

# 植物防疫

Plant Protection

# 2

2018  
VOL.72



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

# 農業、 それは最も 大切なしごと。



世界の人口は増加する一方で、農地は減少しています。  
地球規模のニーズを満たすため、農業従事者の方々は、  
収量増加や生産性の向上といったプレッシャーにさらされています。  
付加価値のあるサービスを提供し、  
日本の農業に貢献することがBASFの使命です。  
「ごちそうさまの笑顔のために。」  
私たちBASFジャパンの農薬事業部の取組みをご覧ください。  
<https://agriculture.basf.com/jp>

 **BASF**  
We create chemistry

# 「植物防疫」特別増刊号 在庫のお知らせ



## No.4 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアルⅠ (2009.9)

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



## No.12 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアルⅡ (2009.7)

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



## No.7 植物防疫誌に見るフェロモン研究 (2010.10)

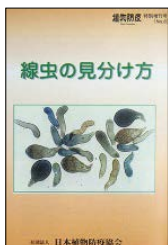
B5判 381頁  
本体 3,000円+消費税 送料 実費

**在庫僅少**



## No.13 フェロモンによる発生予察法 (2010.9)

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



## No.8 線虫の見分け方 (2004.5)

B5判 99頁  
本体 3,000円+消費税 送料 実費



## No.14 アザミウマ類の見分け方 (2011.9)

B5判 60頁 口絵カラー 7頁  
本体 1,600円+消費税 送料 実費

**在庫僅少**



## No.9 天敵生物等に対する化学農薬の影響評価法 (2006.12)

B5判 160頁  
本体 4,800円+消費税 送料 実費



## No.15 土壌病害の見分け方 (2012.9)

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



## No.10 植物ダニ類の見分け方 (2007.4)

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



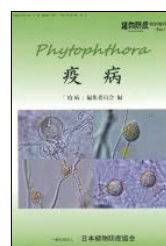
## No.16 農業害虫の薬剤感受性検定マニュアル (2013.11)

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



## No.11 アブラムシ類の見分け方 (2008.4)

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



## No.17 「疫病」 (2015.3)

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

一般社団法人日本植物防疫協会 支援事業部

TEL 03-5980-2183

FAX 03-5980-6753

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

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



植物油脂パワー！  
**サンクリスタル乳剤**



チョウ目害虫退治の生物農薬！  
**サンケイ  
サブリーナフロアブル**



植物保護薬！  
**サンケイ  
ジーファイン水和剤**



硫黄の力でうどんこ病防除！  
**サンケイ  
クムラス**



安定した銅の効果！  
**サンボルドー**



キュウリ・カボチャのうどんこ病に！  
**ハッパ乳剤**



硫黄と銅の強力タッグ！  
**園芸ボルドー**



**サンケイ化学株式会社**

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

# 新技術で 新登場！

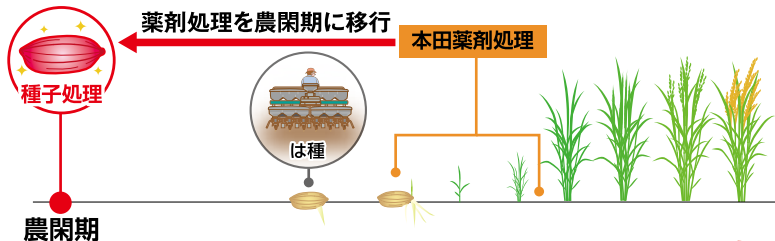


## 水稻種子処理とは？

種もみに薬剤を直接処理することにより移植栽培での箱施用剤と同等の効果、残効性を発揮し田植え後の本田の病害虫を防除することができるまったく新しい、画期的な処理方法です。



## 湛水直播水稻での種子処理のメリット



**ルーチン®FS**



**キラップシード®FS**

**本田での面倒な  
病害虫防除から解放！**



バイエル シードグロース  
種子処理の総合ソリューション

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

バイエル クロップサイエンス株式会社

東京都千代田区丸の内1-6-5 〒100-8262 <https://cropscience.bayer.jp>  
お客様相談室 ☎0120-575-078 9:00~12:00、13:00~17:00  
土・日・祝日を除く

## 目次

### 巻頭言

病害虫防除技術開発の羅針盤 ..... 津田 新哉 1

### 総説

農業生物資源ジーンバンク微生物部門に登録された微生物保存株の学名管理について  
..... 青木孝之・澤田宏之・永井俊郎・一木(植原)珠樹・埋橋志穂美・中島比呂美 2

### 研究報告

イチゴうどんこ病に対する高濃度炭酸ガスの処理効果 ..... 菅野 英二 15  
ウメすす斑病に対する各種殺菌剤の防除効果と効果的な防除体系 ..... 武田 知明 19  
*Fusarium oxysporum* によるニンジン乾腐病 ..... 金子 洋平 22  
ダリアにおけるトマト黄化えそウイルスの植物体内分布 ..... 浅野峻介・平山喜彦・松下陽介 28

### トピックス

栽培ブドウにおけるブドウミタマバエ (仮称) *Asphondylia* sp. の発生とハリオタマバエ類の生態  
..... 佐々木正剛・上地奈美 33

### 日植防シンポジウムから

種子処理による省力的な薬剤施用法 ..... 森 拓馬 38

### 植物防疫講座

病害編 イネいもち病の発生生態と防除 ..... 小泉 信三 42  
虫害編 イネミズゾウムシの発生生態と防除 ..... 城所 隆 56  
農薬編 アセチル CoA カルボキシラーゼ阻害剤—テトロン酸およびテトラミン酸—  
..... 渡辺 賢・中倉紀彦 63

### 新農薬の紹介

新規殺菌剤フルオピラムの特性 ..... 波多野 広幸 68

農林水産省プレスリリース (29.12.12~30.1.15) 14  
新しく登録された農薬 (29.12.1~12.31) 27, 37  
登録が失効した農薬 (29.12.1~12.31) 62  
発生予察情報・特殊報 (29.12.1~12.31) 32

#### 【表紙写真】

上左：いもち病病斑

上右：イネミズゾウムシ幼虫

下：ブドウミタマバエ蛹 (佐々木正剛氏原図)

好評発売中！

## 農薬適用一覧表 2017年版

### 農薬適用一覧表

—平成29年9月30日現在—  
2017年版

2017  
一般社団法人 日本植物防疫協会

A4判, 本体 14,000円+消費税  
送料サービス

付録CD-ROM: 農薬適用一覧DB (検索ソフト付き)

『農薬適用一覧表』は、平成29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す。

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ています。

また、2015年版からは本文の農薬名の後ろに作物機構分類コードを付け、より一層内容の充実を図っています。

## 農薬要覧 2017年版 (平成28農薬年度)

### 農薬要覧

— 2017 —

日本植物防疫協会

A5判, 本体 9,000円+消費税  
送料サービス

『農薬要覧』は、わが国の農薬生産や出荷に関する統計資料の決定版として、1963年から毎年刊行しており、植物防疫の関係者に必携の資料としてご活用いただいております。最新版を発行しますので、是非ともお買い求めください。

#### 掲載内容

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


一般社団法人日本植物防疫協会 支援事業部

TEL 03-5980-2183

FAX 03-5980-6753

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

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


 巻頭言

## 病虫害防除技術開発の羅針盤

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構  
中央農業研究センター病害研究領域長

つ だ しん や  
津 田 新 哉



「平成」に改元されて早くも30年目に突入しました。この間、我が国では、バブル経済の崩壊から立ち直り、世界を網羅する情報通信技術（ICT）の驚異的な発展に支えられ、「昭和」が刻んだ時の流れを一気に加速するように世の中は急激に進化しました。農業においても、政府主導の米の減反政策から各産地主導の自主調整へ、また「和食」がユネスコ無形文化遺産に登録されたことに象徴されるように国産農作物の輸出増大へと、我が国の農業や取り巻く環境もグローバル化の大きな奔流に背中を押されています。

一方、農作物生産を支える技術開発も、ICT環境の充実に伴い我が国政府が立案する科学技術政策の中にその基本方針が色濃く示されるようになりました。平成28年1月に閣議決定された第五期科学技術基本計画では、日本国民、ひいては世界の人々をより豊かな未来へと導くため、我が国の科学技術イノベーション政策を経済、社会および公共のための主要な柱として位置付け、国内の技術開発をこれまで以上に強力に推進していくことを謳っています。この基本計画では、ICT、モノとつながるインターネット（IoT）、人工知能（AI）、ビッグデータ（BD）そしてセンサー&ロボット等の基盤技術を一層強化させ我が国を「世界で最もイノベーションに適した国」に仕上げようとしています。この中で、農業にもICTやロボット技術を活用した低コスト・大規模生産を可能とする農業のスマート化や新たな育種技術等を利用した高品質・多収性の農林水産物の開発を推進し、収益性を高め、新たなビジネスモデルを構築して農林水産業を魅力あるものにするように示されています。これにより、意欲ある新規就業者の増加や農林水産物・食品の輸出促進および食料自給率向上の実現を目標とすることが定められました。病虫害研究においてもこれらを利用した早期診断技術さらにそれらと連動した防除体系の確立が求められています。近い将来、AIと端末装置をIoTでリンクさせ農作物を画像認識させるだけで、原因となる病虫害の検査結果を瞬時に導き出せる画像診断システムの開発、さらにその診断結果と連動して農作物の被害を未然に防ぐ自動防除技術の開発等が期待されるところです。国立研究開発法人、大学、全国の公設試および企業との連携による精度の高いシステム開発とBDの構築がこの新技術開発の成否の命運を握っているといっても過言ではないでしょう。

二十一世紀の幕開けと同時に産声を上げた政府系独立行政法人も、5年一期の中期計画を三期経て、平成28

年4月から第四期目に突入しました。農林水産省を主務官庁とする国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下、農研機構）は、その傘下に20組織を擁する巨大な国立研究開発法人に成長しました。農研機構では、農業・食料・環境に係る課題で俯瞰的な視野の下に、研究開発から成果の社会還元までを一体的に推進し、安全な食料の安定供給、産業競争力の強化、環境保全および新たな価値の創造を通じて、我が国の地域と社会の持続的発展に貢献することを目標に掲げています。環太平洋連携協定11や日欧経済連携協定が実現しようとする中でこれまでの病虫害研究もさらなる進化を遂げなければなりません。持続型営農システムの実現に向けた技術体系の確立では天敵等生物防除技術の開発、施設園芸では総合的病虫害管理（IPM）を核とした生産体系の構築、土地利用型作物では耕種的な病虫害・雑草の被害軽減技術を組合せた有機栽培体系等の確立が重要です。安全・信頼の確保のための果樹生産の高付加価値化技術の開発では、リンゴなどの寒冷地果樹で土着天敵を活用したハダニなど病虫害防除技術、ブドウおよびカキで枝幹害虫に対する効率的な防除技術を開発しなければなりません。茶では病虫害の生態解明などに基づく高度発生予察法を利用したIPMモデルの確立が急務です。病虫害のリスク管理技術の開発では、輸出先国で重要問題となる病虫害の寄生性などの科学的知見の集積を図る必要があります。加えて、輸出相手国が求める残留農薬基準などの水準を満たす輸出型防除技術、我が国で未発生病害虫の侵入を阻止する検出・同定技術、検疫有害動植物の検出・診断法、薬剤抵抗性病虫害の発生予測技術等も開発しなければなりません。環境問題の解決では、生物間相互作用などの解明に基づく病虫害制御技術、効果の高い土壌消毒法、抵抗性誘導や非病原微生物による病害抑制技術、光や音波等の物理的特性を利用した防除技術、土着天敵の利用技術等の開発も発展させる必要があります。微小害虫などが媒介するウイルス病の制御も視野に入れ、公設試などとの連携に基づく生産現場での実証試験を通して全国の多くの産地に新技術を導入していくことを計画しています。

このように、我が国の病虫害防除技術開発では取り組まなければいけない課題が山積しています。農業者、農林水産行政および都道府県等の関係者の皆さんの知恵と力を結集させ山積している技術的問題を一つずつ解決していきたいと考えております。

（「植物防疫」編集委員）



# 農業生物資源ジーンバンク微生物部門に登録された微生物保存株の学名管理について

農研機構・遺伝資源センター  
 あおき たかゆき さわだ ひろゆき ながい としろう いちき うへはら たまき  
 青木 孝之・澤田 宏之・永井 利郎・一木(植原) 珠樹・  
 うずはし しほみ なかじま ひろみ  
 埋橋 志穂美・中島 比呂美

## はじめに

農業生物資源ジーンバンク事業は2000年度までは農林水産省のジーンバンク事業として、2001年度から2015年度までは独立行政法人農業生物資源研究所(生物研)の事業として運営されてきたが、2016年4月に行われた農業研究4法人の統合により、2016年度からは新たに国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構(農研機構)の実施する事業として再スタートした。ジーンバンク事業はこれまでの生物研での事業実績を継承しつつ、新たな組織体制の下で推進されることとなった。

農業生物資源ジーンバンクの微生物部門では、コレクションにおける保存微生物株の基本情報として、提供者が付与した学名に基づいて微生物遺伝資源の登録と保存・管理を行っている(登録時学名)。しかしながら、近年、微生物の分類においてはDNA/RNAの塩基配列決定に基づく系統学的解析が急速に進み、科・目・綱等の高次分類群はもとより、既存の属・種の分割や新属・新種等の設立、属の組み換えを含む改名等、様々な分類学的変更が行われてきている。

ジーンバンク事業もその事業開始(1985年)より既に30年以上の時間が経過し、初期の登録株については、その登録時点で学名に基づいていた分類体系が大きく変更・修正されたものも多く、配布対象微生物株の学名としてその更新が求められていた。ジーンバンク事業では、このように更新が求められる微生物群を中心に、これまでも保存株のDNA/RNAの塩基配列決定を必要に応じて個別に行って、個々の株の同定確認やその品質管理に役立ててきた。しかしながら、その分類学的変革は急速に進んでおり、近年では、学名などの表示に分子系

統学的裏付けが求められる状況にある。

ジーンバンク事業ではそのような状況に対応すべく、前期5か年計画の事業期間である2011年より、細菌、糸状菌、酵母、植物ウイルス等の保存微生物株に対して、分類・同定にかかわる、いわゆるバーコード領域のDNA/RNAについて、網羅的に塩基配列決定を進めており、その解析結果に基づいて、これら微生物保存株の同定の確認、表示学名の更新等を行っている。

本稿では、私どものジーンバンク事業で現在行っている保存微生物株の学名管理について、微生物群ごとにその概要を紹介したい。

## I 真菌類の学名管理

ジーンバンクでは、現時点(2017年11月)で真菌類として、834属17,243株の糸状菌と30属474株の酵母類を公開・配布している。ジーンバンク事業微生物部門での真菌類の登録菌株の学名表記は、基本として、真菌類の学名を包括的に集約された総合データベースであるIndex Fungorum (<http://www.indexfungorum.org/>)またはMycobank (<http://www.mycobank.org/>)に収録されたものに基づいている(ただし、命名者名の姓は略記せず、複数の命名者名は「&」ではなく「et」で結んでいる)。

登録保存された真菌類(糸状菌・酵母)の保存株については、*Fusarium*属菌と卵菌類等を除き、真菌類の基本的バーコード領域と呼ばれる、リボソームDNAのITS領域を中心にDNA塩基配列データを解析・蓄積し、そのデータを基礎に系統解析を行って、登録菌株の学名の再点検(再同定)を現在、実施している。解析・蓄積された塩基配列データは、基本として、NCBI(米国国立生物工学情報センター)のGenBank(日本DNAデータバンクDDBJ、および欧州分子生物学研究所欧州バイオインフォマティクス研究所EMBL-EBIとデータ共有)に保存される種の典型株の塩基配列データとの相溶性検索あるいはともに系統解析を行うことで、分類学的所属とその表示学名との異同について確認を進めている。ま

Maintenance of Scientific Names of Microbial Strains Preserved in the Genebank Project, NARO. By Takayuki AOKI, Hiroyuki SAWADA, Toshirou NAGAI, Tamaki UEHARA-ICHIKI, Shihomi UZUHASHI and Hiromi NAKAJIMA

(キーワード: 遺伝資源, 系統解析, データベース, 分類検証, 命名規約, 配布, 保存)



た、適用する分類法はそれぞれの分類群ごとに妥当性が確認された最新のものを適用するように努めている。

ジーンバンクではこれまでも保存している真菌類について、その分類学的正確性を高めるために、大学など、外部組織の専門研究者の方々に分類検証をお願いしてきたが、現在実施している確認作業は、分類・同定に係るバーコード領域と呼ばれる遺伝子領域の DNA 塩基配列データを解析・蓄積して、保存株全体をカバーした分類検証を目指すものである。

また、2011年のオーストラリア、メルボルンでの国際植物科学会議（IBC）で採択された国際藻類菌類植物命名規約（メルボルン規約 2012）では、これまで並列での使用が認められてきた真菌類の有性と無性の学名の統合方針が定められた。本年7月には中国深圳でこれに引き続き IBC が開催され、この学名統合が既定方針通り進められる（青木・岡田，2017）。すなわち、真菌類については、各菌株について、その登録時から現在に至るまでの分類学の変遷と同様に、命名規約の改正に伴う学名統合の推移も確認して、ジーンバンクでの表示学名とする必要が生じており、ジーンバンクでは現在、そのための対応に積極的に取り組んでいる。

本稿では、それらの点検作業のうち、いくつかの代表的な菌群を例として、その学名管理の状況を解説したい。

### 1 *Alternaria*, *Bipolaris*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Exerohilum*, *Helminthosporium* 属菌の学名管理

ジーンバンクの保存菌株については、これまで、生残・品質等についての定期検査時に、その分類学的位置づけを検討し、必要に応じた学名更新などを個別に行ってきた。この度、上記の属に含まれる菌株（異名を含む）について、これまで解析を進め蓄積を行ってきたリボソーム DNA (rDNA) の ITS 領域に関する塩基配列データを基礎に分子系統解析を行い、該当する菌株の再同定と表示学名の正否について確認を行った。

ジーンバンクに保存されるこれらの属の菌株の表示学名は、これまでも行ってきた同定確認や学名更新作業によって、GenBank/DDBJ/EMBL/ENA に登録される属・種等の典型菌株のデータとおおむね対応したが、配布可能株のうち、約 10% の 68 株については学名変更が必要であった。特に、*Bipolaris* 属では 11 種が、*Curvularia* 属では 24 種の菌種がジーンバンクに登録されていたが、それぞれ 23 株と 26 株について学名変更が必要であった。その学名変更の内訳は、*Bipolaris* 属では 11 株が他属から新たに本属の種と判明し、11 株が種の再同定によって学名変更され、有性から無性への学名変更も 1 株あった（図-1）。また、*Curvularia* 属では 16 株が他属から新

たに本属の種と判明し（うち、2 株は種名も変更）、10 株が再同定による種名のみの変更であった（図-2）。これら *Bipolaris*, *Curvularia* 両属の菌株における属名の変更は主に分類学上の変遷（属の再分類）と命名規約の改正に依る学名の統合によるものである。すなわち、旧来の *Drechslera* 属や *Helminthosporium* 属の再分類に伴う属名変更や、*Curvularia hawaiiensis* や *Curvularia australiensis* 等、永らく *Bipolaris* 属として扱われた菌種が *Curvularia* 属へと転属された分類変更（以上、分類の変遷）に加えて、有性時代学名であった *Cochliobolus* から無性時代学名の *Bipolaris* への変更（学名の統合）が含まれる。また、再同定による種名変更の多くには、分類基準の変更に加えて、形態的特徴の単純な解釈に基づいた誤同定も原因に含まれると推察された。

関連する *Drechslera*, *Exerohilum*, *Helminthosporium* の 3 属では上述の属間の再分類に伴う変更のほか、*Helminthosporium* 属の 1 菌株が *Ellisembia asterinum* に再同定された。

*Alternaria* 属の保存株では 179 株について DNA 塩基配列を得て学名の再検討を行い、20 種のジーンバンク登録を確認した。*Alternaria* 属から *Alternariaster helianthi* および *Trichoconiella padowickii* へそれぞれ 1 菌株が転属し、3 菌株について種の再同定がされたが、大半の保存株（161 株）については現状の学名の妥当性が再確認された（図-3）。

### 2 *Fusarium* 属菌の学名管理

*Fusarium* 属菌については、その分類法が、古くは形態など、表現形質の特徴に基づき、従来からその特徴の扱いについて研究者間での意見対立や相違点が多く、特に分類や同定が大変難しい混乱した群として扱われてきた。しかしながら、近年では、分類研究に分子系統学的解析手法が積極的に、また先導的に取り入れられるようになり、極めて細分はされてはいるものの、属内の種についての解釈やその範囲は、研究者間で急速に収斂し、かなり一致した状況に向かっている（Aoki et al., 2014; 青木, 2015）。また、遺伝子の DNA 塩基配列データも現在では、様々な領域について大変よく蓄積が進んでいる。

農業生物資源ジーンバンク事業は 1985 年から開始されており、同微生物部門に保存される *Fusarium* 属の菌株には種の同定が形態などの表現形質にのみ基づいていた時期のものも大変多かった。そこで、ジーンバンクでは約 10 年前から、*Fusarium* 属菌の国内産菌株を中心に、主にヒストン H3 (Histone H3) 遺伝子領域についてその塩基配列の解析を網羅的に進めてきた。真菌類での分類同定のバーコード遺伝子として一般的な rDNA の ITS

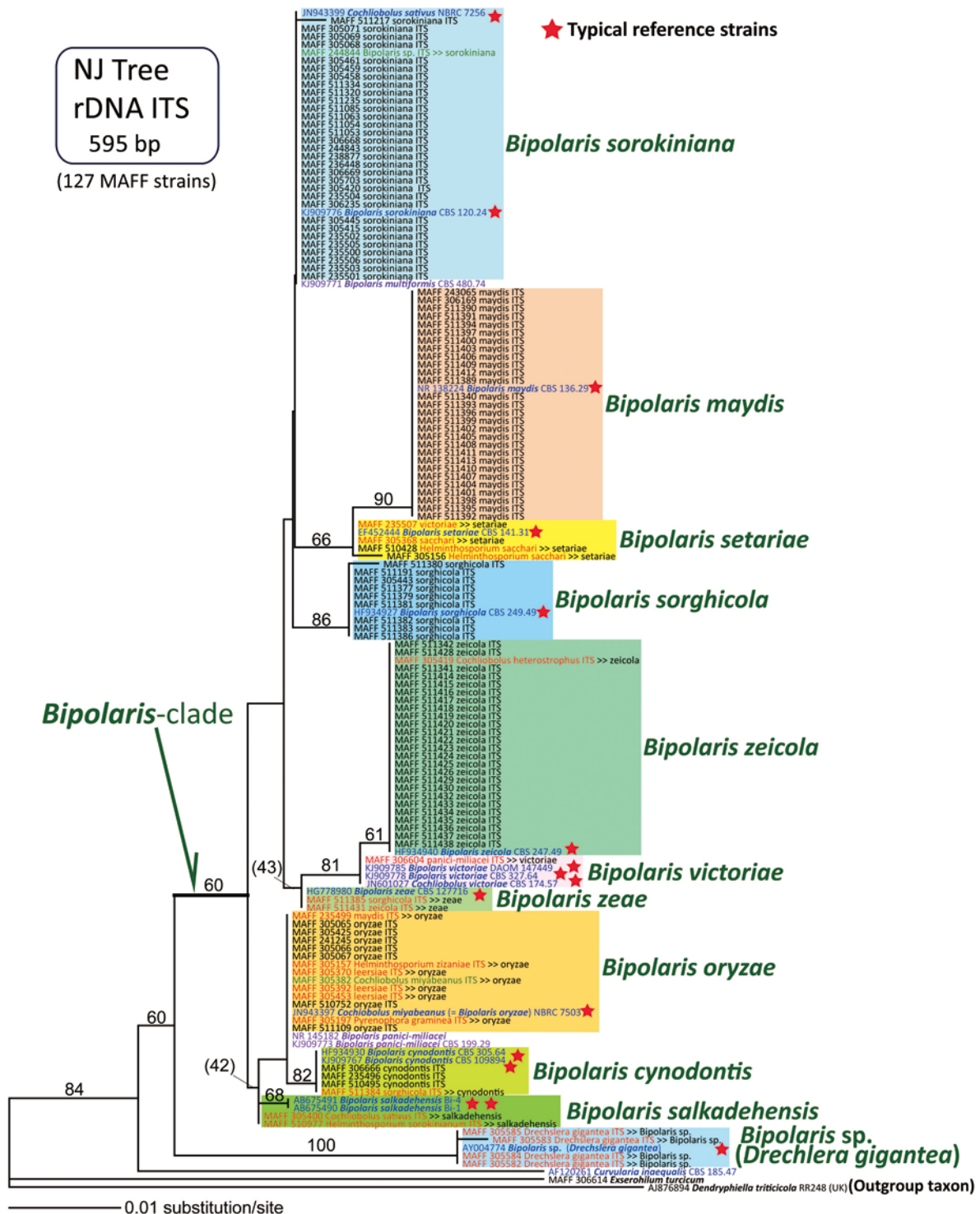


図-1 ジーンバンク保存の *Bipolaris* 属菌株の同定確認と再分類 (分類検証)

ジーンバンク登録の 127 菌株についてリボソーム DNA の ITS 領域の DNA 塩基配列を決定して解析したところ、11 種の *Bipolaris* 属菌が確認された (近隣結合法による系統樹; 星印は Genbank に保存される典型的菌株のデータ)。

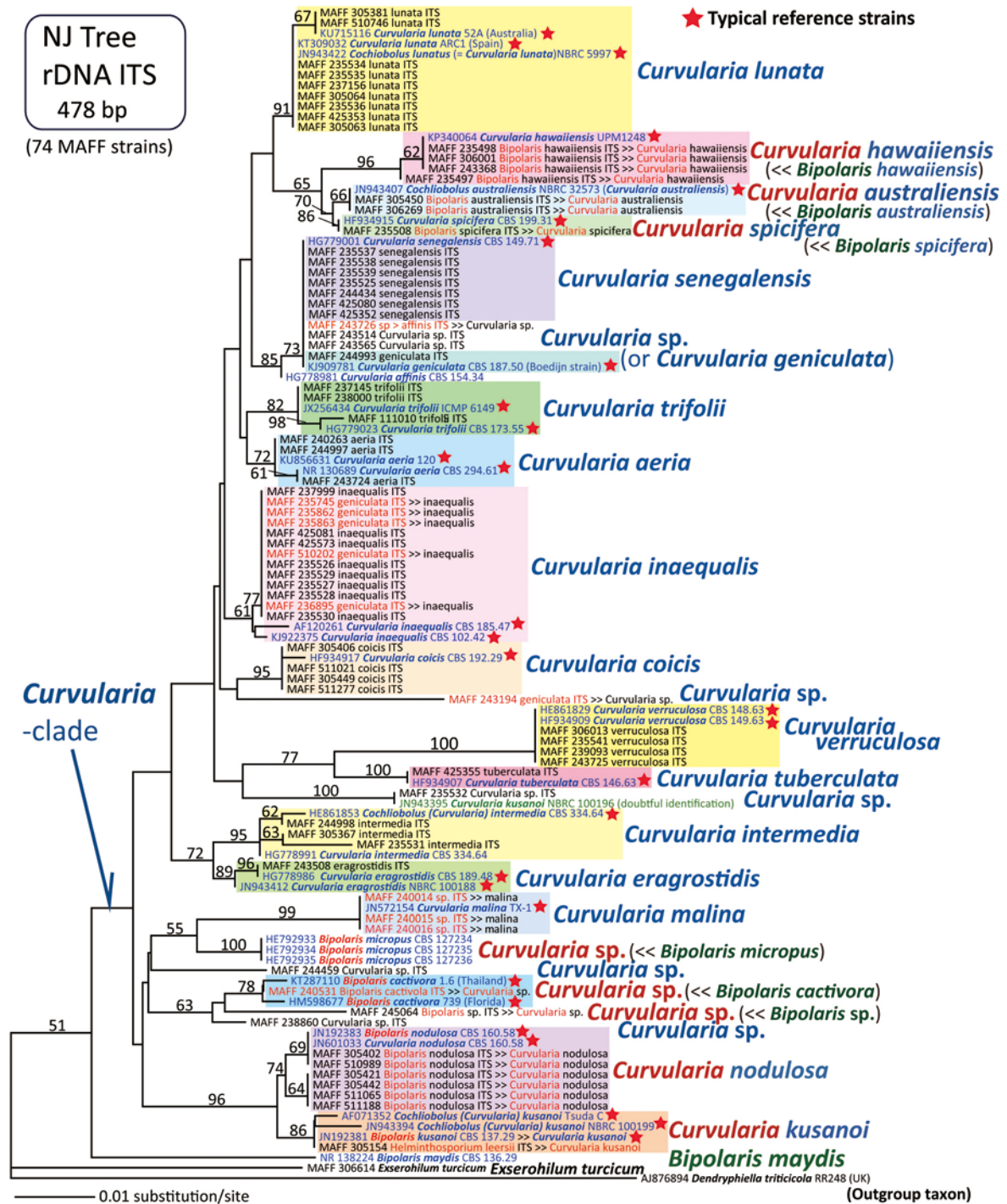


図-2 ジーンバンク保存の *Curvularia* 属菌株の同定確認と再分類 (分類検証)

ジーンバンク登録の76菌株についてリボソームDNAのITS領域のDNA塩基配列を決定して解析したところ、24種の *Curvularia* 属菌の登録が確認された (近隣結合法による系統樹; 星印は Genbank に保存される典型的菌株のデータ)。赤字は近年、*Bipolaris* 属より *Curvularia* 属に転属された種。

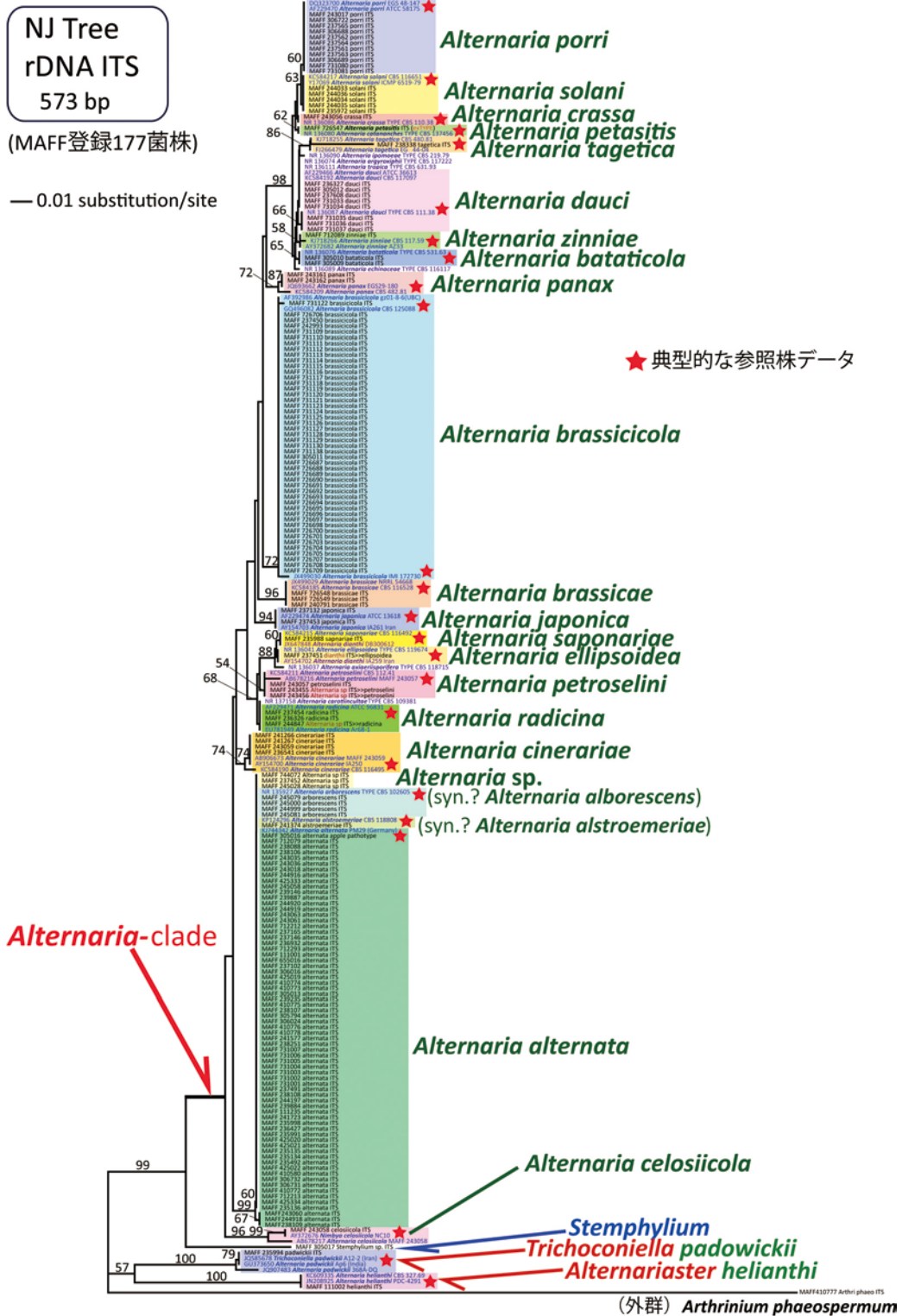


図-3 ジーンバンク保存の *Alternaria* 属菌株の同定確認と再分類 (分類検証)

ジーンバンク登録の177菌株についてリボソームDNAのITS領域のDNA塩基配列を決定して解析したところ、20種の*Alternaria*属菌が確認された(近隣結合法による系統樹;星印はGenbankに保存される典型的菌株のデータ)。赤字は近年、*Alternaria*属より転属された種。

領域を統一的に採用しなかったのは、*Fusarium* 属菌では一部の菌群 (*Fusarium fujikuroi* 種複合体や *Fusarium oxysporum* 種複合体) で本遺伝子領域に種内多形が存在し、系統解析に不向きであることが早い段階で知られたことによる (O'DONNELL and CIGELNIK, 1997)。この網羅的な遺伝子解析により、登録されている *Fusarium* 属の菌種について、同定誤りなどの訂正とともに、可能な範囲でその表示学名を分類学的に正しい最新の学名に更新することを進めている。*Fusarium* 属については次々と新しい種が記載されることと、*Fusarium solani* など、これまでは種の典型の位置が不明だった菌種も存在していたことから、本作業、特に種名の再確認については現在も進行中である。

### 3 卵菌類の学名管理

卵菌類に含まれる *Pythium* 属菌は、ストラメノパイル生物群に属し、真菌類とは系統学的に大きく異なる。近

年、遺伝子解析の手法が分類や系統進化の研究に導入され、これまでの形態的特徴に基づく分類と、遺伝子解析結果との相関について様々な問題が指摘されている。これまでに、従来型の形態などの表現形質に加えて、分子系統学的手法から本属の分類学的再検討が行われ、その結果として、従来の *Pythium* 属 (広義) は、現在 5 属 (*Pythium*, *Phytophythium*, *Globisporangium*, *Elongisporangium*, *Pilasporangium*) に再編された (BALA et al., 2010; UZUHASHI et al., 2010; 埋橋, 2011)。

ジーンバンクの微生物部門には、2017 年 11 月現在、広義の *Pythium* 属菌 861 株が保存されている。これら広義の *Pythium* 属について、バーコード遺伝子領域であるミトコンドリア・シトクロム c オキシダーゼ (cytochrome c oxidase subunit 1; *cox1*) 遺伝子領域に基づく学名の検証を行い、必要に応じて学名を変更するとともに、新分類体系に基づき学名を更新した。この作業により、登

表-1 塩基配列に基づく分類検証により学名変更 (転属も含む) した *Pythium* 属の菌株

変更後学名	登録時学名 (菌株数)
<i>Pythium acanthicum</i>	<i>Pythium acanthophoron</i> (3), <i>Pythium hydnosporum</i> (1)
<i>Pythium aphanidermatum</i>	<i>Pythium deliense</i> (2), <i>Pythium irregulare</i> (1), <i>Pythium</i> sp. (1)
<i>Pythium attrantheridium</i>	<i>Pythium intermedium</i> (1), <i>Pythium irregulare</i> (1), <i>Pythium</i> sp. (1)
<i>Pythium catenulatum</i>	<i>Pythium elongatum</i> (2), <i>Pythium pyrilobum</i> (2), <i>Pythium</i> sp. (1)
<i>Pythium dissotocum</i>	<i>Pythium appleroticum</i> (1)
<i>Pythium inflatum</i>	<i>Pythium torulosum</i> (2)
<i>Pythium irregulare</i>	<i>Pythium debaryanum</i> (6), <i>Pythium</i> sp. (2)
<i>Pythium middletonii</i>	<i>Pythium carolinianum</i> (1)
<i>Pythium myriotyllum</i>	<i>Pythium scleroteichum</i> (1), <i>Pythium ultimum</i> (1)
<i>Pythium nodosum</i>	<i>Pythium vexans</i> (1)
<i>Pythium oopapillum</i>	<i>Pythium afertile</i> (2), <i>Pythium irregulare</i> (1), <i>Pythium</i> sp. (1)
<i>Pythium perillum</i>	<i>Pythium graminicola</i> (11)
<i>Pythium plurisporium</i>	<i>Pythium graminicola</i> (1)
<i>Pythium rostratifingens</i>	<i>Pythium rostratum</i> (5), <i>Pythium ultimum</i> (1), <i>Pythium</i> sp. (1)
<i>Pythium scleroteichum</i>	<i>Pythium myriotyllum</i> (1)
<i>Pythium spinosum</i>	<i>Pythium irregulare</i> (3), <i>Pythium</i> sp. (1)
<i>Pythium splendens</i>	<i>Pythium</i> sp. (2)
<i>Pythium sylvaticum</i>	<i>Pythium aphanidermatum</i> (1), <i>Pythium debaryanum</i> (1), <i>Pythium irregulare</i> (2), <i>Pythium</i> sp. (1)
<i>Pythium torulosum</i>	<i>Pythium aphanidermatum</i> (1)
<i>Pythium ultimum</i>	<i>Pythium aphanidermatum</i> (2), <i>Pythium</i> sp. (Group HS) (1), <i>Pythium</i> sp. (2)
<i>Pythium</i> sp.	<i>Pythium acanthicum</i> (1), <i>Pythium catenulatum</i> (1), <i>Pythium debaryanum</i> (1), <i>Pythium dissimile</i> (1), <i>Pythium echinulatum</i> (6), <i>Pythium elongatum</i> (1), <i>Pythium graminicola</i> (7), <i>Pythium hydnosporum</i> (1), <i>Pythium inflatum</i> (2), <i>Pythium intermedium</i> (2), <i>Pythium irregulare</i> (4), <i>Pythium macrosporium</i> (1), <i>Pythium marsipium</i> (1), <i>Pythium megalacanthum</i> (6), <i>Pythium paroecandrum</i> (1), <i>Pythium rostratum</i> (4), <i>Pythium salpingophorum</i> (1), <i>Pythium sylvaticum</i> (1), <i>Pythium ultimum</i> (3), <i>Pythium vexans</i> (1)
<i>Phytophythium helicoides</i>	<i>Pythium aphanidermatum</i> (1), <i>Pythium carolinianum</i> (1), <i>Pythium debaryanum</i> (1), <i>Pythium</i> 'group F' (1), <i>Pythium oedochilum</i> (5), <i>Pythium splendens</i> (1), <i>Pythium</i> sp. (2)
<i>Phytophythium litorale</i>	<i>Pythium</i> sp. (Group P) (1)
<i>Phytophythium mercuriale</i>	<i>Pythium carolinianum</i> (1)
<i>Phytophythium</i> sp.	<i>Pythium carolinianum</i> (1), <i>Pythium helicoides</i> (3), <i>Pythium intermedium</i> (1), <i>Pythium irregulare</i> (1)
<i>Phytophythium vexans</i>	<i>Pythium</i> sp. (1)
<i>Globisporangium oryzaicola</i>	<i>Pythium rostratum</i> (1), <i>Pythium ultimum</i> (15), <i>Pythium</i> sp. (3)
Unidentified Zygomycetous fungus	<i>Pythium</i> sp. (1)

表-2 分類変遷に基づき学名変更(転属)した *Pythium* 属の菌株

変更後学名	登録時学名	菌株数
<i>Phytophythium helicoides</i>	<i>Pythium helicoides</i>	26
<i>Phytophythium oedochilum</i>	<i>Pythium oedochilum</i>	3
<i>Phytophythium vexans</i>	<i>Pythium vexans</i>	4
<i>Phytophythium</i> sp.	<i>Pythium</i> sp.	9
<i>Pilasporengium apinafurcum</i>	<i>Pythium apinafurcum</i>	6
合計		48

録菌株の信頼性の向上を図り、得られた塩基配列データをデータベース上で公開し、その拡充を行った。以下に、その具体的成果を示したい。

まず、全 861 菌株について *cox1* 領域の塩基配列を決定した。これらの配列は、GenBank より得た信頼性の高い配列 (ROBIDEAU et al., 2011 等) と比較し、これら既知の配列を含めた分子系統樹を作成して学名の検証を行った。また、既知の配列との類似性が低い菌株などは、さらに ITS 領域の塩基配列や形態観察を行って、それらの結果にも基づいて検証を行い、必要と判断した場合に学名を変更した。その結果、*Pythium* 属のジーンバンク登録菌株について、属名の変更を含めて、その半数以上に学名の更新が必要と判断された。まず、表-1 に示す 159 株を種の再同定として、その学名を更新した。また、最新の分類体系に基づき、*Pythium* 属から *Phytophythium* 属へ 42 株、*Pilasporengium* 属へ 6 株の学名変更を行った(表-2)。なお、*Globisporangium* 属、*Elongisporangium* 属への学名更新についても、今後さらに検討中である。今後、他の卵菌類各属についても同様に学名検証を進めていきたい。

## II 植物病原細菌の学名管理

ジーンバンクでは、現時点(2017年11月)で81属7,731株の細菌を公開・配布している。この中には、植物病原細菌をメンバーとして含む属が19属含まれており、合計4,780株の植物病原細菌・植物関連細菌(根粒菌は除く)が公開されている。前段で示した真菌類と同様に、これら細菌の分類体系も、近年の遺伝子・ゲノムに基づいた研究の進展に伴って大きく変わりつつある。そのため、それ以前に同定され、登録された菌株の中には、表示学名を見直す必要が生じているものも存在する。そこで、ジーンバンクでは現在、分類指標となる遺伝子の配列を決定したうえで、それを利用した MultiLocus Sequence Analysis (MLSA) を実施するとともに、分類群に応じて適宜、その他の手法も活用しながら、所蔵する植物病原細菌・植物関連細菌を再同定し、表示学名を修正・更

新する作業を進めている。なお、その際の学名表記は、List of prokaryotic names with standing in nomenclature (<http://www.bacterio.net/>) に収録されたものに基づいている(ただし、命名者が3名以上の場合も省略せず、「and」で結んでいる)。

### 1 植物病原性 *Rhizobium* 属細菌

植物病原性 *Rhizobium* 属細菌 (= *Agrobacterium* 属細菌) を対象としてジーンバンクが進めてきた学名更新作業は、2013年度に完了することができた。その詳しい経緯については既に報告しているので(澤田ら, 2014)、ここでは概略と今後の展望について簡単に記したい。

根頭がんしゅ病菌や毛根病菌(一部、非病原菌も含む)は、病原性に基づいた人為分類のもとで、長らく *Agrobacterium* 属として一つにまとめられてきた(表-3のAあるいはB欄の分類体系)。しかし、分子系統解析の成果をもとに、*Agrobacterium* 属と *Rhizobium* 属を統合して一つの属 (*Rhizobium* 属) として扱うという提案が2001年に出され (YOUNG et al., 2001)、ようやく自然分類・系統分類に沿った枠組みが実現した(表-3のC欄)。それによって、根頭がんしゅ病菌や毛根病菌の分類体系は、「科学的な合理性」と「道具としての利便性」を兼ね備えたものとなり、特に細菌分類学分野で広く使われるようになっていった(澤田ら, 2014)。

一方、ジーンバンクが所蔵する根頭がんしゅ病菌や毛根病菌は、その当時、表-3のAに基づく学名が付与された菌株と、Bに基づく学名で表記された菌株とが混在しており、学名を見ただけではその判別がつかないという極めて混乱した状況にあった。そこで、混乱を解消するために、合理性と利便性を備えたCの分類体系に従って表示学名を更新することを目指し、再同定作業を開始した。すなわち、所蔵する244株を対象として、16S rRNA 遺伝子に基づく分子系統解析と、*atpD*, *recA*, *glnA* を用いた MLSA 解析を行うとともに、PCR 検定、接種試験等の結果も組合せることによって各菌株の再同定を行った。そして、その結果に基づいて2013年10月に、登録菌株のすべての表示学名を表-3Cの分類体系へと更新することができた(澤田ら, 2014)。

さらに、PCR 検定や接種試験の結果に基づいて各菌株の病原性タイプを明らかにしたうえで、表示学名にその情報を付記するという作業も同時に行った。その結果、表示学名を見ただけで、その菌株が根頭がんしゅ病菌 (Ti)、毛根病菌 (Ri)、非病原菌 (nonpathogenic) のいずれに相当するのかがわかるようになり、ユーザーの利便性向上に大きく寄与できたのではないかと考えている。なお、このような形で病原性に関する情報をユーザ

表-3 日本産の主要な根頭がんしゅ病菌・毛根病菌<sup>a)</sup>における学名の変遷<sup>b)</sup>

種レベルの 分類群 <sup>a)</sup>	分類体系	A	B	C	D
	特徴 <sup>c)</sup>	病原性に基づいた 人為分類 属・種レベルは1942年、 biovarは1980年代に成立	種レベルへの 系統分類の導入 1990年代前半に成立	属レベルへの 系統分類の導入 2001年に成立	MLSA <sup>d)</sup> に基づいた Cの属の細分化 2015年に提案
①	(根頭がんしゅ病菌)	<i>A. tumefaciens</i> biovar 1	<i>A. radiobacter</i> (Ti)	<i>R. radiobacter</i> (Ti)	<i>A. radiobacter</i> (Ti)
	(毛根病菌)	<i>A. rhizogenes</i> biovar 1	<i>A. radiobacter</i> (Ri)	<i>R. radiobacter</i> (Ri)	<i>A. radiobacter</i> (Ri)
	(非病原菌)	<i>A. radiobacter</i> biovar 1	<i>A. radiobacter</i> (nonpathogenic)	<i>R. radiobacter</i> (nonpathogenic)	<i>A. radiobacter</i> (nonpathogenic)
②	(根頭がんしゅ病菌)	<i>A. tumefaciens</i> biovar 2	<i>A. rhizogenes</i> (Ti)	<i>R. rhizogenes</i> (Ti)	<i>R. rhizogenes</i> (Ti)
	(毛根病菌)	<i>A. rhizogenes</i> biovar 2	<i>A. rhizogenes</i> (Ri)	<i>R. rhizogenes</i> (Ri)	<i>R. rhizogenes</i> (Ri)
	(非病原菌)	<i>A. radiobacter</i> biovar 2	<i>A. rhizogenes</i> (nonpathogenic)	<i>R. rhizogenes</i> (nonpathogenic)	<i>R. rhizogenes</i> (nonpathogenic)
③	(根頭がんしゅ病菌)	<i>A. tumefaciens</i> biovar 3	<i>A. vitis</i> (Ti)	<i>R. vitis</i> (Ti)	<i>All. vitis</i> (Ti)
	(非病原菌)	<i>A. radiobacter</i> biovar 3	<i>A. vitis</i> (nonpathogenic)	<i>R. vitis</i> (nonpathogenic)	<i>All. vitis</i> (nonpathogenic)

<sup>a)</sup> 我が国には、根頭がんしゅ病菌/毛根病菌を含む菌種が3種類（ここでは①，②，③で示した）確認されている（澤田ら，2014）。

<sup>b)</sup> 同じ行にある学名同士は全く同じ実体を指し示している。したがって、ある菌株に付けられた学名は、同一行上の他の学名にそのまま読み替えができる。

A : *Agrobacterium*, R : *Rhizobium*, All : *Allorhizobium*.

<sup>c)</sup> それぞれの分類体系の特徴と、成立した年代を示した。詳細は澤田ら（2014）を参照。

<sup>d)</sup> MLSA : MultiLocus Sequence Analysis.

ーに提示するサービスは、他の微生物保存機関では見当たらないことから、ジーンバンク独自のものと自負している。

以上の学名更新作業の仕上げとして、対照菌株として利用できるような典型的な菌株を選び、「推奨菌株」としてユーザーに提示することを行った。すなわち、菌種/病原性タイプごとに、来歴や特性等も考慮しながら、系統的な位置づけや分類学的な試験性状が可能な限り典型的と思われる菌株を選び出し、「推奨菌株（分類・同定試験用の対照菌株）」としてまとめた。また、同様にして、TiあるいはRiプラスミドを保持しており、病原性を有していることが確認できた菌株の中から、分離源植物ごとに代表的なものを選び出して「推奨菌株（接種試験用の対照菌株）」として提示した。これらはジーンバンクの推奨菌株ページ ([http://www.gene.affrc.go.jp/?mc\\_aprv#rhizobium](http://www.gene.affrc.go.jp/?mc_aprv#rhizobium)) において、関連情報とともに一覧表示してある（澤田ら，2014）。

ところで、細菌の分類体系を構築する際、種レベルに関しては絶対的な分類基準〔DNA-DNA 相同値や Average Nucleotide Identity (ANI) 値〕が設けられているのに対し、属以上の階級にはそのような明確な基準は存在しない。そのため、属以上の分類の枠組みは決して固定的ではなく、技術の進歩や新たな考え方のもとで、様々

な新提案が続々と公にされているというのが実情である。その中には受け入れられずに消えていくものもあれば、広く普及し、それまでの分類と置き換わるものもある。*Rhizobium* 属も例外ではなく、最近になって新たな考え方が示されているので、そのうちの一つ（Mousavi et al., 2015）を紹介したい（表-3のD欄）。この新提案では、Young et al. (2001) の定義した *Rhizobium* 属（表-3のC欄）を、多数の属に細分することが目指されている（最終的には、10以上の属を設けることが想定されているようである）。このMousavi et al. (2015) の提案に従うと、我が国に分布している3種類の根頭がんしゅ病菌・毛根病菌（表-3における①～③）は、それぞれ別の属（*Agrobacterium*, *Rhizobium*, *Allorhizobium*）に分割されることになる（表-3のD欄）。しかし、このDの新提案が今後、広く普及するか否かに関しては今のところ予測不可能であること、仮に将来、Dが使われるようになったとしても、Cの学名から容易に読み替えができることから、現時点ではCに従って学名表記を行うのが最も無難と考えている。

## 2 *Pseudomonas* 属, *Xanthomonas* 属細菌

*Pseudomonas* 属には、植物の病害や霜害の原因菌、生物防除や植物の成長促進への利用が期待される菌群等が含まれており、植物病理学分野にとって重要な研究対象

となっている。ジーンバンクでは本属菌を対象として、16S rRNA 遺伝子と *rpoD* の連結配列を利用した分子系統解析を行い、その表示学名の妥当性について検討を行ってきた。その結果、所蔵する 1,129 株のうち、981 株に関しては、その表示学名を確認・更新することができた。しかし、検証作業の過程で、*P. marginalis*, *P. syringae* 群細菌、*P. corrugata*, *P. fluorescens*, *P. putida* 等の菌群では、その分類体系そのものに問題が残されているために、明確に結論づけられない事例が多数見いだされてきた。今後、これらの菌群については、問題の解決を目指して分類研究をさらに進める必要があると考えている。なお、本属の学名管理にかかわるこのような問題点については、改めて本誌5月号で詳しく報告する予定である。

*Pseudomonas* 属と同様に、多くの植物病原細菌を含む *Xanthomonas* 属についても、植物病理学分野で盛んに研究が行われてきた。ジーンバンクでは 1,390 株を公開・配布しており、現在、16S rRNA 遺伝子と *gyrB* の連結配列を利用してこれらの表示学名の検証作業を開始したところである。また、このうちの *X. arboricola* については、ジーンバンクで開発した PCR 実験系（澤田ら、2017 a）も併用し、作業を進めている。

### 3 *Ralstonia* 属, *Rhizobacter* 属, *Erwinia* 関連細菌

植物病原細菌は多様性に富んでおり、それぞれの分類群ごとに特有な分類上の問題を抱えているため、そのすべての学名管理をジーンバンク単独で行うことは難しい場合がある。そこで、そのような分類群については、ジーンバンク以外の専門家のご協力を仰ぎ、外部委託という形で再同定を実施していただいている。これまでに、*Ralstonia* 属細菌 354 株と *Rhizobacter* 属細菌 17 株の表示学名について、それぞれ、堀田光生博士（農研機構 農業環境変動研究センター）と河原崎秀志博士（農業・環境・健康研究所）に検証していただいた。その成果はジーンバンクの遺伝資源データベースに既に反映済みであり、さらに、関連情報とともに微生物遺伝資源利用マニュアルとしてもまとめられ、公開されている（堀田・土屋、2012；河原崎、2014）（[http://www.gene.affrc.go.jp/?pub#micro\\_manual](http://www.gene.affrc.go.jp/?pub#micro_manual)）。また、*Erwinia* 関連細菌（*Brenneria*, *Dickeya*, *Enterobacter*, *Pantoea*, *Pectobacterium* を含む）459 株については、現在、瀧川雄一教授（静岡大学）に検証作業を進めていただいているところである。

### 4 新しい解析手法の導入

植物病原細菌の学名管理はこれまで主に分子系統解析に基づいて実施してきたが、その信頼性をさらに向上させるには、複数の視点に基づいてクロスチェックすることが重要である。そのため、必要に応じて表現形質・

PCR による検査や接種試験も併用してきたが、それに加えて、以下に述べるような新しい解析手法の導入も進めているところである。

#### (1) MALDI-TOF MS 分析

リボソームタンパク質のアミノ酸配列は細菌の菌種ごとに異なっていることから、質量分析法を利用してその違いを検出し、被検菌を迅速同定する検査手法が開発されている。本手法ではまず、マトリックス支援レーザー脱離イオン化飛行時間型質量分析装置（MALDI-TOF MS）を用い、リボソームタンパク質を主成分とするマススペクトルを被検菌から取得する。そのうえで、そのデータを既知菌種のデータベースと照合し、一致する菌種を絞り込むことによって、被検菌が属～亜種レベルで同定できる。ジーンバンクでは、2017 年初めから本手法を登録菌株の再同定に活用しているところである（澤田ら、2017 b）。さらに、登録菌株の再同定だけでなく、新たに作製した配布標品（凍結乾燥アンプル）の品質管理にも本手法を導入し、菌株の取り違いやコンタミといったトラブルを未然に防止することにも利用している。すなわち、アンプルを作製してから 1 か月経過した時点で、当該ロットの中の 1 本を用いて復元培養を行ったうえで、本手法による同定試験を実施し、問題のあることが判明した場合はそのロットの配布を中止することになっている。以上の 2 段階の措置によって、表示学名と配布標品のいずれに関しても、信頼性が飛躍的に向上するものと期待しているところである。

#### (2) ゲノム解析

近年のゲノム塩基配列決定技術の進歩は凄まじく、最近では膨大なゲノム情報が蓄積・公開されてきている。さらに、これらの情報を利用することによって、分類体系の見直しや、新たな同定技術の開発等の試みもなされている。このような成果を学名管理へと導入すべく、ジーンバンクでは、藤川貴史博士（農研機構 果樹茶業研究部門）にご協力いただきながら、キウイフルーツかいよう病菌（*P. syringae* pv. *actinidiae*）やその近縁細菌のゲノム解析に取り組んでいるところである。そして、得られた情報を元に、これら登録菌株の分類上の位置づけを確定し、分類群特異的なゲノム領域を抽出したうえで同定用プライマーを設計して、日常的な品質管理に利用できる PCR 検定技術の開発を進めている（FUJIKAWA and SAWADA, 2016；澤田ら、2017 b）。

## III 植物ウイルスの学名管理

ジーンバンクで公開されているウイルス・ウイロイドの学名管理は、基本的に International Committee on



Taxonomy of Viruses (ICTV, 国際ウイルス分類委員会, <https://talk.ictvonline.org/>) の規定に従って行っている。ICTVは隔年でウイルスの分類に関する報告書を公表しており(大木, 2001; 2005; 2013), 第10次報告は2016年にリリースされweb上で閲覧することができる。印刷されたものとしては2011年に出版された第9次報告が最新のものとなる。本稿では第9次報告を中心に, 第10次報告で変更された部分にも触れながら, ジーンバンクでのウイルス学名管理の現状を記述したい。なお, ジーンバンクでは現時点で機械的接種が可能なウイルス・ウイロイドについてのみ収集・保存・配布を行っている。

1,300ページを超える印刷版第9次報告の中で, ウィルスはまず粒子に含まれるゲノム核酸の性状と, 増殖機構に基づくボルティモア分類(BALTIMORE, 1971)により大きく7グループ(I. 二本鎖DNAウイルス, II. 一本鎖DNAウイルス, III. 二本鎖RNAウイルス, IV. 一本鎖RNA+鎖ウイルス, V. 一本鎖RNA-鎖ウイルス, VI. 一本鎖RNA逆転写ウイルス, VII. 二本鎖DNA逆転写ウイルス)に分けられる(表-4)。それぞれのグループの中にはゲノムの基本的構造や粒子の大きさ, 形態といったいくつかの性質を共有するウイルスをまとめた大きな分類群「目 order」があり, さらにこれを遺伝子配列や宿主範囲等の性質により「科 family」, 「属 genus」

表-4 ウィルス・ウイロイドのボルティモアによる分類

ウイルス/ 核酸の性状・増殖様式	目 (Order)	科 (Family)/ 亜科 (Subfamily)	属 (Genus)	種 (Species)/略称 <sup>1)</sup>	MAFF 番号 (一例)
二本鎖 DNA			ICTV 未認定	<i>Bacillus subtilis (natto) phage</i> <sup>2)</sup>	270100~ 270120
一本鎖 DNA	未設定	<i>Geminiviridae</i>	<i>Begomovirus</i>	<i>Tomato yellow leaf curl virus</i> /TYLCV	所蔵なし
	未設定	<i>Nanoviridae</i>	<i>Babuvirus</i>	<i>Banana bunchy top virus</i> /BBTV	所蔵なし
二本鎖 RNA	未設定	<i>Reoviridae</i> / <i>Sedoreovirinae</i>	<i>Phytoreovirus</i>	<i>Rice dwarf virus</i> /RDV	105001
	未設定	<i>Partitiviridae</i>	<i>Alphapartitivirus</i>	<i>White clover cryptic virus 1</i> /WCCV-1	所蔵なし
			ICTV 未認定	<i>Adonis mosaic virus</i> /AdMV (YASAKI et al., 2017)	260196
	<i>Tymovirales</i>	<i>Betaflexiviridae</i> / <i>Quinvirinae</i>	<i>Carlavirus</i>	<i>Butterbur mosaic virus</i> /ButMV	104006
一本鎖 RNA + 鎖	未設定	未設定	<i>Sobemovirus</i>	<i>Soybean yellow common mosaic virus</i> /SYCMV	307034, 307035
	未設定	<i>Bromoviridae</i>	<i>Cucumovirus</i>	<i>Cucumber mosaic virus</i> /CMV	104010~ 104016
	未設定	<i>Virgaviridae</i>	<i>Tobamovirus</i>	<i>Tomato mosaic virus</i> /ToMV	260004~ 260013
一本鎖 RNA - 鎖	<i>Bunyavirales</i>	<i>Tospoviridae</i>	<i>Orthotospovirus</i>	<i>Tomato spotted wilt orthotospovirus</i> /TSWV	260145~ 260149
	<i>Bunyavirales</i>	<i>Phenuiviridae</i>	<i>Tenuivirus</i>	<i>Rice stripe tenuivirus</i> /RSV	所蔵なし
	<i>Mononegavirales</i>	<i>Rhabdoviridae</i>	<i>Nucleorhabdovirus</i>	<i>Rice yellow stunt nucleorhabdovirus</i> /RYSV	所蔵なし
一本鎖 RNA・逆転写	未設定	<i>Metaviridae</i>	<i>Metavirus</i>	<i>Arabidopsis thaliana Athila virus</i> /AthAthV	所蔵なし
二本鎖 DNA・逆転写	未設定	<i>Caulimoviridae</i>	<i>Caulimovirus</i>	<i>Cauliflower Mosaic virus</i> /CaMV	104018~ 104022
ウイロイド/ 核酸の性状・増殖様式	目 (Order)	科 (Family)/ 亜科 (Subfamily)	属 (Genus)	種 (Species)/略称 <sup>1)</sup>	MAFF 番号 (一例)
一本鎖 RNA・対称型 ローリングサークル	未設定	<i>Ausunviroidae</i>	<i>Pelamoviroid</i>	<i>Chrysanthemum chlorotic mottle viroid</i> / CChMVd	712387
一本鎖 RNA・非対称型 ローリングサークル	未設定	<i>Pospiviroidae</i>	<i>Pospiviroid</i>	<i>Chrysanthemum stunt viroid</i> /CSVd	260079~ 260082
	未設定	<i>Pospiviroidae</i>	<i>Apscaviroid</i>	<i>Citrus viroid V</i> /CVd-V	672018

<sup>1)</sup> ICTVの規定により略称はローマン体で記載する。

<sup>2)</sup> ジーンバンクで公開中のバクテリオファージについては慣用的な表記を使用。

に分ける。科と属の間に「亜科 subfamily」を設けることもあり、最後に「種 species」が設定されている。正式なウイルス名については目に対して～virales, 科に対して～viridae, 亜科に対して～virinae, 属に対して～virus, の接尾辞を付け、大文字から始まるイタリック体で記載する。しかし「cucumber mosaic virus coat protein」のように形容語句として用いたり、ウイルスの集合体として記述する場合は、イタリック体でなくても差し支えない。

現在ジーンバンクには 91 種 375 株の植物ウイルスが収蔵されている。遺伝資源データベースに表示されているウイルスの学名は、種名(属名)の順に記載されているが、イタリックとローマン体の記載が混在している。これは ICTV が定めている「ICTV の認定種はイタリック体、暫定種はローマン体で学名を記載する」というルールに従ったものであり、未認定種についてもローマン体で記載している。これらのウイルス種は解析が進むと記載形式が変わる可能性があり、ジーンバンクでも順次更新する予定である。

ウイルスの分類も性状解析技術の進歩により変更を重ねてきている。例えば *Virgaviridae* (ビルガウイルス科) の *Tobamovirus* (トバモウイルス属) に属していた *Tobacco mosaic virus* の複数の strain (系統) や、*Tombusviridae* (トンプスウイルス科) の *Tobacco necrosis virus* の A と D の二つの系統は、現在はそれぞれ独立した「種」として扱われている。そこでジーンバンクで保有していたウイルスも塩基配列の解析の結果に基づいた再分類を行うこととし、9 株の *Tobacco mosaic virus*, 6 株の *Tobacco necrosis virus* および 6 株の *Broad bean wilt virus 1* の再分類を行った(一木(植原)ら, 2016)。

いくつかのウイルス種の場合、どの範囲で属、種、系統を決定するのは難しい判断が必要となる。なぜならば、属や種、系統を決定する絶対的・普遍的な基準が定められておらず、それぞれの科や属によって種の区分基準が少しずつ異なっているからである。そのような現状で、ウイルスゲノムの塩基配列は、相同性を比較し数量的に評価できるため、多くのウイルスで区分基準として使われている。ジーンバンクではこの基準を基にして別種として再登録したウイルスもある。例えば MAFF 307034 は 1971 年、MAFF 307035 は 1984 年にダイズから分離され、粒子の形状や血清による解析により *Southern bean mosaic virus* (SBMV) として登録された。これらのウイルス株の塩基配列を調べるため、SBMV の特異的プライマーによる RT-PCR を行ったが増幅しなかったため、最新の解析手法の一つとして着目していた

次世代シーケンス (NGS) を用いてゲノム RNA の塩基配列を解析したところ、日本では未報告であった *Soybean yellow common mosaic virus* (SYCMV) である可能性が極めて高いことが明らかとなった(一木(植原)ら, 2017)。NGS の結果を基にプライマーを設計し、ほぼ全長をダイレクトシーケンス法で決定してウイルスゲノム全体の相同性を調べた結果、いずれも SYCMV とは 90% 以上の相同性があった一方で、SBMV とは 70% 程度の相同性となった。そこでこのウイルスが属する *Sobemovirus* (ソベモウイルス属) の分類基準、「全ゲノムの塩基配列の相同性が 75% 以下であるものを異種とする」に従って MAFF 307034 と MAFF 307035 は SYCMV として再同定して GenBank に登録し (Accession No. LC332541, LC332542), 併せてジーンバンクでも公開した。

この株も含めたジーンバンクのウイルス株については、外被タンパク質(複数のタンパク質から構成されているウイルスでは主要な成分のみ)をコードする遺伝子の塩基配列を解読し公開しており、ユーザーの研究の一助としている。

ジーンバンクではウイロイドも公開している。ウイロイドは ICTV ではサブウイルスという位置づけで、分類基準もウイルスに準拠したものとなっている。ウイロイドは現時点で最小の植物病原体であり、動物での検出例はない。二つの科に分類され、*Pospiroviroidae* (ポスピウイロイド科) は、非対称型ローリングサークルと呼ばれる複製様式で宿主の核内において増殖し、*Ausunviroidae* (アブサンウイロイド科) は、対称型ローリングサークルと呼ばれる複製様式で葉緑体内において増殖することが知られている(佐野, 2010; 松下, 2016)。現在ジーンバンクでは 2 科 5 属 10 種のウイロイドを公開している。

#### IV 学名のデータベース管理

ジーンバンクでは、微生物部門だけでなく、すべての部門において取り扱う遺伝資源の生物学名(植物、昆虫を含む動物、微生物についての学名)を一括してデータベースで管理している(川田ら, 2000)。微生物部門においては、放線菌を含む細菌や、酵母や糸状菌を含む真菌、植物・動物ウイルス、原虫・線虫等を含んでおり、さらに微生物株の分離源となる植物や動物・昆虫等も対象となる。それぞれの学名を規定する命名規約に応じた、著者名や設立年を含むフルでの学名表記と、見出し語等、簡易表示のために著者名と設立年を除いた略記形式での学名表記の 2 種類を、データ・コードとして管理し、利用している(学名のイタリックで記述される部分

#### 微生物遺伝資源の詳細

MAFF番号	410883
微生物種類	糸状菌
学名	<i>Fusicolla matuoi</i> (Hosoya et Tubaki) Graefenhan et Seifert
登録時学名	<i>Fusarium matuoi</i> Hosoya et Tubaki
同定者	細矢剛
分類学上の基準	(ex) Type strain, 推奨株
分離源	ネムノキ
分離部位	枝
採集地	山形(最上郡真室川町釜淵)
採集日	1958/10
分離者	小林享夫

図-4 ジーンバンクのwebカタログ上での学名表示の例

本菌株の場合、*Fusarium matuoi* (タイプ由来株、分離者：小林享夫氏、同定者：細矢剛氏) が分類学的変遷により、*Fusicolla matuoi* に転属 (*Fusarium* 属から *Fusicolla* 属に) されたことから、その組替え後の最新学名を「学名」として見出し表示している。

についての情報も併せて記録している)。

ジーンバンクが保有する微生物は、そのジーンバンクへの登録時点で提供された登録情報に基づく学名(登録時学名)を持ち、その学名によって論文などの公表が行われているものと捉えており、ジーンバンクのwebカタログ ([http://www.gene.affrc.go.jp/?db\\_mc](http://www.gene.affrc.go.jp/?db_mc)) には登録時学名を必ず表示している。また、当該微生物株が再同定されたり、分類研究の推移の結果、別の学名に再分類され、年月の経過により微生物株の登録時の学名が必ずしも正しい分類位置を示さないこともある。そのような分類学上の変更があった場合には、可能な限りその変遷をデータとして記録し、最新の学名を把握するように努力している。再同定により登録微生物株の学名が変更される場合も同様に記録、管理している。

これら学名の変遷や個々の微生物株の再同定記録の情報は、時系列に従ってデータベースに蓄積し、webカタログでは蓄積された学名情報のうち、登録時学名と(登録時学名と異なる場合には)最新の学名とを併記して表示している(図-4)。

#### おわりに

本稿では、現在、農業生物資源ジーンバンク事業の微生物部門で行っている登録微生物保存株の学名管理について、真菌類、植物病原細菌、植物ウイルスの微生物群ごとに概説した。

従来、微生物の分類は形態的特徴や生理的性質、含まれる化学成分、植物病原菌等の場合にはその病原性などの主に表現形質に基づいて行われてきた。遺伝子解析手法の導入に伴った、DNA塩基配列に基づく分子系統解析による分類学的再評価は、これまでの微生物の分類学

に衝撃的な変化をもたらし、過去に分類された大半の分類群においてその再研究を余儀なくされた。この革新的な変化はここ20~30年のごく短期間に行われており、ジーンバンクにおいても過去に登録、保存された微生物株については順に見直しを行う必要に迫られていた。農業生物資源ジーンバンク事業では約10年前から一部の菌群を手始めに分類学的再評価を開始して、推奨菌株セットなどの提供を行い、前期5か年計画期間である2011年より網羅的なDNA塩基配列データの蓄積を、2016年度からはその蓄積データを基にした分類学的再検討(分類検証)の活動を本格化している。現在はまだ道半ばであるが、目指すところは、配布提供用のすべての保存菌株にその学名を裏付けるDNA塩基配列データを添付・公開することにある。

一部の植物病原微生物では、その宿主範囲や品種特異性に基づいて、「forma specialis (分化型)、pathovar (病原型)、race (レース)」等の変種以下の階級が設けられている場合がある。このような階級における位置づけを検証するには、多くの植物種を準備したうえで、大規模な接種試験を実施することが必要となる。しかし、ジーンバンクの施設・マンパワーを考えると、多数の登録菌株でこのような試験を行うことは実際上不可能であり、残念ながら実現の目処はまったく立っていない。該当するような菌種を研究されている専門家やユーザーのご協力をいただくことができればと考える次第である。

微生物の分類体系は固定されているわけではなく、これまで行われてきたように、今後も将来に亘って常に変化し続けるであろうと思われる。したがって、学名更新作業は一度行ってしまえば「お終い」という訳にはいかず、必要に応じて何度も繰り返すことが重要である。そ

の際は、新たな提案の妥当性について慎重に吟味したうえで、解析手法の進歩も積極的に取り込みながら、表示学名のさらなる信頼性向上に寄与していきたいと考えている。現状での表示学名については、その学名を表示している根拠となる情報（DNA塩基配列など）を客観的視点として、菌株とセットにして提供していきたい。

今後とも農業生物資源ジーンバンクに対するご理解とご協力をお願いして、本稿を終えたい。

**謝辞** 農業生物資源ジーンバンク微生物部門の委託課題として、これまでも多くの保存微生物株について、その分類検証を専門家の先生方に依頼し、貴重な検討結果をいただいている。個々の先生方のお名前は特に表記しないが、この場を借りて厚く御礼を申し上げたい。また、日ごろから、ジーンバンクにおける微生物データベースの構築と保守管理に尽力されている遺伝資源センターの情報部門のスタッフと微生物株の分類検証を行ううえで準備作業を行っている当チームの契約職員の皆さんにも感謝したい。

#### 引用文献

- 1) 青木孝之 (2015): 日菌報 **56**: 49~67.
- 2) Aoki, T. et al. (2014): J. Gen. Plant Pathol. **80**: 189~201. (抄訳: 日植病報 80 別冊: 1~8, 2014)
- 3) 青木孝之・岡田 元 (2017): 日菌報 **58**: 59~66.
- 4) BALA, K. et al. (2010): *Persoonia* **24**: 136~137.
- 5) BALTIMORE, D. (1971): *Bacteriol. Rev.* **35**: 235~241.
- 6) FUJIKAWA, T. and H. SAWADA (2016): *Sci. Rep.* **6**: 21399; doi:10.1038/srep21399.
- 7) 堀田光生・土屋健一 (2012): 微生物遺伝資源利用マニュアル **12** (改訂第2版): 1~32.
- 8) 一木 (植原) 珠樹ら (2016): 日本微生物資源学会誌 **32**: 39~47.
- 9) ————ら (2017): 環境微生物系学会合同大会 2017 講要: 54.
- 10) 川田真佐枝ら (2000): 農業生物資源研究所研究資料 **15**: 1~16.
- 11) 河原崎秀志 (2014): 微生物遺伝資源利用マニュアル **35**: 1~7.
- 12) 松下陽介 (2016): 化学と生物 **54**(3): 170~175.
- 13) MOUSAVI, S. A. et al. (2015): *Syst. Appl. Microbiol.* **38**: 84~90.
- 14) O'DONNELL, K. and E. CIGELNIK (1997): *Mol. Phylo. Evol.* **7**: 103~116.
- 15) 大木 理 (2001): 日植病報 **67**: 3~11.
- 16) ———— (2005): 植物防疫 **59**: 521~524.
- 17) ———— (2013): 植物ウイルス病研究会レポート 11号: 41~46.
- 18) ROBIDEAU, G. P. et al. (2011): *Mol. Ecol. Resour.* **11**: 1002~1011.
- 19) 佐野輝男 (2010): ウイルス **60**(2): 177~186.
- 20) 澤田宏之ら (2014): 日本微生物資源学会誌 **30**: 13~27.
- 21) ————ら (2017 a): 日植病報 **83**: 10~21.
- 22) ————ら (2017 b): 同上 **83**: 136~150.
- 23) 埋橋志穂美 (2011): 植物防疫 **65**: 15~20.
- 24) UZUHASHI, S. et al. (2010): *Mycoscience* **51**: 337~365.
- 25) YASAKI, M. et al. (2017): *Arch. Virol.* **162**: 501~504.
- 26) YOUNG, J. M. et al. (2001): *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **51**: 89~103.

## 農林水産省プレスリリース (29.12.12~30.1.15)

農林水産省プレスリリースから、病虫害関連の情報を紹介します。

<http://www.maff.go.jp/j/press/syouan> の後にそれぞれ該当のアドレスを追加してご覧下さい。

- ◆平成 28 年度農薬の使用に伴う事故及び被害の発生状況について  
(12/26) /nouyaku/171226.html


 研究  
報告

# イチゴうどんこ病に対する高濃度炭酸ガスの処理効果

 福島県農業総合センター かん 菅 の 野 えい 英 じ 二

## はじめに

高濃度炭酸ガスのくん蒸法は、イチゴのナミハダニ *Tetranychus urticae* に対し殺虫効果がある(小山田・村井, 2013) など、種々の農作物害虫に対する防除効果が確認され、生産現場へも普及しており、薬剤抵抗性害虫対策や、難防除害虫対策、薬剤防除の労力削減に寄与している。

病害防除においては、化学合成殺菌剤に対する耐性菌の出現が問題になり、化学合成殺菌剤に依存しない防除法の開発が望まれている(石井, 2012)。高濃度炭酸ガスくん蒸法が病害防除において活用できれば、耐性菌対策ばかりではなく、害虫防除と併せて薬剤防除の労力削減が可能になると考えられる。

高濃度炭酸ガスくん蒸による害虫防除法として、イチゴのナミハダニに対しては、定植前のイチゴ苗に対する処理方法が農薬登録となっている。一方で、イチゴうどんこ病 (*Sphaerotheca aphanis*) は、育苗期の発生が本圃定植後の発生につながり、本圃定植後の防除が困難になる病害の一つであり、苗の段階での防除が重要となる(池田・大野, 1993)。そこで、本研究では育苗期間から発生が問題となるイチゴうどんこ病を取り上げ、定植前のイチゴ苗を用いて、イチゴのナミハダニに対する農薬既登録条件(炭酸ガス濃度 60%, 24 時間, 30°C くん蒸処理)を中心とした処理方法の防除効果について検討したので、紹介する。

なお、本研究の成果は、平成 28 年度農林水産省 食料生産地域再生のための先端技術展開事業「野菜栽培による農業経営を可能とする生産技術の実証研究」の「最先端種苗産業確立のための野菜苗生産技術の実証研究」により得られたものである。

## I イチゴうどんこ病菌接種前の処理効果(試験 1)

試験 1 は、高濃度炭酸ガスの処理による病害抵抗性誘

導の有無を調査するため、イチゴうどんこ病菌接種前(感染前)に高濃度炭酸ガスを処理し、その効果について試験した。

イチゴ苗は、2016 年 9 月に購入した苗(品種:‘とちおとめ’, 7.5 cm ポット)を供試し、うどんこ病菌接種時に、イチゴ苗の生育条件を揃えるため、展開した複葉が 3~4 枚になるよう古い複葉を切除した。

区の構成は表-1 の通りとし、1 区 5 株、3 反復で試験した。なお、炭酸ガスの処理は、イチゴのナミハダニに対する農薬既登録条件と同様の接種前 60% 処理 A 区(炭酸ガス濃度 60%, 24 時間, 30°C)に対し、処理時間を短縮し、処理温度を高めた接種前 60% 処理 B 区(炭酸ガス濃度 60%, 7 時間, 40°C)を設けた。

炭酸ガス処理は、接種前 60% 処理 A 区、接種前 60% 処理 B 区については、イチゴ苗をデシケーター内に入れ、0.06 MPa まで減圧後に炭酸ガスを注入して復圧し、さらにデシケーター内を攪拌して、炭酸ガス検出器により炭酸ガス濃度が 60% であることを確認した後、暗黒条件下で各設定時間・温度で処理した。接種前減圧処理区については、イチゴ苗を入れたデシケーターを 0.06 MPa まで減圧した後、空気ですべて復圧し、暗黒条件下で各設定時間・温度で処理した。接種前薬剤処理区の薬剤は、トリフルミゾール水和剤 3,000 倍を供試し、肩掛け式噴霧器を用いて、株当たり約 50 ml を散布した。いずれの処理も、うどんこ病菌接種の 1 日前である 2016 年 10 月 17 日に実施した。

接種に用いたうどんこ病菌は、ガラスハウス内で管理したイチゴ苗に自然発病したうどんこ病罹病葉から採取した。接種は 10 月 18 日に行い、無接種区を除く区について、約  $1 \times 10^5$  conidia/ml の濃度に調整した孢子懸濁液を、株当たり約 8 ml 噴霧接種した。

炭酸ガスまたは薬剤処理時以外は、苗はガラスハウスに置き、底面給水により管理した。

調査は、菌接種時における上位 3 複葉の各小葉で行った。なお、上位 3 複葉には、菌接種時に萌芽していたものの、未展開であった複葉も含むものとした。葉が成葉化するに従いうどんこ病に対する感受性が低下すること

Treatment Effect of Fumigation of High Concentration Carbon Dioxide on Powdery Mildew of Strawberry. By Eiji KANNO  
(キーワード: 高濃度炭酸ガス, うどんこ病, イチゴ)

表-1 イチゴうどんこ病菌接種前の処理効果（試験1）における区の構成

区	高濃度炭酸ガス処理条件 (炭酸ガス濃度/時間/温度) または薬剤処理条件	うどんこ病菌接種日と 高濃度炭酸ガスまたは薬剤処理期間 <sup>a)</sup>				
		-1日	0日	1日	2日	3日
接種前 60%処理 A	60%/24 h/30℃ <sup>b)</sup>	●	→	★		
接種前 60%処理 B	60%/7 h/40℃	●	→	★		
接種前減圧処理	-/24 h/30℃ <sup>c)</sup>	●	→	★		
接種前薬剤処理	トリフルミゾール水和剤 3,000 倍	●		★		
接種無処理	-			★		
無接種無処理	-			★		

a) ●：高濃度炭酸ガス処理または薬剤処理期間，★：イチゴうどんこ病菌接種日（2016年10月18日）。

b) ナミハダニに対する農薬登録条件。

c) イチゴ苗を入れたデシケーターを減圧後，空気で復圧し，設定時間・温度で処理した。

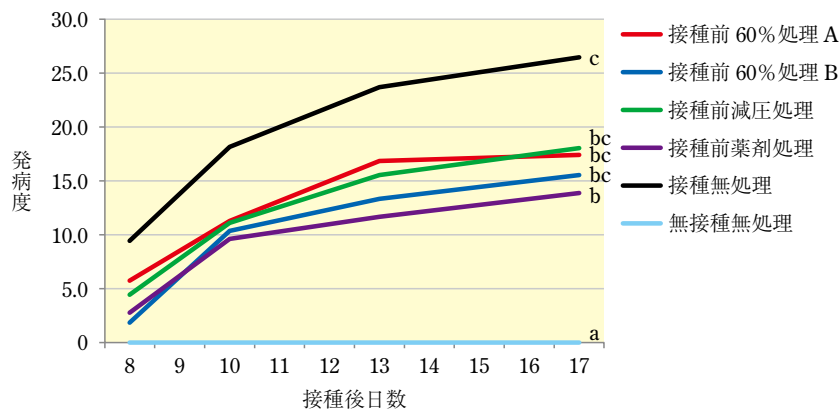


図-1 イチゴうどんこ病菌接種前の高濃度炭酸ガス処理効果（試験1）

Steel-Dwass 多重比較検定により同一アルファベット間に5%水準で有意差なし（接種17日後のみ）。

から（岡山ら，1995），調査対象として感受性の高い上位葉を選んだ。うどんこ病菌接種以降の接種8日後，10日後，13日後および17日後に程度別にうどんこ病の発病の有無を調査し，発病度を算出した。ガス障害および薬害は随時目視で観察した。

$$\text{発病度} = \sum (\text{程度別発病小葉数} \times \text{指数}) \times 100 / (\text{調査小葉数} \times 4)$$

指数0：発病なし，1：病斑面積率が小葉面積の5%未満，2：病斑面積率が小葉面積の5%以上25%未満，3：病斑面積率が小葉面積の25%以上50%未満，4：病斑面積率が小葉面積の50%以上

試験の結果は図-1に示した。接種前60%処理A区，接種前60%処理B区，接種前減圧処理区ともに，接種17日後の発病度はそれぞれ17.4，15.6，18.1と，接種無処理区の発病度26.5に比べてやや低いものの有意な差は認められず，防除効果は低かった。接種前60%処理A区および接種前減圧処理区は，苗の障害が認められなかった。接種前60%処理B区は，処理時に未展開または展開後間もない小葉の先端が褐変する症状が認められ

たが，生育に影響を及ぼす程度ではなかった。接種前60%処理A区では，障害が発生しなかったことから，温度が影響したと考えられる。接種前薬剤処理区は，発病度が13.9と防除効果が低かった。

## II イチゴうどんこ病菌接種後の処理効果（試験2）

試験2は，高濃度炭酸ガス処理による殺菌・静菌作用の有無を調査するため，イチゴうどんこ病菌接種後（感染後）に高濃度炭酸ガスを処理し，その効果について試験した。

供試したイチゴ苗，うどんこ病菌の接種方法，炭酸ガス処理方法，苗の管理および調査方法は，試験1に準じた。また，接種後60%処理区および接種後減圧処理区の炭酸ガス処理は，いずれも，うどんこ病菌接種2日後に行い，試験1と同様に行った。

区の構成は表-2の通りとし，1区5株，3反復で試験した。

試験の結果は図-2に示した。接種後60%処理区の接

表-2 イチゴうどんこ病菌接種後の高濃度炭酸ガス処理効果（試験2）における区の構成

区	高濃度炭酸ガス処理条件 (炭酸ガス濃度/時間/温度)	うどんこ病菌接種日と 高濃度炭酸ガス処理期間 <sup>a)</sup>				
		-1日	0日	1日	2日	3日
接種後60%処理	60%/24 h/30℃ <sup>b)</sup>		★		●→	●→
接種後減圧処理	-/24 h/30℃ <sup>c)</sup>		★		●→	●→
接種無処理	-		★			
無接種無処理	-					

a) ●：高濃度炭酸ガス処理期間，★：イチゴうどんこ病菌接種日（2016年10月18日）。

b) ナミハダニに対する農薬登録条件。

c) イチゴ苗を入れたデシケーターを減圧後、空気で復圧し、設定時間・温度で処理した。

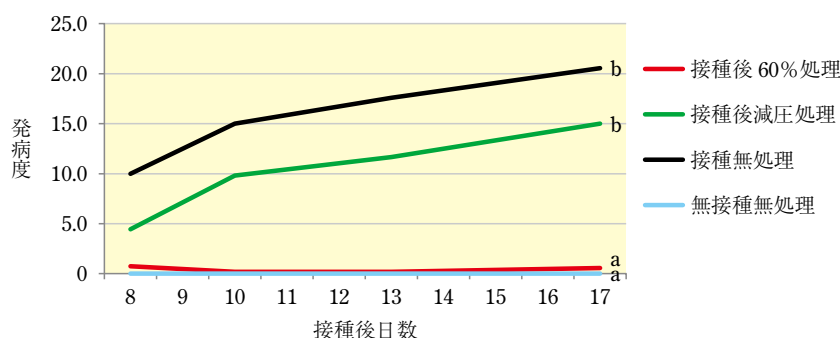


図-2 イチゴうどんこ病菌接種後の高濃度炭酸ガス処理効果（試験2）

Steel-Dwass 多重比較検定により同一アルファベット間に5%水準で有意差なし（接種17日後のみ）。

種17日後における発病度は0.6と接種無処理区の発病度20.6と比べて高い防除効果が認められた。接種後減圧処理区の接種17日後における発病度は15.0と防除効果は低く、処理時の減圧による影響は認められなかった。いずれも苗の障害は認められなかった。

### III イチゴうどんこ病菌接種後の処理効果（試験3）

試験3は、試験2と同様に殺菌・静菌作用について試験したもので、高濃度炭酸ガスの処理タイミングの違いによる処理効果の有無を調査した。

イチゴ苗は、2016年7月に親株より採苗した苗（品種：‘とちおとめ’、10.5 cmポット）を供試し、試験1と同様に古い複葉を切除した。

うどんこ病菌の接種は2016年11月16日に行い、接種方法、炭酸ガス処理方法、苗の管理および調査方法は、試験1に準じた。また、接種1日後処理区と接種5日後処理区の炭酸ガス処理は、それぞれ接種1、5日後に行い、試験1と同様に処理した。なお、接種発病後処理区は、供試した15株のうち12株が発病した接種12日後の処理とした。

区の構成は表-3の通りとし、1区5株、3反復で試験した。

試験の結果は図-3に示した。接種1日後処理区および接種5日後処理区の接種30日後における発病度はそれぞれ5.0、1.7と、接種無処理区の発病度31.5と比べて低く、接種後薬剤処理区の発病度6.1と同程度で、防除効果が認められた。苗の障害または葉害は認められなかった。接種発病後処理区は、炭酸ガス処理時の発病度が接種無処理区と同様に高かったが、処理後は、発病が比較的抑えられた。苗の障害は認められなかった。

### IV 高濃度炭酸ガスのイチゴうどんこ病に対する発病抑制作用

本研究では、イチゴの苗を用いて、イチゴうどんこ病菌の接種前後に、高濃度炭酸ガスを処理することによるうどんこ病の発病抑制効果を調査した。試験1の結果から、うどんこ病菌接種前の処理効果は低かったが、試験2および3の結果から、うどんこ病菌の接種後から発病初期（接種12日後）までに処理することで防除効果が得られ、特に、発病前の処理が効果的であることが明らかとなった。このことから、定植前のイチゴ苗に対し、ナミハダニの防除を目的に高濃度炭酸ガスを処理した場合、イチゴうどんこ病が潜伏感染しているイチゴ、または発病初期のイチゴに対しては、イチゴうどんこ病菌に

表-3 イチゴうどんこ病菌接種後の高濃度炭酸ガス処理効果（試験3）における区の構成

区	高濃度炭酸ガス処理条件 (炭酸ガス濃度/時間/温度) または薬剤処理条件	うどんこ病菌接種日と高濃度炭酸ガスまたは薬剤処理期間 <sup>a)</sup>														
		0日	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日	11日	12日	13日	
接種1日後処理	60%/24 h/30℃ <sup>b)</sup>	★	●→													
接種5日後処理	60%/24 h/30℃ <sup>b)</sup>	★					●→									
接種発病後処理 <sup>c)</sup>	60%/24 h/30℃ <sup>b)</sup>	★											●→			
接種後薬剤処理	トリフルミゾール水和剤 3,000倍	★	●													
接種無処理	—	★														
無接種無処理	—															

a) ●：高濃度炭酸ガス処理または薬剤処理期間，★：イチゴうどんこ病菌接種日（2016年11月16日）。

b) ナミハダニに対する農薬登録条件。

c) 発病後処理区の初発日は接種9日後であった。

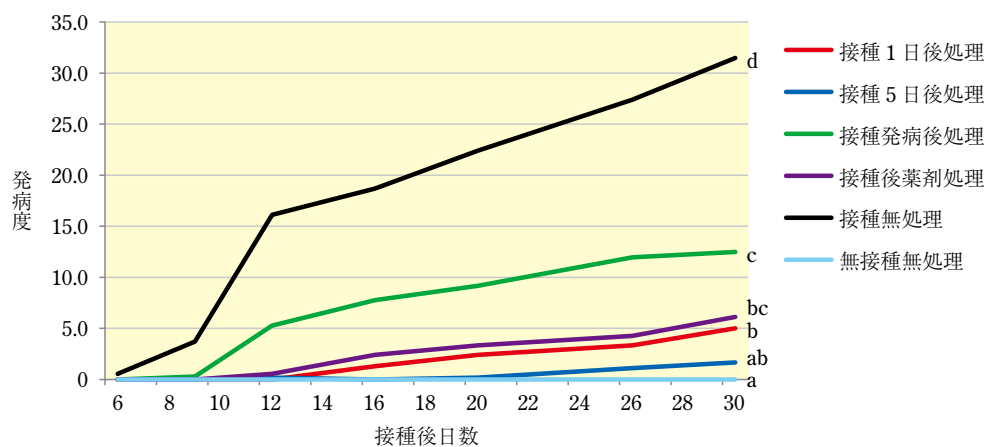


図-3 イチゴうどんこ病菌接種後の高濃度炭酸ガス処理効果（試験3）

Steel-Dwass 多重比較検定により同一アルファベット間に5%水準で有意差なし（接種30日後のみ）。

に対する防除効果が期待できると考えられた。

これまでに、植物病害に対する高濃度炭酸ガスの処理効果に関する報告はないが、食品加工分野において、加工食品に寄生する糸状菌などを対象に、高濃度炭酸ガスを処理することで菌の生育が抑制されることが報告されている（石谷，1981）。これは、培地上で培養した糸状菌などに対し、高濃度炭酸ガスを一定期間曝露し、その間の菌の生育抑制を確認したもので、作用は静菌的としている。一方、イチゴうどんこ病菌接種後の処理により高い発病抑制効果が得られたことから、高濃度炭酸ガスは、イチゴうどんこ病菌に対し殺菌的または静菌的に作用していると考えられた。すなわち、本研究において、イチゴうどんこ病菌は高濃度炭酸ガスの一時的な曝露により、殺菌的または静菌的作用によって接種後30日という長期間、発病が抑制されたと考えられた。

## おわりに

本研究から、高濃度炭酸ガスの処理は、イチゴうどん

こ病に対して防除効果があることが明らかになった。本研究では、イチゴうどんこ病が潜伏感染した状態において、比較的短時間の高濃度炭酸ガス処理であったにもかかわらず、イチゴうどんこ病の発病を長期間抑制したことから、高濃度炭酸ガスのイチゴうどんこ病発病抑制には、静菌的作用よりはむしろ殺菌的作用が強く働いていると推測されるが、より一層効率的な処理方法の確立に資するため、高濃度炭酸ガスのイチゴうどんこ病菌に対する作用機構を解明する必要がある。また、今後、幅広く高濃度炭酸ガスの植物病害に対する防除の有効性が明らかになれば、化学合成農薬を主体とした現状の防除体系の中に組み込むことが可能となるため、新たな防除技術の一つとして、今後の試験研究の進展が期待される。

## 引用文献

- 1) 池田 弘・大野和朗 (1993):九州病害虫研報 39:151 (講要)。
- 2) 石井英夫 (2012):植物防疫 66:481~487。
- 3) 石谷孝佑 (1981):日食工誌 28:221~234。
- 4) 岡山健夫ら (1995):日植病報 61:536~540。
- 5) 小山田浩一・村井 保 (2013):応動昆 57:249~256。




 研究  
報告

# ウメすす斑病に対する各種殺菌剤の防除効果と効果的な防除体系

和歌山県果樹試験場うめ研究所（現 和歌山県果樹試験場）  
たけ だ とも あき  
武 田 知 明

## はじめに

ウメすす斑病は、*Peltaster* sp. を病原とし、果実や枝の表面にすす症状を呈する病害である（島津ら，2007）。本病の果実への感染は主に5月上旬ころに始まり，5月下旬以降の感染で発病しやすく，感染時期にかかわらず6月上旬以降に発病する（島津・米田，2003）。県内のウメの主産地では，収穫量のうち約8割が完熟落下収穫されており，生育後期に発病する本病が問題となりやすいため，上記の感染時期を踏まえ，4月下旬以降に2週間間隔で3回，殺菌剤による防除が行われている。しかし，最終散布から収穫終了までの期間は1か月以上と長く，また梅雨と重なるため，多雨年には殺菌剤の残効が切れ，本病が多発することがある。

本病に対する登録薬剤は多いが，殺菌剤の残効性，耐雨性を同時に同一条件下で比較した事例はなく，これらの結果に基づいた効果的な防除体系は構築されていない。

そこで今回は，各種殺菌剤の防除効果を同一条件下で比較し，耐雨性や残効性に優れた数種の殺菌剤を組合せた防除体系の効果について検討するとともにパラフィン系展着剤の加用効果についても調査したので，その結果を報告する。

## I 各種殺菌剤の防除効果

2011年と2012年に表-1に示した10種類の殺菌剤の防除効果について検討した。試験は，和歌山県果樹試験場うめ研究所内の圃場植栽の品種‘南高’（2011年時点で10年生）を供試し，1区1樹3反復で行った。供試薬剤は4月下旬以降に約2週間間隔で3回散布したが，ジチアノン水和剤は，登録上の収穫前使用日数が45日と長く，使用回数が1回であることを考慮し，1回目みの散布とし，2回目以降無散布とした。調査は，6月上旬以降に定期的に行い，1樹当たり100果（100果に満たない場合は全着果）について，指数別に発病状況を調査

し，発病果率および発病度（算出方法は表-1脚注参照）を算出した。

2011年は，最終散布日の5月25日から6月20日にかけて降水量521mm，降雨日数19日と極めて多雨に経過したため，6月21日には無散布区で発病果率87.0%，発病度47.1と甚発生条件下での試験となった。その結果，最終散布16日後の6月10日時点では，すべての剤が防除価80以上の高い効果を示した。26日後の6月21日時点でもキャプタン水和剤，ジチアノン水和剤およびジフェノコナゾール水和剤は，防除価80以上の高い効果が持続したが，これら以外の7剤は防除価67以下と効果が低下した。

2012年は少雨に経過したため，6月27日の無散布区で発病果率26.7%，発病度8.9と少発生条件下での試験となった。その結果，アゾキシストロビン水和剤を除く9剤は，最終散布30日後の6月27日時点でも防除価80以上の高い防除効果が認められた。

以上のことから，キャプタン水和剤，ジチアノン水和剤およびジフェノコナゾール水和剤は多雨，少雨条件とも安定して高い効果を示した。オキシポコナゾールフマル酸塩水和剤，ベノミル水和剤，マンゼブ水和剤，フェンブコナゾール水和剤，ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤およびクレソキシムメチル水和剤は，上記の3剤に比べて残効性や耐雨性は劣るものの，ローテーション散布に使用するには十分な効果があると考えられた。

## II 効果的な防除体系

試験Iで残効性や耐雨性に優れた3剤のうち，登録上の収穫前使用日数が長いジチアノン水和剤を1回目，キャプタン水和剤を2回目，収穫前使用日数の短いジフェノコナゾール水和剤を最終散布（4回目）に使用する新体系を考案し，その効果について2013年と2014年に検討した（表-2）。なお3回目の防除には，ローテーション剤としてクレソキシムメチル水和剤を用いた。対照には，平成25年度和歌山県農作物病害虫および雑草防除指針の‘南高’防除暦例に記載された防除体系を用いた。希釈倍数および散布日は表-2の通りとし，供試樹およ

Effects of Several Fungicides against Sooty Blotch of Japanese apricot and an Improved Control Program. By Tomoaki TAKEDA  
(キーワード: ウメ, すず斑病, 防除効果)

表-1 各種殺菌剤のウメすす斑病に対する防除効果<sup>a)</sup>

供試薬剤	希釈 倍数	2011年試験						2012年試験					
		6月10日調査			6月21日調査			6月22日調査			6月27日調査		
		発病率 (%)	発病 度 <sup>b)</sup>	防除値 <sup>c)</sup>	発病率 (%)	発病 度	防除値	発病率 (%)	発病 度	防除値	発病率 (%)	発病 度	防除値
キャプタン水和剤	800	0.0	0.0	100	5.7	1.5	96.8	0.0	0.0	100	0.0	0.0	100
ジチアノン水和剤	2,000	0.0	0.0	100	15.3	5.3	88.7	0.0	0.0	100	0.3	0.1	98.9
ジフェノコナゾール水和剤	3,000	0.0	0.0	100	18.7	6.3	86.6	0.0	0.0	100	0.7	0.1	98.9
オキシポコナゾールフマル酸塩水和剤	2,000	2.4	0.4	94.4	36.3	15.5	67.2	0.0	0.0	100	5.3	1.0	88.8
ベノミル水和剤	3,000	0.3	0.1	98.6	38.7	17.2	63.5	0.0	0.0	100	2.7	0.6	93.3
マンゼブ水和剤	1,000	0.0	0.0	100	49.8	20.1	57.3	0.0	0.0	100	1.3	0.3	96.6
フェンブコナゾール水和剤	5,000	0.7	0.2	97.2	55.0	23.8	49.5	0.0	0.0	100	6.0	1.2	86.5
ピラクロストロピン・ボスカリド水和剤	2,000	0.0	0.0	100	50.7	24.2	48.6	0.0	0.0	100	1.0	0.2	97.8
クレソキシムメチル水和剤	2,000	1.3	0.4	94.4	83.7	44.7	5.1	0.0	0.0	100	6.0	1.2	86.5
アゾキシストロピン水和剤	1,500	4.8	1.4	80.6	95.0	55.1	0.0	1.0	0.3	92.5	9.0	2.4	73.0
無散布		25.3	7.2		87.0	47.1		16.7	4.0		26.7	8.9	

<sup>a)</sup> 2011年は4/29, 5/13, 5/25に, 2012年は5/1, 5/16, 5/28にの供試薬剤を散布した。ただし, ジチアノン水和剤は1回目のみの散布とした。試験期間中の降雨状況は下記の通りであった。

【2011年】	4/29	5/13	5/25	6/9	6/20	【2012年】	5/1	5/16	5/28	6/21	6/26
降水量 (mm)	134	59	204	317		降水量 (mm)	38	12	309	42	
降雨日数 (日)	6	4	10	9		降雨日数 (日)	7	2	10	4	

<sup>b)</sup> 発病度 = Σ (指数 × 程度別発病数) × 100 / (6 × 調査数)。

発病指数, 0: 病斑なし, 1: わずかに発病が認められる, 3: 一見して発病が認められるが果面の1/2以下, 6: 果面の1/2以上に発病が認められる。

<sup>c)</sup> 防除値 = 100 - (薬剤散布区の発病度 / 無散布区の発病度) × 100。

表-2 試験Ⅱの概要<sup>a)</sup>

試験区	試験年		散布日			
	2013年	2014年	4/16	5/1	5/13	5/24
新体系	ジチアノン (2,000) <sup>b)</sup>	キャプタン (800)			クレソキシムメチル (2,000)	ジフェノコナゾール (3,000)
慣行体系	水和硫黄剤 (500)	ピラクロストロピン・ボスカリド (2,000)			クレソキシムメチル (2,000)	ジフェノコナゾール (3,000)
無散布	水和硫黄剤 <sup>c)</sup> (500)	-			-	-

<sup>a)</sup> 試験期間中の降雨状況は下記の通り。

【2013年】	4/16	5/1	5/13	5/24	6/27	【2014年】	4/16	5/1	5/13	5/28	6/26
降水量 (mm)	87	141	29	406		降水量 (mm)	139	108	156	111	
降雨日数 (日)	5	2	2	13		降雨日数 (日)	7	3	6	10	

<sup>b)</sup> ( ) 内の数字は希釈倍数。

<sup>c)</sup> 黒星病対策として, すず斑病に効果がない水和硫黄剤 500 倍を散布した。

び調査方法は, 試験Ⅰと同様とした。試験は1区1樹4反復で行った。

その結果, 2013年, 2014年ともに, 試験期間中に一定の降雨があり, 無散布区は中発生条件となった。新体系は, 2か年とも防除値100と無処理に比べて効果が高く, 対照に比べて優る防除効果が認められたため, 実用性は高いと考えられた (図-1)。

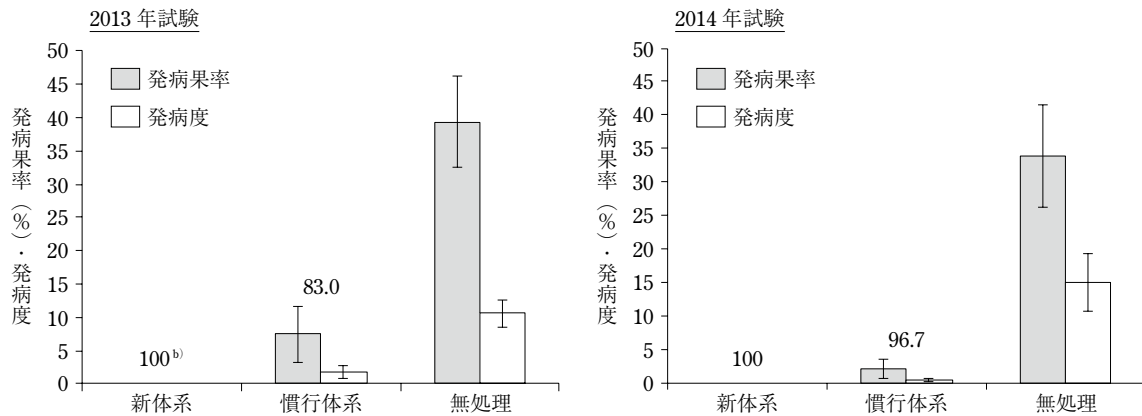
### Ⅲ パラフィン系展着剤の加用が殺菌剤の防除効果に及ぼす影響

殺菌剤の耐雨性や残効性を向上させるパラフィン系展

着剤の加用効果についても検討を行った。

2009年は田辺市現地圃場の18年生‘南高’を, 2011, 2012年はうめ研究所内の10~11年生‘南高’を供試し, 試験Ⅱで最終散布に使用したジフェノコナゾール水和剤3,000倍にパラフィン系展着剤 (商品名: アビオン-E) を加用した区 (加用区) とジフェノコナゾール水和剤のみを散布した区 (単用区) を設けた。供試薬剤を4月下旬もしくは5月上旬に1回散布した後, 収穫期まで定期的に発病を調査した。調査方法は試験Ⅰと同様とし, 試験は1区1樹2~4反復で行った。

2009年は, 少雨に経過したため無散布区の発病が少

図-1 各体系の防除効果<sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> 2013年は6/28、2014年は6/27に調査した。図中のバーは4反復の標準誤差を示す。

<sup>b)</sup> 防除値を示す。防除値 = 100 - (薬剤散布区の発病度/無散布区の発病度) × 100。

表-3 パラフィン系展着剤の加用が殺菌剤の防除効果に及ぼす影響<sup>a)</sup>

試験区	2009年試験 (6月24日調査)			2011年試験 (6月21日調査)			2012年試験 (6月22日調査)		
	発病果率%	発病度	防除値	発病果率%	発病度	防除値	発病果率%	発病度	防除値
加用区	9.6	2.6	71.4	39.7	11.4	75.8	0.0	0.0	100.0
単用区	8.5	3.0	67.0	74.3	30.6	35.0	3.5	0.6	85.0
無散布	28.1	9.1		87.0	47.1		16.7	4.0	

<sup>a)</sup> 各試験年次における薬剤散布日と降雨については下記の通りであった。

散布日

2009年：5/1、2011年：4/26、2012年：5/10。

散布日～調査日の降水量および降雨日数

2009年：240 mm、21日、2011年：791 mm、30日、2012年：325 mm、14日。

なく、試験区間に差は認められなかった(表-3)。2011年は甚発生条件下での試験となり、単用区の防除値37に対し、加用区は防除値75と効果が認められた。2012年は、少発生条件下での試験となったが、単用区の防除値85.0に対し、加用区の防除値は100とわずかに効果が認められた。

以上の結果から、多雨年にはパラフィン系展着剤を加用することで殺菌剤の防除効果の向上が見込めると考えられた。

## おわりに

本稿では、多雨条件下でもウメすす斑病に対して効果が高い防除体系を構築することを目的としていくつかの試験を行った。その結果、キャプタン水和剤、ジチアノン水和剤およびジフェノコナゾール水和剤は多雨条件下でも高い防除効果を示し、これら3剤を組合せた防除体系の実用性が高いことを明らかにした。さらに、多雨が

予測される場合には、最終散布剤のジフェノコナゾール水和剤にパラフィン系展着剤を加用することで防除効果の向上が見込めることを確認した。

以上、本病に対する効果的な防除体系について一定の知見を得ることができた。今回は化学的防除についての検討を行ったが、本病においても耕種的防除の重要性は高いと考えられる。整枝・せん定や植栽間隔の確保等により日照・通風条件を改善し、園内の菌密度を低く抑えることで、殺菌剤の防除効果は十分に発揮される。これらの耕種的防除と今回の研究成果である化学的防除を組合せた防除対策を適切に行うことで、多雨条件下でも本病の発生を最小限に抑えることが期待できる。

## 引用文献

- 1) 島津 康ら (2007): 日植病報 73(3): 181.
- 2) ———・米田義弘 (2003): 落葉果樹試験研究成績概要集: 150.



# *Fusarium oxysporum* によるニンジン乾腐病

千葉県農林総合研究センター かね こ よう へい  
金 子 洋 平

## はじめに

ニンジン (*Daucus carota* L.) は千葉県における主要作物の一つであり、2015年度の千葉県におけるニンジンの作付面積は3,150 haと全国第2位である(農林水産省, 2016)。このような中、千葉県北西部の春夏ニンジンの産地で激しい割れを伴うしみ症の多発生が確認された。多発生圃場では、可販収量が総収量の1割に満たないなど、甚大な被害となった。そこで、圃場における発生状況と病徴の記録、病斑から分離された菌株を用いた病徴の再現試験、形態的特徴の観察、生育試験および塩基配列解析による菌株の同定を実施し、圃場で発生している病気の原因を明らかにした。また、その結果を踏まえ、県内の発病状況を調査した(金子ら, 2017)。

## I 発生状況および病徴

2014年4月30日、千葉県船橋市内の露地栽培圃場(品種: 'ベーターリッチ')において、本病徴の発生を認め

た。具体的には、根部に楕円～不整形の水浸状また黒色のしみ病斑が形成され、激しいものでは根部が大きく裂開した(図-1)。一方、地上部の茎葉においては激しい病徴を示した個体ではやや生育抑制が認められたが、特に目立つ病徴などは確認できなかった。5月16日および5月20日に同一圃場で発病調査を行ったところ、発病株率はそれぞれ97%、98%であり、程度の偏りは見られたものの圃場内に広く発生していた。

## II 病原菌の分離

掘り採ったニンジン根部の罹病部位から常法で糸状菌を分離した。5月16日、5月20日にそれぞれ24菌株ずつ分離した。その結果、罹病部位からはPDA平板培地上において、鎌型の大型分生子を形成し、菌叢が白色～黄白色を呈するもの(白色分離菌株)と赤色～赤紫色を呈するもの(赤色分離菌株)が分離された(図-2)。なお、5月16日に分離した21菌株は白色分離菌株が18株、赤色分離菌株が3株であり、5月20日に分離した24菌株



図-1 千葉県内のしみ症多発生圃場におけるニンジン根部の被害の様子

- A: 激しい割れを伴うしみ症状。  
B: 黒いしみ病斑。

Carrot Dry Rot Caused by *Fusarium oxysporum*. By Youhei KANEKO  
(キーワード: ニンジン乾腐病, しみ症状, *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*)



図-2 白色分離菌株 1-1 (左) および赤色分離菌株 3-4 (右) の PDA 平板培地上における培養菌叢

は白色分離菌株が 18 株、赤色分離菌株が 6 株であった。

### III 分離菌による病徴再現試験

分離菌のうち、白色分離菌株 1-1 および赤色分離菌株 3-4 を用いた。それぞれの分離菌を PDA 平板培地で 25℃ で 5 日間程度前培養し、その菌叢の先端をブドウ糖加用ジャガイモ煎汁液体培地に接種して室温、180 rpm で 7 日間振とう培養した。この培養液をろ過して菌糸体を除去した後、ろ液を遠心分離し、超純水 (ミリ Q 水) に再懸濁した。この孢子懸濁液を蒸気滅菌した腐植質普通黒ボク土に  $1.0 \times 10^4$  個/g 生土あるいは  $1.0 \times 10^6$  個/g 生土となるように添加し、よく混和した後、容量約 70 l のコンテナに充てんした。そして、2014 年 8 月 25 日に上記の汚染土を詰めたコンテナにニンジン '彩誉' および 'ベーターリッチ' を 5 cm 間隔で 1 列 9 粒 × 2 列で播種した。区制は 1 区 2 コンテナとし、播種後のコンテナはガラスハウス内で管理した。

2015 年 2 月 25 日に根部の黒色のしみ病斑を以下の基準により程度別に調査し発病度を算出した。なお、調査時に罹病部位から糸状菌を分離し、接種菌の再分離の可否を確認した。また、根重を測定し、平均値を算出した。さらに、岐根と裂根の有無を調査し、それらの発生率を算出した。

病斑の大きさ 小 : 5 mm 未満, 中 : 5 mm 以上 10 mm 未満, 大 : 10 mm 以上

発病指数 0 : 病斑なし, 1 : 小病斑 1~2 個, 2 : 小病斑 3~4 個または中病斑 1 個, 3 : 小病斑 5 個以上または中病斑 2 個, 4 : 中病斑 3 個以上または大病斑 1 個以上

発病度 =  $\Sigma 100 \times (\text{程度別発病株数} \times \text{指数}) / (\text{調査株数} \times 4)$

その結果、白色分離菌株 1-1 および赤色分離菌株 3-4

を接種した土壌においてニンジン栽培したところ、いずれの菌株の接種においてもニンジン根部に激しい裂開が生じ、黒色のしみ病斑が形成され、原病徴が再現された。生育障害の一つである岐根も多く生じた (表-1, 図-3)。また、これらの罹病部位からそれぞれ接種菌が再分離された。なお、両菌株によって再現された病徴は外観から区別がつかなかった。以上より、両分離菌を本病徴の原因菌と特定した。

### IV 分離菌の形態的特徴、生育温度特性および塩基配列解析

分離菌を PDA 平板培地、合成低栄養寒天培地 (以下、SNA 平板培地とする) で培養し、小型分生子、大型分生子、厚壁胞子の着生状況、形、大きさをそれぞれ調査した。また、PDA 平板培地において 5~40℃ の範囲で 5℃ ごとに培養し、生育温度特性を調査した。また、白色分離菌株 1-1、赤色分離菌株 3-4 からそれぞれ DNA 抽出し、5.8SrDNA を含む ITS 領域の全長の塩基配列および EF1 $\alpha$  領域の塩基配列を解読し、BLAST 解析した。

白色分離菌株 1-1 については、小型分生子は長いモノフィアライドから擬頭上に形成され、大型分生子は三日月型で、表面が粗面である厚壁胞子が菌糸上に連鎖して形成され、駒田ら (2011) の *Fusarium solani* の特徴と一致していた (図-4)。ITS 領域 (LC223960)、EF1 $\alpha$  領域 (LC224295) とともに *Fusarium solani* と 99.0% 一致し (表-2)、白色分離菌株 1-1 を *F. solani* と同定した。本病菌による本病徴は武田ら (1986) の報告とおおむね一致したことから、乾腐病であると診断した。

一方、赤色分離菌株 3-4 については菌糸上に直接生じた短い分生子柄に短こん棒~楕円形の分生子を擬頭状に形成した。また、同様の分生子柄に 2~4 隔壁の三日月型の大型分生子を形成した。分生子の大きさは (単位は  $\mu\text{m}$ ) 5.9~9.7 × 2.4~4.1 (平均 8.0 × 3.1)、大型分生子の大きさは 15.0~38.8 × 2.7~4.5 (平均 19.3 × 3.3) であった。厚壁胞子は、大きさは 11.8~17.4 (平均 14.8) で、表面の多くは粗く、菌糸上に形成した (表-4, 図-5)。本菌株は 10~35℃ で生育し、最適温度は 25℃ であった (表-3)。EF1 $\alpha$  (LC224296) および ITS 領域 (LC223959) の塩基配列は、*Fusarium oxysporum* の同配列である AY188919.1 および KC491875.1 とそれぞれ 99.0 および 97.0% 一致した (表-2)。以上から、赤色分離菌 3-4 を *F. oxysporum* と同定した。

ニンジン根部に黒いしみ症状が発生する病害としては、*Pythium sulcatum* によるしみ腐病 (長井ら, 1984)、*Rhizoctonia solani* による根腐病 (長井・深津, 1971)、

表-1 赤色分離菌株および白色分離菌株による病徴再現試験

品種	試験区		調査株数	根重 (g)	岐根率 <sup>a)</sup> (%)	裂根率 <sup>a)</sup> (%)	発病指数別株数					発病度
	接種菌株	接種濃度 (cfu/g)					0	1	2	3	4	
彩誉	白色	10 <sup>4</sup>	26	110.7	69.2	3.8	26	0	0	0	0	0
	白色	10 <sup>5</sup>	27	133.2	59.3	14.8	3	11	6	5	0	42.6
	赤色	10 <sup>4</sup>	32	132.3	43.8	12.5	13	13	4	0	0	16.4
	赤色	10 <sup>5</sup>	31	114.4	67.7	25.8	20	8	3	0	0	11.3
	無接種		34	122.4	17.6	5.9	29	5	0	0	0	3.7
ベーターリッチ	白色	10 <sup>4</sup>	29	77.7	55.2	10.3	15	6	6	1	1	21.6
	赤色	10 <sup>4</sup>	27	63.1	63.0	37.0	7	6	3	4	7	48.1
	無接種		33	100.3	21.2	9.1	24	7	1	0	1	9.8

<sup>a)</sup> 岐根率および裂根率は生理的な原因によるものを含む。



図-3 各分離菌株の接種によって再現された乾腐病の病徴  
 A: 白色分離菌株 (*F. solani*) 接種による病徴.  
 B: 赤色分離菌株 (*Fusarium oxysporum*) 接種による病徴.  
 C: 無接種.

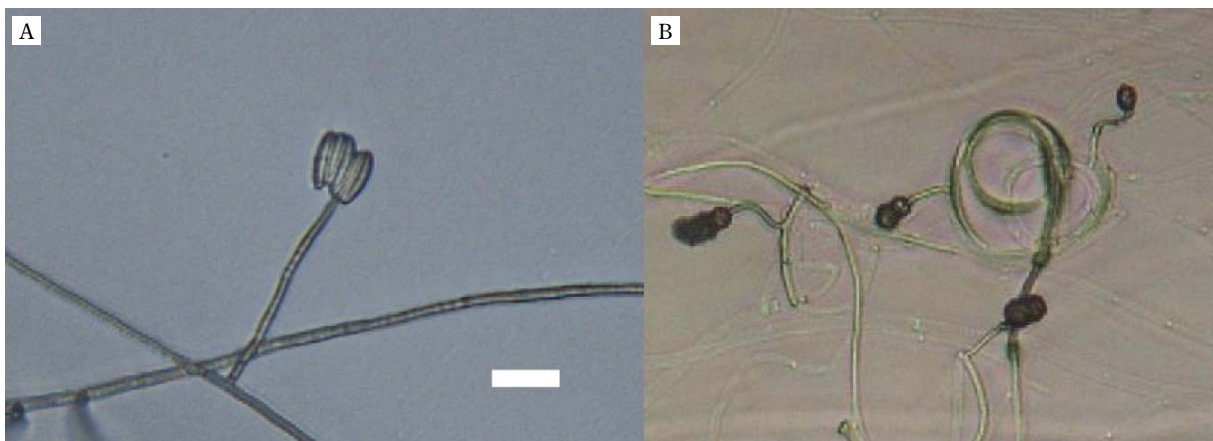


図-4 白色分離菌株の形態的特徴  
 A: 小型分生子. B: 厚壁胞子. 図中のバーは 10 μm.

表-2 DNA の塩基配列の相同性

分離菌株	Accession No.		比較対照	相同性 (%) および Accession No.	
	ITS 領域	EF1 $\alpha$ 領域		ITS 領域	EF1 $\alpha$ 領域
白色分離菌株	LC223960	LC224295	<i>F. solani</i>	99	EU029589
赤色分離菌株	LC223959	LC224296	<i>F. oxysporum</i>	99	AY188919
					KF939495
					KC491875

表-3 温度別菌糸伸長量<sup>a)</sup>

分離菌株	培養温度 (°C)							
	5	10	15	20	25	30	35	40
赤色分離菌株	0	21.0	36.8	51.5	63.3	54.7	6.5	0

<sup>a)</sup> 表中の数字は PDA 平板培地上で 7 日間培養した際の菌糸伸長量 (mm) を示す。

表-4 ニンジン根部に感染する *F. oxysporum* の形態的特徴

		赤色分離菌株	萎凋病菌 <sup>a)</sup>	黒しみ病菌 <sup>b)</sup>	<i>F. oxysporum</i> <sup>c)</sup>
菌叢の色		赤紫	紫	桃色～薄赤色	
小型分生子	形状	単棍棒～楕円形	楕円～卵形	楕円～長楕円形	楕円～長楕円形, 卵
	大きさ (μm)	5.9～9.7 × 2.4～4.1 (平均 8.0 × 3.1)	6～10 × 3		5.0～16.0 × 2.0～4.5
大型分生子	形状	三日月 (鎌型)	三日月 (鎌型)	三日月 (鎌型)	三日月わずかに湾曲
	大きさ (μm)	15.0～38.8 × 2.7～4.5 (平均 19.3 × 3.3)	30～42 × 3～4	29.0 × 53.7 × 4.7～6.1 (平均 40.9 × 5.4)	20.0 × 54.0 × 2.5～5.5
厚壁胞子	形状	粗面, 球形～亜球形	亜球形		円形～楕円形
	形成	単生			豊富
生育温度	大きさ (μm)	11.8～17.4 (平均 14.8)	5～15		直径 6.0～12.0
	(最適温度)	10～35 (最適 25)	5～35 (最適 27～28)		
病徴		根部のしみ 病斑からの裂根	地上部黄化, 萎凋	根部, 肩の黒いしみ	—

<sup>a)</sup> 有用植物病害診断ファクトデータベース : <http://riss.nobody.jp/disease/narc/path/BF492.html>

<sup>b)</sup> インターネット版病害大辞典 : <http://www.boujo.net/release/byougai-release/>

<sup>c)</sup> 松尾 (1980)。

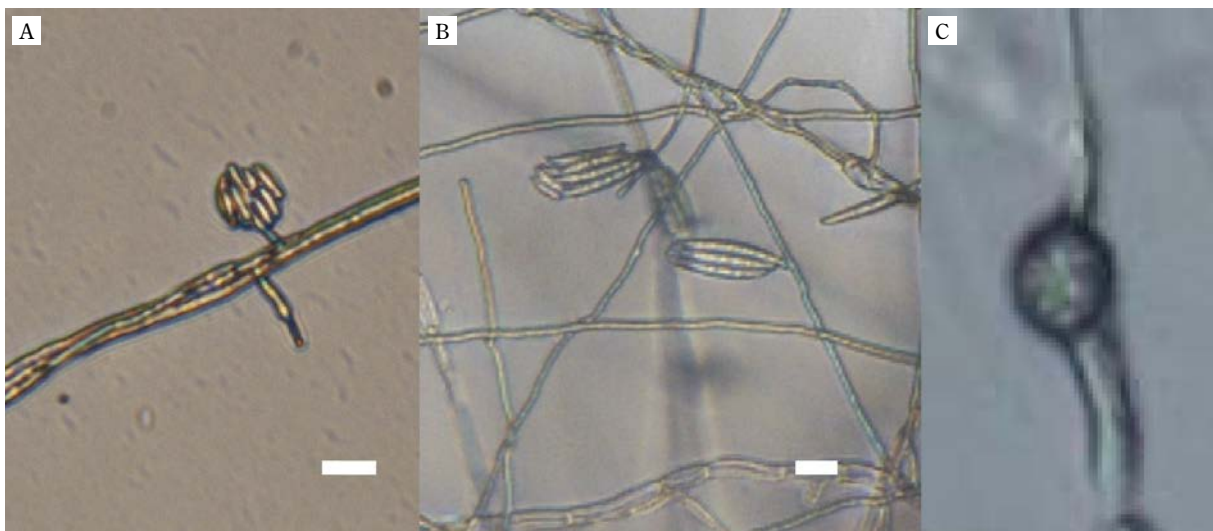


図-5 赤色分離菌株の形態的特徴

A: 小型分生子. B: 大型分生子. C: 厚壁胞子. 図中のバーは 10 μm.

*Scytalidium* 属菌による黒色根腐病 (桑田ら, 1983), *Fusarium solani* および *Fusarium avenaceum* による乾腐病が知られている (武田, 1986; 阿部ら, 1997) が, 前述のように白色分離菌株 1-1 による病害は *F. solani* による乾腐病と診断された。一方, *F. oxysporum* は, 新村

(2007) によって乾腐病の症状を示したニンジン病斑から分離されたことが報告されているが, 分離菌の病原性が弱いとされたことから, 乾腐病の病原としてはみなされなかった。しかし, 本報告においては赤色分離菌 3-4 によって引き起こされた病徴は *F. solani* による乾腐病と

外観からは区別がつかなかった。このことから、*F. oxysporum*によっても乾腐病が引き起こされると考えられた。また、*F. oxysporum*によるニンジンの根部病害としては北海道におけるニンジン黒しみ病が既に知られている（長浜ら、1996）が、黒しみ病菌はニンジン根部に亀裂を生じない点で本菌による乾腐病と区別できると思われた。ただし、黒しみ病の病徴と乾腐病の病徴の違いがニンジンの品種間差や病原菌のレースの差の可能性もあるため、今後の検討を要する。また、本菌は、既報の黒しみ病菌より大型分生子は小さく、形態的に異なっている（表-4）。

その他、赤色分離菌株 3-4 はニンジン萎凋病菌とは引き起こす病徴（初め芯葉部が赤紫色となり、その後黄化する。黄変した葉柄を切断すると導管が褐変している。根も導管が褐変し、進行したものは腐敗して空洞を生じる。激しい場合には、株全体が矮化萎凋し、枯死に至る。）が全く異なる（金城ら、1989）が、病原菌は顕微鏡では区別ができないと推定される（表-4）。病原性レースの違いによる可能性が考えられるが、萎凋病は沖縄県の一部地域の島ニンジンにのみ認められていることから、ニンジン品種の違いに起因する可能性も考えられるため、今後、分化型を調査するなど、両菌の相違点を明らかにする必要がある。*Fusarium oxysporum*によるニンジンの乾腐病は本邦未登録である。したがって本病の病原として *F. oxysporum* の追加を提案した（金子ら、2017）。

## V 千葉県の実験圃場におけるしみ症状の原因

2016年に千葉県でニンジンしみ症状の原因となっている菌の種類を把握するため、船橋市、習志野市、千葉市、八千代市の各1圃場（A～D）から、しみ症状を呈しているニンジンを19～51本採集し、しみ症病斑から

常法により糸状菌を分離した。また、それぞれの圃場を4～9区画に分け、FoG1培地を用いた土壌希釈平板法によりフザリウム属菌の菌密度を測定しつつ、区ごとのニンジンしみ症状の程度を前述と同様の基準で算出した。

その結果、圃場Aからは*F. solani*、*F. oxysporum*、*P. sulcatum*がそれぞれ31、1、0菌株分離された。同様に圃場Bからはそれぞれ7、7、7菌株が、圃場Cからはそれぞれ17、1、2菌株が、圃場Dからはそれぞれ8、0、8菌株が分離された（表-5）。このように、*F. solani*あるいは*F. oxysporum*による乾腐病が優占している圃場（A、C）と乾腐病と*P. sulcatum*によるしみ腐病とが混発している圃場（B、D）との2種類があった。これら4圃場のうち、優占圃場である圃場A、Cに絞って区画ごとの土壌中のフザリウム菌密度と発病度との関係を見ると、菌密度が高い程発病度が高くなると考えられた。一方、混発圃場である圃場B、Dにおける土壌中のフザリウム菌密度と発病度との関係を見ると、その結果は判然としなかった（図-6）。今後、現地圃場における乾腐病の発生生態、防除水準、防除対策を検討するうえで優占圃場をあらかじめ選出しておく必要があると思われる。

表-5 しみ症状から分離された各菌種とその分離株数

分離菌	圃場A (船橋市)	圃場B (習志野市)	圃場C (千葉市)	圃場D (八千代市)
<i>F. solani</i>	31	7	17	8
<i>F. oxysporum</i>	1	7	1	0
<i>P. sulcatum</i>	0	7	2	8
その他・不明	2	8	2	0
分離されず	21	13	3	3

注）2016年にしみ症状を呈したニンジンから常法で菌を分離した。圃場A、Cは乾腐病の優占圃場、圃場B、Dは乾腐病としみ腐病の混発圃場。

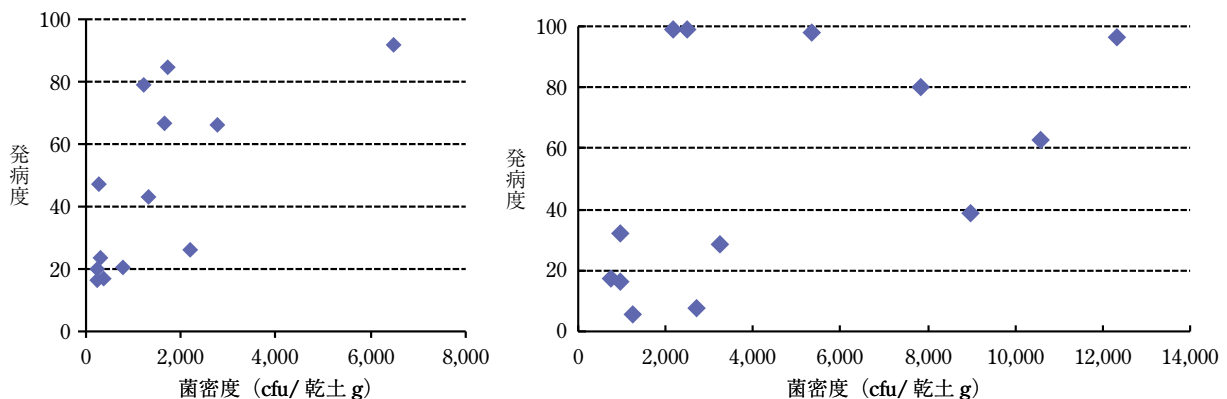


図-6 土壌の *Fusarium* 属菌の菌密度と発病度の関係  
左：圃場A、Cの各区の菌密度と発病度の関係。  
右：圃場B、Dの各区の菌密度と発病度の関係。



また、今回の試験のほか、横山ら（2016）の報告においても乾腐病としみ腐病の病斑は外観からは区別が困難であったため、適切な防除を行うためには、しみ症の原因となっている病害や菌種を圃場ごとに把握することが重要である。

### 引用文献

- 1) 阿部秀夫ら（1997）：日植病報 63：531（講要）。
- 2) インターネット版病害大辞典，<http://www.boujo.net/release/byougai-release/>（2017年6月15日確認）
- 3) 金子洋平ら（2017）：関東病虫研報 64：18～22。
- 4) 金城衣恵ら（1989）：日植病報 55：496（講要）。
- 5) 駒田 亘ら（2011）：フザリウム一分類と生態・防除一，全国

- 農村教育協会，東京，p.67～70。
- 6) 桑田博隆ら（1983）：日植病報 49：404。
- 7) 松尾卓見（1980）：フザリウム病菌の種類と同定，松尾卓見・駒田 亘・松田 明 編，作物のフザリウム病，全国農村教育協会，東京，p.59～60。
- 8) 長浜 恵ら（1996）：日植病報 62：647（講要）。
- 9) 長井雄治・深津量栄（1971）：同上 37：369（講要）。
- 10) ———ら（1984）：同上 50：393（講要）。
- 11) 農林水産省（2016）：平成27年度野菜生産出荷統計。
- 12) 新村昭憲（2007）：北日本病虫研報 58：38～41。
- 13) 武田和男ら（1986）：長野野菜花き試報 4：73～80。
- 14) 横山とも子ら（2016）：関東病虫研報 63：125（講要）。
- 15) 有用植物病害診断ファクトデータベース（旧中央農研作成），<http://riss.nobody.jp/disease/narc/path/BF492.html>（2017年6月15日確認）

## 新しく登録された農薬（29.12.1～12.31）

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

### 「殺虫剤」

#### ●イミダクロプリド粒剤

24006：アドマイヤーイーモ粒剤（バイエルクロップサイエンス）17/12/6

イミダクロプリド：0.50%

かんしょ：コガネムシ類：植付前

#### ●フィプロニル粒剤

24011：ホクコープリンス粒剤（北興化学工業）17/12/6  
フィプロニル：1.0%

稲（箱育苗）：ウンカ類，イネミズゾウムシ，イネドロオイムシ，イネツトムシ，ニカメイチュウ，イナゴ類，イネヒメハモグリバエ，コブノメイガ：は種前

稲（箱育苗）：ウンカ類，イネミズゾウムシ，イネドロオイムシ，イネツトムシ，ニカメイチュウ，イナゴ類，イネヒメハモグリバエ，コブノメイガ，フタオビコヤガ，イネクロカメムシ：は種時（覆土前）～移植当日

稲（箱育苗）：イネシンガレセンチュウ：は種時（覆土前）

稲（箱育苗）：イネアザミウマ：移植3日前～移植当日

稲（箱育苗）：イネカラバエ：移植当日  
キャベツ：ハイマダラノメイガ，コナガ：は種時，は種前，は種時～定植前

キャベツ：ハイマダラノメイガ：地床育苗期

ブロッコリー：ハイマダラノメイガ：は種時，は種前，は種時～定植前

きく：アザミウマ類：定植前

#### ●ジノテフラン水溶剤

24012：ファームスター顆粒水溶剤 50（宇都宮化成）17/12/6

ジノテフラン：50.0%

稲：ウンカ類，カメムシ類：収穫7日前まで

#### ●スルホキサフロル水和剤

24016：トランスフォームフロアブル（ダウ・アグロサイエンス日本）17/12/25

24017：日産トランスフォームフロアブル（日産化学工業）17/12/25

24018：ホクコートランスフォームフロアブル（北興化学工業）17/12/25

スルホキサフロル：9.5%

りんご：アブラムシ類，リンゴワタムシ，カイガラムシ類：収穫前日まで

なし，かんきつ：アブラムシ類，カイガラムシ類：収穫前日まで

キャベツ，だいこん，レタス：アブラムシ類：収穫前日まで

きゅうり，トマト，ミニトマト：アブラムシ類，コナジラミ類：収穫前日まで

#### ●スルホキサフロル水和剤

24019：エクシードフロアブル（ダウ・アグロサイエンス日本）17/12/25

24020：日産エクシードフロアブル（日産化学工業）

17/12/25

24021：ホクコーエクシードフロアブル（北興化学工業）17/12/25

スルホキサフロル：20.0%

稲：ウンカ類，ツマグロヨコバイ，カメムシ類：収穫7日前まで

#### ●シクラニリプロール液剤

24023：テッパン液剤（石原産業）17/12/25

シクラニリプロール：4.5%

りんご：シンクイムシ類，キンモンホソガ，ハマキムシ類，ケムシ類：収穫前日まで

なし：シンクイムシ類，ハマキムシ類：収穫前日まで

もも：シンクイムシ類，モモハモグリガ：収穫前日まで  
ネクタリン，すもも：ケムシ類：収穫前日まで

おうとう：ハマキムシ類，チャバネアオカメムシ，オウトウショウジョウバエ：収穫前日まで

ぶどう：ケムシ類：収穫前日まで

茶：チャハマキ，チャノコカクモンハマキ，チャノキイロアザミウマ，チャノミドリヒメヨコバイ，チャノホソガ：摘採3日前まで

#### ●シクラニリプロール・フロニカミド液剤

24024：ソウヘキ液剤（石原産業）17/12/25

シクラニリプロール：4.5%

フロニカミド：6.0%

りんご，なし：アブラムシ類：収穫14日前まで

（37ページに続く）


 研究  
報告

# ダリアにおけるトマト黄化えそウイルスの植物体内分布

奈良県農業研究開発センター <sup>あさの</sup>浅野 <sup>しゅんすけ</sup>峻介・<sup>ひらやま</sup>平山 <sup>よしひこ</sup>喜彦\*  
農研機構野菜花き研究部門 <sup>まつ</sup>松 <sup>した</sup>下 <sup>よう</sup>陽 <sup>すけ</sup>介

## はじめに

国内の花きの生産産出額が低下している中でも、ダリアの切り花の生産額は増加傾向にあり、有望な品目となっている。以前は仏花としての需要が主であったが、近年はブライダルやパーティー等の業務用需要を中心に、フラワーアレンジメントに欠かせない花材となっている。

ダリア生産では、ウイルス病による被害が全国の産地で問題となっている。トマト黄化えそウイルス (*Tomato spotted wilt virus*: TSWV) は主要なウイルスの一つであり、近年では関西および東北地域で被害が確認されている (ASANO et al., 2015)。日本において TSWV は、1965 年にダリアで初めて確認され (末次, 1969)、その後、北海道、奈良等各地のダリア産地に発生が拡大した (末松ら, 1978; 小島, 1984)。TSWV によるダリア輪紋病の病徴は、葉に黄斑や輪紋、輪紋状のえそ、茎にえそ条斑を生じ、植物全体の生育が抑制される。また、球根には、あざ状のえそ条斑を生じる (LOBENSTEIN et al., 1995)。TSWV の宿主範囲は広く、1,000 種以上の植物での感染が確認されており (PARRELLA et al., 2003)、圃場周辺の雑草が伝染源となることが報告されている。TSWV はアザミウマ類によって永続伝搬されることが報告されている。奈良県内の圃場では、主にヒラズハナアザミウマの媒介による感染の拡大が確認されている (浅野ら, 2015) が、種子伝染についての報告はない。ダリアの増殖は、夏秋期産地では主として球根 (塊根) の分球、冬春期産地では主に挿し芽によって行われている。過去のダリアにおける TSWV の拡大が、潜在的に TSWV に感染した母株が要因で、後代に伝染して被害が拡大したと推察されている。そのため、対策としては、RT-PCR などの高感度遺伝子診断技術による TSWV の検定を行い、健全な親株を選抜することが重要である。しかし、TSWV はトマ

ト、キク、ランキユラス等様々な植物体内で不均一に分布することが知られており (WHITFIELD et al., 2003; MATSUURA et al., 2004)、ウイルス検定の際に TSWV が存在しない部位をサンプリングすることで検定結果が誤って陰性となる可能性がある。ダリアについても同一株内でも検出される部位とされない部位があることは経験的に知られているが、詳細な検討を行った報告はない。そこで、筆者らはダリア植物体内における TSWV の分布の傾向を明らかにし、適切な検定部位を提示したので (ASANO et al., 2017)、その結果を紹介する。

## I 葉での TSWV の分布

TSWV が潜在感染している株 (品種‘黒蝶’) の中位葉を用いて、複葉の部位別での検出率を調査した (図-1)。TSWV の検出は RNA 抽出を用いない検定手法である micro tissue direct RT-PCR (HOSOKAWA et al., 2006) を一部改変して実施した。RT-PCR 試薬は PrimeScript One-Step RT-PCR Kit Ver. 2 (Dye Plus) (TaKaRa) を用いた。

その結果、TSWV の検出率は葉柄で最も高く、次に葉脈、葉軸となり、葉身では低く、葉柄から離れるにしたがって検出率が低下する傾向があり (図-1)、検定部位として葉柄が最も適しており、葉身が最も不適切と考えられた。

次に小葉について、tissue blot immunoassay により TSWV の分布を調査した。小葉は汁液が出にくいいため、冷凍庫で凍結後、融解させながらニトロセルロースメンブレンに挟み込み強く押し付けた。その後は TSWV 抗体 (コーティング液) (TSWV 検定用試薬 (DAS-ELISA 法)、日本植物防疫協会茨城研究所) と二次抗体 (Anti-Rabbit IgG (Fc) Alkaline Phosphatase Conjugate, Promega) を用いて抗原抗体反応を実施した。

小葉の汁液は葉脈の中央部を除いてメンブレンに付着しており、ほぼ小葉全体の分布調査ができたと考えられる。TSWV は葉脈近辺では安定して分布しており、葉身では不均一になる傾向にあった (図-2)。試験で用いた

Distribution of Tomato Spotted Wilt Virus in Dahlia Plants. By  
Shunsuke ASANO, Yoshihiko HIRAYAMA and Yosuke MATSUSHITA

(キーワード: ダリア, TSWV, 輪紋病, 分布)

\*現所属: 奈良県庁農業水産振興課

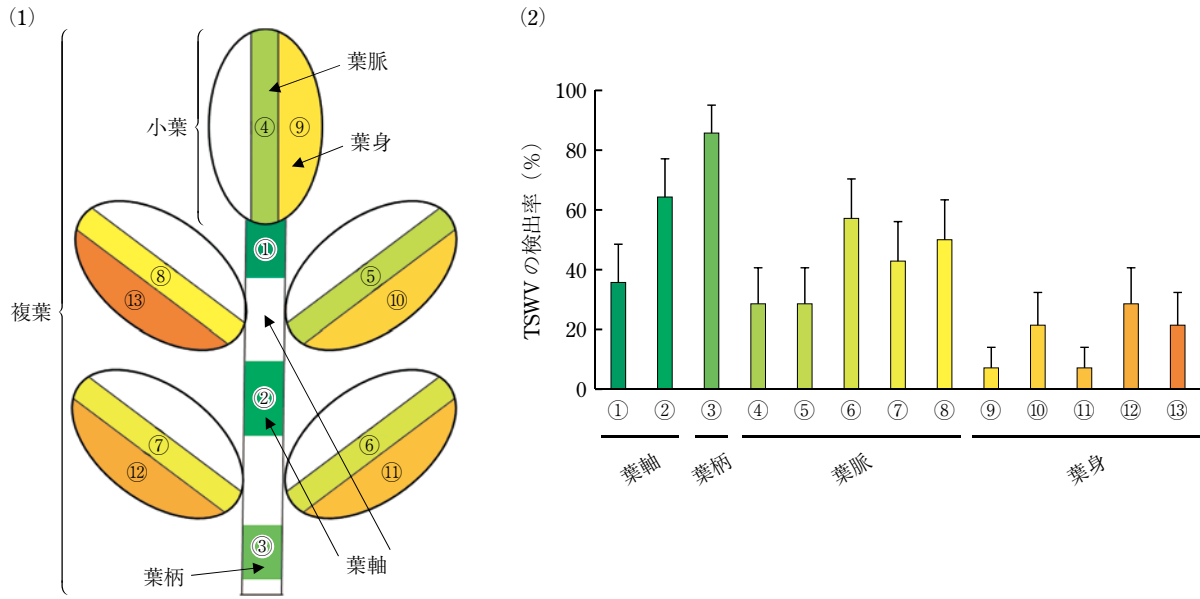


図-1 ダリア複葉の各部位での TSWV の検出  
 (1) : 検定部位, (2) : TSWV 検出率.  
 エラーバーは標準誤差を示す.  
 n = 14.

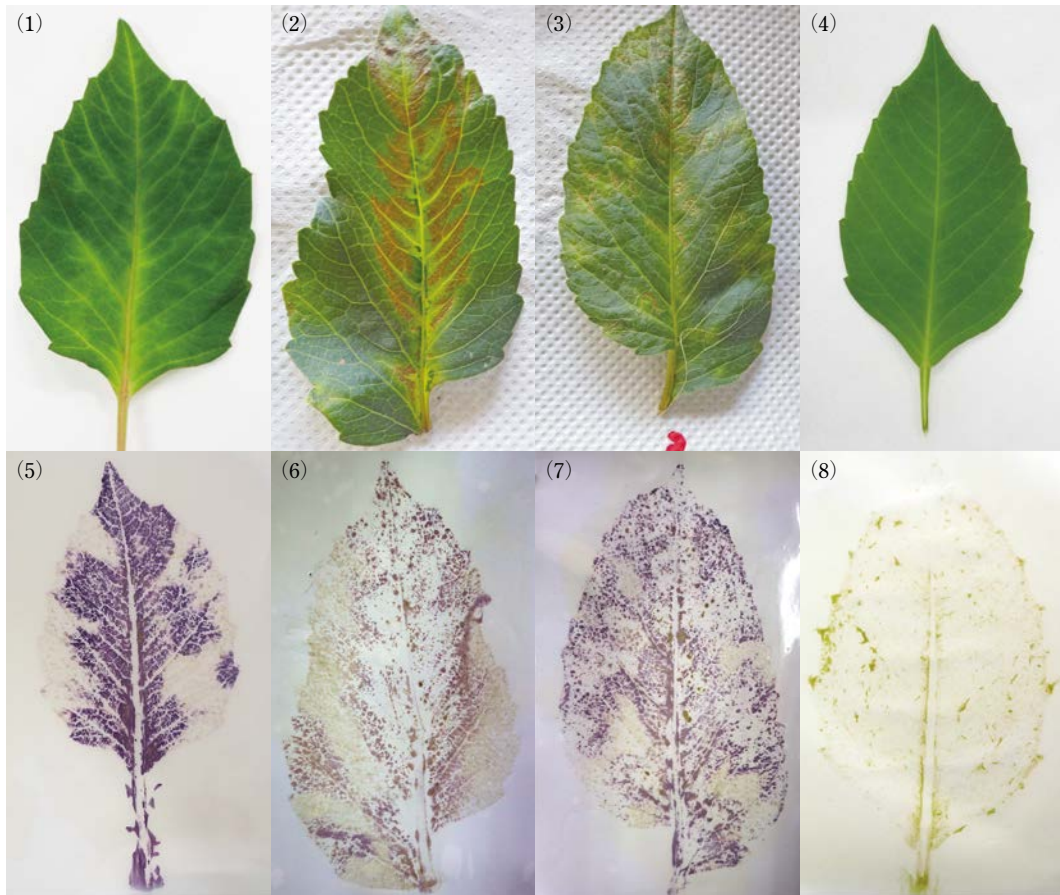


図-2 ダリア小葉での TSWV の感染分布  
 1~3 : TSWV に感染した小葉, 4 : TSWV 非感染の小葉,  
 5~8 : 1~4 のサンプルでの TSWV の検出結果.  
 Tissue blot immunoassay により TSWV を検出.

病徴が明瞭なサンプルであっても分布の不均一性が確認されているので、病徴が不明瞭な潜在感染しているサンプルの場合には、より分布の不均一性が高まり検出できない恐れがある。これらの結果より、葉身は、葉柄、葉軸および葉脈と比較して TSWV の分布が不安定であり、検定には不適切と考えられる。ただし、病徴部には TSWV が分布する傾向があり、病徴が明らかな場合は葉身の病徴部を検定部位とするのは問題ないと思われる。また、この傾向は同じトモウイルス属である *Melon yellow spot virus* の分布 (SUGIYAMA et al., 2009) と同様である。葉身での分布が不均一になる原因について、ペクチニアに関しては TSWV の移行がリグニンやフェノール物質の蓄積により抑制されている可能性が示唆されており (QUECINI et al., 2007), ダリアでも同様の反応によって TSWV の葉脈から葉身への移行が抑制されている可能性がある。

## II 茎での TSWV の分布

TSWV による病徴が明瞭である‘黒蝶’の栄養生長期および開花期の茎について節位別の TSWV の検出率を調査した。各節について3~5箇所横断面について上記と同様に tissue blot immunoassay により TSWV を検出した。

栄養生長期では、茎の上位節は、中位および下位節と比べて TSWV の検出率が低かった (図-3)。一方、開花期においては、上位節で検出率が高いものの、下位節ほど検出率が低くなる傾向にあり (図-4), 生育ステージ

により TSWV の分布が異なった。また、花については茎よりも TSWV の検出率は低かった。このことから検定部位として栄養生長期では茎の中位節、開花期では上位節が適切と考えられる。栄養生長期に上位節での検出率が低かった原因については茎の伸長が TSWV の増殖、移行より早いため、あるいは上位節での増殖、移行が植物体側の防御反応により抑制されている可能性が考えられる。一方、開花期については茎の伸長が止まるため、TSWV の分布が上位へ移行したと考えられるが、花での検出率は上・中位節より低かった。キクでも TSWV の濃度は花芽より中位葉で高くなっており (MATSUURA et al., 2004), 本試験と同様に上位節で分布の程度が低い傾向を示している。病徴が明瞭な TSWV 感染ダリアから挿し穂をとり、挿し芽での増殖を行った際にも TSWV が陰性となる個体が現れることがある。これは、上位節での TSWV の分布の不均一性によるものと思われる。

開花期において上・中位節と比較して下位節で検出率が低かった原因として、ウイルスが光合成同化産物とともに転流によって老化した下位節から上位節へ移動した可能性が考えられる (HIPPER et al., 2013)。茎における光合成同化産物の転流についての知見は少ないが、キクの茎で葉と同様に転流が行われていることが確認されている (ADACHI et al., 1999)。

## III 球根での TSWV の分布

地上部の TSWV による病徴が明瞭である‘黒蝶’の球根の部位別の TSWV の分布について調査した。上・中・下

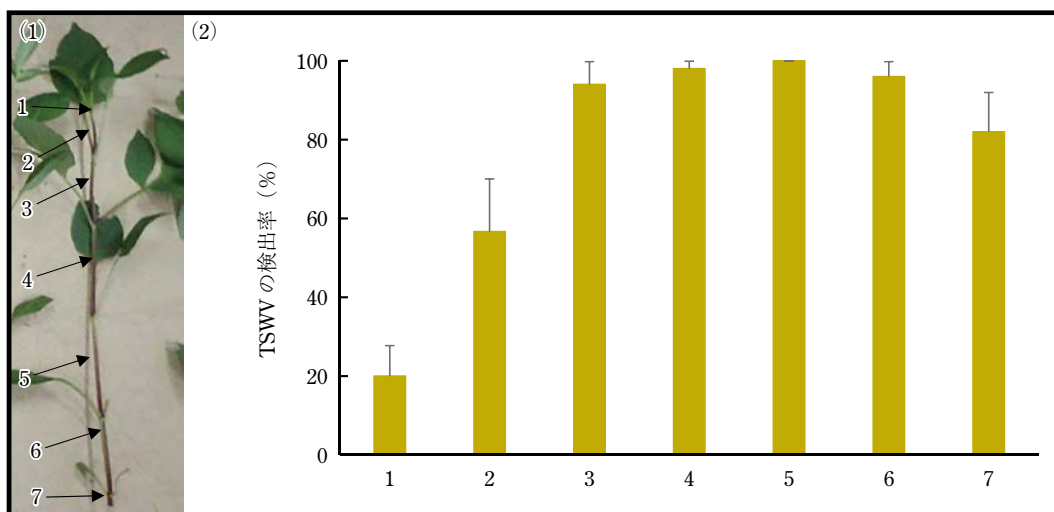


図-3 栄養生長期におけるダリア茎での TSWV の検出  
 (1) : 検定部位, (2) : 茎の節位別での TSWV 検出率。  
 Tissue blot immunoassay により TSWV を検出。  
 エラーバーは標準誤差を示す。  
 n = 10.

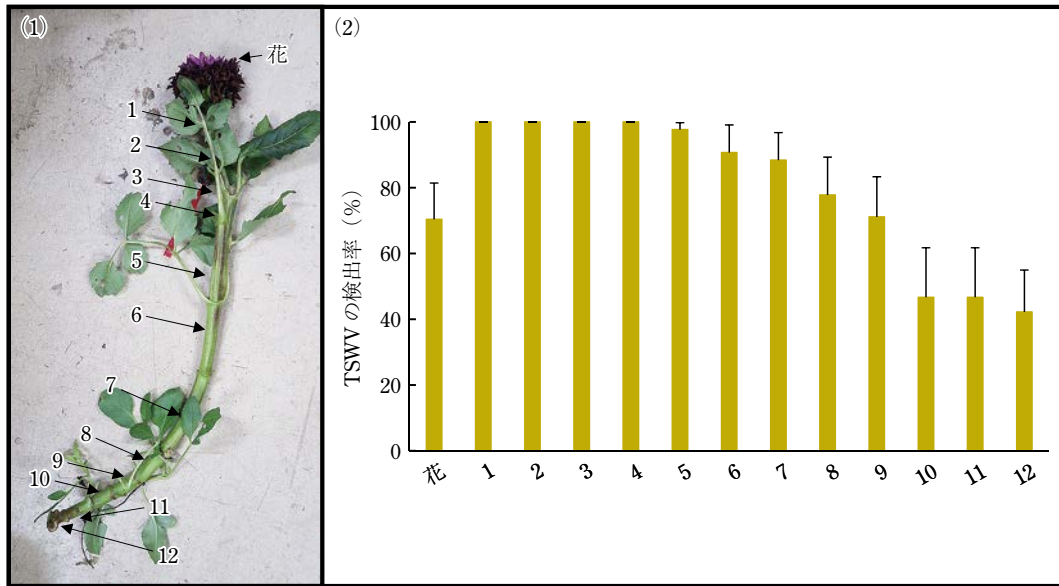


図-4 開花期におけるダリア花および茎での TSWV の検出  
 (1)：検定部位，(2)：検出結果の例，3：花および茎の節位別での TSWV 検出率。  
 Tissue blot immunoassay により TSWV を検出。  
 エラーバーは標準誤差を示す。  
 n = 9.

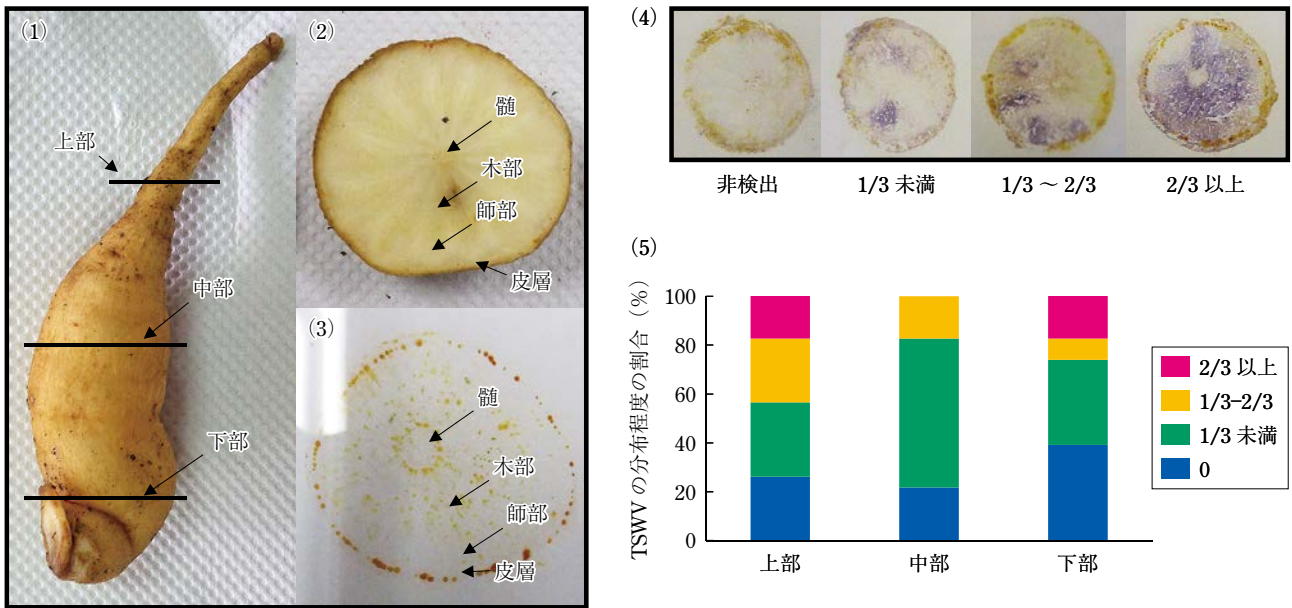


図-5 ダリア球根断面における TSWV の分布  
 1：球根の検定部位，2-3：球根断面図とニトロセルロースメンブレンへの付着の様子，  
 4：球根における TSWV の検出事例，5：球根の各部位での TSWV の感染割合。  
 Tissue blot immunoassay により TSWV を検出。  
 n = 23.

部の横断面について上記と同様に tissue blot immunoassay により TSWV を検出し，その分布程度を評価した。

その結果，TSWV は球根の表皮，皮層，篩部，木部，維管束に主に分布しており，一方，髓での分布は少ない傾向にあった (図-5)。上・中・下部位について TSWV

の分布程度に大きな差は見られず，いずれの部位も半数以上の個体で TSWV の分布面積は断面の 1/3 未満であった。TSWV は篩管を通じて長距離移動し，そこから細胞間移行により移動・増殖するが，球根ではこれら両方の移動・増殖効率が低く，特に細胞間での移動・増殖効

表-1 ダリアの *Tomato spotted wilt virus* の適切な検定部位

部位	適切な検定部位	不適切な検定部位
複葉	葉柄	葉身
小葉	葉脈	葉身
茎	中位節 (栄養成長期) 上位節 (開花期)	上位節 下位節
球根 <sup>a)</sup>	師部	髓

<sup>a)</sup> 球根は TSWV の分布の不均一性が高いため検定には不向き。

率が低いと考えられる。

### おわりに

本稿で紹介したダリアの部位別での TSWV の分布傾向を考慮すると、分布が最も不均一であった球根はウイルス検定時のサンプリング部位として不適切と考えられる。一方で、複葉、小葉については、検出率が高かった葉柄、葉脈がそれぞれ検定部位として適しており、茎については、栄養生長期では中位節が、開花期では上位節が適していると考えられる (表-1)。

筆者らは無病徴のダリアのウイルス検定をする際にどの部分をとるべきか悩むことが多く、今回の TSWV の

分布の調査に至った。本試験がウイルス検定時のサンプリングの一助となれば幸いである。

本研究成果は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「無病球根の効率的増殖を核とした有望切り花の生産流通技術開発 (課題番号 21017)」において得られたものである。

### 引用文献

- 1) ADACHI, M. et al. (1999): J. Japan. Soc. Hort. Sci. **68**: 505~512.
- 2) 浅野峻介ら (2015): 関西病虫研報 **57**: 143.
- 3) ASANO, S. et al. (2015): Lett Appl Microbiol. **61**: 113~120.
- 4) ——— et al. (2017): ibid. **64**: 297~303.
- 5) HIPPER, C. et al. (2013): Front. Plant Sci. **154**: 1~24.
- 6) HOSOKAWA, M. et al. (2006): J Virol Methods **131**: 28~33.
- 7) 小島博文 (1984): 関西病虫研報 **26**: 23~28.
- 8) LOBENSTEIN, G. et al. (1995): Virus and Virus-like Diseases of Bulb and Flower Crops, John Willey & Sons, Hoboken, p.265~273.
- 9) MATSUURA, S. et al. (2004): J. Phytopathology **152**: 219~223.
- 10) PARRELLA, G. et al. (2003): J. Plant Pathol. **85**: 227~264.
- 11) QUECINI, V. et al. (2007): Physiol. Mol. Plant Pathol. **70**: 189~197.
- 12) 末松俊彦ら (1978): 北大農研邦文紀要 **11**(2): 138~147.
- 13) 末次哲雄 (1969): 植防研報 **7**: 50~56.
- 14) SUGIYAMA, M. et al. (2009): J. Gen. Plant Pathol. **75**: 381~387.
- 15) WHITFIELD, A. E. et al. (2003): Plant Dis. **87**: 618~622.

## 発生予察情報・特殊報 (29.12.1~12.31)

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

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

■モモ：黒斑病 (新潟県：初) 12/25



# 栽培ブドウにおけるブドウミタマバエ (仮称) *Asphondylia* sp. の発生とハリオタマバエ類の生態

公益社団法人福島県植物防疫協会飯坂試験地 佐々木 正 剛  
農研機構果樹茶業研究部門 うえち 奈 美

## はじめに

福島県におけるブドウの栽培面積は291 ha、収穫量は3,150 t、シェアは全国第12位であり、モモ1,780 ha、リンゴ1,410 ha、カキ1,390 ha、ニホンナシ1,120 ha、ウメ473 haに次ぐ生産規模である(農林水産省編, 2011)。ブドウの主な栽培品種は、‘巨峰’、‘ピオーネ’、‘シャインマスカット’、県オリジナル品種の‘あづましずく’、‘ふくしずく’等大粒品種と‘スチューベン’、‘ノースレッド’等小粒品種である。また、生産量は少ないものの地域の特産果樹として‘瀬戸ジャイアンツ’、‘ベニバラード’、‘クイーンニーナ’等多種多様な品種が栽培されている。

主に発生するブドウ病害虫は、病害ではべと病、晚腐病、黒とう病、害虫ではチャノキイロアザミウマ、ハダニ、クビアカスカシバであり、各地域の病害虫防除暦による薬剤防除が実施されている。試験研究では、べと病のQoI剤耐性菌検定試験やクビアカスカシバに対する交信かく乱剤や昆虫病原性線虫剤(商品名バイオセーフ)の農薬登録に向けた試験が実施されている。

2012年に栽培ブドウにおいてブドウミタマバエと2016年に栽培ブドウと栽培ヤマブドウにおいてブドウトックリタマバエの2種のタマバエがほぼ同時期に確認された。ブドウミタマバエについては、2017年9月15日に福島県病害虫防除所から平成29年度病害虫発生予察情報特殊報第1号が発表された。これに基づいて、ブドウミタマバエの発生経緯や形態、発生生態等について紹介し、また、本種が属するハリオタマバエ類の形態的特色や寄主植物等についても報告する。タマバエを同定していただき、また調査研究をご指導いただいた九州大学名誉教授の湯川淳一博士に厚く御礼申し上げる。

Occurrence of the Grape Gall Midge, *Asphondylia* sp. (Diptera: Cecidomyiidae), and Biological Characteristics of the Genus *Asphondylia*. By Masatake SASAKI and Nami UECHI

(キーワード: *Asphondylia*, ブドウミタマバエ, ブドウ, ハリオタマバエ類, 新害虫)

## I 発生経過

図-1にブドウミタマバエの発生分布図、表-1に発生経過を示した。2012年7月12日に福島県伊達市梁川町および宮城県伊具郡丸森町の施設ブドウ園(伊達市の生産者が2園地を栽培管理しており、2園地間の距離は約100 m)において、伊達市では‘瀬戸ジャイアンツ’と‘ベニバラード’、伊具郡では‘瀬戸ジャイアンツ’の奇形化した果粒(以下、虫こぶ)中にハエ目幼虫を確認した。‘瀬戸ジャイアンツ’では正常な果粒は山椒の実大であった

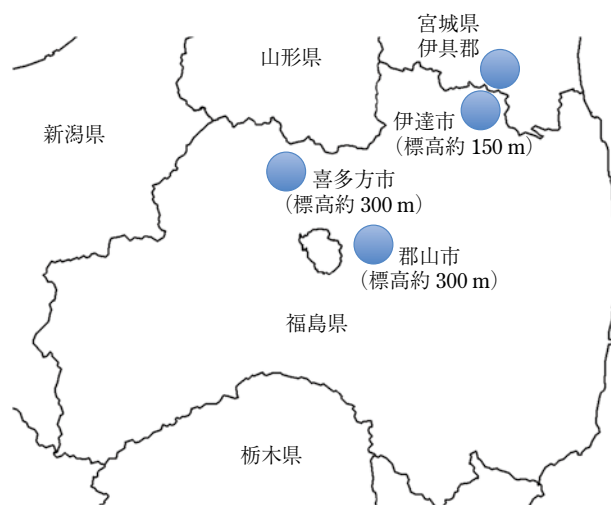


図-1 ブドウミタマバエの発生分布図

表-1 ブドウミタマバエの発生確認経過

年	場所	品種
2012~17年	宮城県伊具郡丸森町	瀬戸ジャイアンツ
2012~17年	福島県伊達市梁川町	瀬戸ジャイアンツ
2012年	福島県伊達市梁川町	ベニバラード
2014年	福島県伊達市梁川町	紅環
	福島県喜多方市熱塩加納町	シャインマスカット, スチューベン
2016年	福島県喜多方市熱塩加納町	ノースレッド
2017年	福島県伊達市梁川町	紅環, カッタクルガン
	福島県郡山市熱海町	クイーンニーナ

時期に、虫こぶは小豆粒大と顕著な大きさの差が認められた（図-2）。また、‘ベニバラード’の虫こぶは肥大が止まり、正常な果粒との顕著な大きさの差が認められた（図-3）。幼虫を室内で飼育したところ、7月17日から成虫が羽化した。幼虫と成虫を採取し、同定を依頼した結果、既知のノブドウミタマバエ *Asphondylia baca* とは幼虫の形態が異なることから、8月に *Asphondylia* 属の別種と考えられるという報告を受けた。2013年6月に伊達市と伊具郡の‘瀬戸ジャイアンツ’において虫こぶの発生を確認したが、このときは幼虫を採取できなかった。

2014年6月21日に伊具郡の‘瀬戸ジャイアンツ’の虫こぶから幼虫を採取し、同定を依頼した結果、未記載のブドウミタマバエ *Asphondylia* sp. であることが判明した。8月23日に福島県喜多方市熱塩加納町の雨除けブドウにおいて、‘シャインマスカット’の虫こぶに本種幼虫を確認した。虫こぶは肥大が止まり、正常な果粒との

顕著な大きさの差が認められた（図-4）。また、10月23日に‘スチューベン’の虫こぶに本種の蛹殻を確認した（図-5）。ブドウの成熟期に寄生された果粒の虫こぶは、奇形・肥大化しないため、正常な果粒との区別が難しいが、蛹殻が果面に残ることがある。

2015年6月11日に伊達市と伊具郡の‘瀬戸ジャイアンツ’と伊達市の‘紅環’の虫こぶに本種幼虫を確認した。幼虫を室内で飼育したところ、6月27日から成虫の羽化が見られた。

2016年6月14日に伊具郡の‘瀬戸ジャイアンツ’の虫こぶに本種幼虫を確認した。10月に熱塩加納町の‘ノースレッド’において虫こぶの発生を確認したが、このときは幼虫を採取できなかった。

2017年6月25日に伊達市と伊具郡の‘瀬戸ジャイアンツ’と伊達市の‘紅環’と‘カッタクルガン’の虫こぶに本種幼虫を確認した。7月25日に郡山市熱海町の‘クインニーナ’の虫こぶにハエ目幼虫を確認し、同定を依頼した結果、8月にブドウミタマバエであることが判明した。

## II 形態および生態

幼虫は3齢を経る。3齢幼虫（終齢）は黄白色で、1.2～2mmの大きさである（図-6）。幼虫は果粒中心の隙間に生息しており、その付近の果肉表面が褐色に変色しているが、果肉の食害は認められない。蛹は体長2.5mm程度、褐色で果粒中に見られ、果粒表面に穴をあけて体を半分果粒外に出して羽化し、蛹殻は果粒表面に残る（図-5, 7）。

成虫の翅長は、雄が2.5～3.3mm、雌が3～3.5mmであり、発生時期は6～8月である（図-8）。産卵は開花期に果粒（子房）中になされると考えられる。幼虫は果粒

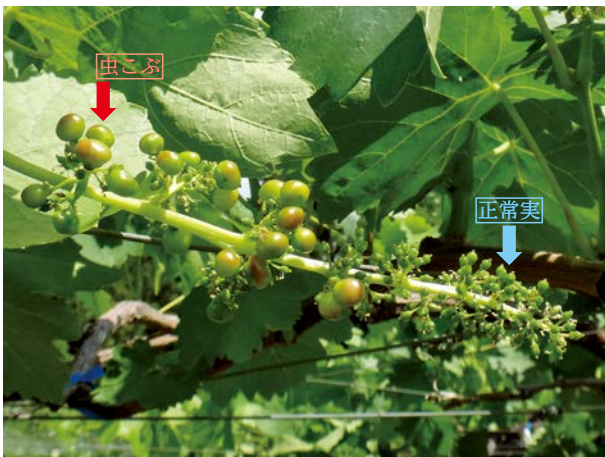


図-2 異常肥大した虫こぶ  
（‘瀬戸ジャイアンツ’ 2015/6/11）

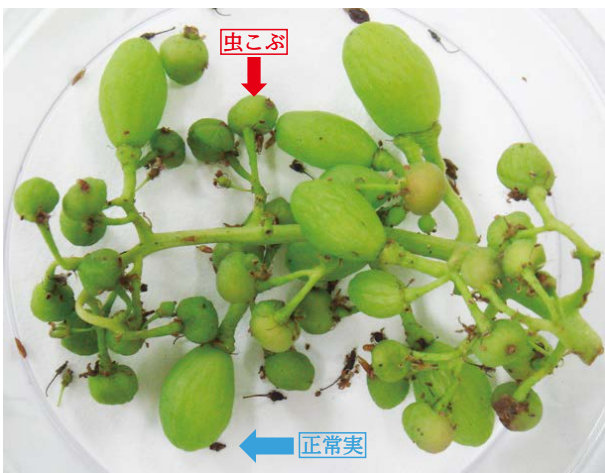


図-3 肥大が止まった虫こぶ  
（‘ベニバラード’ 2012/7/25）



図-4 肥大が止まった虫こぶ  
（‘シャインマスカット’ 2014/8/4）





図-5 正常な果粒の大きさと差がない虫こぶ  
（‘スチューベン’ 2014/10/23）



図-6 ブドウミタマバエ 3 齢幼虫



図-7 ブドウミタマバエ蛹



図-8 ブドウミタマバエ雄成虫

中に 1 頭ずつ寄生し、寄生された果粒は異常肥大し奇形化（図-2～4）するが、その後肥大が止まるため、正常果粒の肥大に伴って目立たなくなる。この虫こぶの形成時期はブドウ開花後の 6 月中旬以降と考えられる。

本種の生活史は不明である。発生圃場は異なるが、虫こぶが 6 月、7 月、10 月に見られたことから、年に 2～3 回発生すると推定される。他の *Asphondylia* 属タマバエ類のように寄主交代をする可能性が大きいと考えられ、ブドウ以外の冬寄主を発見する必要がある。なお、既知の近縁種のノブドウミタマバエは年に 2～3 回発生し、冬寄主としてタニウツギの芽を利用し虫こぶを形成する（湯川・榊田，1996）。

### III 発生状況と防除対策

ブドウミタマバエの発生は、現在のところ宮城県伊具郡と福島県伊達市、喜多方市、郡山市の 4 箇所であり、発生圃場はいずれも山間・山沿いに位置している（図-1）。生産者に対する聞き取り調査を行ったところ、発生

の多い品種においては 5% 程度の寄生率、1 房当たり多いと 10 粒以上の虫こぶが見られる場合もあるが、被害は限定的である。本種による被害の発生は、現在のところ‘瀬戸ジャイアンツ’、‘ベニバラード’、‘紅環’、‘シャインマスカット’、‘スチューベン’、‘ノースレッド’、‘カッターガン’、‘クイーンニーナ’の 8 品種である（表-1）。

2015 年に伊具郡の圃場を調査したところ、栽植された 8 品種の中でブドウミタマバエの発生が確認された品種は‘瀬戸ジャイアンツ’のみであった。‘瀬戸ジャイアンツ’の開花始期は他の品種と比較すると 6～11 日遅かった（表-2）が、産卵時期と開花時期の関係は不明であった。開花始期から虫こぶ発生までの日数は、2014 年では 9 日、2015 年では 5 日、2016 年では 6 日であった。2017 年の福島県病害虫防除所による郡山市の圃場調査の結果では、寄生率は 5% 程度で、被害は、圃場全体に偏りなく見られた。

防除対策としては、開花後の 6 月中旬ごろに寄生果粒・果房を除去し、水漬けにする等適切に処分する。こ

表-2 品種と虫こぶの発生（伊具郡）

開花時期など 品種名	栽培面積 100 a 2015年6月11日調査		
	開花始期	成木の 植栽本数	虫こぶ 発生本数
巨峰	5月26日	5	0
ピオーネ	5月28日	10	0
シャインマスカット	5月31日	20	0
ロザリオ・ピアンコ	5月31日	24	0
瀬戸ジャイアンツ	6月6日	12	5
ほか2品種	-	5	0
計		76	5

の時期以降は正常果粒の肥大が進み、寄生果粒との区別が困難となるため、適期を逃さないように注意する。虫こぶが確認された品種以外にも本種が寄生するおそれがあるので、果房をよく観察し、疑わしい果房は適切に処分する。伊具郡の圃場では、開花直前（5月6半旬）と落花直後（6月3半旬）に殺虫剤を散布しているが、この時期の散布では防除できないと考えられる。7月10日ころから9～10月の収穫期まで8品種すべてに袋をかけており、収穫時の果粒には虫こぶの発生は見られなかったことから、袋かけは効果的であると考えられる。

#### IV ハリオタマバエ類について

##### 1 形態的特徴と分布、寄主植物

ブドウミタマバエ *Asphondylia* sp. は、タマバエ科ハリオタマバエ属 *Asphondylia* の一種である。ハリオタマバエ属の成虫は蚊に似ており、翅の長さは3 mm程度である。雌成虫は針状の産卵管を持っており、属名の由来（ハリオ（針尾）タマバエ）となっている。この産卵管で、寄主植物の組織内に卵が産みこまれる。ふ化幼虫の摂食刺激により、寄生された部位が変形して虫こぶ（虫えい、ゴール）となる。幼虫は成熟すると黄色いウジとなり、胸部にタマバエ特有の「胸骨（きょうこつ）」というキチン化した構造を持つようになる。蛹は、最初は明るい褐色だが、成熟するにしたがい暗褐色になる。羽化時には寄生果実から直接羽化する。

ハリオタマバエ属は、299種以上が含まれる比較的大きなグループである（GAGNÉ and JASCHHOF, 2017）。世界中に分布し、様々な植物の果実や芽等に寄生する。日本には5種と約15種類の未記載種が記録されており、栽培植物を加害する害虫として、ダイズサヤタマバエ *A. yushimai*、クワクロタマバエ *A. morivorella* 等が知られている（湯川・榊田, 1996）。同属種間の形態的差異に乏しいことが多く、形態のみによる種の同定は難しい。

しかし、DNA バーコーディング領域近辺（ミトコンドリアゲノム上のCOI遺伝子の5'末端約450～650塩基長）の比較により種の識別が可能であり、同定が容易になってきている。

##### 2 寄主植物と生活史

一般的にタマバエ類の寄主範囲は狭く、同一植物科内の数種程度であることが多い。一方、ハリオタマバエ属には、季節によって複数科の植物を利用する（寄主交代をする）多化性の種がいるのが大きな特徴である。例えば、ダイズサヤタマバエは、夏にはダイズ、クララ、ヤマハギ等のマメ科植物の莢に寄生して10世代以上を経過するが、晩秋から翌春にかけては、バラ科のバクチノキやモクセイ科のヒイラギの実に寄生し、果実の内部で1齢幼虫が越冬する（YUKAWA et al., 2003; UECHI et al., 2005; YUKAWA et al., 2016）。本属タマバエ類には共生糸状菌が存在しており、そのために異なる科の植物も利用できると考えられている（YUKAWA and ROHFRITSCH, 2005）。ノブドウミタマバエ *A. baca* やヨーロッパのイナゴマメタマバエ *A. gennadii* も、同様に寄主交代をする（UECHI et al., 2005）。ほかにも、寄主部位を交代するヨーロッパのハリエニシダタマバエ *A. sarothamni* や、年1化で1種の植物の果実を寄主とするアオキミタマバエ *A. aucubae*、基本的には年1化性だが、一部分の個体群が2化して異なる科の植物に寄生するイボミタマバエ *A. sphaera* がいる（UECHI and YUKAWA, 2006）。また、夏寄主が判明しているものの、冬寄主が不明なために生活史が未解明であり、分類学的な混乱を避けるため未記載種のままとされている種も多数存在する。反対に夏寄主が不明な場合もある。ブドウミタマバエについても、初夏に栽培ブドウに雌成虫が飛来して幼果に産卵することは確認されているが、飛来元の冬寄主や、ブドウ以外の夏寄主は今のところ不明である。なお、ブドウを加害する種として、同属のノブドウミタマバエの記録はあるものの（湯川・榊田, 1996）、現時点では本種とは別種であると考えられる。

#### おわりに

ブドウミタマバエの生態については、ブドウ以外の夏寄主と冬寄主の特定、年間の発生回数、発生場所による虫こぶ形成時期の違い、ブドウ品種と発生の関係等不明な点が多い。現在のところ、発生場所は限定的であるものの、寄生果が栽培管理の過程で摘粒されているため被害が目立たないことも考えられる。今後も発生の有無を注視する必要があると考えられる。なお、発生場所が4箇所と限定され、また、虫こぶと正常果粒の形状や大き

さが明らかに異なることから、当面の対策として寄生果粒・果房の除去や果房の袋掛けは有効な防除方法である。ブドウ以外の夏寄主と冬寄主が特定されて生活史が解明されると、防除時期や防除対象植物の特定も可能になり、さらに効果的な防除対策が可能となる。

### 引用文献

- 1) GAGNÉ, R. J. and M. JASCHHOF (2017): A catalog of the Cecidomyiidae (Diptera) of the world, Fourth Edition, Digital, 762 pp. Available from URL: [https://www.ars.usda.gov/ARUSU\\_serFiles/80420580/Gagne\\_2017\\_World\\_Cat\\_4\\_th\\_ed.pdf](https://www.ars.usda.gov/ARUSU_serFiles/80420580/Gagne_2017_World_Cat_4_th_ed.pdf) (2017年12月13日確認)
- 2) 農林水産省 編 (2011): 耕地及び作付面積統計.
- 3) UECHI, N. et al. (2005): *Appl. Entomol. Zool.* **40**: 597~607.
- 4) ——— and J. YUKAWA (2006): *Ann. Entomol. Soc. Am.* **99**: 1165~1171.
- 5) YUKAWA, J. et al. (2016): *Appl. Entomol. Zool.* **57**: 71~80.
- 6) ——— and O. ROHFRIETSCH (2005): *Biology, Ecology, and Evolution of Gall-inducing Arthropods*, Science Publishers, New Hampshire, p.273~304.
- 7) ——— et al. (2003): *Bull. Entomol. Res.* **93**: 73~86.
- 8) 湯川淳一・榎田 長 (1996): 日本原色虫えい図鑑, 全国農村教育協会, 東京, 826 pp.



(新しく登録された農薬 27 ページからの続き)

#### 「殺菌剤」

- ピリベンカルブ水和剤  
24013: ファンタジスタフロアブル (クミアイ化学工業)  
17/12/20  
24014: 日曹ファンタジスタフロアブル (日本曹達)  
17/12/20  
ピリベンカルブ: 18.7%  
だいず: 紫斑病: 収穫 7 日前まで

#### 「殺虫殺菌剤」

- クロチアニジン・フラメトピル水和剤  
24015: ダントツリンバー顆粒水和剤 (住友化学)  
17/12/20  
クロチアニジン: 16.0%  
フラメトピル: 12.5%  
てんさい: 根腐病, テンサイトビハムシ: 定植前

#### 「除草剤」

- クロメプロップ・テフリルトリオン・フェントラザミド粒剤  
24007: イネリーグ 1 キロ粒剤 (バイエルクロップサイエンス) 17/12/6  
クロメプロップ: 4.5%  
テフリルトリオン: 3.0%  
フェントラザミド: 3.0%  
移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ, セリ  
●クロメプロップ・テフリルトリオン・フェントラザミド水和剤  
24008: イネリーグフロアブル (バイエルクロップサイエンス) 17/12/6

- クロメプロップ: 8.5%  
テフリルトリオン: 5.7%  
フェントラザミド: 5.7%  
移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ, セリ  
●クロメプロップ・テフリルトリオン・フェントラザミド粒剤  
24009: イネリーグジャンボ (バイエルクロップサイエンス) 17/12/6  
クロメプロップ: 11.2%  
テフリルトリオン: 7.5%  
フェントラザミド: 7.5%  
移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ, セリ  
●カフェンストール・ダイムロン・ハロスルフロンメチル・ベンゾビシクロン水和剤  
24010: シルトフロアブル (北海道サンアグロ) 17/12/6  
カフェンストール: 5.0%  
ダイムロン: 10.0%  
ハロスルフロンメチル: 1.2%  
ベンゾビシクロン: 4.0%  
移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ヘラオモダカ, ミズガヤツリ, クログワイ, ヒルムシロ, シズイ, セリ, オモダカ, アオミドロ・藻類による表層はく離

#### 「植物成長調整剤」

- パクロブトラゾール水和剤  
24022: ファーモア iQ (シンジェンタジャパン) 17/12/25  
パクロブトラゾール: 21.5%  
トマト: セル苗育苗期の伸長抑制: は種後覆土前

## 種子処理による省力的な薬剤施用法

バイエルクロップサイエンス株式会社 **もり 森**

**たく ま 拓 馬**

### はじめに

日本の稲作栽培における近年の傾向を見ると、10 ha 以上を耕作する農家の割合が、2000 年では 8%であったのに対し 2010 年以降急激に増加、2015 年には 29%に達し（農林水産省、2016）、ここ 15 年で大規模農家の割合が大きく増加している（図-1）。また、主食用米のうち、中・外食用の占める割合が 1997 年に 18.9%であったのに対し 2016 年には 31.1%となり、低価格帯を志向する中・外食用米の需要が増加している。飼料用米、発酵粗飼料（Whole Crop Silage, WCS）用米など新規需要米についても転換政策により大幅に増加し、2016 年には 133,000 ha で栽培されている。このように、現在の日本における稲作栽培では、大規模農家の経営に合わせた効率的・省力的防除方法の開発が急務となっている。また、長期的な米価の低落傾向と低価格帯を志向する需要の高まりから、生産コストの低減が求められている。

種子処理は、種子に薬剤を処理することにより本圃において発生する病害虫を防除する方法で、効率的・省力的防除方法の一つで、且つ生産コストを低減することができる防除法である。本稿では、世界の種子処理の現状を紹介するとともに、日本における種子処理の現状とバイエルクロップサイエンス株式会社が水稻場面で開発している種子処理剤とその効果について紹介する。

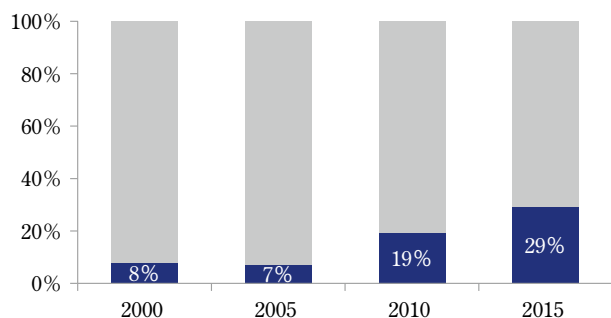


図-1 日本における 10 ha 以上の水稻農家の占める農地面積割合

Seed Treatment as Labor Saving Application Method on Rice.

By Takuma Mori

(キーワード：種子処理，稲作)

なお、本稿は 2017 年 9 月に開催された日本植物防疫協会シンポジウム「薬剤施用法を考える」での講演内容をまとめたものである。

### I 世界の種子処理市場と現状

世界における種子処理市場を見ると、2012 年には 22 億 6 千万ユーロであったが、2016 年には 27 億 5,000 万ユーロ（約 3,400 億円）で、年平均 5% 成長し、世界の農業市場の約 6% を占めている（図-2）。種子処理市場を地域別に見ると、北アメリカで 29%、ヨーロッパ・中東で 27%、南アメリカで 26%、アジア太平洋で 17% となっており、北アメリカ・ヨーロッパで約 6 割を占めている。また、各地域における種子処理剤の金額ベースシェアを見ると、ヨーロッパや北・南米で 6~9% を占めるのに対し、アジア太平洋地域では 3% と、この地域における使用割合が少ない状況である。作物別に見るとムギで 31%、トウモロコシで 27%、マメ類で 21%、ワタで 4%、ナタネで 4% となっている。大面積栽培が行われている穀類・マメ類での使用が多く、これは本圃での薬剤散布に非常な手間と時間・費用を要するため、作業を効率化できる種子処理が防除方法として採用されているためである。

バイエル社では、ムギ栽培におけるアブラムシ類、紅色雪腐病、裸黒穂病等を対象にイミダクロプリドとプロチオコナゾールの混合剤（商品名；Gauch Du Duo FS）を、トウモロコシ栽培におけるコウチュウ目害虫を対象にクロチアニジン剤（商品名；Poncho FS）を、マメ類栽培におけるコウチュウ目害虫、線虫等を対象にクロチアニジンと *Bacillus firmus* の混合剤（商品名；PonchoVotio）

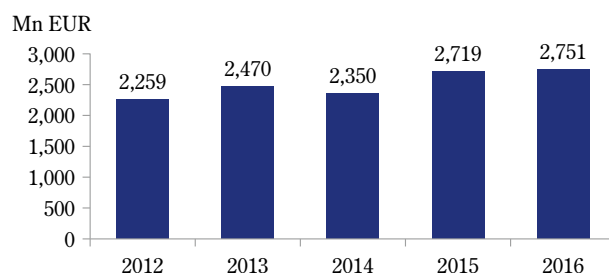


図-2 世界の種子処理市場規模（バイエル社内推計値）

等の種子処理剤を開発・上市している。

## II 日本における種子処理市場と現状

現状、日本において種子処理は一般的ではなく、マメ類においてアブラムシ類を対象にチアメトキサム水和剤が、アブラムシ類、茎疫病、紫斑病等を対象にチアメトキサム・フルジオキソニル・メタラキシル M 水和剤が、コムギにおいて紅色雪腐病を対象にイミノクタジン酢酸塩液剤が、水稻においてウンカ・ヨコバイ類を対象にイミダクロプリド水和剤が登録されているなど、その使用例は少ない。マメ類と小麦で普及が図られているものの、その販売金額は約 14 億円、日本における農薬市場の 0.4% となっている。

しかし、日本における稲作栽培の大型化に伴い、今後、効率化・省力化、低コスト化を実現する種子処理の普及する可能性は高いと推察される。

## III 水稻栽培における種子処理の開発

水稻栽培における種子処理には、薬害がないことはもちろん、現在普及されている育苗箱施用と同等の効果、残効性が求められる。また、地域の病害虫の発生状況に合わせて、使用する薬剤がカスタマイズ（種類や処理量）可能であることが求められる。これらを踏まえ、いもち病対象にイソチアニル水和剤（商品名；ルーチン®FS）、イネミズゾウムシ対象にエチプロール水和剤（商品名；キラップ®シード FS）の種子処理専用剤を開発した。

種子処理は、直播栽培と移植栽培の両方に適用の場面がある。開発した上記の種子処理の効果を直播栽培、移植栽培に分けて紹介する。

### 1 直播栽培

直播栽培は、育苗作業がないために作業が大幅に軽減でき、育苗施設などへの投資や費用も軽減できる。また、



図-3 鉄コーティングへの種子処理技術の適用

左：種子処理剤を処理した鉄コーティング種子。  
右：鉄コーティングにおける種子処理。

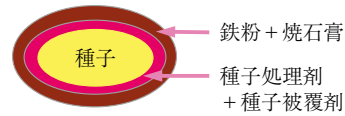
移植栽培と組合せることにより収穫時期を分散することができ、栽培の規模拡大を可能にする。しかし、現在のところ移植水稻における箱処理粒剤並みに省力かつ高い薬効を示す病害虫防除が確立しているとは言い難い。種子処理は、種子に薬剤を塗沫\*することにより病害虫を効率的・省力的に防除することができる。移植栽培では、薬剤処理を農閑期に移行することができ、育苗機の作業を軽減することができる。

直播栽培の中で、近年普及が拡大している湛水直播の鉄コーティングにおける種子処理技術と効果について紹介する（図-3）。鉄コーティングでの薬剤処理のタイミングは浸種前、浸種後鉄コーティング中、鉄コーティング後の3時期がある（図-4）。いずれの時期に処理しても、ルーチン FS はいもち病に対して高い防除効果を示した（図-5）。同様にキラップシード FS もイネミズゾウムシに対して高い防除効果を示した（図-6, 7）。

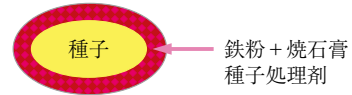
ルーチン FS の鉄コーティング種子での湛水直播の浸種前塗沫処理では、‘キヌヒカリ’、‘コシヒカリ’、‘ナツミノリ’、‘ひとめぼれ’、‘ヒノヒカリ’、‘萌えみのり’、‘ゆめあかり’で、鉄コーティング中の塗沫処理では、‘キヌヒカリ’、‘コシヒカリ’、‘ひとめぼれ’、‘ヒノヒカリ’、‘萌えみのり’で、鉄コーティング種子への吹き付け処理では、‘キヌヒカリ’、‘コシヒカリ’、‘ヒノヒカリ’、‘萌えみのり’、‘ゆめあかり’で安全性が確認されている。キラップシード FS の浸種前塗沫処理では、‘あきたこまち’、‘きぬむすめ’、‘こしいぶき’、‘コシヒカリ’、‘ひとめぼれ’、‘てんこもり’、‘ヒノヒカリ’で、鉄コーティング中の塗沫処理では、‘あきたこまち’、‘きぬむすめ’、‘こしいぶき’、‘コシヒカリ’、‘はえぬき’、‘萌えみのり’で、鉄コーティング種子への吹き付け処理では、‘こしいぶき’、‘コシヒカリ’で安全性が確認されている。

\*：本来は“抹”を使用すべきところであるが、登録上“沫”が使用されているので、本稿では“沫”を使用する。

1. 浸種前の種子処理



2. 浸種後鉄コーティング中の種子処理



3. 浸種後鉄コーティング後の種子処理

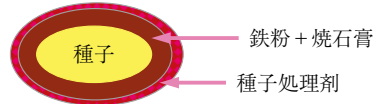


図-4 鉄コーティングにおける薬剤の処理時期

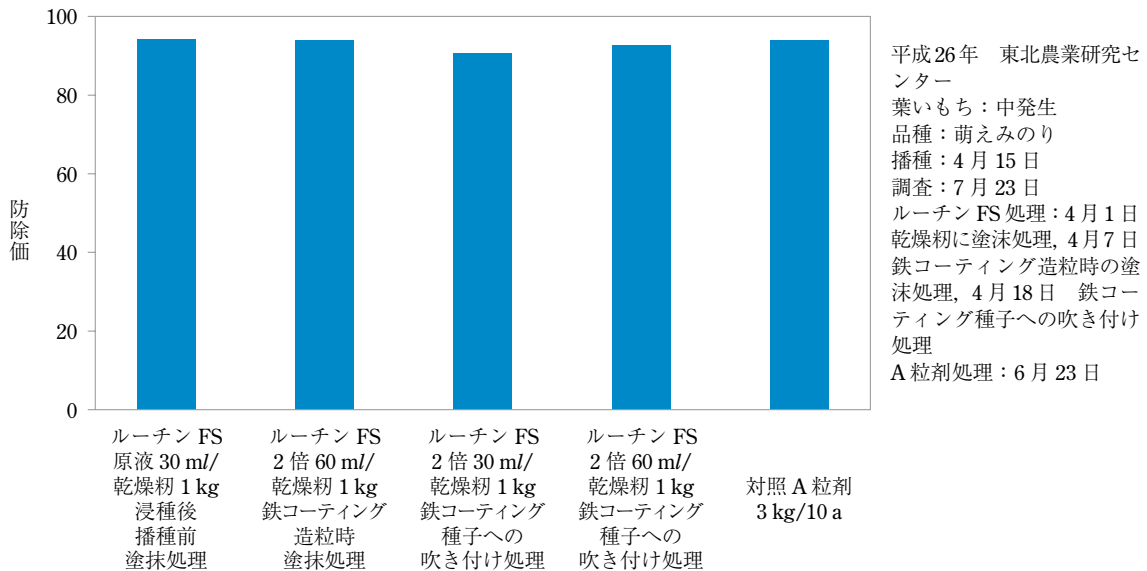


図-5 ルーチン FS 鉄コーティングのイネいもち病に対する防除効果

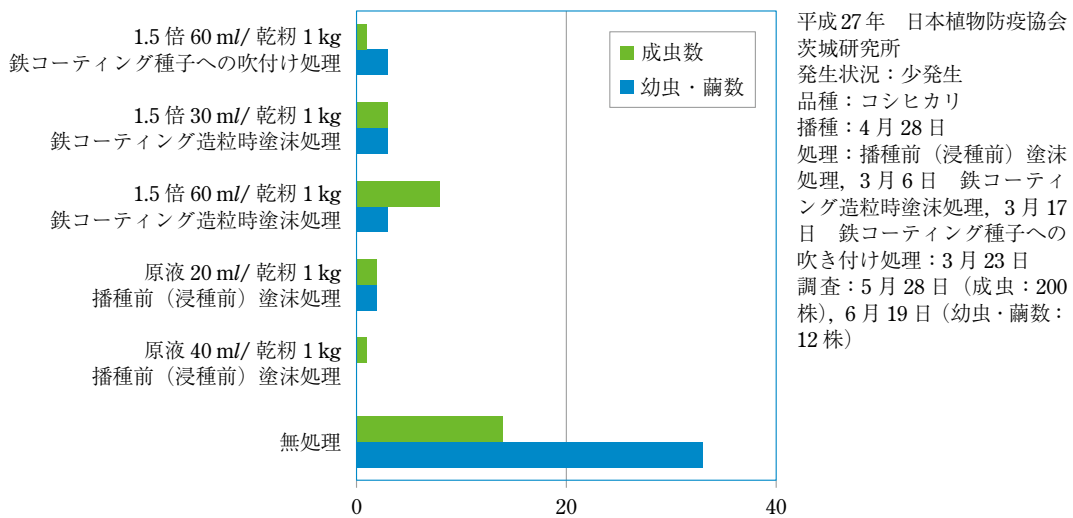


図-6 キラップシード FS 鉄コーティングのイネミズゾウムシに対する防除効果

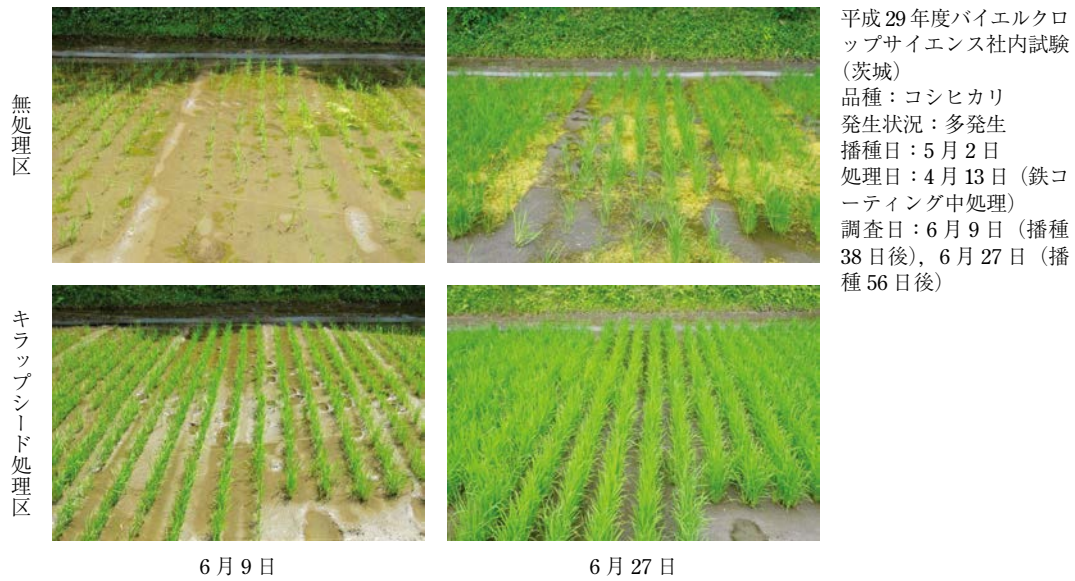


図-7 キラップシードFS鉄コーティングのイネミズゾウムシに対する被害抑制効果

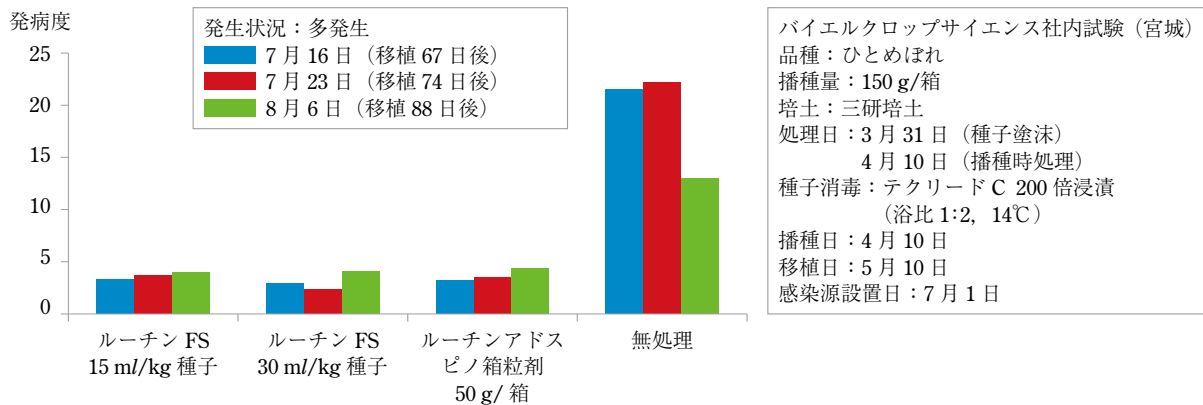


図-8 ルーチンFS種子処理の移植栽培のいもち病に対する防除効果

## 2 移植栽培

移植栽培では、薬剤処理を農閑期に移行することができ、育苗期間の作業を軽減することができる。

移植栽培での種子処理は、種子粉衣器、コンクリートミキサー、大型種子処理機を使用して種籾と薬剤を混和する。ルーチンFSを種子処理した場合の発芽率は95%以上と無処理区と差がなく、また、育苗期間中の生育も無処理区と同等であった。いもち病に対する効果は、対照とした同成分の箱処理剤と差がなく、高い防除効果を示した(図-8)。

移植栽培における籾の浸種前処理では、‘ゆめあかり’、‘ナツミノリ’、‘キヌヒカリ’、‘コシヒカリ’、‘ひとめぼれ’、‘ヒノヒカリ’で安全性が確認されている。籾の浸種後処理では、‘ナツミノリ’、‘キヌヒカリ’、‘コシヒカリ’、‘はえぬき’で安全性が確認されている。

現在、普及が進んでいる高密度播種においては、種子に薬剤を塗沫することから植物体当たりの薬量が一定なので、播種量の増加に伴う植物体当たりの薬量の減少が

ないので、効果不足などに対する懸念は少ない。しかし、試験事例が少ないことから、今後、防除効果、安全性を十分に検討した後に普及を図りたい。

## おわりに

種子処理は、既存の防除技術と同等の効果を得ることができ、十分な実用性があることが明らかになった。種子処理を実施することにより、省力化と作業の平準化が期待できることから、大規模化やコスト削減等、将来、種子処理は、水稻栽培の環境の変化に対応できる基幹技術となり得ると考えられる。

バイエルクロップサイエンス株式会社は、今後、いもち病、イネミズゾウムシのみならず紋枯病やチョウ目害虫に対しても有効な薬剤の開発を進めています。

## 引用文献

- 1) 農林水産省 (2016): 2015年農林業センサス報告書, <http://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc2015/280624.html>

植	物	
	防	疫
講	座	

## 病害編-2

## イネいもち病の発生生態と防除

元 農研機構中央農業総合研究センター 小 泉 信 三

## はじめに

我が国におけるイネいもち病に関する最古の記録は宮城県名取市にある広積院の「永禄以来当院記録年鑑」(延宝8年, 1680年)に記された「イリモチ」で, 本記録から江戸時代前期に本病が水稻に大きな被害を及ぼしていたことがわかる(山中・山口 編, 1987)。一方, 農林水産省の作物統計によると, 農業施用下にかかわらず, 我が国の水稻におけるいもち病による被害率は, 平年で2%と病害による被害率の63%を占めている(農林水産省大臣官房統計部 編, 2015)。これは水稻の病害の中で最も大きく, 本病は現在でも水稻の安定生産上大きな障害となっている。ここではイネいもち病の発生生態と防除について, 概説してみたい。

## I 発生生態

## 1 本病の名称と伝染環

## (1) 病原菌と名称

本病はカビの一種のイネいもち病菌 *Pyricularia oryzae* Cavara によって生じる。本菌の一部菌株を培地上に混ぜて培養すると, 完全世代(子のう胞子)が形成される。しかし, 自然条件下で完全世代の形成は確認されていない。本菌はイネ体の各部を侵害し, 病斑を形成するが, その形成部位によって「葉いもち」, 「穂いもち」[「初いもち」, 「枝梗いもち」, 「穂くびいもち」および「ミゴ(穂首節から下の節間部位)いもち」等から成る], 「葉節いもち」および「節いもち」等と呼ばれている(図-1)。なお, 葉に大型の病斑が形成されると, その後に形成される葉鞘と葉身の長さは短くなって展開し, 多発時, イネ株が萎縮する。この症状を「ズリコミ」といい, 同症状を呈する本病を「ズリコミいもち」と呼ぶ。一方, 種子伝染でイネ苗が罹病すると, 「苗いもち」が起き, 鞘葉, 葉鞘等が褐変・枯死した後, 立枯れる。(図-1)。また, 本病の発生をうながす誘因(肥培・気象・環境条件)

をもとに「肥(こえ)いもち」, 「冷えいもち」, 「風いもち」および「ひでりいもち」等とも呼ばれる(山中・山口編, 1987)。

## (2) 伝染環と発病

## 1) 第一次伝染源

本病の第一次伝染源には, 保菌種子, 被害わら・保菌初がらおよびイネ以外の植物がある。これらのうち最も主要な第一次伝染源は保菌種子で, 被害わら・保菌初がらがこれに次ぐ(図-1)。なお, イネ以外の植物が第一次伝染源になることは少ない。

## 2) 育苗期

苗いもちは育苗期間が長いほど, 発生の確率が高まり, 種子の保菌率が高いほど, 発生が多くなる。苗いもちに罹ると, 一般に鞘葉は灰色から暗灰色, 不完全葉および第1本葉の葉鞘は灰緑色となり, その後, これらは褐変し, 枯死する。また, 罹病苗では主に地際部に病原菌の分生胞子が形成され, これが第1, 2本葉等の葉身に感染し, 苗に葉いもちの病斑を形成する(図-1)。一方, 苗いもちは湛水条件下では発生せず, その発生は覆土により抑制される(鈴木・藤田, 1977)。

保菌種子から苗いもちへの発病経過は2種に大別される。外側の鞘葉, 不完全葉等から枯れるI型は, 発芽時に幼芽や幼根が接触する護穎等の部分が病原菌に侵されているとき, 多く発生する。一方, 第1本葉, 第2本葉, 不完全葉, 鞘葉の順に内側から枯れるII型は, 玄米まで病菌が侵入しているとき, 主に発現する(鈴木・藤田, 1977)。早坂ら(2002)によれば, 病菌が玄米まで侵入している割合は保菌種子の約25%である。なお, 育苗施設内に置かれた被害稲わらや保菌初がらも苗いもちの伝染源となる。

本病に感染あるいは罹病した苗を本田に移植すると, 幼苗移植の場合, 日平均気温が20℃になる日の30日前までに移植を行えば, その後の本田での発生に影響しない。しかし, これ以外の暖かい気象条件下では, 感染・罹病苗は本田内での伝染源となり, 本田での発生を早める。一方, 補植用苗を本田に放置すると, 密植状態である同苗内では, 温度条件(最低気温16℃以上)さえ整



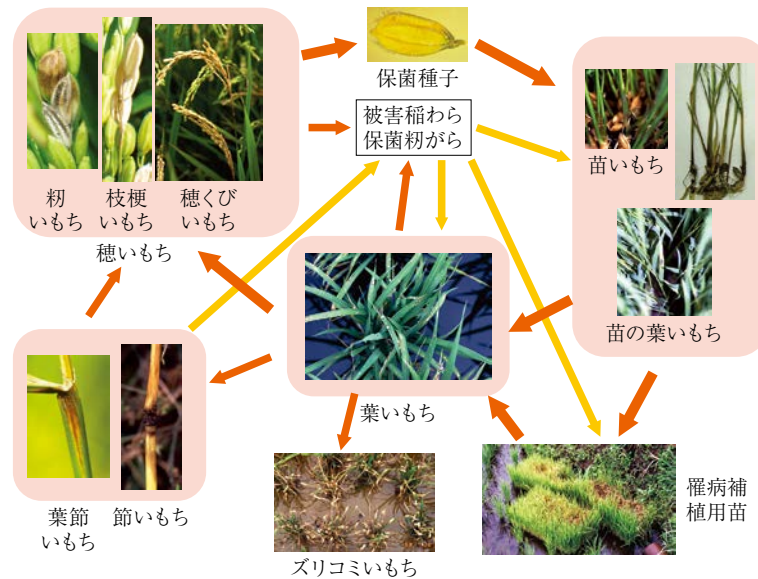


図-1 イネいもち病の主要伝染環と発生部位別名称

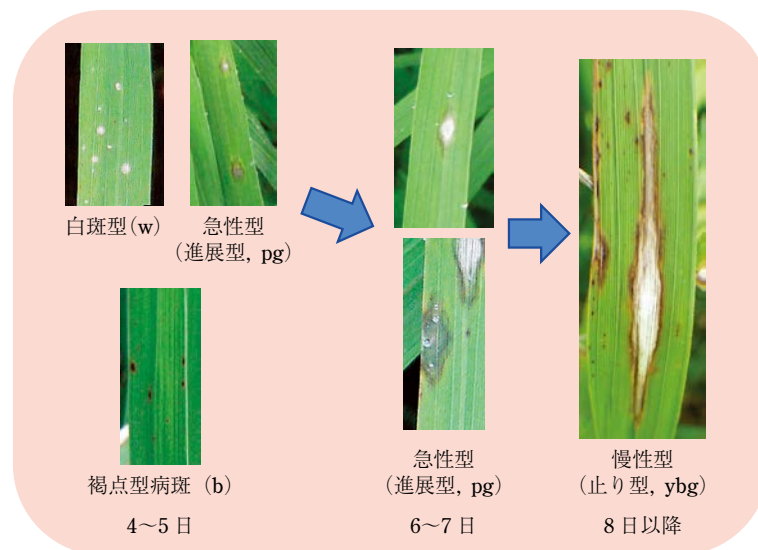


図-2 葉いもちの病斑型とその変化

注) 日は感染後の日数, ローマ字は病斑の色をあらわす。

えば本苗内の感染苗あるいは周囲の他の伝染源から飛散した病原菌の分生胞子によって感染を受け、補植用苗内でもち病がまん延する。そして、本病がまん延した補植用苗からいもち病菌の分生胞子が飛散し、周囲の本田のイネ株に感染し、本病が広まる(図-1)(山中・山口編, 1987)。

### 3) 分けつ期から出穂前

本時期には葉と葉節に本病が発生する。しかし、本時期に主に発生するのは葉身上の葉いもちである(図-1, 2)。イネの感受性・生育時期等によって異なるが、病原菌は通常的气象条件では、展開中の葉( $n$ 葉)とその次

葉( $n-1$ 葉)の若い葉の葉身に感染し、その後、分生胞子を多数形成する中～大型の葉いもち病斑(罹病性病斑)を形成する。一方、 $n-2$ 葉以下の古い葉身上では、小型の褐点病斑(抵抗性病斑、分生胞子をほとんど形成しない)しか形成しない(図-2)。しかし、若い葉の上でも抵抗性病斑は形成される。また、抵抗性病斑の $n-1$ 葉上での罹病性病斑に対する形成率は分けつ期後、生育が進むに従い増加し、イネは抵抗性が強まる。分けつ期は茎数の増加に伴い①感受性の高い若い葉の量が増加し、②茎葉が繁茂してイネ群落内が多湿になりやすいことから、葉いもちがまん延しやすい。

いもち病菌は若い葉の葉身に感染すると感染後4~5日目に初め円形から楕円形の白色(w, 白斑型, 多発生下で発生)または中央灰色(g), 周縁暗緑色~紫色(p)ないし暗緑色の水浸状病斑を形成する。そして, この病斑は葉脈に沿って拡大し, 中心部灰白色, 周縁紫色~紫褐色(pg)の紡錘形ないし長菱形の病斑となる。この病斑を急性型(進展型)病斑という(図-2)。病斑上に形成される病原菌の分生孢子数はこの病斑が最も多く, 1晩に1病斑当たり3~4万個の分生孢子が形成されることがある。本病斑はその後, 周縁褐色(b), 中心部灰白色(b), 葉脈にそって褐色のえ死線, 周囲に淡黄色(y)の中毒部を形成する慢性型(止り型, ybg)と呼ばれる病斑となる。慢性型病斑の分生孢子形成能は急性型(進展型)病斑に比べると劣る。なお, 群落の下層に分布する古い葉では, 感染すると最初, 点状の病斑が現れるが, 伸展がわずかでただちに褐変(b)し, 上述したように分生孢子をほとんど形成しない病斑(褐点型病斑)となる(図-2)(山中・山口編, 1987)。

葉いもちも穂いもちの主な伝染源である。すなわち, 葉いもち病斑上に形成される分生孢子は空气中に飛散し, 穂に感染し, 穂いもちを発生させる。このため, 出穂前に穂の分布位置に近く, 出穂時にいもち病菌の分生孢子が多く形成される上位葉(止葉を含めた上位3葉)での葉いもち病斑数が多いと穂いもちの発生が著しくなる。しかし, 下位葉上の古い病斑でも分生孢子は形成されるので, 伝染源として無視できない。なお, 葉いもち病斑は周囲40~50mまで穂いもちの伝染源になりうる。

葉と葉鞘の境にある葉節が罹病すると「葉節いもち」が生じる。葉節は罹病すると葉舌, 葉耳も褐変して, 葉身, 葉鞘へも病斑が伸展し, これらの上で分生孢子が形成される。特に止葉の葉節に発生した本病は穂いもちの大きな伝染源になり, 出穂前の穂ばらみ期に穂が止葉葉鞘から出現する直前, 同葉鞘内で葉節いもちからミゴへ感染が起きる可能性がある(山中・山口編, 1987)。

#### 4) 出穂以降

出穂以降, 籾, 枝梗, 穂軸, ミゴ, 穂くび節等の穂各部に付着した病原菌は侵入・感染後, 潜伏期間を経て, 穂いもちを生じる。穂各部の感染から発病までの潜伏期間は出穂期の平均的な気温で籾, 枝梗, 穂くび節でそれぞれ, 5~8日, 7~10日, 9~12日で, 低温ほどこれが長くなる。籾いもちの潜伏期間は穂いもちの中で最も短いため, 発生も早く, 穂いもちの二次伝染源となる。籾が感染を受けると穎の先端あるいは側面が白化(多雨条件で時に褐変)し, これが籾全体に及び, 後, 表面に灰色, 後に灰黒色の多数の分生孢子を含む菌層を形成す

る。なお, 籾いもちによる白化籾は時に健全部との境が褐変する。籾いもちから枝梗へ病斑が伸展(枯れ下がり)すると, 枝梗いもちとなる。また, 護穎・小枝梗は感染を受けると紫黒色に変色する(図-1)(山中・山口編, 1987)。

枝梗は節部が感染を受けやすく, 感染部位は灰白色から黒褐色に変色し, その後, 病斑は上下に伸展する。感染が出穂後の早期の場合, 感染部位の上部の籾は枯死し, 不稔となり, 後期の感染では, 登熟不良が起きる。穂軸に本病が発生すると「穂軸いもち」になり, 本病の発病経過は枝梗と類似する(図-1)(山中・山口編, 1987; 日本植物防疫協会, 2010)。

穂くび節の潜伏期間は穂の中では最も長い。このため, 穂くびいもちも穂いもちの中で最も遅く発生する。穂くびいもちは, 最初, 穂くび節が紫褐色に変色し, これが節全体に帯状に広がる。その後, この病斑は上下に伸展し, 暗褐色となり, 時に病斑の外周に不明瞭な黄褐色の中毒部を生じる。穂くび節が早期に感染を受けると穂全体が白穂となり, 不稔となる。感染時期が遅いとその被害は少なくなるが, 収量・品質に及ぼす影響は大きい(図-1)(山中・山口編, 1987)。

ミゴの病斑は穂首節から下の節間部に形成され, 穂くびの病斑と類似し, 早期感染で感染上部の穂は白穂となる。節いもちは茎の節が感染を受けて生じ, 最初, 円形の褐色病斑を形成し, これが拡大し, 節全体に広まり, 黒変する。また, 節いもちの病斑の周囲は淡暗褐色に変色し, 節部は折れやすく, 感染節より上の茎は枯死する(図-1)(山中・山口編, 1987)。

#### (3) 発生相

本病の発生様相は大きく北日本型と南日本型に分けられる(図-3)。北日本型の発生地はいもち病による被害が著しく, 通常, 東北地域や関東以西の中山間地等がこれに属する。本型の発生地では, 移植後, 気温が低いことや梅雨の開始時期が遅いため, 葉いもちの発生時期が遅い。しかし, 葉いもちの発生は出穂期と重なるため, 葉いもち病斑が伝染源となって穂いもちが多発生しやすい(山中・山口編, 1987; 日本植物防疫協会, 2010)。

一方, 南日本型の発生地は一般に関東以西の平坦部がこれに属し, いもち病による被害は北日本型ほど著しくない。本型の発生地では移植後の気温が高いため, 葉いもちの発生は北日本型より早く, 梅雨明けとともに葉いもちの発生は一旦終息する。しかし, 秋の長雨にとともに登熟後期に穂いもちが発生する。なお, この二つの型の発生地は気温の高低や雨期の長短や発生時期等によって変動し, 冷害年では関東以西の平坦部でも北日本型の

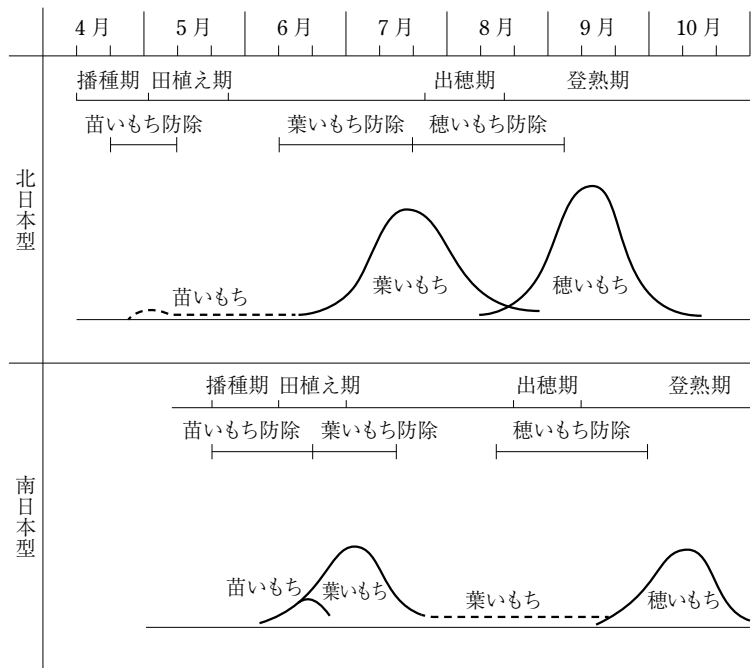


図-3 いもち病の発生相と薬剤防除時期（山中・山口 編，1987）

発生となる（山中・山口 編，1987；日本植物防疫協会，2010）。

## 2 発病要因

### （1）感染環と気象

#### 1) 孢子形成・離脱・飛散・付着

葉いもちの感染環を図-4に示した。本病の病勢は感染環を繰り返して、進展する。分生胞子の形成は湿度89%以上（93%以上で旺盛）、12~32℃の温度で約6時間後から行われ、その形成数は25~28℃で最も多い。また、葉いもち病斑上での延べ分生胞子形成数は中温（20~25℃）で最も多く、高温（30~32℃）では孢子形成のピークは早い、その後形成数は急減する。低温（16℃）では孢子形成のピークは遅く、形成数は少ない。いずれの温度でも、病斑発現後、20日以上にわたり分生胞子が形成される。穂いもち病斑上の分生胞子形成能は、籾、穂くび節では病斑発現後、各々4~8日、8~15日後がピークで、籾では20日以上、穂くび節では30日以上孢子形成能がある（山中・山口 編，1987）。

分生胞子は成熟後、高湿度（90%以上）で主に夜間、分生子柄から離脱し、空気の流れにそって飛散・浮遊するとともに落下し、イネ体上に付着する。分生胞子の離脱には水（露・雨）、風、明暗も関与し、結露や雨の濡れによる分生子柄からの分生胞子の離脱も行われる。なお、雨が強く（3.5 mm/hr以上）なると、分生胞子が雨滴に捕捉され、空気中での飛散分生胞子数は減少する。分生胞子が分生子柄から離脱するために必要な時間は、

病斑上に新たに分生子柄と分生胞子が形成されるときには約6時間である。しかし、既に形成されている分生胞子や分生子柄が存在する場合には、日没後の結露あるいは小雨等により、分生胞子の離脱は6時間以前から始まる。分生胞子の離脱の多くは日没後病斑上に新たに作られる分生子柄から形成された分生胞子で行われる。このため、分生胞子の空気中での飛散数は普通、夜半から早朝に多い（山中・山口 編，1987）。

イネ体に付着する分生胞子の数はイネ群落内外の空気中における分生胞子の飛散数と落下速度、イネ体の表面積とその構造、角度および空気の流れや速度等によって決定される。

#### 2) 発芽・侵入・感染

イネ体に落下した分生胞子はその表面が濡れているとその先端にある粘着物質で付着し、発芽管を出し、発芽管を伸長させる過程で固着し、疎水性基質を認識し先端に付着器を形成する。付着器はその後、表面に粘着物を分泌して固着を強固なものにするとともに、メラニン化して褐変し、細胞内のグリセロール濃度を高め、高い膨圧（80気圧弱）で、侵入菌糸を出し、表皮細胞内に侵入する。病原菌の菌糸はその後、イネの細胞内で伸長と分岐を続け、隣接する細胞へと伸展し、感染が成立する（図-4）（浅賀ら 編，2003）。

いもち病菌の分生胞子の発芽および付着器形成は12~33℃の温度で行われるが、18~29℃では23℃付近が最も速く、温度（ $x$ ）と付着器形成平均所要時間（ $y$ ）と

の間には  $y = 0.072(x - 23.2)^2 + 10.9$  の関係がある。また、分生胞子が発芽後、付着器を形成するまでに強い雨が有ると分生胞子はイネ体から流亡する、そして、イネ苗を使った試験では降水量 ( $x$ ) と形成病斑数 ( $y$ ) の間に  $y = 5x^{-0.73}$  の関係式が得られている (山中・山口 編, 1987)。

いもち病菌が侵入に要する最短時間は温度によって異なり、24℃で6時間、20℃および28℃で8時間、32℃で10時間、14℃で12~24時間、11~13℃で24~48時間以内である。しかし、分生胞子を集団としてみると、イネ葉への平均侵入所要時間 ( $y$ ) と温度 ( $x$ ) との間には  $y = 0.054(x - 24.2)^2 + 12.4$  の関係式が成り立ち、葉への侵入率は、侵入所要時間の平均値とする累積正規分布曲線に従って経時的に増加する。また、葉への最高侵入率 ( $y$ ) と温度 ( $x$ ) との間には  $y = -0.139(x - 23.8)^2 + 16.9$  の関係があり、20~30℃では最高侵入率の差が少なく最高侵入率は18℃以下および32℃以上で急減する (山中・山口 編, 1987)。

いもち病菌分生胞子のイネ体への侵入量は雨などによる流亡がない場合、イネ体上の濡れの持続時間と温度によって決定される。イネ体上の濡れは溢泌液、露、雨、霧等によって生じ、晴天日では、夜間、イネ体上に落下した分生胞子の多くは、イネ体の濡れによって発芽するものの、翌朝の日の出とともにイネ体が乾燥するため、付着器形成・侵入に至る前に死滅し、侵入量は少ない。しかし、曇天や雨天日では、濡れの持続時間が長くなるため、分生胞子のイネ体への侵入量は多くなる (山中・山口 編, 1987)。

葉身では機動細胞と気孔副細胞への侵入率が他の部位より高い。また、穂の小穂表皮細胞は葉身の表皮細胞より侵入・菌糸伸展がともに速く、感染が容易で、穂では水滴が消失しにくい部位での発病が多い (山中・山口 編, 1987)。

### 3) 潜伏期間・病斑形成

葉いもちと穂いもちの潜伏期間については上述したが、葉身では潜伏期間 ( $y$ , 日) と気温 ( $x$ , 15~27℃) との間に  $y = -0.60x + 20.8$  の関係がある。高温 (25~32℃) では病斑の出現・伸展・停止が早く、中温 (20~25℃) では病斑の伸展の停止は比較的ゆっくりで、低温 (16~20℃) では病斑の伸びはゆるやかで、長い病斑となる (日本植物防疫協会, 2010)。

#### (2) 発病要因

##### 1) 気象

##### (i) 気温

2節(1)で記述したように本病病原菌の感染環のうち

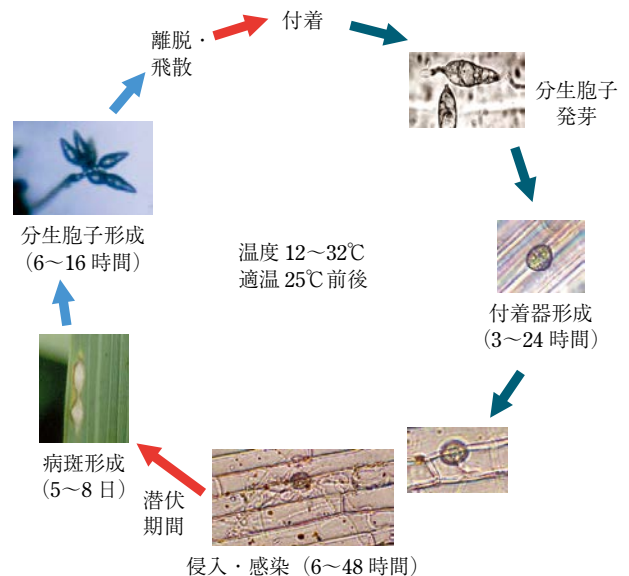


図-4 葉いもちの感染環  
注) 分生胞子形成 (吉野嶺一氏撮影)

離脱・飛散・付着を除く、分生胞子形成、発芽、付着器形成、侵入、感染および病斑伸展は気温に依存して起き、この感染環が成り立つ温度範囲は12~32℃で、その適温は25℃前後である (図-4)。

一方、イネの本病に対する抵抗力も温度によって変動する。葉では低温期間中あるいは直後に一時抵抗力は高まり、その後抵抗力が低下するが、イネの本病抵抗力は温度が20℃以下の低温になればなるほど、また、その低温期間が長いほど、低下する。低温によるいもち病抵抗力の低下程度は、葉では低温処理後新たに抽出する2~4葉後の葉が最も著しく、穂では出穂日までは第10葉期~止葉期の低温処理で最も顕著である。また、出穂日以後では、出穂日の低温処理で抵抗力の低下が著しく、同5日以降の処理ではその影響は低下する。不稔穂の増加は穂いもち抵抗力を低下させる。冷害年では冷害による不稔穂の発生と低温による抵抗力の低下が重なり、穂のいもち病感受性が一層高まる。また、低温時には出穂が遅延して、ばらつくため、抵抗力の低い穂が長く存在し、穂いもちの発生が助長される (山中・山口 編, 1987)。

一方、低温下では高温下のようなイネの抵抗性の増加と葉いもち病斑の停止型への早期の移行が見られない。このため、葉いもちの病勢はゆるやかだが出穂期まで継続して進展し、穂への感染につながる。

##### (ii) 雨

上述したように強雨は空気中でのいもち病菌の分生胞子の飛散数を減少させ、発芽初期の分生胞子をイネ体上から洗い流す。しかし、一般に雨はイネ群落内の湿度を

高めて、病原菌の分生胞子の形成を促進するとともに、イネ体を濡らして、感染を誘起する。さらに、連続した降雨下では日照が限られ、イネ体が冷えるため、イネの抵抗力が低下する。

なお、葉いもち病斑が見られる場合、出穂前後に降雨日数が多いほど穂いもちの発生が多くなる（山中・山口編，1987）。

### （iii）日照

葉いもちの発生は曇天中には少ないが、曇天から晴天後に急に多くなる。これは①曇天中イネの組織内でのいもち病菌の伸展抵抗は低下するが、侵入抵抗性が高まる、②曇天によって夜間の露の形成が抑えられる、③曇天期間終了後イネの侵入・伸展の抵抗性がともに低下し、抵抗力が急激に低下することによる。また、曇天後の抵抗力の低下は、曇天期間が長く、施肥量が多いほど、長くなり、曇天程度が強いほど、著しい（山中・山口編，1987）。

### （iv）風

強風によって形成されたイネ体上の傷は、病原菌の侵入の門戸となる。しかし、一般に風は蒸散を誘起し、イネのケイ質化を促進して、抵抗性を増強し、大気中に飛散するいもち病菌分生胞子を拡散して、イネ体への付着数を減少させ、葉上の水滴を早く消失させるため、本病の発生を抑制する（山中・山口編，1987）。

## 2) 肥料

### （i）三要素

窒素、リン酸およびカリの過剰施用はイネの抵抗力を低下させ、いもち病の発生を助長する。しかし、いもち病の発生に最も影響するのは窒素である。窒素肥料を多用するとイネが軟弱となり、可溶性窒素含量が増加し、抵抗力が低下する。また、イネが過繁茂となり、群落内の湿度が高まる。これらはいもち病菌のイネへの侵入・感染と菌糸の伸展、分生胞子形成を促し、本病を多発生に導く。なお、穂の本病に対する抵抗力の低下は減数分裂期における窒素肥料の追肥の影響が最も大きく、出穂期以降の追肥による抵抗力への影響は小さい（山中・山口編，1987）。

### （ii）ケイ酸

ケイ酸質肥料を施用するといもち病の発生が抑制される。この原因として、イネ表皮細胞へのケイ酸の沈積による侵入抵抗性の増大、イネのケイ酸含量の増加に伴う窒素含量の低下のほか、ファイトアレキシンの産生やイネの病害防御反応の誘導が考えられている。なお、圃場抵抗性が中程度のイネ品種では、幼穂形成期の葉身で6%以上、出穂期の葉身で7%以上、穂で8%以上のケイ

酸含量があるといもち病に対する抵抗力が高まる（山中・山口編，1987）。

### （iii）有機物・土壌

有機物はその種類により、土壌中への有機物の集積やイネへの窒素供給量が異なるので、過剰な有機物施用を避けるとともに、化成肥料を同時に施用するときは窒素過多にならないよう、施肥量を調節して、いもち病の多発生を防ぐ（山中・山口編，1987）。

排水不良で腐食含量の多い湿田や泥炭田ではイネの根腐れが起きて、イネの窒素代謝が乱れるため、可溶性窒素含量が増加し、いもち病抵抗力が低下する（山中・山口編，1987）。

### 3) 栽培様式

耕土が浅いとイネの初期生育が急速に進み、抵抗力が弱まり、葉いもちの発病が多くなる。また、密植するとイネは過繁茂となるとともに、感染可能葉面積が増加するため、葉いもちの発生が多くなる。しかし、施肥量が少なければ、生育後期に肥切れ状態になって、抵抗力が強くなるため、発病が少なくなる。一方、疎植では生育後期まで密植より肥切れしにくく、穂の本病に対する感受性は密植より高いと推測される（山中・山口編，1987）。

早植栽培は晩植栽培に比べ、イネの抵抗力が生育初期に弱く、後期に強くなる。しかし、晩植栽培では生育後期まで肥切れにならずイネの抵抗力は早期栽培より生育後期に弱い。

冷水による灌漑では主に水口付近でイネの生育が遅れるとともに、葉いもちの発生が遅れる。しかし、生育が進んで温度が高まるとイネの抵抗力は低下し、本病が多発する。なお、冷水の体質に及ぼす影響は長く続き、低温による影響と類似する。早期落水は土壌の乾燥が激しいほど、本病の発生を助長する（山中・山口編，1987）。

直播栽培には乾田直播、湛水直播、折衷直播があり、播種法は点播・条播・散播に分かれる。直播と移植あるいは播種法の違いによるいもち病の発病差は、イネの繁茂程度、感染可能葉面積、体質ならびに感染好適条件の出現時期等によって影響を受けることと、直播は移植栽培より出穂が遅れるため、一定の傾向を見いだすことは難しい。しかし、直播イネは移植栽培のイネに比べて養分吸収が早く、肥切れ状態になりやすく、これが発病に影響する。

## II 品種抵抗性と病原菌のレース

### 1 抵抗性の種類と遺伝子

イネ品種のいもち病抵抗性は、質的な真性抵抗性と量的な圃場抵抗性に分けられる。真性抵抗性は優性な1個

表-1 判別品種に対する代表的イネいもち病菌レースの反応

品種	真性抵抗性 遺伝子型	コード 番号	病菌レース名			
			001.0	003.0	007.0	037.1
新2号	<i>Pik-s</i>	1	S	S	S	S
愛知旭	<i>Pia</i>	2	R	S	S	S
石狩白毛	<i>Pii</i>	4	R	R	S	S
関東51号	<i>Pik</i>	10	R	R	R	S
ツユアケ	<i>Pik-m</i>	20	R	R	R	S
フクニシキ	<i>Piz</i>	40	R	R	R	R
ヤシロモチ	<i>Pita</i>	100	R	R	R	R
Pi No.4	<i>Pita-2</i>	200	R	R	R	R
とりで1号	<i>Piz-t</i>	400	R	R	R	R
K60	<i>Pik-p</i>	0.1	R	R	R	S
BL1	<i>Pib</i>	0.2	R	R	R	R
K59	<i>Pit</i>	0.4	R	R	R	R

S：罹病性；R：抵抗性。  
病菌レース名：罹病性を示したコード番号を足した数値。

の遺伝子で支配され、本抵抗性が発現すると通常、病気は発生しない。しかし、本抵抗性遺伝子を導入した品種を単一に栽培すると、これを侵害するいもち病菌の系統（レース）（表-1）が出現し、その抵抗性が数年で無効になる。これは本病真性抵抗性が遺伝子対遺伝子説に従い、抵抗性遺伝子とこれに対応する病原菌の非病原性遺伝子の相互作用により抵抗性が発現し、非病原性遺伝子の変異で新たなレースが出現し、抵抗性の罹病化が起きるためである。

一方、圃場抵抗性は真性抵抗性が作用していない条件で発現し、一般に複数の遺伝子がこの抵抗性に関与する。本抵抗性ではいもち病の発病は見られるが病勢の進展が抑制される。圃場抵抗性は通常、いもち病菌の系統によって変動しないことから、その抵抗性は長く持続すると考えられている。しかし、一部の圃場抵抗性遺伝子はいもち病菌の菌株によって抵抗性が変動する。

近年のイネのゲノム解析技術の進歩にとともに、現在、いもち病に対し100個以上の真性および圃場抵抗性の遺伝子（これらのうち20個以上の遺伝子は単離済み）が同定され、これらのイネ染色体上での座乗領域が推定・特定されている。そして、抵抗性遺伝子と密接に連鎖するDNAマーカーが作出され、これらを用い、劣悪な形質を伴わず抵抗性遺伝子をイネ品種に効率的に導入することが可能になってきている（小泉，2014 a）。

一方、イネの抵抗性遺伝子同様、いもち病菌の非病原性遺伝子も同定され、一部の遺伝子は単離されて、その

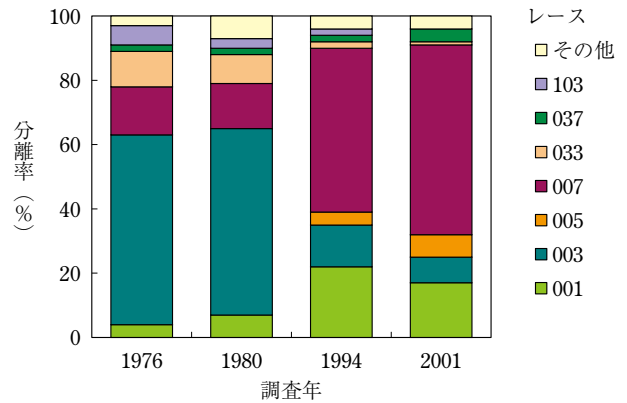


図-5 我が国におけるイネいもち病菌レース分布の変動 (Koizumi, 2009)

遺伝子構造や変異様式および病原性変異頻度（*AVR-Pita* で約  $10^{-5}$  など）が明らかになっている。

## 2 病原菌のレース

我が国におけるイネいもち病菌のレースの判別は、現在、主な真性抵抗性遺伝子を個々に有する12イネ品種（これを判別品種という）に病斑から単孢子分離したいもち病菌株を接種し、病斑型による反応を調べることで行われている（表-1）。しかし、我が国の判別品種の中には一部の外国産イネいもち病菌に抵抗性を示す真性抵抗性遺伝子（日本産イネいもち病菌では検出不能）が含まれている。また、これらの品種には近年、同定された抵抗性遺伝子の一部は含まれていない。このため、国際農林水産業研究センターと国際稲研究所は共同研究で真性抵抗性遺伝子を持たない中国のイネ品種‘Lijiangxintuanheigu (LTH) 麗江新団黒谷’に主要な真性抵抗性遺伝子を1個ずつ導入した一遺伝子系統（LTHを含む26系統、23遺伝子）を育成し、これを用い国際的なイネいもち病菌レースの判別システムを開発した。現在、我が国および世界各地ではこれらの判別品種を用い、イネいもち病菌のレースを判別し、その分布様相を調査している（Koizumi, 2009；Hayashi et al., 2009）。

図-5に我が国で近年行われた4回のイネいもち病菌レースの全国調査の結果（初期の調査ではK60, BL1およびK59は判別品種に含まれていなかったため、これらの結果は除いた）を示した。4回の調査で延べ約7,200菌株のレースが判別され、総計36レースが同定された。近年、真性抵抗性遺伝子 *Pii* を侵害するレース分布が増加したが、これは *Pii* を保有するイネ品種（‘キヌヒカリ’、‘ひとめぼれ’、‘あきたこまち’、‘ヒノヒカリ’、‘あいちのかおり’、‘きらら397’、‘はえぬき’、‘つがるロマン’等）の栽培面積が増加したことによる。また、比較的小さい地域の中でも、栽培されていたイネ品種の真性抵抗性遺

伝子型の栽培面積率の違いによって、レース分布は異なっていた (KOIZUMI, 2009)。

### 3 抵抗性遺伝子の持続的利用

イネ品種の抵抗性の持続的な利用法として、①真性抵抗性の集積、②真性抵抗性と圃場抵抗性の組合せ、③圃場抵抗性の集積、④抵抗性の交替栽培および⑤多系品種の利用が考えられる。これらのうち、我が国で持続的な抵抗性遺伝子の利用として実用化されているマルチライン (多系品種) と圃場抵抗性遺伝子の利用について記述する。

#### (1) マルチライン (多系品種)

上述したように真性抵抗性遺伝子は単独で利用すると病原菌の新レースが出現・増殖し、その抵抗性を長く維持できない。このため、我が国では、現在、真性抵抗性遺伝子を混合して利用することで、特定レースの急激な増殖が起きず、長く抵抗性が維持できるマルチライン (多系品種、宮城県‘ササニシキ BL’、新潟県および富山県‘コシヒカリ BL’) が栽培されている。なお、マルチラインとは、異なる真性抵抗性を有するが、他の形質が戻し親品種と同一な同質遺伝子系統 (IL, アイソジェニックライン) を数種類、混植したもので、混合した状態で1品種として取り扱われる。

‘ササニシキ BL’は我が国で最初のマルチラインで、1995年に宮城県で異なる遺伝子を有する3ILを混植し、栽培が開始された。栽培面積は一時5,500 haあったが、現在、その栽培面積は数10 haと減少している。本マル

チラインは、導入後、遺伝子 *Pik*, *Pik-m* を有する IL を侵害するレースが増えたので、IL の構成が変更され、2006年以降は7個のILが等量混合されている (図-6)。なお、本マルチラインでは抵抗性IL (*Piz* と *Piz-t* 保有) 導入1~2年後にこれらを侵害するレースが出現したが、その分布頻度は高くなり、抵抗性が維持されている。

一方、新潟県全域 (約90,000 ha) で2005年から栽培された‘コシヒカリ BL’は、4ILから構成され、分布レースに対し、抵抗性ILが7割を占め、いもち病の発生が薬剤散布と同程度に抑えられるIL構成となっている (図-6)。新潟県では本マルチラインの導入により、いもち病の発生が劇的に抑制され、薬剤防除も減少した (図-7)。また、本マルチラインも導入数年後抵抗性ILを侵害するレースが分離されたため、IL構成が数年ごとに変更されている (図-6)。富山県の‘コシヒカリ BL’は分布レースに抵抗性の3ILから成り、2003年から特別栽培米として約400 haで栽培されている (図-6)。

マルチラインのIL構成比は、これまでレース分布のモニタリングなどを元に経験的に決められてきた。しかし、レースのモニタリングには労力を要し、IL構成比の変更は、種子の準備などもあり、実際の変更年の数年前に決定する必要がある。このような中、中央農研センターは、マルチラインの持続的利用のため、新潟県、宮城県等と協力し、マルチラインにおける単年のいもち病の発病程度とIL変更比決定に必要ないもち病菌レース分布の長期変動を予測できる計算機システム (レースの長

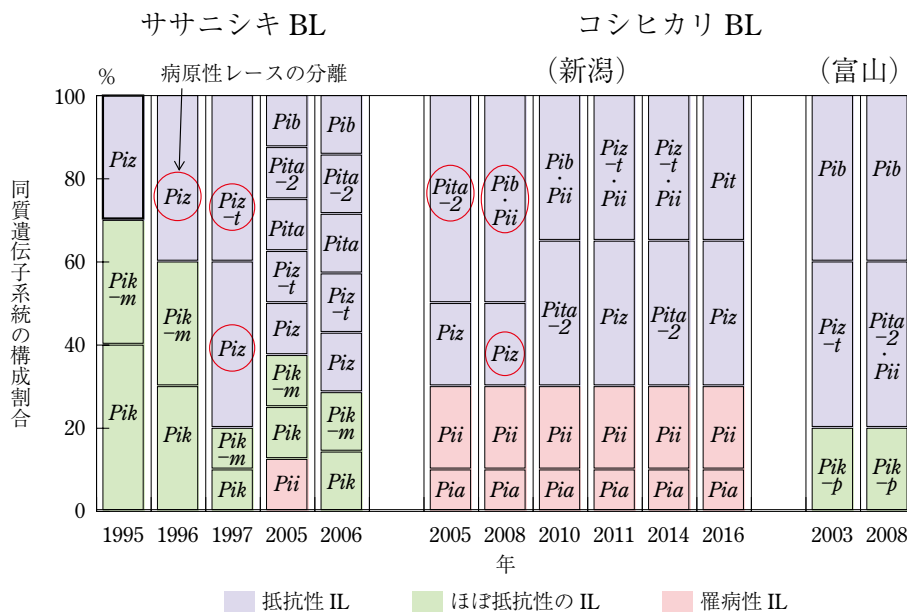


図-6 我が国におけるいもち病抵抗性マルチラインのIL構成 (小泉, 2014 a)  
英字は各同質遺伝子系統 (IL) が保有する遺伝子、赤丸で囲った遺伝子はその遺伝子が侵害するいもち病菌レースが抵抗性ILから分離されたことを示す。

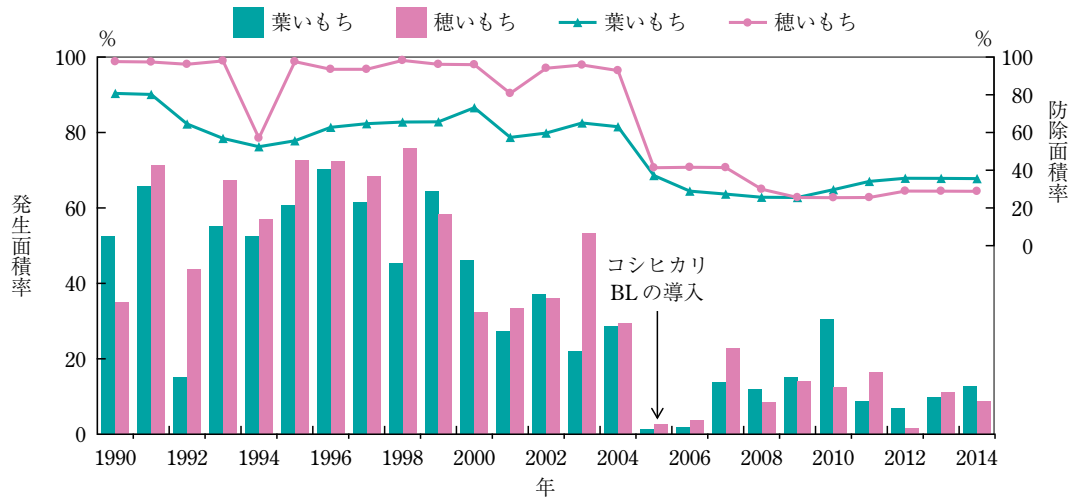


図-7 新潟県での‘コシヒカリ BL’導入によるいもち病の発生面積率と防除面積率の変動 (小泉, 2014 a)

期変動と葉・穂いもちの発病予測モデル)を開発した。本システムは現在、ネット上に公開され ([http://www.naro.affrc.go.jp/narc/contents\\_hokuriku/ml\\_systop/index.html](http://www.naro.affrc.go.jp/narc/contents_hokuriku/ml_systop/index.html)), いもち病抵抗性マルチラインの持続的利用を支えている。

我が国のマルチラインはこれまで IL 構成比の変更でその抵抗性を維持してきた。しかし、現在のマルチラインは、交替 IL のための抵抗性の遺伝子源が限られ、IL の圃場抵抗性も弱い。このため、今後は、新遺伝子源を追加し、IL の圃場抵抗性を増強する必要がある (小泉, 2014 a)。

## (2) 圃場抵抗性

量的な形質の圃場抵抗性は、真性抵抗性と異なり、病原菌の新レースの増殖で短期間に抵抗性が無効にならないと考えられている。このため、我が国では、圃場抵抗性を用いたいもち病の抵抗性育種が古くから行われてきた。ところが、遺伝子解析の不十分さと抵抗性強品種の一部の食味不良等のため、圃場抵抗性遺伝子を利用したいもち病防除はこれまで限られていた。しかし、近年のイネのゲノム解析の進歩にとともに、圃場抵抗性の遺伝子解析が進み、遺伝子と密接に連鎖する DNA マーカーを利用することにより、食味などの不良形質を除き、圃場抵抗性遺伝子のみをイネ品種に導入することが可能となってきた (小泉, 2014 b)。

### 1) 我が国で近年同定された圃場抵抗性遺伝子と特性

我が国で報告されている圃場抵抗性遺伝子には、①外国イネ、②陸稲、③在来水稲および④野生イネ由来のものがある。しかし、これらのうち、近年、同定された圃場抵抗性遺伝子は、野生イネ由来の *Pi38(t)* を除けば、いずれも外国イネおよび陸稲品種由来の遺伝子である

(表-2)。すなわち、*Pi35* (単離済み) と *Pi39* は中国イネ品種、*Pb1* (単離済み) はインド型イネ品種から、それぞれ導入されている。一方、*pi21* (単離済み)、*Pi34* および *Pi63* (単離済み) は陸稲由来の遺伝子である。

*Pi35*、*Pi39*、*Pb1* ならびに *Pi38(t)* はいずれも優性遺伝子で作用力が強く、それぞれ単独で高度な圃場抵抗性を発現する。ただし、*Pb1* は葉いもちに十分な効果はなく、穂いもちのみ抵抗性を発現する。一方、劣性の *pi21* は世界で最初に単離された圃場抵抗性遺伝子で、陸稲品種‘オワリハタモチ’が持つ 4 個の圃場抵抗性遺伝子の中で作用力が最も大きい。陸稲品種‘戦捷’に由来する優性の *Pi34* は高度な圃場抵抗性を発現し、日本在来の陸稲品種‘嘉平’由来の *Pi63* も作用力が大きい。

### 2) 圃場抵抗性遺伝子を導入した品種・系統

近年、圃場抵抗性遺伝子を導入して育成された主な品種・系統を表-2 に示した。現在、最も広く利用されている遺伝子は *Pb1* で、本遺伝子を導入した品種(‘あさひの夢’、‘あいちのかおり SBL’等)は数万ヘクタールで栽培されている。*Pb1* は縞葉枯病抵抗性遺伝子 *Stvb-i* と連鎖している。このため、本遺伝子を導入した品種の多くは *Pb1* と *Stvb-i* がともに導入され、穂いもちと縞葉枯病に強い。‘中国 IL1 号’は *Pi34* と縞葉枯病抵抗性遺伝子 *Stvb*、‘ひたち IL1 号’は *Pi63* を各々‘コシヒカリ’に導入した系統で病害抵抗性以外の形質は‘コシヒカリ’と変わらない。*pi21* を導入した‘ともほなみ’は DNA マーカーで *pi21* に近接する食味を悪くする遺伝子を除去している。このため、同品種はいもち病に強く、食味もよい。*Pi35* を導入した低アミロース品種の‘ゆきのはな’、*Pi39* を導入した良食味品種の‘みねはるか’はいずれも高度の圃場抵抗性を有する (小泉, 2014 b)。



表-2 近年我が国で同定されたイネいもち病圃場抵抗性遺伝子と同遺伝子導入品種（小泉，2014 b）

遺伝子名	座乗染色体	来歴	同定・解析	遺伝子導入品種・系統	育成地	その他
<i>Pb1</i>	11	インド型イネ品種 Modan	愛知県・北海道農研・ 次世代作物開発研	コシヒカリ愛知 SBL, あさひの夢, あいちの かおり SBL, 月の光他	愛知県	穂いもち抵抗性, 単離 (次世代作物開発研) 縞葉枯病抵抗性遺伝子 <i>Stvb-i</i> と 連鎖
<i>pi21</i>	4	陸稲品種オワリ ハタモチ・戦捷	次世代作物開発研・ 愛知県	ともほなみ	愛知県・ 次世代作物 開発研	単離 (次世代作物開発研)
<i>Pi34</i>	11	中部 32 号 (陸稲品種戦捷由来)	東北農研	中国 IL1 号	西日本農研	縞葉枯病抵抗性遺伝子 <i>Stvb</i> と 連鎖
<i>Pi35</i>	1	北海 188 号 (中国イネ品種 荔支江由来)	中央農研・ 次世代作物開発研	ゆきのはな	青森県	単離 (次世代作物開発研・中央農研)
<i>Pi38(t)</i>	4	イネ近縁野生種 <i>Oryza rufipogon</i>	作物研			
<i>Pi39</i>	4	中国イネ品種 Haonaihuan	愛知県・ 次世代作物開発研	みねはるか	愛知県	
<i>Pi63</i>	4	陸稲品種嘉平	茨城県・ 次世代作物開発研	ひたち IL1 号	茨城県	単離 (次世代作物開発研)

愛知県：愛知県農業総合試験場，茨城県：茨城県農業総合センター，青森県：(地方独法) 青森県産業技術センター農林総合研究所。

中央農研・次世代作物開発研・北海道農研・東北農研・西日本農研：(独) 農研機構 中央農業研究センター・次世代作物開発研究センター・北海道農業研究センター・東北農業研究センター・西日本農業研究センター。

表-3 圃場抵抗性遺伝子を集積して育成された品種・系統（小泉，2014 b）

集積遺伝子	品種・系統	育成地	その他
<i>Pi39, Pb1</i>	中部 134 号	愛知県	2013 年 11 月品種登録出願
<i>Pi39, Pb1</i>	たちはるか	九州沖縄農研	縞葉枯病抵抗性遺伝子 <i>Stvb-i</i> 保有

愛知県：愛知県農業総合試験場。

九州沖縄農研：(独) 農研機構 九州沖縄農業研究センター。

圃場抵抗性遺伝子と密接に連鎖する DNA マーカーの開発により，同遺伝子の集積も以前より容易になってきた。このため，抵抗性の高度化とその持続的利用を考え，圃場抵抗性遺伝子を集積した品種が近年，育成されている（表-3）。これらの品種では各遺伝子を単独に保有する品種・系統よりもいもち病に対する抵抗性が増強している。

### 3) 圃場抵抗性遺伝子の持続性

真性抵抗性遺伝子を単独に利用するとこれを侵害する病原菌のレースが出現・増殖し，持続性に欠ける。圃場抵抗性遺伝子でも高度な圃場抵抗性を発現する *Pif*, *Pi34*, *Pi35* および *Pi63* でその抵抗性を侵害する病原菌の菌株の存在が報告され，*Pi34* および *Pi35* では病原菌の非病原力遺伝子が同定されている。また，近年，単離済みの圃場抵抗性遺伝子を主に抵抗性の発現機構が検討され，真性抵抗性遺伝子と比較することで，圃場抵抗性遺伝子の効果の持続性を解明しようという努力がなされ

ている。しかし，抵抗性を長く維持してきた品種は遺伝解析から，複数の遺伝子を保有している事例が多く，圃場抵抗性でも遺伝子を持続的に用いるには特定の遺伝子に頼らないことが重要である。

上述したように圃場抵抗性遺伝子を利用したいもち病の防除は以前と比べ容易となっている。また，圃場抵抗性遺伝子を導入した良食味品種も育成されている。環境保全型の低コストなイネ栽培を推進するには本抵抗性遺伝子のさらなる利用が期待される。

## III 被害と防除

### 1 被害

いもち病菌はイネの全生育時期にイネのほとんどの部位を侵害するため，イネの罹病時期や罹病部位によって，被害様相は異なる。葉いもちによる被害は，幼穂形成期に近い最高分げつ期での葉の罹病が収量に最も大き

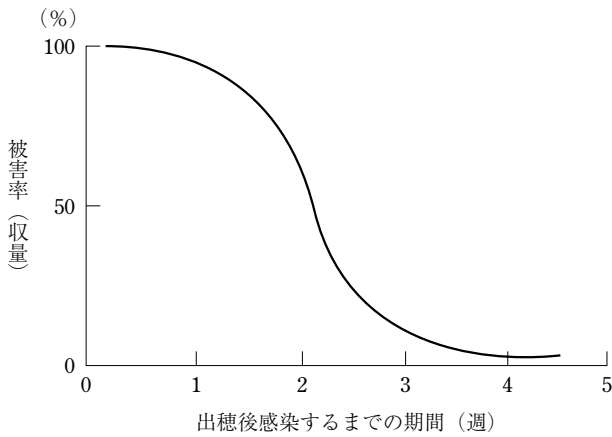


図-8 穂いもちの感染時期と被害率との関係 (模式図) (山中・山口 編, 1987)

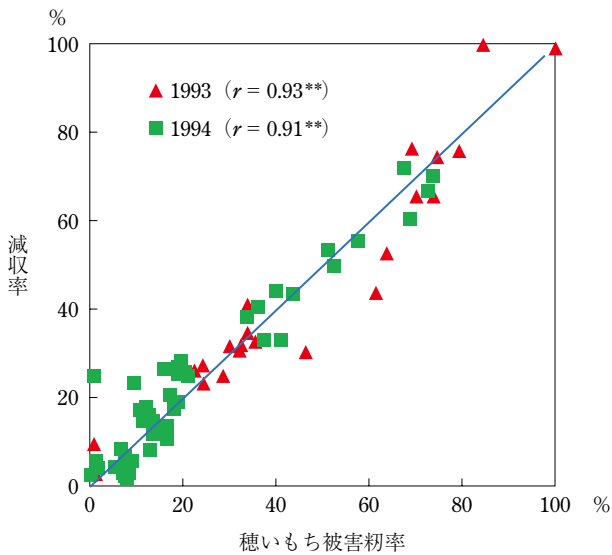


図-9 穂いもち発病程度と減収率の関係 (小泉ら, 1995)  
注) 図中の線は両調査値の1:1の値を示す. 'ササニシキ' 同質遺伝子系統による試験.

く影響し、同時期の罹病葉率が10%までなら、収量への影響は小さいが、10%を超えるに従い減収程度が著しくなる。また、葉いもちによる罹病によって、稈長、穂長が短くなり、完全米が低下するとともに茶米、死米、奇形米が増加する(山中・山口 編, 1987)。葉の罹病はさらに葉面積の減少や分げつの発生を遅延し、光合成の低下と呼吸の増加を促し、乾物生産の低下も起こす(浅賀ら 編, 2003)。

穂いもちでは、収量に及ぼす本病の感染時期は出穂後25日(図-8)までで、出穂からの積算温度が350℃を超えると収量に及ぼす影響が小さくなる。しかし、これら以降の感染においても品質の劣化や籾への保菌が生じる。穂いもちの発生程度と減収程度との間には正の相関関係が見られ、穂いもちの多発生下では出穂約1か月後

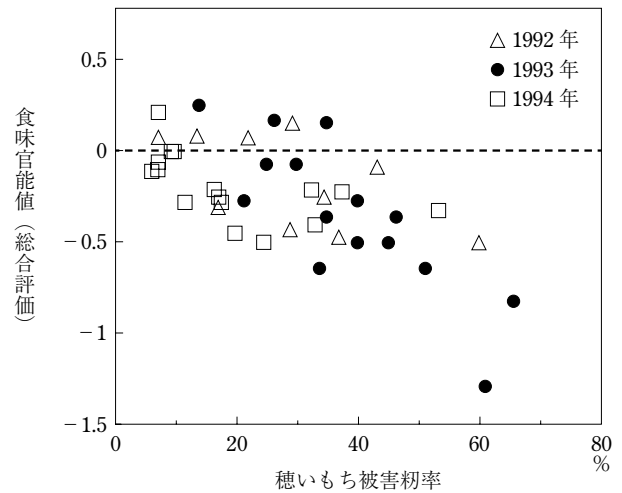


図-10 穂いもちの発病程度と米の食味との関係 (品種'ミネアサヒ') (小泉・藤, 1993)

の穂いもちによる被害率と減収率の値はほぼ一致する(図-9)。また、穂いもちの発生増に伴い、完全米が減少し、茶米、心白・腹白米および死米が増加し、さらに、穂いもちの多発により粒厚が薄くなるとともに米粒中の窒素濃度が高まり、食味も低下する(図-10)。

## 2 発生予察

### (1) 気象による予察

気象条件によるいもち病の発生予察には、過去の気温、日照、降雨等の気象データから回帰式、重回帰式あるいは数量化手法等によりいもち病の発生量を予測する方法と現在の気象データからいもち病の発生を予測する方法がある(山中・山口 編, 1987)。後者には小林(1984)の葉いもちの全般発生開始期と病勢の急増期を起こす気象条件をもとに全般発生開始と急増期を予測する方法がある。この方法は越水(1988)のアメダス(AMeDAS, 気象庁の地域気象観測システム)の気象データを用いた葉いもちの感染好適日の予測システム(BLASTAM)となり、現在、本システムはいもち病の発生予察のために最も広く用いられている。

BLASTAMはアメダスの気象データ(風速、降水量、日照時間、気温)から、葉面の湿潤時間を推定し、その湿潤時間とその間の気温から、いもち病菌のイネ葉への侵入率を推定し、侵入率が4%前後以上の時を、感染好適湿潤時間とし、これと分生孢子の形成にかかわる好適湿潤時間出現前の気温を組合せ、感染好適条件の出現の有無を予測する。また、湿潤時間の出現や継続・停止に関与する風速、降水量、日照時間を感染好適条件の予測の決定に用いている。東北地域では、移植最盛期20日後の6月10日から、幼穂形成期ころの7月15日までが適用日となっており、複数の地点で感染好適条件が出現

すると全般発生開始期や病勢の急増期が予測できる(越水, 1988)。なお, 最近, 生産者がインターネットで利用できる 1 km メッシュ気象データを用いた Google Map 版 BLASTAM が開発された。この BLASTAM の感染好適条件推測結果に基づき, 薬剤防除の要否を判断することで, 現地で慣行防除に比べ, 効果的で効率的な薬剤防除が実施できた(倉内ら, 2016)。

なお, 穂いもちでは出穂前のイネの上位葉での葉いもち病斑密度と穂揃期の降雨確率予報を用い, 穂いもちの防除要否と薬剤散布回数を決定するシステムが考案されている(日本植物病理学会 編, 2015)。

### (2) シミュレーションモデルによる予察

福島県で開発されたシミュレーションモデル BLASTL は 3 時間ごとの気象データと葉面の濡れ(多量の濡れも含む)の開始時刻と消失時刻およびイネの生育・耕種条件, 伝染源の初期値等のパラメータを入力することで, 葉いもちの病勢進展をシミュレートする。計算値は水田における実測値と類似するが, 実際に本病の発生予察に利用するには, 入出力データが細かく, そのような気象データの長期予測が困難なことなどもあり, BLASTL は現在, 広く使われていない。しかし, 薬剤防除の効果的で効率的な散布時期を提示できるツールとしての利用法が提案されている(山中・山口 編, 1987; 日本植物病理学会 編, 2015)。シミュレーションモデルには確率モデルを導入した穂いもちモデルや BLASTL を改良したマルチラインのためのいもち病発生モデル(BLASTMUL)やいもち病菌レースの長期変動予測モデルも開発されている(芦澤, 2007; 芦澤ら, 2015)。

### (3) その他

上記以外に空気中での病原菌の分生孢子飛散数, 幼苗暴露により生じた病斑数, イネの感受性の指標(葉鞘裏面接種により菌の伸展, 葉鞘デンプン蓄積率, 止葉のケイ化度, 窒素・ケイ酸含有率, 葉色)による発生予察や出穂前の葉いもちあるいは籾いもちの発病程度による穂いもち発生量の予察, 複数の上記の要因を組合せたいもち病発生予察法がある(山中・山口 編, 1987)。

## 3 防除

### (1) 抵抗性品種

我が国ではブランド米といわれる良食味米品種の多くは‘コシヒカリ BL’などを除き, いもち病抵抗性が弱い。抵抗性品種を利用すると減農薬でいもち病を防除できるため, 低コストで環境にもやさしい。現在, 良食味で圃場抵抗性の強い品種も多く育成されてきており, 今後, 品種抵抗性の持続性とその特性を考慮しながら, より積極的に抵抗性品種の導入を図る必要がある。

### (2) 薬剤防除

#### 1) 種子消毒

種子消毒には化学合成農薬と生物農薬による消毒および一般に 60 度の温湯に種籾を 10 分間浸漬する温湯消毒があり, 化学合成農薬の処理法として浸漬, 湿粉衣(一部生物農薬), 塗沫がある。化学合成農薬による浸漬消毒では, 液温を 10 度以下にせず, 種子と薬液の浴比を 1:1 以上にして効果的に行う。生きている微生物が有効成分の生物農薬は保管・処理法, 一部の化学合成農薬との非併用, 出芽・育苗初期の管理等, 処理上の注意事項を遵守して消毒を行う。また, 温湯消毒は処理温度・時間を厳守し, 処理後の再汚染や糯・陸稲品種等での処理後の発芽不良などに注意する。なお, 一部の化学合成消毒剤, 生物農薬および温湯消毒では, 玄米まで侵入したいもち病菌には十分な殺菌効果を示さないことがある。

#### 2) 葉いもち防除

長期持続型育苗箱剤の施用(床土・覆土混和, 播種時~移植当日施用)は, 出穂前にいもち病の防除効果が落ち, 気象条件次第で出穂前からの葉いもちや穂いもちが発生する。このため, 本剤施用田では, 薬効の持続性に注意するとともに, 本病の発生状況を観察して, 追加の薬剤散布を行う。なお, 最近, 抵抗性誘導剤で直播栽培にも利用できる種子処理による長期ないもち病防除が可能となった(表-4)。

育苗箱施用剤同様, 予防的な湛水散布剤は, 葉いもち初発 7~10 日前に散布し, 治療効果がある剤でも, 初発時までには散布し, 施用後は防除効果が落ちないように, 4~5 日間, 湛水状態を保ち, 落水や水のかけ流しをしない。また, 種子伝染などで発病苗が本田に持ち込まれた場合, 本田での発生が通常より早くなるので, 本剤の散布時期が遅れ, 防除効果が十分発揮されないことがある。湛水散布剤も出穂前にはその効果が落ちるので, 圃場をよく観察し, 必要な場合, 薬剤を追加散布する。

茎葉散布剤は, 葉いもちが進展した後では散布しても一般に十分な防除効果が得られない。このため, 葉いもちの全般発生開始期後の病斑数が急増する前の発生初期に本剤を散布し, 発生状況などに応じ, 追加散布を行う。

#### 3) 穂いもち防除

茎葉散布剤による穂いもち防除は, 穂ばらみ期と穂ぞろい期の 2 回が原則だが, 葉いもちの発生状況や気象条件によって, 散布回数を削減できる可能性がある。また, 穂いもち多発時には, 傾穂期に追加散布する。湛水散布剤は散布後の湛水保持に留意し, 出穂 10 日から 20 日前ころに散布し, 多発条件下では追加の茎葉散布を行う。葉いもち後期と穂いもちの防除は無人ヘリ等によること

表-4 育苗箱・本田施用のイネいもち病防除薬剤のFRACコードと施用方法

作用機構	作用点とコード	グループ名	有効成分名	農薬名(例)	耐性菌リスク備考	FRACコード	施用方法
B: 有糸核分裂と細胞分裂	B2: β-チュープリン重合阻害	MBC 殺菌剤 (メチルベンゾイミダゾールカーバメート)	チオファネートメチル	トップジン M	高 広範囲の耐性菌が発生, グループ内で交差耐性がある	1	散布
			ベノミル	ベンレート			育苗箱
C: 呼吸	C3: 複合体 III ユビキノール酸化酵素 Qo 部位	QoI 殺菌剤 (Qo 阻害剤)	アゾキシストロピン	アミスター	高 複数の耐性菌が発生, グループ内で交差耐性がある	11	散布 育苗箱 湛水散布
			メトミノストロピン	オリブライト, イモチエース			湛水散布
			オリサストロピン	嵐			育苗箱 湛水散布
D: アミノ酸および蛋白質合成	D3: 蛋白質合成	ヘキシピラノシル抗生物質	カスガマイシン	カスミン	中 耐性糸状菌が発生	24	散布
F: 脂質合成または輸送/細胞膜の構造または機能	F2: りん脂質合成, メチルトランスフェラーゼ阻害	ホスホロチオレート	IBP(イプロベンホス)	クタジン P	低~中 グループ内で交差耐性がある	6	湛水散布
		ジオチラン	イソプロチオラン	フジワン			散布 育苗箱 湛水散布
I: 細胞壁のメラニン合成	I1: メラニン合成の還元酵素	MBI-R	フサライド	ラブサイド	耐性菌未発生	16.1	散布
			ピロキロン	コラトップ			育苗箱 湛水散布
			トリシクラゾール	ビーム			散布 育苗箱
	I2: メラニン合成の脱水酵素	MBI-D	カルプロパミド	ウイン (登録失効)	中 耐性菌が発生	16.2	散布 育苗箱 湛水散布
			ジクロシメット	デラウス			散布 育苗箱
			フェノキサニル	アチーブ			散布 湛水散布
	I3: メラニン合成のポリケタイド合成酵素	MBI-P	トルプロカルブ	サンプラス, ゴウケツ	耐性菌未発生	16.3	育苗箱 湛水散布
P: 宿主植物の抵抗性誘導	P2	ベンゾイソチアゾール	プロバナゾール	オリゼメート	耐性菌未発生	P2	育苗箱 湛水散布 側条
	P3	チアジアゾールカルボキサミド	チアジニル	ブイゲット			育苗箱 湛水散布 側条
		イソチアゾールカルボキサミド	イソチアニル	スタウト, ルーチン			種子 育苗箱 湛水散布
U: 作用機作不明	不明	ピリミジノンヒドラゾン	フェリムゾン	ブラシンの成分	耐性菌未発生	U14	散布
	複合体 III 結合部位不明	4-キノリル酢酸	テブフロキン	トライ	QoI とは交差しない, 耐性リスク不明, 中と推測	U16	散布

注) Japan FRAC ホームページ (<http://www.jfrac.com/>) 一部改変.

が多いが、降雨などで適期散布が困難なときには、薬剤の雨中の地上散布も行う。なお、いもち病の防除は、広域の一斉防除で防除効果が高まる。

#### 4) 薬剤耐性菌の発生とその抑制

現在まで、カスガイシン、イプロチオラン、IBP、MBI-D 剤および QoI 剤耐性いもち病菌の発生が報告されている。MBI-D 剤耐性菌は育苗箱処理剤のカルプロパミド剤の導入後 4 年目、QoI 剤耐性菌はメトミノストロピン剤、アゾキシストロピン剤の導入から 13 年目、育苗箱処理剤を主とするオリサストロピン剤の導入から 5 年目に出現している。育苗箱剤では薬剤がイネ体中に長く存在するため、耐性菌が出現しやすい可能性がある。MBI-D 剤耐性菌は 2001 年に佐賀県でその発生が確認された後、2010 年には北海道までその分布が拡大した。一方、QoI 剤耐性菌の発生は 2012 年に九州から西日本で確認された後、2014・2015 年には東北地方までその分布が拡大した。

薬剤耐性菌の発生抑制は①耐性菌が出現する可能性のある薬剤を連用しない、②健全種子を用い、適正な塩水選・種子消毒を行い、圃場衛生に努める、③採種圃およびその周辺では薬剤耐性菌が出現する可能性のある薬剤を用いず、耐性菌による種子保菌を防ぐ、および④これらを地域全体で実施することで行う。なお、日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会はイネいもち病防除における QoI 剤および MBI-D 剤耐性菌対策ガイドライン (<http://www.taiseikin.jp/mwbpwp/wp-content/uploads/44918cb113471e9dc6ff2e24b27b5544.pdf>)、また農研機構は殺菌剤耐性イネいもち病菌対策マニュアル〈QoI 剤〉 ([http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/pub2016\\_or\\_later/laboratory/narc/073008.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/laboratory/narc/073008.html)) を公表している。

表-4 に育苗箱・本田施用のイネいもち病防除薬剤とそれらの FRAC コードならびに施用方法を示した。

#### (3) 耕種的防除

##### 1) 第一次伝染源の除去

本病の第一次伝染源は保菌種子、被害わら・保菌籾がらなどである。種子はいもち病ができるだけ発生していない圃場から採種し、塩水選（粳品種：比重 1.13 以上、糯品種：同 1.08 以上）を行うとともに種子消毒を適正に実施する。なお、播種は厚播で、覆土が不十分だと、保菌籾にいもち病菌の分生胞子が形成され、育苗箱に本病が発生する。このため、厚播は避け、覆土を十分に行う。さらに育苗中は過度に加湿状態とならないようにする。育苗期間が長いといもち病菌による感染の機会が増加するので注意する。

伝染源となる被害稲わら、保菌籾がらは育苗施設に放

置せず、圃場でも被害稲わらは野積みなどせず、除去する。また、被害稲わらを畑作物の敷わらとして使用しない。

##### 2) 補植用苗の早期除去

上記したように水田に置かれた密植状態の補植用苗は種子伝染のほか、外から飛来するいもち病菌分生胞子をトラップして発病しやすくなり、発病すると周囲の圃場への大きな伝染源になる。このため、補植用苗は早期に除去する。

##### 3) 適正な栽培と施肥

施肥は発病を助長する窒素肥料の多施用と基肥の重点施用を行わず、適正量を分施し、穂いもちの発生が懸念される時は追肥を控えめにする。また、堆肥の多施用を避け、ケイ酸資材を施用する。冷水のかけ流しは、イネの感受性を高めるので行わず、発病をうながす密植・遅植・早期落水は避ける。なお、いもち病が発生しやすい腐食含量の多い湿田や泥炭田、老朽化水田等では客土や排水の整備を行い、土壌改良資材を施用する。

## おわりに

米価の下落傾向の中、農家が稲作で所得の増大を図るには、農薬の散布経費を減らして、稲作の安定生産を行う必要がある。このような中、いもち病防除においては抵抗性品種を積極的に利用するとともに本病の発生生態と被害およびコスト解析に基づいた効率的で効果的な総合防除システムを構築したい。

## 引用文献

- 1) 浅賀宏一ら 編 (2003): 世界におけるいもち病研究の軌跡—21 世紀の研究発展をめざして—日本植物防疫協会, 東京, 261 pp.
- 2) 芦澤武人 (2007): 東北農研研報 108: 1~46.
- 3) ———ら (2015): 中央農研研報 24: 15~29.
- 4) 早坂 剛ら (2002): 日植病報 68: 297~304.
- 5) HAYASHI, N. et al. (2009): JIRCAS Working Report No.63: 11~15.
- 6) 小林次郎 (1984): 秋田農試研報 26: 1~84.
- 7) KOIZUMI, S. (2009): JIRCAS Working Report No.63: 1~9.
- 8) 小泉信三 (2014 a): グリーンレポート 535: 20~21.
- 9) ——— (2014 b): 同上 536: 18~19.
- 10) ———・藤 晋一 (1993): 愛知農総試研報 25: 45~50.
- 11) ———ら (1995): 同上 27: 95~99.
- 12) 越水幸男 (1988): 東北農試研報 78: 67~121.
- 13) 倉内賢一ら (2016): 北日本病虫研 67: 71~76.
- 14) 日本植物防疫協会 (2010): 植物防疫講座 第 3 版—病害編—, 日本植物防疫協会, 東京, p.113~130.
- 15) 日本植物病理学会 編 (2015): 日植病報 創立 100 周年記念特別号 81: 49~53.
- 16) 農林水産省大臣官房統計部 編 (2015): 平成 26 年産 作物統計 (普通作物・飼料作物・工芸作物), 農林統計協会, 東京, p.116~117.
- 17) 鈴木穂積・藤田佳克 (1977): 東北農試研報 55: 241~244.
- 18) 山中 達・山口富夫 編 (1987): 稲いもち病, 養賢堂, 東京, 365 pp.

植	物	
	防	疫
講	座	

## 虫害編-2

## イネミズゾウムシの発生生態と防除

元 宮城県古川農業試験場 <sup>き</sup>城 <sup>ど</sup>ころ <sup>た</sup>かし <sup>隆</sup>

## はじめに

イネミズゾウムシ *Lissorhoptrus oryzophilus* (コウチュウ目: イネゾウムシ科) は、1976年に愛知県で初めて発生が確認された北アメリカ原産の侵入害虫である。我が国で発見されたものは単為生殖する特徴から、カリフォルニア州に分布する系統が、飼料の乾草に混入して侵入したものと推定されている。

その後、1981年までの6年間は隣接する地域に徐々に分布を拡大していたが、1982年になると関東、東北、北陸、四国地方の一部等にも一気に広がり、確認された府県は12から28に急増した。さらに翌1983年には中国、九州地方へも広がり、沖縄県では1985年、北海道では1986年に発見され、初確認から10年後には日本全土での発生が確認された(図-1)。現在では、我が国のイネの生育前半に発生する、最も代表的な害虫といえる存在となった。なお、1988年には中国大陸や朝鮮半島で、1990年には台湾で発生するなど、分布域を広げた。

## I 形態

成虫は体長3ミリ前後で、イネゾウムシより小型で、コクゾウムシとほぼ同大である。体表は灰褐色の鱗片に覆われ、背面の胸部から腹部には暗色の斑紋がある(図-2)。口吻はゾウムシ類の特徴として長く突出している。触角先端の球状部の先半分だけにピロード状の細毛があることや、中脚の脛節に長毛があること等が本種の特徴である(渡辺, 1986)。越冬後の成虫は、背側に付着した泥が乾いて白っぽく見えることがある。

卵は乳白色でやや湾曲したウインナーソーセージのような円筒型で、0.8mm程度の長さである。水中の葉鞘内に産み込まれるため一般に眼にすることはないが、幼苗では光に透して見えることもある。

幼虫は初めは透明で葉鞘内にいる。やがてイネの根に移った幼虫は乳白色で、頭部は小さく茶色である。4齢

を経過した幼虫は体長8mmほどになる(図-3)。足はなく、背側にドーサルフックと呼ばれる突起が6対あり、これを根に挿入して体を固定し酸素を吸収するとともに移動にも用いる。老熟幼虫はゼラチン様物質を分泌し、周囲の泥土を付着させて卵形で長径5mmほどの土繭を、根に固着させて作る。その中で、形態は基本的に成虫と同じで、乳白色の蛹となる。

## II 個体数などの調査法

本種は新規の害虫であったため、調査法も様々なものが工夫された。やや特殊な点もあるので、筆者が先行研究を参考に実施してきた方法を中心に紹介しておく。詳しくは都築ら(1984)などを参照していただきたい。また、分布の集中度に基づく個体数推定法は小林ら(1985)の報告がある。

越冬中の成虫を調査するときは、潜入した土壌や腐葉土層をぬるま湯を張った容器に入れて攪拌し、浮き上がってきた個体を計数する。40~50℃に熱した加温器の上に採取した土壌を広げて、活動を始めた成虫を計数する方法もある。越冬後成虫も新成虫もライトトラップに誘引されるので、これにより移動時期を把握することができるが、気温の低い寒冷地では越冬後成虫はほとんど誘引されない。

卵は葉鞘内で肉眼観察はできないが、特に調査を目的とするときは葉鞘部をエタノールで脱色してから検鏡すると確認しやすい。

幼虫や土繭を調査するときは、イネの根を土壌とともに掘取り、大量の水で洗い流しながら、何段階かのメッシュの篩に受け止めることを繰り返す(例えば5メッシュ前後の篩でワラなど大きなものを取り除き、最終的には32メッシュ程度の細かな目の篩に受ける)。この間に水面に浮く幼虫もあるが、すべてではない。濁りがなくなったら、きれいな水を張った容器の中に篩を漬けて、残った残渣をピンセットなどでかき分けながらよく観察して計数する。本種の幼虫は、土中の深さ15cmくらいまで認められるが、およそ70%は5cmまでに生息し、土繭はすべてが5cmまでであったという報告があ

Ecology and Management of Rice Water Weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus*. By Takashi KIDOKORO

(キーワード: イネミズゾウムシ, 生活史, 発生予察, 管理法)

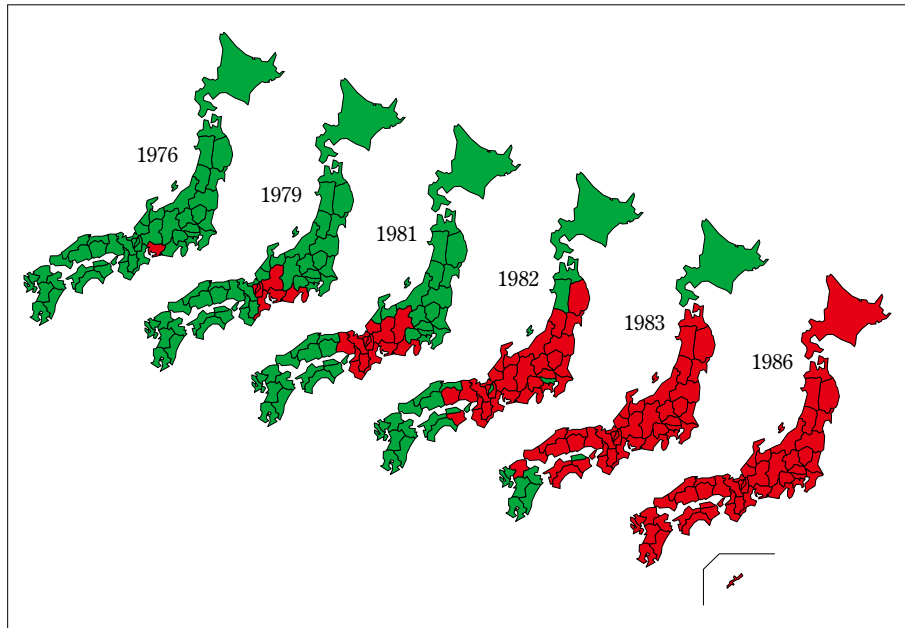


図-1 イネミズゾウムシの発生が確認された地域の時間的推移  
赤色が確認された都道府県を示す。佐渡と淡路島は実際に発生した年次とした。



図-2 イネミズゾウムシの成虫



図-3 イネミズゾウムシの老齢幼虫

ることから（小林ら，1981），調査用の土壌はあまり深くまで掘取る必要はない。

水田侵入後の成虫の個体数調査は，イネの葉身に寄生する個体を肉眼で計数するが，本種の場合，水中に生息する個体があり，その割合が変動することに留意する必要がある。西南暖地での観察によると，成虫は夕刻に活動が活発となり，飛翔のために葉の先端に上る個体は18時ころが最も多くなる（粥見，1986）。このため，成虫の個体数調査は夕刻に行うのがよいとされたが，寒冷地では低温の影響で夕刻はむしろ水中に潜る個体が多くなる。また，降雨や強い風も水中の生息率を高めるので，これらを勘案して成虫密度を推定する必要がある（城所，1992）。このため，本種の発生程度を比較する場合，成

虫の葉身の食害痕を観察し，食害株率や食害葉率を利用することも多い。食害痕の場合，他の害虫のものと区別する必要がある。今では混同することは少なくなったと思うが，参考までに同時期に発生する各種初期害虫の食害痕を図-4に示す（城所，1983）。一番間違いやすいのはイネヒメハモグリバエ幼虫が葉身に潜入し直したときの短い食痕だが，ルーペなどでよく観察すれば，表皮が食われていないので区別できる。イネハモグリバエ成虫によるものは，正しくは食害痕ではなく雌が産卵管で付けた傷で，そこから滲出する液を舐めたり，その一部に卵を産みつける。

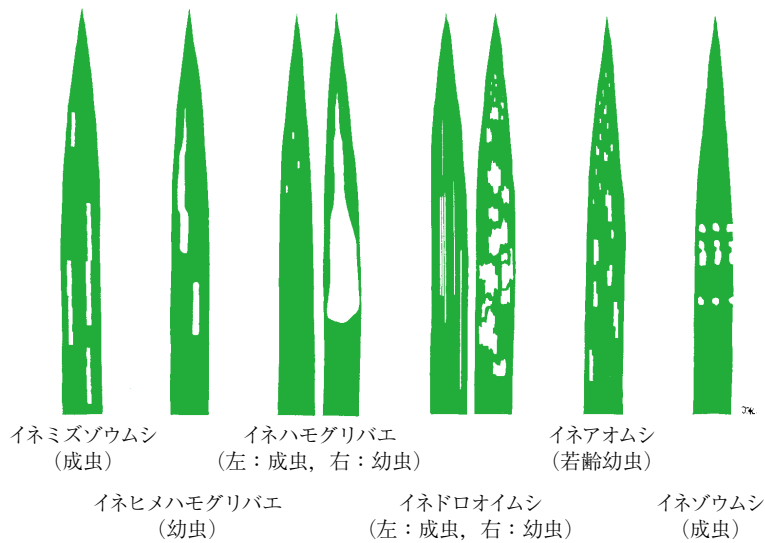


図-4 イネミズゾウムシ成虫と同時期に発生する各種害虫の食害痕 (城所, 1983)

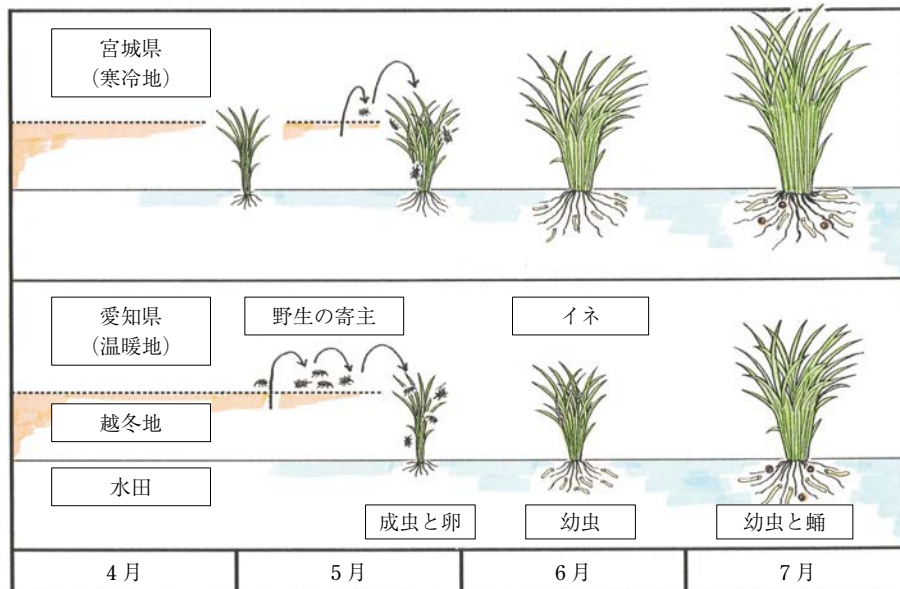


図-5 イネミズゾウムシ越冬後成虫の活動開始時期とイネの生育時期が異なる地域の両者の関係を示す模式図 (城所, 2013)

田植時期は、両県の侵入間もないころの田植最盛期で示す。

### III 生活史

成虫が畦畔や、水田周辺の土手、山林等の土中や枯れ草、腐葉土内に潜入して越冬する。低温耐性は強いが、乾燥した条件では死亡率が高まる(粥見ら, 1984)。春になって休眠から醒めた成虫は、気温が低ければ歩行により、気温が高ければ飛翔により野生の寄主に移動したり水田に侵入する。温暖で成虫の活動時期が早い割に田植えの遅い地域では、イネ科植物を主とした野生の寄主を摂食した後に水田へ侵入する。逆に、寒冷で活動開始が遅く、田植時期は早い地域では、直接水田に侵入する。

例として、愛知県と宮城県で、それぞれ侵入して間もないころの、標準的なイネの生育と、本種の発生時期の関係を示した(図-5)。

水田に侵入した成虫は、イネを食害しながら水面下の葉鞘に産卵する。最盛期には1日1個体当たり3粒前後を産卵し、総産卵数は75ほどになる(粥見ら, 1984)。7日前後でふ化した幼虫は、水中を落下し土中に潜り、若齢幼虫のうち根の組織内に入って内部から食害する。やがて外へ出て根の食害を始め、およそ1か月で4齢を経過して老熟すると、根に付着して土繭を作り蛹化する。



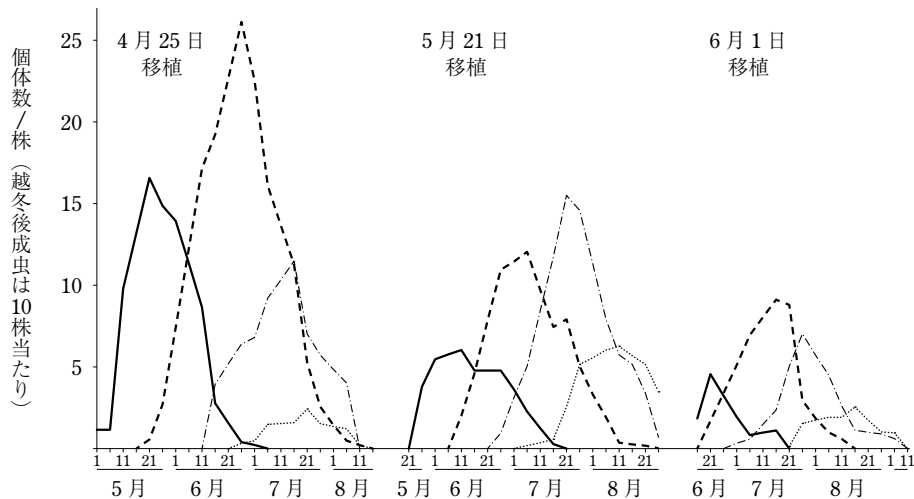


図-6 異なる移植時期におけるイネミズゾウムシの発育段階別の発生長 (粥見ら, 1984)  
 実線：越冬後成虫，破線：幼虫，一点鎖線：蛹（土繭），点線：新成虫。

その後10日前後で羽化した成虫は、硬くなったイネは好まず、水田内や畦畔の若いイネ科植物の葉を摂食する。飛翔筋を発達させた新成虫は、夕刻に植物の先端に這い上がり、飛翔して越冬場所へ移動する。気温が低い場合には、発生した水田の周辺に歩行で移動し、越冬場所となる土壌中に潜入する個体も多いと思われる。長日、高温、若い寄主の存在などの条件が揃うと、再び産卵して2回目の発生も可能であるが、これらの条件が満たされることは少ないため、一般には年に1回の発生とみなしてよい(粥見, 1986)。西南暖地(三重県と岐阜県)で得られた、移植時期の異なる水田におけるステージ別の発生長を図-6に示す。

#### IV 発生予察

##### 1 発生時期

越冬中の成虫は飛翔筋が退化して飛べないが、翌春に休眠から醒めると周囲のイネ科植物などを食べて飛翔筋を発達させる。13.8℃以上の有効積算温度が91日度に達すると50%の個体が飛翔可能になることから(松井, 1985)、これを利用した成虫の水田侵入時期の予測が行われている。ただ、寒冷地では飛翔せずに歩行で水田侵入が起こることが多く、そのときは91日度に達する以前に侵入最盛期が認められる。宮城県や岩手県では経験的に70日程度を水田侵入最盛期の目安としている(岩手農研七研究成果, 平成6年度指導上の参考事項等)。畦畔にトラップを設置し、捕捉された歩行成虫数から事前に水田への侵入最盛期が予測できる可能性や、成虫の活動開始には温量だけでなく急激な気温の上昇が重要であることが指摘されている(宮田, 1993)。

##### 2 発生量

発生量は越冬に適した土手や二次林の近くの水田が多い。また前年に発生が多かった水田ではその周辺畦畔での越冬密度が高くなり、翌年の発生も多い。しかし、成虫密度が高いと産卵抑制が起こるうえに、卵から若齢幼虫、老齢幼虫から土繭形成の時期に密度依存的な死亡が起こる。このために、限りなく増加することはなくやがて平衡密度に達する。そしてこの平衡密度は、周囲に越冬場所が豊富な場所、言い換えれば沿岸部平坦地の水田よりも、内陸部平坦地や山間地で高くなるのが、三重県における調査から明らかになっている(粥見ら, 1984)。

発生量は、越冬後成虫の活動開始時期と田植時期との関係でも異なる。生活史の項で述べたように、温暖な地域では、すでに活動を開始している個体が多いため、早植えするほど侵入する成虫は多くなる(澤田ら, 1984; 粥見ら, 1984)(図-6)。しかし、活動開始が遅い寒冷な地域では、早植えしても発生が多くなることはない。

寒冷で歩行侵入が主体となる地域では、特定の水田における越冬後成虫の発生密度は、発生時期の項で述べたトラップにおける最多捕捉日の捕捉数から予想できそうである(宮田, 1993)。また、水田侵入後の成虫は遊泳により分散していくが、発生が水田周縁部に多く内部ほど少ない傾向は、発生終期まで顕著である(城所, 2013)。

#### V 被害と要防除水準

本種の発生量と被害程度の関係は、我が国への侵入初期に解析された愛知、岐阜、長野の諸県で得られた結果がよく知られている(図-7)。これは、移植と同時に越冬後成虫を放飼した条件で得られた、成虫密度と減収率

の関係である。図から、減収が始まるのは成虫密度がおおよそ株当たり 0.25 個体になったとき、また、減収率 5% を被害許容水準 (EIL の判断規準) とすれば、要防除密度は株当たり 0.6 個体程度となる。なお、移植栽培においては、成虫の食害が著しければ、分けつを抑制するものの収量に与える影響はほとんどなく、減収の主要因は幼虫による根の食害とされている (都築・浅山, 1986)。

被害の出やすさは、移植時期と成虫の侵入時期との関係で大きく変化する。被害解析のために、宮城県で最も一般的な移植時期であった 5 月上旬 (ほとんどがゴールデンウィーク中)、一部で行われていた 5 月中旬、基盤整備や他作物栽培との競合で著しく遅れたときの 5 月下旬

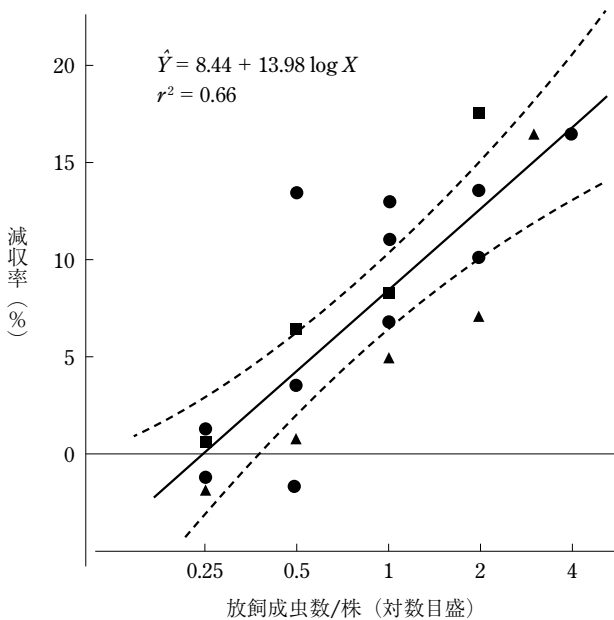


図-7 株当たり放飼成虫数と減収率の関係 (都築ら, 1983; 都築, 1986)  
●: 愛知県, ▲: 岐阜県, ■: 長野県, 破線は 95% 信頼限界。

旬に移植した。そこに、平年の成虫侵入時期である 5 月の末に成虫を放飼して収量との関係を調べた (図-8)。その結果、5% の減収を許容したときの成虫密度 (要防除水準) は、5 月上旬移植では株当たり 0.7 個体で図-7 とほとんど同じであるが、5 月中旬移植では 1.4 個体、5 月下旬移植では 5.7 個体であった。当然のことであるが、イネが生育量を大きくしてから成虫が侵入するほど、同じ食害量であっても食害率は低下するため、減収程度は軽減されることになる。また、稚苗、中苗、成苗とイネの生育が進んだときほど、成虫の選好性が低下することが知られている (都築, 1986)。

寒冷地では水田への侵入が歩行によることが多いことを述べたが、これと関連して被害は水田内でも畦畔際が多い (図-9)。また、成虫による食害は、移植栽培ではほとんど問題にならないことは述べたが、湛水直播栽培では、イネが出芽した直後で、生育量が極端に少ない時期に加害されるため、被害が極めて大きくなる (都築,



図-9 イネミズゾウムシ幼虫による根の食害により生育不良となったイネ。被害は畦畔際に集中している。

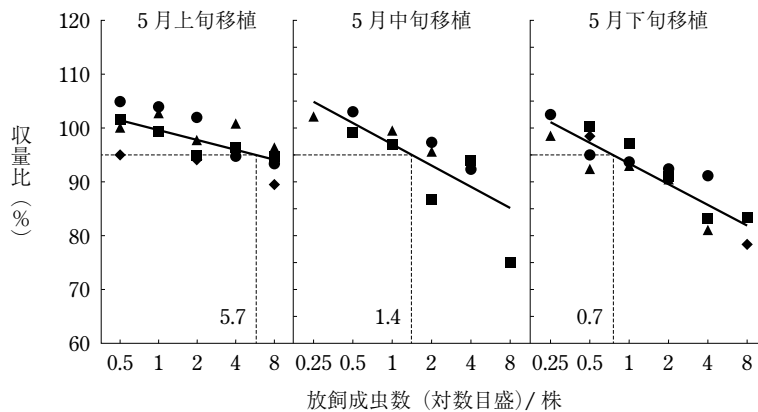


図-8 異なる移植時期のイネにイネミズゾウムシ越冬後成虫を放飼したときの個体数と収量比の関係 (城所, 2013)  
異なる記号は異なる年次の結果を示す。

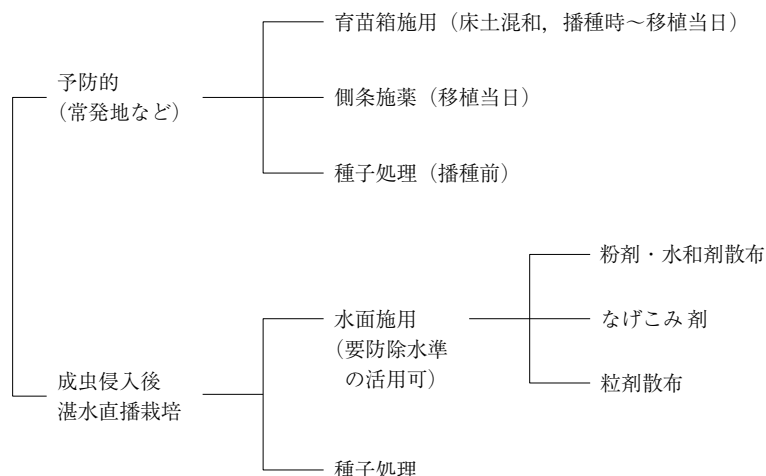


図-10 イネミズゾウムシに対する主な薬剤使用方法

1986)。

## VI 管理方法

### 1 薬剤以外の防除・被害軽減対策

寒冷地では歩行侵入が主であるため、成虫は畦畔沿いの部分からしだいに中心部に向かって侵入していく。このため、水田内の畦畔際に畦畔板などで障壁を作ると、それより内部への侵入は大幅に減少する(松木・三田村, 2010)。

事後対策となるが、イネの生育が悪くなって多発に気付いたときは、落水し土壤を乾燥させると(ほぼ中干し時期と一致する)、幼虫死亡率を高めて被害を軽減できる(城所・藤崎, 1993)。

乾田直播栽培では、元々越冬後成虫の侵入が少なく、たとえ産卵されても入水前にふ化した幼虫は死亡するため、多発地では有効な耕種的防除法と考えられている(都築, 1986)。

### 2 薬剤による防除

薬剤の使用時期を大別すると、越冬後成虫の水田侵入以前に処理する予防的方法と、侵入後に使用する方法がある。後者では、その発生量から判断して、要防除水準に基づいた防除が可能である(図-10)。

予防的方法では浸透移行性の高い薬剤を、育苗期に処理する育苗箱施用法が最も普及している。主な薬剤はネライストキシン系、カーバメート系、ネオニコチノイド系、フェニルピラゾール系、ジアミド系のもの等がある。育苗箱施用法の薬剤は、イネドロオイムシのような他の初期害虫やウンカ・ヨコバイ類、チョウ目害虫、さらには、いもち病や紋枯病等の病害も同時防除が可能な混合剤が多く登録されている。このほかの処理としては、ペ

ースト肥料に薬剤を混合して側条施肥田植機で施用する方法がある。

成虫の水田侵入後には、成虫を対象としたピレスロイド系の薬剤を中心に、ネライストキシン系、有機リン系、カーバメート系等の薬剤および混合剤がある。剤型は、粉剤、水和剤等の茎葉散布剤、粒剤の水面施用剤、水溶性容器に封入したなげこみ剤等がある。

湛水直播栽培では、ネオニコチノイド系の薬剤を種子にコーティングしたり、播種同時施薬機を用いて播種と同時に粒剤を土中処理する方法がある。

今のところ、いずれの薬剤についても抵抗性の発達は認められていない。

### 3 薬剤使用を前提とした農薬依存度軽減法

イネミズゾウムシに限らず、イネドロオイムシやコバネイナゴは年に1回しか発生しないため、ある程度広域的に密度を低下させてしまうと、直ぐには密度回復しない。こうした考えで効果の高い育苗箱処理剤を地域一斉に使用すると、その翌年から数年間は要防除水準を超えず防除を省けることが山形県や岩手県で実証され一部で実施されている(後藤ら, 2004; 上野, 2004)。また、育苗箱施用の予防的使用を回避するために、前年の成虫密度から当年の実施の必要性を判定することも行われている(後藤ら, 2004)。

寒冷地では、水田への侵入が主に畦畔から歩行により行われることから、水田の周縁部だけ育苗箱処理した苗を移植すれば、それより内部については無処理苗を移植しても食害は発生しない。同時防除する害虫が発生しない水田では、農薬依存度軽減が可能である(城所・小野, 2001; 城所, 2013)。

## 引用文献

- 1) 後藤純子ら (2004): 北日本病害虫研報 55: 278.
- 2) 粥見惇一 (1986): イネミズゾウムシの防除—被害ゼロをめざして—, (社)日本植物防疫協会, 東京, p.45~61.
- 3) ———ら (1984): 応動昆 28: 274~281.
- 4) 城所 隆 (1983): 植物防疫みやぎ 25: 6~12.
- 5) ——— (1992): 北日本病害虫研報 43: 100~103.
- 6) ——— (2013): 宮城古川農研報 11: 93~144.
- 7) ———・藤崎祐一郎 (1993): 北日本病害虫研報 44: 218 (講要).
- 8) ———・小野 亨 (2001): 同上 52: 129~131.
- 9) 小林壮一ら (1981): 関東東山病虫研報 28: 83~84.
- 10) ———ら (1985): 応動昆 29: 45~49.
- 11) 松井正春 (1985): 同上 29: 67~72.
- 12) 松木伸浩・三田村敏正 (2010): 北日本病害虫研報 61: 99~102.
- 13) 宮田将秀 (1993): 同上 44: 101~102.
- 14) 澤田敏彦ら (1984): 愛知農総研特報 15: 82~86.
- 15) 都築 仁 (1986): イネミズゾウムシの防除—被害ゼロをめざして—, (社)日本植物防疫協会, 東京, p.77~81.
- 16) ———ら (1983): 応動昆 27: 252~260.
- 17) ———ら (1984): 愛知農総研特報 15: 148.
- 18) ———・浅山 哲 (1986): イネミズゾウムシの防除—被害ゼロをめざして—, (社)日本植物防疫協会, 東京, p.98~103.
- 19) 上野 清 (2004): 植物防疫 58: 385~389.
- 20) 渡辺 直 (1986): イネミズゾウムシの防除—被害ゼロをめざして—, (社)日本植物防疫協会, 東京, p.31~38.

## 登録が失効した農薬 (29.12.1~12.31)

掲載は、種類名、登録番号：商品名（製造者又は輸入者）登録失効年月日。

## 「殺虫剤」

- メタアルデヒド粒剤  
14042：ナメトリン（白元アース）17/12/25
- テフルベンズロン乳剤  
19474：ヤシマノーモルト乳剤（協友アグリ）17/12/25

## 「殺菌剤」

- メトミノストロピン粒剤  
20272：オリブライトパック（バイエルクロップサイエンス）17/12/10
- イミベンコナゾールエアゾル  
20277：マネーージェアゾル（北興産業）17/12/10
- シプロコナゾールくん煙剤  
20024：アルトくん煙剤（シンジェンタ ジャパン）17/12/26
- 硫黄くん煙剤  
7814：サルファグレン（三光化学工業）17/12/27

## 「殺虫殺菌剤」

- エトフェンプロックス・カスガマイシン・バリダマイシン・フサライド粉剤  
16941：ホクコーカスラババリダトレボン粉剤 DL（北興化学工業）17/12/25

## 「除草剤」

- ジメタメトリン・ピリプチカルブ・プレチラクロール・ベンスルフロンメチル水和剤  
20289：[DIC]クサナイン L フロアブル（日本曹達）17/12/10
- 20290：クサナイン L フロアブル（デュボン・プロダクション・アグリサイエンス）17/12/10
- 20291：ホクコークサナイン L フロアブル（北興化学工

- 業）17/12/10
- シハロホップブチル・ダイムロン・ベンスルフロンメチル・メフェナセット粒剤  
20301：ホクコーイネグリーン D1 キロ粒剤 51（北興化学工業）17/12/10
- イマゾスルフロン・ブロモブチド・ペントキサゾン粒剤  
22310：科研ヨシキタジャンボ（科研製薬）17/12/17
- カフェンストール・シクロスルフアムロン・ダイムロン粒剤  
20975：レオンジャンボ（住商アグロインターナショナル）17/12/20
- エスプロカルブ・ジメタメトリン・ピラズスルフロンエチル・プレチラクロール粒剤  
18559：チバガイギー・スパークスター 1 キロ粒剤（シンジェンタ ジャパン）17/12/24
- カルブチレート・MDBA 水和剤  
18566：ツインカムフロアブル（エス・ディー・エスバイオテック）17/12/24
- イマゾスルフロン・ダイムロン・メフェナセット粒剤  
18588：バイエルバトル粒剤（バイエルクロップサイエンス）17/12/24
- メタミトロン水和剤  
20978：ハーブラック顆粒水和剤（アダマ・ジャパン）17/12/24
- ピラズスルフロンエチル・ピリフタリド・プレチラクロール粒剤  
20982：日産アピロスター 1 キロ粒剤（日産化学工業）17/12/24
- アジムスルフロン・ピリフタリド・プレチラクロール・ベンスルフロンメチル粒剤  
20987：アピロトップ A1 キロ粒剤 36（シンジェンタ ジャパン）17/12/24

植物  
防疫  
講座

農薬編-2

アセチル CoA カルボキシラーゼ阻害剤

—テトロン酸およびテトラミン酸—

バイエルクロップサイエンス(株) <sup>わたなべ さとし なかくら のりひこ</sup>  
渡辺 賢・中倉 紀彦

はじめに

化学構造による分類は、薬剤の物理化学的特性・有効な対象害虫・使用法などを大まかに理解でき、また、作用機構による分類は、抵抗性管理における薬剤の選択などに有効である。すなわち、CropLife International 傘下の Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) による殺虫剤の作用機構と化学構造による分類は、殺虫剤を理解するうえで重要と言える。

本報では、IRAC 分類の 23、アセチル CoA カルボキシラーゼ阻害剤について解説する。アセチル CoA カルボキシラーゼ阻害剤は、テトロン酸およびテトラミン酸(通称 環状ケトエノール)の構造を有しており、バイエルクロップサイエンス(株)が開発したスピロジクロフェン、スピロメシフェン、スピロテトラマトの 3 剤が上市されている(農薬工業会, 2017)(表-1)。

I 環状ケトエノール系殺虫剤・殺ダニ剤の発見

環状ケトエノール剤の探索は、除草剤の研究段階において、殺草活性と殺ダニ活性の双方の活性を示す化合物が 1980 年代後半に発見されたことから開始された(早川, 2009)。この化合物の殺草活性が一部の雑草種のみに限られることに注目し、より強い殺ダニ活性と作物への高い安全性を持つ化合物を探索するため多くの類縁化

合物が合成された。その結果、テトロン酸誘導体に属するスピロジクロフェンが 1992 年に、スピロメシフェンが 1994 年に創製され、日本においてそれぞれ 2003 年、2007 年に登録された。この後の研究により、テトロン酸をテトラミン酸構造に変換することにより、より広範な害虫種に有効になることが確認され、その結果、スピロテトラマトが創製され、2012 年に登録された(曾根, 2008; 図-1)。

II 環状ケトエノール系 3 薬剤の特性

環状ケトエノール系 3 薬剤の物理化学的性状は薬剤ごとに大きく異なる(図-2)。

スピロジクロフェンは水オクタノール分配係数が 5.83 と高い一方、水溶解度は 0.05 mg/l と低いために浸透移行性は認められない。同じテトロン酸誘導体であるスピロメシフェンは、水溶解度がスピロジクロフェンよりも若干高いものの浸透移行性はわずかに認められる程度である。スピロテトラマトは水溶解度が 29.9 mg/l と高く、高い浸透移行性を有している。多くの浸透移行性殺虫剤は導管内を移行することが一般的であるが、本剤は導管と篩管の双方を移行する点がユニークであると言える。

環状ケトエノール系 3 剤の殺虫スペクトラムを図-3 に示す。スピロジクロフェンはハダニ類、サビダニ類およびキジラミ類に高い活性を示す一方で、アブラムシ

表-1 IRAC 殺虫剤作用機構分類 (一部抜粋, 加筆)

主要グループと一次作用部位	サブグループ あるいは代表的有効成分	有効成分	農薬名(例) (剤型省略)	標的 生理機能
23 アセチル CoA カルボキシラーゼ阻害剤 脂質合成, 成長調節	23 テトロン酸および テトラミン酸誘導体	スピロジクロフェン	ダニエモン, エコマイト	生育 および 発達
		スピロメシフェン	ダニゲッター, クリアザール	
		スピロテトラマト	モベント	

Cyclic Ketoenol Insecticides as Lipid Biosynthesis Inhibitors.  
By Satoshi WATANABE and Norihiko NAKAKURA  
(キーワード: テトロン酸, テトラミン酸, 環状ケトエノール,  
スピロジクロフェン, スピロメシフェン, スピロテトラマト, ダ  
ニ剤, 殺虫剤, 作用機構, アセチル CoA カルボキシラーゼ)



図-1 環状ケトエノール系薬剤の構造

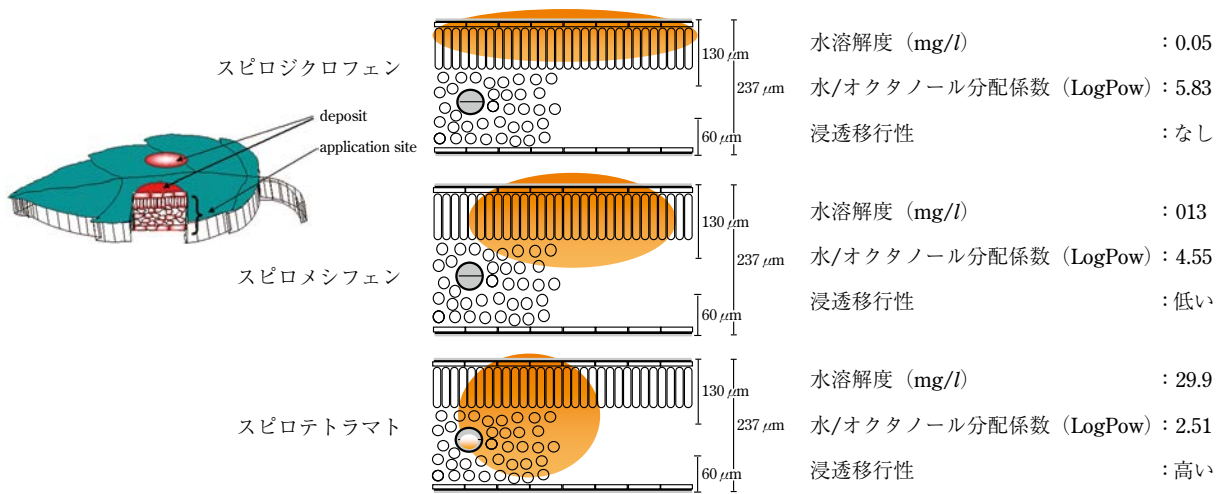


図-2 環状ケトエノール系3薬剤の物理化学的性状と浸透移行性

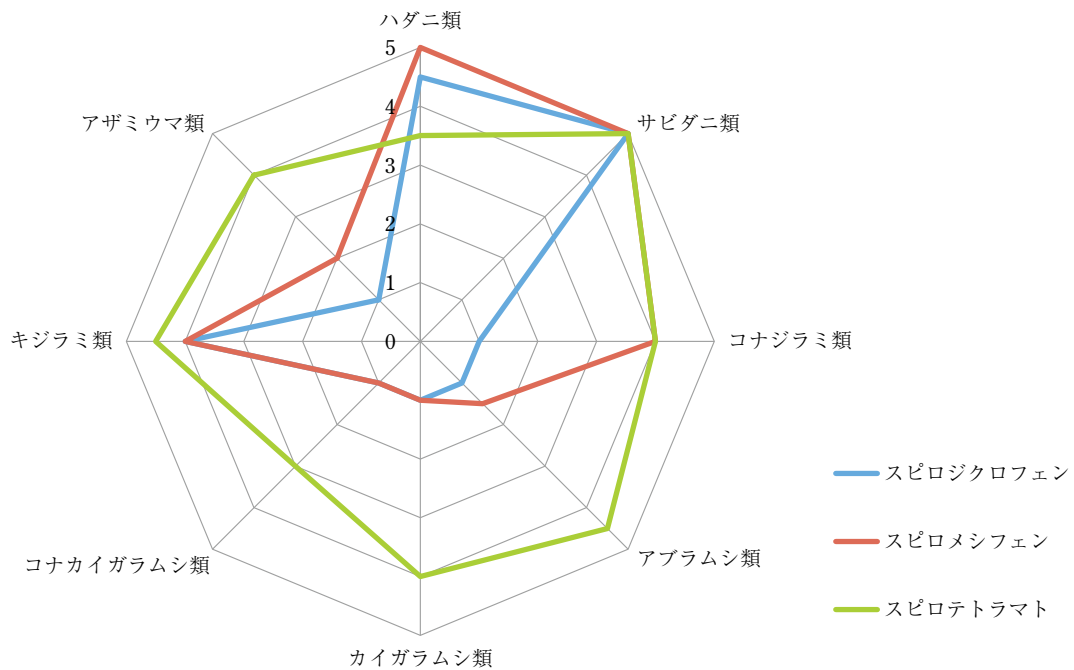


図-3 環状ケトエノール系3剤の殺虫スペクトラム (数字は殺虫活性の程度を示す。5:強い 0:活性なし)

類, コナジラミ類, アザミウマ類, カイガラムシ類には活性が低い。スピロメシフェンはハダニ類, サビダニ類, キジラミ類に加えてコナジラミ類に高い活性を示す。葉表面に散布されたスピロメシフェンが, 弱い浸透移行性があるため, 葉の表面からコナジラミの口器挿入部位まで浸達するためであると考えられる。一方, アブラムシ類, アザミウマ類, カイガラムシ類に対してはスピロジクロフェン同様, 活性は低い。スピロテトラマトは他の2剤に比べてハダニ類に対する活性は下がるものの, アブラムシ類, コナジラミ類, カイガラムシ類等のカメムシ目害虫に高い活性を示すと同時に, アザミウマ類に対しても活性を示す。

環状ケトエノール系3剤は, スピロテトラマトがマルハナバチおよびカブリダニ類の幼虫, 若虫に影響がある例を除けば, 総じてカイコやミツバチ, ヒメハナカメムシや寄生蜂等の有用昆虫に対する影響が少ない薬剤であり, これら有用生物を導入した総合的病害虫管理 (IPM) に適した農薬群であると言える。

### III 作用機構

環状ケトエノール系殺虫剤は, 脂肪酸の合成に関与する酵素のアセチル CoA カルボキシラーゼの働きを阻害する (図-4)。脂肪酸 (脂質) は, 細胞膜などの生体膜の主材料であり, エネルギーの貯蔵体であるので, この脂質が作られなくなると, 発育不良や産卵量の減少, 産卵不全等が起こり, やがて死亡する。

脂質生合成阻害の害虫への影響は種によって若干異なるが,

共通して見られるのは, 「幼虫期に処理した場合に齢が進まず活動を停止しやがて死亡する」, 「処理した成虫の産卵数が減少する」, 「ふ化しない卵が産下される」等である (曾根, 2004; 図-5, 6)。

ハダニ類については, 脂質親和性の高いスピロジクロフェン, スピロメシフェンでは卵を処理すると高いふ化阻害が観察されるが, 親水性の高いスピロテトラマトはふ化阻害を示さないことから, ふ化阻害は薬剤の卵殻の透過性を反映すると考えられる。コナジラミ類の幼虫に高い効果を示すスピロメシフェンはコナジラミ卵に対してふ化阻害活性は低く, 卵を処理するとふ化直後に死亡した幼虫が観察される。

スピロテトラマトのアブラムシに対する効果は遅行的で, しばしば不完全な脱皮が観察される。さらに脱皮後に動けなくなり, 急速に干からびるという症状以外に, 「メス成虫体内へ産出されなかった幼生が蓄積し結果としてメス成虫が死亡する」, 「生存不能な幼生を産出する」という症状が観察される (図-7)。コナジラミに対しては, 特に幼若期において高い殺虫活性を示すが, 成虫に対しては産卵数の減少, 産下した卵のふ化率の低下が観察される。

総じて, 環状ケトエノール系殺虫剤・殺ダニ剤は, その作用機作から, 成長が完了した成虫に対しては遅効的に働くが, 生育の旺盛な卵・幼虫に対し高い効果を示し, したがって, 次世代の繁殖を強く抑制する薬剤と言える。

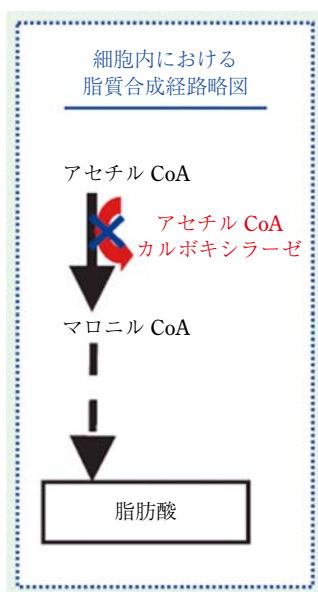


図-4 環状ケトエノール系薬剤の作用機構

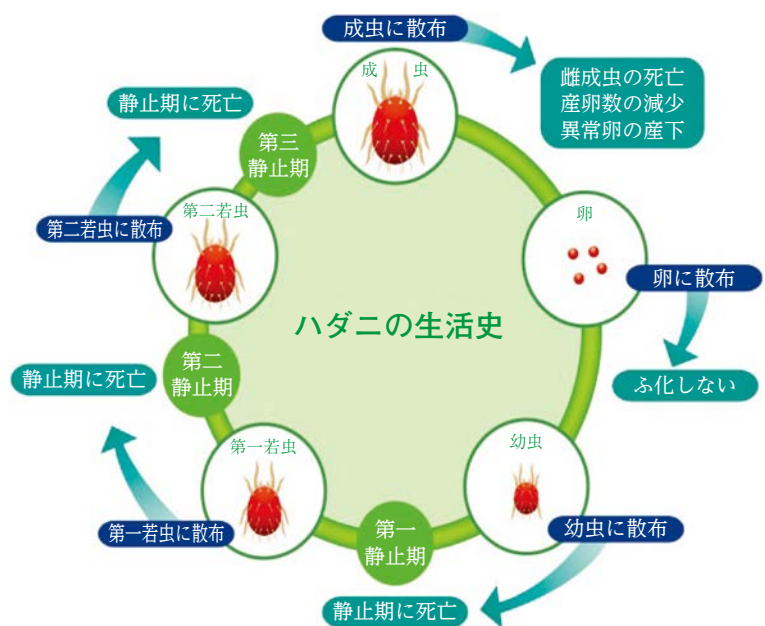


図-5 環状ケトエノール系薬剤のハダニ類に対するステージ別作用性

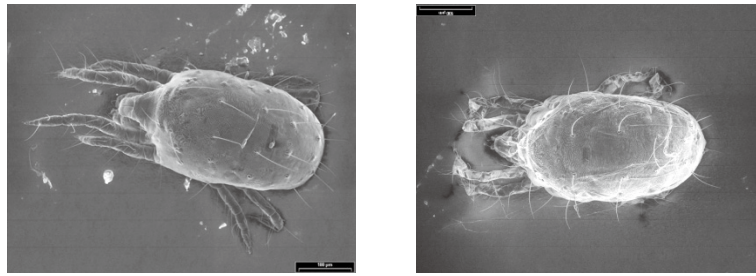


図-6 スピロジクロフェンを散布したミカンハダニ雌成虫の症状  
 左：無処理第三静止期。  
 右：スピロジクロフェン 200 ppm 処理。無処理区と比べ脚の生育が異常で、かつ腹が膨れ上がっている。

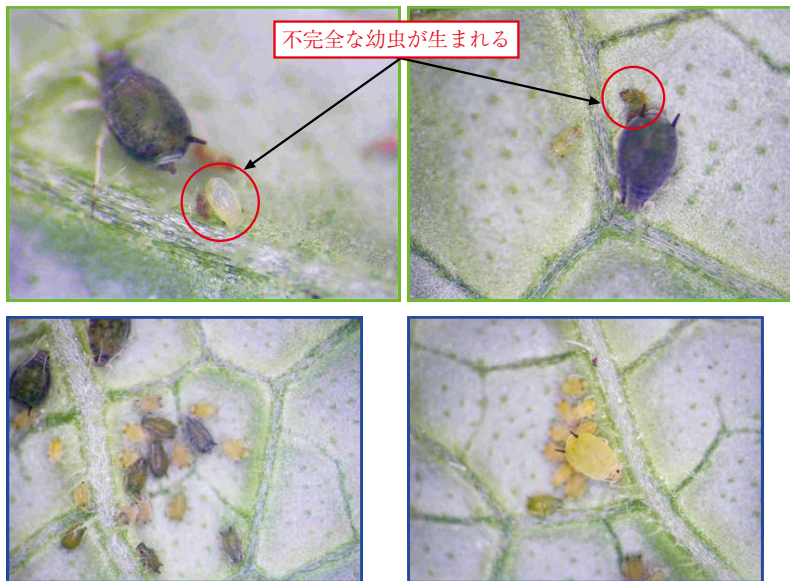


図-7 スピロテトラマト灌注処理によるアブラムシにおける症状  
 上：スピロテトラマト 20 mg a.i./ポット処理。下：無処理。

#### IV 作用特性

環状ケトエノール系殺虫剤・殺ダニ剤は特に卵，幼虫，若虫に高い効果を示し，次世代の発生を抑えるため，各種害虫の発生初期に散布することで長期にわたる密度抑制効果が期待できる。その一方で，その効果の発現には成長を伴う必要性があるため，効果は比較的遅効的であり効果の完成までに1週間から10日前後を要する。

果菜場面において，タバココナジラミバイオタイプQはトマト黄化葉巻ウイルス，ウリ類退緑黄化ウイルスを，ミナミキイロアザミウマはキュウリ黄化えそウイルスを媒介し，かつ効果的な防除薬剤も不足していることから，非常に重要な難防除害虫である。これらの害虫に効果を持つスピロテトラマト，スピロメシフェン（スピロメシフェンはタバココナジラミのみ）は，ウイルス病予防のために有効な薬剤であるが，前述の通り遅効的であ

あるために吸汁阻害効果は弱く，直接的なウイルス媒介防止効果はない。そのため，ウイルス病対策として使用する際には，成虫にも効果を示す即効的な薬剤との混用，または体系処理が有効である。

スピロテトラマトは高い浸透移行性を有する点でスピロジクロフェン・スピロメシフェンと異なるが，篩管を移動するという点で既存殺虫剤とも大きく異なる特徴を持つ (NAUEN et al., 2008)。多くの浸透移行性殺虫剤が根から吸い上げた水分の通り道である導管を移行するのに対し，スピロテトラマトは，植物体の代謝により殺虫活性本体であるエノール体へと変化した後に導管および篩管内を移動する。篩管は光合成で生成された栄養分（シヨ糖）の通路であるため，スピロテトラマトエノール体は細胞分裂が盛んな新芽や根等の成長点へと運搬される (図-8)。この作用により，スピロテトラマトは散布時に未展開だった葉にも移動した後に殺虫効果を示し，予防



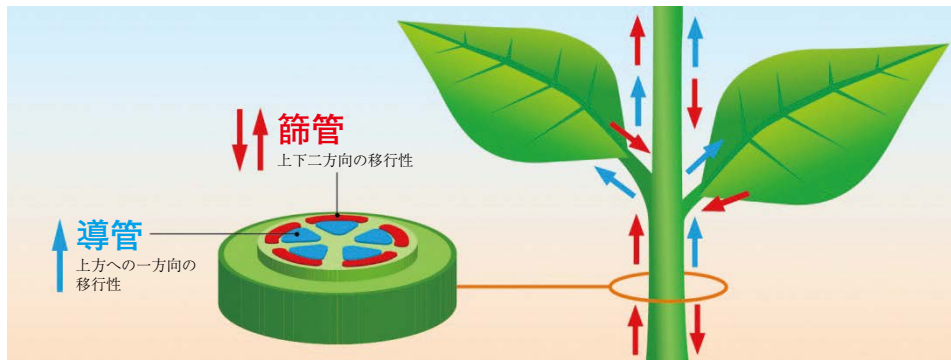


図-8 植物体の維管束における移行性

導管：水やミネラルの根から地上部への移行通路。上方移行。

篩管：アミノ酸やショ糖の葉から根、地上部の成長点への移行通路。上下方向の移行。

的な害虫防除を可能とする。

この特徴を活かした使用方法が、果菜類の苗灌注処理であり、定植前の苗に所定濃度のスピロテトラマトを処理することで、難防除害虫を長期にわたり防除することが可能となる。特に、浸透移行性を示すハダニ類に効果を持つ薬剤は本邦初であり（2017年10月現在）、抵抗性ハダニが問題となっているいちご場面において、本処理方法は大変有効である。

## V 抵抗性管理

温暖湿潤な日本において作物を安定供給するためには、周年発生する多様な病害虫の防除が必須であり、農薬はもっとも有効な防除手段の一つである。しかしながら、害虫防除においてハダニ類、アブラムシ類、コナジラミ類やアザミウマ類等の微小な害虫は、多くの種類の作物を加害すると同時に1世代に要する期間が極めて短く、かつ有効な薬剤が不足している場合が多いため、同一系統の薬剤が多用されて薬剤抵抗性が発達しやすい状況である。

環状ケトエノール系殺虫剤・殺ダニ剤の感受性低下は、一部の果樹ダニ類で認められているもののその程度は低い。ハダニ類では有効な薬剤（化学構造）が少ないことから、環状ケトエノール系薬剤の重要性は高い。そのため、野菜類はもとより、果樹では、同一作用機作を持つ薬剤の年間使用回数の制限や、異なる作用機作を持

つ薬剤を交互に散布する「ローテーション散布」を実施するとともに、冬季には必ずマシン油の散布を実施するなど、抵抗性発達を遅らせることが重要である。

## おわりに

ハダニ類、サビダニ類・ホコリダニ類、アブラムシ類、コナジラミ類、およびアザミウマ類といった難防除害虫の多くは、抵抗性個体群の早期発達や植物病原性ウイルス病の媒介等大きな問題を抱え、作物生産現場では極めて重要な防除対象となっている。これらの害虫に対し高い効果を示す環状ケトエノール系薬剤は、新しい作用機作を持つ薬剤群として重要な役割を果たしている。これら害虫類の抵抗性発達を回避または遅延させるためにも、本系統剤の特性を理解したうえで、他系統の有効な薬剤を上手に組合せて防除することが重要となる。本報が環状ケトエノール系殺虫剤・ダニ剤の理解の一助になることを期待する。

## 引用文献

- 1) 早川秀則 (2009): 植防コメント 224: 5~6.
- 2) NAUEN, R. et al. (2008): Bayer CropScience Journal 61: 245~278.
- 3) 農薬工業会 (2017): 日本における農業用殺虫剤の作用機構, [http://www.jcpa.or.jp/labo/pdf/2017/mechanism\\_irac02.pdf](http://www.jcpa.or.jp/labo/pdf/2017/mechanism_irac02.pdf)
- 4) 曾根信三郎 (2004): 植物防疫 58(7): 22~25.
- 5) ————— (2008): 今月の農業 52(9): 59~63.
- 6) ————— (2008): 植物防疫 62: 59~63.

## 新農薬の紹介

# 新規殺菌剤フルオピラムの特性

バイエルクロップサイエンス株式会社 **は だ の ひろ ゆき**  
**波 多 野 広 幸**

### はじめに

フルオピラムは、バイエルクロップサイエンス社によって2000年に見いだされたピリジニルエチルベンズアミドと呼ばれる化学グループに属する新規殺菌剤である。本化合物は2001年にスクリーニング試験において灰色かび病菌などに対して殺菌活性を有することがわかり、選抜された。その後、各種病害を引き起こす子の菌類や不完全菌類に属する広範な植物病原菌に対して優れた防除効果を示すことが確認された。日本では、2006年より一般社団法人日本植物防疫協会を通じ、試験番号BCF-061フロアブル(フルオピラム41.7%)として豆類、野菜、果樹の主要病害に対し薬効薬害試験が実施され、2013年7月2日付けでオルフィン®フロアブルとして農薬登録を取得した(記事末参照)。

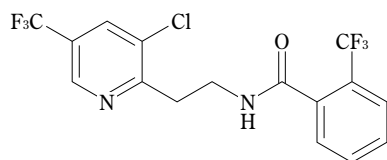
### I フルオピラムの物理的・化学的性状および安全性

フルオピラムの物理的・化学的性状および安全性を以下に示す。急性毒性は普通物相当<sup>注1)</sup>であり、有用動植物にほとんど影響のない安全性の高い殺菌剤である。

一般名：フルオピラム (fluopyram) (ISO)

化学名：N-[2-[3-クロロ-5-(トリフルオロメチル)-2-ピリジル]エチル]-α, α-トリフルオロ-ο-トルアミド

化学構造式：



分子量：396.72

LogPow：3.3 (24°C)

水溶解度：16 mg/l (蒸留水, pH6.7)

Properties of Fluopyram, a Novel Fungicide. By Hiroyuki HADANO

(キーワード：植物保護, 防除薬剤, 薬剤耐性, 浸透移行性, 浸透性, SDHI 剤, フルオピラム)

急性経口毒性 (原体)：LD<sub>50</sub> > 2,000 mg/kg (♀)ラット

急性経皮毒性 (原体)：LD<sub>50</sub> > 2,000 mg/kg (♂, ♀)ラット

急性吸入毒性 (原体)：LC<sub>50</sub> > 5,112.5 mg/m<sup>3</sup> (♂, ♀)ラット

皮膚刺激性 (製剤\*)：刺激性なし (ウサギ)

眼刺激性 (製剤\*)：極く軽度の刺激性\*\* (ウサギ)

皮膚感作性 (製剤\*)：感作性なし (モルモット)

魚類急性毒性 (製剤\*)：LC<sub>50</sub> > 200 mg/l (コイ, 96時間)

ミジンコ類急性遊泳阻害 (製剤\*)：EC<sub>50</sub> > 100 mg/l (オオミジンコ, 48時間)

藻類生長阻害 (製剤\*)：ErC<sub>50</sub> 14.6 mg/l

(*Pseudokirchneriella subcapitata*, 0~72時間)

### II フルオピラムの作用機構

フルオピラムは、ミトコンドリアにおける電子伝達系の複合体IIのコハク酸脱水素酵素阻害の作用機構を有するSDHI (Succinate DeHydrogenase Inhibitors) 殺菌剤 (FRACコード7) である(図-1)。この作用機構は1960年代後半既に農業分野において知られており、第1世代のカルボキシノキシンやオキシカルボキシノキシンは、さび病菌類やリゾクトニア菌等の担子菌類によって引き起こされる病害にのみ効果を示した。1990年代にはフラメトピルやチフルザミドのように浸透移行性を有し、水稻の湛水処理によりイネ紋枯病に効果を示す第2世代のSDHI殺菌剤が登場した。そして、2000年代初頭に第3世代としてボスカリドやペンチオピラドのように広いスペクトラムを有するSDHI殺菌剤が上市された。フルオピラムは、この第3世代に含まれる殺菌剤であるが、SDHI剤の多くが、カルボキシノキシンを出発点として誘導されているのに対し、フルオピラムはSDHI剤とは作用機構の異なるフルオピコリド (FRACコード43) から誘導されたユニークなSDHI剤である。

注1) 毒物および劇物取締法に基づく毒物・劇物に該当しないものを指していう通称。

\*：製剤は、オルフィン®フロアブル (フルオピラム 41.7%)。

\*\*：報告書の結論による。

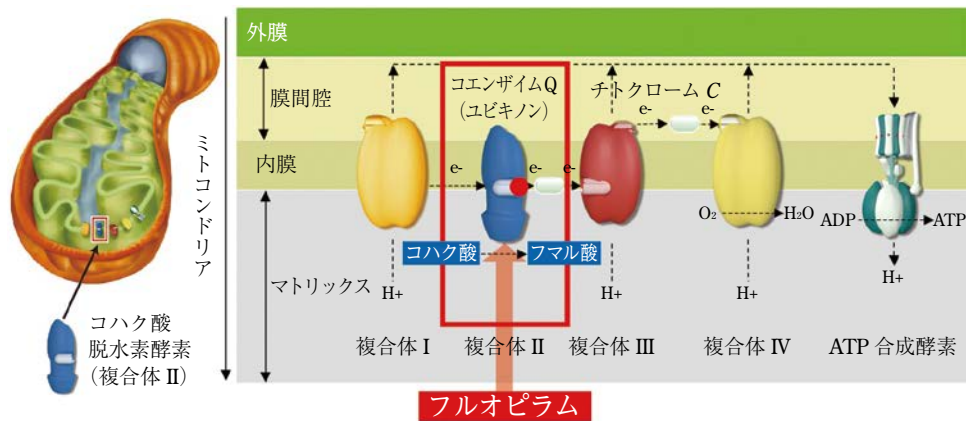


図-1 フルオピラムの作用機構

表-1 フルオピラムの防除スペクトラム (一部)

作物	病原菌名	作物	病原菌名	
豆類	<i>Botrytis cinerea</i>	イチゴ	<i>Botrytis cinerea</i>	
	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>		<i>Sphaerotheca aphansis</i>	
ナス科植物	<i>Alternaria solani</i>	果樹 (仁果類)	<i>Alternaria alternata</i> apple pathotype	
	<i>Botrytis cinerea</i>		<i>Alternaria alternata</i> Japanese pear pathotype	
	<i>Leveillula taurica</i>		<i>Gloeosporium</i> spp.	
葉茎菜類	<i>Alternaria brassicae</i>		<i>Monilinia mali</i>	
	<i>Alternaria porri</i>		<i>Mycosphaerella pomi</i>	
	<i>Botrytis allii</i>		<i>Podosphaera leucotricha</i>	
	<i>Botrytis cinerea</i>		<i>Venturia inaequalis</i>	
	<i>Botrytis squamosa</i>		<i>Venturia nashicola</i>	
	<i>Cercospora brassicae</i>		果樹 (核果類)	<i>Monilinia fructicola</i>
	<i>Ciborinia allii</i>			<i>Cladosporium carpophilum</i>
根菜類	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	ブドウ	<i>Botrytis cinerea</i>	
	<i>Alternaria dauci</i>		<i>Uncinula necator</i>	

### III フルオピラムの作用特性

#### 1 防除スペクトラム

フルオピラムの各種植物病原菌に対する防除スペクトラムを *in vitro* 試験, ポット試験および圃場試験において検討したところ, 子のう菌類, 不完全菌類に属する病原菌に対して高い防除効果を示すことが明らかとなった (表-1)。特に各種うどんこ病, 灰色かび病, 菌核病, 黒星病, 灰星病, アルタナリア属菌病害 (リンゴ斑点落葉病など) 等に高い防除効果を示す。

#### 2 植物病原菌の生活環とフルオピラムの作用点

フルオピラムは, 図-2 に示す通り, 植物病原菌の胞子発芽, 発芽管伸長, 菌糸伸長および胞子形成を強く阻害する。図-3 にイチゴ花卉上でのイチゴ灰色かび病菌の生育に対するフルオピラムの効果を示す電子顕微鏡写真

を示した。フルオピラムを処理し, 処理 24 時間後にイチゴ灰色かび病菌を接種した場合, 胞子発芽が強く阻害された。一方, フルオピラムを処理する 20 時間前に接種した場合, 発芽管伸長を強く阻害することが示された。

#### 3 フルオピラムの浸透移行性

放射性同位体を用いて標識されたフルオピラムの植物における動態を試験した結果, 図-4 に示すようにリンゴ葉にスポット状に処理した場合, 日数経過とともに葉内に薬剤が移行し, 処理 2 日後には葉にほぼ均一に分布していることがわかった。リンゴ幼植物を用いた試験では, 枝基部に処理した薬剤が処理 1 日後には枝を求頂的に移行 (上方移行) し, 2 日後には葉にも分布した (図-5)。これらの結果から, 茎葉部に処理されたフルオピラムは茎葉において継続的に浸透し, 導管を通じて求頂的に移行すると考えられる。

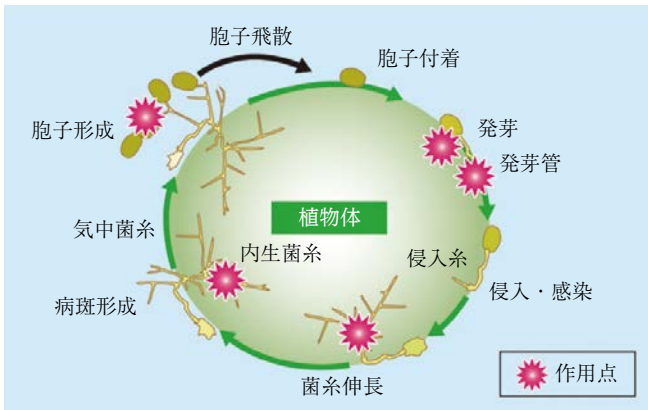


図-2 フルオピラムの植物病原菌生活環における阻害部位

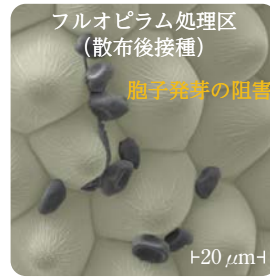


図-3 イチゴ灰色かび病菌の生育に対するフルオピラムの阻害効果 (散布後接種は散布 24 時間後, 散布前接種は散布 20 時間前にそれぞれ行った)

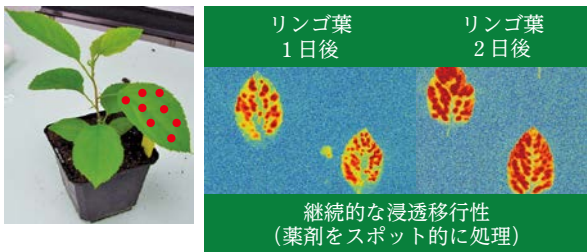


図-4 リンゴ葉面における移行拡散性 (葉にスポット的に処理)

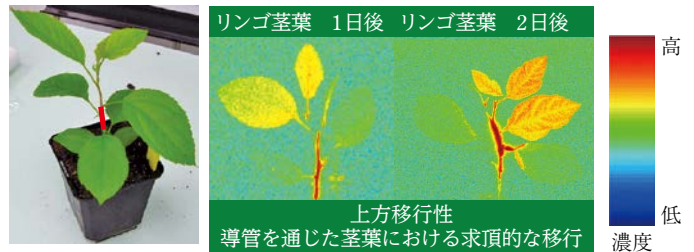


図-5 リンゴ茎葉における上方移行性 (枝基部処理)



図-6 キャベツ葉における浸達性 (ポット試験: 薬液は葉表に塗布し, 菌叢ディスクを葉裏に貼りつけた) 写真は接種 3 日後に撮影

オルフィン®フロアブル (フルオピラム 41.7%) の 3,000 倍溶液をキャベツの葉表に塗布し, 24 時間後に葉裏に PDA 平面培地で培養したキャベツ菌核病菌の菌叢ディスク (7 mm 径) を貼りつけ, 葉裏における効果を検討した。その結果, 対照の SDHI 殺菌剤 A に比較し優れた効果が得られ, 高い浸達性が認められた (図-6)。

#### 4 予防効果

圃場においてイチゴうどんこ病に対する予防効果を検討した。その結果, 25 ppm の比較的濃度においても高い予防効果が確認された (図-7)。

#### 5 残効性と耐雨性

圃場においてリンゴ斑点落葉病に対する効果を検討した。その結果, 最終散布 19 日後においても対照剤 B (DMI 混合剤) や対照剤 C (マルチサイト剤) よりも優れた残効性を示した (図-8)。

さらに, インゲン灰色かび病防除効果における降雨の影響を薬剤処理 1 時間後に降雨処理 (37 mm/h の降雨量を 1 時間) することにより検討した。その結果, 対照剤 D (QoI 剤) よりも優れた耐雨性が確認された (図-9)。

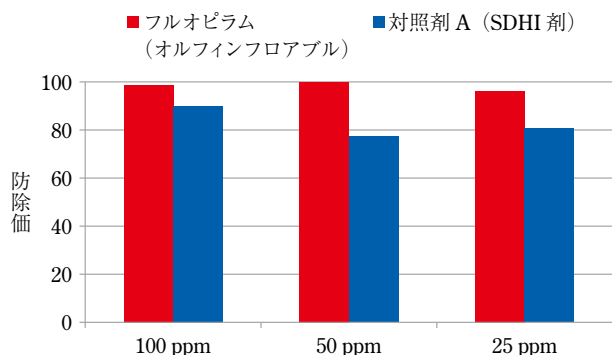


図-7 イチゴうどんこ病に対する予防効果 (2015年圃場試験)  
 試験場所: バイエルクロップサイエンス(株)茨城県結城市  
 自社圃場 (施設).  
 試験概要 処理日: 6月25日, 7月2日の2回.  
 初発日: 7月1日.  
 調査日: 7月8日 (2回目散布6日後).  
 発生程度: 少発生 (無処理区の発病度 9.8).

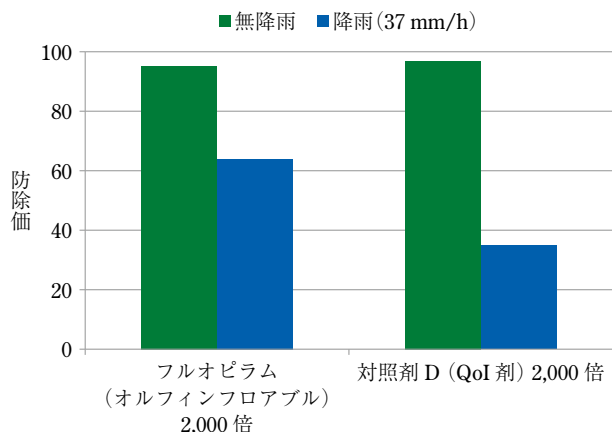


図-9 インゲン灰色かび病防除効果に対する耐雨性 (ポット試験)  
 薬剤処理 1 時間後に 37 mm/h (1 時間).  
 降雨処理 3 時間後に菌叢ディスクを葉表に接種.

## 6 耐性菌に対する効果

DMI 剤に対する感受性が低下しているナシ黒星病菌に対する効果を圃場において検討した。対照剤 E (DMI 剤) の防除効果が低い条件下でオルフィン®フロアブルの 4,000 倍散布は高い効果を示し, DMI 剤に対して感受性の低下した菌に対して有効であった (図-10)。また, 第 3 世代の SDHI 剤が広く使用されるに従い, SDHI 剤に対する耐性菌が世界各地より報告されている。SDHI 剤はミトコンドリアの複合体 II の三つのサブユニット (SdhB, SdhC および SdhD) で構成されるユビキノン結合部位に結合することによって酵素活性を阻害し, 効果を発揮する (図-11)。現在報告されている大半の SDHI 剤耐性菌はこの部位のアミノ酸置換によるものである。2012~14 年にヨーロッパで採取されたブドウ灰色かび病菌 (*Botrytis cinerea*) の変異のタイプおよびフ

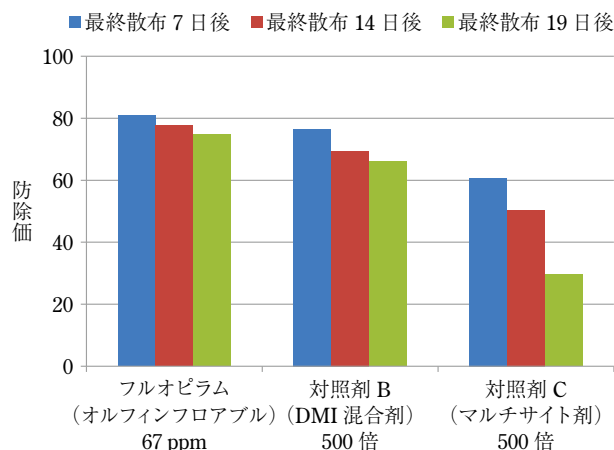


図-8 リンゴ斑点落葉病に対する残効性 (2013年圃場試験)  
 試験場所: バイエルクロップサイエンス(株)宮城県仙台市  
 自社圃場.  
 試験概要 処理日: 6月5, 13, 25日, 7月4日の4回.  
 調査日: 7月11日 (最終散布7日後), 18日 (最終散布14日後), 23日 (最終散布19日後).  
 発生程度: 多発生 (7月23日時点の無処理区の1葉当たり病斑数 21.0).

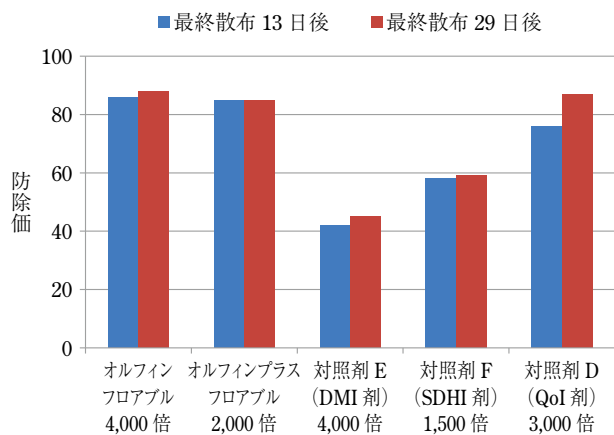


図-10 ナシ黒星病に対する効果 (2017年圃場試験)  
 試験場所: 佐賀県伊万里市現地圃場.  
 試験概要 処理日: 4月12, 19, 28日, 5月10日の4回.  
 初発日: 4月28日.  
 調査日: 5月23日 (最終散布13日後), 6月8日 (最終散布29日後).  
 発生程度: 中発生 (6月8日時点の無処理区の発病度 12.8).

ルオピラムと対照剤 G (SDHI 剤) に対する感受性を検定した。その結果, 変異のタイプが不明なものを除きすべて SdhB 変異で, フルオピラムに対し交差耐性を示す菌株も認められたが, 主たる変異は H272R/Y であり, 対照剤 G (SDHI 剤) に耐性を示すこの変異株はフルオピラムに対して交差耐性を示さなかった (表-2)。このように SDHI 剤間において必ずしも交差耐性を示さない要因としては, フルオピラムの特異な化学構造にあると

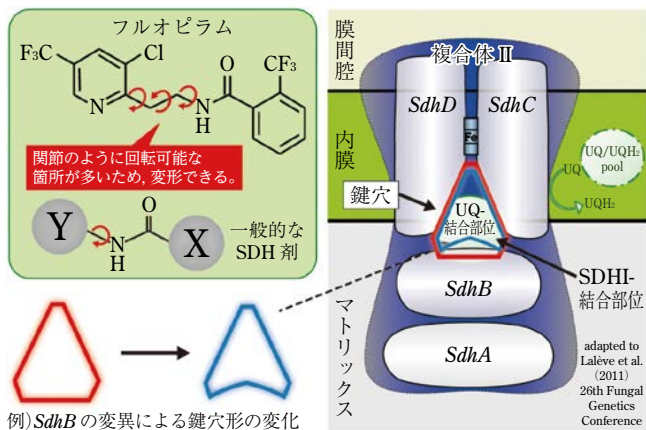


図-11 ミトコンドリア複合体 II の SDHI 剤結合部位の変異とフルオピラムの立体構造的柔軟性

推察される。他の SDHI 剤とは異なり、フルオピラムは作用機構の異なるフルオピコリドから誘導されたユニークな構造（ピリジニルエチルアミド構造）を有し、立体的化学構造の柔軟性があるため、変異により結合部位の立体構造に多少の変化が生じて結合部位に入り込むことが可能と考えられている。

#### IV フルオピラムを母剤とする混合剤の開発

薬剤耐性菌の出現は避けることのできない課題となっている。耐性菌の出現を遅らせるためと幅広い殺菌スペクトラムを付与する目的で、フルオピラムとテブコナゾール（FRACコード3）を有効成分とする殺菌混合剤の開発を開始し、2012年より一般社団法人日本植物防疫協会を通じ、試験番号 BCF-121 フロアブル（フルオピラム 17.7%、テブコナゾール 17.7%）として果樹の主要病害に対し薬効薬害試験が実施され、2013年11月20日付けでオルフィン®プラスフロアブルとして農薬登録を取得した。本剤は両有効成分とも、浸達性浸透移行性を有しており、安定した効果を示す。

#### おわりに

フルオピラムは作用機構の異なるフルオピコリドから誘導された新規骨格をもつユニークな SDHI 剤である。

表-2 ブドウ灰色かび病菌の SdhB 変異株のフルオピラムに対する感受性（ヨーロッパ、2012～2014）

変異のタイプ	菌株数 2012～14 採取	EC <sub>50</sub> (ppm)	
		フルオピラム	対照剤 G (SDHI 剤)
変異なし	915	1.1	0.6
P225H	19	29.8	>30
P225F	20	>30	>30
P225L	3	>30	>30
N230I	48	10.2	12.6
H272Y	45	0.2	>30
H272R	206	0.9	27.2
不明*	21	3.7	6.8

\*：変異のタイプが不明であったもの。

H272R は、sdhB 遺伝子の 272 番目のアミノ酸がヒスチジンからアルギニンに置換された変異を意味する。

本剤は継続的な浸透移行性、上方移行性（導管を通じた求頂的移行）および浸達性を有することから、圃場での残効性や耐雨性が期待できる。また、このような特性を有していることから、植物が生育盛期で繁茂した状況において薬剤が十分に届かない葉裏や散布直後に展開する新葉に対しても防除効果が期待できる。耐性菌マネジメントの観点からは、異なる作用機構を持つ殺菌剤とのローテーション防除の一環として予防的に使用されることが望ましい。

今後、フルオピラムのユニークな特性を活かし、効率的な病害防除により農作物の安定的な生産に貢献することのできる基幹剤となれるよう普及推進を図りたい。

#### 引用文献

- HADANO, H. (2012): New SDHI fungicides, The 2nd Korea-Japan Joint Symposium 2012 (Session 2).
- 波多野広幸 (2015): EBC 研究会ワークショップ, p.45～49.
- (2016): 第 33 回農薬生物活性研究会シンポジウム, p.17～20.
- LABOURDETTE, G. et al. (2010): 12th IUPAC International Congress of Pesticide Chemistry, Poster 528.
- LALÉVE, A. et al. (2011): 26th Fungal Genetics Conference, Poster 638.
- RIECK, H. (2010): 12th IUPAC International Congress of Pesticide Chemistry, p.174.
- 佐瀬政明 (2016): 第 26 回殺菌剤耐性菌シンポジウム, p.37～45.

オルフィン®フロアブルの登録内容 (2017年10月25日現在)

作物名	適用病害虫	希釈倍数	散布液量	使用時期	使用回数	使用方法
りんご	黒星病	4,000 倍	200~700 l/10 a	収穫 7 日前まで	本剤 3 回以内 フルオピラム 3 回以内	散布
	モニリア病					
なし	黒星病					
	黒斑病					
もも	黒星病					
ネクタリン	黒星病					
小粒核果類	灰星病					
おうとう	灰星病					
ぶどう	灰色かび病					
豆類 (種実, ただし, らっかせいを除く)	菌核病			2,000 倍		
	灰色かび病					
たまねぎ	小菌核病	2,000~ 3,000 倍	100~300 l/10 a	収穫 前日まで		
	灰色かび病					
	灰色腐敗病					
はくさい	白斑病					
	黒斑病					
キャベツ	菌核病					
レタス	灰色かび病					
リーフレタス	菌核病					
いちご	灰色かび病					
	うどんこ病					

# 元気いっぱい Oh おいしい!

## オルフィン® フロアブル

新規殺菌剤  
フルオピラム (SDHI) 含有。  
灰色かび病、菌核病、うどんこ病などの  
**重要病害**をしっかりと防除。  
安心して、高品質な作物づくりを。

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

バイエル クロップサイエンス株式会社

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

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

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

## 掲 載 規 程

### 1. 掲載記事の分野

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

### 2. 掲載記事の種別

本誌に掲載する記事はおおむね次の種別によります。

#### (1) 研究報告および総説

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

#### (2) 調査報告

調査を元にとりまとめ解説した研究報告に準ずる報告。(注2)

#### (3) 時事解説

行政の施策や世界動向等、関心度の高い時事テーマに関する解説。(注3)

#### (4) トピックス

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

#### (5) 新技術解説

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

#### (6) その他

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

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



- 注2) テーマは植物防疫に関連して幅広く掲載可能です。例えば海外の登録制度情報の収集・比較や文献調査などが該当します。図表を含め刷り上がり4頁程度を標準としますが、必要に応じて調整可能です。
- 注3) 植物防疫に関連した時事で、テーマは幅広く掲載可能です。例えば施策に基づいた事業・法令改正の解説が該当します。図表を含め刷り上がり4頁程度を標準としますが、必要に応じて調整可能です。
- 注4) 早急に知見を周知する必要がある病害虫の発生・薬剤耐性等の情報が該当します。多少のデータ不足・限られた地域の事例でも可です。図表を含め刷り上がり2~3頁程度を目安としますが、更に短いものでも可とします。新農薬紹介は、記事広告ではなく、新規に登録となった有効成分について、物理化学性・作用機構と特長・適用表など基本情報の提供を目的とした記事です。基本的に図表を含め刷り上がり2頁とします。但し、活用法等の研究成果については(1)研究報告および総説で受け付けます。
- 注5) 従来技術と比べた利点・活用法を明確に解説されていることが必要です。必要に応じて引用文献を付記して下さい。図表を含め刷り上がり4頁程度を標準としますが、必要に応じて調整可能です。一連の技術が多数ある場合は連載化も検討します。
- 注6) 基本的に事務局が企画・執筆する記事ですが、新刊図書紹介・行事案内については、他者からのご提案の掲載も検討します。基本的に刷り上がり1頁以内です。
- ※1頁の字数は400字詰め原稿用紙換算5枚：2000字が目安です。

### 3. 掲載の決定

- (1) 専門家による審査体制を設置し、本誌の目的にかなうテーマであるかどうか、科学的に適正な内容であるかどうか等について審査し、掲載の有無を決定します。
- (2) 審査の結果、内容の一部修正等をお願いすることがあります。

### 4. 執筆に当たっての留意事項

- (1) 外部からの支援あるいは他の機関との共同で実施された研究を紹介しようとする時は、その旨を明記するものとし、執筆者の責任で関係者の事前了解を得るものとします。
- (2) 本誌掲載記事の著作権は当協会に帰属するものとします。
- (3) 本誌掲載のほか、当協会ホームページで1頁目の見本提示、ダイジェストの作成・公開、PDF版への収録などに利用させていただきます。
- (4) 本誌掲載から2年を経過した時は、当協会ホームページ内の「植物防疫アーカイブ」に電子版として公開されます。
- (5) 詳細を定めた「執筆要領」が必要な方は、事務局にご請求下さい。

### 5. 投稿・連絡先

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

一般社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部 「植物防疫」編集担当

投稿はメールでの受け付けとなります。

学会だより

○第2回日本生物防除協議会シンポジウム  
 「生物農薬の未来を語ろう」  
 日時：2月27日（火）11:00～17:50  
 場所：東京大学伊藤国際学術研究センター伊藤謝恩ホール  
 東京都文京区本郷7-3-1  
 参加費：3,000円（講演要旨代）懇親会は別途5,000円  
 申込み：日本生物防除協議会ホームページ  
 E-mail：symposium@e-hokuto.co.jp  
 FAX：03-3643-6538  
 (基調講演)「昆虫病原菌のファイトバイオームにおける生態学とそれを考慮した防除法」小池正徳（帯広畜産大学）  
 (特別講演)「新しいIPM資材 青色LEDによる光殺虫効果」堀雅敏（東北大学）  
 (IPM事例報告)「長野県における生物農薬を活用したアブラナ科野菜の病害防除の取り組み」石山佳幸/「宮城県におけるIPMの現状と今後の展望」関根崇行/「性フェロモン剤によるカキ害虫防除の取り組み」澤村信生/「アカメガシワクダアザミウマの利用技術の開発」下元満喜/「天敵にとって不利な条件を我々の技術開発で克服できるのか？」柿元一樹/「宮崎県での総合的作物管理体系の普及状況～“宮崎方式ICM”の定着に向けて～」黒木修一  
 (声明発表)「日本の生物農薬の利用促進に関する声明」和田哲夫

○平成30年度日本植物病理学会大会  
 日時：平成30年3月25日（日）～3月27日（火）  
 会場：神戸国際会議場：  
 〒650-0046 神戸市中央区港島中町6-9-1  
 日程：3月25日（日）開会式，総会，新会長講演，平成30年度学会賞受賞者講演，平成30年度学術奨励賞受賞者講演，一般講演，情報交換会  
 3月26日（月）一般講演  
 3月27日（火）一般講演，閉会式

広告掲載会社一覧（掲載順）

BASF ジャパン(株) …… 農業総合  
 サンケイ化学(株) …… 主要品目  
 バイエルクロップサイエンス(株) …… 種子処理剤  
 バイエルクロップサイエンス(株) …… オルフィン  
 日本農薬(株) …… フェニックス  
 日本曹達(株) …… ピシロック  
 日産化学工業(株) …… スターマイト  
 石原バイオサイエンス(株) …… 生物農薬  
 アグロカネショウ(株) …… 土壌消毒剤・線虫防除剤

大会事務局：神戸大学大学院農学研究科  
 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1  
 E-mail：kansai@tiger.kobe-u.ac.jp

○第62回日本応用動物昆虫学会大会  
 日時：平成30年3月25日（日）～3月27日（火）  
 会場：3月25日：鹿児島 城山観光ホテル：  
 〒890-8586 鹿児島県鹿児島市新照院町41-1  
 3月26, 27日：鹿児島大学郡元キャンパス：  
 〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-24  
 日程：3月25日（日）会員総会，学会賞・奨励賞・論文賞授与式および受賞講演，公開シンポジウム「保全的生物的防除とIPMへの取り組み～土着天敵の実用的利用を考える」，懇親会  
 3月26日（月）一般講演，小集会  
 3月27日（火）一般講演，ポスター賞授賞式，小集会  
 大会事務局：鹿児島大学農学部害虫学研究室内  
 〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-24  
 TEL&FAX：099-285-8684（大会会期前日まで）  
 e-mail：2018odkkagoshima@gmail.com

次号予告

次号30年3月号の主な予定記事は次のとおりです。

特集：光と色を利用した害虫防除技術の新展開 「光と色を利用した害虫防除技術の新展開」の特集よせて 本多健一郎	色彩エッジによる粘着トラップの改良 八瀬順也
光防除技術開発の現状 霜田政美	光捕虫器の農業利用における課題と可能性 弘中満太郎
赤色光を利用した温室メロンで発生するミナミキイロアザミウマ防除技術 石川隆輔	アオドウガネ成虫を誘引するLED光源の最適波長の探索および誘引距離の推定 永山敦士
新型赤色系防虫ネットの各種微小害虫に対する防除効果 徳丸晋	植物防疫講座 病害編 イネ紋枯病 宮坂 篤
青色光を用いたチャノコカクモンハマキの防除技術 佐藤安志	植物防疫講座 虫害編 イネドロオイムシ 城所 隆
青色光照射による殺虫技術の開発 堀 雅敏	植物防疫講座 農薬編 ニコチン性アセチルコリン受容体競合的モジュレーター 安宅 雅
紫色LEDによる天敵カメムシの誘引技術 荻野拓海	新農薬の紹介：ピカルブトラゾクス 栗原頼人

植物防疫

第72巻 平成30年1月25日印刷  
 第2号 平成30年2月1日発行  
 (通算854号)

定価947円  
 本体877円

平成30年分購読料  
 前払10,800円，後払11,364円  
 (送料サービス，消費税込み)

発行所

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

平成30年  
 2月号  
 (毎月1回1日発行)

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

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

# チョウ目害虫防除に!

殺虫剤

# フェニックス®

®は登録商標



顆粒水和剤

68作物に登録。  
幅広く使えて、効きめが長く続く!

フロアブル

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



日本農薬株式会社

東京都中央区京橋1丁目19番8号  
ホームページアドレス <http://www.nichino.co.jp/>

- 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。
- 使用後の空容器・空袋等は園場などに放置せず、適切に処理してください。

# べと病、疫病、白さび病を ピシッとロック!

新発売

農林水産省登録 第23952号

殺菌剤

ピカルブトラゾクス水和剤

# ピシロック® フロアブル



🔒 新規有効成分ピカルブトラゾクス配合!(FRACコード U 17)

🔒 収穫前日まで使える!(はくさいは収穫3日前まで)

【登録作物】

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



HPはこちら



日本曹達株式会社

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



®は日本曹達(株)の登録商標

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

# 作用点まで しっかり届く!

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



## 殺ダニ成分「シエノピラフェン」配合

だから…

### ● 抵抗性ハダニにもきちんと効く

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

### ● 卵から成虫まで、 ハダニの全ステージにしっかり効く

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

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

 **日産化学工業株式会社**

商品に関する問い合わせは  
農業化学品事業部 **03-3296-8141**

〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3-7-1  
<http://www.nissan-agro.net/>

# ミヤコバンカー®

(セット販売製品愛称)

# スワルバンカー®

(セット販売製品愛称)



**天敵機能を最大限に発揮! 簡単で、環境にやさしく、低コストを実現**

バンカーシート®は農研機構・中央農研を中心とした農食事業(実用開発ステージ26070C)で実用化技術を確立。

ハダニ類に

アザミウマ、  
コナジラミなどに

## 石原の 生物農薬

アザミウマ類に

ハダニ類に



アカメガシワクダアザミウマ剤

**難防除のヒラズハナアザミウマ等の  
アザミウマ類に!!**



アカメガシワクダ  
アザミウマ成虫



チリカブリダニ剤

**高い捕食能力と増殖能力を  
持ち合わせています。**



チリカブリダニ



®は登録商標

ここから、ここ作物。



アグロカネショウの土壤消毒剤

絆  
**Ba N D**  
バサアミド ネマキック D-D

で土壤を守る。

線虫問題にケリをつける!!

土壤病害・雑草防除に!

土壤センチュウ防除に!



**ネマキック**  
粒剤



**バサアミド**  
微粒剤

**D-D**

アグロ カネショウ  
の  
**土壤分析**

化学性や生物性の土壤診断を行います。

土壤の  
養分分析

線虫や  
菌の密度

土壤分析の詳細や申込みについては▼

アグロ カネショウ土壤分析室 [0296-21-3108]まで



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

■製品のお問い合わせ

アグロカネショウ(株)お客様相談係  
**04-2944-1117**

