

植物防疫

Plant Protection

11

2021
VOL.75



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



速く効く。
あの害虫にも効く。^{*1}
だから、
収量に差がつく。^{*2}

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

対象害虫の幅広さ
チョウ目害虫やアザミウマなど幅広い害虫^{*1}に効く。

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

野菜・
茶用
殺虫剤

グレーシア[®] 乳剤



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

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



お客様窓口

TEL.03-4463-8271
(9:00~17:30 土日祝日除く)

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



 日産化学株式会社

BASF
We create chemistry

農林水産省登録 第24439号

サンケイ コテツ[®]ベイト

難防除害虫 ホウレンソウケナガコナダニに効く

® = BASF社の登録商標

コナダニ防除の常識は ベイトで変える。

特長

- 難防除害虫である
ホウレンソウケナガコナダニに卓効
- 害虫を誘引し食毒により防除
- 混和する必要なく、処理が簡便
- 優れた残効性



ベイト粒



圃場に撒くだけで害虫を誘引



ホウレンソウ
ケナガコナダニ



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

一発、カウントダウン。

雑草の無い水田へ

JAグループ 農協 全農 経済連
農協 全農 経済連

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

新登場



- 1 3成分で高い除草効果
- 2 ノビエへの優れた除草効果
- 3 難防除多年生雑草への高い除草効果
- 4 多年生イネ科雑草に対する高い除草効果
- 5 SU抵抗性雑草に対する高い除草効果
- 6 田植同時散布可能(1キロ粒剤・フロアブル)
- 7 無人航空機での処理可能(1キロ粒剤・フロアブル)
- 8 水口施用可能(移植水稲・フロアブル)
- 9 拡散性に優れたジャンボ剤
- 10 直播水稲への適用性
- 11 新規需要米(WCS、飼料米等)に対する高い安全性

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

バイエル クロップサイエンス株式会社

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

お客様相談室 ☎0120-575-078 9:00~12:00,13:00~17:00
土日祝日および会社休日を除く

農薬適用一覧表 2021年版

2021年11月10日発売



A4判, 価格: 17,600円
 税込, 送料サービス

2021年9月30日現在の作物・病害虫別の殺虫剤・殺菌剤, 作物別の除草剤, 使用目的別の植物成長調整剤について, 適用情報を一覧表形式で掲載しました。

また, 稲用の殺虫・殺菌剤, 種子処理・箱施用剤, 水田用速度連動式少量散布機(ブームスプレーヤ), 常温煙霧, 空中散布・無人ヘリコプターなど, 用途別の登録薬剤を併せてまとめました。

ご注文はJPPAオンラインストアより
<https://www1.enekoshop.jp/shop/jppashop/>

一般社団法人 日本植物防疫協会



今後の刊行図書

農薬要覧2021

2022年2月 発刊予定

A5判, 価格: 11,000円
 (税込, 送料サービス)

目次

巻頭言

私の植物防疫と空中散布との出会い 福盛田 共義 1

総説

内生細菌を用いた生物農薬の開発と今後の戦略 相野 公孝 2

研究報告

促成栽培イチゴのナミハダニに対する高濃度炭酸ガスくん蒸処理と天敵保護装置を併用した
防除体系の現地実証 林 真弓 8

トピックス

ナシさび色胴枯病菌によるナシ果実腐敗症状の発生
—チャバネアオカメムシの加害部からの感染— 唐津達彦・殿河内寿子・堀田光生 18
Podosphaera leucotricha によるモモうどんこ病の発生と防除 横澤志織・七海隆之 23

病害虫の見分け方シリーズ

ヨコバイ類の見分け方と被害症状 紙谷 聡志 28
同定困難な緑色系カスミカメムシ類の識別 安永 智秀 34

植物防疫講座

病害編-45 リンゴに発生する病害の生態と防除 赤平 知也 38
農薬編-37 酸化リン酸の脱共役を引き起こす殺菌剤—ピリジナミン系薬剤の作用性—
..... 福森庸平・鈴木一実 47

研究室紹介

地方独立行政法人 青森県産業技術センター 農林総合研究所 病虫部 倉内 賢一 54
長崎県農林技術開発センター 環境研究部門 病害虫研究室 菅 康弘 55

農林水産省プレスリリース (2021.9.10~2021.10.12) 56

新しく登録された農薬 (2021.9.1~9.30) 56

登録が失効した農薬 (2021.9.1~9.30) 56

発生予察情報・特殊報 (2021.9.1~9.30) 56

【表紙写真】

上段：リンゴうどんこ病による果実被害（網目状のさび）と芽しぶ（感染芽）

中段：*Podosphaera leucotricha* によるモモうどんこ病の病徴。左：幼果期の褐色斑点，右：成熟果のさび症状

下段：ツマグロヨコバイ。左：雄，右：雌

適用拡大

新規殺菌剤

ケンミヤ フロアブル

®は登録商標

[イソフェタミド]

灰色かび病・菌核病・うどんこ病に
賢い選択・賢く防除



果樹・野菜で適用作物が増えました

ケンジャフロアブルの特長

①優れた予防効果

本剤は、病原菌の生活環の多くのステージに作用します。特に感染前(孢子発芽～付着器形成期)に高い防除効果を発揮します。

②薬剤感受性低下菌に対して有効

本剤は、既存薬剤に対して感受性が低下している病原菌に対しても高い効果を示します。

③優れた浸透性を有し、残効性、耐雨性に優れる

有効成分が速やかに葉表→葉裏(葉裏→葉表)へ浸透することで、安定した防除効果を発揮します。

④サニテーション効果(次世代菌密度低減効果)により、二次感染を抑える

孢子形成を強く阻害し、孢子飛散による病害の拡大を防ぐことで、次世代の菌密度を効率的に抑えます。

⑤有用生物・天敵に対する安全性

訪花昆虫や天敵に影響がほとんどなく、IPMIに適合した薬剤です。

■サニテーション効果

灰色かび病菌に感染したきゅうり子葉に本剤を処理し、その後の孢子形成を調査した結果、孢子形成を強く阻害した。

ケンジャフロアブル 1,500倍



無処理区



社内試験 石原産業株式会社 中央研究所(2011)

●使用前にラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。●空容器は圃場などに放置せず、3回以上水洗し、適切に処理してください。洗浄水はタンクに入れてください。


 巻頭言

私の植物防疫と空中散布との 出会い



一般社団法人農林水産航空協会 **福盛田 共 義**

本年6月の総会で、農林水産航空協会の会長に就任することとなった。これまでの自分の経歴から、いつごろから植物防疫にかかわることになっただろうと振り返ってみた。

大学の卒論学生のころ、植物栄養学の研究室に在籍していた私は、イネの篩管液を *in situ* で外部に取り出し転流する物質を分析するというテーマを与えられ、イネの篩管から吸汁するトビイロウンカの口針を実体顕微鏡で観察しながらレーザー光で切断する実験に明け暮れていた。これが害虫(ウンカ)の大きな顔との出会いだった。

農林水産省に入省後、植物防疫課で約10年間、総括課長補佐などの職務を務めることとなり、特に平成12(2000)年に植物防疫事業50周年誌の編集に、また、平成26(2014)年には植物検疫100周年誌の編集に携わり、植物防疫の歴史を一挙に勉強する機会に恵まれた。

さて、私の本務の航空防除・空中散布との出会いは、子供のころに有人ヘリによる空中散布をみて、まさに、田植機、バインダー、トラクターと並んで、近代農業の象徴のような深い印象を持ったことである。植物防疫課で空中散布にかかわった平成13年ころは無人ヘリの伸展期で、周辺環境・作物への影響が課題となっていて、空中散布が風との戦いであることを痛感した。

当協会に勤務するようになった平成29年当時、自動操縦のマルチローター(いわゆるドローン)の安全性に関する調査事業を担当し、種々の方式の自動操縦を見て三つの点に注目した。一つ目が、自動では飛行経路の設定に時間を要することである。タブレットの地図画面で設定する方法、圃場の四隅を移動測位装置で制御装置に記憶させる方法、実際に機体を飛行させて圃場の両端の位置を記憶させる方法などがあったが、GPS位置情報の補正等の関係から経路設定に時間を要し、すぐに離陸できないケースが多かった。二つ目が、当時個人利用を想定していたとのことで、散布を依頼した農家に飛行経路と散布実績を記録や図面で説明できる機能がなかったことである。三つ目が、突然の強風による農薬のドリフトや、第三者の区域内への進入があった場合には、自動帰還ではなく、制御を直ちに手動に戻して散布停止、安全な場所へ着陸させる機能が重要と感じたことである。すでにメーカーは対応されていると思うが、自動操縦の普及にとっては留意すべき点だと思った。

航空防除事業は、昭和30年代に有人ヘリによる事業がスタートし、約30年後の平成2年に無人ヘリコプ

ターによる空中散布が実用化され、それから約30年たった平成27年にマルチローターが登場して無人航空機の空中散布が国土交通省の航空法の規制対象となった。

当協会では、一貫して食の安全の確保を念頭に濃厚少量散布技術の調査研究に取り組んできている。令和3年度においても野菜・果樹等に適した散布量と飛行諸元、散布装置と農薬との適合性等の調査研究を行っている。また、空中散布用の無人航空機の飛行の安全と農薬の適正使用を確保するため、散布性能の確認、機体登録と定期点検、農薬適正使用の教習・操縦訓練の事業に取り組んでいる。

令和に入って、航空防除を巡る環境は大きく変化している。平成27年無人航空機が航空法の規制対象となった際には、空中散布用については農水省も指針により管理を行っていたが、令和元年に規制改革によりマルチローターについては農水省の管理を離れ、散布の実態把握が難しくなった。また、令和2年および3年の航空法の改正により、無人航空機の機体登録、機体認証、技能証明(操縦ライセンス)の制度が新設され、令和4年6月および12月から施行される。ここで、国交省は一般的な飛行性能、操縦技能が対象であり、農薬散布性能の検査や空中散布の訓練は行わないとしている。空中散布では、現行の許可・承認で飛行できるが、機体認証と操縦ライセンスを取得すると許可・承認の審査が簡略化される。当協会は、農薬取締法の教習や空中散布の訓練を受けない操縦者が空中散布を行って事故を起こすことがないように、国の新たな制度の基で、機体の散布性能・整備点検の確認や、農薬適正使用の教習・訓練が補完・実施できるような方策を模索している。

最近の国交省への無人航空機の事故報告をみると、事故報告全体のうち空中散布にかかわる事故が、平成30年が79件中3件(別途農水省への報告が68件ある。)、令和元年が83件中32件(同48件)、令和2年70件中20件(同3件)となっている。空撮、測量、点検等ドローンの他の利用分野からみると、農薬空中散布は事故が多い分野とみられがちである。こういう見方を払拭するためにも、「安全運行と農薬適正使用により、信頼される空中散布」をめざしていきたい。

新型コロナウイルスの感染拡大により、1週間後の状況の予測も難しく、もう少しパソコンの画面越しの会議が続きそうですが、皆様、どうぞお体を大事にしてください。



内生細菌を用いた生物農薬の開発と今後の戦略

吉備国際大学農学部 あい 相 の 野 まさ 公 たか 孝

はじめに

1980年代初期には、安全・安心が大きなメリットになると考えられ、生物的防除または生物農薬を用いて栽培した作物は、化学合成農薬を使った通常栽培のものと差別化が行え、コストを転嫁できると考えられていた。

1980年代後半に入り、研究者においても生物的防除法の研究が急激に活発化し、学会などに多くの発表や投稿が増加した。1989年には日本植物病理学会の分科会としてバイオコントロール研究会が発足し研究はさらに加速した。

一方、1994年から化学農薬とは区別し、生物農薬のみを対象とした生物農薬連絡試験（日本植物防疫協会）が始まった。1997年に農林水産省植物防疫課長通達「微生物農薬の登録申請に係る安全性評価に関する試験成績の取扱いについて」（通称：生物農薬のガイドライン）により具体的な方向性が示され、安全性評価試験項目についての基準が設けられた。

折しも蛍光性シュードモナスの中にトマト青枯病を抑える菌株が存在し、種子に処理するだけで圃場においても効果を発現することを日本植物病理学会 1989年度大会に報告した。種子コーティング処理のみで、栽培期間を通して効果が持続する不可思議な現象であり、当時、この現象を説明することができなかった。この発表を起点として、ナス科青枯病に対する生物農薬の開発がスタートすることになった。内生細菌の特性とシュードモナス フローレンセス 製剤開発の一連の流れ、得られた経験から今後の生物製剤開発の方向性を論じたいと思う。

I 内生細菌の病害発病抑制機構と使用のメリット

一例として生物的防除の微生物エージェントである蛍光性 *Pseudomonas* の場合、豆科、ナス科、キク科、ウリ科等の15種の作物根面・根内から検出菌数は異なるが内生能を持った菌を分離することができる（図-1）。

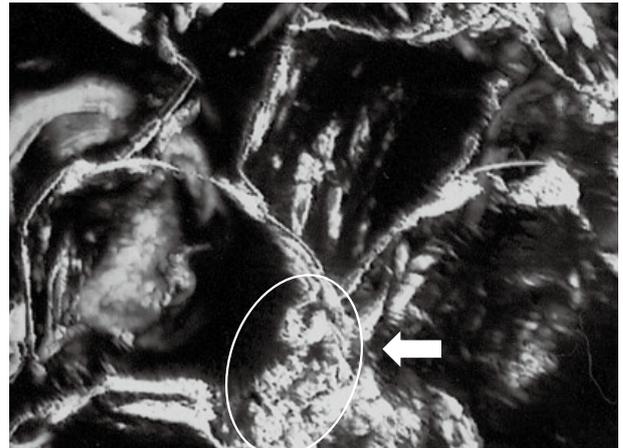


図-1 トマト根部に定着している内生細菌のレーザー顕微鏡像
矢印は細胞間隙に生息する内生細菌 (*Pseudomonas fluorescens*)。

このような内生細菌が植物に感染した場合、植物側から何らかの応答現象が生じ、その応答現象の中には、植物病原菌に対して抵抗性を誘導する現象も含まれる。

一方、病原菌が植物に感染すると、感染応答として全身に抵抗を誘導することがよく知られ、全身獲得抵抗 (Systemic acquired resistance ; SAR) と呼ばれている。各種誘導抵抗のシグナル伝達のモデルを図-2に示す。病原菌の感染によって誘導され、広範囲の病原菌に対して植物体が抵抗性を示すようになる現象である (RYALS et al., 1996)。SARは病原菌感染が引き金となり、植物体内でサリチル酸の集積が起こる。その後抗菌たんぱく質の発現を引き起こし抵抗性となる。有用細菌が誘導する抵抗性にも、このサリチル酸伝達経路が関与する例は報告されているが（後述）、*Pseudomonas fluorescens* WCS417r の場合、サリチル酸の集積を伴わずに、抵抗性誘導を起こしていることが報告されている (PIETERSE et al., 1998)。WCS417r の例だけでなく、根圏細菌や内生細菌の誘導する全身的な病害抵抗性は、サリチル酸伝達系を経由せずに行われる例も見られ、SARと区別して全身誘導抵抗性 (Induced systemic resistance ; ISR) と命名されている (Van LOON et al., 1998)。ISRではジャスモン酸、エチレン伝達経路が重要な役割を果たしてい

The Development of the Biological Pesticide Using Endophytic Bacteria and Future Strategy. By Masataka ANO
(キーワード：生物農薬，内生細菌，ナス科青枯病)

る例が多く知られている。

シュードモナスフロレーセンス製剤に含まれている *P. fluorescens* FPT9601 の場合、シロイロナズナの変異株を用いた実験において、ジャスモン酸、エチレン伝達経路を經由し ISR を引き起こしていることが示唆されている。また、シロイロナズナにおけるマイクロアレイ解析を行った結果、FPT9601 を接種した植物では無処理に比ベオーキシン調節遺伝子やノジュリン等を含む 95 の遺伝子が活性化され、エチレン応答性転写因子などを含む 105 の遺伝子の発現低下が認められている。これ

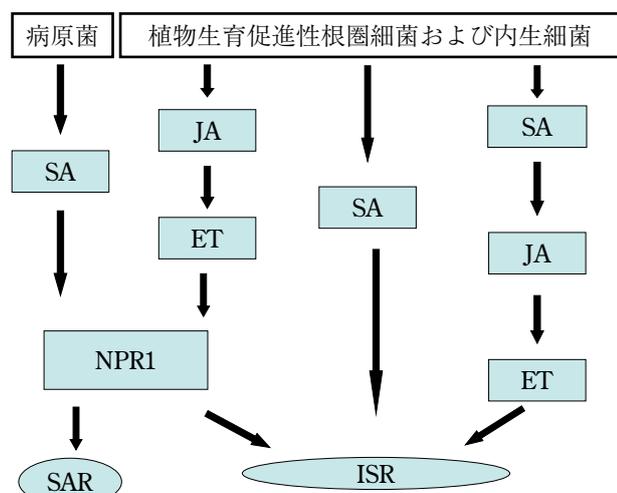


図-2 誘導抵抗性のシグナル伝達
 SA：サリチル酸，JA：ジャスモン酸，ET：エチレン，
 NPR1：NPR1 タンパク，SAR：全身獲得抵抗性，ISR：
 全身誘導抵抗性。

らの遺伝子変動は、根粒菌や植物生育促進生根圏細菌と同様に FPT9601 の感染が引き金となって植物体の反応を引き出すと考えられている。さらに、*P. fluorescens* FPH9601 の場合、FPH9601 が定着したトマト苗の茎部に青枯病菌を針接種すると速やかに Ca イオンが接種部位に集積することが Spring8 を用いた研究で明らかになっており、強い ISR 現象が生じていることが認められている (図-3)。

一方、ISR を誘導する細菌の中には、*P. aeruginosa* 7NSK2 のように、サリチル酸の産生に依存する菌株も存在する (AUDENAERT et al., 2002)。また、サリチル酸の存在が誘因物質となってジャスモン酸、エチレン伝達系を介して ISR を誘導するものもある。これは、サリチル酸伝達経路を經由して SAR を引き起こすのではなく、サリチル酸は単なるトリガーの役目と考えられている。多くの *P. fluorescens* にとって、鉄欠乏状態でサリチル酸の生産が活発に行われる。このサリチル酸が外的因子となって抵抗性を誘導すると報告されているが (STICHER et al., 1997)、サリチル酸の抵抗性誘導での役割は、サリチル酸そのものでなく、サリチル酸と結合した物質、例えばシュードモナシン (MERCADO-BLANCO et al., 2001) などが関与すると推測される。

これ以外に、シデロフォアが関与する場合がある。シデロフォアは鉄イオンとキレート化し、病原菌が要求する鉄との競合に打ち勝つために *Pseudomonas* 類が産生する物質である。*P. putida* FP-16 の場合、塩化第二鉄の添加量と比例して、FP-16 株が産生する抗菌活性物質の

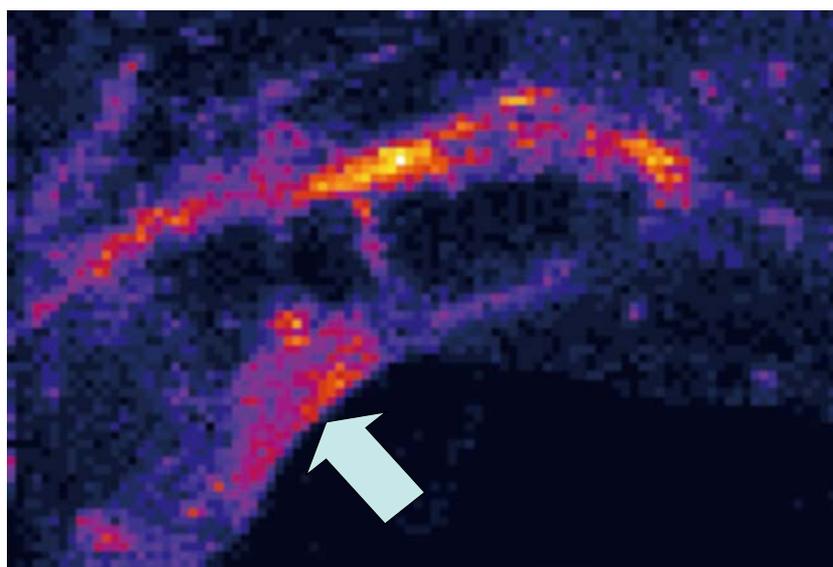


図-3 トマト葉における Ca 元素の集積
 根に内生細菌を定着させたトマト葉に青枯病菌を針で接種直後の Ca 集積状況、
 Spring8, BL24XU 内での走査型 X 線顕微鏡で撮影。

効果が減衰する現象がプレートクロロフォルム法により確認されている。また、トマト苗を用いた生物検定においても、Fe(III)EDTAを1~10 μ M添加すると、青枯病に対する発病抑制効果が低下する傾向が認められている。シデロフォアが病原菌との競合のために使われているのか、植物体に直接的に抵抗性誘導物質として働いているのかは定かではないが、このような現象は *Pseudomonas* の産生する鉄キレート物質が何らかの関与が考えられる。

一方、抗菌活性物質による発病抑制の場合、土壌中のように貧栄養状態で病原菌の感染を抑えるだけの濃度の抗菌活性物質が生産されるのかという点は問題である。ニトロソグアニジン (NTG) により突然変異を誘導し、トマト青枯病菌に対する抗菌活性物質産生能を消失した *P. putida* FP-16 変異株をもちいて青枯病発病抑制試験を行ってみた。抗菌活性物質非産生菌は、発病抑制能が劣っており、少なくとも実験環境下では抗菌活性物質が土壌を介して本菌の病害発病抑制能に寄与していることを示唆している。しかし、同突然変異株は、完全に抗菌活性物質産生能が消滅しているにもかかわらず、なお発病抑制能を完全に消失していなかった。このように内生細菌の発病抑制効果の発現は、抗菌活性物質や ISR 等が複雑に組合された結果生じるものであると考えられる。

II シュードモナス フローレッセンス剤 (セル苗元気) の開発

前述したように多くの作物根内から内生細菌が検出される。一般栽培農家のトマト、ハクサイ、レタス、ナス、ピーマンの根内から、蛍光性 *Pseudomonas* 選択培地 P1 (KATO and ITOH, 1983) を用いて分離した。分離した 30,000 菌株すべてを対象に、トマト青枯病の発病抑制効果について、シードリングバイオアッセイチャンパー法 (Aino et al., 1997) を用いて検定した。その結果、104 菌株の一次スクリーニング株を得た。その中でも青枯病発病抑制効果の高い 2 菌株を選抜することができた。その 2 菌株が *P. fluorescens* FPH9601 と FPT9601 であり、青枯病の生物的防除エージェンツとして利用可能と判断された。両菌株の分離源は、青枯病の発生している圃場から採取したトマト根内からである。

なお、30,000 菌株を対象にして一次スクリーニングを行うには約 1,500 万円の経費と 2 年間の歳月を投入することとなった。予想以上の経費が必要であった。

1 FPH9601 と FPT9601 の生物的特徴

両菌株はトマトの根内部に定着性が高く、トマト種子の発芽時にできた傷口から根内に侵入する。侵入した菌は、細胞間隙に定着し、自由に細胞間隙を移動するが、

形成層内部には侵入することができない。また、本菌株のトマト苗内部の移行を自然耐性菌法を用いて調べた結果、胚軸直下の部位に集積し、根端部に移行する。しかし、胚軸上部には移行することができない特徴がある。1g 根当たり 10⁵⁻⁷ CFU 存在し、トマトの育成中および生育終了時まで根内部に定着することができる。

培地上における FPH9601 の青枯病菌に対する抗菌活性を調べた結果、抗菌活性物質産生能は低い。そこで、FPH9601 が定着したトマト根を青枯病菌混入ケルマン培地上に置き検定すると、定着根の周辺に阻止円が形成された (図-4)。これは、定着根から多量の抗菌活性物質が漏出することによる。

FPT9601 はキング B 寒天培地上で蛍光色素を産生する菌株であり、貧栄養な状況でよく増殖するが、栄養培地上ではその特性に著しく変異を起こす菌株である。FPH9601 と同じようにトマト根内に定着する能力を有している。FPT9601 定着トマト根をクリスタルバイオレット加用 PD 寒天培地上に置くと、定着根の周りに蛍光性結晶が多量に析出する。FPT9601 単独の場合もコロニー周辺に蛍光性結晶が析出するが、植物根と共生状態でより産生が多くなる。本結晶を培地から採取し、ろ紙円法を用いて青枯病菌に対する抗菌活性を調べたところ、0.1 μ g/ml 以上で高い抗菌活性を有していた。この蛍光性結晶の構造を解析すると、2,4-diacetylphloroglucinol であることが判明した。これは、*Pseudomonads* 類が出す抗菌活性物質の一つであるが、FPT9601 に関しては、

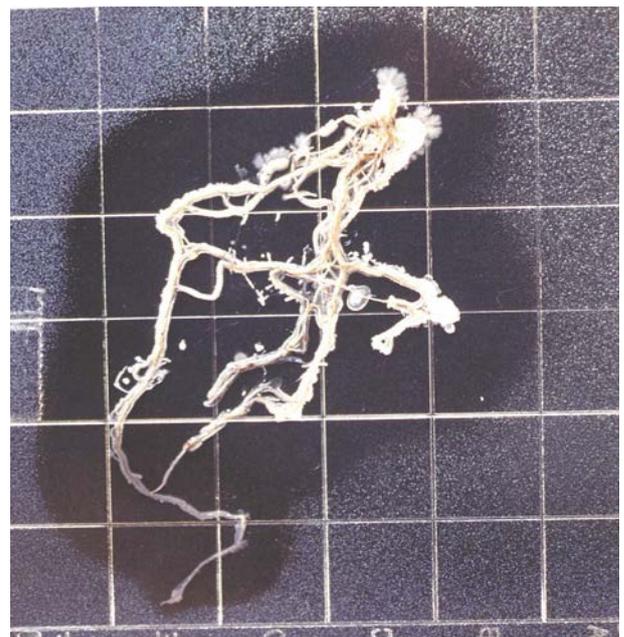


図-4 *Pseudomonas fluorescens* FPH9601 定着根からの抗菌活性物質の漏出。白濁部分は青枯病菌。

その産生量が他の *Pseudomonads* 類に比べ著しく多く、植物根共生時にはさらに多くなる特質がある。

FPH9601 単独でも十分青枯病の発病抑制効果を発揮するが、FPT9601 と同時に感染させると、両菌株の定着量が多くなり、また、発病抑制効果も高くなる傾向を示す。

2 FPH9601 および FPT9601 の同時接種による効果増強

FPH9601 および FPT9601 は、単独でもトマトの根に侵入し、根内で高い定着性を示す。しかし、両菌株を同時に接種すると、単独の場合に比べ、それぞれが、さらに高い定着性を示した。それと同じく、青枯病の発病抑制効果においても、単独よりも同時接種のほうが、より高い効果を示すことが明らかとなった。トマト、FPH9601 および FPT9601 の三者が相利共生状態になるためではないかと考えられる。このことにより、圃場において効果を発現させるためには、両菌株を同時処理するシステムの構築が必要となる。

3 圃場への導入方法の開発

圃場に導入するためには、FPH9601、FPT9601 の製剤化と大量の菌体が必要となる。大量に菌を得るだけの目的では、栄養源豊富な培地で培養を行えば、菌体量としては比較的簡単に得ることができるが、活性のある菌を培養するには適しているとは言い難い。そこで、増殖量は少ないが、菌の活性の安定性を重視すると、植物根内で増殖させる方法が最良と考えられた。製剤化の手順は、①液体培地中で菌を植物根と共生培養する。②根とともに菌を固定化ビーズとし、大量培養の種菌を作る。③種菌を糖濃度の低い液体培地で静置培養を行う。④培養液を加える前に、パーミキュライト、赤玉土を 2:1 の割合で混合し、滅菌しておく。⑤滅菌培土に培養液ごと菌を混和する。⑥混和状態で室温に置き、さらに 2 週間培養を行う。⑦保存性を高めるために本資材を真空パックし、育苗培土とする。作られた製剤化菌は培土中で長期間、活性を保ったままで生存することができる。このようにして FPH9601、FPT9601 含有のセル成型育苗培土を作製した。両菌株を生産させ病害抵抗性苗を作り上げるために、このような培土形態となった。

しかし、本剤は、物流において非常に不利な形態と言わざるを得ない。培土形態のため重量がありかさばるため製造後の貯蔵、運搬にコストがかかることとなった。

4 FPH9601、FPT9601 セル成型育苗培土の圃場におけるトマト青枯病抑制効果

圃場試験は異なった 9 圃場を選定した。兵庫県加西市の農業技術センター内圃場 1 箇所、神戸市の一般栽培圃



図-5 シュードモナス フローレッセンス剤（セル苗元気）
2001年6月に農林水産省に農業登録（第20655号）、2011年に登録抹消。

場 7 箇所および姫路市一般栽培圃場 1 箇所で行った。農業技術センター内圃場では半促成栽培、抑制栽培の二つの栽培型で試験を実施した。その結果、半促成栽培では防除価 43.9、抑制栽培では 53.9 と発病抑制効果を示した。一般栽培圃場 8 箇所はすべて抑制栽培で試験を行った。防除価は 31.3~86.8 とすべての圃場で効果を確認することができた。本剤はトマト青枯病に対して有効であることが確認され、引き続き生物農薬連絡試験へと進み、1996年から5年間の試験を終え、効果・薬害についての試験例を満足することとなった。

2001年6月にトマト青枯病防除およびトマトセル育苗時生育抑制の各薬効で農業登録（第20655号）され、多木化学株式会社から販売することとなった（図-5）。しかし、上市から10年後の2011年に登録抹消となった。今なお、一部の生産者からは復活を望まれている。

5 種子コーティング技術の開発

培土形態での販売は圧倒的に不利であった。特定の病原微生物に対し優れた抵抗性を発揮する内生細菌の選抜、定着化に成功しても、実際の農業生産の現場で活用するためには、その応用技術の開発が不可欠である。想定される内生細菌の活用方法としては、圃場に全面散布する方法、植物の株元局所に散布する方法、育苗中の苗に塗布する方法等があるが、厳しいコスト環境の下で農作物を生産している農家にとっては、どれも労力や経費の点で現実的とは言えない。そこで、最も適した方法として内生細菌を含有したペレット種子の製造を試みた。

内生細菌を種子コーティングしペレット化した種子を乾燥させずに保存、内生細菌の生存率を調べると、4℃で20日間保存しても100%の種子から内生細菌が検出可能であったが、30.2%の種子が発芽し、種子の品質に

悪影響を示した。また、水分含量を 10.3%まで乾燥させると、発芽は起こらないが、内生細菌の検出率が約 50%となる。このようにペレット化を成功させるためには、種子の品質と内生細菌の生存という相反した命題を満足させなければいけない。種皮と種子の間に内生細菌をもぐり込ませる方法をとれば、これまでよりも安定して定着可能となると予想した。そこで、減圧処理を行い通常のペレット製造工程で造粒した。その結果、水分含量を 1.1%まで乾燥させても 80%の種子から内生細菌を検出することが可能となった。また、造粒後、低温除湿乾燥を行うと、内生細菌の生存率が 96.9%まで向上することが判明した。さらに、減圧接種と低温除湿乾燥を組合せて造粒すると、内生細菌の生存率が 100%となった。本方法を用いて作られたペレット種子は 4℃で約 3 月間保存可能であった。以上のように低コストで簡易な内生細菌処理法が完成し、特許取得後、商標「ライブコート」として登録した。

しかし、ライブコートした種子は、農薬の使用方法変更であるため、再度農薬登録を取り直す必要があり、シュードモナス フローレンセンス剤（セル苗元気）のライブコート種子は日の目を見ることはなかった。

III 実用化へのための戦略

生物的防除に関する基礎的研究はまだ不足している。この事実は深く受け止めなければならない。しかし、これまで積み上げた事例を基に、実用化をにらんだ最短で実行可能な戦術を考えてみたい。微生物農薬として、本当に実用化させたいのであれば、研究開始前からそれなりの覚悟と入念な開発ロードマップを構築することが必要である。

①対象病害虫を決めるには

目の前に発生し、たまたま問題になっている病害を安易に選ぶことは、非常に危険である。微生物農薬の開発には多額のコストがかかり、販売の可能性やマーケットの大きさ等を事前に十分に調査する必要がある。

②選抜方法を決定するには

対象病害が決まれば、それに合った選抜方法を過去の事例から採用するのが近道である。しかし、圃場での効果発現を代表できる方法かどうか十分な検討が必要である。さらに、大量の菌株を扱うため、できるだけ省力で、コストのかからない方法を選ぶことも重要である。

③エージェントの選び方

闇雲にスクリーニングを行ってもよいが、選抜された有望株が、人畜に有害であるグループに分類されてい

れば、使用することができない。できるだけ、これまでに、有害であると報告のある菌種から選ばないように、選択培地などをうまく利用する。また、できれば有望株は複数準備するほうがよい。効果が高いが製剤化できない、または、保存性に問題が見つかる場合がある。

④エージェントの性状を調べる重要性

有望株の分類学的な位置を速やかに調査し、また、効果発現機構をあわせて調査する必要がある。情報が多ければ多いほど、使用方法や製剤化方法の開発に有利になる。上述したように、人畜に有害であるグループに運悪く分類された場合、速やかに代替の株を選抜しなおす必要がある。微生物農薬として使用できないだけでなく、社会通念上においても生産現場では使うべきではない。

⑤効果判定は厳しく行う

選抜した有望株は、室内試験から圃場試験へと規模を大きくして試験を行うことになるが、曖昧な効果を示す株および効果発現が不安定なものは、容赦なく切り落とす覚悟が必要である。化学合成農薬と同等もしくはそれ以上の効果がある株のみを選抜する。対象病害に化学合成農薬の登録がなくても、効果の劣る株は選抜しないほうがよい。

⑥生産者へのインターフェイスを考える。

化学合成農薬と変わらない使用方法か、それよりも簡便な使用方法を開発する必要がある。生産者にとって労働力軽減も大きなメリットとなりうる。

⑦研究グループと経営陣との十分なすり合わせ

新規プロジェクトの採択を重要視するあまり、メリット部分を強調しすぎ、デメリットを十分説明されていない場合がある。経営陣との価値観のずれが生じ、販売方法や販売価格が、現場ニーズと大きくかけ離れた設定になる場合がある。上市するまでに、入念なすり合わせが必要である。

⑧指導者の確保

上市すれば終わりではなく。生産現場での使用方法をていねいに行う必要がある。微生物農薬の能力を最大限に発揮するためには、詳しい情報が必要となる。そのため、地域に必ず知識を持った指導者が不可欠になる。

以上、微生物農薬を開発・農薬登録し、上市した経験から得られた八つの注意点を列記してみた。

IV 生物農薬 なぜ普及しない！

これまで数多く議論されているテーマであるが、解決

策が提示されているわけではない。化学合成農薬に比べ、環境負荷が小さく、耐性菌の出現の可能性が低く、有機農法に利用できるメリットを有するが、効果が低く安定しない、有効期限が短く、保存方法が難しい、使用方法が難しい、さらに、対象病害虫が少ないというデメリットのほうが上回る。

農林水産省「農業資材コスト低減及び農作業の安全確保に関する意識・意向調査結果」（農林水産統計，2013）によると、稲作経営者および果樹経営者における農薬の購入・利用において重視していることの第1位は「価格に見合った効果」、第2位は「農協の推奨」であり、「製品の安全性」が第3位である。野菜経営者は、「農協の推奨」と「製品の安全性」が逆転しているが、その差は小さい。安全性をメリットとする生物農薬にはかなり不利な状況である。さらに、ここで注目すべきは、「農協の推奨」が思ったより上位であることである。多くの生物農薬の流通経路は「農協」を通過することなく製造業者から卸売業者さらに小売業者を通過して生産者にわたるルートである。流通面においても、非常に不利な状況である。

また、2018年に行われた、農林水産省「環境保全に配慮した農業生産に資する技術導入実態に関する意識・意向調査」（農林水産統計，2018）では、土づくりや、化学合成肥料・農薬の使用の低減に資する技術の導入実態や今後の取組意向等について、農林水産情報交流ネットワーク事業の農業者モニターを対象に実施したものであり、農業者モニター1,024人から回答を得た結果である。「化学合成農薬の使用の低減について現在どのようなことを実施しているか」の設問に対して最も多くの回答が寄せられたのが「機械除草」で「生物農薬（天敵など）の利用を行っている」は9位の7.9%であった。また、「今後どのようなことを実施したいか」については「生物農薬（天敵など）」が7位の14.6%であり、現状の生物農薬の普及と現時点での期待が数字に表されていると

考えられる。さらに、今後どのような分野の技術開発に期待するかの設定には「低コスト省力化のための技術開発」、「収量を安定化させるための技術」、「土作りのための技術」に並んで「化学合成農薬を低減するための技術」が3位で47.6%であった。この結果を生物農薬の開発への期待と直接結びつけることはできないが、低コスト、安定生産などと結びつけて開発研究を行う意義は大きいと思われる。

おわりに

生物農薬の社会実装は最終目標ではあるが、あまりにもそれにとらわれすぎると大きな落とし穴があるのではと危惧してしまう。生物農薬を開発普及させるには多くの時間が必要である。これらを短時間に普及させるには、研究だけでなく法的な措置も考える必要があり、また、行政からの支援も重要である。多くの分野が同じベクトルを共有し、それに向かって協力し合わないと実用化は難しい。今後、基礎研究から実用化研究へ、さらに社会実装までスムーズに移行し、多くの微生物農薬が生産現場で活躍することを祈念する。

引用文献

- 1) AINO, M. et al. (1997): 4th PGPR Workshop, p.120~123.
- 2) AUDENAERT, K. et al. (2002): *Mol Plant-Microbe Interact* **15**: 1147~1156.
- 3) KATOH, K. and K. ITOH (1983): *Soil Sci. Plant Nutr* **29**: 525~532.
- 4) MERCADO-BLANCO, J. et al. (2001): *AJ Bacteriol* **183**: 1909~1920.
- 5) 農林水産省 (2013): 農林水産統計, <http://www.maff.go.jp/j/finding/mind/pdf/zaicos.pdf>
- 6) ——— (2018): 同上, <http://www.maff.go.jp/j/finding/mind/attach/pdf/index-13.pdf>
- 7) PIETERSE, C. M. J. et al. (1998): *The Plant Cell* **10**: 1571~1580.
- 8) RYALS, J. A. et al. (1996): *The Plant Cell* **8**: 1809~1819.
- 9) STICHER, L. et al. (1997): *Annu Rev Phytopathol* **35**: 235~270.
- 10) Van LOON, L. C. et al. (1998): *Ann Rev Phytopathol* **36**: 453~483.


 研究
報告

促成栽培イチゴのナミハダニに対する高濃度炭酸ガスくん蒸処理と天敵保護装置を併用した防除体系の現地実証

 徳島県立農林水産総合技術支援センター はやし 林

ま 真 ゆみ 弓*

はじめに

2017年産の徳島県のイチゴは栽培面積が76 ha、収穫量が2,140 tとなっており（農林水産省野菜生産出荷統計, 2017）、本県農業を支えるブランド品目として振興が図られている。また、本県では2013年1月に策定した「とくしま農林水産物等海外輸出戦略」（徳島県, 2016）において、重点輸出国・地域として香港、台湾およびシンガポールを挙げている。そのうち香港と台湾向けの重点輸出品目の一つにいちご生果実が位置づけられ、販路の開拓と拡大が推進されている。

いちご生果実を輸出する際には輸出相手国の求める残留農薬基準値を満たさなければならないため、輸出を検討する生産者の防除体系に基準と合致しない農薬に替わる防除技術を取り入れ、問題となる農薬の使用を制限する必要がある。

その一方で、促成イチゴ栽培ではハダニ類、アブラムシ類、ハスモンヨトウおよびアザミウマ類等の害虫が発生し問題となっている。なかでも近年、ナミハダニ *Tetranychus urticae* Koch は数種薬剤に対する感受性の低下が香川県や奈良県等で報告されている（中村ら, 2014；今村・國本, 2016；関根・鈴木, 2016；衛藤・平田, 2017；相澤ら, 2018）。本県の生産現場においても生産者は防除に苦慮しており、生産現場からは農薬に替わる防除技術を利用した防除体系の確立が強く求められている。

有望な代替防除技術の一つとして、近年、イチゴ苗を高濃度炭酸ガスくん蒸処理（以下、くん蒸処理）するこ

とで、寄生したナミハダニの卵や雌成虫をほぼ完全に殺卵、殺虫する方法が開発された（小山田・村井, 2013；小山田, 2017）。また、ハダニ類の捕食性天敵として知られ、すでに生産現場で天敵資材として普及定着しているミヤコカブリダニ *Neoseiulus californicus* McGregor をハダニ類の発生が少ない栽培初期に放飼し、その後ミヤコカブリダニまたはチリカブリダニを放飼する体系が化学農薬を散布した体系と同等の効果が得られることが農研機構ら（2006）や柴尾・井奥（2016）により報告されている。さらに、化学農薬や環境変化の影響からミヤコカブリダニを保護すると同時に、同天敵を増殖して長期間放出できるように開発された簡易な組立資材である（SHIMODA et al., 2017；高嶋, 2017）「バンカーシート®」（以下、バンカーシートという）を関根ら（2017）は、促成栽培イチゴのハダニ類に対して利用した結果、チリカブリダニ *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot と気門封鎖型薬剤との併用により、その発生を長期間抑制できる可能性を示唆している。

そこで、本稿ではいちご生果実の輸出に向け、農薬に替わる防除技術を確立するために、これらの知見を踏まえ、イチゴ苗のくん蒸処理と本圃施設でのバンカーシートによるミヤコカブリダニ放飼を併用した防除体系を生産現場で実証し、その効果を評価したので紹介する。

I 高濃度炭酸ガスくん蒸処理によるナミハダニに対する防除効果の実証

試験は2016年と2017年の9月中旬にそれぞれ2回、2018年の9月中旬に1回、計5回、いずれも徳島市多家良町のイチゴ生産者の作業施設で（株）アグリクリニックス研究所製のくん蒸処理装置を使用して実施した。同生産者が8 cm 黒色ポリポットで育苗したイチゴ苗「さちのか」（1試験当たり約2,000株）をコンテナ（縦36 cm × 横52 cm × 高さ30 cm、1箱当たり24株）に詰め、くん蒸処理装置専用の袋内（縦260 cm × 横260 cm × 高さ150 cm）に均等に配置し積み重ねた。その中へ液化炭

Field Trial Test on Strawberry against Two Spotted Spider Mite (*Tetranychus urticae* Koch) by Using High Concentration Carbon Dioxide and Slow-Release Sachets of Predatory Mites. By Mayumi HAYASHI

（キーワード：促成栽培イチゴ、ナミハダニ、高濃度炭酸ガス、天敵保護装置「バンカーシート®」、ミヤコカブリダニ）

*現所属：徳島県東部農林水産局（徳島）鳴門藍住農業支援センター

炭酸ガス（アグリくん[®]，日本液炭（株）製）を注入し袋内炭酸ガス濃度が約60%の均一になるまでファンで攪拌後、24時間くん蒸処理した。くん蒸処理中の袋内温度は温度データロガー（2016年作：おんどとりTR-52S（（株）ティアンドデイ製），2017年作および2018年作：ハイグロクロン（（株）KNラボラトリー製））を用い、

2016年作と2017年作は30分ごとに、2018年作は10分ごとに計測した（表-1）。

ナミハダニの発生密度は5回ともくん蒸処理直前と処理直後に各区より24株を任意に3反復抽出し、1株につき3複葉または5複葉に寄生した雌成虫数を肉眼で調査した（表-2）。

表-1 高濃度炭酸ガスくん蒸処理中の装置専用袋内の温度状況（林ら，2020）

処理作	処理 No.	処理月日	温度データロガー袋内設置位置	測定温度（℃）		
				平均値	最低値	最高値
2016年作	1回目	9月13日	中	25.7	24.4	28.5
	2回目	9月15日	中	27.4	24.5	33.2
2017年作	1回目	9月13日	上	27.2	24.0	32.5
			中	26.0	24.5	28.0
			下	25.2	24.0	26.5
	2回目	9月14日	上	25.0	23.5	28.0
			中	24.2	23.5	25.0
			下	24.2	23.5	25.0
2018年作		9月18日	上	26.2	23.0	31.0
			中	25.8	23.5	30.5
			下	25.5	24.0	28.0

※測定時間：2016年作 1回目 9月13日14:30～9月14日14:30.
 2回目 9月15日16:30～9月16日16:30.
 2017年作 1回目 9月13日14:00～9月14日14:00.
 2回目 9月14日18:00～9月15日18:00.
 2018年作 9月18日17:00～9月19日17:00.

表-2 高濃度炭酸ガスくん蒸処理によるナミハダニに対する殺虫効果（林ら，2020）

処理作	処理 No.	処理月日	区制	ナミハダニ寄生雌成虫数（頭）	
				処理前	処理後
2016年作	1回目	9月13日	I区	3	0
			II区	11	0
			III区	3	0
			平均	5.7	0
2016年作	2回目	9月15日	I区	26	0
			II区	46	0
			III区	38	0
			平均	36.7	0
2017年作	1回目	9月13日	I区	24	0
			II区	99	1
			III区	83	0
			平均	68.7	0.3
2017年作	2回目	9月14日	I区	33	0
			II区	40	0
			III区	59	0
			平均	44	0
2018年作		9月18日	I区	23	0
			II区	21	0
			III区	12	0
			平均	18.7	0

※2016年作と2017年作は3複葉，2018年作は5複葉を対象に各区24株を見取り調査した。



図-1 高濃度炭酸ガスくん蒸処理により生じたイチゴ葉の障害
 ※2017年9月15日に撮影。
 (林ら, 2020)

3 年、計 5 回の試験の結果、2017 年作 1 回目の処理後にナミハダニ黄緑型が平均で 0.3 頭確認されたが、他の 4 回の試験では確認されなかった。このように定植前のイチゴ苗に対するくん蒸処理によるナミハダニの殺虫効果は、3 年間の計 5 回の実証試験ともほぼ 100% の高い効果が得られた。これは岩瀬・岡山 (2018) や小山田・村井 (2013)、小山田 (2017) と同じ結果であった。しかし、表-2 に示した 2017 年作の第 1 回目のように完全な殺虫効果が得られない場合もあった。小山田・村井 (2013) は 25℃、20 時間条件下でのくん蒸処理でナミハダニ雌成虫に対する死虫率は 100% に達したが、産下後 24 時間以内の卵では同条件処理でも 100% に達せず 98.4%、産下後 48~72 時間の卵では、同条件処理でも 96.0% に死虫率が低下することを報告している。本試験でのくん蒸処理時間は 24 時間であったが、5 回の試験とも庫内の最低温度が 25℃ を下回ったことがあったことから、卵に対する殺卵効果が完全でなかった可能性がある。

なお、処理苗に対する障害として 5 回の試験とも葉の一部にしみ症状が散見された (図-1)。しかし、定植後に生育遅延は見られなかった。

II 高濃度炭酸ガスくん蒸処理苗とバンカーシートの利用を併用した防除体系の実証

試験は 2016~19 年に、I 章のイチゴ生産者が栽培管理する二つの本圃施設 (ビニールハウス、冬期の暖房機稼働設定温度: 6℃) で実施した。I 章によりくん蒸処理した苗を 4 連棟ビニールハウス (約 600 m²、以下、IPM 区という) に、対照として同くん蒸無処理苗を 7 連棟ビニールハウス (約 1,200 m²、以下、慣行区という)

に表-3 に示した月日に定植した。

定植後 1 番花の開花後に、IPM 区ではミヤコカブリダニパック製剤 (システムミヤコくん®) をバンカーシートに装着したセット資材 (ミヤコバンカー®) をイチゴの株元に設置した。一方、慣行区ではミヤコカブリダニ製剤 (スパイカル® EX) とチリカブリダニ製剤 (スパイデックス®) を同時放飼した。これはカブリダニ類の初回放飼時にハダニ類がわずかに生息している場合でも、比較的速効的なチリカブリダニによる防除効果と、かつミヤコカブリダニの遅効的だが長期間安定した防除効果が期待できるためである (永嶋・伊村, 2016)。本防除体系は静岡県では藤波 (2010) により検討され、また本県では全国農業システム研究会の助成で実証試験を実施し、収益性から見て有効であると評価された (草間・山中, 2020)。

IPM 区ではその後、チリカブリダニ製剤を 3 作とも 2 回追加放飼した。両区における各天敵資材の設置月日、および放飼月日は表-3 に示した通りである。なお、調査期間中には生産者によって表-4 から表-6 に示した殺虫剤等が施された。

防除対象のナミハダニおよび天敵資材のカブリダニ 2 種の発生密度は 2016 年作の IPM 区では 2 月 28 日までは 60 株、3 月 10 日以降は 30 株を、慣行区では、期間を通じて 30 株を対象におおむね 1 週間間隔で 1 株当たり 4 複葉を抽出し、寄生する雌成虫数を肉眼で見取り調査した。2017 年作の IPM 区では 60 株を、慣行区では 30 株を対象に、2018 年作の IPM 区では、11 月 8 日までは 50 株、11 月 16 日以降は 30 株を、慣行区では 11 月 8 日までは 50 株、11 月 16 日以降は 30 株を対象に 2016 年作と同様の方法で調査した。

表-3 試験区におけるイチゴの定植状況, および天敵資材の利用状況 (林ら, 2020)

試験実施作	IPM 区					慣行区				
	イチゴ定植月日	天敵資材の利用状況				イチゴ定植月日	天敵資材の利用状況			
		ミヤコカブリダニ製剤 ¹⁾		チリカブリダニ製剤 ²⁾			ミヤコカブリダニ製剤 ³⁾		チリカブリダニ製剤 ²⁾	
設置月日	設置数 (放飼量)	放飼月日	放飼量	放飼月日	放飼月日	放飼量	放飼月日	放飼量		
2016 年作	9月15日 ~17日	11月15日	30 バック/区 (約 3,000 頭/区)	2月14日	約 3,600 頭/区 (180 ml/区)	9月18, 19日	11月11日	約 5,000 頭/区 (250 ml/区)	11月11日	約 6,000 頭/区 (300 ml/区)
			50 バック/10 a (約 5,000 頭/10 a)	3月9日	約 6,000 頭/10 a (300 ml/10 a)		11月11日	約 4,200 頭/10 a (208 ml/10 a)	11月11日	約 5,000 頭/10 a (250 ml/10 a)
2017 年作	9月14, 16日	11月10,14日 (2回に分割)	60 バック/区 (約 6,000 頭/区)	12月12日	約 3,600 頭/区 (180 ml/区)	9月22日 ~25日	11月14日	約 5,000 頭/区 (250 ml/区)	11月14日	約 6,000 頭/区 (300 ml/区)
			100 バック/10 a (約 10,000 頭/10 a)	1月27日	約 6,000 頭/10 a (300 ml/10 a)		11月14日	約 4,200 頭/10 a (208 ml/10 a)	11月14日	約 5,000 頭/10 a (250 ml/10 a)
2018 年作	9月18日 ~20日	11月16日	60 バック/区 (約 6,000 頭/区)	12月14日	約 3,600 頭/区 (180 ml/区)	9月18日 ~21日	11月21日	約 5,000 頭/区 (250 ml/区)	11月21日	約 6,000 頭/区 (300 ml/区)
			100 バック/10 a (約 10,000 頭/10 a)	2月8日	約 6,000 頭/10 a (300 ml/10 a)		11月21日	約 4,200 頭/10 a (208 ml/10 a)	1月25日	約 5,000 頭/10 a (250 ml/10 a)

¹⁾ ミヤコバンカー®, 石原バイオサイエンス(株)製.
²⁾ スバイデックス®, アリスタライフサイエンス(株)製.
³⁾ スバイカル® EX, アリスタライフサイエンス(株)製.

表-4 各試験区における殺虫剤等の使用状況 (2016 年作) (林ら, 2020)

処理月日	IPM 区				慣行区			
	薬剤名	希釈倍数 (倍)	10 a 当たり 使用量 (l)	防除対象の害虫 ¹⁾	薬剤名	希釈倍数 (倍)	10 a 当たり 使用量 (l)	防除対象の害虫 ¹⁾
9月10日 (定植前)	スピロテトラマト水和剤	500	50 ml ²⁾	ハダニ類 アブラムシ類	スピロテトラマト水和剤	500	50 ml ²⁾	ハダニ類 アブラムシ類
9月23日	クロルフェナビル水和剤	2,000	183	ハスモンヨトウ	クロルフェナビル水和剤	2,000	183	ハスモンヨトウ
10月1日	クロラントラニリプロール水和剤	2,000	200	ハスモンヨトウ	クロラントラニリプロール水和剤	2,000	217	ハスモンヨトウ
10月14日	ピリダリル水和剤	1,000	217	ハスモンヨトウ	ピリダリル水和剤	1,000	250	ハスモンヨトウ
10月18日	プロピレングリコールモノ脂肪酸エステル乳剤	2,000	233	ハダニ類	プロピレングリコールモノ脂肪酸エステル乳剤	2,000	267	ハダニ類
10月24日	フルベンジアミド水和剤	3,000	233	ハスモンヨトウ	フルベンジアミド水和剤	3,000	225	ハスモンヨトウ
	ポリグリセリン脂肪酸エステル乳剤	1,000	233	ハダニ類 アブラムシ類	ポリグリセリン脂肪酸エステル乳剤	1,000	225	ハダニ類 アブラムシ類
11月1日	-	-	-	-	脂肪酸グリセリド乳剤	600	250	ハダニ類
	-	-	-	-	シフルメトフェン水和剤	1,000	250	ハダニ類
11月6日	-	-	-	-	デンブン液剤	100	275	ハダニ類 アブラムシ類
	-	-	-	-	ヘキシチアゾクス水和剤	2,000	275	ハダニ類
11月10日	ポリグリセリン脂肪酸エステル乳剤	1,000	267	ハダニ類 アブラムシ類	ポリグリセリン脂肪酸エステル乳剤	1,000	333	ハダニ類 アブラムシ類
11月25日	-	-	-	-	プロピレングリコールモノ脂肪酸エステル乳剤	2,000	375	ハダニ類
11月28日	-	-	-	-	ピフェナゼート水和剤	1,000	125	ハダニ類
11月30日	-	-	-	-	フロニカミド水和剤	2,000	225	アブラムシ類
12月2日	フロニカミド水和剤	2,000	250	アブラムシ類	-	-	-	-
3月10日	アカメガシワクダアザミウマ剤	-	15,000 頭 ³⁾	アザミウマ類	-	-	-	-
3月19日	-	-	-	-	スピノサド水和剤	5,000	167	アザミウマ類
3月24日	アカメガシワクダアザミウマ剤	-	15,000 頭 ³⁾	アザミウマ類	-	-	-	-

¹⁾ 生産者が当該農薬を使用するにあたり防除対象とした害虫を示す.
²⁾ 株当たりの使用量を示す.
³⁾ 10 a 当たりの放飼量を示す.

表-5 各試験区における殺虫剤等の使用状況（2017年作）（林ら，2020）

処理月日	IPM 区				慣行区			
	薬剤名	希釈倍数 (倍)	10 a 当たり 使用量 (l)	防除対象 の害虫 ¹⁾	薬剤名	希釈倍数 (倍)	10 a 当たり 使用量 (l)	防除対象 の害虫 ¹⁾
9月10日 (定植前)	スピロテトラマト水和剤	2,000	-	アブラムシ類	スピロテトラマト水和剤	2,000	-	アブラムシ類
9月14日, 22日	チアマトキサム粒剤		1 g ²⁾	アブラムシ類	チアマトキサム粒剤		1 g ²⁾	アブラムシ類
9月29日	クロルフェナビル水和剤	2,000	250	ハスモンヨトウ	クロルフェナビル水和剤	2,000	233	ハスモンヨトウ
10月5日	フルベンジアミド水和剤	3,000	233	ハスモンヨトウ	フルベンジアミド水和剤	3,000	225	ハスモンヨトウ
10月11日	-	-	-	-	ピフルプミド・フェンピロキシ メート水和剤	2,000	283	ハダニ類
					脂肪酸グリセリド乳剤	600	283	ハダニ類
10月18日	エマメクチン安息香酸塩乳剤	2,000	250	ハスモンヨトウ	-	-	-	-
10月30日	ミルベメクチン水和剤	2,000	300	ハダニ類	-	-	-	-
11月6日	-	-	-	-	ミルベメクチン水和剤	2,000	275	ハダニ類
11月7日	フルベンジアミド水和剤	2,500	300	ハスモンヨトウ	-	-	-	-
	脂肪酸グリセリド乳剤	600	300	ハダニ類	-	-	-	-
11月10日	-	-	-	-	フルベンジアミド水和剤	2,500	292	ハスモンヨトウ
					脂肪酸グリセリド乳剤	600	292	ハダニ類
11月12日	-	-	-	-	ビフェナゼート水和剤	1,000	258	ハダニ類
11月26日	デンブン液剤	100	300	ハダニ類 アブラムシ類	-	-	-	-
	ピメトロジン水和剤	5,000	300	アブラムシ類	-	-	-	-
11月30日	-	-	-	-	ピメトロジン水和剤	5,000	233	アブラムシ類
1月14日	デンブン液剤	100	300	ハダニ類 アブラムシ類	-	-	-	-
	シフルメトフェン水和剤	1,000	300	ハダニ類	-	-	-	-
1月20日	デンブン液剤	100	300	ハダニ類 アブラムシ類	-	-	-	-
1月27日	-	-	-	-	シフルメトフェン水和剤	1,000	217	ハダニ類
					デンブン液剤	100	217	ハダニ類 アブラムシ類
3月9日	-	-	-	-	デンブン液剤	100	292	ハダニ類 アブラムシ類
3月14日	アカメガシワクダアザミウマ剤	-	15,000 頭 ³⁾	アザミウマ類	-	-	-	-
3月28日	アカメガシワクダアザミウマ剤	-	15,000 頭 ³⁾	アザミウマ類	-	-	-	-
3月31日	-	-	-	-	スピノサド水和剤	5,000	125	アザミウマ類
					ポリグリセリン脂肪酸エステル 乳剤	1,000	150	ハダニ類 アブラムシ類

¹⁾ 生産者が当該農薬を使用するにあたり防除対象とした害虫を示す。

²⁾ 株当たりの使用量を示す。

³⁾ 10 a 当たりの放飼量を示す。

表-6 各試験区における殺虫剤等の使用状況（2018年作）（林ら，2020）

処理月日	IPM区				慣行区			
	薬剤名	希釈倍数(倍)	10a当たり 使用量 (l)	防除対象 の害虫 ¹⁾	薬剤名	希釈倍数(倍)	10a当たり 使用量 (l)	防除対象 の害虫 ¹⁾
9月17日 (定植前)	スピロテトラマト水和剤	500	50 ml ²⁾	ハダニ類 アブラムシ類	-	-	-	-
9月19日 (定植前)	-	-	-	-	スピロテトラマト水和剤	500	50 ml ²⁾	ハダニ類 アブラムシ類
9月27日	クロラントラニプロール水和剤	2,000	283	ハスモンヨトウ	-	-	-	-
10月2日	エマメクチン安息香酸塩乳剤	2,000	267	ハスモンヨトウ	エマメクチン安息香酸塩乳剤	2,000	292	ハスモンヨトウ
	ルフェスロン乳剤	3,000	267		ルフェスロン乳剤	3,000	292	
10月15日	フルベンジアミド水和剤	3,000	267	ハスモンヨトウ	-	-	-	-
10月17日	-	-	-	-	フルベンジアミド水和剤	3,000	233	ハスモンヨトウ
					脂肪酸グリセリド乳剤	600	233	ハダニ類
10月29日	-	-	-	-	プロピレングリコールモノ脂肪酸 エステル乳剤	2,000	150	ハダニ類
11月2日	ピリダリル水和剤	1,000	233	ハスモンヨトウ	ピリダリル水和剤	1,000	225	ハスモンヨトウ
11月4日	ミルベメクチン乳剤	2,000	250	ハダニ類	ミルベメクチン乳剤	2,000	267	ハダニ類
11月10日	-	-	-	-	デンブン液剤	100	292	ハダニ類 アブラムシ類
11月15日	クロラントラニプロール水和剤	2,000	300	ハスモンヨトウ	シフルメトフェン水和剤	1,000	292	ハダニ類
					クロラントラニプロール水和剤	2,000	292	ハスモンヨトウ
11月18日	-	-	-	-	ビフェナゼート水和剤	1,000	292	ハダニ類
12月8日	シエノピラフェン水和剤	2,000	283	ハダニ類	-	-	-	-
12月9日	-	-	-	-	ピメトロジン水和剤	5,000	225	アブラムシ類
3月4日	ピメトロジン水和剤	5,000	150	アブラムシ類	ピメトロジン水和剤	5,000	125	アブラムシ類
	フロメトキン水和剤	1,000	150	アザミウマ類	フロメトキン水和剤	1,000	125	アザミウマ類
3月15日	還元澱粉糖化物液剤	100	217	ハダニ類 アブラムシ類	-	-	-	-

¹⁾ 生産者が当該農薬を使用するにあたり防除対象とした害虫を示す。

²⁾ 株当たりの使用量を示す。

2016年作の調査期間中に確認されたナミハダニは黄緑型であった。各試験区におけるナミハダニおよびカブリダニ類の発生密度の推移を図-2 および図-3 にそれぞれ示した。

ナミハダニの初発はIPM区では12月28日、慣行区では10月14日に確認された。その後、IPM区では3月14日までは1複葉当たり0.1頭以下の低密度で推移した。一方、慣行区では二山型の発生となり、1回目のピークは11月9日に1複葉当たり2.5頭、2回目は1月6日に1複葉当たり4.5頭が見られた。

カブリダニ類はIPM区では3月24日まで1複葉当たり0.01頭以下の低密度で推移した。一方、慣行区では、1月6日に初発が確認され、1月11日の1複葉当たり0.9頭をピークに減少した。

定植時から3月末までに施された殺ダニ活性のある薬剤散布回数は、IPM区では、気門封鎖型薬剤を含めて

合計4回、一方、慣行区では、同合計10回であった。

次に、2017年作の調査期間中に確認されたナミハダニも黄緑型であった。各試験区におけるナミハダニとカブリダニ類の発生密度の推移を図-4 と図-5 にそれぞれ示した。

ナミハダニの初発はIPM区では11月14日に、慣行区では調査開始の9月29日に確認された。その後、IPM区では1月4日に1複葉当たり0.7頭、3月1日に1複葉当たり0.6頭の2回のピークが見られたが、その日以外は1複葉当たり0.5頭以下の低密度で推移した。一方、慣行区では2月より密度が顕著に増加し、3月8日には1複葉当たり7.2頭のピークが見られた。

カブリダニ類はIPM区では栽培期間を通じ顕著に増加する傾向はなく、1複葉当たり0.1頭以下の低密度で推移した。一方、慣行区では、3月1日より増加し続け、3月22日の1複葉当たり1.2頭をピークに減少した。定

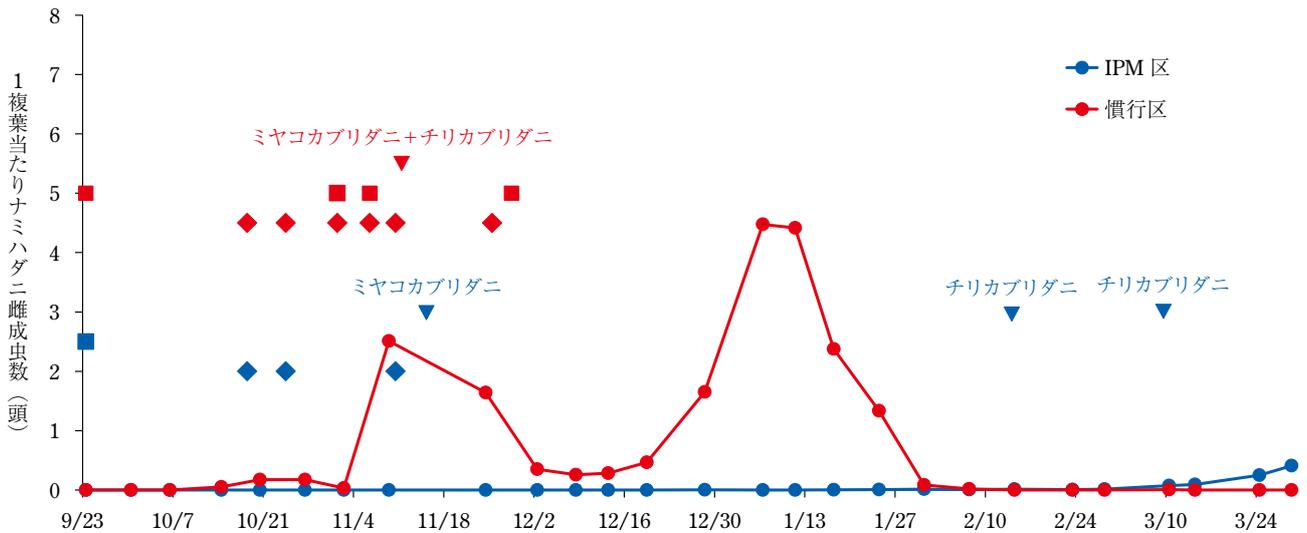


図-2 施設イチゴにおけるナミハダニ黄緑型雌成虫の発生密度推移 (2016 年作) (林ら, 2020)

- 1) ◆は IPM 区, ◆は慣行区における気門封鎖型薬剤の処理を示す.
- 2) ■は IPM 区, ■は慣行区における殺ダニ剤の処理を示す.
- 3) ▼は IPM 区, ▼は慣行区におけるカブリダニ製剤の処理を示す.

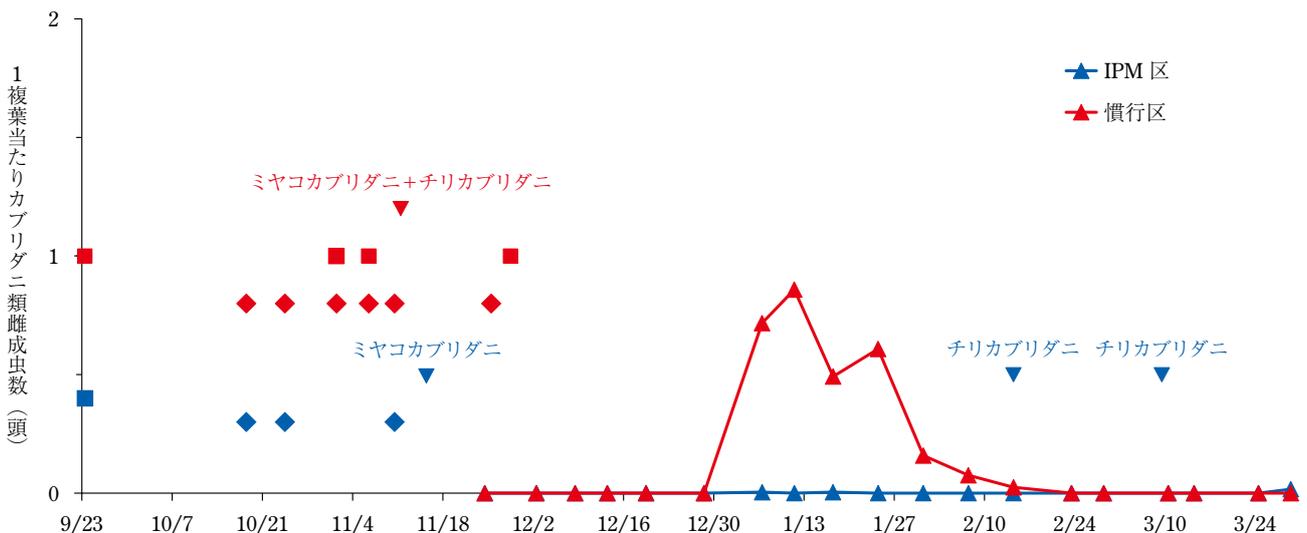


図-3 施設イチゴにおけるカブリダニ類雌成虫の発生密度推移 (2016 年作) (林ら, 2020)

- 1) ◆は IPM 区, ◆は慣行区における気門封鎖型薬剤の処理を示す.
- 2) ■は IPM 区, ■は慣行区における殺ダニ剤の処理を示す.
- 3) ▼は IPM 区, ▼は慣行区におけるカブリダニ製剤の処理を示す.

植時から3月末までに施された殺ダニ活性のある薬剤の散布回数はIPM区では気門封鎖型薬剤を含めて合計9回、一方、慣行区では、同合計11回であった。

最後に、2018年作の調査期間中に確認されたナミハダニも黄緑型であった。各試験区におけるナミハダニとカブリダニ類の発生密度の推移を図-6と図-7にそれぞれ示した。

ナミハダニの初発はIPM区では11月28日、慣行区では調査開始の9月27日に確認された。その後、IPM

区では顕著に増加する傾向はなく、1複葉当たり0.1頭以下の低密度で推移した。一方、慣行区では、10月23日と11月8日に1複葉当たり1.1頭と1.2頭のピークが見られたが、以降減少し12月11日に再び増加した。その後は、1月31日まで1複葉当たり0.4頭から0.8頭で推移し、2月14日以降は0.1頭以下で推移した。

カブリダニ類はIPM区では顕著に増加する傾向はなく、1複葉当たり0.05頭以下の低密度で推移した。一方、慣行区では1月31日より増加し、2月7日の1複葉当

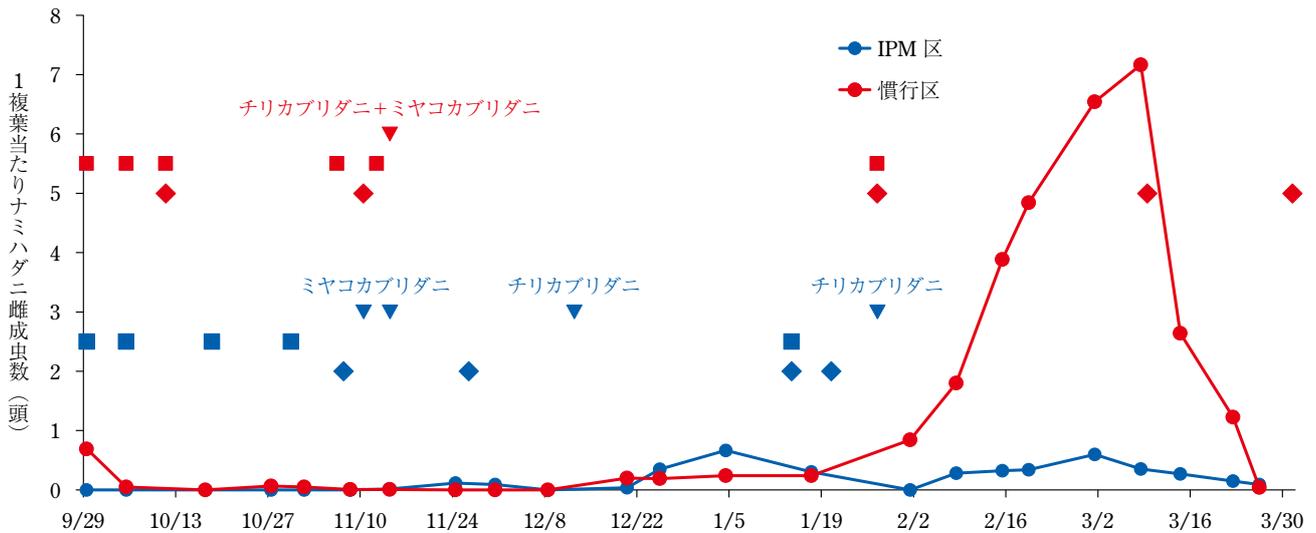


図-4 施設イチゴにおけるナミハダニ黄緑型の発生密度推移（2017年作）（林ら，2020）

- 1) ◆は IPM 区, ◆は慣行区における気門封鎖型薬剤の処理を示す。
- 2) ■は IPM 区, ■は慣行区における殺ダニ剤の処理を示す。
- 3) ▼は IPM 区, ▼は慣行区におけるカブリダニ製剤の処理を示す。

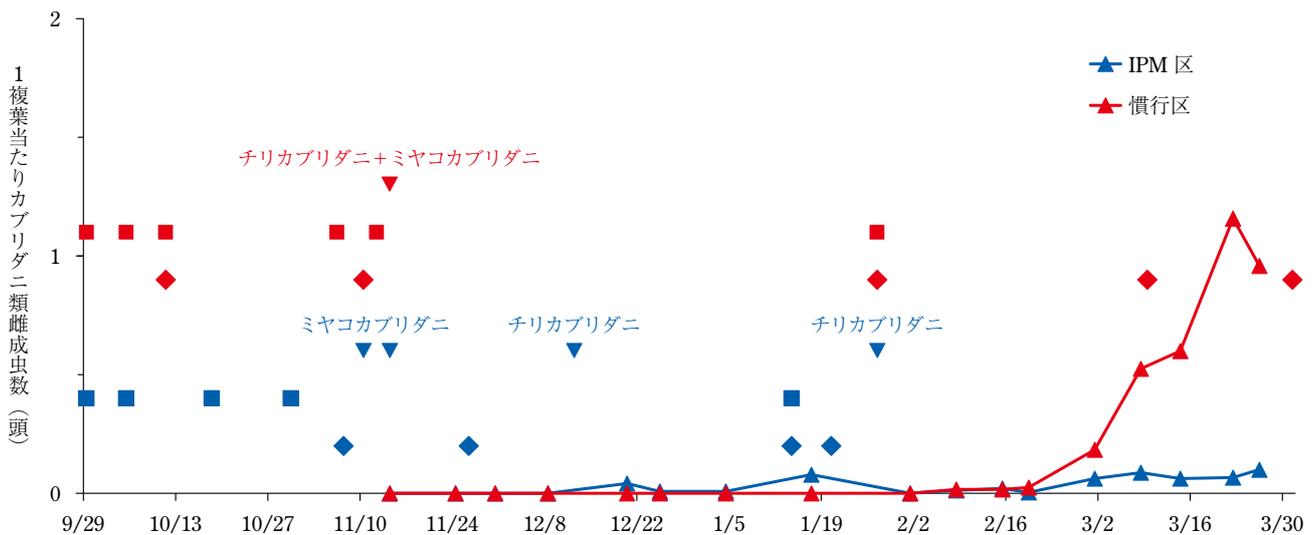


図-5 施設イチゴにおけるカブリダニ類雌成虫の発生密度推移（2017年作）（林ら，2020）

- 1) ◆は IPM 区, ◆は慣行区における気門封鎖型薬剤の処理を示す。
- 2) ■は IPM 区, ■は慣行区における殺ダニ剤の処理を示す。
- 3) ▼は IPM 区, ▼は慣行区におけるカブリダニ製剤の処理を示す。

たり 0.3 頭をピークにその後減少した。

定植時から 3 月末までに施された殺ダニ活性のある薬剤の散布回数は IPM 区では気門封鎖型薬剤を含めて合計 5 回、一方、慣行区では同合計 7 回であった。

2016~18 年の 3 作の本圃施設でのくん蒸処理苗とバンカーシートを併用した実証試験において、IPM 区では慣行区よりもナミハダニの初発を遅らせることが確認された。IPM 区では初発を確認するまでの間に殺ダニ剤や気門封鎖型薬剤の散布も行われたが、岩瀬・岡山

(2018)、小山田・村井 (2013) や小山田 (2017) の結果と同じく、高濃度炭酸ガスの殺虫効果により苗に寄生したナミハダニの施設内への持ち込みをほぼ完全に防ぎ、初発を遅らせられたと考えられた。

また、カブリダニ製剤放飼後から 3 月末までの期間中、慣行区のナミハダニの発生密度は 2016 年作と 2017 年作では兵庫県が設定したイチゴにおけるハダニ類の要防除水準 (1 頭/小葉 (約 3 頭/複葉)) (JPP-NET, 2019) を上回ったが、2018 年作では上回ることはなかった。これ

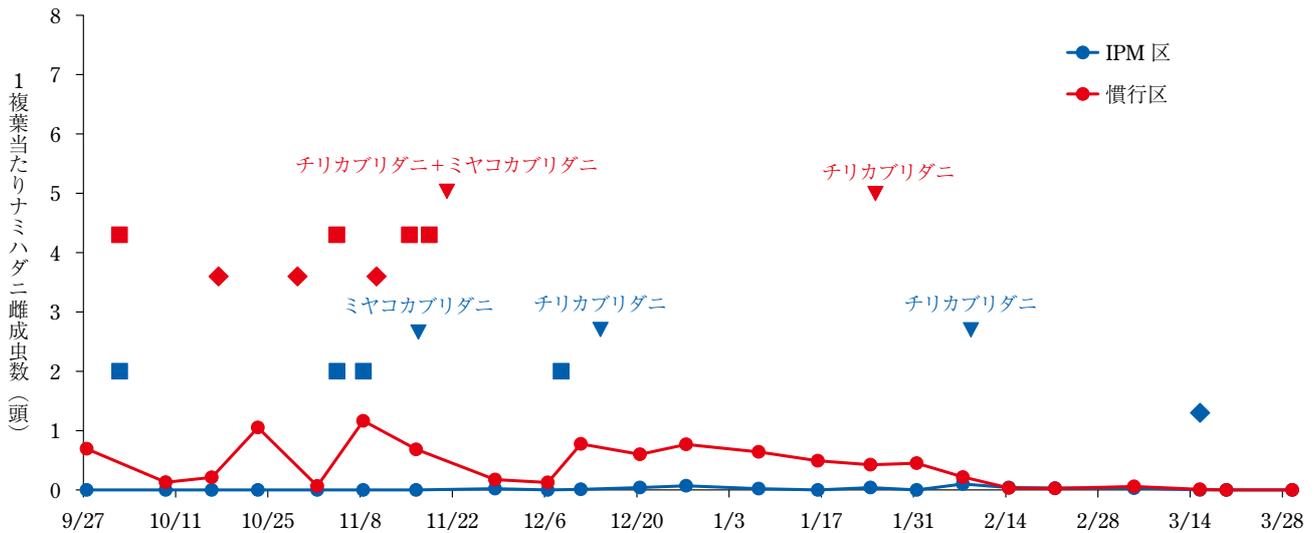


図-6 施設イチゴにおけるナミハダニ黄緑型の発生密度推移（2018年作）（林ら，2020）

- 1) ◆はIPM区，◆は慣行区における気門封鎖型薬剤の処理を示す。
- 2) ■はIPM区，■は慣行区における殺ダニ剤の処理を示す。
- 3) ▼はIPM区，▼は慣行区におけるカブリダニ製剤の処理を示す。

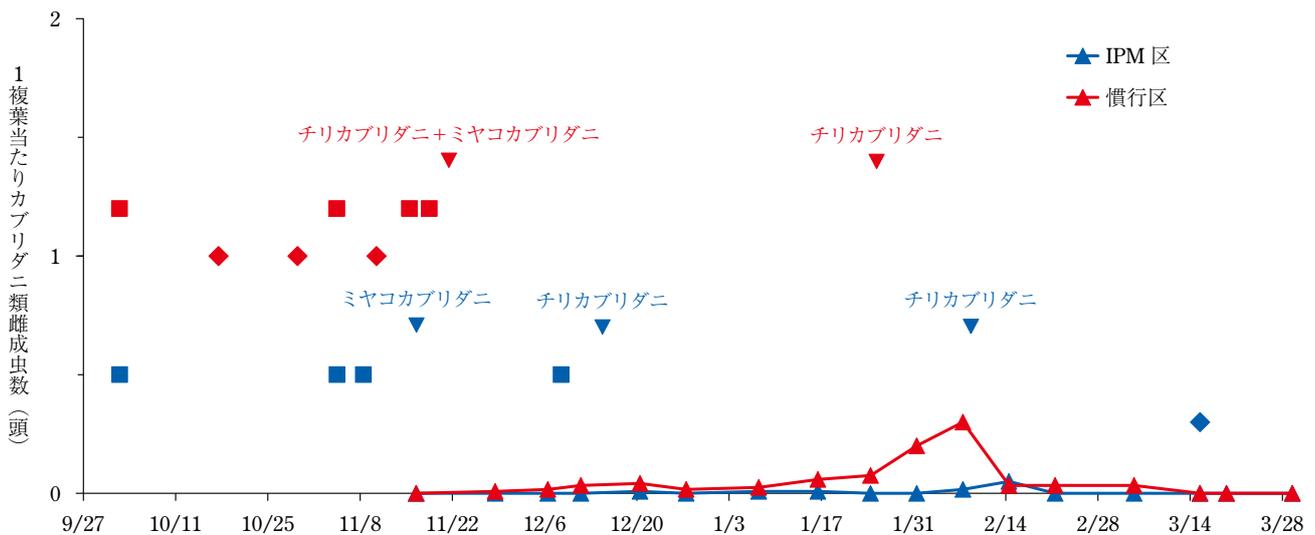


図-7 施設イチゴにおけるカブリダニ類雌成虫の発生密度推移（2018年作）（林ら，2020）

- 1) ◆はIPM区，◆は慣行区における気門封鎖型薬剤の処理を示す。
- 2) ■はIPM区，■は慣行区における殺ダニ剤の処理を示す。
- 3) ▼はIPM区，▼は慣行区におけるカブリダニ製剤の処理を示す。

はチリカブリダニ製剤を1月25日に追加放飼したために、ナミハダニの密度増加を抑制できたと考えられた。

一方、IPM区のナミハダニの発生密度は2016～18年の3作いずれも要防除水準を上回ることはなく、安定して低く維持された。カブリダニ類の発生は慣行区ではハダニ類の発生を追うような傾向が見られたが、IPM区ではハダニ類の発生密度が低かったために、顕著な傾向は見られなかった。ミヤコカブリダニは食性が広く、花粉なども代替餌になることから、定着性の高い天敵とし

てハダニ類を長期間低密度に維持する効果が期待されている（齋木，2004）。3作のIPM区ではミヤコカブリダニ個体群がバンカーシート内で増殖し、通常の放飼よりも長期にわたって放出・定着したと考えられ、くん蒸処理によりわずかに残存したナミハダニ個体や施設外から侵入した（井上，1990）同個体の密度増加をミヤコカブリダニが効果的に抑制したことがナミハダニ発生密度を低く抑制した要因と考えられた。また、追加放飼したチリカブリダニ製剤や2017年作では気門封鎖型薬剤や殺

ダニ剤の散布もナミハダニの発生を抑制したと考えられる。なお、このチリカブリダニ製剤の追加放飼の必要性、放飼時期および放飼回数については今回の実証試験では明らかにすることができなかったため、今後の課題としたい。

以上のことから、イチゴ苗のくん蒸処理と本圃施設におけるバンカーシートを利用したミヤコカブリダニの放飼の組合せはナミハダニの発生を抑制し低密度に管理するための優れた防除体系であることが示された。

おわりに

本稿は2016～18年度に革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）実証研究型「生果実（いちご）の東南アジア・北米等への輸出を促進するための輸出相手国の残留農薬基準値に対応したIPM体系の開発ならびに現地実証」（課題ID番号16784628）で実施し、「台湾の残留農薬基準値に対応したイチゴIPM体系マニュアル（徳島県版）」を作成した（徳島県，2019）。

また、持続可能性の高い社会構築が急がれる中、当県では、令和3年3月に「徳島県エシカル農業推進計画」が策定された（徳島県，2021）。本マニュアルによるIPM体系がエシカル農業拡大の下支えとなることを期待したい。

引用文献

- 1) 相澤美里ら (2018): 香川農試研報 68: 15～18.
- 2) 衛藤友紀・平田真紀子 (2017): 佐賀農セ研報 39: 39～46.
- 3) 藤波裕幸 (2010): 技術と普及 47(8): 29～32.
- 4) 林 真弓ら (2020): 徳島農技セ研報 7: 31～41.
- 5) 今村剛士・國本佳範 (2016): 奈良農研セ研報 47: 34～36.
- 6) 井上雅央 (1990): 応動昆 34(1): 49～53.
- 7) 岩瀬亮三郎・岡山 研 (2018): 埼玉農技研研報 (17): 1～5.
- 8) JPP-NET (2019): https://www.jpnpn.ne.jp/jpp/bouteq/bojosuijun_data/yasai.pdf.
- 9) 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ら (2006): 九州沖縄農業研究成果情報 21: 425～426.
- 10) 草間直人・山中 聡 (2020): 応動昆 64(3): 93～106.
- 11) 永嶋麻美・伊村 務 (2016): 防除総覧資料編 2(追録22): 1288の14.
- 12) 中村 淳ら (2014): 北日本病虫研報 65: 163～166.
- 13) 農林水産省野菜生産出荷統計 (2017): 平成29年産都道府県別の作付面積, 10a当たり収量, 収穫量及び出荷量.
- 14) 小山田浩一 (2017): 栃木農試研 76: 1～25.
- 15) ————・村井 保 (2013): 応動昆 57(4): 249～256.
- 16) 斎木陽子 (2004): 植物防疫 58(4): 39～42.
- 17) 関根崇行・鈴木香深 (2016): 北日本病虫研報 67: 169～172.
- 18) ————ら (2017): 北日本病虫研報 68: 207～214.
- 19) 柴尾 学・井奥由子 (2016): 関西病虫研報 58: 73～76.
- 20) SHIMODA, T. et al. (2017): BioControl 62: 495～503.
- 21) 高嶋庸平 (2017): 植物防疫 71(3): 51～59.
- 22) 徳島県 (2016): とくしま農林水産物等海外輸出戦略.
- 23) ———— (2019): 台湾の残留農薬基準値に対応したイチゴIPM体系マニュアル (徳島県版).
- 24) ———— (2021): 徳島県エシカル農業推進計画.



ナシさび色胴枯病菌によるナシ果実腐敗症状の発生

—チャバネアオカメムシの加害部からの感染—

山口県農林総合技術センター ^{からつ}唐津 ^{たつひこ}達彦*・^{とのごうち}殿河内 ^{ひさこ}寿子**

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 ^{ほり}堀 ^た田 ^{みつ}光 ^お生
農業環境研究部門

はじめに

山口県下関市は果樹栽培の盛んな地域で、県内最大のナシ産地を擁している。2014年8月、市内の赤ナシ無袋栽培園において、果実が樹上に着果したまま激しく腐敗する症状が発生した。本症状の発生は、果樹カメムシ類の一種チャバネアオカメムシの大量寄生が認められた園地に限られていた。

筆者らは本症状へのチャバネアオカメムシの関与を推測し、室内で再現試験を行った結果、本症状はチャバネアオカメムシの加害部から病原細菌が感染することによって発生したことが示唆された。

このことについては、既に本誌（殿河内・唐津，2015）で紹介しているが、その後、病原細菌について詳細に調査した結果、ナシさび色胴枯病菌 *Erwinia chrysanthemi*（現 *Dickeya* 属）であることが明らかになった（唐津ら，2021）。

ナシさび色胴枯病は、枝と幹の表皮の一部から滲み出した樹液様物質が乾固して鉄さび色になる症状が発生する病害である（梅本・長井，1984；陶山ら，1987）。本病により枝と幹が枯死するものの、果実が腐敗するという報告はない。また、果樹カメムシ類によるナシの被害は、加害部の陥没（変形果）や果肉がスポンジ状に変質する等で、果実が腐敗するとの報告はない（長谷川・梅谷，1974）。したがって、本症状はナシさび色胴枯病菌とチャバネアオカメムシの両者が存在して初めて発生する病害と考えられる。

これらの点について、病原細菌の同定試験に関する知見を加えて改めて紹介する。

Occurrence of Bacterial Fruit Rot of Japanese Pear Caused by *Erwinia chrysanthemi*. By Tatsuhiko KARATSU, Hisako TONOGOUCHI and Mitsuo HORITA

（キーワード：ナシ，さび色胴枯病菌，チャバネアオカメムシ，果実腐敗）

*現所属：山口県山口農林水産事務所

**現所属：山口県周南農林水産事務所

I 発生状況と病徴

2014年8月19日に、ナシ農園の一部の園地 50a において、チャバネアオカメムシ（図-1）の大量寄生とともに本症状の初発発生が生産者により確認された。その後、本症状が急増し、8月28日には‘豊水’と‘新興’の果実の大半が腐敗した（図-2）。果実に症状が認められてから甚大な被害が生じるまでに9日間しか要しておらず、極



図-1 チャバネアオカメムシ成虫



図-2 ナシ‘豊水’に発生した果実腐敗症状
撮影：2014年9月1日，原図：原田 直。



図-3 果皮が褐変したナシ‘豊水’果実
撮影：2014年8月28日，原図：村上哲一。



図-4 果肉が軟化，腐敗したナシ‘豊水’果実
撮影：2014年9月1日。

めて短期間に病状が進行した深刻な発生事例であった。

発病初期には，果皮が円形に褐変（図-3）して果肉は軟化し（図-4），甘い香りが確認された。この褐変した果皮中央には微細な穴が認められ，穴から果汁が溢出していた。この微細な穴については後述するが，チャバネアオカメムシの吸汁加害によって生じたものと推察された。

さらに症状が進行すると，果皮全体が暗褐色ないし黒褐色になり，果肉は著しく軟化して悪臭を放した。

なお，本症状が発生した樹の幹と枝には異常が認められなかった。また，翌年の2015年以降については，本症状の発生は確認されていない。

II 病原細菌

1 病原細菌の分離

本症状の原因を明らかにするため，本症状を呈する果実から病原細菌の分離を試みた。2014年9月1日に，



図-5 ナシ‘豊水’果実に対する分離細菌の病原性

本症状の発生初期の‘豊水’果実2果から，キングB平板培地を用いて画線培養法により細菌を分離した結果，いずれも白色，円形，平滑で光沢を有するコロニーが確認された。それぞれの果実から4菌株，合計8菌株を分離，保存して各種試験に供試した。

2 症状の再現

分離細菌を用いて本症状の再現を試みた。収穫した果実（‘豊水’，‘二十世紀’）に，キングB平板培地で培養した分離細菌8菌株の菌体を1菌株ずつ針で付傷接種し，ポリエチレン袋に入れて室内（約25℃）に静置したところ，接種2日後に，いずれの果実でも直径数cmの円形状に果皮が褐変し，果実を入れたポリエチレン袋には果実から溢出した果汁が溜まっていた（図-5）。また，腐敗果からは甘い香りが確認された。さらに数日後には，果皮は暗褐色ないし黒褐色に変化し，果肉は著しく軟化して悪臭を放した。本試験により発生した腐敗果の症状は，園地のもと同様であった。したがって，分離細菌の感染が原因となって本症状が引き起こされたものと考えられた。

3 分離細菌の同定

西山ら（2004）の方法に基づき，分離細菌の細菌学的性質の調査と簡易同定を行った。その結果，分離細菌8菌株は，キングB平板培地上における25℃条件下で培養2日目に直径2mm程度のコロニーを形成し，その形態は白色，円形，平滑で光沢を有していた。分離細菌は短桿状で運動性を有し，O-F試験はF型を示した。カタラーゼ，硝酸塩の還元，ジャガイモ腐敗および40℃下における生育は陽性で，グラム反応，オキシダーゼ活性および緑色蛍光色素の生産は陰性であった。簡易同定96-MUCで用いる炭素源の利用能（培養2日目に判定）については，スクロース，イノシトールおよび酒石酸を利用し，トレハロース，ラクトース，ソルビトールおよ

びダルシトールは利用しなかった。なお、ラクトースを培養3~4日目に利用した。簡易同定96-MUC (<http://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/bact/Ent-new.html>) による分離細菌のプロフィールインデックスは1211になり、分離細菌は *Erwinia chrysanthemi* と同定された。

さらに、NASSAR et al. (1996) の報告に基づき、各菌株からDNAを抽出後、本菌種を特異的に検出するプライマーを用いてPCR検定を行った。分離細菌8菌株すべてにおいて *E. chrysanthemi* に特異的なバンド(約420 bp)が、対照株 *E. chrysanthemi* MAFF 301677 と同様に増幅されており、近縁種 *E. carotovora* subsp. *carotovora* MAFF 301618 では増幅されなかった(図-6)。以上のことから、

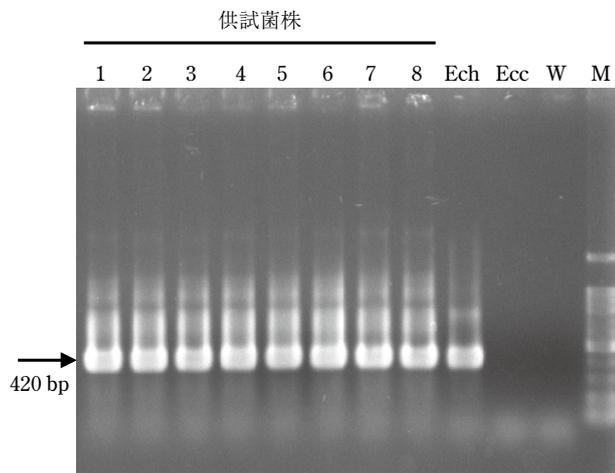


図-6 PCR検定による供試菌株の同定
 レーン1-8: 分離細菌 (MAFF 311828-311835); Ech: *E. chrysanthemi* MAFF 301677; Ecc: *E. carotovora* subsp. *carotovora* MAFF 301618; W: Water control; M: 100 bp DNA Ladder.

PCR検定でも分離細菌は *E. chrysanthemi* と同定された。

次に、SAWADA et al. (1993) の方法に基づき、16SリボソームRNA遺伝子のシーケンス情報を解読した。得られたシーケンス情報について、DNA解析ソフト(MEGA, <https://www.megasoftware.net/>) でアライメントを行い、相同性検索(BLAST, DDBJ, <https://www.ddbj.nig.ac.jp/index.html>) して種を推定するとともに、既報の近縁種のシーケンス情報、近隣結合法およびブーツストラップ解析を用いて分子系統樹を作成した(図-7)。

供試した分離細菌2菌株(MAFF 311828, MAFF 311832)は、いずれも既報の *E. chrysanthemi* に属する菌株の配列と相同または類似していた。以上、16SリボソームRNA遺伝子シーケンスに基づく系統解析でも、分離細菌は *E. chrysanthemi* と同定された。なお、本細菌は現在 *Dickeya* 属に学名が変更されている(SAMSON et al., 2005)。

次に、‘豊水’と‘二十世紀’の長さ約10 cmの切り枝(1年生枝)に対して、キングB平板培地で培養した分離細菌1菌株の菌体を付着させたメスを用いて、木質部まで届くように切れ目を入れたのちに、パラフィルムで覆った。この切り枝を蒸留水が入ったビーカーに挿し、25℃条件下で2日間静置して接種部の変化を観察した。接種2日後には、‘豊水’、‘二十世紀’いずれの切り枝も、接種部付近の長さ2 cm程度が黒褐色に変化した。その後、変色は切り枝全体に及んだ。

簡易同定96-MUC, PCR検定および16SリボソームRNA遺伝子シーケンスに基づく系統解析の結果より、分離細菌は *Erwinia chrysanthemi* (現 *Dickeya* 属) と同定された。本細菌は、ナシにさび色胴枯病(枝、幹が罹

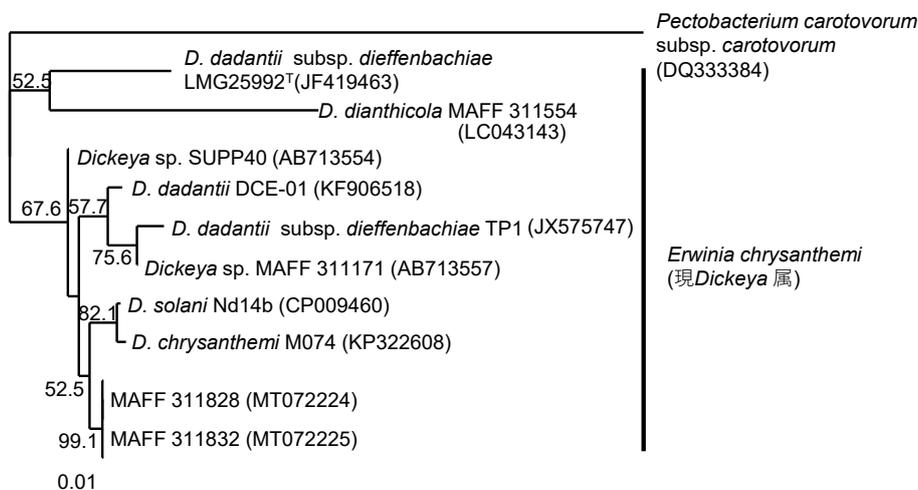


図-7 16SリボソームRNA遺伝子シーケンスに基づく系統解析(近隣結合法)
 下の横棒は遺伝距離を、分岐値はブーツストラップ解析による確率を示す。
 () 内はシーケンス登録番号を示す。

表-1 ナシさび色胴枯菌懸濁液噴霧とチャバネアオカメムシ放飼が腐敗果の発生に及ぼす影響

試験区		果実腐敗の発生状況	
ナシさび色胴枯病菌 噴霧の有無	チャバネアオカメムシ の放飼数(頭)	調査果数 (果)	腐敗果数 (果)
○	40	4	4
○	5	4	1
○	0	4	0
-	40	4	0
-	0	4	0

2014年9月6日に昆虫飼育箱内のナシ‘新興’果実にチャバネアオカメムシ成虫を放飼、9月6、7日にナシさび色胴枯菌(分離細菌)懸濁液を噴霧、9月11日に腐敗果数を調査。

病)を引き起こすことが知られている(梅本・長井, 1984; 陶山ら, 1987)。今回、筆者らが分離した細菌は、果実腐敗だけでなくナシの切り枝を腐敗させたことから、ナシさび色胴枯病の病原体が果実にも感染して本症状を発生させたものと考えられた。

III 発生要因

1 チャバネアオカメムシの吸汁加害

チャバネアオカメムシの吸汁加害と本症状発生との関係について検討するため、以下の試験を実施した(表-1)。

昆虫飼育箱に‘新興’の果実、4果を静置したのち、チャバネアオカメムシ成虫を所定の頭数放飼した。その後、分離細菌の懸濁液をハンドスプレーで果実に噴霧した。懸濁液の噴霧は試験1日目と2日目の昼間、約1時間おきに各3回、合計6回実施し、降雨により果実表面が濡れるのと同様な状況を再現した。昆虫飼育箱は25℃の室内に静置した。

本試験により、園地で発生した腐敗果実とはほぼ同様な症状が再現された。分離細菌の懸濁液を噴霧接種した区では、チャバネアオカメムシの放飼数に応じて腐敗果実数が増減しており、チャバネアオカメムシの加害の程度が本症状の発生と密接に関与していることが推測された。さらに、腐敗部果皮に微細な穴が生じ、穴から果汁の溢出が再現された(図-8)。この穴は、チャバネアオカメムシの吸汁加害で生じたものと考えられた。園地において本症状を呈した果実に認められた穴も、本試験と同様にチャバネアオカメムシの吸汁加害により生じ、この穴を通して病原細菌が侵入したことで本症状が発生したものと推測された。

本症状発生ナシ農園では、果樹棚の天井部分と側面にそれぞれ防鳥ネットと防風ネットを設置して園地全体を被覆していたものの、無袋で栽培していたことから、飛来したチャバネアオカメムシによる吸汁加害が可能であ



図-8 ナシさび色胴枯菌噴霧とチャバネアオカメムシ放飼により再現された果実腐敗症状(ナシ‘新興’)

った。そこに、カメムシが集中的に飛来して加害したことにより、本症状が園地の一部で集中的に発生し、被害が甚大になったと考えられる。

2 2014年8月の降雨

本症状が発生した2014年8月、山口県内は記録的な降雨に見舞われた。発生ナシ農園に最も近い下関市豊田のアメダスのデータによると、8月の降水量は431mmで、平年値の160mmに比べて2.7倍、日降水量1mm以上の日数は20日で、平年値の9.4日に比べて2.1倍であった。

病原細菌は植物の傷や開口部から降雨とともに侵入、感染するものが多く、本症状の病原菌が細菌であることを考えると、当年8月の降雨は病原細菌の侵入、感染に好適な条件をもたらしたものと推察される。

おわりに

本症状による甚大な被害が発生した原因は、大量のチャバネアオカメムシの飛来があったこと、カメムシの加

害により病原細菌が感染できる微細な穴が果皮に生じたこと、記録的な降雨により病原細菌の感染に好適な環境がもたらされたこと、さらに病原細菌の病原性が極めて強いこと等複数の要因が同時に揃ったためと考えられる。

これまでに国内で報告されたカメムシが関与した病害には、キリてんぐ巢病（塩澤ら，1979）、ダイズ子実汚斑病（木村ら，2008）およびイネ穀粒黒しよく米（富永，1973）がある。各病害の病原菌の種類は、キリてんぐ巢病がファイトプラズマ、ダイズ子実汚斑病が糸状菌（酵母）、イネ穀粒黒しよく米が本症状と同じく細菌である。イネ穀粒黒しよく米の病原菌は玄米上に常在して、アカヒゲホソミドリカスミカメの刺傷から感染する。ナシ果実腐敗症状の病原菌は、果樹カメムシ類の被害が過去に幾度もあったものの本症状が発生していないことから、園内に常在しているのではなく、何らかの原因で園外から侵入した可能性が推測される。

本症状の病原菌は、詳細な同定により、国内で広く認

められているナシさび色胴枯病菌 *Erwinia chrysanthemi*（現 *Dickeya* 属）であることが明らかになった。ナシさび色胴枯病の発生生態については不明な点が多く、今後、病原菌の伝染源や園内への侵入経路等について明らかにする必要があると考えられる。

引用文献

- 1) 長谷川 仁・梅谷献二 (1974): 植物防疫 28: 279~286.
- 2) 唐津達彦ら (2021): 山口農林総技セ研報 12: 30~35.
- 3) 木村重光ら (2008): 応動昆 52: 13~18.
- 4) NASSAR, A. et al. (1996): Appl. Environ. Microbiol. 62: 2228~2235.
- 5) 西山幸司ら (2004): 作物の細菌病 追補3版, 社団法人日本植物防疫協会, 東京, CD-ROM.
- 6) SAMSON, R. et al. (2005): Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 55: 1415~1427.
- 7) SAWADA, H. et al. (1993): Int. J. Syst. Bacteriol. 43: 694~702.
- 8) 塩澤安康ら (1979): 日植病報 45: 130~131.
- 9) 陶山一雄ら (1987): 同上 53: 71.
- 10) 富永時任 (1973): 植物防疫 27: 379~383.
- 11) 殿河内寿子・唐津達彦 (2015): 同上 69: 444~446.
- 12) 梅本清作・長井雄治 (1984): 日植病報 50: 83.



Podosphaera leucotricha による モモうどんこ病の発生と防除

長野県果樹試験場 **横** **澤** **志** **織**
 福島県農業総合センター果樹研究所 **七** **海** **隆** **ゆき之**

はじめに

長野県と福島県はモモの主要生産県であり、両県で全国の生産量の36%を占めている。両県のモモ産地では、以前より、「あかつき」や「なつっこ」等の特定の品種で、「毛じ障害」や「毛じヤケ」と呼称される、果面の褐色斑点症状が問題となっていた（岡沢ら，2012；横澤ら，2017；七海ら，2020）。

本症状は落花15日後頃より認められ、はじめ幼果の果面に直径3 mm程度の淡褐色の斑点を生じる。その後、果実の肥大に伴って斑点が拡大し、周辺部がやや退緑した褐色斑点となる（図-1上）。さらに、成熟期には毛じが脱落し、不整形のさび症状を呈する（図-1下）（横澤ら，2020）。発生には品種間差異があり、「あかつき」およびその後代品種では発生が多い一方、「川中島白桃」、「白鳳」では発生がほとんど見られない（岡沢ら，2012）。日本国内のモモでは、果実に感染する *Podosphaera pannosa* と、葉に感染する *Podosphaera tridactyla* の2種のうどんこ病菌が報告されている（高松，2012）。本症状は、*P. pannosa* によるうどんこ病の、菌糸が消失した後の果実の病徴と類似する一方で、分生子の形成が認められない点で異なっていた。

一方、国外では Peach Rusty Spot と呼称される、本症状と類似する病害がある。うどんこ病多発リンゴ園に隣接するモモ園で特異的に発生することから、以前よりリンゴうどんこ病菌 *Podosphaera leucotricha* との関連性が示唆されており（RIES and ROYSE, 1978）、近年、遺伝子解析と接種試験により、*P. leucotricha* が Peach Rusty Spot の病原菌であることが証明されている（JANKOVICS et al., 2011）。

長野県と福島県はいずれもリンゴの生産が盛んで、モ



図-1 *Podosphaera leucotricha* によるモモうどんこ病の病徴
 上：幼果期の褐色斑点，下：成熟果のさび症状。

モ園とリンゴ園が隣接する場合がある。一方で、リンゴが栽培されていない暖地のモモ産地では、本症状の発生は確認されていない。このことから、「毛じ障害」、「毛じヤケ」と Peach Rusty Spot は同一の病害であることが推察されたため、原因究明を試みた。その結果、褐色斑点部より *P. leucotricha* の DNA が検出され、*P. leucotricha* の接種により原病徴が再現され、本症状は *P. leucotricha* によって引き起こされることが明らかとなった（横澤ら，2017；2020；七海ら，2020）。これをうけて、本病をモモうどんこ病に含め、*P. leucotricha* をモモうどんこ病の

Occurrence and Control of Peach Powdery Mildew Caused by *Podosphaera leucotricha*. By Shiori YOKOSAWA and Takayuki NANAUMI

（キーワード：モモ，うどんこ病，*Podosphaera leucotricha*，発生生態，防除）

病原に追加した（横澤ら，2017；2020）。

本病は成熟期の果実にさび症状を呈して外観形質を著しく損ない、生産者に経済的な損害を与えるため、早急に防除対策を確立する必要がある。本稿では、長野県と福島県で実施した、発生生態の解明と防除体系の構築に関する試験について報告する。

I 長野県における発生状況と防除対策

1 うどんこ病発生リンゴ樹からの伝染

伝染源を明らかにするために、*P. leucotricha* によるモモうどんこ病の発病と、うどんこ病発生リンゴ樹の関係を調査した。2017年5月29日に長野県山ノ内町の慣行防除モモ園（品種‘あかつき’）において本病の発病を調査した結果、モモ園中心部では発病がほとんど見られない一方、リンゴ園に隣接した圃場周辺部で多く、特にリンゴうどんこ病多発園に面した風上の北側で発病果率が高い傾向となった（図-2）。また、2017年5月2日（落花期）から6月7日まで、長野県果樹試験場内のうどんこ病多発生リンゴ樹から風下側へ距離別にポット植えモモ‘なつっこ’、‘あかつき’樹を設置し、本病の発病を調査した結果、多発生リンゴ樹に近いほど発病果率と発病程度が高く、220m地点まで本病の発病が認められた（図-3）。以上から、*P. leucotricha* によるモモうどんこ病の主要な伝染源はうどんこ病発生リンゴ樹であることが

推察され、リンゴ園に隣接するモモ園では本病の発生に注意する必要があると考えられた。

2 有効薬剤と防除体系

長野県内における本病の主要な果実感染時期は落花期～落花20日後頃であり（横澤ら，2020），この時期の連用散布により有効薬剤を探索した。その結果，QoI 剤のクレソキシムメチル水和剤，SDHI 剤のピラジフルミド水和剤とインピルフルキサム水和剤，混合剤のピラクロストロビン・ボスカリド水和剤の効果が高く，次いで水和硫黄剤も効果が認められた。長野県内ではリンゴにおいてDMI 感受性の低下した *P. leucotricha* の発生が確認されており（横澤ら，2019），本試験でもテブコナゾール水和剤とトリフルミゾール水和剤の効果は安定しない結果となった（表-1）。

QoI 剤を成分に含むクレソキシムメチル水和剤とピラクロストロビン・ボスカリド水和剤は1回の散布でも効果が高く，特に感染の盛期となる落花10日後頃の散布が重要な防除時期であることを確認した（表-2）。そこで長野県農作物病害虫防除基準では，落花10日後頃にこの2剤のいずれかを散布し，多発する場合はその前後（落花期，5月中下旬）に水和硫黄剤を散布することとした（表-3）。現在，本病が問題となる産地の防除暦では上記の防除体系が導入されており，被害を抑えることができている。

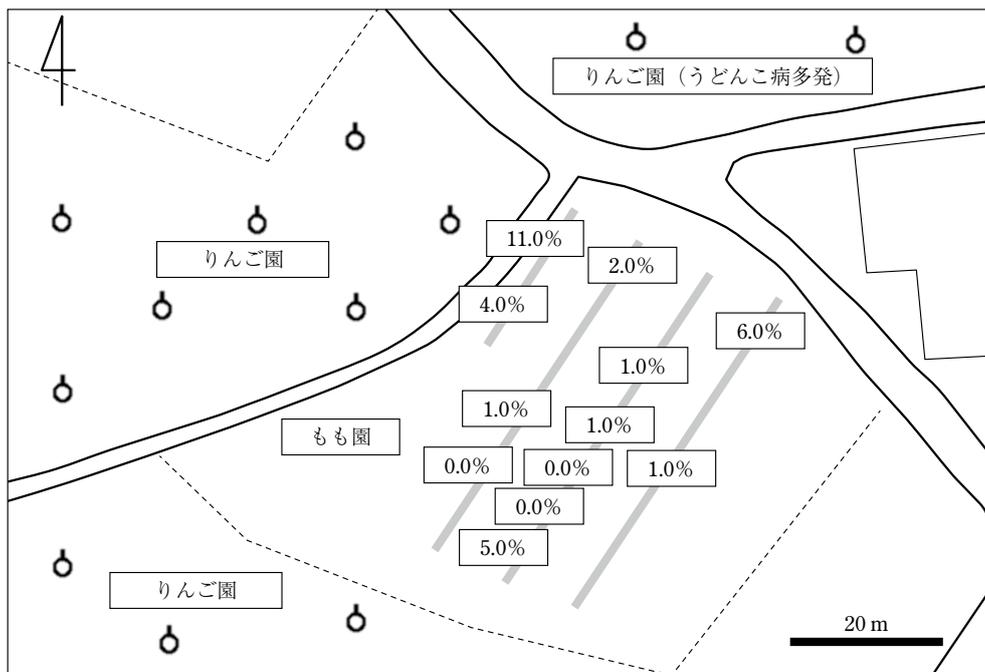


図-2 現地モモ園における *P. leucotricha* によるモモうどんこ病発生状況
調査圃場は長野県山ノ内町‘あかつき’圃場（落花10日後にストロビードライフロアブル2,000倍液を散布）。2017年5月29日に、1樹当たり100果について、発病の有無を調査した。

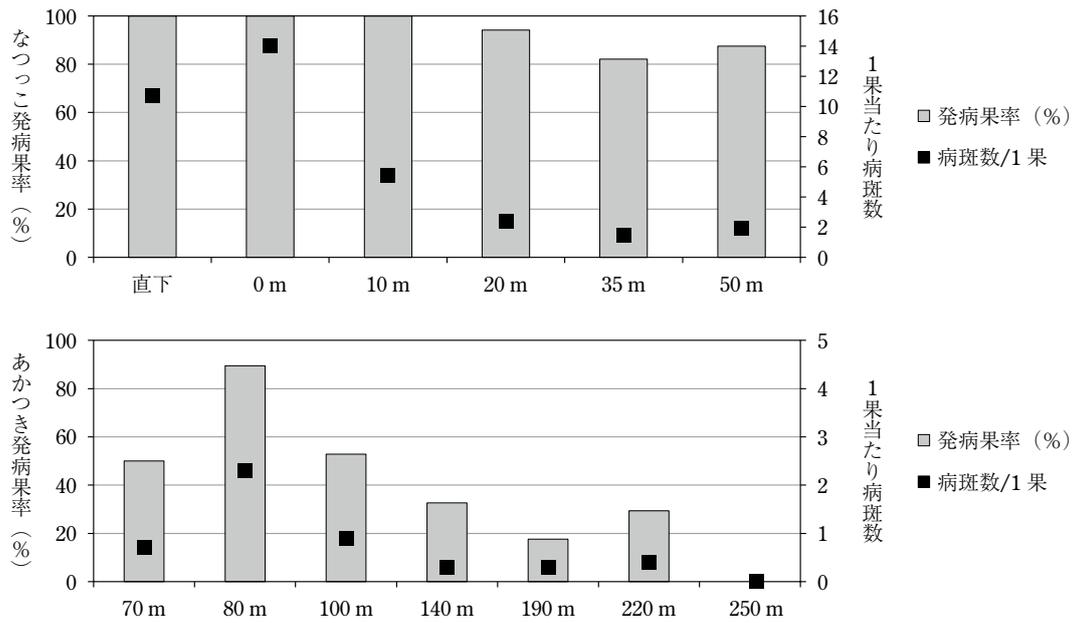


図-3 うどんこ病発生りんご園からの距離別の‘なつっこ’ (上), ‘あかつき’ (下) における *P. leucotricha* によるモモうどんこ病の発生状況

2017年5月2日に、リンゴうどんこ病甚発生‘紅玉’樹から南へ0~250mの距離にポット植えモモ樹(3年生)を設置し、‘なつっこ’は6月1日, ‘あかつき’は6月7日に、全果実(18~55果)の発病の有無を調査した。

表-1 *Podosphaera leucotricha* によるモモうどんこ病に対する各種薬剤の防除効果

試験年	供試薬剤	希釈倍数(倍)	調査果数(果)	発病率(%)	防除値 ^{a)}
2016年 ^{b)} (6月1日調査)	クレソキシムメチル水和剤	2,000	100	2.5	94.5
	ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤	2,000	100	13.5	70.3
	水和硫黄剤	500	100	16.5	63.7
	トリフルミゾール水和剤	1,500	100	21.5	52.7
	テブコナゾール水和剤	2,000	100	27.5	39.6
	無散布			100	45.5
2019年 ^{c)} (5月29日調査)	ピラジフルミド水和剤	2,000	100	0	100
	インピルフルキサム水和剤	4,000	100	2.0	86.3
	トリフルミゾール水和剤	2,000	94.3	3.2	78.1
	無散布		95.3	14.6	

^{a)} 防除値 = 100 - (処理区の発病率/無処理区の発病率) × 100.

^{b)} 供試品種は‘あかつき’ (12年生). 試験規模は1区1/2樹, 2反復. 4月26日(落花期), 5月7日, 18日に薬剤散布を行った.

^{c)} 供試品種は‘なつっこ’ (4年生), ‘あかつき’ (4年生). 試験規模は1区1~2樹, 4反復(各品種2反復). 4月28日(落花期), 5月8日, 18日に薬剤散布を行った.

表-2 散布時期別のクレソキシムメチル水和剤の *Podosphaera leucotricha* によるモモうどんこ病に対する防除効果^{a)}

薬剤散布日	調査果数(果)	発病率(%)	防除値 ^{b)}
2016年4月26日(落花期)	100	18.5	58.0
5月7日(落花10日後)	100	5.0	88.6
5月18日(落花20日後)	100	20.0	54.5
無散布	100	44.0	-

^{a)} 供試品種は‘あかつき’. 試験規模は1区1/2樹, 2反復. クレソキシムメチル水和剤の希釈倍数は2,000倍. 6月1日に果実発病の有無を調査した.

^{b)} 防除値 = 100 - (処理区の発病率/無処理区の発病率) × 100.

表-3 *Podosphaera leucotricha* によるモモうどんこ病に対する体系別の防除効果^{a)}

供試薬剤（散布日）			調査果数（果）	発病果率（%）	防除値 ^{b)}
落花後 (2017年4月30日)	落花10日後頃 (5月12日)	5月下旬 (5月23日)			
水和硫黄	クレソキシムメチル	水和硫黄	100	4.3	92.5
無散布	クレソキシムメチル	水和硫黄	100	8.0	86.1
水和硫黄	クレソキシムメチル	無散布	100	9.3	83.9
無散布	クレソキシムメチル	無散布	100	12.7	78.0
水和硫黄	水和硫黄	水和硫黄	100	22.3	61.4
無散布	無散布	無散布	100	57.7	

^{a)} 供試品種は‘あかつき’（13年生）。試験規模は1区1/2樹，3反復。クレソキシムメチル水和剤の希釈倍数は2,000倍，水和硫黄剤の希釈倍数は500倍。6月2日に果実発病の有無を調査した。

^{b)} 防除値 = 100 - (処理区の発病果率/無処理区の発病果率) × 100。

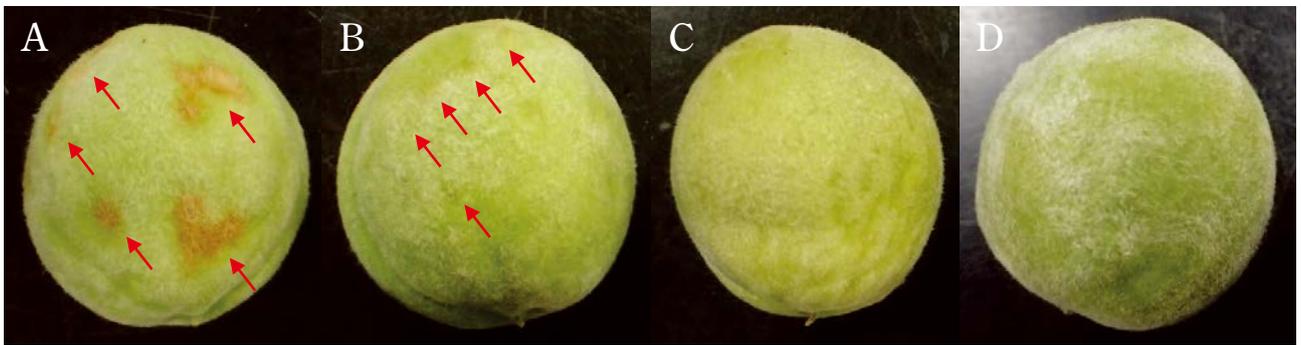


図-4 *Podosphaera leucotricha* を接種した‘あかつき’幼果（2019年6月6日撮影。矢印は病斑部を示す。A：落花10日後接種果実，B：落花20日後接種果実，C：落花30日後接種果実，D：無接種果実）

II 福島県における発生状況と防除対策

1 福島県における発生経過

「毛じヤケ」は1997年ころから主力品種‘あかつき’を中心に発生が見られるようになり，生産現場で大きな問題となった。その後も発生量に年次間差はあるものの，現在でも発生が確認されている。

当初「毛じヤケ」はうどんこ病であることが考えられたが，発生部位に菌糸が確認できないことから当時は病害ではないと判断され，そのほかにも生理障害や薬害の観点から調査が行われたが原因の究明には至らず，発生原因は不明のままであった。しかし，「毛じヤケ」の類似症状である長野県の「毛じ障害」が *P. leucotricha* によるモモうどんこ病であることが報告されたことから（横澤ら，2017），2019年に調査を行ったところ「毛じヤケ」も同一の病害であることが明らかになった（七海ら，2020）。

2 感染時期の特定と防除対策

福島県における本病の主要な感染時期を特定するため，2019年にモモ幼果への *P. leucotricha* の接種試験を時期別実施したところ，落花10日後および落花20日

表-4 *Podosphaera leucotricha* の時期別接種によるモモうどんこ病の発病状況

試験区	調査果数 ^{a)} （果）	発病果率（%）
落花10日後接種区 (接種日：5月4日)	21	81.0
落花20日後接種区 (接種日：5月14日)	25	52.0
落花30日後接種区 (接種日：5月24日)	16	0
無接種区	20	0

^{a)} 供試品種‘あかつき’。2019年6月6日に発病調査を実施。

後の接種果実で発病が認められ（表-4），長野県とほぼ同時期である落花10～20日後頃が主要な感染時期であることが示唆された。また，落花10日後の接種果実の発病果率は81.0%と落花20日後の接種果実（発病果率52.0%）よりも高く（表-4），形成される病斑が大きいことから（図-4），落花10日後頃が重点防除時期にあたりと考えられた。そのため，従来のモモうどんこ病に登録のあるDMI剤のトリフルミゾール水和剤，QoI剤のクレソキシムメチル水和剤を供試薬剤とし，2019～20年

表-5 落花 10 日後頃の各種薬剤散布によるモモうどんこ病の防除効果

試験年 (薬剤処理日)	供試薬剤	希釈倍数 (倍)	調査 果数 ^{a)} (果)	<i>Podosphaera leucotricha</i> による発病		<i>Podosphaera pannosa</i> による発病	
				発病果率 (%) ^{b)}	防除値	発病果率 (%) ^{c)}	防除値
2019 年 (5 月 8 日)	クレソキシムメチル水和剤	2,000	876	0.2	93.9	0.5	79.1
	無処理区		1,920	3.8		2.2	
2020 年 (4 月 30 日)	クレソキシムメチル水和剤	2,000	951	0.6	88.0	2.4	47.3
	トリフルミゾール水和剤		1,401	1.5	72.1	1.8	60.3
	無処理		1,246	4.5		5.4	

a) 供試品種 ‘あかつき’. 2019 年は 6 月 3 日, 2020 年は 6 月 8 日に発病調査を実施.

b) *P. leucotricha* による発病果率 (*P. pannosa* との混発果実を含む).

c) *P. pannosa* による発病果率 (*P. leucotricha* との混発果実を含む).

の当該時期に防除試験を行った結果, 防除値は 72.1~93.9 となり明確な防除効果が認められた (表-5)。

また, 福島県では *P. pannosa* による果実被害も問題となっており, 防除時期が不明確であったため, その防除効果についても同時に調査をしたところ, 防除値は 47.3~85.8 となり (表-5), 落花 10 日後頃の上記薬剤の使用によって病原菌種にかかわらず被害を低減できることが明らかになった (七海ら, 2021)。

福島県の農作物病害虫防除指針には本病の防除対策について明記されておらず, 現地の防除暦では対策薬剤が重点防除期よりも遅い落花 20 日後頃に使用されている事例もあったため, 2021 年から県農作物病害虫防除指針および現地防除暦にこれらの試験結果を反映させ, 本病による被害の低減を図っている。

おわりに

本病に高い防除効果を示す QoI 剤, DMI 剤, SDHI 剤は薬剤耐性菌発達リスクが高く, 灰星病などの他のモモ病害に対する防除にも使用するため, 耐性菌出現回避のために多用することができない。また, 長野県ではここ数年, 暖冬の影響で開花時期の品種間差異が顕著となったうえに, 同一品種の同一樹内においても生育にばらつきが生じ, その結果, QoI 剤による落花 10 日後の防

除のタイミングが合わず, 本病の発生が抑えられなかった事例が確認されている。今後, これらに配慮したローテーション散布による効果的な防除体系を構築し, 他系統薬剤の有効性についても検討する必要がある。

前述の通り, 本病の主要な伝染源はうどんこ病が発生したリンゴ樹であり, 本病の被害低減にはリンゴうどんこ病の防除も重要である。リンゴうどんこ病の対策として長野県では落花直後に SDHI 剤, 福島県では開花直前と落花後に DMI 剤を使用しており, 現在のところ両県で薬剤の効力低下が疑われるような事例は確認されていないが, 発生動向には引き続き注視していく必要がある。さらに, 放任園内のリンゴ罹病樹の適切な処分により伝染源量を減少させることも重要な対策である。

引用文献

- 1) JANKOVICS, T. et al. (2011): *Plant Dis.* **95**: 719~724.
- 2) 七海隆之ら (2020): *日植病報* **86**: 72 (講演要旨).
- 3) ———ら (2021): 同上 **87**: 18~19 (講演要旨).
- 4) 岡沢克彦ら (2012): *園芸学研究 別冊* **11**: 74 (講演要旨).
- 5) RIES, S. M. and D. J. ROYSE (1978): *Phytopathology* **68**: 896~899.
- 6) 高松 進 (2012): *三重大学大学院生物資源学研究科紀要* **38**: 1~73.
- 7) 横澤志織ら (2017): *日植病報* **83**: 43 (講演要旨).
- 8) ———ら (2019): 同上 **85**: 274 (講演要旨).
- 9) ———ら (2020): 同上 **86**: 267~272.



病害虫の
見分け方
シリーズ

ヨコバイ類の見分け方と被害症状

九州大学 大学院 農学研究院 昆虫学研究室 かみ紙 たに谷 さと聡 し志

はじめに

ヨコバイ類は体長が2~30 mmの小さな昆虫で、ほとんどの種の体形は細長い筒状である。カメムシ目顎吻(けいふん) 亜目ツノゼミ上科ヨコバイ科に分類される昆虫で、日本から約500種、世界に約23,000種が記録されている(林ら, 2016; DIETRICH, 2021)。日本ではイネ萎縮病を媒介するツマグロヨコバイや、作物に実害を与えることはないものの大型でオレンジ色を呈することからバナナムシとも知られるツマグロオオヨコバイ *Bothrogonia ferruginea* (Fabricius, 1787) 等が代表的である。国外では、ブドウなど多くの果樹類のピアス病菌 *Xylella fastidiosa* を媒介する Glassy-winged sharpshooter (*Homalodisca vitripennis* (Germar, 1821)) が代表的である。

日本におけるヨコバイ類の分類は、時代的に大きく三つの大きな変更が行われてきた。①1990年ころまでは日本産昆虫総目録(九州大学農学部昆虫学教室・日本野生生物研究センター, 1989) などのように約20科に分類する体系、②それまで科として扱っていた分類群を亜科に降格して1科約40亜科から成る分類体系(OMAN et al., 1990)、③系統関係を考慮して、ヨコバイ亜科などを広義に再編成し1科約25亜科とした分類体系(林ら, 2016; DMITRIEV, 2020)。

すべての種は植食性で、植物の師管液や導管液、葉の細胞質を吸汁する。寄主植物を成虫まで発育できる植物とした場合、その食性幅は狭い種が多く、*H. vitripennis* のように広食性の種は少ない。成虫が吸汁する(できる)植物の食性幅は、寄主植物とほぼ同じ種もいれば、広くなる種もいる。このため、成虫の一時的な吸汁によって、害虫として記録されることもある。

I ヨコバイ類の見分け方

ヨコバイ類の見分け方には、大きく二つの段階がある。まず、大まかな分類として亜科や族を同定すると、名前を調べる候補をかなり絞り込むことができる。亜科や族を調べるのに適した検索表としては、紙谷(2013)やDIETRICH(2005)、DMITRIEV(2020)等が挙げられる。同定に用いる主な形態は、頭部に集中しており、複眼、単眼、触角、vertex、頭楯clypeus、lateral frontal suture等が用いられる(図-1 a, b)。次に、属や種を調べるのに適した検索表としては、北海道や本州に産するものであればANUFRIEV and EMELJANOV(1988)、ヒメヨコバイ亜科やシダヨコバイ亜科、ミミズク亜科の属までであればDMITRIEV(2020)等が挙げられる。同定に用いる主な形態は、オス交尾器に集中しており、生殖節片pygofer、バルブvalve、亜生殖板subgenital plate、スタイルstyle、結合節connective、挿入器aedeagus、等が用いられる(図-1c-f)。

オス交尾器の生殖節と亜生殖板の形態は解剖をしなくても観察することができる。しかし、挿入器などの形態は、腹部から生殖節を切除した後、10%水酸化カリウム水溶液とクロラゾールブラックEを使ってたんぱく質除去を行うと観察が容易となる。水酸化カリウム処理は、時間的な余裕がある場合、室温で半日間、急ぐ場合、湯煎で約5分間が目安となる。サイズや標本の状態によって時間は異なるので、短めの処理時間で確認しながら行うとよい。処理後は水洗を行い、70%エタノール水溶液で中和する。

II 主要害虫

ヨコバイ類で害虫として記録されている種は、ヒロズヨコバイ亜科3種、ズキンヨコバイ亜科3種、長ヨコバイ亜科

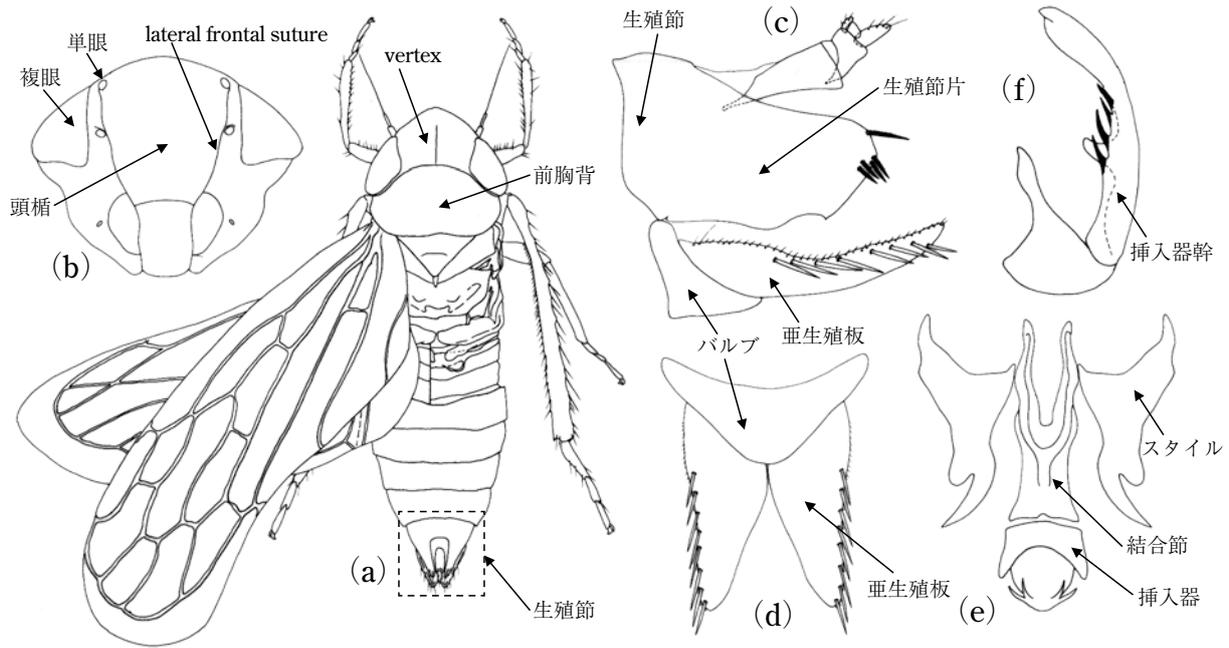


図-1 ヨコバイ類の主な分類形質

a: 背面図; b: 頭部 正面図; c: 生殖節 側面図; d: 亜生殖板+バルブ 腹面図;
e: 挿入器+結合節+スタイル 背面図; f: 挿入器 側面図.

1種, ミミズク亜科2種, オオヨコバイ亜科4種, カンムリヨコバイ亜科7種, アオズキンヨコバイ亜科3種, ヨコバイ亜科40種, ヒメヨコバイ亜科27種の計90種である(日本応用動物昆虫学会, 2006)。ヨコバイ亜科は多様な植物を寄主植物するが, 特にイネ科を寄主植物するヨコバイ亜科の種が多い。ここでは, 最も代表的な害虫としてツマグロヨコバイを紹介する。次に, ヒメヨコバイ亜科は樹木を寄主植物することが多い。ここでは, 代表的な害虫として茶樹を加害するチノミドリヒメヨコバイと, 近年, 街路樹や庭木の害虫として注目されているアカギヒメヨコバイを紹介する。

1 ツマグロヨコバイ *Nephotettix cincticeps* (Uhler, 1896)

北海道から琉球まで分布する。体長4~6mmで, 体色は黄緑色である。オスの頭部前縁の複眼間には黒色横条をもち, 前翅先端も黒くなる。ただし, この黒色化する特徴には例外があり, メスにも色横条が見られたり, オスでも翅端が黒くならないことがあるので同定には注意が必要である(図-2)。本種は, 特に沖縄では, マラヤツマグロヨコバイ *N. malayanus* Ishihara & Kawase, 1968, クロスジツマグロヨコバイ *N. nigropictus* (Stål, 1870), タイワンツマグロヨコバイ *N. virescens* (Distant, 1908) と同所的に分布するため, 正確な同定にはオス交尾器の形態を用いることが大切である(図-3, 4)。そこで, オス交尾器の特徴を主とした検索表を以下に示す。

日本産ツマグロヨコバイ属(オス)の検索表

1. 挿入器幹 aedeagal shaft を後方から観察すると, ひょうたんのように中央が狭まる 2
 - 挿入器幹を後方から観察すると, 中央が狭まることはなく, 側縁は平行 3
2. 挿入器幹の背側面の棘状突起は3~4対(多くの個体は4対)。生殖節片 pygofer の後縁から生える黒色剛毛は上部に長い1本とその下部に短い3~5本。頭部前縁の黒色横条は複眼間で明瞭 ツマグロヨコバイ
 - 挿入器幹の背側面の棘状突起は4対。生殖節片後縁から生える黒色剛毛は長い1本のみ。頭部前縁の黒色横条は複眼-単眼間でのみ明瞭 マラヤツマグロヨコバイ
3. 挿入器幹の側面の棘状突起は6~9対(多くの個体は7対)。生殖節片後縁から生える黒色剛毛は上部に長い1本とその下部に短い3~6本。頭部前縁の黒色横条は複眼間で明瞭。前胸背前縁が黒色となることがある。前翅の中央に黒色紋をもつことが多い クロスジツマグロヨコバイ
 - 挿入器幹の背側面の棘状突起は3~5対(多くの個体は4対)。生殖節片後縁の黒色剛毛は上部に長い1本とその下部に短い3~5本。頭部前縁には黒色横条をもたない タイワンツマグロヨコバイ



図-2 日本産ツマグロヨコバイ属
 a: ツマグロヨコバイ, ♂; b: ツマグロヨコバイ, ♀; c: マラヤツマグロヨコバイ, ♂;
 d: クロスジツマグロヨコバイ, ♂.

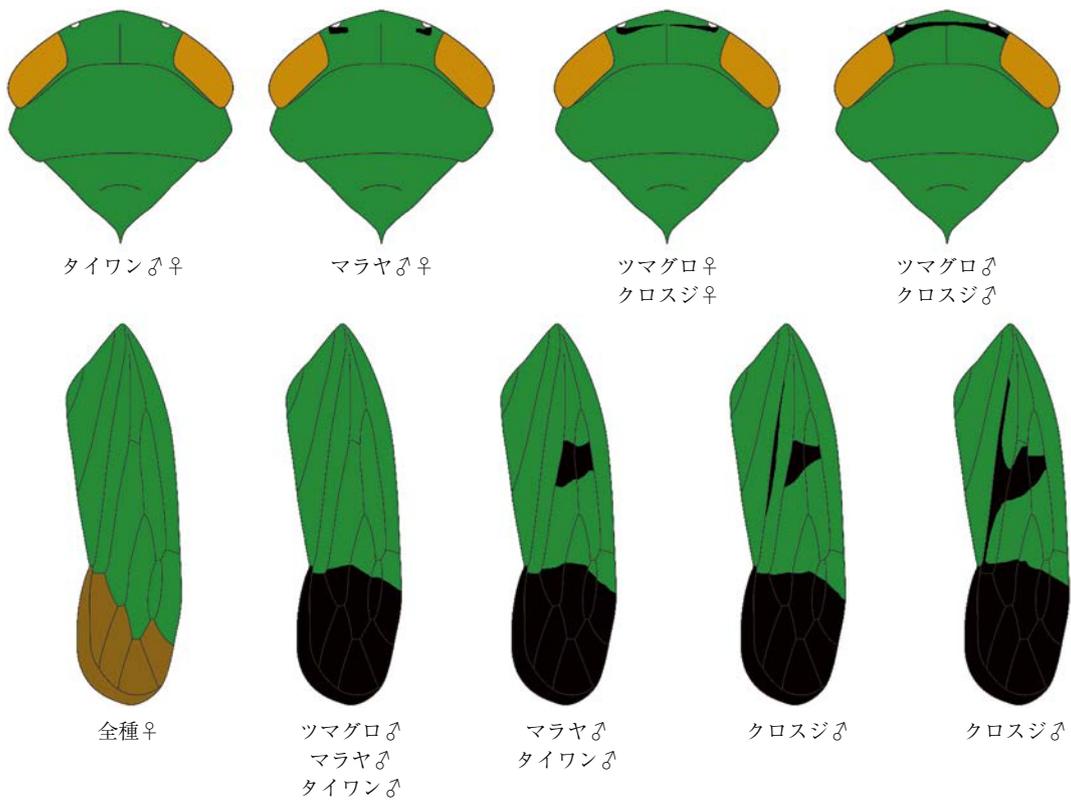


図-3 日本産ツマグロヨコバイ属の斑紋の模式図
 上段: 頭胸部; 下段: 前翅.

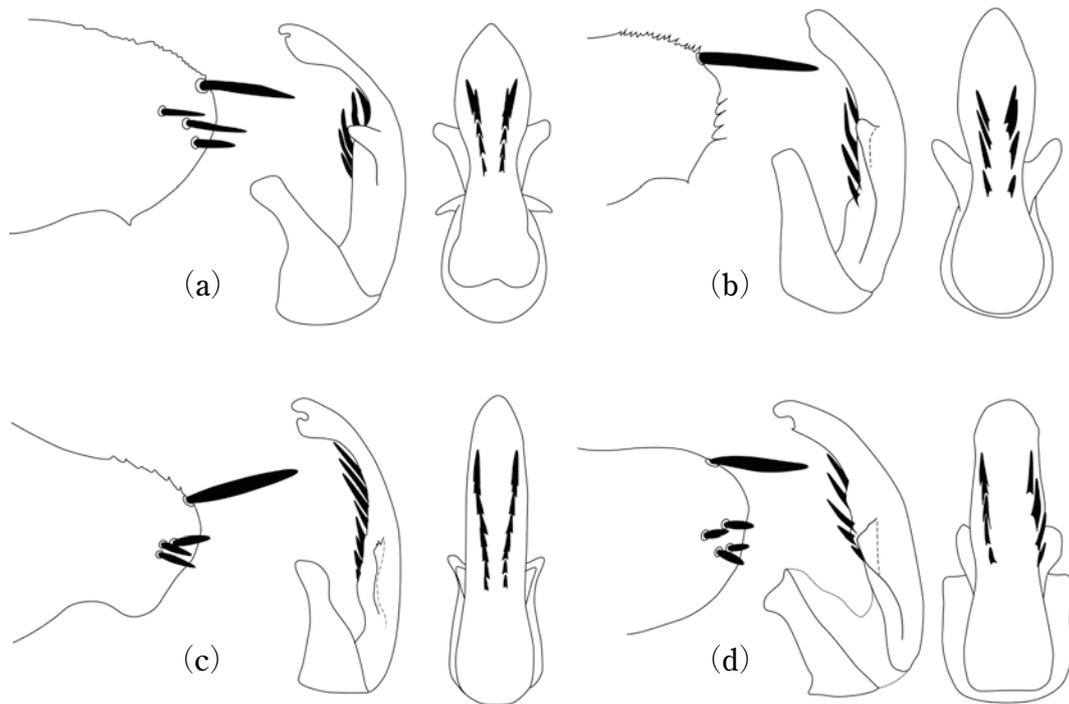


図-4 日本産ツマグロヨコバイ属のオス交尾器（生殖節片，挿入器側面図，挿入器腹面図；WILSON and CLARIDGE 1991 を改変）
 a：ツマグロヨコバイ；b：マラヤツマグロヨコバイ；c：クロスジツマグロヨコバイ；
 d：台湾ツマグロヨコバイ。

2 チャノミドリヒメヨコバイ *Matsumurasca onukii* (Matsuda, 1952)

茶を寄主植物するチャノミドリヒメヨコバイは、日本では *Empoasca* (*Matsumurasca*) *onukii*, 中国では *Empoasca vitis* (Goëthe, 1875), 台湾では *Jacobiasca formosana* (Paoli, 1932) と同定されていたが、分子同定 (FU et al., 2014) と形態学的研究 (QIN et al., 2015) によって同種であることが明らかにされた。このような分類の混乱が生じたのは、近縁種も本種と同様に無紋の薄緑色であり、オス交尾器の形態差が小さいことが原因である。このため種の同定には、オス交尾器の観察が必須である。

また、本種が分類されていたミドリヒメヨコバイ属 *Empoasca* 属は、Xu et al. (2021) によって、主だった亜属を属へ昇格させるような体系の変更が行われている。このため、広義の *Empoasca* 属に分類するのではなく、*Matsumurasca onukii* と分類するのが適切である (DMITRIEV, 2020)。

3 アカギヒメヨコバイ (新称) *Coloana arcuata* (Dworakowska, 1981)

中国南部と台湾から記録されていたが、2020年に沖縄本島から初めて記録された (OHARA, 2020)。街路樹や庭木に利用されるアカギを寄主植物とし、近年、著しい吸汁によって葉をすべて落とすなどの被害を与えている。

体長約 4 mm で、体色は全体淡黄色で、目立った斑紋等を持たないことから、以下に述べるような形態を観察して同定を行う必要がある。①後翅の翅脈相 (A1 脈が分岐しない) からマダラヒメヨコバイ族 *Erytroneurini* であることを確定する、②生殖節片と亜生殖板 *subgenital plate* に長い毛をもつことや、挿入器幹が細長くアーチ状に湾曲することから近縁属の *Thaia* 属と区別する、③オス交尾器の形態から近縁種と区別する。

III ヨコバイ類による被害症状

1 ツマグロヨコバイの吸汁による生長阻害

密度が高くなりやすいウンカ類では吸汁による被害が表れやすく、トビイロウンカではイネの「坪枯れ」などがよく知られているが、ヨコバイ類の吸汁による直接的な被害はあまり知られていない。しかし、ヨコバイ類もウンカ類と同様に師管液などを吸汁するため、継続的に吸汁されると生育が阻害される。

ツマグロヨコバイ感受性である台中 65 号と抵抗性である GR1 の芽出し苗に成虫を 2 個体吸汁させ、3 日後の成長を



図-5 ヨコバイの吸汁によるイネの生育阻害

a-b: 感受性品種 台中 65 号; c-d: 抵抗品種 GR1. a, c: ツマグロヨコバイに吸汁された苗; b, d: 健全な苗.

比較した結果を図-5に示した。台中 65 号では、吸汁によって成長が著しく阻害されている。一方、吸汁阻害をもたらさず GR1 では、健全な苗と生長量に差は見られない。

フタテンチビヨコバイ *Cicadulina bipunctata* (Melichar, 1904) の吸汁によって、トウモロコシの葉脈がこぶ状に隆起して葉の成長が抑制されるためワラビー萎縮病となる。ヨコバイを取り除くと被害がそれ以上進行しないことから、ウイルスやファイトプラズマによる病気ではないと考えられている (MATSUKURA et al., 2009)。

2 ヒメヨコバイ類の吸汁による被害症状

大半のヨコバイ類は篩管液もしくは導管液を吸汁しているため、肉眼で食痕や被害症状を観察することはできない。しかし、ヒメヨコバイ亜科だけは葉の細胞質を吸汁するため、吸汁後は、葉は斑入（ふい）りようになる。

神事に使う榊（サカキ）を寄主植物とするサカキブチヒメヨコバイ *Stictotettix cleyarae* Ohara, Hayashi & Kamitani, 2019 は、多くの榊の生産地で白点被害が発生している（図-6）。このように、葉そのものを商品にする作物の場合、商品価値が著しく下がることになる。また、アカギヒメヨコバイやモモヒメヨコバイ（新称）*Singaporea shinshana* (Matsumura, 1932) のように個体群密度が非常に高くなる種では、葉全体が吸汁され、白っぽくなり、落葉する被害がでる。

3 ヨコバイ類に媒介される病気

ヨコバイ類による被害は、上記のような直接的なものほかにウイルスやファイトプラズマ、細菌等の媒介、排泄物によるすす病のような間接的な被害がある。稲萎縮病ウイルス RDV や rice gall dwarf virus (RGDV) はイネを寄主植物とするツマグロヨコバイ属のほかにイナズマヨコバイ *Maiestas dorsalis* (Motschulsky, 1859) も媒介する。日本以外では、小麦やトウモロコシのウイルスをヨコバイ亜科のウスバヨコバイ属 *Macrsteles* やマダラヨコバイ属 *Psammotettix* が媒介することが知られている (CONTI, 1985)。

ヨコバイ類が媒介するファイトプラズマは、植物を萎縮させたり、てんぐ巢病や葉化病にするなどして農業に被害を

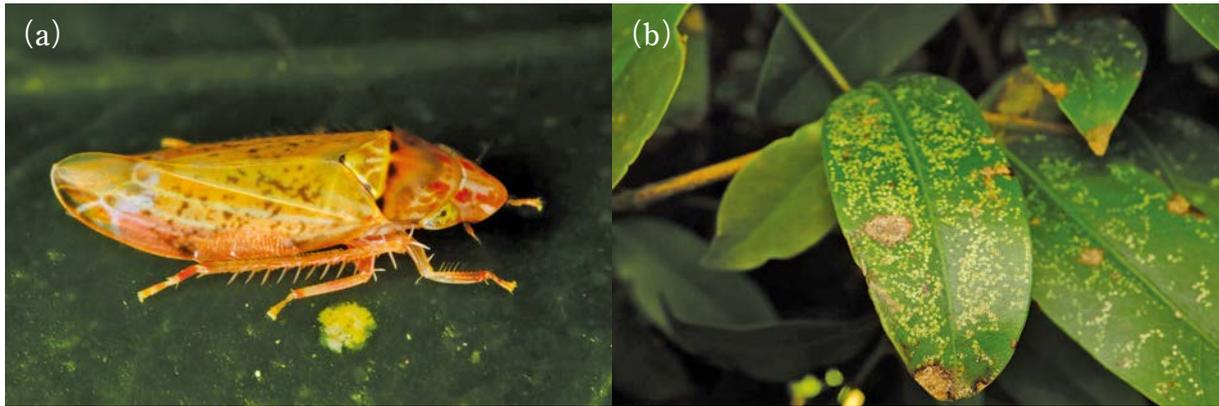


図-6 ヒメヨコバイの吸汁痕

a: サカキブチヒメヨコバイ ; b: サカキの吸汁痕.

与える。ヨコバイ-ファイトプラズマの特性は高いと言われており、ヨコバイ亜科の一種 *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) はトウモロコシのてんぐ巣病を引き起こす aster yellows phytoplasma を媒介し、吸汁や産卵に適するように操作していると考えられている (Wei et al., 2021)。

おわりに

ヨコバイ類は種数が多いために、本稿では最も代表的な数種しか紹介することができなかった。近年、ヨコバイ類を含めた頸吻亜目では、移入と思われる種がいくつも確認されている。今後は、同定対象が日本昆虫目録に掲載されていない種の可能性も鑑みて、慎重な同定が必要である。

引用文献

- 1) ANUFRIEV, G. A. and A. F. EMEJANOV (1988): Keys to the Insects of the Far East of the USSR 2: 12~495.
- 2) CONTI, M. (1985): The leafhoppers and planthoppers, John Wiley & Sons, New York, p.289~307.
- 3) DIETRICH, C. H. (2005): Florida Entomologist 88: 502~517.
- 4) ————— (2021): Dietrich Leafhopper Lab, <https://leafhopper.inhs.illinois.edu/>
- 5) DMITRIEV, D. (2020): 3I Interactive Keys and Taxonomic Databases, <http://dmitriev.speciesfile.org/>
- 6) FU, J. et al. (2014): PlosOne, doi.org/10.1371/journal.pone.0115259
- 7) 林 正美ら (2016): 日本昆虫目録, 第4巻 準新翅類, 権歌書房, 福岡, p.264~322.
- 8) 紙谷聡志 (2013): 絵解きで調べる昆虫, 文教出版, 大阪, p.1~32.
- 9) 九州大学農学部昆虫学教室・日本野生生物研究センター 編 (1989): 日本産昆虫総目録, 九州大学農学部昆虫学教室, 福岡, 1767 pp.
- 10) MATSUKURA, K. et al. (2009): Naturwissenschaften 96: 1059~1066.
- 11) 日本応用動物昆虫学会 (2006): 農林有害動物・昆虫名鑑 増補改訂版, 日本植物防疫協会, 東京, 387 pp.
- 12) OHARA, N. (2020): Japanese Journal of Systematic Entomology 26: 252~254.
- 13) OMAN, P. W. et al. (1990): Leafhoppers (Cicadellidae): A bibliography, generic check-list and index to the world literature 1956-1985, CAB international institute of Entomology, Oxon, 368 pp.
- 14) QIN, D. et al. (2015): PlosOne, doi.org/10.1371/journal.pone.0139202
- 15) WEI, W. et al. (2021): Pathogens 10: 352. doi.org/10.3390/pathogens10030352
- 16) WILSON, M. R. and M. F. CLARIDGE (1991): Handbook for the identification of leafhoppers and planthoppers of rice, CAB international institute of Entomology, Oxon, 142 pp.
- 17) XU, Y. et al. (2021): Systematic Entomology 46: 266~286.

病害虫の
見分け方
シリーズ

同定困難な緑色系カスミカメムシ類の識別

アメリカ自然史博物館リサーチアソシエイト やす 安 なが 永 とも 智 ひで 秀

はじめに

体が全体的に淡緑色で、大きさが中程度（体長4~6mm）のカスミカメムシ類は、半世紀以上前から難分類群と目されてきた。我が国には4属にわたって30種以上が生息しており、いくつかは重要な農業害虫としても知られる。

日本の農業生態系で生産者の懸念となりがちな代表種として、コアオカスミカメ（コアオ：図-1A）、ツマグロアオカスミカメ（ツマグロ：図-1B）およびウスモンミドリカスミカメ（ウスモン：図-2A~C）の三つがあげられよう。図-1~2に示す通り、サイズや体型、色彩斑紋が酷似しており、肉眼で観ただけでは混同・誤同定を招きやすい。個体変異や季節の変異が現れやすいことも、分類を困難にする一因となっている。これらの種類をネット上で検索すると夥しい情報が得られるが、種を取り違えているサイトも少なくない。また、地域によっては気候変動の影響からか、低温

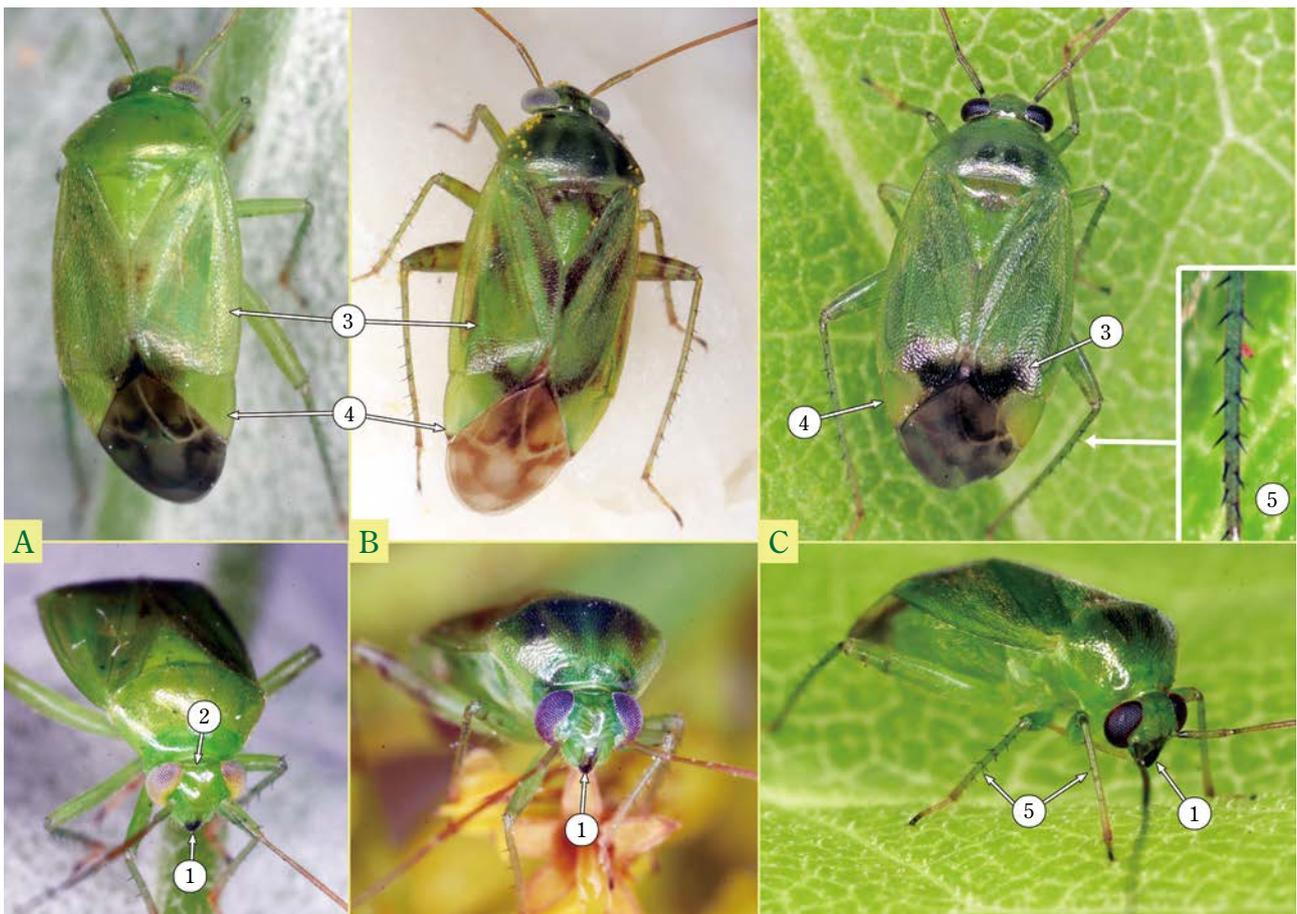


図-1 緑色系ツヤマルカスミカメ類 (*Apolygus* 属の3酷似種) の区別点 (①~⑤は表-1 参照)

A: コアオカスミカメ, B: ツマグロアオカスミカメ, C: ツヤコアオカスミカメ.

Identification Method for Confusable Plant Bugs (Miridae) with Greenish General Coloration. By Tomohide YASUNAGA
(キーワード: カスミカメムシ, 緑色系, 分類, 同定)

期に被害が生じているほか、加害される作物種自体も増加傾向にある。本文では、上記の代表種に加え、さらなる紛らわしい近似種について、簡便な識別法を提案する。

I 緑色系カスミカメムシ類の属群と分類

便宜上、緑色系カスミカメムシ類と総称している一連の日本産近縁種は、四つの属に区分される。属レベルで混同されやすいものの、ポイントとなる形質を（実体顕微鏡を用いて）観察することにより、ほぼ間違いなく識別することができる。以下では該当分類単位ごと簡単に解説するが、追加情報については安永ら（1993；2001）を参照されたい。状態の悪い標本の同定に有用な雄の外部生殖器（把握器）（図-3D～G）も提示した。把握器の形態は、実体顕微鏡で側方または後方から視認できる。液浸標本では、翅をめくると観察しやすい。

1 ツヤマルカスミカメ属 *Apolygus* (図-1)

本属には日本国内だけで30種以上が知られ、図-1に示す3種と似たような緑系のものが合計7種ほど存在する。現在のところ、農耕地と周辺域に生息するのはコアオ、ツマグロおよびツヤコアオカスミカメ（ツヤコアオ）に絞られる。前2種と異なり、ツヤコアオ（寄主植物：タデ類限定）は農作物を直接加害することはないものの、畦畔や田畑周囲のイヌタデなどで発生し、予察灯や調査トラップで捕獲される場合があるため付記した。コアオとツマグロは、日本だけではなく北半球において、多種多様な農作物を加害する有名なカスミカメである。両種とも、農耕地周りではヨモギなどのキク科雑草で繁殖していることが多く、雑草管理も予防対策としてあげられる。雄成虫の外部生殖器（把握器）は図-3D～Eのような形状で、左把握器の基部と先端部は膨大し、右把握器先端は小さく鉤状に尖る。

2 ウスモンミドリカスミカメ属 *Taylorilygus* (図-2A～C)

アフリカ起源のグループで、汎世界的に分布するウスモンだけが日本（現時点では島嶼を含む本州中部以西の暖温帯）に帰化している。低温期に発生する個体は冬枯れの植物体に溶け込む色合いになり、不活発な越冬下の保護色となっている（図-2C）。キク科草本が基本的な寄主だが、同科の葉茎菜類や花きだけではなく、果樹や茶葉にも被害を及ぼす。農耕地周りにセイタカアワダチソウやヨモギ類が繁茂していると発生源となるので、雑草管理は欠かせない。西日本の

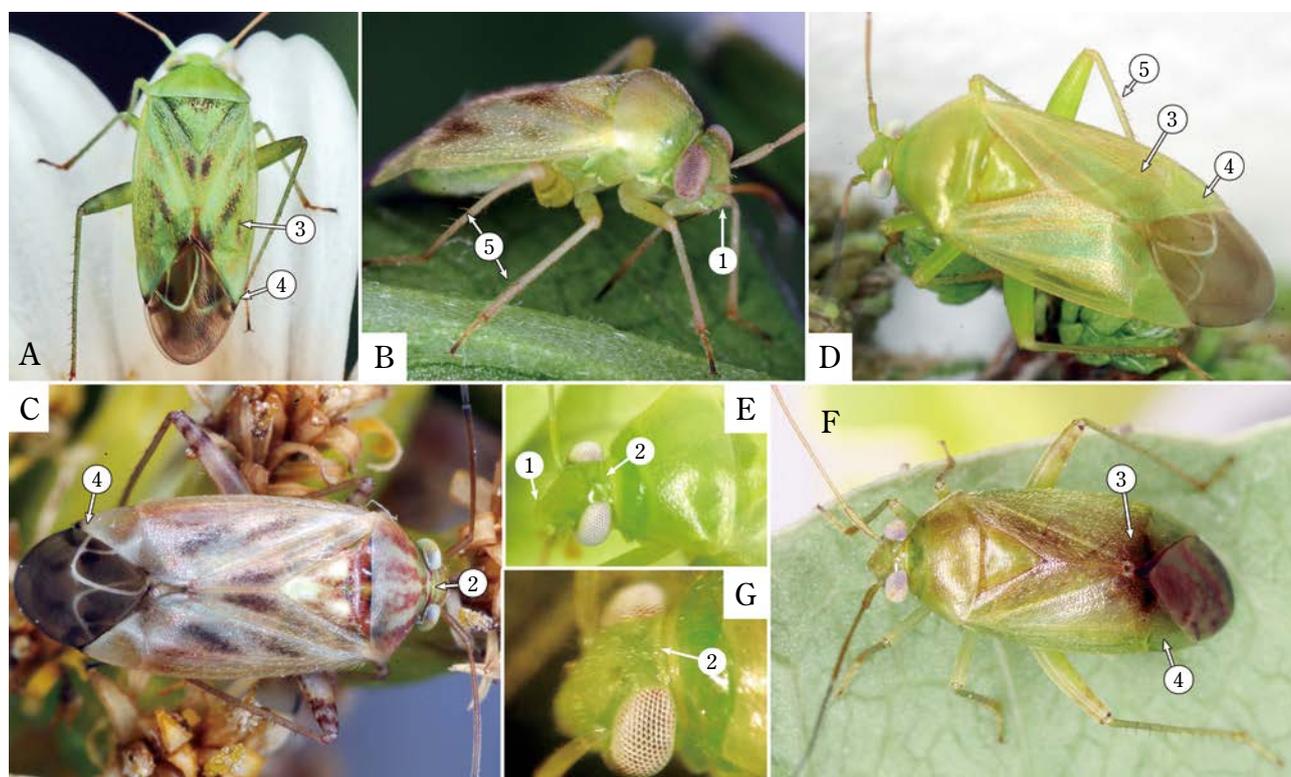


図-2 緑色系カスミカメ類の区別点（①～⑤は表-1参照）

A～C：ウスモンミドリカスミカメ（Cは低温期型）、D～E：ナガミドリカスミカメ *Lygocoris pabulinus*、
F～G：ミナミミドリカスミカメ *Neolygus kyushuensis*

表-1 緑色系カスミカメムシ類の主要な識別点 (部位①～⑤は各図参照)

主要識別点 (形質)	①頭楯の色彩	②頭頂基部の隆起線	③前翅革質部後方の斑紋	④前翅楔状部の色彩	⑤脛節棘の色彩
コアオカスミカメ <i>Apolygus lucorum</i>	先方 (時に全体) が暗化	明瞭	通例半円形もしくは円形の狭い暗化部がある	全体が淡色	暗褐色～黒褐色
ツマグロアオカスミカメ <i>A. spinolae</i>	通例先方 1/5～2/3 が暗化	明瞭	通例ごく狭い帯状または縞状の暗化部がある	先端部が狭く暗化または小さな暗色斑がある	暗褐色～黒褐色
ツヤコアオカスミカメ <i>A. watajii</i>	先方 (時に全体) が暗化	明瞭	通例三角形または台形状の暗化部がある	全体が淡色	暗褐色～黒褐色
ウスモンミドリカスミカメ <i>Taylorilygus apicalis</i>	全体が淡色	明瞭	通例不規則な帯状または縞状の暗化部がある	先端部が狭く暗化または小さな暗色斑がある	淡褐色～淡赤褐色
ナガミドリカスミカメ類 <i>Lygocoris</i> 属	日本産は全体が淡色	全体または中央部が退化	日本産は全体が淡色	全体が淡色	淡褐色～淡赤褐色
ミドリカスミカメ類 <i>Neolygus</i> 属	全体が淡色または先方 1/4～2/3 が暗化	明瞭	全体が淡色か種によってさまざまな暗色斑が現れる	全体が淡色	淡褐色～淡赤褐色

暖温帯では一年中途切れることなく発生を繰り返しており、冬場にシュンギクやレタスを加害する例が、温暖化に伴うように増えている (安永ら, 2018; 安永, 2021)。外観はツマグロやミドリカスミカメ類と紛らわしいが、雄把握器 (図-3G) の形状は特徴的で、左把握器基部は突出し複雑な小突起を具える。右把握器は退化してごく小さい。

3 ナガミドリカスミカメ属 *Lygocoris* (図-2D～E)

世界におよそ 30 種、日本には同属の 3 種が分布する。このうち北半球に広く分布するナガミドリカスミカメ (図-2D) は、欧米で果樹 (リンゴ, ナシ, オウトウ等) の要防除害虫と位置づけられている。本種は日本本土ほぼ全域 (西日本では山地の落葉樹林帯) に生息しており、果樹を加害するポテンシャルを有するので注意が必要である。

4 ミドリカスミカメ属 *Neolygus* (図-2F～G)

日本のカスミカメムシ類では最も種の同定に苦勞する一群だが、属レベルの識別はさほど難しくない。ほとんどの種は広葉樹で発生し、年一化性のものが多い。上記 3 と同様、欧米では果樹 (リンゴ, オウトウ, アプリコット等) や漿果 (各種ベリー類) に被害を与えることがある。ネット上でツマグロやウスモンと明らかに混同されている例が見受けられるので、特に広葉樹林に近い果樹園で発生した類似種は検鏡・確認されることを奨めたい。雄の右把握器は半ばで L 字状に屈曲し、背面側が多少とも突出する。右把握器は太く、鳥の嘴様に尖る先端域が発達する (図-3F)。

5 その他の種類

上述のものと一緒に紛らわしいカスミカメムシ類に、ウスオビヒメカスミカメ *Anthophylolygus bakeri* がある。熱帯系の種で、南日本 (九州～南西諸島, 小笠原諸島) から東洋区に広く分布し、東南アジアでは熱帯果樹や果菜類に被害を与えることがある。九州には温暖化に乗じて 2010 年代に侵入・定着し、今後の分布拡大や作物への影響が懸念される。通常、本種の背面には赤褐色の横帯が現われるので同定を迷うことはないが、赤色帯がうすく全体的に淡緑色となる個体は後腿節を観察することで識別可能 (前半部が赤褐色～レンガ色を呈する。詳細は安永ら, 2018; 2021 参照)。

II 緑色系カスミカメムシ類の検索

(分類形質については各図と表-1 に対応)

1. 頭頂基部の横隆起線は現れないか中央で途切れる (図-2E-②, 図-3B) ナガミドリカスミカメ属
 - 頭頂基部の横隆起線は明瞭で途切れない (図-2G-②, 図-3A, C-②) 2
2. 脛節棘の色彩は暗褐色もしくは黒褐色 (図-1C-⑤) 3 ツヤマルカスミカメ属
 - 脛節棘は淡褐色もしくは淡赤褐色 (図-2B-⑤) 5
3. 半翅鞘 (前翅) 楔状部の先端は狭く暗化または小さな暗色斑が生じる (図-1B-④) ツマグロ
 - 楔状部のほぼ全体が淡色で、先端に暗色部はない 4

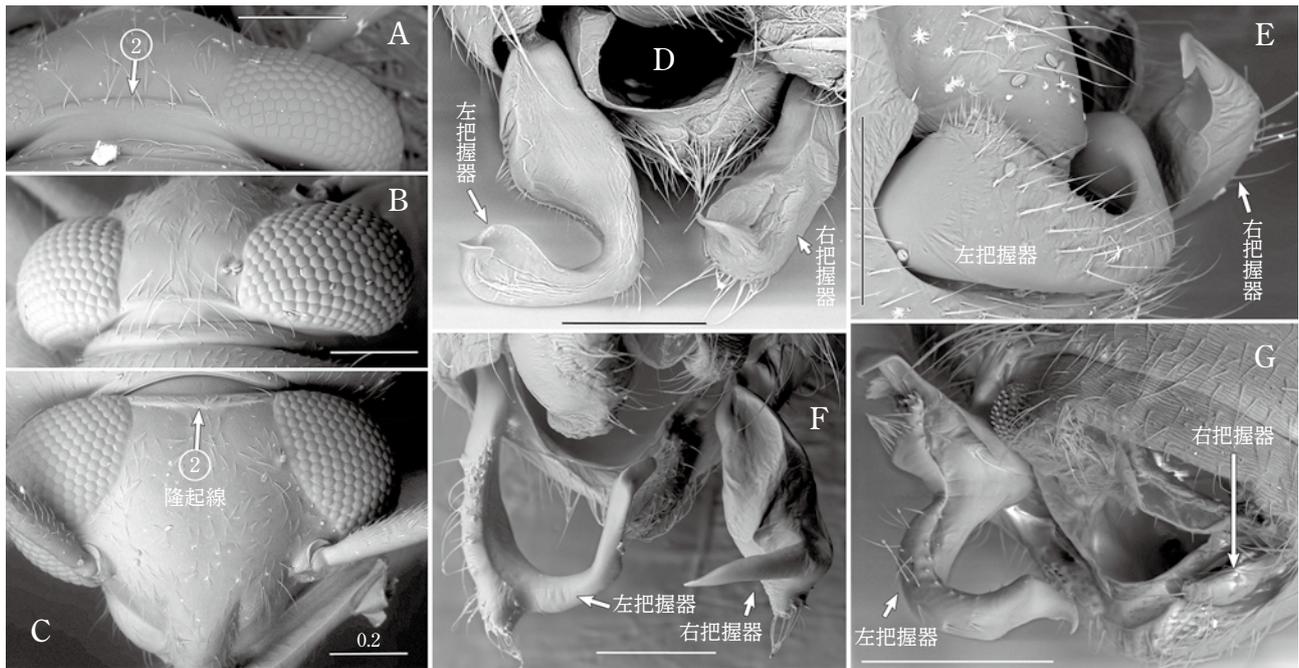


図-3 緑色系カスミカメ類の区別点 (走査電顕画像, 縮尺線 = 0.2 mm)

A, D: ツマグロアオカスミカメ, B: ムモンミドリカスミカメ *Lygocoris idoneus* (隆起線は不明瞭), C: エサキミドリカスミカメ *Neolygus esakii*, E: コアオカスミカメ, F: キミドリカスミカメ *N. flavoviridis*, G: ウスモンミドリカスミカメ. A~C: 頭部の背面側; D, F~G: ♂生殖節先端部背面; E: 同部左側面.

4. 半翅鞘革質部後方の暗色斑は小さく、円形もしくは半円形 (図-1A-③) コアオ
- 革質部後方の暗色斑紋は通例台形状あるいは太い W 字状 (図-1C-③) ツヤコアオ
5. 頭楯は全体が淡色で暗化しない; 楔状部の先端部は常に暗化する (図-2A, C-④) ウスモン
- 頭楯は全体が淡色か、種によっては先方が多少とも暗化する; 楔状部は全体が一様に淡色で先端が暗化することはない (図-2F-④) ミドリカスミカメ属

おわりに

今回ご紹介した「緑色系カスミカメムシ類」に関しては、あくまでも便宜上の総称で、各分類群本来の系統進化を反映するものではないことをお断りしておきたい。例えば、ツヤマルカスミカメ類 (アジア起源) とウスモンミドリカスミカメ (アフリカ起源) は、生物地理学的観点からも、まったく別の系統から派生したものである。一方、先にも触れたように、コアオ、ツマグロ、ウスモンは広域分布種で、環境や食性への適応能力が高く、世界各地で生息域を拡大し続けている。最近、卵越冬と考えられていたツマグロが、暖冬の影響で冬場も発生を繰り返した例が報じられており、年間を通じてウスモンと混棲しうる可能性も指摘されている (安永, 2021; 福田ら, 2021)。今後、これら淡緑色のカスミカメムシ難分類群については、常に複数種 (属) の存在を念頭においた同定作業が望まれる。

なお、同定にあたり、こうした緑系の種類は乾燥・液浸標本を問わず、おしなべて色あせしやすく、時間の経過とともにない、緑色が淡褐色や黄褐色に変化しがちなことも考慮する必要がある。状態が悪く、外観では識別できない個体の正確な同定には、雄交尾器の解剖・検鏡が欠かせない (解剖法については安永ら, 2001 参照)。

文末ながら、卓上型走査電子顕微鏡 (TM3030) の利用に便宜をはかられた寺田大平・濱敦司の両氏 (日立ハイテクノロジーズ東京 CSR 本部) に御礼申しあげる。

引用文献

- 1) 福田憲士郎ら (2021): *Rostria* (日本半翅類学会誌) (66): 121~122.
- 2) 安永智秀 (2021): 山陽の農業 (158): 2~17.
- 3) ———ら (1993): 日本原色カメムシ図鑑, 全農教, 東京, 380 pp.
- 4) ———ら (2001): 日本原色カメムシ図鑑第2巻, 全農教, 東京, 350 pp.
- 5) ———ら (2018): カメムシ博士入門, 全農教, 東京, 201 pp.

植物 防疫 講座

病害編-45

リンゴに発生する病害の生態と防除

地方独立行政法人 青森県産業技術センターりんご研究所 あか ひら とも や
赤 平 知 也

はじめに

リンゴは結果樹面積 35,800 ha、収穫量 763,300 t と我が国の主要な果実の中でミカン（結果樹面積 37,800 ha、収穫量 765,800 t）に次いで2番目に多く栽培されている（農林水産省大臣官房統計部，2021）。このうち、結果樹面積、収穫量ともに全国の半数以上を占めている青森県のリンゴは海外への輸出も好調で、安全・安心に加えて食味など品質に優れている点が国内外において高く評価されている。一方で、リンゴは農薬を使用しないで栽培した場合の減収率は平均 97% と他の作物に比較しても圧倒的に高く（日本植物防疫協会，1993）、現状の安定生産を維持していくためには病虫害防除が必要不可欠である。特に病害では近年リンゴ黒星病が全国的に発生し、果実被害で減収する園地が出るなど大きな問題となり、リンゴ主産県では数年に渡って苦境が続いたことは記憶に新しい。

リンゴの病害は数が多く、日本植物病名目録（日本植物病理学会，2021）によると、真菌 53、細菌 2、ウイルス・ウイロイド 8 の計 63 もの病名が記載されているが、その多くは真菌によるものである。しかしながら、慣行防除園では農薬散布が行われているため、生産現場で発生して問題となる病害は限られてくる。ここでは青森県で防除対象となっている主要な病害について、発生生態と防除対策について解説する。なお、実際の防除にあたっては各地域の指導機関に相談していただきたい。

I 腐らん病 (*Valsa ceratosperma*)

枝幹部の傷口などから感染し、樹皮を腐敗させる胴腐性病害であり、腐敗が枝幹部を一周するとその先全体が枯れ上がることから、古くからリンゴの重要病害の一つとして知られる。本病の場合、4~5年生以下の枝に発生した病斑は「枝腐らん」と呼ばれ、主に果台や剪定痕、枝の先枯れ部に淡褐色の病斑が形成される（図-1）。一

方、主幹~垂主枝などの大枝に発生した病斑は「胴腐らん」と呼ばれ、春先には病斑が湿り気を帯びて茶褐色を呈する（図-2）。それぞれの病斑には5月ころから、子座（黒色の小粒点）が多数形成され、ここには分生子殻や子のう殻が形成される。その後降雨などで多湿条件に遭遇すると子座からは黄~橙色で粘質の胞子角（図-3）を噴出し、これが伝染源となる。分生子および子のう胞子は、ほぼ一年を通して飛散する。枝腐らんの感染時期は樹体に傷ができる収穫後から翌年の6月ころまでであり、採果痕（果実を収穫した痕）や剪定痕等の傷口から感染するほか、摘果後の果柄などの新しい傷口からも感



図-1 採果痕からの感染で生じた枝腐らん



図-2 粗皮からの感染で生じた胴腐らん

Ecology and Control for Diseases of Apple in Japan. By Tomoya AKAHIRA

(キーワード: リンゴ, 病害, 発生生態, 防除)



図-3 病斑上の子座から噴出した孢子角（右下は拡大図）

染する（雪田，2002 a）。胴腐らんは枝の分岐部や主枝背面の徒長枝を切り取った傷口等から感染するほか、樹の粗皮亀裂部からも感染する（雪田，2002 b）。いずれも感染してから発病するまではおおむね1年を要する。

薬剤防除では剪定，摘果，収穫等人為的に樹体に傷を付けてしまう時期が重要である。このため、「展葉1週間後頃」には剪定痕などの感染防止にイミノクタジン酢酸塩剤，「6月中旬」には摘果後の果柄感染防止にチオファネートメチル・マンゼブ剤，粗皮の形成が盛んになる「7月半ば」または「7月末」には粗皮感染防止にチオファネートメチル剤またはベノミル剤，「収穫後」には採果痕の果台感染防止にチオファネートメチル剤，ベノミル剤，イミノクタジン酢酸塩剤のいずれかを散布する。一方，胴腐らんを治療する場合は，病斑部を専用のナイフなどで削り取り，その跡に塗布剤（チオファネートメチル剤，有機銅剤，ポリオキシシ D 亜鉛塩剤のいずれか）を塗る。その他，園地内の土を水でこねて団子状にし，病斑部に厚く，広めに貼り付けて，ビニールなどで被覆する泥巻き法もある。耕種的防除として，被害枝の剪除や重傷樹の伐採・搬出等を実施して菌密度を下げる。また，剪定の際の切口や傷の保護，粗皮削り，堆肥の施用による樹勢の適正化等も実施する。本病の防除は薬剤防除だけに頼ることなく，耕種的防除も併せた総合防除を広域で実施することが大切である。

II 黒星病 (*Venturia inaequalis*)

本病は，春に降雨が多い年に葉，果実，枝に発生して問題となる病害であり，斑点落葉病と並び指定有害動植物に指定されている。果実に発生すると商品価値が著しく低下するため，被害も大きくなる。近年では，青森県をはじめリンゴ主産県で本病が連続して多発し，大きな

問題となった。病原菌は前年の被害落葉に形成された偽子のう殻で越冬し，春になるとそこから子のう胞子が飛散する。子のう胞子は4月上旬ころから6月中旬ころまで飛散し，一次感染を引き起こす。葉における初発時期はその年の気象条件によって変動するが，平年で5月中旬ころである。葉に感染すると初め緑褐色の小斑点として現れ，後に拡大して褐色～暗褐色ですす状の斑点となる（図-4）。病斑は表裏に形成する。幼果に感染した場合，初め黒色的小斑点を生じ，後に拡大して暗褐色の病斑となる（図-5）。病斑は果実の肥大とともに拡大し，症状もすす状からかさぶた状になる。果実は正常な生育が抑えられるため，奇形になったり，著しく裂果することもある。この感染（一次感染）で葉や果実に病斑を形成すると，そこに多量の分生子が形成され，これが飛散して二次感染を引き起こす。この二次感染は秋まで繰り返し行われる。また，果実では8月以降に感染することがあり，その場合は収穫時に病斑が認められず，貯蔵中にこうあ部～赤道部にかけて発病してくる（図-6）（杉木ら，1984）。

青森県ではこれまで本病の主要な防除剤であったDMI剤に対する耐性菌の発達により黒星病が多発し（赤平ら，2017；平山ら，2017 a；YAGASHI et al., 2020），ほぼ同時期にQoI剤耐性菌もまん延していることが確認された（平山ら，2017 b）。また，子のう胞子の飛散盛期が5月中旬から4月下旬に移行していることが新たに判明したことから（平山ら，2019），防除対策の大きな見直しが必要となった。そこで，重点防除時期を「展葉1週間後頃」～「落花20日後頃」とし，そのうえでDMI剤およびQoI剤の使用を中止して，SDHI剤や保護殺菌剤等を主体とした「8月末」までの防除体系を構築した（赤平，2019；赤平ら，2021）。この防除体系では重点防除時期の「展葉1週間後頃」から「落花20日後頃」までイミノクタジン酢酸塩剤，SDHI剤，イプフルフェノキシン剤（チウラム剤，マンゼブ剤，ジチアノン剤のいずれかを加用），シプロジニル剤（チウラム剤またはマンゼブ剤を加用）を散布する。「6月中旬」以降は輪紋病の項に準じてQoI剤以外の薬剤を散布する。なお，SDHI剤，イプフルフェノキシン剤およびシプロジニル剤は薬剤耐性発達の懸念があるため，年1回の使用にとどめる。一方，耕種的防除も本病の防除には有効であり，特に菌密度が高い状況では，薬剤防除だけで感染を抑えることはできないため，被害落葉の除去，被害葉・被害果の摘み取り等の耕種的防除は非常に重要となる。被害落葉は翌年の一次伝染源となるので，できるだけ集めて処分する。また，被害葉・被害果の病斑部には分生子が形成さ



図-4 黒星病による被害葉



図-5 黒星病による被害果



図-6 黒星病による貯蔵果の被害



図-7 輪紋病によるいぼ皮病斑

れ、二次伝染が引き起こされるので、見つけ次第摘み取り処分する。

III 輪紋病 (*Botryosphaeria kuwatsukai*)

本病は果実と枝幹部に発生するが、果実では成熟期や市場出荷後に果肉が大きく腐敗するため、経済的に甚大な被害を及ぼす。一方、枝幹部では樹皮にいぼ皮病斑と呼ばれるいぼ状の突起を多数生じる(図-7)。本病の発生は長野県や福島県等暖地のリンゴ主産県で発生が多く、深刻な果実被害をもたらす病害として報告されてきた(尾形, 2004)。しかし、近年では青森県内でもいぼ皮病斑の発生が各地で目立つようになり(赤平, 2012)、2020年には本病による果実の樹上腐敗が多発した。本病の伝染源は、枝幹部に形成されたいぼ皮病斑であり、いぼ皮病斑上に生じた分生子殻から分生子が飛散し、果実や枝に感染する。分生子は5月下旬~10月まで継続して飛散するが、飛散量は7月中旬~8月上旬に多い(赤平・山本, 2011)。飛散は降雨に伴って起こるため、梅雨期など長雨のときには病原菌の伝搬や感染が活発とな



図-8 輪紋病による果実腐敗

り、発生が多くなる。果実の感染時期は6~8月であるが、新梢および1年枝の感染は6月上旬~8月中旬ころまで続き、7月に最も多くなる(赤平・山本, 2011)。果実では成熟期に入るところから発病しはじめ、最初、褐色円形の小斑点が現れ、これが次第に輪紋状に拡大し、果実を腐敗させる(図-8)。

防除にあたっては、まず枝幹上のいぼ皮病斑が伝染源となるため、主幹や主枝等の大枝のいぼ状の病斑とその下の褐変組織は削り取ってチオファネートメチル剤を塗布し、削り取りができない細い枝は切り取る。そのうえで、以下の薬剤防除を実施する。いぼ皮病斑が多発している園地では、「6月中旬」から「7月末」までの有機銅剤、有機銅・キャプタン剤、イミノクタジンアルベシル酸塩・キャプタン剤、イミノクタジン酢酸塩剤を散布すると、新たな枝感染の発生を抑制できる。分生子の飛散量が多く、果実が感染しやすい6~8月にはTPN剤、有機銅剤、有機銅・キャプタン剤、キャプタン・ホセチル剤、イミノクタジン酢酸塩剤を散布する(赤平ら, 2018)。このほか、トリフロキシストロビン剤やピラクrostロビン・ボスカリド剤等のQoI剤も本病に対して高い効果を示す(尾形・菅野, 2006; 赤平・花岡, 2013)。

IV 炭疽病 (*Glomerella cingulata*)

本病はリンゴ輪紋病と同じく果実腐敗を引き起こす病害で、1980年代の終わりころから長野県など暖地のリンゴ主産県を中心に突発的に発生が見られてきた(飯島, 1999)。特に被害果に生じた分生子の飛散により、被害果より下方の果実に激しく二次感染して被害が拡大するため、雨量が多くなる梅雨期から夏季の重要病害として位置づけられている。本病については、近年、分子系統解析に基づく分類により再同定されており(佐藤・森脇, 2013; 平山・赤平, 2016)、日本植物病名目録(日本植物病理学会, 2021)にはリンゴ炭疽病として *Colletotrichum aenigma*, *C. fioriniae*, *C. fructicola*, *C. nymphaeae*, *C. siamense* も記載されている。本病の寄主範囲は広く、リンゴ、ナシ、ブドウ、オウトウ等の果樹のほか、ニセアカシアやイタチハギ、クルミ類にも発生する。特にニ

セアカシアは伝染源として重要である。本病は葉、枝、果実に発生するが、腐敗を生じる果実は被害が最も大きい。リンゴにおける分生子の主な形成は6~11月であり、6~8月が盛期である。果実の感受性もこのころが高いことから、感染時期は6~8月と推定される。感染した果実は感染時期により様相が異なり、6月下旬~7月の早期感染では1~2mmのやや盛り上がったかさぶた状の停止型病斑を生じ(図-9)、8月以降の後期感染では拡大型病斑(図-10)も発生する。拡大型病斑では病斑上に黒色の小粒点(分生子堆)が輪紋状に形成し、やがてそこから鮭肉色の粘液(分生子の集塊)が噴出し(図-11)、二次伝染源となる。

防除のポイントとして、まずは伝染源となるニセアカシアやイタチハギ、クルミ類等を園地周辺から取り除くことが重要である。そのうえで、重点防除時期の「6月中旬」~「8月末」に有効な薬剤としてTPN剤、チオファネートメチル・マンネブ剤、プロピネブ剤、有機銅剤、キャプタン・有機銅剤等を散布する。発病果は2次伝染源となるので見つけ次第摘み取り、土中に埋める。



図-10 炭疽病による拡大型病斑



図-9 炭疽病による停止型病斑



図-11 炭疽病の拡大型病斑に生じた鮭肉色の分生子の集塊

V 斑点落葉病 (*Alternaria mali*)

本病は、夏季の高温・多湿で急増する斑点性病害であり、黒星病と並び指定有害動植物に指定されている。以前は、感受性の高いデリシヤス系品種が普及していたこともあり、各地で落葉・落果を伴う激しい被害を生じた。現在は感受性が中程度の‘ふじ’や‘王林’が主要品種となっているほか有効薬剤の適期散布により、問題は生じていないものの、天候不順や防除漏れ等で、一部地域で発生が見られている。病原菌は被害落葉、枝、芽の鱗片等で越冬し、翌春そこから分生子が飛散する。葉では5月下旬ころに径2~3mmで褐色の円形病斑が形成され(図-12)、次第に増加し、7月下旬以降急増する。病斑はその後5~6mmまで拡大し、中央が暗褐色の輪紋状になったり、隣接した病斑が融合して不整形で大型の流れ型病斑を生じたりする(図-13)。流れ型病斑が多くなると落葉が激しく、被害も大きくなる。枝では主として徒長枝の皮目を中心に2~6mmの円形~楕円形で褐色のやや窪んだ病斑が形成される。

青森県で作成しているりんご病害虫防除暦では年11回の防除を指導しているが、そのうちのほとんどが斑点落葉病を対象にしている。そのため、薬剤による防除は、「落花直後」から「落花20日後頃」までは黒星病の防除に準じてイブフルフェノキシン剤、シプロジニル剤、チウラム剤、マンゼブ剤、ジチアノン剤のいずれかを散布する。「6月中旬」以降は本病の発生状況に注意しながら、プロピネブ剤、TPN剤、チオファネートメチル・マンネブ剤、有機銅剤、有機銅・キャプタン剤、キャプタン・ホセチル剤、イミノクタジナルベシル酸塩・キャプタン剤、イミノクタジン酢酸塩剤を散布する。なお、本病の急増が懸念される場合は、ポリオキシシン剤も使用する。



図-12 斑点落葉病による被害葉

る。なお、QoI剤も本病に対して効果は高いが、青森県のようにすでに耐性菌が発生している事例もあるので(平山ら, 2015), そのような地域ではQoI剤の使用は控える。また、耕種的防除として、不要な徒長枝の剪除を6月下旬から随時実施して菌密度の低下を図る。

VI すず斑病 (*Gloeodes pomigena*), すず点病 (*Zygothiala jamaicensis*)

両病害はともに果実表面に汚斑を生じ、外観を著しく損ねて商品価値を低下させる病害であるが、基本的な品質や収量には影響を及ぼさないため、「コスメティックペスト」と呼ばれる(佐久間, 1991)。両者の病原菌は異なるが、発生時期、発生条件、防除対策等共通する部分が多い。リンゴなどの果樹のほか、多数の野生の樹木にも寄生して枝の病斑で越冬する。ここに形成された分生子が伝染源となる。6~9月に冷涼・多湿条件下に遭遇すると感染・発病するが、特に梅雨期と秋雨期は注意が必要である。すず斑病は果実表面に暗緑色の汚れた円形~不整形の病斑を生じる(図-14)。感染は落花10日後頃から7月中旬までの幼果期と8月下旬以降の秋季が多い。秋季に感染した病斑は拭くと落ちる。なお、本病はアブラムシ類、クワコナカイガラムシ等の昆虫類の排泄物に寄生する「すす病」とは異なる。一方、すず点病は果実表面に多少隆起した黒色の小粒点として現れ、数個ないし数十個が散生して病斑を作る(図-15)。しばしば、すず斑病と混在して発生するが拭いても落ちない。

防除時期は「落花10日後頃」から「8月末」であり、斑点落葉病に有効な薬剤はすず斑病・すず点病に対しても効果が高いので、斑点落葉病の防除に準じて散布する。なお、有袋栽培の場合、袋かけ前の薬剤散布が重要なので、散布間隔をあげ過ぎず、果実にも薬液が十分に



図-13 斑点落葉病による流れ型病斑



図-14 すず斑病による果実被害



図-15 すず点病による果実被害



図-16 モニリア病による葉腐れ



図-17 モニリア病による花腐れ

付着するように散布する。菌密度が高く、毎年のように発生が見られる園地では、袋かけ前の特別散布(実洗い)も有効である。また、例年発生の多い所や9月中旬に長雨が見込まれる場合は、中・晩生種の無袋果を対象に「9月15日頃」にキャプタン剤またはフルオリミド剤のいずれかを特別散布する。

VII モニリア病 (*Monilinia mali*)

本病は古くからリンゴ栽培に重大な影響を及ぼす病害として恐れられ、1950年代中頃までは発生の有無や程度によってその年の豊凶が左右されるほどであった。しかし、本病に対して治療的な効果を示すイミノクタジン酢酸塩液剤(新谷ら, 1994)やDMI剤(新谷・藤田, 1997; 赤平・雪田, 2001)が普及されてからは、現在まで発生がほとんど見られていない。病原菌は4月中旬ころ、前年に生じた実腐れ菌核から径5mm程度の小さな子実体(キノコ)が発生し、ここに子のう胞子が多数形成される。その後、子のう胞子は飛散して稚葉に侵入する。葉に感染すると褐色の小斑点を生じるが、これは「葉

腐れ」と呼ばれ、葉の生育とともに葉脈に沿って病斑は拡大する(図-16)。病斑が花そう基部まで拡大し、花そう全体が萎凋・腐敗した状態を「花腐れ」と呼び、「葉腐れ」や「花腐れ」には白色、粉状の分生子が多数形成される(図-17)。この分生子が飛散して開花中のめしべの柱頭から感染すると、落花5日後頃から幼果が褐色に腐敗して、飴色の粘液(つゆ)を生じて腐敗してくるが、これを「実腐れ」(図-18)と呼び、腐敗が進んで果そう全体に及んだ状態を「株腐れ」と呼ぶ。「実腐れ」、「株腐れ」はやがて地表面に落下して菌核となり、越冬して翌年の伝染源になる。

薬剤防除としては、葉腐れの発生時期となる「展葉1週間後頃」にイミノクタジン酢酸塩剤を、「開花直前」にSDHI剤を黒星病の項に準じて散布する。なお、SDHI剤についてはDMI剤と同様、本病に対して予防効果と治療効果(病斑拡大と分生子形成を抑制する)を示す(赤平, 未発表)。

耕種的防除としては子実体(キノコ)の発生を抑制するためにくん炭などの炭化資材を地表面に散布して消雪



図-18 モニリア病による実腐れ



図-19 褐斑病による被害葉



図-20 褐斑病の被害葉に生じた分生子層（黒い粒）



図-21 褐斑病による果実被害

を早め、園内の土が乾くようにする。また、分生子の形成、飛散を防ぐために葉腐れや花腐れは見つけ次第摘み取り処分する。実腐れや株腐れはそのまま放置すると地表に落下して越冬し、翌年の伝染源になるので、見つけ次第摘み取って、土中深く埋める。

VIII 褐斑病 (*Diplocarpon mali*)

本病は明治・大正時代に激発し、リンゴ栽培の豊凶を左右するほど大きな危機を与えた重要病害の一つである。ボルドー液の普及に伴い、発生が少なくなったが、1987年から無ボルドー体系へ移行していく中で、1997年に青森県南部地方で本病が多発して、激しい黄変落葉を引き起こし、果実被害も見られた。これ以降は、県内も含め全国的に毎年のように発生が見られている。病原菌は5月上旬ころ～6月中旬ころに前年の被害葉から子のう胞子が飛散して、葉に一次感染が起こる。葉では紫褐色の小斑点が散生し、拡大すると重なって不整形・大型の褐色病斑となる（図-19）。病斑上にはやがて黒い小粒点が多数生じるが（図-20）、これは分生子層であり、

ここには多量の分生子が形成され、次々に二次感染を繰り返す。被害葉は病斑の周縁部に緑色を残したまま黄変し、落葉する。黄変せず紫褐色の小斑点が多数発生する被害葉もある。一次感染での潜伏期間は約2か月と長く、通常7月上旬ころから発病する。二次感染の期間は7月上旬ころ～10月下旬と長く、感染盛期は8～9月で、この時期に冷涼・多湿条件が続くと多発する。二次感染での潜伏期間は約10日で、発病後1～2週間で落葉が始まる。この時期は果実にも感染し、こうあ部付近に暗褐色で円形～楕円形のやや窪んだ病斑が生じる（図-21）。病斑内部には葉と同様に分生子層を形成する。

薬剤防除としては、子のう胞子の飛散が多くなる「落花直後」～「落花20日後頃」は「黒星病」の項に準じてシプロジニル剤、チウラム剤、マンゼブ剤、ジチアノン剤のいずれかを散布する。「6月中旬」～「8月末」は斑点落葉病の項に準じてプロピネブ剤、TPN剤、チオファネートメチル・マンネブ剤、有機銅剤、有機銅・キャプタン剤、キャプタン・ホセチル剤、イミノクタジンアルベシル酸塩・キャプタン剤、イミノクタジン酢酸塩

剤のいずれかを散布する。ただし、多発条件下では有機銅・キャプタン剤、キャプタン・ホセチル剤を使用しない。前年に発生が多かった園地では、「7月半ば」または「7月末」のいずれかにチオファネートメチル剤またはベノミル剤を加用する。なお、これらの剤については既に各県で耐性菌の発生事例が確認されており（亀川ら, 1999; 佐藤・水野, 1999; 十川ら, 2018）、このような地域の対策などについては各県の指導に従う必要がある。

IX うどんこ病 (*Podosphaera leucotricha*)

本病は、葉、果実、新梢等に発生し、葉・花芽等の形成阻害や果実の収量・品質に悪影響を及ぼす。感受性品種である‘国光’や‘紅玉’が主力であった1980年代前半までは毎年のように多発し、大きな問題となっていた。その後、品種構成が感受性のやや低い‘スターキングデリシャス’や‘ふじ’へと様変わりしたことに加え、1980年代に普及したDMI剤により本病の被害は大きく軽減したが、近年は果実被害も含めて再び全国的に発生が目立つようになってきた。最近では、本病原菌がモモ褐色斑点症状の原因の一つであることが明らかとなり、モモ栽培においても注意が必要な病害となっている（横澤ら, 2020）。病原菌は前年の被害枝の芽、特に頂芽で越冬し、発芽とともに活動をはじめ。感染した芽は健全な芽よりも10日ほど遅れて発芽し、生育に伴って全体が白色粉状の分生子に覆われた花そうまたは葉そうになり、奇形化する。この状態は「芽しぶ」と呼ばれ、多量の分生子を形成して第二次伝染源になる（図-22）。分生子は風によって飛散して新梢葉に感染、発病する。葉では病斑部が波打って奇形となり、病斑上にも分生子が多数形成される。この感染、発病は6月中旬ころまで繰り返し行



図-22 うどんこ病による芽しぶ（感染芽）

われる。また、新梢にも感染し、枝の表面が白色の分生子に覆われる。病原菌は7月ころから芽の中に入って越冬し、翌年の伝染源になる。病原菌の侵入した芽は「ほけ芽」と呼ばれ、健全な芽と比べて細く、鱗片が開いている。果実では一般的に不整形な網目状のさび（図-23）を生じる（北島, 1989）が、近年は果柄での感染・発病も見られるようになってきた（雪田, 2016）。発生しやすい品種は‘紅玉’、‘つがる’、‘ジョナゴールド’等である。

薬剤防除としては、黒星病の項に準じて、「展葉1週間後頃」から「落花20日後頃」までイミノクタジン酢酸塩剤、SDHI剤、イプフルフェノキン剤（チウラム剤またはマンゼブ剤またはジチアノン剤加用）、シプロジニル剤（チウラム剤またはマンゼブ剤加用）を散布する。なお、発生が多い園地では「落花20日後頃」に本病に対して効果の高いシフルフェナミド剤（横澤ら, 2019）を加用する。耕種的防除としては、剪定の際、先端部が白い粉で覆われている枝や「ほけ芽」は剪去する。前年発生の多かった園地では新梢の先端1/3を切り取ることで第一次発生を軽減することができる。芽しぶには大量の分生子が形成され、伝染源になるので、見つけ次第、枝ごと切り取る。

X 黒点病 (*Mycosphaerella pomii*)

本病は果実の主ながくあ部を中心に黒色小斑点を多数生じる病害であり、果実の外観を損ねるため、商品価値にも影響する。青森県では1988年に県下全域のりんご園で（藤田ら, 1989）、1996年には南部地方で多発した（新谷ら, 1997）。病原菌は越冬した被害落葉および被害落下果実に子のう胞子が形成され、降雨時に飛散する。子のう胞子は4月下旬ころから7月下旬ころまで飛散し、幼果や葉に感染する。果実での感染は落花間もない



図-23 うどんこ病による果実被害（網目状のさび）



図-24 黒点病による果実被害

ころから始まり、落花10日後から落花30日後頃に最も多い。果実病斑は7月初めころから、主としてがくあ部を中心に緑色の小斑点として現れ、その後やや拡大して2~3mmの濃緑~黒色の斑点になる(図-24)。赤道部からこうあ部付近に生じた病斑は大型で、5~6mmに達する場合もある。葉での病斑は8月上旬から1~3mmの紫褐色、不整形の斑点として現れ、発病葉は順次落葉する。セイヨウナシ、ニホンナシ、マルメロ、カリンおよびボケにも発生し、いずれも被害落葉上で、越冬し、翌春の伝染源となる(荒井, 2006)。リンゴで発生しやすい品種は‘紅玉’、‘つがる’、‘ジョナゴールド’等である。

本病の防除適期は「落花直後」から「6月中旬」である。そのため、薬剤防除は「落花直後」~「落花20日後頃」にはチウラム剤、マンゼブ剤、ジチアノン剤のいずれかを「6月中旬」にはプロピネブ剤、TPN剤、チウラム剤、チオファネートメチル・マンネブ剤、有機銅剤のいずれかを散布する。

おわりに

本稿では現在青森県りんご病害虫防除暦で防除対象となっている10種の主要病害について解説したが、これはリンゴ病害の一部に過ぎない。さらに最近では、苗木や若木が突然衰弱・枯死するリンゴ胴枯細菌病(*Dickeya dadantii*)が新たなリンゴ病害として追加されており(藤川・大田, 2020)、今後の発生増加が懸念さ

れている。生産現場で発生する病害は、その年の気象条件、産地の状況、防除実態等によっても大きく異なってくる。特に近年は異常気象の影響で病害が突発的あるいは特異的に発生することも珍しくない。そのため、指導機関はもとより我々研究機関も日頃から病害虫の発生動向を注視し、園地(地域)内における変化を見逃さないようにしながら臨機応変に対応していく必要がある。

引用文献

- 1) 赤平知也 (2012): 果実日本 67: 87~90.
- 2) ——— (2019): 同上 74: 38~42.
- 3) ———・花岡朋絵 (2013): 北日本病虫研報 64: 121~125.
- 4) ———・山本晋玄 (2011): 同上 62: 93~95.
- 5) ———・雪田金助 (2001): 同上 52: 113~116.
- 6) ———ら (2017): 植物防疫 71: 604~609.
- 7) ———ら (2018): 北日本病虫研報 69: 67~71.
- 8) ———ら (2021): 植物防疫 75: 242~247.
- 9) 荒井茂充 (2006): 青森りんご試報 34: 41~126.
- 10) 新谷潤一・藤田孝二 (1997): 東北農業研究 50: 157~158.
- 11) ———ら (1994): 日植病報 60: 758 (講要).
- 12) ———ら (1997): 北日本病虫研報 48: 131~133.
- 13) 藤川貴史・大田将禎 (2020): 日植病報 86: 232.
- 14) 藤田孝二ら (1989): 北日本病虫研報 40: 194 (講要).
- 15) 平山和幸・赤平知也 (2016): 日植病報 82: 236 (講要).
- 16) ———ら (2015): 同上 81: 233 (講要).
- 17) ———ら (2017 a): 北日本病虫研報 68: 108~114.
- 18) ———ら (2017 b): 同上 68: 115~119.
- 19) ———ら (2019): 日植病報 85: 42 (講要).
- 20) 飯島彦彦 (1999): 植物防疫 53: 253~256.
- 21) 亀川展枝ら (1999): 日植病報 65: 692 (講要).
- 22) 北島 博 (1989): 果樹病害各論, 養賢堂, 東京, p.126~187.
- 23) 日本植物防疫協会 (1993): 農薬を使用しないで栽培した場合の病害虫等の被害に関する調査報告, 日本植物防疫協会, 東京, p.13~18.
- 24) 日本植物病理学会 (2021): 日本植物病名目録 (2021年9月版), 日本植物病理学会, 東京, p.1252~1266.
- 25) 農林水産省大臣官房統計部 (2021): 農林水産統計令和3年5月20日公表令和2年産りんごの結果樹面積, 収穫量及び出荷量, https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kazyu/attach/pdf/index-6.pdf (2021年9月21日接続確認)
- 26) 尾形 正 (2004): 福島果樹試報 20: 1~72.
- 27) ———・菅野英二 (2006): 北日本病虫研報 57: 114~117.
- 28) 佐久間 勉 (1991): 植物防疫 45: 447~448.
- 29) 佐藤豊三・森脇丈治 (2013): 同上 67: 367~372.
- 30) 佐藤 裕・水野 昇 (1999): 日植病報 65: 668 (講要).
- 31) 杉木 隆ら (1984): 青森畑園試報 5: 1~7.
- 32) 十川聡子ら (2018): 日植病報 84: 218~219 (講要).
- 33) YAEGASHI, H. et al. (2020): J. Gen. Plant Pathol. 86: 245~249.
- 34) 横澤志織ら (2019): 日植病報 85: 274 (講要).
- 35) ———ら (2020): 同上 86: 267~272.
- 36) 雪田金助 (2002 a): 青森りんご試報 33: 1~50.
- 37) ——— (2002 b): 北日本病虫研報 53: 105~108.
- 38) ——— (2016): 同上 67: 146~149.

植物
防疫
講座

農薬編-37

酸化的リン酸化の脱共役を引き起こす殺菌剤
—ピリジナミン系薬剤の作用性—

石原産業株式会社 中央研究所 ^{ふくもり}福森 ^{ようへい}庸平・^{すずき}鈴木 ^{かずみ}一実

はじめに

呼吸に作用する殺菌剤は、ミトコンドリア内膜上に存在し電子伝達を担う複合体の阻害剤とATP生成の酸化的リン酸化反応の脱共役剤に大別される(田村, 2011 a)。電子伝達系阻害剤については本シリーズでも詳しく解説されていることから、本稿では後者の脱共役剤の作用機構について解説する。Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) は脱共役剤をコード29とし、殺菌剤ではフルアジナムが分類されている(表-1)。脱共役にかかわる殺菌剤にはビナパクリル、メプチルジノカップ、フルアジナムが知られている(農薬工業会, 2021)。フェリムゾンも以前は脱共役作用を有すると考えられていたが、呼吸系に影響が認められなかったとして、FRACコードU14(作用機構不明)に変更された(Okuno et al., 1989; Matsuura et al., 1994)。現在、殺菌剤として国内で販売されている脱共役剤はフルアジナム(商品名: フロンサイド)のみであることから、本稿ではフルアジナムの作用性について紹介する。

フルアジナムは石原産業株式会社によって創出されたピリジナミン系殺菌剤である(図-1)。幅広い抗菌スペクトラムを有しており、バレイショ疫病、タマネギ灰色かび病、カンキツ黒点病等地上部病害だけでなく、アブラナ科作物根こぶ病や果樹紋羽病のような土壌病害にも優れた効果を発揮する殺菌剤である。

I 開発の経緯

フルアジナムの創製研究が始まった1980年ころは、世界各国で優れた農業用殺菌剤の開発が望まれており、石原産業においても研究を開始した。フェントリファニル(シンジェンタ、開発中止)をリード化合物として周辺化合物を合成展開したところ、殺菌活性のみならず、各種病害についても効果を示すN-フェニルピリジナミン系化合物群を見いだした(図-1)。この化合物群の構造活性相関研究と構造最適化によって、重要病害に対する高い活性と安全性を併せ持つフルアジナムが選抜された。殺菌剤としての最適化研究で選抜されたフルアジナムは驚くべきことに、当初目的としていた殺菌活性を失っていなかった(長谷・光明寺, 2003)。

1982年より試験コードIKF-1216として、果樹のダニ類、果樹・畑作の重要病害を中心に日本植物防疫協会が実施する新農薬実用化試験を開始し、水和剤と粉剤が1990年4月に日本での登録を取得した。その後、作物に対する付着性、作業性を改善したSC剤が1991年から実用化試験に供試され、1994年4月に認可されている(長谷・光明寺, 2003)。

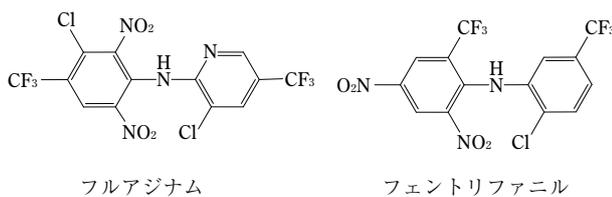


図-1 フルアジナムとリード化合物のフェントリファニルの化学構造

表-1 国内登録がある酸化的リン酸化の脱共役剤

作用機構	標的部位とコード	化学グループ名	有効成分名	備考	FRACコード
C:呼吸	C5: 酸化的リン酸化の脱共役	2,6-ジニトロアニリン類	フルアジナム	低い耐性リスク。 しかし、日本では <i>Botrytis</i> 属で耐性が報告。	29

A Fungicide that Causes Uncoupler Action of Oxidative Phosphorylation. By Yohei Fukumori and Kazumi Suzuki

(キーワード: 酸化的リン酸化脱共役剤, アンカップラー, フルアジナム, フロンサイド, 殺菌剤)

II 作用機構

ミトコンドリアはエネルギー代謝を担う細胞小器官で、構造的には外膜と内膜により構成されており、内膜には電子伝達系を担う複合体 I~IV および ATP 合成酵素が存在している。電子伝達の過程で各複合体はマトリックス側から膜間腔へと H^+ (プロトン) を輸送し、内膜を挟んでのプロトンの濃度勾配を形成する。ATP 合成酵素は膜間腔で濃度の高いプロトンをマトリックス側に輸送しながら、ADP の酸化リン酸化反応を触媒し ATP を生合成する (図-2A) (ALBERTS et al., 2010)。脱共役剤はミトコンドリアの内膜に作用し、膜間腔で高い濃度のプロトンを ATP 合成酵素を介さずマトリックス側へ輸送することで、ATP の生合成を阻害する (図-2B)。複合体 I~IV による電子伝達は酸素の消費を伴うことから、ミトコンドリアの酸素濃度を測定すると酸素消費として観察され、複合体の阻害剤はこの酸素消費を停止させる。これに対して脱共役剤は ATP が生成されない状態でも電子伝達が継続する脱共役状態を誘導し、酸素消費の上昇(継続)として観察される。本剤の脱共役反応は、ラットのミトコンドリアを用いた酸素電極による試験で詳細に研究された (Guo et al., 1991 a ; 1991 b ; 1991 c)。抗生物質のバリノマイシンの脱共役作用は内膜を貫通するイオンチャンネルを形成することでプロトンが流入するが、フルアジナムのような酸性解離基を有する化合物の作用はシャトル機構と呼ばれ、化合物が内膜中でプロトンのキャリアーとして機能してプロトン濃度勾配を消失させる (Guo et al., 1991 b ; 三好, 1922)。一方、ラットのミトコンドリアを用いた実験で、既知の脱共役剤 (カルボニルシアニド *m*-クロロフェニルヒドラゾン, CCCP) では利用できる酸素の限りまでミトコンドリア

の酸素消費が継続するのに対し、本剤では添加当初に認められる脱共役活性が急速に消失したことから、非標的の生物 (ラット) における代謝機構の差異が、本剤の種間選択性 (安全性) に関与していることが示唆された (Guo et al., 1991 a)。

またフルアジナムでは脱共役活性以外の多作用点作用機構を示唆する知見も報告されている。合成展開の過程で、脱共役活性を示す一連の *N*-フェニルピリジナミン系化合物群が灰色かび病に対して必ずしも強い活性を示さないことが確認され、本剤の広スペクトル (表-2) を脱共役反応のみで説明することができないと考えられた。構造活性相関研究では、ベンゼン環に塩素を付与した化合物の活性が高くなることを見いだされ、これは SH 酵素阻害剤として一般的に知られているクロロタクロニルなどとの構造活性相関とも一致したことから、本剤が SH 酵素の阻害活性も有していることが示唆された (AKAGI et al., 1995 ; 1996 ; 日本植物防疫協会, 2021)。一般的に、SH 酵素阻害は解糖系や TCA 回路等のエネルギー代謝における SH 基を活性中心とする酵素や酵素反応を阻害し、阻害部位が多様であるため SH 酵素阻害剤には広範囲の殺菌活性があることが知られている (田村, 2011 b)。

さらに、これらエネルギー代謝を中心とした作用性以外にも、田中らは、エンドウのファイトアレキシンであるピサチンの産生を指標に、フルアジナムが病原菌のエリシターと同等のエリシター活性を有し、抵抗性誘導剤として作用している可能性を報告している (田中ら, 1993 ; 田中, 2011)。また、吉田と行本は、灰色かび病菌の細胞膜の水透過性を調べ本剤が膜機能をかく乱することを報告している (YOSHIDA and YUKIMOTO, 1993)。最近の研究では、トウモロコシごま葉枯病菌 (CHEN et al., 2018)、イネばか苗病菌 (Qu et al., 2018)、菌核病菌 (Hou

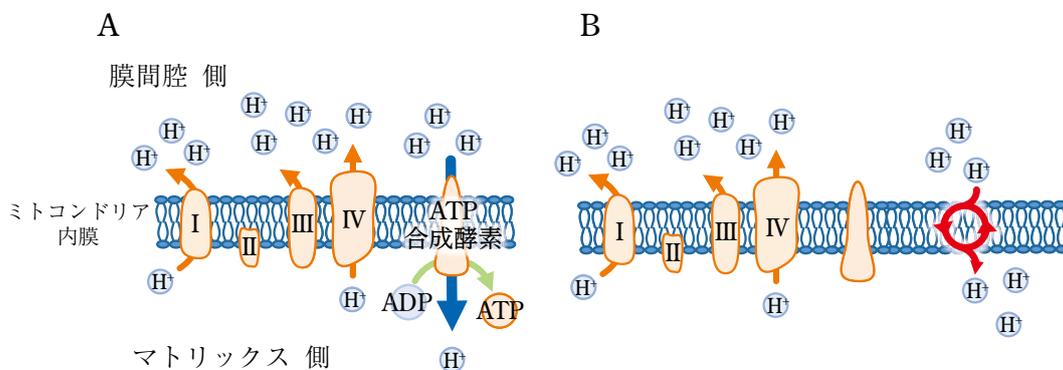


図-2 ミトコンドリア内のエネルギー代謝系とフルアジナムの作用点

A は正常なエネルギー代謝を示し、ATP 合成酵素により ATP が合成されている。

B はフルアジナムのシャトル機構により、プロトンが内膜より漏出し、エネルギー合成が遮断される。

図中の I, II, III, IV は、電子伝達系の Complex を示す。 H^+ : プロトンを示す。⊗ : フルアジナムによるシャトル機構を示す。

et al., 2019) で、本剤処理による菌糸の奇形誘起が報告され、透過型電子顕微鏡による細胞小器官の観察では、細胞小器官の溶解による空隙や液胞の増加、膜構造の損傷、電解質の異常漏洩が認められている。しかし、これらの変化が本剤の直接的な作用か間接的な作用かは定かではない。

以上より、本剤には脱共役反応と SH 酵素阻害あるいは他の作用性が病害によって、単独あるいは協調して作

用していると考えられる。本剤は広いスペクトルを有し様々な適用分野に対応できる殺菌剤で、かつ多様な作用性を有するため耐性菌管理にも有効な薬剤である。

III 作用特性

1 基本特性

フルアジナムは、卵菌類、根こぶかび類、子のう菌類、担子菌類、不完全菌類等広範囲の菌類に活性を示し広い

表-2 フルアジナムの抗菌スペクトル

分類群	病原菌名	供試菌 学名	EC ₅₀ * (ppm)	EC ₉₀ * (ppm)
卵菌類	灰色疫病菌	<i>Phytophthora capsici</i>	32.0	> 100
	トマト疫病菌	<i>Phytophthora infestans</i>	0.27	45.6
	キュウリ綿腐病菌	<i>Pythium aphanidermatum</i>	> 100	> 100
接合菌類	イネ苗立枯病菌	<i>Rhizopus chinensis</i>	41.6	> 100
子のう菌類	イネごま葉枯病菌	<i>Cochliodolus miyabeanus</i>	< 0.1	2.0
	ブドウ黒とう病菌	<i>Elisinoe ampelina</i>	0.55	19.4
	カンキツそうか病菌	<i>Elisinoe fawcettii</i>	42.1	> 100
	イネばか苗病菌	<i>Gibberella fujikuroi</i>	< 0.1	0.95
	ブドウ晩腐病菌	<i>Glomerella cingulata</i>	1.07	> 100
	モモ灰星病菌	<i>Monilinia fructicola</i>	< 0.1	0.55
	キュウリつる枯病菌	<i>Mycosphaerella melonis</i>	< 0.1	> 100
	オオムギ斑葉病菌	<i>Pyrenopeziza graminea</i>	< 0.1	7.51
	キュウリ菌核病菌	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	< 0.1	< 0.1
	リンゴ黒星病菌	<i>Venturia inaequalis</i>	< 0.1	1.74
担子菌類	キュウリ白絹病菌	<i>Corticium rolfsii</i>	< 0.1	0.25
	チャ網もち病菌	<i>Exobasidium reticulatum</i>	< 0.1	< 0.1
不完全菌類	カンキツ黒腐病菌	<i>Alternaria citri</i>	< 0.1	65.1
	ナシ黒斑病菌	<i>Alternaria alternata</i> Japanese pear pathotype	< 0.1	> 100
	リンゴ斑点落葉病菌	<i>Alternaria alternata</i> apple pathotype	< 0.1	14.2
	トマト輪紋病菌	<i>Alternaria solani</i>	0.22	> 100
	灰色かび病菌	<i>Botrytis cinerea</i>	< 0.1	0.3
	テンサイ褐斑病菌	<i>Cercospora beticola</i>	0.62	> 100
	ダイズ紫斑病菌	<i>Cercospora kikuchii</i>	0.98	> 100
	トマト葉かび病菌	<i>Cladosporium fulvum</i>	2.48	> 100
	キュウリ炭そ病菌	<i>Colletotrichum lagenarium</i>	< 0.1	2.23
	カンキツ黒点病菌	<i>Diaporthe citri</i>	< 0.1	< 0.1
	キュウりつる割病菌	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cucumerinum</i>	< 0.1	> 100
	ダイコン萎黄病菌	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>raphani</i>	< 0.1	> 100
	チャ炭そ病菌	<i>Gloeosporium theae-sinensis</i>	< 0.1	0.22
	サトウキビ眼点病菌	<i>Helminthosporium sacchari</i>	1.31	> 100
	カンキツ青かび病菌	<i>Penicillium italicum</i>	< 0.1	0.34
	イネいもち病菌	<i>Pyricularia oryzae</i>	1.51	40.9
	イネ紋枯病菌	<i>Rhizoctonia solani</i>	< 0.1	5.52
	オオムギ雲形病菌	<i>Rhynchosporium secalis</i>	0.13	53.2
	コムギ葉枯病菌	<i>Septoria tritici</i>	1.09	19.4
	ナス半身萎ちょう病菌	<i>Verticillium albo-atrum</i>	0.35	15.3

* EC₅₀, EC₉₀ は、フルアジナムを含む PSA 培地に各菌株を置床し菌糸伸長の阻害率より求めた。

スペクトルを有することが特徴である (表-2)。また、植物病原菌の感染過程のなかで、分生子発芽から侵入糸の貫入 (図-3A, 表-3), あるいは遊走子の放出, 遊泳を強く阻害する (図-3B)。さらに分生子あるいは胞子の形成阻害効果があり、圃場での分生子/胞子飛散を抑制し病害の拡大を防ぐ効果が期待される (表-3) (KOMYOJI et al., 1995; 光明寺ら, 1995; MITANI et al., 1996)。本剤は植物体内での移行性, 浸達性や治療効果はないが, 温室内でのポット苗を用いた灰色かび病や疫病を対象とした試験で, 残効性や耐雨性について十分な効果が認められる。これらの特性により, 感染や発病が促される降雨条件下でも安定した効果を示していると考えられる (KOMYOJI et al., 1995)。さらに, 北海道でのバレイシヨ疫病の圃

場試験では, 通常の散布間隔の2倍となる2週間間隔での散布でも, 十分な防除効果を示すことが明らかになっている。

本剤は土壌病害に対しても有効であり, 難防除病害であるアブラナ科作物根こぶ病に対し卓効を示す。根こぶ病菌の休眠胞子は長く土壌中で生存可能であるため, 本病の防除を難しくする一因となっている。休眠胞子はアブラナ科作物の根を認識すると, 遊走子を放出する。放出された遊走子は植物の根毛に感染 (根毛感染) することで新たな感染サイクルが始まり, 遊走子が主根または側根に感染 (皮層感染), 増殖すると, 植物宿主細胞がオーキシンを産生して根こぶが形成される (図-4A)。この生活環の中で, 本剤は休眠胞子の発芽, 根毛感染, 皮

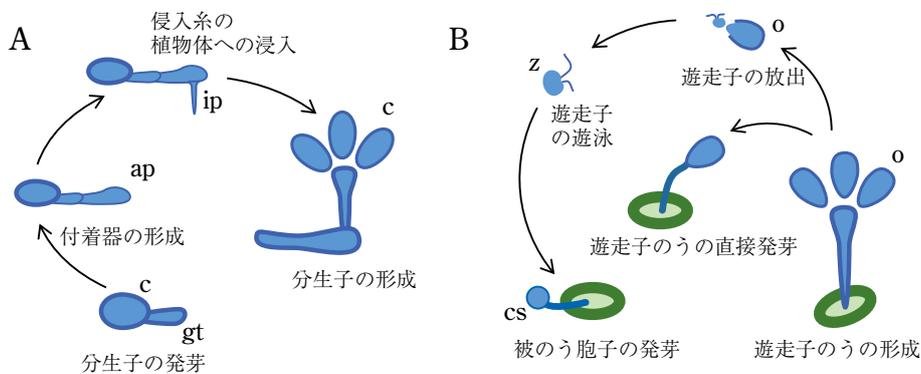


図-3 病原菌の生活環

A: 子の菌類をモデルとした生活環, B: 卵菌類をモデルとした生活環。
o: 遊走子のう, z: 遊走子, cs: 被のう胞子, c: 分生子, gt: 発芽管, ap: 附着器, ip: 侵入糸を示す。

表-3 病原菌の感染ステージごとのフルアジナムの阻害効果

病原菌名 (学名)	フルアジナムの阻害効果 (EC ₅₀ ppm)					
	分生子/胞子 発芽阻害	遊走子 遊泳阻害	附着器 形成阻害	侵入糸 形成阻害	分生子/ 遊走子のう 形成阻害	菌糸伸長 阻害
灰色かび病菌 (<i>B. cinerea</i>)	0.45				40.3 ^{*3}	0.01
ウリ類炭疽病菌 (<i>C. orbiculare</i>)	0.05		0.03	0.1	39.6 ^{*3}	0.12
イネいもち病菌 (<i>P. oryzae</i>)	0.17		0.05	0.12		0.47
ナシ黒斑病菌 (<i>A. alternata</i> Japanese pear pathotype)	3.2		0.2	≤ 0.1		
トマト疫病菌 (<i>P. infestans</i>)	0.32 ^{*1} (0.39) ^{*2}	0.04 ^{*3}			6.66	0.29

*1は被のう胞子発芽阻害, *2は遊走子のうの直接発芽阻害, *3は遊走子の遊泳阻害を示す。灰色かび病菌とウリ類炭疽病菌の分生子形成阻害の値は EC₉₅ を示す。

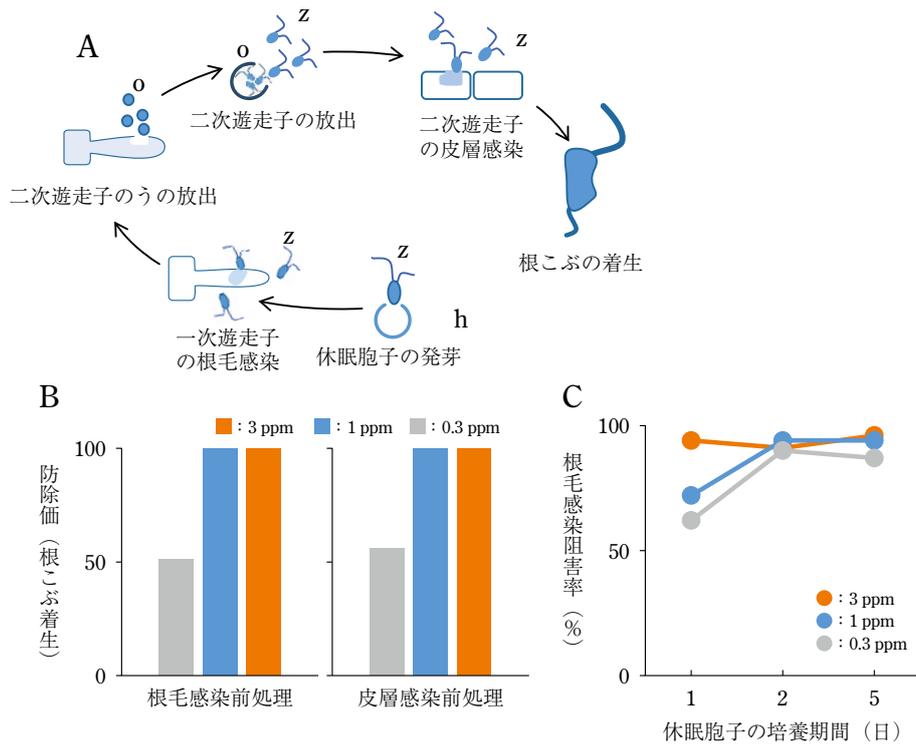


図-4 根こぶ病の生活環モデルとフルアジナムの作用点

A: 根こぶ病の生活環モデル

h: 休眠胞子, z: 遊走子, o: 二次遊走子のうを示す。

B: 感染ステージ別のフルアジナムの効果

休眠胞子を接種した土壤にハクサイを播種し、感染ステージごとに薬剤を処理した。

C: フルアジナム暴露時間ごとの休眠胞子に対する活性

休眠胞子けん濁液にフルアジナムを加え所定期間培養し土壤に混和後、ハクサイを播種した。

層感染を阻害し (図-4B), 休眠胞子に対する活性は暴露時間が長いほど効果的であった (図-4C) (鈴木ら, 1995 a)。感染サイクルの多くのステージで活性を示すことが安定した効果を示す要因として考えられる。

圃場ではアブラナ科作物を含む葉菜類の病害である苗立枯病, 株腐病, 菌核病, 場合によっては根朽病が混発する。本剤はこれら混発する病害にも有効であり, 一度の施用で複数病害を防除できる, いわゆる同時防除が可能な薬剤である (杉本, 2011)。

2 葉菜類全面土壌散布の葉菜類軟腐病に対する効果

フルアジナムには葉菜類すそ枯病, 尻腐病, 株腐病, 軟腐病を対象とした全面土壌散布というユニークな登録がある。この処理方法は畝立て (同時マルチでも可) 後, 定植前に本剤を土壌表面に散布 (SC 剤薬量 500 ml/10 a, 散布水量 100~200 l/10 a) するもので土壌混和を行わず苗を定植する。軟腐病に対する登録も有しているが, 本剤は病原細菌である軟腐病菌に対して抗菌活性がない。葉菜類軟腐病菌などの細菌類は, 植物の表皮細胞を貫通して侵入する能力がなく, 種々の病原菌の侵入痕や傷

口, 自然開口部などから感染する。本剤は植物体の地際部・根圏で糸状菌の増殖を抑え, 細菌の感染経路を断つことで軟腐病に対しても防除効果を発揮すると考えられている (図-5) (林ら, 2015)。

3 バレイショ粉状そうか病に対する植溝散布の効果

バレイショの植溝散布 (In-Furrow) は農作業の労力軽減・省力化を目的に, ヨーロッパで普及が進んでいる技術で, 種バレイショの植付と同時に薬剤を処理する技術である。フルアジナム SC 剤の全面散布土壌混和や粉剤の全面土壌混和と比較して, 植溝内だけに処理することから薬剤の全面混和の必要性がなく, 投下薬量を 1/2 から 1/3 に減らすことが可能である。これらの局所施用方法は, 処理機械の調整により薬剤処理層を自在に調整できる。

防除効果の最適化を目的に薬剤処理層と防除効果について検討を行った結果, 種いも周辺に高濃度の薬剤を分布させると防除効果の向上が認められた (図-6)。粉状そうか病の発病様式は根こぶ病と類似しており, 遊走子による根毛, 幼根, ストロムへの感染を介して, 子いも

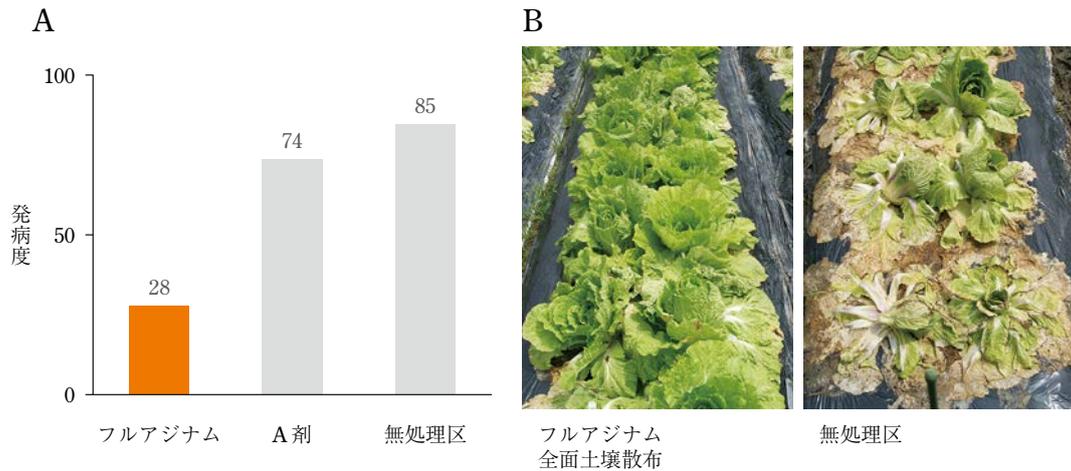


図-5 フルアジナムの全面土壌散布処理によるハクサイ軟腐病に対する効果

A: 本剤全面土壌散布による効果

フルアジナムの薬量は SC 剤 500 ml/10 a 散布水量は 100 l/10 a を処理した.

A 剤の薬量は 1,500 倍 散布水量は 300 l/10 a (3 回散布) を処理した.

B: 試験時の処理区と無処理区の状態

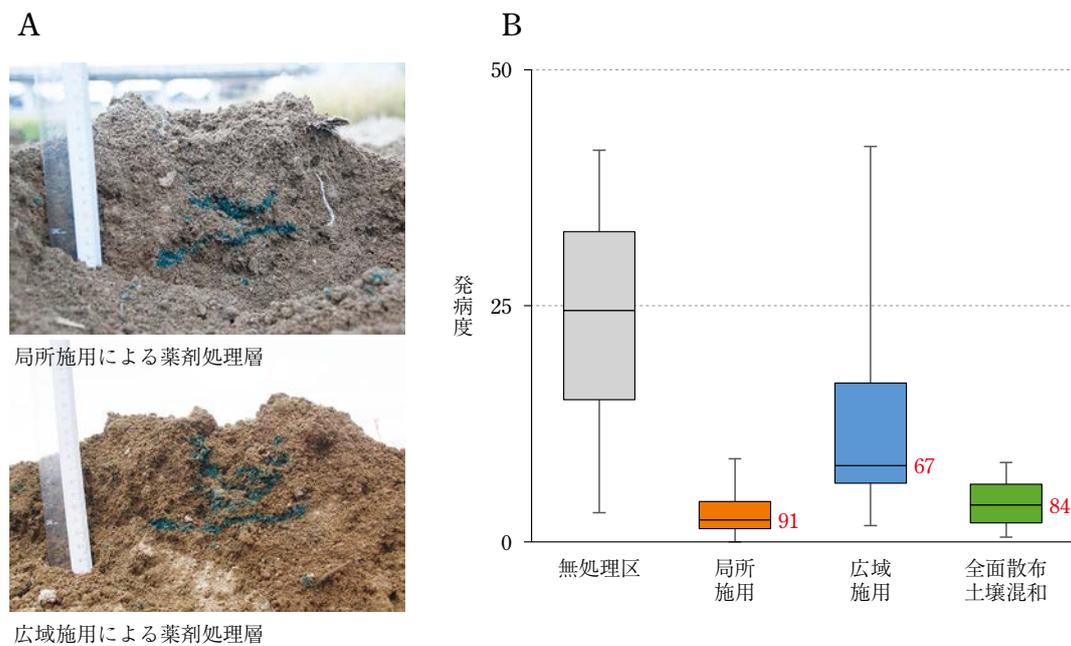


図-6 フルアジナムの植溝散布によるバレイシヨ粉状そうか病に対する効果

A: 処理機の設定による土壌中の薬剤処理層を示し、青の色素が薬剤の分布を示す。

(上段) 種いも周辺に高濃度の薬剤処理層を形成させた局所施用, (下段) 覆土層を含む広い範囲に薬剤を分布させた広域施用によって形成された薬剤処理層を示す。

B: 局所施用, 広域施用の効果を発病度で示し, 箱ひげ図の横の赤で示す値は防除値を示す。

植溝散布 (局所施用・広域施用) の薬量は SC 剤 200 ml/10 a, 散布水量 20 l/10 a を処理した. 全面散布土壌混和の薬量は SC 剤 600 ml/10 a, 散布水量 100 l/10 a を処理した。

が罹病すると考えられている。種いも周辺に高濃度の薬剤を分布させることで、根毛、幼根への初期の感染を防ぎ、結果として子いもでも高い防除効果が得られたと推察された (福森ら, 2020)。

IV 耐性菌の現状および対策

野外分離株を対象としたフルアジナムに対する感受性に関する研究では、菌核病菌 (Mao et al., 2018; LEHNER et al., 2017), 灰色かび病菌 (鈴木ら, 1995 b), トウモ

ロコシごま葉枯病菌 (CHEN et al., 2018), イネばか苗病菌 (QU et al., 2018), リンゴ輪紋病菌 (SONG et al., 2018) 等で行われているが, 感受性の分布はいずれも一峰性であり感受性の低下は認められなかった。また, 実験室内で人為的に変異を誘導した突然変異株の研究では, 感受性低下株の環境適応能力 (フィットネス) は低く, 本剤の耐性菌発達リスクは低いと考察された (MAO et al., 2018)。圃場で確認された耐性菌の事例は日本の北海道でのマメ類灰色かび病菌 (田村ら, 2000), 欧州でのバレイシヨ疫病菌 (SCHEPERS et al., 2018) の 2 例である。

おわりに

フルアジナムは, 日本はもとより欧州, 米州, アジアと様々な国で使用されており, バレイシヨ・ダイズ・タマネギといった経済的価値の高い作物の保護には欠かすことができない重要な薬剤となっている。それ故作用機構についても, 国内外を問わず様々な研究者により報告され, 近年も研究が継続されており, ①酸化的リン酸化の脱共役 (アンカップラー), ②SH 酵素阻害, ③植物の抵抗性誘導, ④細胞小器官の膜機能のかく乱等, 多岐にわたる作用機構が報告されている。上市後 31 年経過しても感受性低下の事例が少ない理由は, これらの本剤の作用性に起因しているものと考えられる。本稿がさらなる本剤の理解につながり作物の保護, 作物の安定生産に貢献できれば幸いである。

引用文献

- AKAGI, T. et al. (1995): *Journal of Pesticide Science*. **20**: 279~290.
- et al. (1996): *ibid.* **21**: 23~29.
- ALBERTS, B. et al. (2010): *Molecular Biology of the Cell 5th Edition*, 株式会社ニュートンプレス, 東京, p.813~839.
- CHEN, Y.-L. et al. (2018): *Pesticide Biochemistry and Physiology*. **148**: 8~15.
- 福森庸平ら (2020): *日本植物病理学会報* **86**: 202.
- GUO, Z. J. et al. (1991 a): *Biochimica et Biophysica Acta*. **1056**: 89~92.
- et al. (1991 b): *ibid.* **1059**: 91~98.
- et al. (1991 c): *The Journal of Organic Chemistry*. **56**: 3692~3700.
- 林 博之ら (2015): *関西病虫研報* **57**: 101~103.
- HOU, Y.-P. et al. (2019): *Pesticide Biochemistry and Physiology*. **155**: 81~89.
- KOMYOJI, T. et al. (1995): *Journal of Pesticide Science*. **20**: 129~135.
- 光明寺輝正ら (1995): *日本植物病理学会報* **61**: 145~149.
- LEHNER, M. S. et al. (2017): *Plant Disease*. **101**: 1253~1258.
- MAO, X.-W. et al. (2018): *Pesticide Biochemistry and Physiology*. **144**: 27~35.
- MATSUURA, K. et al. (1994): *Journal of Pesticide Science*. **19**: 325~327.
- MITANI, S. et al. (1996): *ibid.* **21**: 61~63.
- 三好秀人 (1922): *生物物理* **32**: 60~65.
- 長谷邦昭・光明寺輝正 (2003): *日本の農業開発*, 日本農薬学会, 東京, p.251~262.
- 日本植物防疫協会 (2021): *農業ハンドブック*, 日本植物防疫協会, 東京, p.508~511.
- 農薬工業会 (2021): *農薬の作用機構分類 (RAC コード)* (翻訳), https://www.jcpa.or.jp/labo/pdf/2021/mechanism_frac.pdf
- OKUNO, T. et al. (1989): *Physiology and Biochemistry*. **79**: 827~832.
- QU, X.-P. et al. (2018): *Pesticide Biochemistry and Physiology*. **152**: 98~105.
- SCHEPERS, H. T. A. M. et al. (2018): *European Journal of Plant Pathology*. **151**: 947~960.
- SONG, Y. et al. (2018): *Plant Disease*. **102**: 1785~1793.
- 杉本光二 (2011): *農薬生物活性研究会第 28 回シンポジウム講演要旨集*: 9~12.
- 鈴木一実ら (1995 a): *日本植物病理学会報* **61**: 395~398.
- ら (1995 b): *同上* **61**: 399~404.
- 田村廣人 (2011 a): *農薬の科学*, 朝倉書店, 東京, p.93~99.
- (2011 b): *同上*, 朝倉書店, 東京, p.102~104.
- 田村 修ら (2000): *殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集* **10**: 7~16.
- 田中文字夫ら (1993): *日本植物病理学会報* **59**: 264.
- (2011): *農家の友*, 公益社団法人 北海道農業改良普及協会, 札幌, 4 月号, p.36~39.
- YOSHIDA, M. and M. YUKIMOTO (1993): *Pesticide Biochemistry and Physiology*. **47**: 171~177.

研究室紹介

地方独立行政法人 青森県産業技術センター 農林総合研究所 病虫部

青森県産業技術センターは青森県の農林水産部門、工業・食品加工部門の研究機関が平成21年4月に地方独立行政法人として統合、発足したものです。農作物に関する試験研究開発は、農林総合研究所（黒石市）、野菜研究所（六戸町）、りんご研究所（黒石市、五戸町）で行っており、日本海側である津軽地域に2箇所、太平洋側である県南地域に2箇所設置されています。

当研究部が属する農林総合研究所は、水稻をはじめとした土地利用型作物、花き・施設園芸作物、津軽地域で作付けが多い野菜類等を研究対象とし、病害虫に関する試験研究開発のほか、品種開発、原種生産、栽培技術開発等を行っています。敷地面積は88.8haと広大なため、圃場間の移動が結構大変です。職員数は43名、うち研究員は29名在籍しており、法人職員と県からの派遣職員で構成されています。当研究部では部長1名、病害2名、虫害2名、研究補助1名の計6名により、試験研究開発業務や技術指導に係る業務等を行っています。以下に近年の研究内容や成果等についてご紹介いたします。

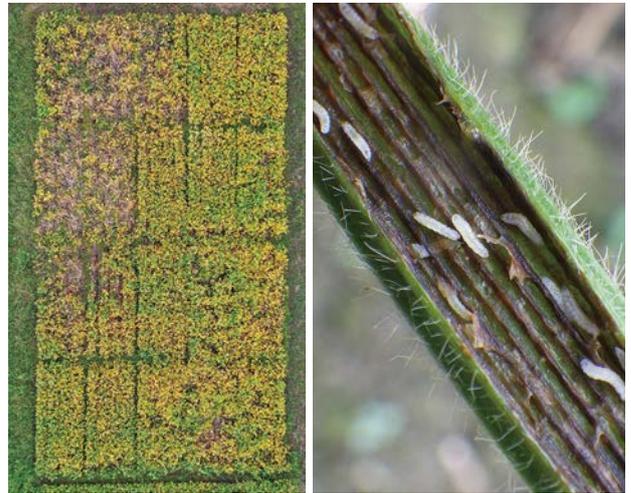
【病害】

青森県で栽培されている主な水稻品種はいもち病抵抗性が強いことから、生産者が防除体系を選択する際の一助となるよう、減農薬防除体系別被害リスクを作成し、意志決定に活用してもらっています。ダイズでは難防除病害である黒根腐病について、亜リン酸液肥の茎葉散布による被害軽減効果について明らかにしました。また、近年の温暖化に伴い増加しつつあるウリ類の炭腐病について、簡易な診断方法を開発するとともに防除対策を検討しています。



農林総合研究所（奥に見えるは津軽富士こと岩木山）

〒036-0522 青森県黒石市田中82-9
TEL 0172-52-4311



ダイズ黒根腐病試験（左）、ダイズクキタマバエ幼虫（右）

【虫害】

水稻ではアカヒゲホソミドリカスミカメとともに、近年分布が拡大しほぼ全県に広まったアカスジカスミカメについて畦畔雑草管理技術や防除適期等を検討しています。ダイズでは食葉性害虫のIPM技術や、青森県では約80年ぶりで突発的に発生したダイズクキタマバエの生態や被害について検討しています。さらに今年度からは天敵温存植物や間作を利用した露地野菜のIPM技術について農研機構植物防疫研究部門や東北農業研究センター、宮城県農業・園芸総合研究所との共同研究を行っており、北東北におけるIPM体系構築と実証について取り組んでいます。また、青森県で作付けの多いニンニクでは、イモグサレセンチュウや各種病害虫について野菜研究所と協力しながら防除対策などを検討しています。

このほか、新農薬実用化試験、病害虫発生予察事業、病害虫防除指針編成業務、各種研修会等の講師、病害虫診断依頼等、生産者を支援する業務も行っております。

また本年6月には、長年にわたる転炉スラグを用いた土壌pH矯正による野菜類土壌病害の被害軽減技術の開発について、全国農業関係試験研究場所長会研究功労者表彰を部員がいただきました。各関係機関に感謝するとともに、病害虫防除に携わる研究機関として一層身の引き締まる思いであります。これからも生産者に役立つ技術開発により、青森の未来を技術でサポートしてまいります。

（病虫部長 倉内賢一）

研究室紹介

長崎県農林技術開発センター 環境研究部門 病害虫研究室

長崎県の農業に関する公的研究は1898年に設立された農事試験場（長崎市）に始まり、今年で124年目になります。この間に移転や組織改革を重ねていますが、昭和36年以降は現在の諫早市貝津町で、長崎県農業の発展に向け様々な分野の研究に取り組んできました。病害虫研究室は、主な業務として県内に栽培される水稻、畑作物、野菜類、施設野菜類および花き類等広範にわたる品目について生産阻害要因としての病害虫の発生生態解明と防除技術の開発および普及を担っており、現在は室長を含む5人の研究員と研究補助員5人の体制で業務を行っています。当室では、本県が本邦本土部の西端に位置することもあるため、これまではトビイロウンカなどの飛来性害虫の生態と防除の研究に注力し一定の成果を得てきましたが、近年は農業生態系保全に関する社会的なニーズから天敵利用技術の開発を進めています。また、ドローンの利用やAIの活用等先端技術の導入に関する研究開発も行っています。以下に、現在取り組んでいる主な課題について紹介します。

1 施設野菜の天敵利用技術

長崎県内ではイチゴで問題となるハダニ類に対し、チリカブリダニの利用が広く普及しています。天敵製剤の利用は薬剤抵抗性の発達を回避するほか、生産者の労働負担を軽減する意味でも有効な技術です。現在は、アザ



図-1 イチゴに天敵製剤を散布する研究員

ミウマ類を対象としたククメリスカブリダニの利用技術、各種資材および選択的農薬を組合せ、化学農薬の利用を抑えた防除体系の実用化について検討を重ねています。また、これらのほかに、忌避剤の利用に向けた試験に取り組んでいます。アスパラガスの長期採り栽培では、主にネギアザミウマの加害が問題



図-2 アスパラガス畝端に植栽したインセクタープラント(スカエボラ)

図-3 タマネギべと病に対するドローンを利用した薬剤防除試験

となりますので、イチゴと同様に天敵（スワルスキーカブリダニ+保護資材）の利用技術について検討中ですが、とりわけ、圃場内でのスワルスキーカブリダニの定着を促すためのインセクタープラントの活用について検討を加え実用化を図っています。

2 AIによる病害虫診断

農業者人口の減少対策は本県のみならず多くの地域で喫緊の課題であり、将来的に知識や技術の継承が不十分になることが懸念されています。当室では、新規就農者や経験が少ない生産者が簡便に病害虫を判別できるよう、AI診断アプリを提供することを目指して農林水産省の委託プロジェクトに参画し、イチゴの病害虫について画像データの蓄積を行っています。

3 タマネギべと病の防除対策

近年、九州北部地域ではタマネギべと病が多発しています。生産者の間には防除に関する基本的な知識は普及していますが、高齢化や栽培規模に対する労力不足に加え気候変動等も相まって十分な対応ができない場合が散見される実状にあります。当室では、これまでに、一次伝染の抑止を目的とした移植前から生育初期にかけての防除体系や、積算温度と発病の関係性から越年罹病株の抜き取り時期の指標を明らかにしてきました。現在は、一次伝染の初発時期予測システムとドローン防除技術による省力的な防除体系の普及を目指した研究開発を行っています。

上記のほか、県内各地で突発的に問題となる病害虫への対応や、各種品目の農薬登録に関する試験等については従前より継続して行っています。

（室長 菅 康弘）

農林水産省プレスリリース (2021.9.10～10.12)

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3年度病害虫発生予報第8号」の発表について (21/10/6) /syouan/syokubo/211006.html
- ◆ 「アグリビジネス創出フェア2021 (スマート農林 水産業～みどりの食料システム戦略の実現にむけて～)」の開催について (21/10/8) maff.go.jp/ の後に /docs/press/211008.html

新しく登録された農薬 (2021.9.1～9.30)

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〕

●カスガマイシン液剤

24536：タフマジック液剤（理研グリーン）21/9/8

カスガマイシンー塩酸塩：2.3%

西洋芝（ベントグラス）：かさ枯病：発病前～発病初期

●テブコナゾール・ペンシクロン水和剤

24539：タフシーバフロアブル（クミアイ化学）21/9/8

テブコナゾール：10.0%

ペンシクロン：15.0%

西洋芝（ベントグラス）：炭疽病、葉腐病（ブラウンパッチ）、ダラースポット病、ヘルミントスポリウム葉枯病、カーブラリア葉枯病、フェアリーリング病：発病初期

日本芝：葉腐病（ラージパッチ）、ヘルミントスポリウム葉枯病、カーブラリア葉枯病、フェアリーリング病：発病初期

日本芝：疑似葉腐病（春はげ症）：休眠期前

〔除草剤〕

●グリホサートイソプロピルアミン塩・テブチウロン液剤

24538：草退治メガロングシャワー GT（住友化学園芸）21/9/8

グリホサートイソプロピルアミン塩：1.5%

テブチウロン：0.50%

樹木等：一年生雑草、多年生雑草、コケ類

〔植物成長調整剤〕

●イソプロチオラン乳剤

24537：ファイナルショット乳剤（日本農薬）21/9/8

イソプロチオラン：40.0%

みかん：着色促進

登録が失効した農薬 (2021.9.1～9.30)

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。

〔除草剤〕

●クロマフェノジド水和剤

22410：MICマトリックフロアブル（三井化学アグロ株式会社）21/9/7

●ジノテフラン水溶剤

22405：アントム顆粒水溶剤（三井化学アグロ株式会社）21/9/8

●クロチアニジン・スピネトラム・イソチアニル粒剤

22912：スタウトダントツディアナ箱粒剤（住友化学株式会社）21/9/15

発生予察情報・特殊報 (2021.9.1～9.30)

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

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

- しょうが：ショウガ根茎腐敗病（北海道：初）9/2
- かんしょ：サツマイモ基腐病（岩手県：初）7/21
- キュウリ：キュウリ退緑黄化病（大阪府：初）9/8
- かんしょ：サツマイモ基腐病（愛媛県：初）7/28
- なす：タバコノミハムシ（富山県：初）9/10
- なす：トビイロシワアリ（栃木県：初）7/29

植物ウイルス・細菌検定用抗血清

ウイルス・細菌名	略号	販売価格 (税込, 送料サービス)		
		DAS-ELISA 用セット	コーティング 抗体	コンジュゲート 抗体
オオムギ縮萎ウイルス	BaYMV	52,250	26,125	26,125
ソラマメウイルス	BBWV	46,200	23,100	23,100
カーネーション斑紋ウイルス	CarMV	44,550	22,275	22,275
スイカ緑斑モザイクウイルス	CGMMV	42,900	21,450	21,450
キュウリモザイクウイルス	CMV	44,500	22,275	22,275
シンビジウムモザイクウイルス	CyMV	55,550	27,775	27,775
インパチェンスネクロティックスポットウイルス	INSV	52,250	26,125	26,125
アイリスイエロースポットウイルス	IYSV	52,250	26,125	26,125
キュウリ緑斑モザイクウイルス	KGMMV	42,900	21,450	21,450
ユリ潜在ウイルス	LSV	45,550	27,775	27,775
ミラフィオリレタスピッグベインウイルス	MLBBV	52,250	26,125	26,125
メロンえそ斑点ウイルス	MNSV	46,200	23,100	23,100
メロン黄化えそウイルス	MYSV	52,250	26,125	26,125
オドントグロッサムリングスポットウイルス	ORSV	55,550	27,775	27,775
トウガラシマイルドモットルウイルス	PMMoV	42,900	21,450	21,450
ジャガイモYウイルス	PVY	52,250	26,125	26,125
イネ萎縮ウイルス	RDV	46,200	23,100	23,100
イネ縮葉枯ウイルス (mono)	RSV	53,900	26,950	26,950
スカッシュモザイクウイルス	SqMV	44,550	22,275	22,275
タバコモザイクウイルス-普通系	TMV-OM	42,900	21,450	21,450
タバコモザイクウイルス-ワサビ系	TMV-W	42,900	21,450	21,450
トマトモザイクウイルス	ToMV	42,900	21,450	21,450
タバコ輪点ウイルス	TRSV	46,200	23,100	23,100
トマト黄化えそウイルス	TSWV	52,250	26,125	26,125
カブモザイクウイルス	TuMV	42,900	21,450	21,450
ズッキーニ黄斑モザイクウイルス	ZYMV	44,550	22,275	22,275
スイカ果実汚斑細菌病菌 (<i>Acidovorax avenae</i> subsp. <i>citrullii</i>)	Aac	42,900	21,450	21,450

ウイルス名	略号	コーティング 抗体	抗体感作 ラテックス液
クローバー葉脈黄化ウイルス	CYVV	22,275	
温州萎縮ウイルス	SDV	26,125	
イネ萎縮ウイルス	RDV		31,350

【ポリクローナル抗体利用】 コーティング抗体 (ウサギ IgG), コンジュゲート抗体 (ウサギ IgG-アルカリフォスファターゼラベル)
各 1 mL, 2500 テストウェル

*イネ縮葉枯ウイルス (RSV) はモノクローナル抗体利用です。

*イネ萎縮ウイルス (RDV), 抗体感作ラテックス液【ポリクローナル抗体利用】 25 mL, 500 検体。

検定用オプション

商品名	販売価格	商品名	販売価格
96 ウェルマイクロプレート	5,500	リン酸緩衝生理食塩水 [PBS]	1,100
カーボネート緩衝液 (コーティング用緩衝液)	1,100	洗浄液 [PBS-T] 100 mL	1,100
10% ジエタノールアミン溶液	1,100	洗浄液 [PBS-T] 500 mL	4,400

ご注文は JPPA オンラインストアより
<https://www1.enekoshop.jp/shop/jppashop/>

一般社団法人 日本植物防疫協会



協会だより

○2021年度「新農薬実用化試験」成績検討会の開催予定

- 10月 21～22日【家庭園芸】(協会会議室)
- 25日【茶】(東京「ホテルラングウッド」)
- 28日【芝草】(協会会議室)
- 11月 1～2日【稲・野菜等】北陸地域(協会会議室)
- 4～5日【稲・野菜等】東北地域(協会会議室)
- 10～11日【稲・野菜等】北海道地域(協会会議室)
- 15～17日【稲・野菜等】九州地域(協会会議室)
- 25～26日【稲・野菜等】近畿中国地域(協会会議室)
- 29日【稲・野菜等】関東地域(東京「ホテルラングウッド」)
- 12月 1日【稲・野菜等】東山東海地域(東京「ホテルラングウッド」)
- 7日【寒冷地果樹】(東京「ホテルラングウッド」)
- 8日【落葉果樹】(東京「ホテルラングウッド」)
- 9日【常緑果樹】(東京「ホテルラングウッド」)
- 13～14日【稲・野菜等】四国地域(協会会議室)
- 12月中旬【臨時】(協会会議室)

学会だより

○令和3年度日本植物病理学会九州部会のご案内

令和3年度日本植物病理学会九州部会第72回講演会をWeb形式にて、開催致します。

日程：2021年11月24日(水)午前9:00～26日(金)午後5:00

講演ファイル、掲示板の閲覧時間(24日午前9:00～26日午後5:00)
 質問の時間(24日午前9:00～25日午後5:00)
 質問への回答時間(24日午前9:00～26日午後2:00)
 総会はオンラインで開催予定
 詳細は学会ホームページでご確認ください。

○農林害虫防除研究会 第1回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム オンライン開催のお知らせ

日時：2021年12月17日(金)9:45～17:00
 午前の部9:45～12:00

1：IPMを考慮した殺虫剤抵抗性管理の実践と

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)……………コテツバイト
- バイエルクロップサイエンス(株)…カウントダウン
- 石原バイオサイエンス(株)……………ケンジャ
- 日本曹達(株)……………ダニオーテ
- 日本農薬(株)……………AI診断(株)アグリ総研……………天敵製剤
- 三井化学アグロ(株)……………ネビリュウ
- クミアイ化学工業(株)……………プロポーズ

連携を！(開催にあたって)

山本敦司ら(シンポジウム実行委員会)

2：薬剤抵抗性病害虫の発生状況と対策の取組について

岡田和秀(農林水産省消費・安全局 植物防疫課)

3：GAPによるIPMと薬剤抵抗性対策の実践

鈴木啓史(殺菌剤耐性菌研究会幹事長,三重県農産園芸課)

午後の部13:00～17:00

4：殺虫剤抵抗性の進化を阻止するための最適な薬剤散布計画

山村光司(農研機構 農業環境研究部門)

5：私の関わった殺虫剤抵抗性研究42年—基礎から現場の問題解決へ—

本山直樹(千葉大学名誉教授,東京農業大学総合研 農薬部会長)

6：薬剤抵抗性コナガの過去と現在,これからの防除対策

上杉龍士(農研機構 東北農業研究センター)

総合討論 テーマ：「殺虫剤抵抗性管理の現場への普及について(仮題)」

参加申込：11月19日(金)まで

詳細は研究会ホームページでご確認ください。

次号予告

次号2021年12月号の主な予定記事は次のとおりです。

日植防シンポジウムから：

- 発生予察の高度化を踏まえた今後の発生予察事業について 羽石洋平
- 深層学習による病害虫識別技術の開発と将来展望 岩崎亘典
- スマートフォン用アプリケーション「レイミーのAI病害虫雑草診断」活用と将来の展望 谷口健太郎
- 奈良県における発生予察・診断・指導の現状と将来 國本佳範
- 岩手県における発生予察・診断・指導の現状と将来 岩館康哉

病害虫の見分け方シリーズ：野菜に発生するコナジラミ類の識別と被害 樋口聡志

キュウリ地上部病害の見分け方 日植防

植物防疫講座 病害編：ウメ病害の発生生態と防除 菱池政志

研究室紹介：宮崎県総合農業試験場 生物環境部 榎間義幸

熊本県農業研究センター果樹研究所 病虫化学研究室 杉浦直幸

植物防疫

第75巻 2021年10月25日印刷

第11号 2021年11月1日発行
(通算899号)

定価965円

本体877円

2021年
11月号

(毎月1回1日発行)

編集発行人 早川 泰弘

印刷所 三美印刷(株)

東京都荒川区西日暮里5-16-7

発行所

〒114-0015 東京都北区中里2丁目28番10号

一般社団法人 日本植物防疫協会

電話(03)5980-2181(代)

FAX(03)5980-6753(支援事業部)

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

ハダニ防除に 新たな一手!

特長

- ★既存剤に対して感受性の低下したハダニ類に優れた効果を示します。
- ★各種ハダニ類の全ステージに活性を示します。
- ★気温による効果変動が小さく、安定して高い効果を示します。
- ★天敵・有用昆虫に対する影響の少ない薬剤です。
- ★登録作物への高い安全性が確認されています。

登録作物

かんきつ、りんご、なし
おうとう、小粒核果類
いちご、なす、すいか

殺ダニ剤 アシノナピル水和剤

ダニオーテ[®]フロアブル



●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。



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

HPはこちらから
ご覧いただけます



これは
なんだろう?

みんな農家さんさ
レイミーが
お手伝い!



あれは
去年どこの畑に出たんだっけ?

スマートフォンアプリ

レイミーのAI病害虫雑草診断

無料!
通信料を除く

農作物に被害を及ぼす病害虫や雑草を写真からAIが診断し、
有効な薬剤情報を提供する、スマートフォン用の防除支援ツールです。

対応作物



※スマホ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



アプリのダウンロードはこちら

日本農業ホームページから
日本農業 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と日本農業(株)の共同開発です。
■本システムは農林水産省の農業界と経済界の連携による生産性向上モデル農業確立実証事業「防除支援システム研究会(H30~R1)」の成果を社会実装したものです。



日本農業株式会社



日本農業株式会社は持続可能な開発目標(SDGs)を支援しています

天敵製剤トップシリーズ

メリトップ



ククメリスカブリダニ
50,000頭 / 900mL ボトル

ククメリスカブリダニ



アザミウマ類



コレトップ



コレマンアブラバチ羽化成虫
250頭 / 100mL ボトル

コレマンアブラバチ



アブラムシ類



リクトップ
(100頭入り)



タイリクヒメハナカメムシ成虫
100頭 / 100mL ボトル

タイリクヒメハナカメムシ



アザミウマ類



デントップ
(50頭入り)



ナミテントウ 2 および 3 齢幼虫
50頭 / 150mL ボトル

ナミテントウ 2 および 3 齢幼虫



アブラムシ類



リクトップ
(500頭入り)



タイリクヒメハナカメムシ成虫
500頭 / 500mL ボトル

タイリクヒメハナカメムシ



アザミウマ類



デントップ
(100頭入り)



ナミテントウ 2 および 3 齢幼虫
100頭 / 300mL ボトル

ナミテントウ 2 および 3 齢幼虫



アブラムシ類



ツヤトップ



オンシツツヤコバチ羽化雌成虫
50頭 / カード, 45 カード / 箱

オンシツツヤコバチ



オンシツコナジラミ



デントップ
(200頭入り)



ナミテントウ 2 および 3 齢幼虫
200頭 / 600mL ボトル

ナミテントウ 2 および 3 齢幼虫



アブラムシ類



ツヤトップ 25



オンシツツヤコバチ羽化雌成虫
25頭 / カード, 100 カード / 箱

オンシツツヤコバチ



オンシツコナジラミ



ミヤコトップ



ミヤコカブリダニ
2,000頭 / 250mL ボトル

ミヤコカブリダニ



ハダニ類



スワマイド



スワルスキーカブリダニ
25,000頭 / 500mL ボトル

スワルスキーカブリダニ



コナジラミ類



アザミウマ類



チリトップ



チリカブリダニ
2,000頭 / 500mL ボトル

チリカブリダニ



ハダニ類



バコトップ



タバコカスミカメ幼虫および成虫
100頭 / 100mL カップ

タバコカスミカメ



コナジラミ類



アザミウマ類



ミッチトップ



ミヤコカブリダニ 1,600頭,
チリカブリダニ 400頭 / 250mL ボトル

ミヤコカブリダニ



ハダニ類



チリカブリダニ

製造 株式会社 アグリ総研

販売 株式会社 アグリセクト

〒300-0506

茨城県稲敷市沼田2629番地1

www.agrisect.com



散布時の飛散を抑えた根こぶ病防除用 土壌殺菌剤

ネビリュウ®

フルスルファミド粉粒剤

より簡単!さらに均一!



ネビリュウ



従来品

専用散布器
「ネビリュウサンバー」のご使用で、より簡単に
均一に散布することができます。

散布時の粉立ちの少なさを
動画で公開中!



ネビリュウの特長

従来品と比べて粉立ちを抑えた製剤なので、薬剤の開封、散布機への投入、散布の際に作業者の薬剤曝露が少なくなります。
また空気中への薬剤粉塵の飛散を抑えることで、近隣の栽培作物へのドリフトリスクも軽減されます。



三井化学アグロ株式会社

殺菌剤



プロポーズ[®] 顆粒水和剤

べと病・疫病に 2成分で優れた効果

予防

治療

残効性

耐雨性



100g



500g

JAグループ
農協 | 全農 | 経済連
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：東京都台東区池之端1-4-26 〒110-8782 TEL03-3822-5036
ホームページ <https://www.kumiai-chem.co.jp>

®はクミアイ化学工業(株)の登録商標です。

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。●防除日誌を記載しましょう。