 b）: 生産農業所得統計, http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/nougyou_sansyutu/index.html
3）小川　奎（1988）: 農研センター研報 **10**: 127 pp.
4）島田　峻ら（2017）: 日植病報（講要）**83**(3): 211.
5）――――ら（2020）: 同上（講要）**86**(3): 176.
6）――――・西宮智美（2020）: 茨城病虫研報 **59**: 46～52.

（新しく登録された農薬 6 ページからの続き）

●テトラニリプロール・ピメトロジン・イソチアニル粒剤
24476：**ヨーバル UG 箱粒剤**（バイエル）21/1/13
テトラニリプロール：1.5%
ピメトロジン：3.0%
イソチアニル：2.0%
稲（箱育苗）：いもち病，白葉枯病，イネドロオイムシ，イネミズゾウムシ，ニカメイチュウ，コブノメイガ，イネツトムシ，フタオビコヤガ，ツマグロヨコバイ：は種時（覆土前）～移植当日
稲（箱育苗）：ウンカ類，内穎褐変病，もみ枯細菌病：移植 3 日前～移植当日

●フルピリミン・プロベナゾール粒剤
24483：**ビルダーリディア箱粒剤**（Meiji Seika）
24484：**ホクコービルダーリディア箱粒剤**（北興化学）21/1/27
フルピリミン：2.0%
プロベナゾール：10.0%
稲：いもち病，ウンカ類，ツマグロヨコバイ：移植時
稲（箱育苗）：いもち病，イネミズゾウムシ，ウンカ類，ツマグロヨコバイ：移植 7 日前～移植当日

●フルピリミン・プロベナゾール・ペンフルフェン粒剤
24485：**Cs. オリゼリディア EV 箱粒剤**（Meiji Seika）
24486：**ホクコー Cs. オリゼリディア EV 箱粒剤**（北興化学）21/1/27
フルピリミン：2.0%
プロベナゾール：16.0%
ペンフルフェン：2.0%
湛水直播水稲：イネミズゾウムシ：は種時
稲：いもち病，イネドロオイムシ，イネミズゾウムシ：移植時
稲（箱育苗）：いもち病，紋枯病，イネドロオイムシ，イネミズゾウムシ：移植 3 日前～移植当日

「除草剤」

●フェンキノトリオン・プロピリスルフロン・ペントキサゾン水和剤
24469：**ゼータジャガーフロアブル**（住友化学）21/1/13
フェンキノトリオン：5.7%
プロピリスルフロン：1.7%
ペントキサゾン：3.8%
移植水稲：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，エゾノサヤヌカグサ，ヒルムシロ，セリ，オモダカ，クログワイ，コウキヤガラ，アオミドロ・藻類による表層はく離
直播水稲：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ミズガヤツリ，ウリカワ，ヒルムシロ，セリ，アオミドロ・藻類による表層はく離

●フェンキノトリオン・プロピリスルフロン・ペントキサゾン粒剤
24470：**ゼータジャガー 1 キロ粒剤**（住友化学）21/1/13
フェンキノトリオン：3.0%
プロピリスルフロン：0.90%
ペントキサゾン：2.0%
移植水稲：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，エゾノサヤヌカグサ，ヒルムシロ，セリ，オモダカ，クログワイ，コウキヤガラ，アオミドロ・藻類による表層はく離
直播水稲：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ミズガヤツリ，ウリカワ，ヒルムシロ，セリ，アオミドロ・藻類による表層はく離

（55 ページに続く）

新技術解説

フェロモントラップに誘引されたナシヒメシンクイとその近縁種の見分け方

元大阪府立環境農林水産総合研究所農業大学校　那須義次（なすよしつぐ）

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター 環境情報基盤研究領域・東京農業大学農学部農学科　吉松慎一（よしまつしんいち）

はじめに

ナシヒメシンクイ *Grapholita molesta*（Busck），スモモヒメシンクイ *Grapholita dimorpha* Komai は我が国におけるバラ科果樹の重要害虫である。ナシヒメシンクイとスモモヒメシンクイのそれぞれの性フェロモントラップには，これら 2 種が誘引されるだけでなく，誘引対象種以外の種も複数種誘引される。これらのトラップには，国内ではマイナー害虫とされるが，果樹の輸出において一部の輸出先国での検疫対象となり得る重要害虫である同属のリンゴコシンクイ *Grapholita inopinata* Heinrich も誘引される。害虫の調査や的確な防除を行うためには，害虫種の正確な同定が必須であるが，これらの種はいずれも前翅長が 5〜7 mm で黒っぽい翅を有し，お互い酷似しており同定が難しい。しかも，トラップに誘引されたものは粘着剤の影響で，外部形態がより一層観察しにくい状態になっているため，同定が困難な場合が多い。

本報告では，トラップに誘引されたナシヒメシンクイとその近縁種をできるだけ簡単に識別できるように，外部形態と交尾器の識別点について検索表と図解検索に基づいて解説する。ここで解説する形態や交尾器の解剖方法等を補完する文献として，鱗翅類の詳しい形態については「日本の鱗翅類」（駒井ら 編，2011）を，交尾器の解剖や形態の観察方法については「鱗翅類学入門」（那須ら 編，2016）を参考にしてほしい。

本報告は，農林水産省による「平成 30 年度輸出植物検疫協議の迅速化委託事業」および「平成 31 年度国際的検疫処理基準の確立・実証委託事業」において実施した「害虫種の分類・同定研修会」のため我々が作成した資料に基づき，「令和 2 年度我が国の輸出に有利な国際的検疫処理基準の確立，実証委託事業」で新たに得たデータを追加して作成した。ここで供試した材料は，これら事業で各都道府県および農研機構が実施したトラップ調査によって得られた標本，農業環境変動研究センターと大阪府立大学の所蔵標本，ならびに駒井古実氏と那須義次が所有するものである。標本を貸与いただいた関係者の皆様に感謝申し上げる。農研機構果樹茶業研究部門の三代浩二ユニット長には本稿にかかわる害虫種についての各種情報をいただいたのでお礼申し上げたい。

Identification of *Grapholita molesta*（Busck）and Its Allied Species Caught by a Synthetic Sex Pheromone Trap.　By Yoshitsugu Nasu and Shin-ichi Yoshimatsu

（キーワード：雄交尾器，外部形態，検索表，検索図，ハマキガ科）

I　成虫の外部形態に基づく簡易識別法

1　トラップに誘引された蛾の観察手順

手順は図–1 に示した通りである。以下の番号と図の番号は一致している。

①トラップに誘引された蛾で，前翅の長さが 5〜7 mm の黒っぽい蛾が対象で，誘引される個体は普通雄であるが，雌がごくたまに採集されることもある。

②粘着板にかかった蛾で，すでに後翅が見えるもの，あるいは前翅が可動するものがあれば，ピンセットか針を使って，前翅を前方（頭方）に動かして後翅表面を観察する（息を尾方から強く吹きかけると前翅が前に動き，後翅が観察できる場合もある）。

後翅外縁が円く，外縁付近に灰色の斑紋（灰色の鱗粉塊）があれば，ナシヒメシンクイである。斑紋がなければ，スモモヒメシンクイ，リンゴコシンクイあるいはその他対象外の蛾である（リンゴコシンクイはやや小さいが，大きさには個体変異もあるので，大きさだけで判断するのは危険）。斑紋がわかり難い場合，粘着板から虫体を剥がして観察する。

③蛾の上に，キシレンか市販のシールはがし液等を垂らして，しばらくそのままにしておくと，粘着剤が溶けて，虫体を粘着板から剥がしやすくなる。このとき，触角や脚がとれる場合があるが，無視してよい。識別に大事なものは後翅と腹部なので，これらが粘着板に残らないように気をつけること。

④剥がした虫体をキシレンなどに漬けて，余分な粘着剤

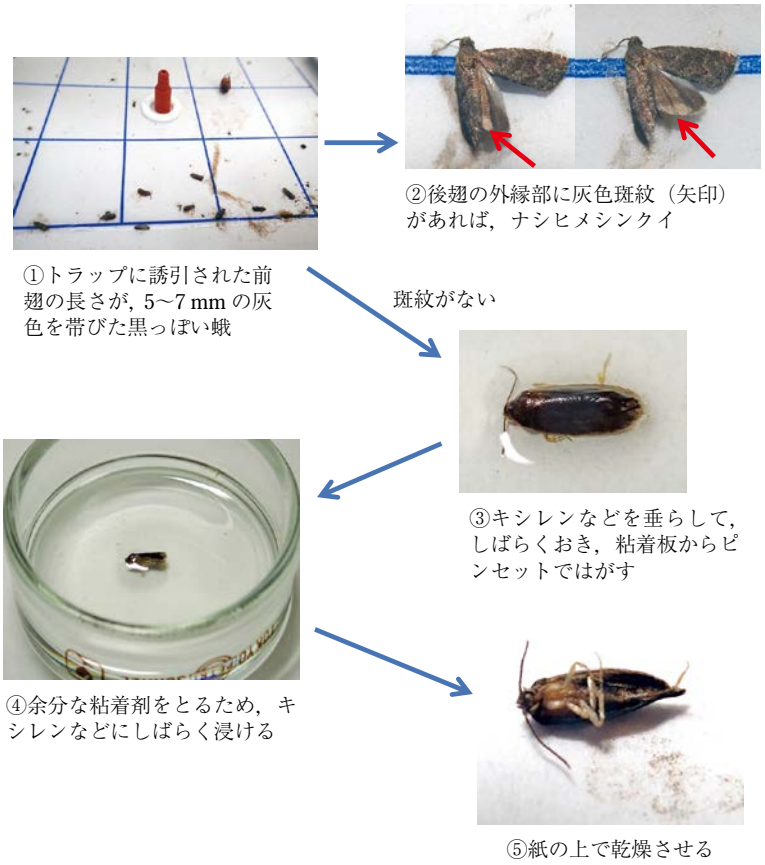


図-1　ナシヒメシンクイのトラップに誘引された蛾の識別と剥がし方

を除去する。

⑤虫体を紙の上に乗せ，乾燥させる。乾燥後，ピンセットか針を用いて，前翅基部をつまんで，前翅を外して，後翅を観察する。

後翅が折りたたまれて，観察しにくい場合が多いので，後翅を 70〜80%エタノール液か，10%水酸化カリウム水溶液にしばらく漬けておくと，後翅が広がって観察しやすい。広がりにくい場合は，しばらくの間漬けたものをていねいにピンセットなどで後翅を広げる。

2　後翅の形態に基づく検索表（検索表の番号と図-2の検索図の番号とは一致している）

1．後翅外縁がくぼんでいる……2

1'．後翅外縁が円い……スモモヒメシンクイ *Grapholita dimorpha* Komai

2．後翅外縁付近に灰色の斑紋がある……ナシヒメシンクイ *Grapholita molesta*（Busck）

2'．後翅外縁付近に斑紋がない……リンゴコシンクイ *Grapholita inopinata* Heinrich かあるいはその他の蛾（交尾器の形態を観察する必要がある）

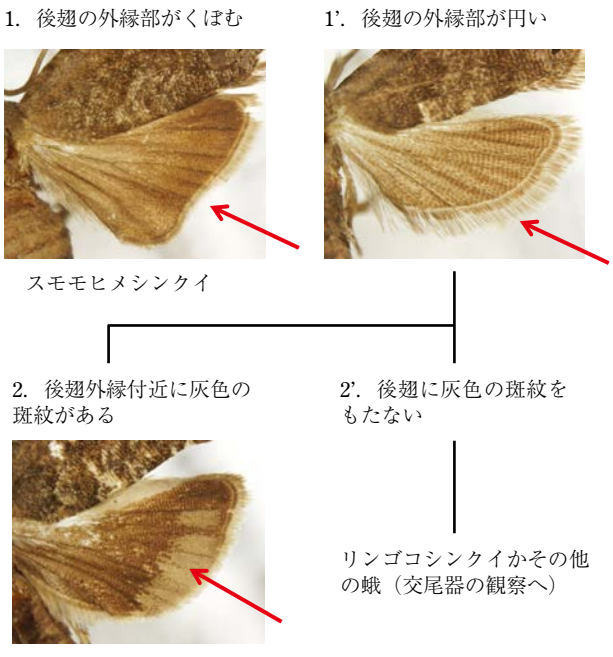


図-2　ナシヒメシンクイと近縁種の成虫の外部形態に基づく検索図

II　ナシヒメシンクイと近縁種の雄交尾器での識別点

交尾器を観察するには，以下の解剖を行う必要がある。I 章–1 でトラップから回収した虫体からピンセットか針を用いて腹部を外す。胸部と腹部は背方の一部で連結しているので，腹部を背方に折り曲げるようにすると，腹部は簡単に外れる。

1　解剖手順

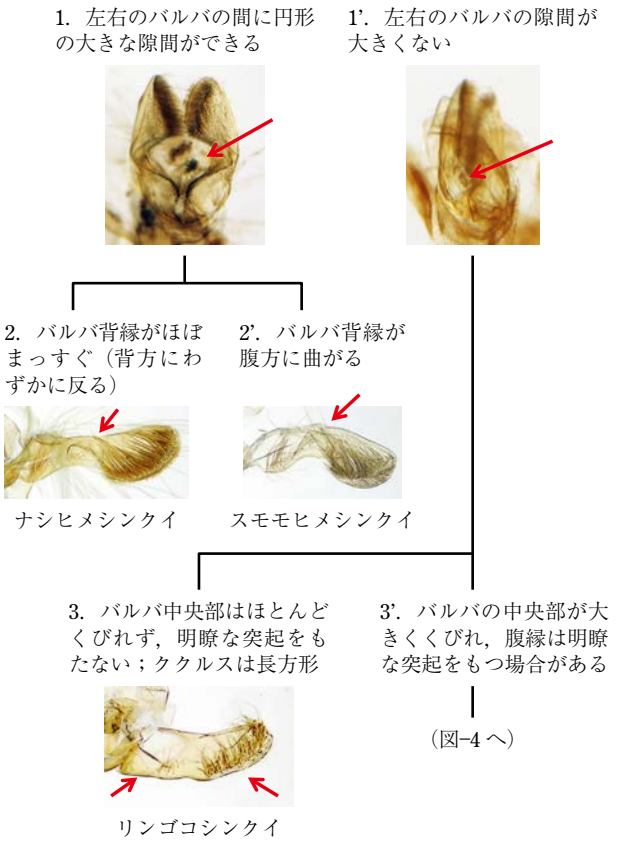
①試験管に 10％水酸化カリウム水溶液を入れ，腹部をまるごと漬けて，湯煎法で処理するか，40℃程度のインキュベーター内に一晩置いておく，または夏場なら室温で 1 晩～1 日ほど置いておくのもよい。湯煎法については，那須ら 編（2016）に図を用いて詳しく紹介されている。

② 10％水酸化カリウム水溶液で処理後，粘着剤が残っておれば，さらにキシレンなどに漬けるときれいに除去できる。

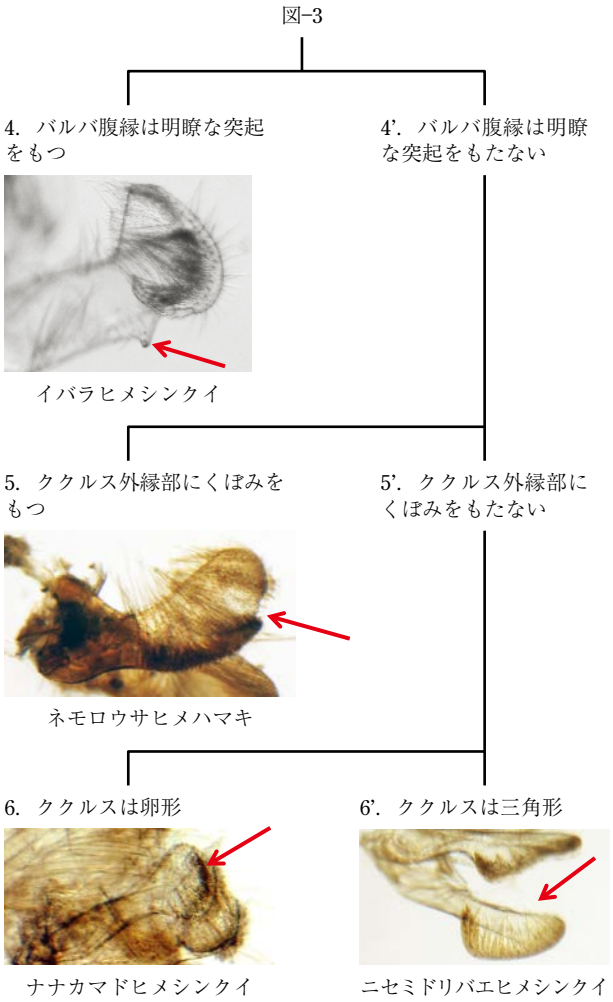
③処理後の腹部を，小さなシャーレに入れた 70～80％エタノールに漬けて，ピンセット（あるいは針）と細い筆を用いて，実体顕微鏡下（光源は透過式）で鱗粉や余分な内蔵等を除去する。このとき，筆先で虫体をていねいにたたくと鱗粉がとれ，観察しやすくなる（強くこすると虫体を傷つける場合がある）。

2　雄交尾器の形態に基づく検索表（検索表の番号と図–3 と図–4 の検索図の番号は一致している）

検索表に掲載した種は，本事業により各県でナシヒメシンクイとスモモヒメシンクイのフェロモントラップに誘引された種から選んだ。水越（2006）によると，シタジロシロモンヒメハマキ *Pammene orientana* Kuznetzov がわずかに誘引されることがあるが，この種は前翅後縁に明瞭な大きな白紋をもつので，識別は容易であると考えられるため，この検索表から除外した。この検索表を作るにあたり，Danilevsky and Kuznetzov（1968），Komai（1999）および水越（2006）を参考にした。雄交尾器各部の名称については，図–5（上図は側面から，下図は観察しやすいように左右のバルバを開いてある）を参照のこと。



図–3　ナシヒメシンクイと近縁種の雄交尾器形態に基づく検索図（1）



図–4　ナシヒメシンクイと近縁種の雄交尾器形態に基づく検索図（2）

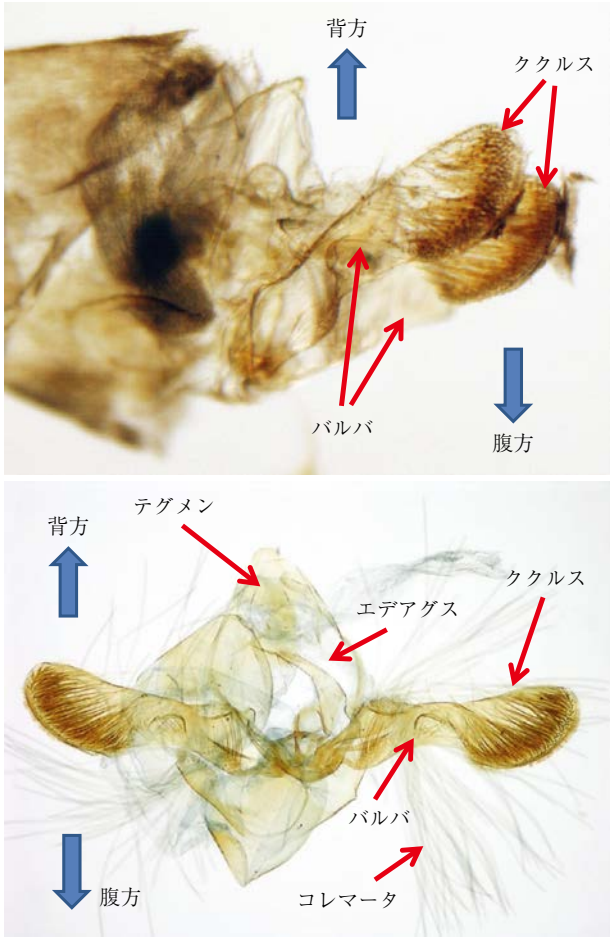


図-5　ナシヒメシンクイの雄交尾器（上図は側面から，下図は左右のバルバを開いてある）

1．交尾器を腹面から見ると，バルバが強く湾曲しているため，左右のバルバの中央部でやや円形の大きな隙間がある……2

1’．交尾器を腹面から見ると，バルバの湾曲が弱いため，左右のバルバの隙間が大きくない……3

2．バルバを側面から見ると，背縁がほぼまっすぐ……ナシヒメシンクイ *Grapholita molesta*（Busck）

2’．バルバを側面から見ると，背縁が中央から腹方にやや曲がる……スモモヒメシンクイ *Grapholita dimorpha* Komai

3．バルバ中央部はほとんどくびれず，腹縁に明瞭な突起をもたない；ククルスは長方形……リンゴコシンクイ *Grapholita inopinata* Heinrich

3’．バルバ中央部は大きくくびれ，腹縁に明瞭な突起をもつ場合がある；ククルスは卵形か三角形……4

4．バルバ腹縁はククルス寄りのところに，明瞭な突起をもつ……イバラヒメシンクイ *Grapholita tenebrosana* Duponchel

4’．バルバ腹縁は明瞭な突起をもたない……5

5．ククルスは大きく，先にいくほど大きく広がり，バルバの長さの半分以上を占め，外縁部にくぼみをもち，二つの部分に分かれるように見える……ネモロウサヒメハマキ *Pammene nemorosa* Kuznetzov

5’．ククルスは大きくなく，バルバの長さの1/3程度で，外縁部にくぼみをもたない……6

6．ククルスは卵形……ナナカマドヒメシンクイ *Grapholita andabatana*（Wolff）

6’．ククルスは三角形……ニセミドリバエヒメシンクイ *Grapholita pavonana*（Walsingham）

この検索表に当てはまらない種も誘引され，トラップにかかっている場合があるが，調査対象外の種であるので無視してよい。

お　わ　り　に

本報告では，ナシヒメシンクイとその近縁種の識別点について，できるだけ平易に解説したつもりである。しかし，状態の悪い検体の場合は最終的には交尾器を比較する必要があり，解剖しなければ識別できないのかと思われた方も多いと思う。確かに，昆虫の解剖とかをやったことがないと最初はどうしたらよいのか，このやり方で間違いはないのかと迷われるだろう。解剖法については，本報告では紙数の関係から図を用いての解説を行わなかったが，前述のように那須ら 編（2016）に詳しく図を多用しながら解説しているので，参考にしてほしい。まずはやってみてください。実際，案外簡単だったという感想を聞くので。

引　用　文　献

1）Danilevsky, A. S. and V. I. Kuznetzov（1968）: Fauna SSSR **5**(1): 1～635.
2）Komai, F.（1999）: Entomol. scan. Suppl.（55）: 1～226.
3）駒井古実ら 編（2011）: 日本の鱗翅類，東海大学出版会，秦野，1306 pp.
4）水越　亨（2006）: 応動昆 **50**: 231～239.
5）那須義次ら 編（2016）: 鱗翅類学入門，東海大学出版部，平塚，297 pp.

植物防疫講座

病害編−38

作物に発生するウイロイド病害

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
野菜花き研究部門 花き生産流通研究領域
松下陽介（まつした ようすけ）

はじめに

かつて日本国内におけるウイロイド病害はホップ矮化ウイロイドやカンキツのウイロイド等果樹に感染するウイロイドが知られていたが，2006年に広島県のトマトでトマト退緑萎縮ウイロイド（TCDVd）（Matsushita et al., 2008），2008年に福島県のトマトでジャガイモやせいもウイロイド（PSTVd）（Matsushita et al., 2009）による我が国未発生のウイロイド病が相次いで確認された。これらのウイロイド病害は，我が国の重要な農作物であるナス科植物を中心として様々な植物に感染し，その多くが無病徴感染であることから，海外から輸入された種苗を介して国内に侵入したと疑われた。以来，これらのウイロイドの撲滅のための研究事業や行政対応，植物防疫体制強化のための省令改正等が実施された。今後も種苗を通じたウイロイドの侵入の問題，そして輸出における検査証明の要求等において問題が発生すると考えられる。ここではウイロイドの基本的特性と重要なウイロイドについて紹介する。

I　ウイロイドとは

ウイロイド（Viroid）は一本鎖環状RNA（250〜400塩基）のみからなる最小の植物病原体である。1971年にDienerによってPotato spindle tuber viroid（PSTVd）が最初のウイロイドとして同定された。ウイロイドはタンパク質をもたないだけでなく，そのゲノムRNAはタンパク質をコードしない（Diener, 1971）。国際ウイルス分類委員会（International Committee on Taxonomy of Viruses, ICTV）報告においてはウイルスの分類と同様の基準で分類されている（表−1）。ウイロイドはポスピウイロイド科（Pospiviroidae）とアブサンウイロイド科（Avsunviroidae）に分かれている（Adkar-Purushothama et al., 2019；Flores et al., 2020）。ポスピウイロイド科のウイロイドは，五つの構造ドメイン（左末端領域，病原性領域，中央保存領域，可変領域，右末端領域）で構成される棒状の2次構造を形成し，属に特徴的な中央保存領域を有する（Keese and Symons, 1985）。アブサンウイロイド科のウイロイドの多くは枝分かれした棒状の2次構造を形成し，ハンマーヘッド型リボザイムの保存配列を有する。アブサンウイロイド科のウイロイドは中央保存領域を持たず，互いに保存された配列などがなく，ポスピウイロイド科とも塩基配列の相同性やRNAの二次構造上の相同性もほとんど見られない（Adkar-Purushothama et al., 2019；Flores et al., 2020）。

ポスピウイロイド科のウイロイドは，感染細胞の核で非対称型ローリングサークルと呼ばれる様式で複製する（Adkar-Purushothama et al., 2019；Flores et al., 2020）。複製は宿主のDNA依存RNAポリメラーゼ（DdRP）IIによって行われ，RNAの環状化にはDNAリガーゼIが用いられる。環状化した＋鎖RNAは核膜を経て細胞質へ至る。一方で，アブサンウイロイド科のウイロイドは，感染細胞の葉緑体において対称型ローリングサークルで複製する。このウイロイドは自己の配列がもつリボザイム活性によってRNAを自己切断することができる。また，ウイロイドは師管を通じて全身移行する。

II　宿主範囲と病徴発現

ウイロイドの宿主範囲はウイロイド種によって様々である。ポスピウイロイド科の代表的なウイロイドであるPSTVdはヒユ科，キク科，ナス科，ムラサキ科，キキョウ科，ナデシコ科，ヒルガオ科，マツムシソウ科，ムクロジ科，ゴマノハグサ科，オミナエシ科の植物160以上の植物種に感染することが知られている（Singh et al., 2004；Matsushita et al., 2009）。一方でアブサンウイロイド科のウイロイドは実験上の宿主も含めても非常に限られた植物種にしか感染しない。例えば，キク退緑斑紋ウイロイド（CChMVd）は栽培ギクを含めた数種のキク属植物のみしか感染しない（Hadidi et al., 2003）。

宿主植物として自然宿主と実験上の宿主があるが，雑草などから検出された事例は限られており，これまでにウイロイドが検出された事例は栽培種である。PSTVd

Crop-Infecting Viroids.　By Yousuke Matsushita
（キーワード：ウイロイド，宿主，伝染，種苗，トマト，ジャガイモ）

表-1　ウイロイド一覧表

科/属	種	日本語名
ポスピウイロイド科（*Pospiviroidae*）		
ポスピウイロイド属（*Pospiviroid*）	*Chrysanthemum stunt viroid*	キク矮化ウイロイド
	Citrus exocortis viroid	カンキツエクソコーティスウイロイド
	Columnea latent viroid	
	Iresine viroid 1	
	Mexican papita viorid	
	Pepper chat fruit viroid	
	Potato spindle tuber viroid	ジャガイモやせいもウイロイド
	Tomato apical stunt viorid	
	Tomato chlorotic dwarf viroid	トマト退緑萎縮ウイロイド
	Tomato planta macho viroid	
ホスタウイロイド属（*Hostuviroid*）	***Hop stunt viroid***	ホップ矮化ウイロイド
	Dahlia latent viroid	ダリア潜在ウイロイド
コカドウイロイド属（*Cocadviroid*）	*Citrus bark cracking viroid*	カンキツバーククラッキングウイロイド
	Coconut cadang-cadang viroid	
	Coconut tinangaja viroid	
	Hop latent viroid	ホップ潜在ウイロイド
アプカスウイロイド属（*Apscaviroid*）	*Apple dimple fruit viroid*	リンゴくぼみ果ウイロイド
	Apple scar skin viroid	リンゴさび果ウイロイド
	*Apple fruit crinkle viroid**	リンゴゆず果ウイロイド
	Australian grapevine viroid	ブドウオーストラリアウイロイド
	Citrus bent leaf viroid	カンキツベントリーフウイロイド
	Citrus dwarfing viroid	カンキツ矮化ウイロイド
	Citrus viroid V	カンキツウイロイドV
	Citrus viroid VI	カンキツウイロイドVI
	Grapevine yellow speckle viroid 1	ブドウ黄色斑点ウイロイド1
	Grapevine yellow speckle viroid 2	
	Pear blister canker viroid	ナシブリスタキャンカーウイロイド
	*Persimmon latent viroid**	カキ潜在ウイロイド
	Persimmon viroid 2	カキウイロイド2
コレウイロイド属（*Coleviroid*）	***Coleus blumei viroid 1***	コリウスウイロイド1
	Coleus blumei viroid 2	
	Coleus blumei viroid 3	
	Coleus blumei viroid 4	
	*Coleus blumei viroid 5**	コリウスウイロイド5
	*Coleus blumei viroid 6**	コリウスウイロイド6
アブサンウイロイド科（*Avsunviroidae*）		
アブサンウイロイド属（*Avsunviroid*）	***Avocado sunblotch viroid***	
パレモウイロイド属（*Pelamoviroid*）	*Chrysanthemum chlorotic mottle viroid*	キク退緑斑紋ウイロイド
	Peach latent mosaic viroid	モモ潜在モザイクウイロイド
エラウイロイド属（*Elaviroid*）	***Eggplant latent viroid***	

日本語名は日本植物病理学会植物ウイルス分類委員会の表記に従った.
*は国際ウイルス分類委員会（ICTV）非公認.
太字のウイロイドはその属における代表種を示す.

は上記のように宿主範囲は広いが，検出報告があるのはトマト，ジャガイモ，ナス科観葉植物（Brugumansia など）等である（Matsushita and Tsuda, 2015）。在来の野生種トマトやジャガイモ，ナス科雑草等からの検出事例はほとんど報告されていない。これはほとんどの宿主植物が無病徴であり，顕在化しないためであろうと思われる。

PSTVd は幅広い植物種に感染すると前述したが，発病する宿主は非常に少ない。PSTVd に感染した場合に明瞭な病徴を示す植物種はトマト（萎縮，葉の黄化，葉巻等；図-1）やジャガイモ（塊茎の亀裂，小型化葉の黄化

等；図-2）である。PSTVd はトマト・ジャガイモと同じナス科植物であるピーマン，トウガラシ，ナス，タバコ，ダチュラ，Brugumansia 等に全身感染するが明瞭な病徴を見いだすことはできない（Matsushita and Tsuda, 2015）。CChMVd やキク矮化ウイロイド（CSVd）はキクの栽培種においてのみ激しい症状を示し，野生キク属植物や他のキク科植物にとっては無病徴である（Matsushita et al., 2009；Matsushita, 2013）。また，Tomato chlorotic dwarf viroid（TCDVd）も PSTVd と同様にナス科・キク科等に幅広く感染することが可能だが，明瞭な症状を示す宿主植物はトマトとジャガイモくらいである（Matsushita and Tsuda, 2015）。

ウイロイドの病徴に関する研究は主にトマトを用いた研究がこれまで多くなされており，病徴の強弱はウイロイド RNA の塩基配列に依存していることが報告されている（Adkar-Purushothama et al., 2019；Flores et al., 2020）。ウイロイド感染個体からは大量の 21～24 塩基ウイロイド RNA 由来の small RNA（vd-sRNA）が検出されていることから，RNA サイレンシングがウイロイドの病徴発現に関与していることが指摘されており，現在のウイロイド発病機構の有力な仮説となっている。

図-1　PSTVd に感染したトマト

図-2　PSTVd に感染したジャガイモの塊茎
（左：健全，右：感染）

Ⅲ　ウイロイドの伝染環

ウイロイドの伝染方法は汁液接種および栄養繁殖による感染個体の増殖や移動，種子伝染，花粉伝染等が知られている。一般的に昆虫媒介や土壌伝染はしないとされている。例外としてマルハナバチによる媒介が知られているが，これは花粉運搬のために花の柱頭をかじる行為による一種の汁液接種であると考えられている。汁液接種は主に人為的な作業によるものであり，自然界では起こりにくい伝染方法であることから，自然界においては主に栄養繁殖による伝染や種子伝染，花粉伝染によって後代へウイロイドを伝えてきたものと推測される。また，近年は種苗の輸出入に伴い，感染種苗が移動することでウイロイドの侵入が問題となっている。

ウイロイドの種子伝染は表-2-1 に示した通り，様々な感染植物において報告されている。種子伝染率については，PSTVd はトマトでは品種 Rutgers で伝染率が 4.3％（Kryczyński et al., 1988），品種 Sheyenne で 2～23％に達すると報告されている（Singh, 1970）。また，ジャガイモの種子伝染では 35～66％（Singh et al., 1999），ペチュニアで 51～78％（Matsushita et al., 2016）に達すると報告されている。種子伝染の高さについてウイロイド種と感染植物種の組合せによって異なる（Matsushita et al., 2018）。その他，TASVd や CLVd はトマトで（Antignus et al., 2007；Matsushita et al., 2016），PCFVd は甘唐辛子

表-2-1　種子伝染が確認されているウイロイド

ウイロイド	宿主植物	種子伝染	花粉伝染
Potato spindle tuber viroid	ジャガイモ	+	+
	トマト	+	+
	ピーマン	+	
	シュンギク	+	
	ペチュニア	+	+
Tomato chlorotic dwarf viroid	トマト	+	
	ペチュニア	+	
Tomato apical stunt viroid	トマト	+	
Tomato planta macho viroid	トマト	+	
	ペチュニア	+	+
Pepper chat fruit viroid	トマト	+	
	ピーマン	+	
	ペチュニア	+	+
Columunea latent viroid	トマト	+	
Chrysanthemum stunt viroid	トマト	+	+
	キク	+	+
Citrus exocortis viroid	トマト	+	
	インパチェンス	+	
	バーベナ	+	

表-2-2　水平伝染が確認されているウイロイド

ウイロイド	宿主植物
Potato spindle tuber viroid	ジャガイモ，トマト
Tomato planta macho viroid	ペチュニア
Chrysanthemum stunt viroid	トマト

（*Capsicum annuum*）での種子伝染が確認されている（Verhoeven et al., 2009）。

ウイルスでは種子伝染を成立させるためのルートは主に二つあり，1. 胚の元となる卵細胞およびその前の分裂組織，受精卵等に感染し，そのまま感染した胚が発生する場合（間接侵入），2. 発達中の胚の中へ周辺細胞を経由して感染する場合（直接侵入），の 2 通りが報告されている（Mink, 1993）。一方でウイロイドにおいては，PSTVd の場合，1 の間接侵入によるものであることが判明している（Matsushita and Tsuda, 2014；Matsushita et al., 2018）。これらの種子伝染の成立の有無はウイロイドと宿主植物品種の組合せに依存しており，PSTVd の場合においてはトマトやジャガイモ，ペチュニアでは種子伝染が確認されているが，タバコなどでは確認できない。生殖器官におけるウイロイド移行のメカニズムは不明であるが，ウイロイド種によって移行の有無が異なることから，ウイロイドの塩基配列に依存した現象であろうと考えられる。

また，花粉を介した病原体の伝染方法は垂直伝染と水平伝染とがあり，前者は汚染花粉を介して後代へ病原体が伝染することを指し，後者は汚染花粉を介して受粉した母体が病原体に感染することを意味する（Card et al., 2007）。ウイロイドにおける水平伝染については表-2-2 に示した通りである。ペチュニアにおいては PSTVd の花粉を介した垂直伝染は起こるが，水平伝染は起こらない。一方で，TPMVd に感染したペチュニアでは水平伝染が確認されており（Yanagisawa and Matsushita, 2018），ウイロイド種と感染植物種との組合せ次第では水平伝染が起こるようである。ウイロイドの種子や花粉を介した垂直・水平伝染については Matsushita et al.（2018）の総論を参考にされたい。

Ⅳ　ウイロイドの検定

ウイロイドはタンパクをもたない裸の RNA なのでウイルスのように抗血清を用いて検出することはできない。以前はポリアクリルアミドゲル電気泳動（PAGE）による病原核酸の検出がなされていたが抽出作業が煩雑であり日常的な検定には不適当である。一般的には PCR（Polymerase Chain Reaction）を利用した検出方法が近年さかんに行われており，その増幅産物の有無を電気泳動で確認することで検出できる。ウイロイドは RNA ゲノムからなるので，逆転写ポリメラーゼ連鎖反応（RT–PCR）によって検出することができる（Matsushita et al., 2008；2009；2010）。検出対象となるウイロイドの塩基配列に相補的な配列のプライマーを準備し，逆転写反応を実行し，RT によって得られた cDNA を鋳型にして既定の PCR の条件下でウイロイド配列のみを特異的に増幅させる。最近では，RT 反応と PCR を連続して実行可能なワンステップ RT–PCR のキットを用いても検出可能である。また，リアルタイム PCR（qPCR）法を用いて検出することが可能であり，複数のウイロイドが同時に検出・同定可能な方法が開発されている（Yanagisawa et al., 2017）。

Ⅴ　侵入警戒を要するウイロイド

ポスピウイロイド科ポスピウイロイド属には，トマト退緑萎縮ウイロイド（TCDVd），ジャガイモやせいもウイロイド（PSTVd），Tomato apical stunt viroid（TASVd），Tomato planta macho viroid（TPMVd），Mexican papita viroid（MPVd），カンキツエクソコーティスウイロイド（CEVd），キク矮化ウイロイド（CSVd），Columnea latent viroid（CLVd），Pepper chat fruit viroid（PCFVd），Iresine viroid 1（IrVd）があり，これらは IrVd を除き，すべてトマトに感染する（Singh et al., 2006）。これらのうち日本国内既発生のウイロイドは PSTVd および TCDVd，CEVd，CSVd である（日本植物病理学会植物ウイルス分類委員会「日本に発生する植物ウイルス・ウイロイド（2019）」）。しかしながら，国内未発生種である TASVd，TPMVd，CLVd，PCFVd は日本へ種苗を輸出している国において発生しており，汚染種苗に紛れて日本へ侵入するリスクが高く，種子を介した侵入警戒が必要とされている。

Ⅵ　国内で発生した代表的なウイロイド

1　ジャガイモやせいもウイロイド（PSTVd）

PSTVd に感染したジャガイモは塊茎に奇形が生じ，また塊茎収量が減少する等の病徴を示す。また，感染トマトにおいては葉の黄化やえそ，茎えそ，矮化，萎縮等が見られるが，ウイロイドの系統によっては極めて軽微な病徴しか示さない系統もあり（Owens et al., 1992），外観だけでは本ウイロイドの病害診断は難しい。我が国では，2008 年に福島県のトマトで初めて確認された（Matsushita et al., 2010）。その後，国内ではダリアから

も検出されている（Tsushima et al., 2011）。宿主範囲はヒユ科，キク科，ナス科，ムラサキ科，キキョウ科，ナデシコ科，ヒルガオ科，マツムシソウ科，ムクロジ科，ゴマノハグサ科，オミナエシ科等広範囲に渡る（Singh et al., 2004；Matsushita et al., 2009）。近年では，トマトやその他のナス科の園芸植物から多数検出されている（Ling et al., 2010；Marm et al., 2012；2013；Henning et al., 2013）。

2　トマト退緑萎縮ウイロイド（TCDVd）

TCDVd の感染によって引き起こされるトマト退緑萎縮病は，上位葉の退緑，黄化，えそを伴う葉巻症状，さらに節間の萎縮による矮化等を生じる。TCDVd は 1999 年に Singh らにより世界で初めて確認された（Singh et al., 1999）。我が国では 2006 年に初めて広島県のトマトで確認された（Matsushita et al., 2008）。感染トマトの汁液を健全トマトに接種すると約 3〜4 週間で縮葉し始め，黄化症状が顕在化する。これまでの TCDVd の接種試験ではトマトにおいて PSTVd よりも激しい病徴を示す傾向にあるが，その発症程度には品種間で差異があり，中には感染しても激しい病徴を示さない品種もある。本病発生は行政対応によって速やかに撲滅された。その詳細については「広島県トマト退緑萎縮病（TCDVd）総合対策マニュアル」（http://www.pref.hiroshima.lg.jp/soshiki/30/sonotakankoubutu.html）において紹介されている。

3　キク矮化ウイロイド（CSVd）

キクに感染すると，葉が小型化し節間が短縮して矮化し，また挿し穂の発根が非常に悪くなる。宿主は栽培キク・野生ギク等のキク属やシネラリア・ダリア等のキク科植物，ペチュニアやトマト等のナス科植物である（Matsushita, 2013）。ただし，矮化などの症状が明瞭に現われるのは栽培ギクだけである。CSVd の我が国での発生の確認は 1977 年が最初である（大沢ら，1977）。松下（2006）による調査では，ほぼ全国で本病が発生していることが確認されている。主要な伝染源は無病徴株を含めた罹病ギクで，管理作業に伴う接触や刃物を介した汁液伝染によって起こる。病徴が現われていない時期に外見から判断して感染個体を除去することは非常に困難である。

これまではウイロイド抵抗性は存在しないと考えられてきたが，実際は CSVd に抵抗性を有する品種が近年になって確認されている（Omori et al., 2009；Matsushita et al., 2012；Nabeshima et al., 2012）。また，抵抗性形質は後代にも遺伝することが確認されていることから，育種によって抵抗性を付与することは可能であろうと思われる（Matsushita et al., 2012）。ウイロイド抵抗性については栽培キクにおける CSVd に関する研究のみ報告されており，詳細については Nabeshima et al.（2018）の総論を参考にされたい。

4　ホップ矮化ウイロイド

宿主はホップ，キュウリ，ブドウ，カンキツ，モモおよびスモモ等である。日本国内では 1940〜50 年代において，ホップ矮化病として発生した。矮化病にかかったホップは徐々につるの伸びが悪くなり，収穫量が減少し，品質が低下する。スモモでは plum 系統がスモモ斑入果病を引き起こすことが知られており，1985 年に山梨県で初めて発生が報告され，その後，埼玉県，福島県，福岡県，島根県，長崎県等で確認されている。症状としては果実のみに見られる。

Ⅶ　国内への侵入が危惧されるウイロイド

1　Tomato apical stunt viroid（TASVd）

TASVd はコートジボアールで発見され，その後，1987 年に激しい病徴を示すインドネシア系統（DDBJ accession no. X06390）が報告された（Candresse et al., 1987）。TASVd に感染したトマトは頂芽の伸長停止や葉の黄化等を引き起こす。宿主範囲はキク科やナス科等が知られている（Matsushita et al., 2009）。さらに，TCDVd 同様にマルハナバチ（Bombus terrastris）による伝染も確認されている（Antignus et al., 2007）。

2　Columnea latent viroid（CLVd）

CLVd はイワタバコ科の植物であるコルムネア（Columnea erythrophae）から分離されたウイロイドでである（Hammond et al., 1989）。CLVd はコルムネアでは無病徴であるが，ジャガイモでは PSTVd に似た病徴，トマトでは葉の黄化と葉のねじれ等が生じる。CLVd の宿主範囲はトマトやジャガイモのほかに，Gynura aurantiaca（キク科），Brunfelsia undulata（ナス科），Columnea erythropha（イワタバコ科），Nematanthus wettsteinii（イワタバコ科）等が知られている（Verhoeven et al., 2004）。

3　Tomato planta macho viroid（TPMVd）

TPMVd は 1974 年に初めて報告され，トマトに感染すると植物全体の激しい萎縮や葉のねじれ等が生じることが報告されている（Galindo et al., 1982）。また，バレイショでは塊茎の奇形が生じ，ピーマンでは果実が変形する（Yanagisawa and Matsushita, 2017）。最近になって MPVd と TPMVd は 90％以上の塩基配列の相同性があり，この二つのウイロイドは一つの種とすべきとの提案がなされている（Verhoeven et al., 2011）。MPVd としては，2009 年にカナダおよびメキシコにおいて初めてト

マトで発生が確認された（Ling et al., 2009 a；2009 b）。

4　Pepper chat fruit viroid（PCFVd）

PCFVd は 2006 年にオランダの甘唐辛子（Capsicum annuum）から分離・同定された（Verhoeven et al., 2009）。その後，オーストラリアのトマトから検出されている（Chambers et al., 2013）。PCFVd に感染した甘唐辛子は，果実が小さくなり，生育不良になる。PCFVd に感染したトマトは葉柄がネクロシスとなり，植物全体が矮化する。また，バレイショでは塊茎の奇形が生じ，ピーマンでは果実が小型化し，ペピーノでは植物全体が矮化する（Yanagisawa and Matsushita, 2017）。最近になって初めて同定されたこともあり，国内での発生例はまだないが，本ウイロイドはピーマンで種子伝染することから今後の侵入警戒を要する病原体である（Verhoeven et al., 2009）。

お　わ　り　に

ウイロイドに関する今後の課題としては，核酸増幅法（PCR）によらない簡易な検出方法の開発や抵抗性の利用等があげられる。現時点でウイロイドに対する抵抗性などは栽培キクを除いて発見されておらず，最も被害が大きいトマトやジャガイモ等において抵抗性を用いた防除技術は存在しない。過去に遺伝子組み換えを用いた抵抗性の付与についての研究事例は存在するが，実用化に至ったものはまだない。栽培キクにおいては今後，抵抗性遺伝資源の活用などが見込まれる一方で，ナス科についてはゲノム編集などの利用を進める必要があると考えられる。

引　用　文　献

1）Antignus, Y. et al.（2007）: Plant Dis. **91** : 47～50.
2）Adkar-Purushothama, C. R.（2019）: WILEY INTERDISCIPLINARY REVIEWS-RNA 11, e1570.
3）Candresse, T. et al.（1987）: Nucleic Acids Res. **15** : 10597.
4）Card, S. D. et al.（2007）: Austral. Plant Pathol. **36** : 455～461.
5）Chambers, G. A. et al.（2013）: Plant Dis. **97** : 1386.
6）Diener, T. O. et al.（1971）: Virology **45** : 411.
7）Flores, R. et al.（2020）: FEMS MICROBIOLOGY REVIEWS **44** : 386～398.
8）Galindo, J. et al.（1982）: Phytopathology **72** : 49～54.
9）Hadidi, A. et al.（2003）: Viroids, CSIRO, p.224～227.
10）Hammond, R. W. et al.（1989）: Nucleic Acid Res. **23** : 10083～10094.
11）Henning, E. et al.（2013）: Eur. J. Plant Pathol. **97** : 1663.
12）Keese, P. and R. H. Symons（1985）: Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. **82** : 4582～4586.
13）Kryczyński, S. et al.（1988）: J. Phytopathol. **121** : 51～57.
14）Ling, K. S. et al.（2009 a）: Plant Dis. **93** : 1075.
15）――― et al.（2009 b）: ibid. **93** : 1216.
16）――― et al.（2010）: ibid. **94** : 1376.
17）Marm, M. et al.（2012）: ibid. **96** : 150.
18）――― et al.（2013）: J. Plant Pathol. **95** : 411～415.
19）松下陽介（2006）: 植物防疫 **60**（10）: 455～456.
20）Matsushita, Y. et al.（2008）: J. Gen. Plant Pathol. **74** : 182～184.
21）――― et al.（2009）: Eur. J. Plant Pathol. **124** : 349～352.
22）――― et al.（2010）: ibid. **128** : 165～170.
23）――― et al.（2012）: Crop Protection **35** : 1～4.
24）―――（2013）: JARQ **47** : 237～247.
25）――― and S. Tsuda（2014）: Phytopathology **104** : 964～969.
26）――― et al.（2016）: Eur. J. Plant Pathol. **45** : 1007～1011.
27）――― and S. Tsuda（2015）: Eur. J. Plant Pathol. **141** : 193～197.
28）――― et al.（2018）: Viruses **10**（12）: 706.
29）Mink, G. I.（1993）: Annu. Rev. Phytopathol. **31** : 375～402.
30）Nabeshima, T. et al.（2012）: J. Jpn. Soc. Hort. Sci. **81**（3）: 285～294.
31）――― et al.（2018）: Viruses **10**（12）: 719.
32）Omori, H. et al.（2009）: J. Jpn. Soc. Hort. Sci. **78** : 350～355.
33）大沢高志ら（1977）: 日植病報 **43** : 372～373.
34）Owens, R. A. et al.（1992）: Plant Dis. **76** : 527～529.
35）Singh, R. P.（1970）: Am. Potato J. **47** : 225～227.
36）――― et al.（1999）: J. Gen. Virol. **80** : 2823～2828.
37）――― et al.（2004）: Viroids, p.30～48.
38）――― et al.（2006）: Plant Dis. **90** : 1457.
39）Tsushima, T. et al.（2011）: J. Gen. Plant Pathol. **77** : 253～256.
40）Yanagisawa, H. and Y. Matsushita（2017）: Eur. J. Plant Pathol. **149** : 11～13.
41）――― and Y. Matsushita（2018）: Virology **516** : 258～264.
42）Verhoeven, J. T. J. et al.（2004）: Eur. J. Plant Pathol. **110** : 823～831.
43）――― et al.（2009）: Plant Dis. **93** : 16.
44）――― et al.（2011）: Arch Virol. **156**（8）: 1433～1437.

植物防疫講座

虫害編-33

カンキツに発生する主要害虫の発生生態と防除-1

―カイガラムシ類，ミカンハダニ，チャノキイロアザミウマ―

静岡県農林技術研究所果樹研究センター　増井伸一（ますい しんいち）

はじめに

カンキツを加害する害虫は300種以上が記録されており（日本応用動物昆虫学会，2006），このうち経済的被害が問題となる種を対象に農薬登録が行われている。また，産地ごとの害虫の発生に応じてJAが作成する防除暦に取り上げられ，生産者への指導が行われている。カンキツ栽培の歴史の中で，各時代の社会情勢や導入技術を背景にした害虫が問題となり，静岡県のJAが作成している防除暦において，主要害虫に対する殺虫剤散布回数は約50年間で表-1のように変遷した。すなわち，1970年代以降にチャノキイロアザミウマを対象とする殺虫剤の使用回数が増加した一方で，1990年代以降はカイガラムシ類を対象とした殺虫剤，2000年代以降はミカンハダニを対象とした殺ダニ剤の使用回数が減少した（増井ら，2018 b）。本稿では，これらの主要害虫の発生生態と防除対策について述べる。

Ⅰ　カイガラムシ類主要種の発生生態と防除対策

1　ヤノネカイガラムシ

（1）　発生生態と被害

本種はふ化直後の歩行幼虫が定着し，1～2齢の幼虫期を経て雌成虫となる。雄は2齢に相当する時期に白い介殻を形成し，ここから成虫が羽化する（図-1）。成虫および2齢幼虫が越冬し，越冬ステージによって第1世代幼虫の初発日が約30日異なる。このため，第1世代1齢幼虫の発生時期は5～7月の長期にわたり，この間に2回のふ化ピークがある（西野，1974）。静岡県では年間2世代を繰り返し，第2世代成虫の一部の個体から第3世代幼虫が発生し，年内に2齢まで発育する。多寄生された枝は枯死し，第2世代以降が果実に寄生した場合には果実の外観を著しく損傷して，商品価値を低下させる。

（2）　化学的防除

防除対策は越冬虫を対象とした冬季のマシン油散布（大串ら，1977）と幼虫を対象とした夏季の殺虫剤散布である（西野，1974）。夏季の殺虫剤による防除適期は2齢幼虫の最多寄生期で，静岡県ではそれぞれ6月中下旬，8月中下旬にあたるが，年次変動や地域差があり，発生予察法が検討されてきた（西野，1974；貴志ら，2013等）。IGR剤など，殺虫剤の特性によっては散布時期を早める必要もある（湯川・大橋，1991）。剪定により多寄生枝の切除とともに，薬液が付着しやすい条件を整えることも重要である。

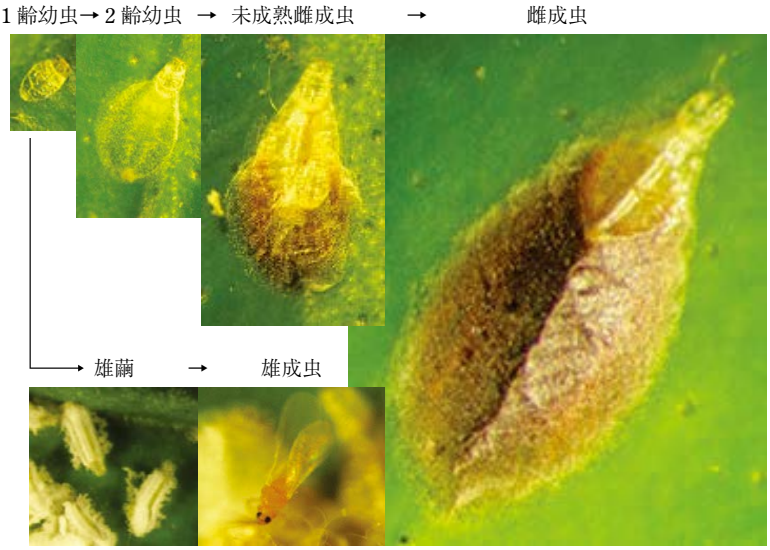
表-1　静岡県のウンシュウミカン防除暦における殺虫・殺ダニ剤使用回数の変遷（増井ら，2018 b 一部改変）

薬剤と対象害虫	年間使用回数						
	1969	1978	1985	1995	2003	2009	2017
化学合成殺虫・殺ダニ剤							
ヤノネカイガラムシ	2	1	1	0	0	0	0
ミカンハダニ	4	3	3	3	2	1	1
チャノキイロアザミウマ[a)]	0	0(4)	2(2)	3(1)	4	4	4
マシン油							
ヤノネカイガラムシ，ミカンハダニ等	1	2	2	2	2	1	1

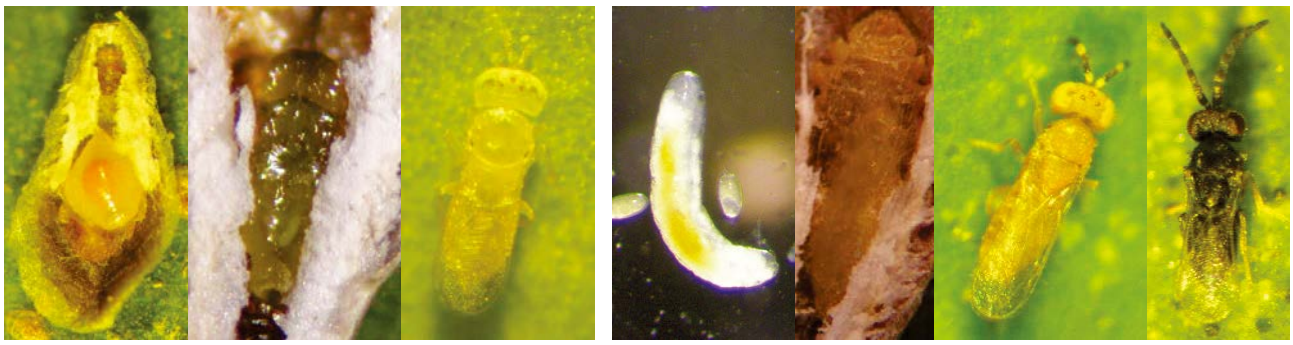
a）カッコ内の数字はチャノキイロアザミウマと黒点病の同時防除を目的に使用される殺菌剤使用回数を示す．

Integrated Pest Management（IPM）for Citrus Major Pests Based on Their Lifestyles.　By Shinichi Masui

（キーワード：カンキツ，害虫，発生生態，総合的害虫防除）



図–1　ヤノネカイガラムシの各発育ステージ



図–2　ヤノネカイガラムシの導入寄生蜂
ヤノネキイロコバチの幼虫はカイガラ下で虫体を外側から捕食する．一方，
ヤノネツヤコバチの幼虫はカイガラの虫体の内側から捕食する．

（3）　生物的防除

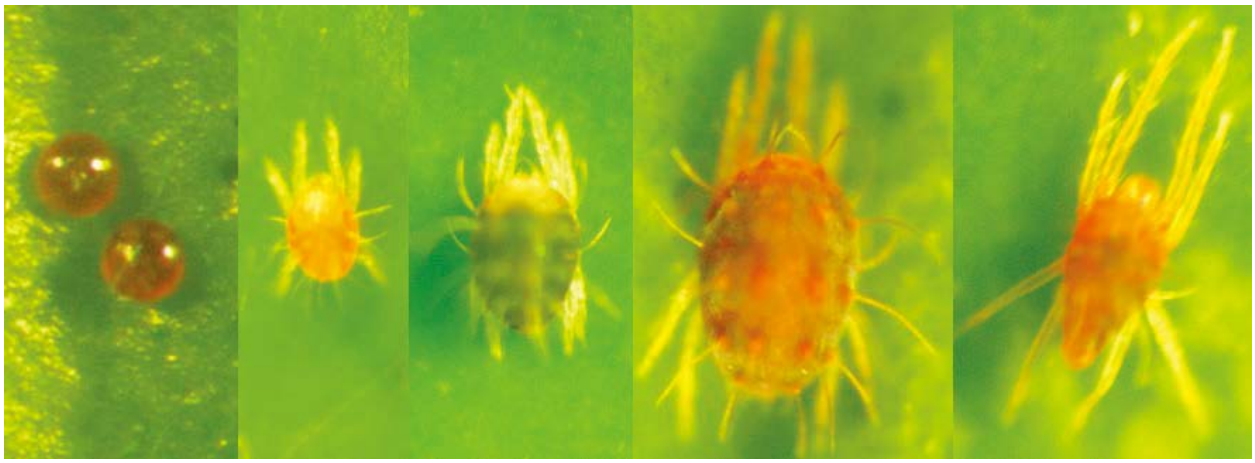
本種は1907年に中国からの侵入が確認された害虫であり，海外からの天敵導入が試みられてきた。1980年に静岡県の調査団によって中国で発見され導入に成功した2種の寄生蜂（西野・高木，1981）は，ヤノネカイガラムシ密度を低下させる能力が高く（Furuhashi and Nishino, 1983；高木，1983），防除回数低減に貢献した（表–1）。2種の寄生蜂のうち，ヤノネキイロコバチは外部寄生，ヤノネツヤコバチは内部寄生である（図–2）。寄生蜂のみでヤノネカイガラムシを経済的被害許容水準以下に維持することは困難であるが，冬季のマシン油散布により越冬密度を下げることで寄生蜂のカイガラムシ密度維持効果が安定する（Adachi and Korenaga, 1992）。近年，ヤノネカイガラムシが再び増加する傾向があり，夏季に殺虫剤散布が必要な園地も見られている。一部の多発圃場では寄生蜂による寄生率が低いことから，他の害虫防除に使用される殺虫剤が影響している可能性がある。

2　他のカイガラムシ類

カンキツ栽培上で重要な種として，アカマルカイガラムシ，ミカンヒメコナカイガラムシ，フジコナカイガラムシ，ルビーロウムシ，イセリヤカイガラムシ等が挙げられる（図–3）。殺虫剤による防除対策の考え方はヤノネカイガラムシに準ずるが，冬季のマシン油乳剤の効果が期待できない種があり，ルビーロウムシの幼虫は年1回の発生で殺虫剤散布適期は7月中旬であるなど，種によって防除時期は異なる。ルビーロウムシは1897年に，イセリヤカイガラムシは1911年に確認された侵入害虫であり，有力な天敵が発見，導入された経過がある（Yasumatsu and Tachikawa, 1949；古橋，2010）。アカマルカイガラムシは西南暖地から分布を広げており，静岡県では2000年代以降に一部の産地で発生が見られるようになり，対策が必要になっている。

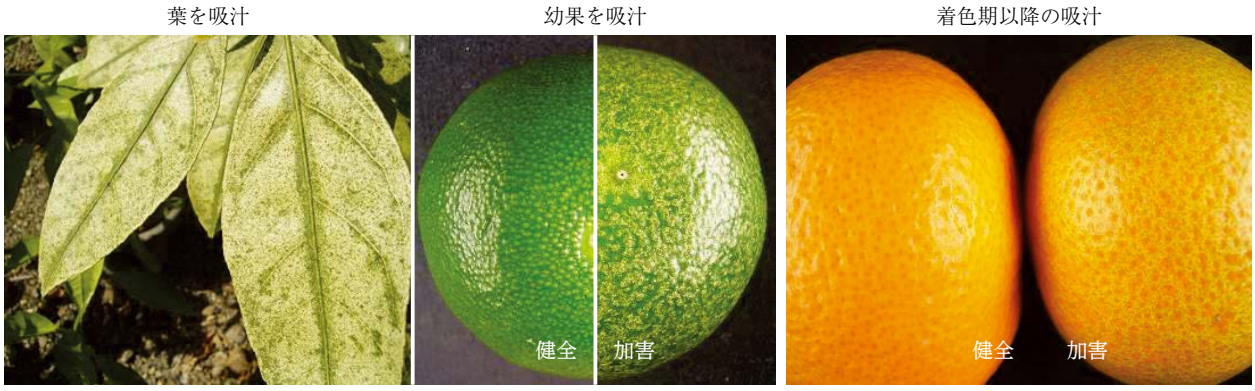
アカマルカイガラムシ　ミカンヒメコナカイガラムシ　ルビーロウムシ　イセリヤカイガラムシ

図–3　カンキツの被害が問題となる他のカイガラムシ類



卵　幼虫　若虫　雌成虫　雄成虫

図–4　ミカンハダニの各発育ステージ



2～3年生葉の落葉を助長　着色や品質に影響しない　外観品質の低下

図–5　ミカンハダニ加害部位，時期と被害

II　ミカンハダニの発生生態と防除対策

1　発生生態と被害

卵から幼虫，第1若虫，第2若虫を経て成虫となり（図–4），25℃条件下での発育期間は約12日である（Saito, 1979）。非休眠性であることから，カンキツ樹上に1年を通して各発育ステージが見られ，発育ゼロ点が8.2℃と低いことから（安田，1982），カンキツ産地では冬季でも増殖する。

カンキツの被害は葉と果実に分けられる（図–5）。葉

図–6　チャノキイロアザミウマの各発育ステージ
a は新芽組織に産み込まれた卵，b は組織から取り出した卵．

では本種の加害による光合成速度の低下（金子ら，2013）や旧葉の落葉助長（大久保，1983）が知られている。果実では幼果期の吸汁部位の果皮が白くなるが，着色に問題はないことから極早生の青切り果実を除き，実害はない。一方，着色期以降の加害によって果実に着色不良を生じさせ（Matsunaga and Nishino, 1981），商品価値を低下させる。

2　防除対策

既に述べたように本種はカンキツ樹上で休眠せずに越冬することから，冬季～春季のマシン油乳剤の散布が慣行的に行われている。また，8 月下旬以降の果実着色期の要防除密度は低く（Matsunaga and Nishino, 1981），この時期には殺ダニ剤を散布し，収穫まで低密度に維持する必要がある。一方で，葉の被害を抑制し生産性を維持するための要防除密度は葉あたり雌成虫 3.4～3.7 頭（森，1974；金子ら，2013）と比較的高いことから，薬剤抵抗性を発達させやすい本種に対する土着天敵の利用が検討されてきた。静岡県内の産地ではミヤコカブリダニやダニヒメテントウ類等が発生しミカンハダニの密度抑制に貢献している（Katayama et al., 2006；増井ら 2018 a）。これらの発生実態に合わせて影響のない薬剤を選択する（増井，2018 b）ことで夏季の殺ダニ剤の削減が可能になる（増井，2018 a）。このようなことから，静岡県のカンキツ産地では 1990 年代まで年間 3～4 回使用されてきた殺ダニ剤（マシン油を除く）は 2000 年代後半には 1 回にまで削減された（表–1）。

III　チャノキイロアザミウマの発生生態と防除対策

1　発生生態と被害

本種は新芽，新梢の組織内に産卵し，1～2 齢幼虫，

6 月上旬～下旬　　7 月上旬～中旬　　7 月下旬～8 月上旬

7～8 月　　9～10 月

図–7　チャノキイロアザミウマによるカンキツ果梗部被害（上），果頂部前期被害（下左），果頂部後期被害（下右）とその加害時期

前蛹，蛹を経て成虫となる（図–6）。本種の発育ゼロ点および産卵から成虫羽化までに発育に必要な有効積算温度はそれぞれ 9.7℃，265 日度（Tatara, 1994）または 8.5℃，294 日度（Shibao, 1996）であり，25℃ 条件下では 18.4～18.6 日で卵から成虫に発育する。本種は新芽や新梢で繁殖し，木本性植物を中心に 200 種以上に寄生が確認されている（村岡，1988；大久保，1995）。カンキツよりもチャ，イヌマキ等の他植物での繁殖がよいことから，カンキツ園外で繁殖した後に成虫が飛来してカンキツを加害する傾向が強い（Masui, 2007）。

果実の被害部位や症状は加害時期によって異なる

（多々良・古橋，1992）。静岡県の主要品種‘青島温州’では，6～8月上旬は成虫と幼虫がヘタと果実の間隙で加害する結果，果梗部に灰褐色のリング状の被害となり，加害時期が早いほどリングが大きくなる。7月以降は果頂部も加害されるようになり，8月ころまでは加害部位に癒合組織が形成されるため灰褐色の被害となり，9月以降に癒合組織が形成されなくなると暗褐色の被害となる（図-7）。

2　発生予察に基づく殺虫剤散布

果実が加害される時期のうち，本種の密度が高い6～9月に4～5回前後の世代を繰り返すことから，カンキツ園への飛来に合わせて殺虫剤散布を行う必要がある。このため，JAによっては黄色平板粘着トラップ（村岡，1990）の調査に基づいた防除指導が行われている。カンキツ園周辺の寄主植物における各世代の成虫羽化に伴う飛来時期は有効積算温度によって予測が可能であり（Masui, 2008），静岡県病害虫防除所では，植物防疫情報総合ネットワーク（JPP-NET）上の予測システムを活用して本種成虫の発生時期を予測し，発生予察情報に反映させている。なお，本種の薬剤散布適期は予想される飛来ピーク日の7日前からピーク当日の期間である（増井，2009）。6～9月の各薬剤散布は各時期に問題となる他害虫の同時防除としても位置付けられ，これを考慮した殺虫剤の選択が行われている。

3　物理的防除法

光反射シートマルチを行うと，日中の反射光の作用によりカンキツ樹上の成虫はシート上に落下し，落下した成虫は飛び立つことができないため，樹上の寄生数が減少する（土屋ら，1995 b）。290～800 nmの波長を90%程度反射する資材を用い樹冠占有面積率60%以下のカンキツ園で全面マルチすることで，本種に対する殺虫剤散布が不要になる（土屋ら，1995 a）。

また，炭酸カルシウム微粉末剤を散布することで，カンキツ樹の反射特性が変化する結果，カンキツに飛来する成虫数が減少する（土屋ら，1995 c）。本剤は農薬登録を取得し，商品名「ホワイトコート」として販売されており，6～7月に2回散布することで，6～8月の殺虫剤3～4回散布と同等の防除効果が確認されている（金子，2012）。

これら2種の防除法の効果は安定しており，温暖化に

図-8　カンキツのIPMにおける薬剤散布と天敵保護の両立の課題（増井ら，2018 bを一部改変）
ヤノネカイガラムシやミカンハダニ等の定住性の害虫には多様で有力な天敵が存在するが，チャノキイロアザミウマやチャバネアオカメムシ等の移動性の害虫には殺虫剤散布が必要である．A：ミヤコカブリダニ，B：ケシハネカクシ類，C：ダニヒメテントウ類，D：ヤノネキイロコバチ，E：ヤノネツヤコバチ，スケールバーは1 mm.

よる本種の要防除回数が増加する中で，殺虫剤の使用回数を抑制する有効な手段と位置付けられる。一方，光反射シートマルチは設置労力やコスト面の課題とともに適用可能な圃場が限られる課題がある。炭酸カルシウム微粉末剤は収穫時にカルシウムによる汚れが残る場合があり，品種ごと使用時期に注意が必要である。

Ⅳ　総合的害虫防除実践上の課題

既に述べたように，カイガラムシ類やミカンハダニ等の定住性の害虫には有力な天敵が存在することが多く，これらを保護活用することで，殺虫剤や殺ダニ剤の使用を低減できる。一方で，チャノキイロアザミウマをはじめとする移動性の害虫に対しては，殺虫剤の使用が不可欠なことが多く，使用頻度も高い傾向にある。したがって，移動性の害虫に対する防除と定住性害虫の天敵保護の両立が課題となっている（図−8）。

お　わ　り　に

殺虫剤をはじめとする農薬は農業の生産性向上に多大な貢献をしてきた。その一方で，本稿では述べてこなかった薬剤抵抗性の発達や害虫のリサージェンスを引き起こす課題も抱えている。カンキツ害虫の発生生態や防除に関するこれまでの知見から，農薬のメリットを引き出し，デメリットを極力抑えるためには，使用する農薬の特性とともに，害虫の発生生態や密度変動のメカニズムを理解したうえで，防除手段を適切に選択する必要があると言える。

引　用　文　献

1）Adachi, I. and R. Korenaga（1992）: Res. Popul. Ecol. **34**: 155〜171.
2）Furuhashi, K. and M. Nishino（1983）: Entomophaga **28**: 277〜286.
3）古橋嘉一（2010）: 植物防疫 **64**: 319〜324.
4）金子修治（2012）: 同上 **66**: 629〜633.
5）————ら（2013）: 同上 **67**: 441〜444.
6）Katayama, H. et al.（2006）: Appl. Entomol. Zool. **41**: 679〜684.
7）貴志　学ら（2013）: 応動昆 **57**: 261〜263.
8）Masui, S.（2007）: Appl. Entomol. Zool. **42**: 517〜523.
9）————（2008）: ibid. **43**: 511〜517.
10）増井伸一（2009）: 応動昆 **53**: 97〜103.
11）————（2018 a）: 静岡農林研報 **11**: 33〜41.
12）————（2018 b）: 植物防疫 **72**: 653〜657.
13）————ら（2018 a）: 応動昆 **62**: 47〜53.
14）————ら（2018 b）: 同上 **62**: 137〜148.
15）Matsunaga, Y. and M. Nishino（1981）: Trop. Agric. Res. Ser. **14**: 61〜72.
16）森　介計（1974）: 植物防疫 **28**: 110〜112.
17）村岡　実（1988）: 佐賀果試研報 **10**: 91〜102.
18）————（1990）: 植物防疫 **44**: 24〜26.
19）日本応用動物昆虫学会（2006）: 農林有害動物・昆虫名鑑，日本応用動物昆虫学会，東京，385 pp.
20）西野　操（1974）: 静岡柑試特別報告 **2**: 1〜101.
21）————・高木一夫（1981）: 植物防疫 **35**: 253〜256.
22）大串龍一ら（1977）: 応動昆 **21**: 15〜22.
23）大久保宣夫（1983）: 九病虫研会報 **29**: 142〜147.
24）————（1995）: 長崎果樹試研報 **2**: 1〜15.
25）Saito, Y.（1979）: Appl. Entomol. Zool. **14**: 83〜94.
26）Shibao, M.（1996）: ibid. **31**: 81〜86.
27）高木一夫（1983）: 果樹試報 **D5**: 93〜110.
28）Tatara, A.（1994）: Appl. Entomol. Zool. **29**: 31〜37.
29）多々良明夫・古橋嘉一（1992）: 応動昆 **36**: 217〜223.
30）土屋雅利ら（1995 a）: 応動昆 **39**: 219〜225.
31）————ら（1995 b）: 同上 **39**: 289〜297.
32）————ら（1995 c）: 同上 **39**: 305〜312.
33）安田　誠（1982）: 同上 **26**: 52〜57.
34）Yasumatsu, K. and T. Tachikawa（1949）: J. Fac. Agric. Kyushu Univ. **9**: 99〜122.
35）湯川良夫・大橋弘和（1991）: 関西病虫研報 **33**: 89〜90.

発生予察情報・特殊報（2021.1.1〜1.31）

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

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

■ **トマト（施設）：ミツユビナミハダニ（*Tetranychus evansi* Baker & Pritchard）**（山口県：初）1/12
■ **イチゴ：チバクロバネキノコバエ**（福島県：初）1/14
■ **オリーブ：オリーブカタカイガラムシ**（神奈川県：初）1/14
■ **セルリー：セルリー萎縮炭疽病**（静岡県：初）1/18
■ **ローズマリー：ヨコバイ科の一種（*Eupteryx decemnotata* (Ray)）和名なし**（静岡県：初）1/18
■ **ニホンナシ：ナシさび色胴枯病**（鹿児島県：初）1/18
■ **ネギ：ネギハモグリバエ（別系等）**（福岡県：初）1/18
■ **ネギ：ネギハモグリバエ（別系等）**（山形県：初）1/25
■ **オリーブ：クロネハイイロヒメハマキ**（香川県：初）1/28

植物防疫講座

農薬編−34
細胞壁のメラニン合成を阻害する殺菌剤

三井化学アグロ株式会社　萩原　寛之（はぎわら　ひろゆき）

はじめに

メラニンは生物によって生産される黒色の色素であり，糸状菌においては①酸化還元反応のバッファー，②フリーラジカルからの保護，③ Fe（II）/Fe（III）のキレート作用，④紫外線（Ultra Violet；UV）からの保護等複数の役割を持つことが知られている（Jacobson, 2000）。メラニンは哺乳類，菌類，植物等，多くの生物でその存在が知られており，生物全般に存在する色素であるが，それぞれの構造は必ずしも同一ではない。糸状菌においてはアセチルCoAを出発原料とし，重合・環化，還元・脱水を経て合成される DHN（dihydroxynaphthalene）メラニンを主として利用しているとされるが，L-Dopaを介して合成される Dopa-メラニンを利用しているものも存在する。また，植物では主に Catechol を前駆体とする Catechol-メラニン，哺乳類では Dopa-メラニンを利用していることが知られている。植物病原糸状菌においては，子嚢菌類であるイネいもち病菌（*Pyricularia oryzae*）やウリ類炭疽病菌（*Colletotrichum orbiculare*），野菜類灰色かび病菌（*Botrytis cinerea*），リンゴ黒星病菌（*Venturia inaequalis*）等広範な種において DHN メラニンが利用されており，特にイネいもち病菌やウリ類炭疽病菌においては植物への侵入にメラニン化が必須であり，その合成を阻害することで作物への感染を阻害できることから，作物生産上重要であり，本合成経路をターゲットとした殺菌剤が開発されてきた（Butler and Day, 1998）。本稿ではイネいもち病に高い防除効果を示し，水稲生産において重要な殺菌剤であるメラニン生合成阻

表-1　細胞壁のメラニン合成に作用する殺菌剤の作用機構

作用機構	標的部位とコード	グループ名	化学または生物グループ	一般名	コメント	FRACコード
I 細胞壁のメラニン合成	I1：メラニン生合成の還元酵素	MBI-R（メラニン生合成阻害剤－還元酵素）	−	PCBA（ペンタクロロベンジルアルコール）	耐性は知られていない.	16.1
			イソベンゾフラノン	フサライド		
			ピロロキノリノン	ピロキロン		
			トリアゾロベンゾチアゾール	トリシクラゾール		
	I2：メラニン生合成の脱水酵素	MBI-D（メラニン生合成阻害剤－脱水酵素）	シクロプロパンカルボキサミド	カルプロパミド	耐性が知られている. 中程度の耐性リスク. 耐性管理が必要.	16.2
			カルボキサミド	ジクロシメット		
			プロピオンアミド	フェノキサニル		
	I3：メラニン生合成のポリケタイド合成酵素	MBI-P（メラニン生合成阻害剤－ポリケタイド合成酵素）	トリフルオロエチルカーバメート	トルプロカルブ	耐性は知られていない. 宿主植物の抵抗性誘導による細菌および真菌に対する付加的作用も有する.	16.3

Fungicides Inhibiting Melanin Synthesis in Cell Wall.　By Hiroyuki Hagiwara

（キーワード：イネいもち病，付着器，DHNメラニン，作用機構，薬剤抵抗性）

害剤（FRAC（Fungicide Resistance Action Committee）コード表日本版（2020年6月）による作用機構I；細胞壁のメラニン合成，FRACコード16.1，16.2，16.3；MBI剤（Melanin Biosynthesis Inhibitors））について解説する（表-1）。

I 開発の経緯

1 MBI剤－還元酵素（MBI-R）

イネいもち病は我が国において古くから最も重要な植物病害であることは言うまでもなく，化学合成農薬の誕生以後は主に有機水銀剤によって防除されてきたが，環境汚染や人体への毒性のために，1968年に使用中止となった。それに前後して初めて農薬登録されたMBI剤が，三共株式会社（現三井化学アグロ株式会社）が開発したPCBA（Pentachlorbenzyl alcohol）である。PCBA自体は植物に対する薬害を示さない化合物であったが，PCBAが稲わらや堆肥中で代謝されて生じたPCB acidが，それらを使用した圃場で生育した植物に対し強い薬害を生じたことから，1971年に登録失効となった（井手ら，1970）。PCBAの登場以降，1971年に呉羽化学工業株式会社（現株式会社クレハ）がフサライドを開発し，続いて1976年にイーライ リリー株式会社（現コルテバ・アグリサイエンス社）がトリシクラゾールを，1979年にチバガイギー株式会社（現シンジェンタ株式会社）がピロキロンを開発した。なお，フサライドは2008年に住友化学株式会社に譲渡された。

2 MBI剤－脱水酵素（MBI-D）

MBI-D剤として最初に開発された化合物は，1998年にバイエル社が登録を取得したカルプロパミドである。カルプロパミドは，イネにイネいもち病菌が感染する際に，ファイトアレキシンの一種であるモミラクトンAおよびBの生合成を促進する化合物であるDDCP（2,2-dichloro-3,3-dimethylcyclopropane carboxylic acid）を合成展開して得られた化合物である（Cartwright, 1977）。DDCPから展開されたシクロプロパンカルボン酸誘導体は当初モミラクトンの誘導能に注目して合成展開されていたが，その構造活性相関は明確には得られなかった。しかし，その中から異質な効力を有すると考えられたアミドのシクロプロパン化合物に注目し，さらに合成展開を継続することによって，培地上での菌叢着色を阻害する一連の化合物群が導かれ，その中で最も高い活性を示すKTU3616（カルプロパミド）が選抜された（倉橋ら，1999）。一方，2000年に住友化学工業株式会社（現住友化学株式会社）によって登録された化合物であるジクロシメットは，カルプロパミドとはまったく異なったアプローチにより開発された化合物である。本化合物は除草剤ブロモブチドを合成展開する中で，抗いもち病活性を有する化合物を偶然見いだした。本化合物をリードとして構造展開を進める中で，高い抗いもち病活性を有し，さらに浸透移行性を有する化合物としてS-2900（ジクロシメット）が選抜された（小栗ら，2001）。フェノキサニルは，アメリカンサイアナミッド社（現BASF社）によって発明され，日本農薬株式会社によってイネいもち病活性が見いだされた殺菌剤で，2001年に登録を取得した（山本・村井，2001）。現在，フェノキサニルの知的財産権はBASF社より日本農薬株式会社へ譲渡されており，本剤の開発は日本農薬が行っている。

3 MBI剤－ポリケタイド合成酵素（MBI-P）

トルプロカルブは，三井化学アグロ株式会社が開発したMBI-P剤であり，奇しくも前身の三共株式会社がPCBAを開発した50年後に当たる2015年に登録を取得した。本化合物も，初めからMBI剤を目指して合成展開されたものではなかった。当初は卵菌類を防除する殺菌剤（疫・べと剤）を志向しイプロバリカルブ類縁体の合成展開を実施していたところ，中央のアミドを逆アミドに変換することにより卵菌類に対する活性は消失するが，イネいもち病に高い活性を有する化合物を見いだした。この化合物は培地上でイネいもち病菌叢の着色を阻害したことからMBI剤であると考えられた。そこで，これに着目しイネいもち病に対する活性と浸透移行性を指標に合成展開を継続し，トルプロカルブが選抜された（Hagiwara et al., 2019）（図-1）。

II 作用機構

1 メラニン生合成阻害活性

イネいもち病菌などが利用するDHNメラニンは，ポリケタイド合成酵素（PKS）による重合・環化反応を経たのち，還元酵素，脱水酵素によって交互に触媒され，DHNが重合してDHNメラニンが生合成される。MBI剤は，MBI-R剤が還元酵素，MBI-D剤が脱水酵素，MBI-P剤がPKSをそれぞれ阻害することによりメラニンの蓄積を阻害する。これらの作用点の違いはメラニン中間体の添加回復試験により簡易的に確認することができ，例えばMBI-R剤であるフサライドではバーメロンを，MBI-D剤であるカルプロパミドは1,8-DHNを，MBI-P剤であるトルプロカルブは，1,3,6,8-THN（1,3,6,8-tetrahydroxynaphthalene）の添加で回復する（千田，1989；Kurahashi et al., 1996；Hamada et al., 2014）。

さらにそれぞれの作用機構について，詳細な作用点が同定されている。MBI-R剤であるフサライドとトリシ

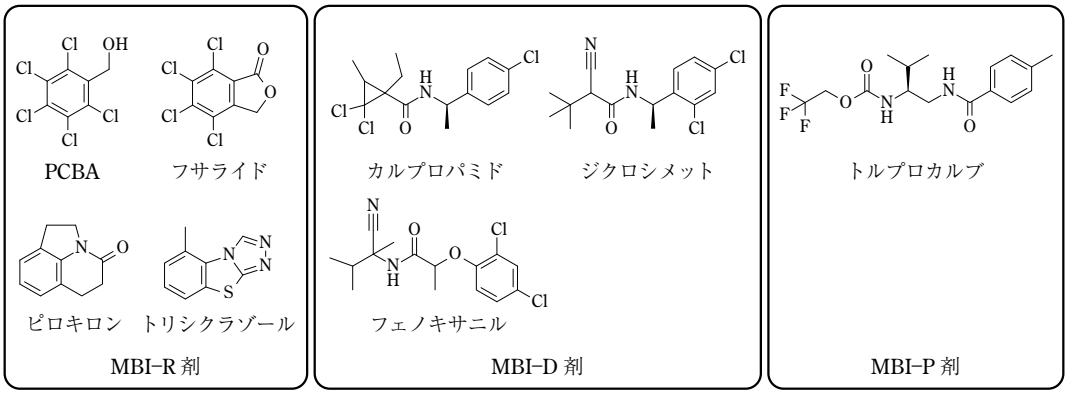


図-1　MBI 剤の化学構造

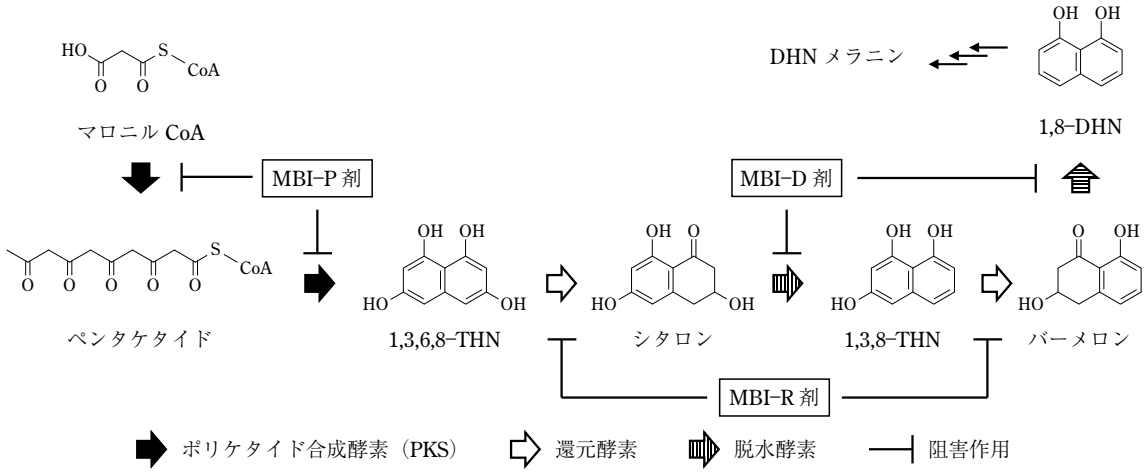


図-2　メラニン合成経路と MBI 剤の作用点

クラゾールでは，イネいもち病菌のセルフリーアッセイにおいて NADPH 依存的還元酵素活性を測定することで示されている（Chida and Sisler, 1987）。MBI–D 剤ではカルプロパミドにおいて，薬剤処理時のメラニン生合成経路中の代謝物を HPLC によって詳細に分析し，そのプロファイルにより作用点が決定された（Kim et al., 1998）。また，作用点である脱水酵素の全アミノ酸配列，結晶構造が明らかとなっており，各化合物の脱水酵素との結合様式も示されている（Jeschke et al., 2019）。MBI–P 剤であるトルプロカルブでは，イネいもち病菌の I 型 PKS を導入したコウジカビ（*Aspergillus oryzae*）を用いてトルプロカルブ処理時の 1,3,6,8–THN の蓄積量を測定したところ，濃度依存的に 1,3,6,8–THN の蓄積阻害が見られたことから，本化合物はイネいもち病菌の PKS を阻害していることが示された（図–2）。

2　植物の病害抵抗性誘導活性

ある種の天然由来成分や化学合成農薬（P：宿主植物の抵抗性誘導）等は，植物の持つ病害に対する抵抗性を増強することで防除効果を示すものが知られている。これらの物質によって誘導される抵抗性は幅広く，過敏感細胞死や気孔の閉鎖，抗菌タンパク質や，ファイトアレキシンによって代表される抗菌性を持つ比較的低分子の有機化合物等も生産される。

MBI–D 剤であるカルプロパミドは，イネのファイトアレキシンの一種モミラクトンを誘導する物質 DDCP をリードとして合成展開されたことから，モミラクトンの誘導能について研究され，イネいもち病菌の感染時にモミラクトン A の蓄積が亢進することが示された（Araki and Kurahashi, 1999）。

一方，MBI–P 剤であるトルプロカルブもイネに対しモミラクトン A および B，ファイトカサン類といったファイトアレキシンの蓄積を誘導することが知られているが，カルプロパミドとは異なりイネいもち病菌の感染の有無にかかわらず，薬剤処理のみで蓄積亢進する（萩原ら，2020；高橋ら，2020）。さらに，トルプロカルブを処理したイネやシロイヌナズナでは抵抗性関連遺伝子の発現亢進が見られ，それによって病害防除効果を示すことが知られている（Hagiwara et al., 2020）。一方でイ

ネいもち病菌に対する防除効果にも，メラニン生合成阻害活性に加え抵抗性誘導活性も関与していることが示されている（Hagiwara et al., 2019）。

Ⅲ 作 用 特 性

MBI 剤は，植物病原菌のメラニン生合成経路に作用し，付着器のメラニン化を阻害することで宿主への侵入を阻害する。しかし，宿主への侵入にメラニン化が必須である植物病原菌はイネいもち病菌やウリ類炭疽病菌等，ごく一部の植物病原糸状菌に限られるため，実質農薬登録を有する糸状菌病はイネいもち病に限られる。一方で，作用機構は不明ながら一部の MBI 剤はイネの細菌病害であるもみ枯細菌病にも防除効果を示す。本章では，作用機構の明確なイネいもち病菌に対する作用について述べる。

1　付着器からの侵入阻害

MBI 剤はその作用機構の違いにかかわらず，イネいもち病菌に対し，付着器からの侵入阻害，分生子の離脱阻害の 2 種類の作用を示すが直接の抗菌活性（分生子発芽阻害，菌糸伸長阻害等）は示さない。イネいもち病菌は宿主への侵入に際し，付着器の細胞壁にメラニンを蓄積することでその構造を強固にし，膨圧を発生させてその圧力で物理的に宿主細胞へ侵入する。MBI 剤がメラニンの蓄積を阻害することで付着器が膨圧に耐えるだけの強度を維持できず，結果としてイネいもち病菌の宿主への侵入を阻害する（Yamaguchi et al., 1982）。

2　分生子の離脱阻害・メラニン化阻害

イネいもち病菌は宿主内へ侵入・感染した後，宿主体外へ出て分生子を形成して次の植物へと感染していく（二次伝染）。通常，分生子は分生子柄から離脱したのち風や水等を媒介として伝染していくが，MBI 剤存在下では分生子柄からの離脱が阻害され，二次伝染が抑制される。本作用も MBI 剤すべてにおいて観察されている（Kurahashi et al., 1999）。

さらにピロキロンとトルプロカルブでは，イネいもち病菌がイネ体内に侵入した後，二次的に作られる分生子のメラニン化を阻害することが知られている（Uehara et al., 1995；鈴木・萩原，2016）。また，トルプロカルブによってメラニン化が阻害された分生子は太陽光に対する感受性が高くなり，雨天～曇天程度の UV 強度（約 700～2,000 μW/cm^2）で分生子の発芽が阻害される（萩原ら，2017）。

3　植物への移行性と施用方法

殺菌剤の施用方法としては，土壌混和，種子処理等の方法もあるが，ほとんどは葉面散布で使用されている。MBI 剤も同様に葉面散布で使用されているものもあるが，浸透移行性を持つものが多く，ほとんどの化合物が育苗箱施用および本田における水面施用で使用できる。特に，育苗箱施用剤では他の殺菌剤や殺虫剤と混合し同時施用できるようにした殺虫・殺菌混合剤が多く開発されており，このような薬剤は長期にわたり残効性を示すことから我が国における水稲栽培体系において重要な技術となっている。

Ⅳ　耐性菌の現状

MBI 剤の耐性菌発達リスクは作用機構により異なる。MBI–R 剤，MBI–P 剤では感受性の低下は確認されていない。しかし MBI–D 剤では，最初の MBI–D 剤であるカルプロパミドの登録取得から 4 年後の 2001 年に佐賀県で初めて耐性イネいもち病菌が確認された（山口ら，2002）。耐性イネいもち病菌では，脱水素酵素の 75 番目のバリンがメチオニンに変異していることが明らかにされている（Takagaki et al., 2004）。このような変異を持つ耐性菌は複数の起源を持つことから様々な地域で発生したとされており，現在，MBI–D 剤耐性菌はほとんどの都道府県で発生が確認されているため，本作用機構を含む薬剤を使用する場合には当該地域の耐性菌発生状況に注意する必要がある。また，本 MBI–D 剤耐性菌は MBI–D 剤間では交差耐性を示すが，MBI–R 剤および MBI–P 剤に対しては交差耐性を示さないことが知られている（宋，2003；Jeschke et al., 2019）。

お　わ　り　に

有機水銀剤に代わる安全なイネいもち病防除剤として登場した MBI 剤は，機械移植に対応した育苗箱施用剤，無人ヘリ等の航空防除に対応した本田施用剤等，その時代の要求に合った性質を付与しながら日本の水稲栽培技術の発展とともに進化してきた殺菌剤である。また病原菌のメラニン化を阻害するという特異な作用機構から感染生理学の分野で盛んに研究され，植物病理学の発展にも貢献してきた。MBI–R 剤や MBI–P 剤の耐性菌出現リスクは比較的低いと考えられているが，今後も耐性菌が出現しないとは言えないことから，耐性菌マネジメントを考慮した適切な使用や，感受性モニタリングを継続する必要があると考えられる。

引　用　文　献

1）Araki, Y. and Y. Kurahashi（1999）: J. Pestic. Sci. **24**: 369～374.
2）Butler, M. J. and A. W. Day（1998）: Can. J. Microbiol. **44**: 1115～1136.
3）Cartwright, D. W.（1977）: Nature **267**: 511～513.

4）千田恒明（1989）：日本農薬学会誌 **14**：363～371.
5）Chida, T. and H. D. Sisler（1987）：Pestic. Biochem. Physiol. **29**：244～251.
6）萩原寛之ら（2017）：日植病報 **83**：209～210.
7）Hagiwara, H. et al.（2019）：J. Pestic. Sci. **44**：208～213.
8）―――― et al.（2020）：J. Gen. Plant Pathol. **86**：39～47.
9）萩原寛之ら（2020）：日本農薬学会第 45 回大会講演要旨集：107.
10）Hamada, T. et al.（2014）：J. Pestic. Sci. **39**：152～158.
11）井手一浩ら（1970）：日本土壌肥料学雑誌 **41**：267～272.
12）Jacobson, E. S.（2000）：Clinic. Microbiol. Rev. **13**：708～717.
13）Jeschke, P. et al.（2019）：Modern Crop Protection Compounds 3rd Ed. vol. 2：879～909.
14）Kim, J. C. et al.（1998）：Pestic. Biochem. Physiol. **62**：102～112.
15）Kurahashi, Y. et al.（1996）：Pestic. Sci. **47**：199～202.
16）倉橋良雄ら（1999）：日本農薬学会誌 **24**：204～216.
17）Kurahashi, Y. et al.（1999）：Pestic. Sci. **55**：31～37.
18）小栗幸男ら（2001）：住友化学 **2001**：4～13.
19）宋　和弘（2003）：第 13 回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集：37～48.
20）鈴木智子・萩原寛之（2016）：日植防報 **82**：229.
21）Takagaki, M. et al.（2004）：Pest Manag. Sci. **60**：921～926.
22）高橋明里ら（2020）：日本農薬学会第 45 回大会講演要旨集：108.
23）Uehara, T. et al.（1995）：J. Phytopathol. **143**：573～576.
24）Yamaguchi, I. et al.（1982）：J. Pestic. Sci. **7**：523～529.
25）山口純一郎ら（2002）：日植病報 **68**：261.
26）山本好伸・村井繁夫（2001）：植物防疫 **55**：273～276.

（新しく登録された農薬 34 ページからの続き）

●フェンキノトリオン・プロピリスルフロン・ペントキサゾン粒剤

24471：**ゼータジャガージャンボ**（住友化学）21/1/13
フェンキノトリオン：15.0%
プロピリスルフロン：4.5%
ペントキサゾン：10.0%
移植水稲：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，エゾノサヤヌカグサ，ヒルムシロ，セリ，オモダカ，クログワイ，コウキヤガラ，アオミドロ・藻類による表層はく離
直播水稲：一年生雑草，ホタルイ，ミズガヤツリ，ウリカワ，ヒルムシロ，セリ，アオミドロ・藻類による表層はく離

●シメトリン・ピリミスルファン・フェンキノトリオン剤

24472：**ツイゲキ豆つぶ 250**（クミアイ化学）21/1/13
シメトリン：12.0%
ピリミスルファン：3.0%
フェンキノトリオン：10.0%
移植水稲：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，アオミドロ・藻類による表層はく離

●フェンキノトリオン・ペントキサゾン・メタゾスルフロン水和剤

24477：**流星フロアブル**（日産化学）21/1/13
フェンキノトリオン：6.0%
ペントキサゾン：5.0%
メタゾスルフロン：2.0%
移植水稲：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
直播水稲：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

●フェンキノトリオン・ペントキサゾン・メタゾスルフロン粒剤

24478：**流星 1 キロ粒剤**（日産化学）21/1/13
フェンキノトリオン：3.0%
ペントキサゾン：2.5%
メタゾスルフロン：1.0%
移植水稲：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
直播水稲：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

●フェンキノトリオン・ペントキサゾン・メタゾスルフロン粒剤

24479：**流星ジャンボ**（日産化学）21/1/13
フェンキノトリオン：7.5%
ペントキサゾン：6.25%
メタゾスルフロン：2.5%
移植水稲：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
直播水稲：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

●フェンキノトリオン・ペントキサゾン・メタゾスルフロン粒剤

24480：**流星エアー粒剤**（日産化学）21/1/13
フェンキノトリオン：7.5%
ペントキサゾン：6.25%
メタゾスルフロン：2.5%
移植水稲：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
直播水稲：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

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 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

国立研究開発法人農研機構九州沖縄農業研究センター糸満駐在は，沖縄県糸満市にある沖縄県農業研究センター内に設置されています（図-1）。その前身は「南西諸島研究チーム」で，2011 年に新たな組織として発足しました。糸満駐在職員はすべて，ここで紹介します熱帯性病害虫管理グループに属し，熱帯性病害虫の防除技術開発にかかわる試験研究を行っています。

ここでは，サツマイモ栽培の最重要害虫アリモドキゾウムシ・イモゾウムシ防除の研究を紹介します。

南西諸島のサツマイモ栽培の問題と対応

アリモドキゾウムシ・イモゾウムシが食害した塊根は（図-2），塊根の食味を著しく損ない，肝機能障害を引き起こす苦み成分イポメアマロンを産生し，出荷できません。最も一般的な対策は，サツマイモ苗定植前のフィプロニル処理と定植後 2 回のクロルピリホス処理によるこれら害虫の防除です。この技術でもしばしば塊根被害率が 30% を超え，被害のより少ない防除技術が求められています。糸満の研究グループでは，栽培と害虫防除の観点から，この課題に取り組んでいます。

品種と栽培による被害回避技術

南西諸島の主なサツマイモ栽培体系は，春植え夏栽培です（3～5 月の苗植え，9～12 月の収穫，栽培期間ほぼ 6 か月）。この体系での塊根肥大期の夏期は，アリモドキゾウムシ・イモゾウムシとも個体群密度が最も高くなり，塊根被害が非常に出やすくなります。そこで，早期肥大特性を有する品種により栽培期間を短縮し，低密度期での塊根収穫から被害低減を図る，という対策が考えられます。また 11～3 月の低温期では，これら害虫の密度は低下しますので，この時期の低温適性品種・系統の栽培（秋植え冬栽培）による被害回避，という考え方も成り立ちます。この二つの観点での研究を進め，当糸満駐在より，2020 年度に新たな品種‘ちゅらかなさ’が登録されました。今後は，苗の植付け，栽培期間に柔軟に対応し，ゾウムシ被害を回避できるさらなる品種育成と栽培技術開発に取り組みます。

図-1　糸満駐在が入る沖縄県農業研究センター

図-2　アリモドキゾウムシ（上左），イモゾウムシ（上中），イモゾウムシ加害サツマイモ塊根の外観（下），アリモドキゾウムシ加害の塊根輪切り（上右）

化学薬剤による防除法開発

化学薬剤による被害低減技術開発も実施しています。特に，従来の防除体系での施用薬剤限定による薬剤抵抗性発達，植付け後の株元施用散布による労力負担，の問題に焦点を当てています。これまでの研究より，従来体系の薬剤とは異なる分類群の 4 薬剤（植付け前 1 剤，植付け後 3 剤）のゾウムシ防除効果を確認し，植付け後施用薬剤の葉面散布により，労力軽減を実現しました。このうち，植付け後施用のシアントラニリプロールは，2020 年度，2 種ゾウムシに登録が適用拡大されました。本剤はすでに沖縄県で導入され始めています。

糸満駐在では，沖縄県のサツマイモ栽培でも大きな問題となっていますサツマイモ基腐病対策技術にも対応し，南西諸島域の農業発展に寄与できる研究・技術開発を推進していきます。

（グループ長　市瀬克也）

〒 901-0336　沖縄県糸満市真壁 820
TEL　098-840-3553

研究室紹介

和歌山県果樹試験場 環境部

和歌山県はみかんの生産量が16年連続で全国1位を更新中です。なかでも県の中部に位置する有田地方は400年の歴史を持つ県内随一のみかん産地です。和歌山県果樹試験場はその有田郡有田川町にあります。当試験場は，1910年（明治43年）に旧田殿村に発足した有田郡農会立園芸試験場を前身とします。その後，1914年（大正3年）に県立移管し，1961年（昭和36年）に現在地に移転しました。2012年（平成24年）に和歌山県果樹試験場と改称し現在に至ります。

当試験場は県内に3箇所ある果樹関係の試験研究機関のうちの1つで，みかんをはじめとする常緑果樹に関する試験研究を分担しています。栽培部と環境部の2部体制で，環境部は5名の研究員が配置されています。環境部の主な業務は，常緑果樹の病害虫の防除対策，果樹園の機械化・省力化，鳥獣害対策に関することです。以下に，現在取り組んでいる主な研究課題を紹介します。

1　カンキツ黒点病の防除対策

カンキツ黒点病は温州みかんの主要病害です。黒点病の慣行防除薬剤（マンゼブ水和剤，マンネブ水和剤）は累積雨量200～250 mmまで効果が持続しますが，近年は累積雨量が250 mm以上となる集中豪雨が増加し，薬剤の効果が切れて本病が多発する場合があります。そこで，薬剤の耐雨性を高めるなど，集中豪雨に対応した黒点病の防除対策の確立に取り組んでいます。

カンキツ黒点病

ビワキジラミ幼虫

ドローンによる農薬散布

潜り込み式ゲートによるシカの捕獲

2　ビワの新害虫ビワキジラミの緊急防除対策

ビワキジラミは2012年に徳島県で発見された新種の害虫です。本県でも2018年に生息が確認され急速に分布域を拡大していることから，県内における発生実態の解明，有効薬剤の探索および防除体系の確立に取り組んでいます。

3　ドローンを利用した病害虫防除技術の開発

カンキツ園地は傾斜地が多く，農薬散布は重労働です。近年はドローンによる農薬散布技術が注目されていますが，果樹では防除効果の知見がなく，高濃度少量散布が可能な農薬も極めて少ない状況です。そこで，カンキツにおけるドローンを利用した農薬散布技術を確立するため，病害虫の防除効果の解明，効果的な農薬散布方法の検討，ドローンで散布できる農薬を増やすための適用拡大試験に取り組んでいます。

4　効率的で持続的なシカ捕獲技術の開発

既存の囲いワナに取り付ける「潜り込み式獣類捕獲ゲート」を開発し，特許出願しました。このゲートは，防護柵の隙間をくぐり抜けて農地に侵入しようとするシカの習性を逆利用したもので，複数捕獲・連続捕獲が可能で，低価格で誤作動も少ないという特徴があります。2020年度からは，防護柵と本ゲートを融合させた「捕獲防護柵」の開発にも取り組んでいます。

（部長　井口雅裕）

〒643-0022　和歌山県有田郡有田川町奥751-1
TEL　0737-52-4320

新卒採用の募集について
―募集要領―

職　　種　農作物における病害虫防除試験・農薬残留試験技術者

勤 務 地　研究所・試験場　茨城・山梨　高知　宮崎　※転勤あり

対　　象　2022 年 3 月大学/大学院を卒業予定の方

採用人数　若干名

応募方法　エントリーシートに記入のうえ，成績証明書を添付し下記宛てに郵送してください。
提出期限：5 月 7 日
〒114-0015　東京都北区中里 2-28-10　一般社団法人日本植物防疫協会総務部
電話番号　03-5980-2181　　E-mail：saiyo@jppa.or.jp

選　　考　一次選考（書類）の合格者に次回選考スケジュールについて別途連絡します。

応募方法の詳細は協会 HP をご覧下さい。
「採用情報」http://www.jppa.or.jp/about/saiyou_new.html

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）

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

発生予察用調査資材斡旋品目一覧表

（価格は 2021 年 3 月 1 日現在で，消費税込み，送料サービスです。）

●性フェロモン等誘引物質

対象害虫	会社	数量	期間/個	販売価格	対象害虫	会社	数量	期間/個	販売価格
ニカメイガ	サ	12	1ヶ月	11,000	アリモドキゾウムシ	サ	12	1ヶ月	11,000
コブノメイガ	サ	12	1ヶ月	11,000	チャノコカクモンハマキ	住	12	1ヶ月	8,470
アカスジカスミカメ	ア	12	1.5ヶ月	8,250		信	12	1ヶ月	8,250
アカヒゲホソミドリカスミカメ	信	12	1ヶ月	8,250	チャハマキ	住	12	1ヶ月	8,470
	ア	12	1.5ヶ月	8,250		信	12	1ヶ月	8,250
アワノメイガ	サ	12	1ヶ月	11,000	チャノホソガ	サ	12	1ヶ月	13,750
フタオビコヤガ	サ	12	1ヶ月	11,000	チャドクガ	サ	2	1年	11,000
イネヨトウ	サ	12	1ヶ月	11,000	モモシンクイガ	住	12	2ヶ月	11,330
マメシンクイガ	信	12	1ヶ月	8,250	ナシヒメシンクイ	サ	12	1ヶ月	11,000
ハスモンヨトウ	住	8	1ヶ月	12,980	リンゴコカクモンハマキ	住	12	1ヶ月	8,470
	サ	12	1ヶ月	11,000	リンゴモンハマキ	信	12	1ヶ月	8,250
シロイチモジヨトウ	サ	12	1ヶ月	11,000	コスカシバ	信	12	1ヶ月	8,250
ヨトウガ	サ	12	1ヶ月	11,000	ヒメコスカシバ	信	12	1ヶ月	8,250
オオタバコガ	サ	12	1ヶ月	11,000	クビアカスカシバ	信	12	1ヶ月	8,250
タバコガ	サ	12	1ヶ月	13,750	モモハモグリガ	サ	12	1ヶ月	11,000
カブラヤガ	サ	12	1ヶ月	11,000	キンモンホソガ	サ	12	1ヶ月	11,000
タマナヤガ	サ	12	1ヶ月	11,000	モモノゴマダラノメイガ	サ	12	1ヶ月	11,000
タマナギンウワバ	サ	12	1ヶ月	11,000	スモモヒメシンクイ	信	12	1ヶ月	8,250
コナガ	住	12	1ヶ月	8,470	ミダレカクモンハマキ	信	12	1ヶ月	8,250
	サ	12	1ヶ月	11,000	ヒメボクトウ	信	12	1ヶ月	8,250
チャバネアオカメムシ	サ	10	1ヶ月	22,000	カシノナガキクイムシ	サ	2	1.5ヶ月	17,600
ナシマルカイガラムシ 専用粘着板20枚付	サ	5	1ヶ月	13,200	シロテンハナムグリ・アシナガコガネ・ヒラタアオコガネ 空カップ3個付 《適用：白色トラップ》	サ	誘1	3ヶ月	5,280
アカマルカイガラムシ 専用粘着板20枚付	サ	5	1ヶ月	13,200					
マメコガネ 空カップ3個付 《適用：黄色トラップ》	サ	誘1	3ヶ月	5,280	カミキリ・ゾウムシ・キクイムシ・ハバチなどの針葉樹寄生性昆虫 エタノール4個付 《適用：黒色トラップ》	サ	誘4	3週間	5,500
スギノアカネトラカミキリ 《適用：黄色トラップ》	サ	誘4	—	9,680					
訪花性昆虫 《適用：黄色・白色トラップ》	サ	誘5	—	12,100					
コナダニ見張番	サ	誘30枚＋トラップ10個		3,850	誘30枚				2,750

●トラップ等捕獲資材

住化式粘着トラップ〈住〉	セット（屋根1台＋粘着板12枚）：4,730円，屋根のみ6台：3,960円，粘着板のみ12枚：3,520円
SEトラップ〈サ〉	【色指定あり：白色・緑色より選定】セット（屋根1台＋粘着板12枚）：4,180円，屋根のみ6台：3,960円，粘着板のみ12枚：3,520円，100枚：28,600円
小型粘着板（クワシロカイガラムシ用）〈サ〉	100枚入（1枚：22.5 cm × 12 cm）：16,500円
ファネルトラップ〈サ〉	1台：4,950円
住化式乾式トラップ〈住〉	1台：6,600円
AUトラップ〈信〉	1台：11,000円（チャバネアオカメムシ用）
コガネコール・マダラコール用誘引器〈サ〉	【色指定あり：黄色・白色・黒色より選定】1台：7,480円 ［カシノナガキクイムシ用（透明）］1台：13,200円
粘着シート 「ITシート」〈サ〉 「虫取り君」〈サ〉	1箱10巻入り（1巻：10 cm × 15 m）【黄色】：15,510円 1箱10枚入り10袋（1枚：10 cm × 25 cm）：16,500円
アカヒゲ・アカスジカスミカメ用トラップ〈ア〉	粘着ネット（6枚）：5,445円，粘着ネット用フレーム（6本）：3,630円

（会社名　ア：アース製薬，サ：サンケイ化学，信：信越化学工業，住：住友化学）

上記調査資材の申し込み方法と注意事項について

◆電話，FAXでの申し込み受付は行っておりませんので，必ず**JPPAオンラインストアからお申し込み**下さい。
◆上記品目は防除には利用できません。防除に利用された場合は「農薬取締法」違反となります。
◆品物はメーカーから直送いたしますが，到着までには1週間程度余裕を見て下さい。
◆商品の性質上，**注文間違いによる返品は出来ません**のでご注意下さい。

◎申込先：JPPAオンラインストア：https://www1.enekoshop.jp/shop/jppashop/

学 会 だ よ り

○「第 4 回植物病理を紡ぐ会」開催のお知らせ

日時：2021 年 3 月 19 日（金）14:00～17:20
会場：オンラインにて実施（参加申し込みされた方にメールにて URL をお送りします）
参加費：無料
プログラム：
・「CGIAR での研究生活：東南アジア編」
湊　菜未（新潟大学）
・「育種から見る病理を紡ぐ大切さ」
加野彰人（タキイ種苗株式会社）
・「トウモロコシ黒穂病菌と宿主の細胞間コミュニケーションの解明に向けて」
田中茂幸（摂南大学，マックスプランク陸生微生物学研究所）
特別講演
「*Fusarium*（フザリウム）属菌における種の捉え方について」　青木孝之（農研機構）
参加申込：「参加登録フォーム」に直接アクセスし，ご登録ください。
詳細は学会ホームページでご確認ください。

○第 30 回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウムの開催

日時：2021 年 3 月 23 日（火）10:00～15:15
会場：オンライン（Zoom）にて開催（講演の録画を放映します）
参加費：無料（講演要旨は PDF 形式を無料配布）
詳細は学会ホームページでご確認ください。

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)
……カウンシルエナジー
エス・ディー・エスバイオテック(株)
……タフブロック
OAT アグリオ(株)……サフオイル
日本曹達(株)……ピシロック
日本農薬(株)……AI 診断
アース製薬(株)……フェロモン EBC
農薬工業会……RAC コード
クミアイ化学工業(株)…ピラキサルト混合箱剤

○関西病虫害研究会第 103 回大会（岐阜大会）の開催

第 103 回研究会発表会（岐阜大会）および 2020 年度総会を下記の通り開催します。
日時：2021 年 6 月 10 日（木）
開催方法：オンライン（Zoom）
*参加方法の詳細については 3 月下旬頃お知らせします。

次号予告

次号 2021 年 4 月号の主な予定記事は次のとおりです。

2021 年度植物防疫事業・農薬安全対策の進め方について　植物防疫課・農薬対策室
令和 3 年度植物防疫研究課題の概要　農林水産技術会議
コムギ眼紋病の発生要因と近年の発生状況　竹内　徹
山梨県におけるブドウ害虫「クビアカスカシバ」の生態と薬剤の効果　内田一秀
愛知県のウメ輪紋病発生地域における有翅アブラムシ類の発生消長と PPV 保毒状況　堀川英則
シロイチモジヨトウ発生予察用フェロモン剤に誘引されて問題となる非標的チョウ目昆虫　河野勝行
徳島県における *Singapora shinshana*（Matsumura）の発生と有効薬剤　兼田武典ら
トルコギキョウ斑点病の生育適温および病徴と発病程度の品種間差　舛本将明ら
植物防疫講座　病害編：緑化樹木に発生する病害の生態と防除　堀江博道
植物防疫講座　虫害編：飼料作物に発生する害虫の生態と防除　吉田信代
植物防疫講座　農薬編：キチン生合成阻害剤タイプ 1　ブプロフェジン　藤岡伸祐
研究室紹介：埼玉県農業技術研究センター　病害虫研究担当　宇賀博之
愛媛県農林水産研究所　農業研究部　病理昆虫室　松田　透

植物防疫
2021 年
3 月 号
（毎月 1 回 1 日発行）
第 75 巻　2021 年 2 月 25 日印刷
第 3 号　2021 年 3 月 1 日発行
（通算 891 号）
定価 965 円
本体 877 円
編集発行人　早川　泰弘
印 刷 所　三 美 印 刷 ㈱
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）
F A X（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。

べと病、疫病、白さび病を
ピシっとロック！

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/

Ⓡは日本曹達(株)の登録商標

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

明日の農業を考える

害虫・病害・雑草
稲の異変!?
写真を撮るだけ

スマホでいつでも、写真からAI診断、有効薬剤をご紹介

いもち病発生予測機能付き!

※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』
日本農薬ホームページから 日本農薬 検索

■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と日本農薬(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。

日本農薬株式会社

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS
日本農薬株式会社は持続可能な開発目標(SDGs)を支援しています

斑点米の原因となる
アカスジカスミカメの発生予察に

EARTH
Act For Life

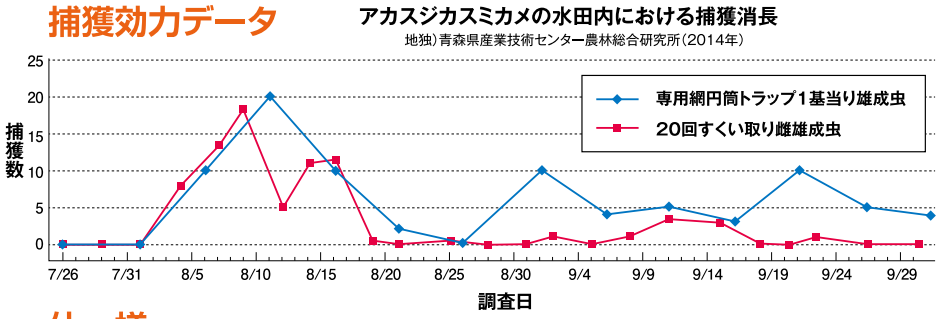
発生予察用フェロモン製剤
フェロモンEBC
アカスジカスミカメ用

専用網円筒トラップ
フェロモンEBC 捕獲用粘着ネット
フェロモンEBC 捕獲粘着ネット用フレーム

フェロモン成分をパラフィンに加え混合、カプセルに充填し徐放性を保つことにより長期間フェロモンのリリースコントロールができます。

耐水性があり、対象害虫以外は捕獲されにくい黒色粘着ネットを採用した専用網円筒トラップと組み合わせることで、容易にアカスジカスミカメの調査が行えます。

捕獲効力データ



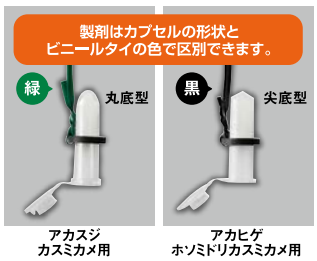
フェロモンEBCアカスジカスミカメ用製剤と専用網円筒トラップを組み合わせることで、水田内におけるアカスジカスミカメ雄成虫の発生消長が明確に捉えられます。

仕　様

商品名	適用作物	内　容	有効期間	使用時期	使用量の目安
フェロモンEBC アカスジカスミカメ用	稲	誘引カプセル12個 ゴムバンド12個 ビニールタイ12本	野外で 約1～1.5カ月	出穂5～7日前から 黄化期まで	1個/10アール

商品名	内　容	使用期間
フェロモンEBC 捕獲用粘着ネット	捕獲用粘着ネット6枚 ビニールタイ18本	1.5～2カ月

商品名	内　容	サイズ
フェロモンEBC 捕獲粘着ネット用フレーム	フレーム6本	幅120mm 高さ580mm



アース製薬株式会社 AOY
〒101-0048 東京都千代田区神田司町2-12-1
お客様窓口 **0120-81-6456**
受付時間9:00～17:00(土、日、祝日を除く)
http://www.earth-chem.co.jp

薬剤抵抗性発達を防ぐカギ

RACコードを知ろう!

農薬工業会では、病害虫の薬剤抵抗性発達を防ぐためのRACコードを利用したローテーション防除についてまとめたリーフレットを提供しています。薬剤抵抗性が発達する仕組みやRACコードを利用した抵抗性回避のための方策を分かりやすく解説しています。無料で提供していますので農薬工業会までご連絡ください。また下記よりwebでもご覧いただけます。

ダウンロードはこちらから→
https://www.jcpa.or.jp/labo/books/pdf/leaf20.pdf

JCPA
農薬工業会

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町2-3-6 宗和ビル4F
TEL 03-5649-7191（代表）　FAX 03-5649-7245
https://www.jcpa.or.jp　e-mail：jcpa@jcpa.or.jp

植物防疫 VOL.75 No.3
2021年3月1日 発行（毎月1回1日発行） 定価 965円 本体 877円（送料サービス）
一般社団法人 日本植物防疫協会
〒114-0015 東京都北区中里2丁目28番10号
電話 03(5980)2181 FAX 03(5980)6753
http://www.jppa.or.jp/

自然に学び 自然を守る
クミカ

抵抗性
ウンカに
効き目抜群

新規有効成分配合
ピラキサルト™

育苗箱施用剤
ウンカ類・いもち病・チョウ目・初期害虫
は種時から
新発売
ブーンゼクテラ®

ウンカ類・いもち病・チョウ目・初期害虫
アンコール®

ウンカ類・いもち病・紋枯病・チョウ目・初期害虫　は種時から
フルスロットル®

ウンカ類・チョウ目・初期害虫　は種前から
ゼクサロン™パディート®

ピラキサルト剤
特設サイト

Pyraxalt™ active
powered by CYAZYPYR® ACTIVE INGREDIENT
powered by RYNAXYPYR® ACTIVE INGREDIENT

TM コルテバ・アグリサイエンスならびにその関連会社商標
CYAZYPYR®、RYNAXYPYR®、パディート®は、FMC Corporationまたは
その米国およびその他の国の子会社・関連会社の登録商標です。
ブーン®、ゼクテラ®、®、フルスロットル®、アンコール®はクミアイ化学工業(株)の登録商標

JAグループ
農協 全農 経済連
全農は登録商標 第4702318号

自然に学び 自然を守る
クミアイ化学工業株式会社
本社：〒110-8782 東京都台東区池之端1-4-26 TEL.03-3822-5036
ホームページアドレス　https://www.kumiai-chem.co.jp