

植物防疫

Plant Protection

12
2022
VOL.76



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

病害虫防除の新たな切り札！

～それぞれの特長で効果的な防除を～

ハダニ類・コナジラミ類・
うどんこ病防除に！
有機JAS対応！

®はサンケイ化学(株)の登録商標

殺虫殺菌剤

サンクリスタル[®] 乳剤

有効成分：脂肪酸グリセリド …… 90.0%



コナジラミ類・アザミウマ類・
ハダニ類・ハモグリバエ類・
チョウ目害虫の防除に！

サンケイ

殺虫剤

ダブルシューターTM SE

有効成分：脂肪酸グリセリド …… 75.0%
スピノサド …… 5.0%

TM® コルテバ・アグリサイエンスならびにその関連会社商標



濡れ性・速乾性・
汚れ軽減で選ぶなら！

展着剤

ブレイクスルー[®]

BREAK THRU[®] ®はアルツケム社の登録商標

有効成分：
ポリオキシアルキレンオキシプロピルヘプタメチルトリシロキサン…80.0%
ポリオキシアルキレンプロペニルエーテル ……20.0%



サンケイ化学株式会社

本 社 鹿児島市南栄2丁目9番地 TEL (099) 268-7588
東京本社 東京都台東区上野7-6-11 TEL (03) 3845-7951
東京営業部 埼玉県深谷市幡羅町1-13-1 TEL (048) 551-2122



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



無処理 残葉率 0%



A剤 残葉率 20%



グレースシア乳剤 残葉率 90%

食害される前に駆除できる。[※]

野菜・
茶用
殺虫剤

グレースシア[®]乳剤



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

*1 作物によって適用害虫は異なります。詳しくはグレースシアホームページをご覧ください。

*2 効果は害虫の発生密度や天候、栽培環境等によって異なる場合があります。

※ グレースシア乳剤のハスモンヨトウ終齢幼虫に対する速効性試験 2018年日産化学生物科学研究所（社内試験）

【試験方法】虫体浸漬、処理1時間後飼入、20時間後撮影



お客様窓口

TEL.03-4463-8271
(9:00~17:30 土日祝日除く)

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



日産化学株式会社



ストレングス® 1キロ粒剤

イネ1葉期から使える。
直播も一発!



4葉期のノビエも、枯らす。
あなたの除草は、強くなる。

- 3成分で高い除草効果
- ノビエへの高い除草効果
(殺草効果・残効性)
- SU抵抗性雑草に対する
高い除草効果
(ホタルイ・コナギ・アゼナ類・ミズアオイ等)
- 匍匐性雑草への高い除草効果
(キシュウスズメノヒエ・エゾノサヤカグサ・アシカキ)
- 難防除雑草への高い除草効果
(クログワイ・オモダカ・コウキヤガラ・
アメリカセンダングサ等)
- 広い散布適期幅
(移植後5日～ノビエ4葉期)
- 速い殺草スピード
(クサネム・イボクサ・アメリカセンダングサ)
- 直播水稲にも使用可能
(イネ1葉期～ノビエ4葉期)

●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。
©ストレングスはバイエルグループの登録商標 TM コルテバ・アクリサイエンスならびにその関連会社商標



製品のより詳しい
情報はこちら!



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://cropsscience.bayer.jp/>

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

ハダニ防除に 新たな一手!

農林水産省登録 第24213号

特長

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



殺ダニ剤 アシノナピル水和剤

ダニオーテ®フロアブル

登録作物

かんきつ、りんご、なし
おうとう、小粒核果類
いちご、なす、すいか



●使用前にはラベルをよく読んでください。

●ラベルの記載以外には使用しないでください。

●小児の手の届く所には置かないでください。



日本曹達株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2番1号
☎(03) 3245-6178

HPはこちらから
ご覧いただけます



目 次

巻 頭 言

病害虫の“真の姿”を理解する喜び	岩崎 暁生	1
------------------------	-------	---

日植防シンポジウムから

我が国の植物防疫の在り方と展望	羽石 洋平	2
福岡県の水稲栽培における病害虫防除体系の考え方と今後の方向性	清水 信孝	9
群馬県の野菜・特産作物栽培における病害虫防除体系の考え方と今後の方向性	池田 健太郎	14
これからの病害虫防除体系において必要な視点	本多 健一郎	19
今後の農薬開発の方向性	河西 康弘	26

植物防疫講座

病害編-52 果樹類に発生する紋羽病（その2）	松本 直幸	31
農薬編-44 多作用点接触活性を有する殺菌剤	富田 啓文	42

研究室紹介

千葉県農林総合研究センター 暖地園芸研究所 生産環境研究室	久保 周子	54
-------------------------------------	-------	----

農林水産省プレスリリース（2022.10.14～2022.11.9）	41
新しく登録された農薬（2022.10.1～10.31）	55
登録が失効した農薬（2022.10.1～10.31）	18, 53
発生予察情報・特殊報（2022.10.1～10.31）	13

【表紙写真】

上段：2022年9月20日開催、シンポジウム「新しい時代に向けた病害虫防除体系を考える」の会場の様子

下段：白紋羽病の標徴（樹皮下に形成された扇型菌糸束）



農林水産省登録
第22801号

殺ダニ・殺虫剤

サフオイル[®]乳剤

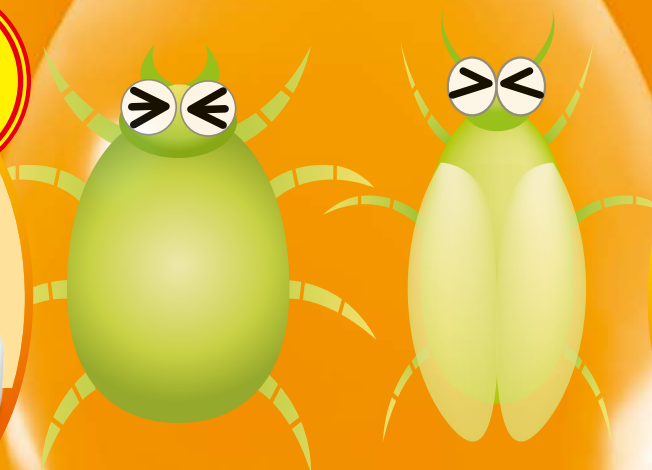
Suffoil

調合油乳剤 1ℓ、5ℓ入

一歩上の物理防除剤
残効性・殺卵効果もあるんです！

有機JAS
使用可能農薬

5ℓ
大型規格
発売中



天然物由来
紅花油・綿実油



サフオイル乳剤の特長

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

®はOATアグリオ(株)の登録商標



本製品は、国立研究開発法人理化学研究所の
研究成果が利用されています。



OAT アグリオ株式会社

<https://www.oat-agrio.co.jp/> 〒101-0052 東京都千代田区神田小川町1-3-1

コールセンター: ☎ 0120-210-928 (9:00~12:00, 13:00~17:00)
土・日・祝日をのぞく

巻頭言

病害虫の“真の姿”を理解する喜び

北海道立総合研究機構農業研究本部 北見農業試験場 いわ岩 さき崎 あけ暁 お生



“何十年に一度”と称される気象現象を経験することが常態化して久しくなります。気温の上昇傾向は疑いのないものとなり、30年程度のスパンでの比較においても、害虫の発生は早期化の傾向が見て取れるようになりました。また、古くから存在の知られていた病害虫がこれまでの認識からは考えられないような発生を見せ、なかには農作物に甚大な被害を及ぼす事例も散見されます。

近年の北日本では、北海道における小麦のなまぐさ黒穂病の多発生や、大発生したネギハモグリバエによるタマネギの甚大な被害が記憶に新しいところです。2010年代に突如問題化したこれら病害虫は、いずれも古くから知られていたものの、試験機関の病害虫担当者ですら実見の経験がないなど、長らく防除対象とはなり得ない存在でした。それだけに、多発を知ったときの関係者の驚きは大きなものでした。ネギハモグリバエについては、暖地でも、2016年ころから激しい加害が問題化しています。北海道での事例とは異なり、これは単なる多発生ではなく、従来通りの生態を示す個体群とは遺伝的に異なる系統の発生であることが明らかになりました。合成ピレスロイド系殺虫剤に対する抵抗性遺伝子を保持したネギアザミウマは、既に国内に広く発生が確認されていますが、2000年代初頭には、その発生は近畿以西に限られていました。私も、2006年の本誌記事の中で、関東以北ではピレスロイド剤に対する急激な感受性の低下は起きないだろうと考察してしまいました。しかしこの楽観論は、そのわずか3年後に、北海道内での同系剤の防除効果低下という形であえなく否定されます。北日本では他に、従来は分布の中心が西日本であったクモヘリカメムシが東北地方で分布を拡大している様子が確認されたり、北海道東部において、過去30年近く“幻の害虫”視されていたヒメダイコンバエが多発に転じたりしています。これら以外にも、規模の違いはあっても、予想もしなかった病害虫が発生様相を変化させる事例は少なくありません。

私が害虫研究に携わった北海道内で過去20年ほどの間に生じた害虫の異常発生、突発的大発生の事例を見ると、推察できた背景には、極端な高温経過や気温の上昇といった気象的な要因に加えて、地域外からの従来レベ

ルを上回る多飛来、意図せぬ人為的持ち込みによると思われる多様な個体群の移入といった原因があげられます。また、倉庫や戸棚等保管場所だけを発生場所と考えていたインゲンマメゾウムシが、実は屋外のインゲン畑で寄生を開始していたという、それまでの認識を覆す発見もありました。もちろん、いまだに原因解明の糸口をつかめていない現象も少なからず残されています。

病害虫防除の研究において、多発要因を含む発生生態の解明、多発した病害虫が従来認めていた個体群と同一の由来に基づくものであるのかといった検討は、対象とする病害虫の正しい姿を理解するうえで重要です。

たとえば、北日本への飛来が常識となっているコナガなど、だれもが認める“動的”な害虫だけでなく、多様な病害虫で、異質な個体群による“置き換わり”や“参入”が起きているようです。大陸からのヒメトビウンカの飛来や、ネギアザミウマにおける多様な遺伝子型の存在を目にすると、思いのほか動的なその実態を感じさせられます。生き物は入れ替わりを伴う、流れる川のような存在なのかもしれません。

目の前にいる病害虫がどのような存在で、どのような振る舞いをしているのかを理解し尽くすことは現実的には困難でしょう。しかし、病害虫に対する私たちの知識を、その真の姿に少しでも近づけることが、的確な防除対策を立案するうえでは重要です。インゲンマメゾウムシの例では、被害発生地における生活環を知ったことが、防除対策に「圃場での薬剤散布」という新たな展開をもたらしました。気候変動やその他の要因により、病害虫の発生様相に変化が見られる現在、その重要性はさらに増しているともいえます。

生産者の皆さんによりよい防除対策を提案することは、研究に携わる私たちに課せられた最大の使命です。これに加えて、どのような謎が隠されているのかを知り、これを解明する“謎解き”は、病害虫に迫る研究における最大の面白みの一つとも言えます。使命感と知識欲の達成、この二つを大きなモチベーションとし、病害虫防除の研究にあたっていける幸せを感じながら、日々の研究に取り組んでいきたいものです。

(北日本病害虫研究会 会長)

我が国の植物防疫の在り方と展望

農林水産省消費・安全局植物防疫課防疫対策室 はね羽 いし石 よう洋 へい平

はじめに

近年、温暖化等による気候変動、人やモノの国境を越えた移動の増加等に伴い、有害動植物¹の侵入・まん延リスクが高まっている。他方、化学農薬の低減等による環境負荷低減が国際的な課題となっていることに加え、国内では化学農薬に依存した防除により有害動植物の薬剤抵抗性が発達するなど、発生の予防を含めた総合防除の普及等を図っていくことが急務となっている。また、農林水産物・食品の輸出促進に伴う輸出検査ニーズの増大により植物防疫官の輸出検査業務が増加しており、迅速な検査対応が課題となっている。

このような植物防疫をめぐる状況の変化を踏まえ、有害動植物の国内外における発生の状況に対応して植物防疫を的確に実施するため、植物防疫法の一部を改正する法律案を第208回国会に提出し、2022年（令和4年）4月22日に成立、5月2日に公布された（植物防疫法の一部を改正する法律、令和4年法律第36号）。なお、同法の施行期日は、2023年（令和5年）4月1日と定められた。

本稿では、植物防疫法の一部改正の目的や背景、輸入検査・輸出検査・国内検査・国内防除の観点における改正内容、そして今後の植物防疫の展望について紹介したい。

I 植物防疫法の沿革

植物防疫法の前身は、1896年（明治29年）に制定された害虫駆除予防法および1914年（大正3年）に制定された輸出入植物取締法であり、後者はその後1948年（昭和23年）に輸出入植物検疫法に改正され、1950年（昭和25年）に両法を統合することにより植物防疫法が制定された。

植物防疫法はその後、幾度かの改正が行われた。1951

年（昭和26年）の第1次改正では指定有害動植物の定義の追加、発生予察事業の法制化、病虫害防除所の設置等が、1996年（平成8年）の第2次改正では、前年に発効したWTO協定に基づく新たな国際的枠組みの下で植物検疫制度の国際調和が求められたことから、植物検疫の対象とする有害動植物（検疫有害動植物）の定義の追加等が行われた。また、2004年（平成16年）には、三位一体の改革による病虫害防除所職員の人件費の一般財源化のため、第3次改正が行われた。

今回の第4次改正の内容は、2021年3月～2022年3月にかけて計5回開催された、有識者からなる「植物防疫の在り方に関する検討会」（農林水産省消費・安全局植物防疫課、2021；2022）での植物防疫の課題の点検結果等を踏まえたものであり、特に国内防除に関しては、第1次改正以来の大規模な改正となる。

II 植物防疫制度について

1 植物防疫制度の概要

病虫害の防除は、安定的な農業生産のために欠かせないものであり、農業経営の基本である。病虫害のまん延は深刻な農業被害をもたらす、世界の食料の2～4割が病虫害の被害により喪失しているとの推計もあり、食料の安定供給のためには植物を検疫し、病虫害の侵入・まん延を防ぐことが重要である。

このため、植物防疫法に基づき、農林水産省（植物防疫所）に植物防疫官を置くとともに、各都道府県に病虫害防除所を設置し、国際植物防疫条約に基づくWTO/SPS協定上の国際基準を踏まえつつ、①国内に存在しない、もしくは国内の一部に存在する病虫害の侵入・まん延防止を図るための輸入・国内検査、②国内に存在する病虫害の防除を図るための国内防除、および③輸出先国・地域の要求に応じた検査を行う輸出検査を実施して、農業生産の安全および助長を図っている。

The Ideal way of and Prospects for Plant Protection in Japan.

By Yohei HANEISHI

（キーワード：植物防疫法の一部改正、植物防疫制度、総合防除）

¹ 植物防疫法（昭和25年法律第151号）第2条第2項および第3項に定める「有害植物」および「有害動物」を指す。

2 植物防疫をめぐる状況の変化と課題

(1) 有害動植物の侵入リスクの高まり

人やモノの国際移動の増加、気候変動等により病害虫の発生地域が拡大し、世界各地で病害虫による被害の拡大が報告されている。日本においても、近隣諸国からの病害虫の飛来リスクが高まっており、ミカンコミバエを例に挙げると、従来は沖縄県を中心として飛来が確認されていたが、近年では鹿児島県島しょ域（奄美群島や大隅諸島）のほか、九州本土への飛来も多数確認されている（図-1）。

そのほかに、国内での新規確認事例としては、クビアカツヤカミキリ（2012年～）、ツマジロクサヨトウ（2019年～）、トマトキバガ（2021年～）等が挙げられる。

また、訪日外国人数の増加を背景とした輸入携行品として持ち込まれる禁止品の増加傾向、航空貨物や海上コンテナ貨物の低温輸送技術の発達等を背景とした種苗の

輸入の増加傾向に伴い、輸入検査において我が国に甚大な被害を及ぼす病害虫が発見される事例もある。さらに、植物以外の物資（木材こん包材、中古農機、海上コンテナ）を介した有害動植物の侵入・まん延リスクが国際的に指摘されている。

(2) 国内における病害虫のまん延リスクの増加

温暖化等の気候変動を背景として、国内における病害虫の分布域・発生地域の拡大、発生量の増加、発生時期の早期化および終息時期の遅延事例が報告されている（図-2）。また、化学合成農薬に依存した防除の結果、薬剤抵抗性を獲得した病害虫・雑草が顕在化し、防除が困難となる事例も発生している。

2020年に実施した病害虫防除所に対するアンケートにおいても、46都道府県から温暖化等の気候変動に伴い生産現場における病害虫の発生や被害等に変化が生じているとの回答があり、発生等に変化が認められた病害

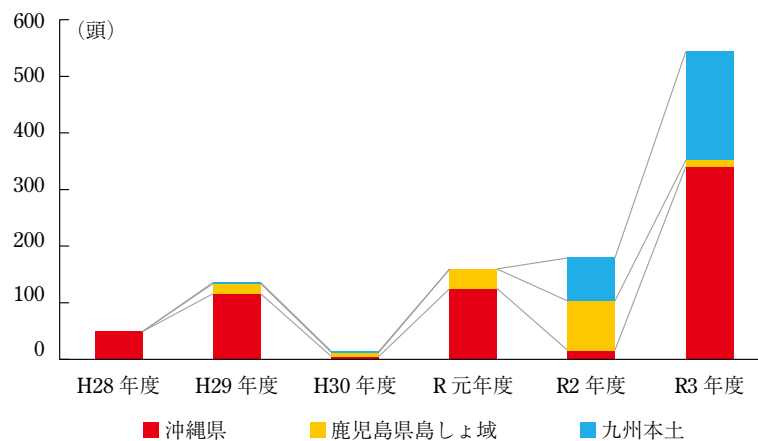
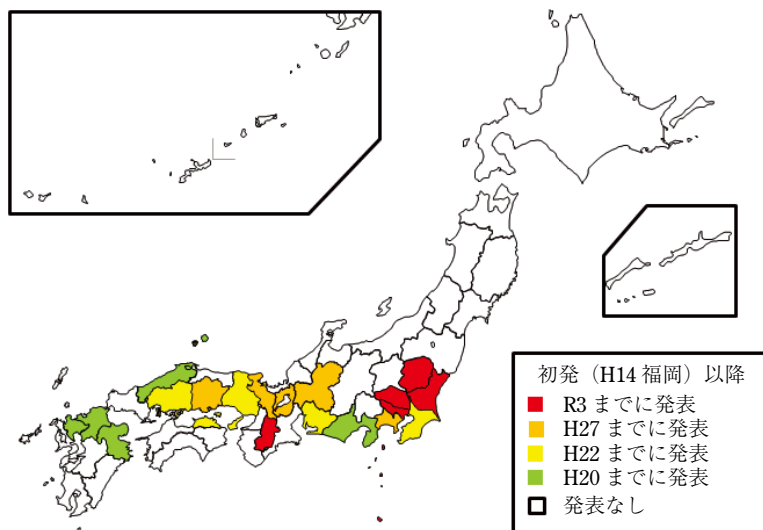


図-1 ミカンコミバエ誘殺数の推移（九州および沖縄）



（特殊報発表状況：令和4年8月1日現在）

図-2 病害虫の分布域・発生地域の拡大事例（ミナミアオカメムシ）

虫例としては、クモヘリカメムシ、果樹カメムシ類、オオタバコガ、トビイロウンカ、スクミリンゴガイ等が挙げられている。また、環境省が2020年12月に公表した気候変動影響評価報告書では、気候変動による農作物の生育、栽培適地の変化、病害虫・雑草の発生量や分布域の拡大等への影響が認められることや、防除対策の重要性等が示されている。さらに、2021年、FAO（国連食糧農業機関）およびIPPC（国際植物防疫条約）は、気候変動による植物の病害虫に与える影響を評価し、どのような対策を講じうるかについて報告書を作成・公表した。同報告書では、気候変動による病害虫リスクの高まりに対応した植物検疫措置の構築が急務となっており、将来的にその必要性がより増加すること、PRA（病害虫リスク分析）に基づく検疫措置の重要性、総合的な病害虫管理（総合防除）の構築の必要性等が示されている。

一方、国内の農業生産においては、農業従事者の減少、高齢化等の進行による適時・適切な防除作業への支障が生じているほか、担い手への農地集積の推進による法人経営体等の増加によりスマート技術を活用した省力・低コスト化が見られるものの、きめ細やかな防除や突発的な防除への対応ができなくなっている事例も報告されている。

（３） 関連する農林水産行政の動き

1) みどりの食料システム戦略およびみどりの食料システム法

我が国の食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現させるための新たな戦略として、2021年5月に「みどりの食料システム戦略」が策定され、2022年7月には当該戦略を実現するための法制度である「みどりの食料システム法（環境と調和のとれた食料システムの確立のための環境負荷低減事業活動の促進等に関する法律、令和4年法律第37号）」が施行された。この中で、化学農薬の使用量（リスク換算）について、2030年までに10%低減、2050年までに50%低減するとの目標が設定された。

2) 輸出促進

農林水産物・食品の輸出は年々増加しており、「農林水産物・食品の輸出拡大実行戦略」に基づき2030年までに5兆円という輸出額目標を達成するため、政府一丸となった取組みを進めている。迅速で利便性の高い輸出検査ニーズや輸出解禁協議の迅速化に対する対応が求められているほか、輸出国が警戒する病害虫が国内へ侵入・まん延した場合には日本からの輸出に影響するおそれがあることから、そのような病害虫に対する侵入警戒は重要である。

3) 農薬の再評価

改正農薬取締法（2018年12月1日施行）において、すべての農薬について、定期的に、最新の科学的知見に基づき安全性等の再評価を行う仕組みが導入され、国内での使用量が多い農薬から順次再評価が実施される。再評価の結果によっては、農薬の登録内容の変更や取り消し等の可能性がある。

III 植物防疫法の一部改正の内容について

1 輸入検疫

水際対策（輸入検疫の対象・権限）の強化のため、以下等の改正事項が措置された。

①入国旅客からの申し出がない場合であっても、必要に応じて質問や携帯品の検査を行えるよう、植物防疫官へ検査権限を付与した（輸出検疫でも同様に措置）。

②土等の付着リスクが高い中古農機等の物品について、国際基準を踏まえ、輸入検疫の対象とできるよう措置した（輸出検疫、国内検疫等でも同様に措置）。併せて、植物防疫官が行う立入検査の対象に土や農機具等の物品を追加した。

③国際基準と整合するように、検疫有害動植物の定義を植物防疫法およびその他の法律の規定に基づく駆除またはまん延防止のための措置が取られているものとするとともに、有害植物の定義に草を追加し、雑草を輸入検疫、国内検疫および国内防除の対象とできるよう措置した。

2 輸出検疫

国際基準を踏まえ、これまでは植物防疫官のみが行うことができる輸出検査（栽培地検査、PCR等の精密検査、消毒実施の確認、目視検査等）の一部を、農林水産大臣の登録を受けた者（一定の能力を有した第三者機関）が植物防疫官に代わり実施できるよう措置した。

なお、法改正による当該措置のほか、相手国が求める植物検疫上の要求事項を速やかに満たすための体制の構築（相手国が要求する国内における病害虫発生実態の把握のための調査体制整備、現場のニーズに対応した新たな検疫措置の確立等に向けた取組等）にも取り組んでいるところである。

3 国内検疫

植物防疫法に侵入調査事業を位置づけ、従来の予算事業による侵入警戒調査の実施に替えて、国の制度設計の下、全国斉一的に調査を実施できるよう措置するとともに、植物防疫法第32条第4項に定める病害虫防除所の事務に追加した。また、侵入調査事業を補完するため、農業者等が調査対象の侵入警戒有害動植物の国内への侵

入等のおそれを認めた場合の通報義務を規定した。

さらに、農林水産大臣が、緊急防除の対象となる有害動植物について、防除内容等に係る基準（緊急防除実施基準）をあらかじめ作成した場合は緊急防除を行う際の事前周知期間を短縮できるよう、緊急防除の迅速化を措置した（図-3）。加えて、従来は植物等の消毒等に限定されていた緊急措置命令の内容に、栽培規制、移動規制および物品、倉庫等の消毒等の措置を追加した。

4 国内防除

（1）総合防除を推進する仕組みの構築

温暖化等による病害虫の発生地域・発生量・発生時期の変化、病害虫の薬剤抵抗性・薬剤耐性の発達や「みどりの食料システム戦略」に対応するため、植物防疫法に総合防除を定義²し、化学農薬のみに依存しない、発生予防を中心とした総合防除を推進する仕組みを構築した。

なお、農林水産省では環境に対する国内外の関心の高まりを背景に、防除に伴う環境負荷を低減する観点から、2005年（平成17年）9月に「総合的病害虫・雑草管理（IPM）実践指針」を策定し、以降、交付金により都道府県での地域の実情に応じたIPM実践指標の策定等を支援してきたところである。今回の法改正に基づく「総合防除」と、これまで推進を図ってきた「総合的病

害虫・雑草管理（IPM）」について、病害虫防除に対する基本的な考え方自体が変わるものではなく、あくまでも植物防疫法に定義付けるにあたり「総合防除」の表現が適切とされたものである（梅川ら、2005；対馬、2014）³。

病害虫の被害の軽減を図りつつ、持続的な生産を確保するためには「予防、予察」に重点を置いた総合防除の推進が必要である。総合防除に必要な措置は、①病害虫が発生しにくい生産条件の整備（予防）、②防除要否およびタイミングの判断（判断）、および③多様な防除方法を活用した防除（防除）である（図-4）。

指定有害動植物の総合防除を推進する仕組みとして、農林水産大臣が基本的な指針（総合防除基本指針）を定め、都道府県知事が当該基本指針に即して、地域の実情に応じた総合防除の実施に関する計画（総合防除計画）を定めるものとされた。また、農林水産大臣は、総合防除基本指針に基づき、発生予察事業の対象とする指定有害動植物について国の発生予察事業を実施するものとし、都道府県は、農林水産大臣が都道府県の承諾を得て定める計画に従いその発生予察事業に協力しなければならない。さらに、改正植物防疫法においては、都道府県知事は、総合防除計画において、農業者が遵守すべき事項を定めることができる（図-5）。

なお、総合防除基本指針においては、指定有害動植物の総合防除の推進の意義および基本的な方向のほか、

①指定有害動植物の種類ごとの総合防除の内容（発生および増加の抑制、駆除およびまん延の防止のために利用可能な基本的な防除技術）に関する基本的な事項

②指定有害動植物のまん延を防止するために都道府県知事が総合防除計画で定めることのできる遵守事項に関する基本的な事項

③国の発生予察事業の対象とする指定有害動植物

④指定有害動植物が異常な水準で発生したときの防除措置に関する基本的な事項等を定めることとされた。

このような改正植物防疫法に基づく総合防除を推進する仕組みについて、さつまいも基腐病を例にすると、①持ち込まない対策（健全な種苗の利用、苗床での異常株の抜き取り・薬剤散布等）、②増やさない対策（輪作、抵抗性品種の利用、排水対策等）、および③残さない対策（残さの持ち出し・分解促進、土壌消毒等）による、予防に重点を置いた総合防除を推進・実施するとともに、基腐病のまん延防止のために、例えば、健全種苗（消毒

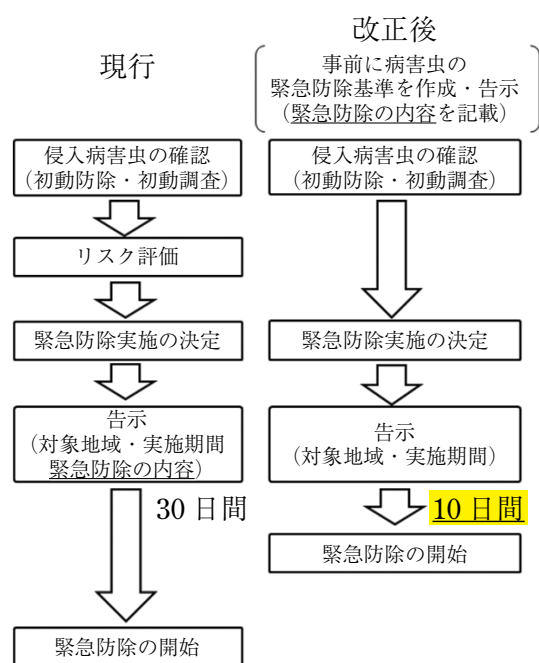


図-3 緊急防除の迅速化のイメージ

² 「総合防除」とは、有害動物または有害植物の防除のうち、その発生および増加の抑制並びにこれが発生した場合における駆除およびまん延の防止を適時で経済的なものにするために必要な措置を総合的に講じて行うものをいう（改正植物防疫法第22条第2項）。

³ したがって、STERN et al. (1959) による“Integrated Control”および深谷・桐谷 (1973) により和訳された“総合防除”のように、1種類の害虫防除に対する概念と同義ではないことに留意いただきたい。



図-4 総合防除に必要な措置

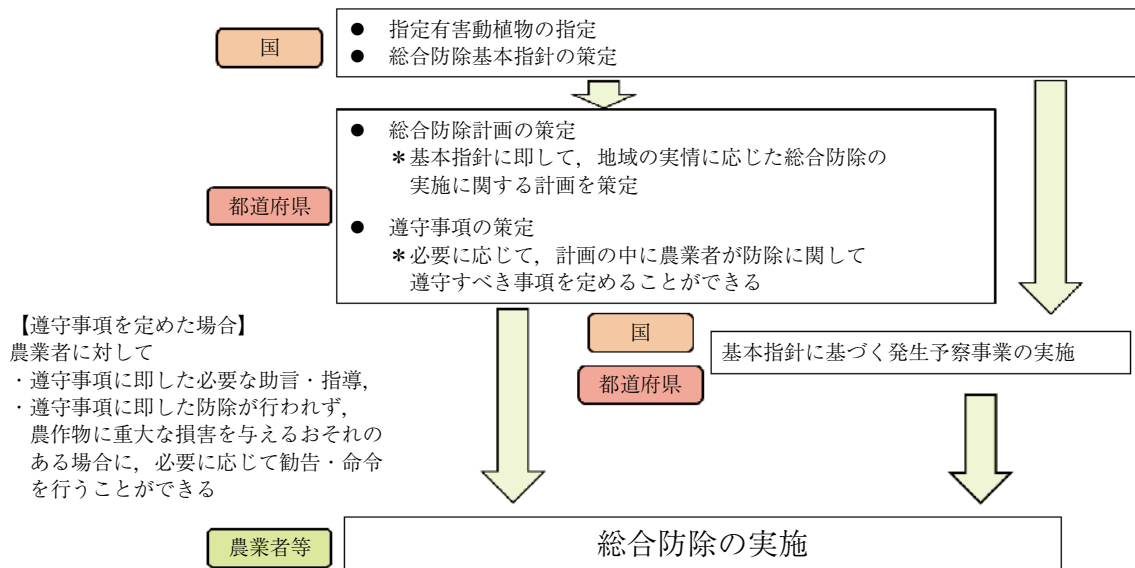


図-5 総合防除を推進する仕組み

が行われた苗や蒸熱処理が行われた種いも）の使用や、発生が確認された場合の感染株の除去や薬剤散布等について、農業者が取り組むべき事項として遵守事項に定め、より強力な防除指導を行うことが可能である。

（２） 指定有害動植物の見直し

植物防疫法に定める指定有害動植物について、今回の法改正により、その定義を「有害動物又は有害植物であって、国内における分布が局地的でなく、又は局地的ではなくなるおそれがあり、かつ、急激にまん延して農作物に重大な損害を与える傾向があるため、その防除につき特別の対策を要するものとして、農林水産大臣が指定するものをいう。」と改正し（下線部を追加）、同条文に基づき、総合防除を推進すべき指定有害動植物の見直しを行った。

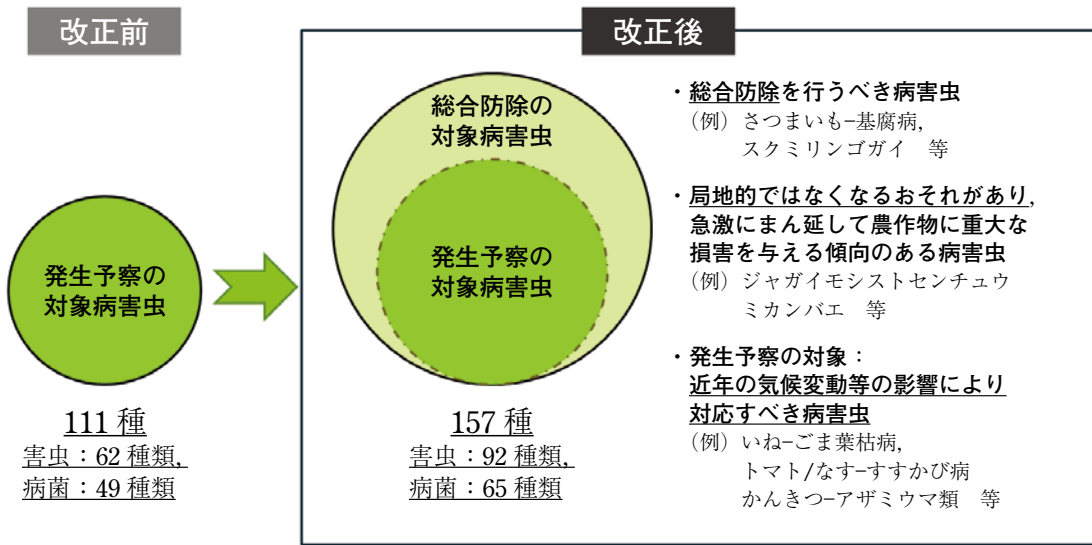
これまでは、指定有害動植物を国の発生予察事業の対

象として、作物と病害虫の組合せにより計111種（害虫：62種、病菌：49種）を指定していたが、今回の法改正に伴う見直しにより、総合防除を行うべき病害虫、国内における分布が局地的ではなくなるおそれがある病害虫のほか、近年の気候変動等の影響により国の発生予察事業の対象とすべき病害虫を追加し、計157種（害虫：92種、病菌：65種）へと大幅に拡充した（図-6）。

IV 今後の植物防疫の展望

1 発生予察事業のさらなる高度化に向けて

都道府県等が円滑な発生予察および適切な防除指導を行えるよう、AI、ICT等の活用や民間企業（営農管理ソフトのベンダー等）との連携強化を進めることにより、発生予察調査から情報発信までの流れの迅速化、発信する情報の精緻化等を図る必要がある（図-7）。このため、



【指定有害動植物数の推移】

年次	S26	S27	S40	S47	S55	H10	H12	H28	R5*
指定有害動植物数	—	11	25	27	41	42	42	111	157

*：R5. 4. 1 施行予定.

図-6 指定有害動植物の見直し

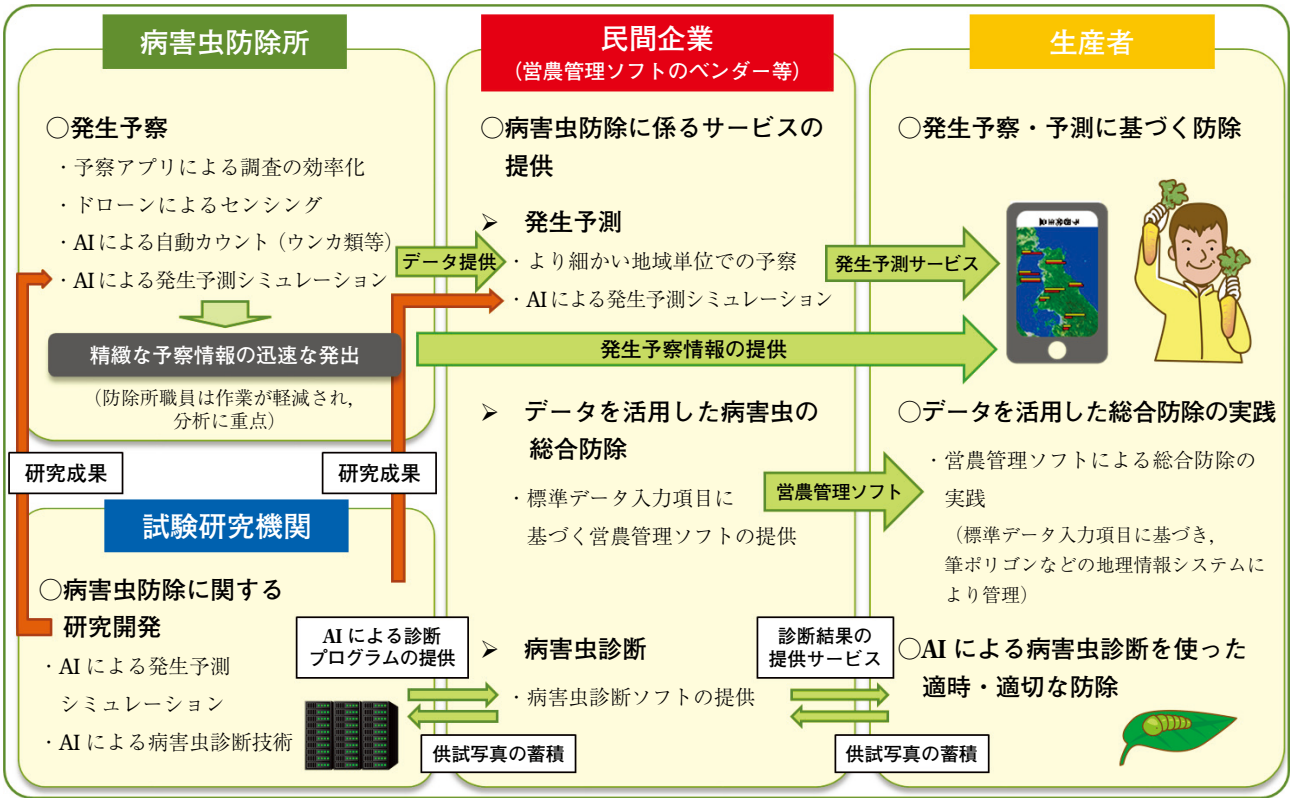


図-7 病害虫防除の目指す将来の姿

当課の委託事業である「食料安定生産に資する新たな病害虫危機管理対策・体制の構築事業」において、発生予察の高度化に取り組んでいる。

以下に、病害虫の発生状況の調査方法や発生予測の高度化に向けた取組みを紹介する。

①センシングを活用した発生量調査：ドローンで圃場の上空から写真を撮影し、得られた画像を AI で解析することにより病害虫の発生量を計測する技術の実証を行っている。

②自動カウントフェロモントラップ：フェロモントラップを撮影し画像解析することにより、リアルタイムに誘殺数を計測する技術の実証を行っている。なお、さらに進んだ取組みとして、粘着板をなくすことにより、トラップの回収作業の省略、害虫のカウントを自動化する技術の実証も行っている。

③害虫の発生時期予測シミュレーション：発生調査データと気象条件を元に、例えば害虫の世代ごとの発生時期を市町村といった細かな地域単位で予測し、防除適期や作物の生育と比較した防除の要否を地図上で表すような、より精密な発生予察情報の提供を目指している。

また、発生予察情報の迅速な伝達のために、発生予察情報を民間アプリや経営管理ソフト等と連携させ、プッシュ型の情報発信を可能とするツールを開発することで、今後、農業者にリアルタイムで直接発生予察情報が届くような体制の整備を目指している。

2 データを活用した総合防除の手法の確立・実践、民間企業との連携

総合防除の取組みの推進には、講じた対策の防除効果や、生産性に関するメリットを明らかにすることが重要であり、近年、筆ポリゴン等の地理情報や営農管理ソフトのさらなる活用が期待され、データを活用した病害虫管理のための環境が整いつつある（図-7）。このため、データを活用した総合防除の実践手法の確立のため、2021 年度に総合防除におけるデータの利活用の在り方について検討・整理を行い、農業者自らが、営農管理ソフト等を活用して総合防除の取組み内容を記録し、自身の取組みを検証（PDCA）するために必要なデータ項目を「標準データ項目」として整理し、筆ポリゴン等のデータを活用した総合防除の実践に向けた提言を取りまとめた。

さらに、農薬・農業機械メーカーや IT ベンダーと連携し、病害虫・雑草の種類を AI が写真から診断し識別

を補助する画像診断システムや、温度、湿度、CO₂等のモニタリングデータから病害感染リスクを AI により予測するシステム、ドローン等で撮影した画像から病害虫・雑草の発生個所を AI により検出し、農薬をスポット散布する技術、急傾斜地のドローンによる農薬散布技術等の開発・実装が進められている。

3 植物防疫制度の情報発信

植物防疫に係る措置の円滑な実施のためには、その必要性等について国民に十分に理解されることが重要である。このため、例えば植物検疫措置に関しては、主要な空港において、植物防疫官や検疫探知犬の重点的な配備、検査の強化のほか、広報活動の強化等を推進している。また、円滑な輸入検疫の実施のため、植物防疫所は全国で様々な広報物や媒体を活用して広報活動を実施しているところであり、今後も理解情勢の取組みを一層促進したい。

総合防除の推進に関しても、総合防除基本指針に即して、都道府県や農業者団体等と連携し、総合防除の必要性や総合防除を推進する仕組み等について農業者の理解の促進に努めるとともに、各地域での総合防除の実践を支援してまいりたい。

おわりに

今回の植物防疫法の大改正は、水際対応の強化、侵入病害虫の早期発見・早期防除、総合防除の推進および輸出検疫体制の整備に対応するものである。

特に、侵入調査事業や緊急防除の迅速化等による侵入病害虫の早期発見・早期防除、総合防除基本指針・総合防除計画に基づく総合防除の推進については、農業者等による侵入病害虫に係る通報、新たな防除体系の実証・確立、発生予察の高度化、総合防除を普及するための人材・指導者の育成等の取組みと連携して進めることとなる。そのためには、国、都道府県、研究機関、関係団体、農業者など植物防疫に携わる関係者の連携・協力が不可欠であることから、これまで以上に皆様のご協力をお願いしたい。

引用文献

- 1) 梅川 學ら (2005): 総合農業研究叢書 第 55 号。
- 2) 對馬誠也 (2014): 日植病報 80 特集号, 188~194。
- 3) 農林水産省消費・安全局植物防疫課 (2021, 2022): 植物防疫の在り方に関する検討会, <https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/arikata.html>

{ 日植防シンポジウムから }

福岡県の水稲栽培における病虫害防除体系の考え方と今後の方向性

福岡県農林業総合試験場 清 水 のぶ 信 たか 孝

はじめに

福岡県における水稲の作付面積は34,600 ha(令和3年, 農林水産統計)で, 水稲に麦類や大豆を組合せた二毛作水田輪作体系が広く行われている。福岡県は現在510万を超える人口を抱え, 九州最大のコメの消費県であると同時に生産県でもある。

福岡県内の水稲栽培では, 5月16日以降に移植する作型(普通期栽培)が主体である。主に栽培されている品種は極早生種の‘夢つくし’, 早生種の‘元気つくし’, 中生種の‘ヒノヒカリ’であり, これら3品種で全体の約90%を占める。このうち‘夢つくし’, ‘元気つくし’は福岡県が育成した良食味米であり, これら品種を中心にブランド化を図っている。

福岡県の水稲栽培で問題となる主な病虫害として, いもち病, 紋枯病, ウンカ類(主にトビイロウンカ), 斑点米カメムシ類(主にホソヘリカメムシなど大型のカメムシ類)があげられる。このうちトビイロウンカは海外飛来性害虫であるが, 本県は飛来源である中国大陆から地理的に近く, 年によっては多飛来して大きな問題となる。病虫害の防除対策は本県の水稲栽培において常に重要な課題となる。

本稿では, 福岡県の水稲栽培における防除指針(病虫害防除暦)の役割や重要性, 策定における重要な視点について解説するとともに, 今後の方向性について述べる。

I 福岡県における水稲の防除指針(病虫害防除暦)とその役割・重要性

福岡県では県内の主要な作型・品種に対応した水稲の病虫害防除指針を策定している。具体的には, 早期栽培の平坦地版および山間地版, 普通期栽培の夢つくし版, 元気つくし版, およびヒノヒカリ版の計五つである。この防除指針では県内で広く問題となる病虫害を対象とし

ており, 前述の病虫害に加え, 稲こうじ病, コブノメイガおよび育苗期の各種病害を防除対象に含めている。防除体系は種子消毒, 育苗箱施用処理と本田防除から成り, 対象病虫害を防除するために必ず実施する基本防除(基幹防除)と, 対象病虫害の発生に応じて適宜実施する補正防除(補完防除)で構成されている。このうち育苗箱施用処理は移植前の育苗箱に薬剤(主に粒剤)を処理する防除方法で, 処理が省力的であることに加え, 移植後一定期間の防除効果が期待できることから, 水稲栽培において欠かせない主要な防除技術である。この病虫害防除指針は県内の各地域における病虫害防除暦作成の基礎資料として活用されている(図-1)。

JA組織を単位とする各地域では, 育苗管理や水管理, 施肥・土づくり等を網羅的に記載した「稲作ごよみ」を作成している(図-2)。この「稲作ごよみ」に従って栽培すれば誰もが一定水準以上の水稲を生産できるように作成されており, 地域の水稲生産者にとって欠かせない資料となっている。病虫害防除暦は「稲作ごよみ」の1項目として構成されており, 県が作成する病虫害防除指針を基に, 地域内で問題となる病虫害の防除対策が加味された内容となっている。防除体系は農薬散布(化学防除)が主体となっており, 農薬の処理時期, 対象病虫害, 農薬名, 処理量(濃度)等の具体的な情報が記載されている。処理時期(対象病虫害)ごとに1~数種の農薬が設定され, 生産者はこれらの中から農薬を選択して使用する。この病虫害防除暦は地域の指導機関(JA, 普及指導センター等)が中心となって作成され, 過去の病虫害発生状況や農薬の防除効果等を勘案して, 毎年改訂されたものが作付け前に生産者へ提供される。加えて, 病虫害防除所や地域の指導機関からその年の病虫害発生状況(飛来状況)や気象概況(予報)等を根拠とした技術情報が作付け期間中に随時提供される。なかでも病虫害防除所が提供するトビイロウンカの発生予想パターンは本県の最重要害虫である本種の防除時期を決定する重要な情報となっている。生産者は病虫害防除暦を基本とし, これら技術情報を加味して実際の防除を計画, 実施

Concept and Future Direction of Pest Control System in Paddy Rice Cultivation in Fukuoka Prefecture. By Nobutaka SHIMIZU
(キーワード: 福岡県, 水稲, 病虫害, 防除体系)

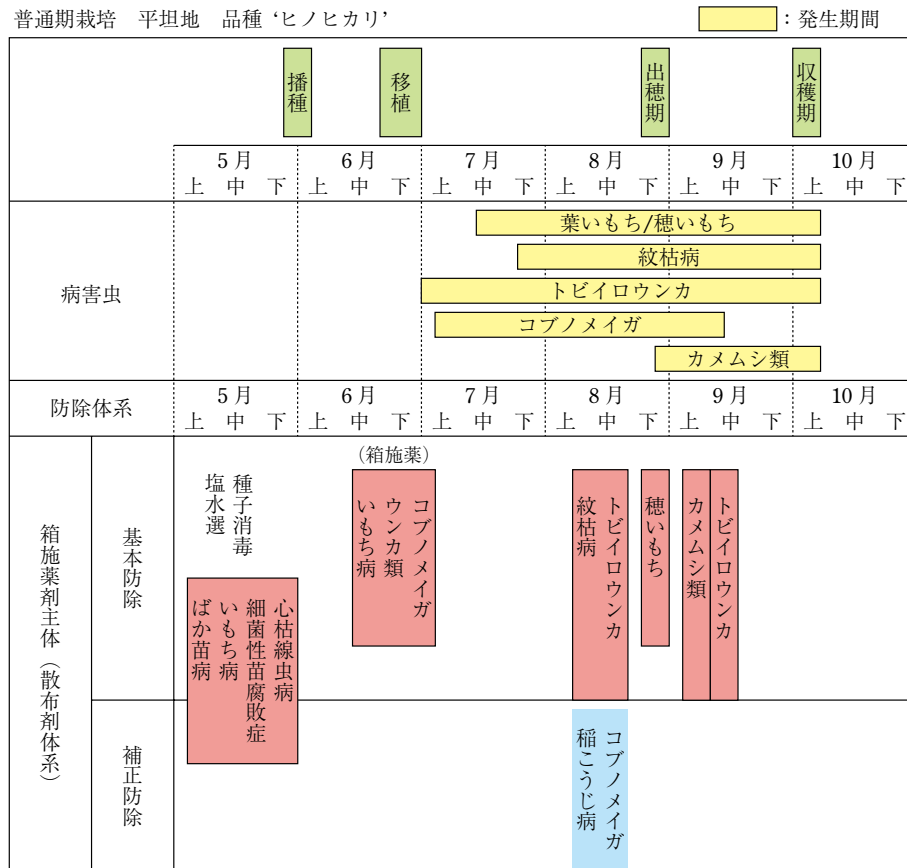


図-1 水稲の病害虫防除指針の一例（普通期栽培・ヒノヒカリ版）

している。

このように、水稲の病害虫防除暦はその地域で問題となる病害虫を適切に防除できるように防除時期や手段、農薬の種類等を考慮して作られており、地域に根差した重要なツールとなっている。また、水稲栽培では病害虫防除に対する豊富な知識や経験を有していない兼業農家や副業的農家も多く、これら生産者にとっては防除技術を補完するツールとして活用されている。さらに、水稲栽培では地域で共同防除や一斉防除が行われることも多く、その際における共通の基準としての役割も果たしている。

II 水稲の防除指針（病害虫防除暦）策定における重要な視点

1 効率的・効果的な防除が行えるか

その地域で問題となる病害虫の発生をいかに効率的かつ効果的に防除できるかが、病害虫防除暦を作成するうえで最も重要となる。この防除体系を構築する農薬の選定において、対象とする病害虫に高い防除効果が得られることは当然であるが、防除効果だけでなくコスト（農薬費）や使い勝手も考慮に入れ、総合的に判断される。

育苗箱施用剤は本田初期から中期に発生する病害虫を長期間抑制することを目的とした薬剤で、剤の種類により1～複数の有効成分が含有されている。本県の普通期栽培ではいもち病、紋枯病、ウンカ類、コブノメイガが主な対象病害虫となるが、地域によってこれら病害虫の発生状況は異なる。このため、地域の発生状況や重要度に応じて最適な薬剤を選択する必要がある。また、防除効果の持続期間（残効）の評価も重要となる。防除効果の持続期間が短いと本田防除が必要となる時期が早まり、防除回数も増える可能性が生じるため、防除効果の持続期間が長い薬剤の選択が望まれる。

本田防除の時期は主に収穫期から穂揃期の前後に設定されるが、対象病害虫によって防除の適期は異なる。それぞれの適期に合わせて防除を行うのが理想ではあるが、数十ha規模の水田を栽培するような専業農家にとって、また水稲栽培の多数を占める兼業農家・副業的農家にとって、それぞれ事情は異なるが対象病害ごとに防除を実施するのはいずれにとっても難しい状況にある。そこで同時防除によって防除回数を減らし、効率的に防除作業を実施できるようにすることが求められる。実際には収穫期前後の主はいもち病を対象とした防除と、穂

15日頃等)やイネの生育ステージ(例えば出穂期2週間~10日前,穂揃期7~10日後等)が用いられ,誰もが判断しやすいように工夫されている。農薬に関しては使用基準が遵守されるよう,使用時期(収穫前日数など)や使用量(濃度),使用回数といった情報が可能な限り詳細に記載されている。水稲では複数の有効成分が含有される混合剤が使用されることも多く,特に混合剤の掲載にあたっては各有効成分の総使用回数が超過しないよう細心の注意が払われている。

III 新しい病害虫防除体系への展望

1 化学農薬中心の防除体系から IPM 技術を組み合わせた総合防除体系へ

2021年に食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立を実現させることを目的とした「みどりの食料システム戦略」が策定され,2050年までに目指す姿の一つとして化学農薬の使用量低減(リスク換算で50%)が示された。また,植物防疫法を一部改正する法律が2022年5月に公布され,化学農薬のみに依存しない総合防除を推進する仕組みを構築するために,都道府県が地域の実情に応じた総合防除の実施計画を定めることが示された。このような背景から,総合防除体系の策定が今後求められる。

現在,福岡県では水稲など19作物において化学農薬に依存しない病害虫防除技術として生産現場で利用可能な事項(例えば,種子の温湯消毒,畦畔雑草管理等)をリストアップした「IPM実践指標」を策定し,ホームページ上で公開している。しかし,水稲ではこれら個別技術を体系的に組み合わせた病害虫防除指針は策定されていない。一方,本県では促成栽培イチゴなどいくつかの野菜作物でIPM技術を組み合わせた総合防除体系を策定し,生産現場で広く利用されている。水稲でもこれまで以上にIPM技術の積極的な利用推進を図るため,IPM技術を組み合わせた総合防除体系を提示する必要があると考える。ただし,水稲では既存のIPM技術の多くが化学農薬の効果を補完するものであることから,IPM技術を組み合わせた総合防除体系の実践だけでは化学農薬の使用量を大幅に削減するのは難しいと思われる。IPM技術の組み合わせに加えて精度の高い発生予察情報を提供することで,効率的・効果的な防除が実施され,防除回数が増えないように誘導していくことが重要だと考える。

また,いもち病やトビイロウンカのような年によって多発して甚大な問題となる病害虫の防除対策として,これら病害虫に抵抗性を有する水稲品種を導入することが

できれば化学農薬使用量の大幅な低減に貢献できると考えられる。ただし,単にこれら病害虫に抵抗性を有するだけでは生産現場に広く普及させるのは難しい状況にある。近年,消費者から「美味しい」といった特徴のあるコメが求められており,全国的にブランド米競争が激化している。そこで,このような特徴を有しつつ,加えて病害虫に抵抗性を示す水稲品種の育成が望まれる。

2 有効な農薬を長く利用していくために(薬剤耐性・抵抗性管理)

総合防除体系を構築するうえでは化学農薬も有効に利用していく必要があり,同時に既存農薬を長く利用していくための対策(薬剤耐性・抵抗性管理)も重要となる。

以前,福岡県内でいもち病の防除薬剤として卓効を示すQoI剤が広く利用されていた。ところが2012年,本病が県内各地で多発して問題となった。そこで県内各地から採集した罹病イネから分離した菌株について薬剤感受性検定を実施したところ,QoI剤耐性いもち病菌が広域で確認された(石井,2015)。地域別に見ると,その多くはQoI剤を含有する育苗箱施用剤が複数年に渡って病害虫防除暦に掲載された実績のある地域であり,病害虫防除暦に従ってQoI剤が連年使用されたことで耐性菌の発生を助長した可能性が推察された。このように有効な農薬が耐性・抵抗性の発達によって利用できなくなることを防ぐよう,薬剤耐性・抵抗性が発達しにくいような防除体系を構築し,生産者に提示していく必要がある。具体的には,病害虫防除暦で薬剤ローテーションを誘導することが求められるが,水稲における年間の農薬使用回数(成分数)は果樹や長期採り作型の野菜作物のように多くはなく,1年間の防除体系の中で薬剤ローテーションを構築するのは困難である。そこで,水稲栽培では年ごとに異なる系統の農薬を病害虫防除暦に採用し,複数年を通して薬剤ローテーションが実施されるよう構築していくことが重要であると考えられる。

併せて,薬剤感受性の継続的なモニタリングも重要となる。主要な病害虫や防除効果の低下が懸念される病害虫について薬剤感受性検定を継続的に実施し,防除体系に反映していくことが有効な薬剤を長く利用していくために必要である。この検定業務を担うのは主に県の病害虫防除所の職員であるが,人員不足により継続的な実施体制を維持するのが難しい状況にあり,大きな課題となっている。この状況は他の都道府県でも同様ではないかと思われる。薬剤感受性検定に関する情報を全国で共有,活用できるような体制の充実化が図られることが望まれる。

3 海外飛来性害虫の防除対策（飛来源における薬剤感受性の動向把握）

トビイロウンカなど海外飛来性害虫の薬剤感受性は飛来源（中国やベトナム）における農薬使用実績に依存する。飛来源で薬剤抵抗性を獲得した個体群が日本国内へ飛来してくることから、日本国内では海外飛来性害虫の薬剤抵抗性を管理することができず、薬剤抵抗性を獲得した海外飛来性害虫の防除対策は大きな課題である。近年では2013年に福岡県内で使用頻度が高い薬剤に感受性の低下したトビイロウンカが飛来して、防除効果に大きな影響を及ぼした（清水, 2015）。この対策として、県内に飛来したトビイロウンカの薬剤感受性を定期的に調査しているが、この調査結果が得られるのは水田で本種の防除が行われる時期よりも後になってしまうことから、調査結果が次年度以降の防除対策にしか活用できず、当年の防除対策に活かすことができない。これら海外飛来性害虫の薬剤感受性の動向を日本国内へ飛来する前に把握できれば、当年の防除対策に活用することが可能となり、被害発生リスクや薬剤散布量の低減に大きく貢献すると思われる。このためには飛来源の国々との協力が必要であり、国レベルでの対応が求められる。

4 精度の高い発生予察情報の提供と防除体系への活用

現在、多くの研究機関や企業等ではAIなど先端技術を活用した病虫害発生予察技術とその活用法について研

究・開発が進められている。これら技術が将来的に実用化されれば、より高精度な発生予察情報やそれに基づいた病虫害防除体系の提供が可能になると期待される。さらにその情報や防除体系が、例えば生産者や圃場ごとといった小規模な単位で、その年の病虫害発生予測や農薬感受性の動向、圃場における過去の病虫害発生状況や農薬使用履歴等のデータを根拠としながら、パソコンやスマートフォンといった媒体を通して生産者へリアルタイムに情報提供される、そんな日が来ることも遠い未来のことではないかもしれない。

おわりに

これまで県で作成されてきた病虫害防除指針は各地域で作成される防除暦を介して、本県水稲の生産安定や品質向上、水稲生産者の収益向上に大きく貢献してきた。この先、農業を取り巻く環境の変化や病虫害防除技術、発生予察技術等の進歩により、防除指針の考え方や活用手段、活用方法も変わっていくかもしれない。しかしながら、防除指針の果たす役割や重要性はこれまでと変わることなく、水稲生産者にとって欠かすことのできない存在であり続けるであろう。

引用文献

- 1) 石井貴明 (2015): 植物防疫 69: 549~553.
- 2) 清水信孝 (2015): 福岡農林試研報 1: 1~3.

発生予察情報・特殊報 (2022.10.1~10.31)

各都道府県から発表された病虫害発生予察情報のうち、特殊報のみ紹介。発生作物：発生病虫害（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虫害。

※詳しくは各県病虫害防除所のホームページまたは JPP-NET (<http://web1.jppn.ne.jp/>) でご確認ください。

- ブロコリー：トビイロシワアリ（岐阜県：初）10/3
- トルコギキョウ：トルコギキョウ斑点病（青森県：初）10/5
- トマト、ナス、ピーマン：クロテンコナカイガラムシ（滋賀県：初）10/11
- ナス：タバコノミハムシ（石川県：初）10/5
- キュウリ：クロテンコナカイガラムシ（宮崎県：初）10/19

- メボウ（バジル）：メボウキ（バジル）べと病（京都府：初）10/19
- カンキツ：トビイロシワアリ（長崎県：初）10/19
- キク：クロゲハナアザミウマ（岩手県：初）10/26
- アズキ：アズキさび病（千葉県：初）10/26
- カンショ：サツマイモ基腐病（大阪府：初）10/27
- ナス：タバコノミハムシ（埼玉県：初）10/21

群馬県の野菜・特産作物栽培における 病虫害防除体系の考え方と今後の方向性

群馬県農業技術センター いけ 池 だ 田 けん 健 た 太 ろう 郎

はじめに

野菜・特産作物は品種や作型が多く、また新しい品種の育成や作型の変遷も進むスピードが速い。加えて、発生する病虫害の種類も品種や作型によっては、大きく変化することもある。また、栽培期間も多種多様であり、下仁田ネギのように長い作物では1年を超えるものから、短い作物では1か月程度のものもある。そのため、水稻や果樹等のように、防除暦や防除体系が一つに決められているものはほとんどない。一方で、防除暦はともかく、防除体系を病虫害対策に向けた“戦略”と考えた場合、野菜や特産作物だからといって必要はないはずがない。SDGs（Sustainable Development Goals：持続可能な開発目標）に代表される持続的な農業の展開、現状では困難を極める新しい農薬の開発やスマート農業に関する技術革新等、生産者の病虫害防除をとりまく環境は大きく変化している。ここではこれまでの群馬県における病虫害防除指導を紹介し、今後どのような視点を持って防除体系の構築を考えていけばよいのか、提言したい。

I これまでの病虫害防除指導

1 防除指針

群馬県の病虫害防除指導の中核を担ってきたのは「農作物病虫害・雑草防除指針」（以下防除指針）である。防除指針は品目ごとに使用を推薦する農薬の一覧と、重要な病虫害の特徴、品目共通の病虫害の発生生態や防除技術が解説されるページで構成されている。毎年、県庁の編集担当者が普及指導員、試験場の研究員、専門技術員、農薬の卸売り関係者を参集して防除指針の編集会議を開催している。そこでは、生産現場での農薬の使用状況や流通等から、どの薬剤を防除指針に掲載するのか、または新たに解説が必要な病虫害種や、新たな防除技術等の掲載の可否を検討している。このように防除指針は、基本的な防除技術を踏まえたうえで、群馬県の農業事情に合わせて作成されている。

2 マニュアル・技術集

一方で、特別な防除方法が必要な技術については、技術集やマニュアルを作成して、防除指針を補完している（表-1）。これまで作成したマニュアルなどでは、IPM

表-1 群馬県が作成した防除技術集およびマニュアル

年・月	技術集・マニュアルタイトル	作成元・研究予算など
平成 21 年 2 月	土壌還元消毒法	群馬県農政部
平成 21 年 3 月	総合的病虫害・雑草管理	群馬県農政部
平成 23 年 3 月	IPM 実践技術 ー施設イチゴー	群馬県農政部
平成 23 年 3 月	IPM 実践技術 ー施設ナスー	群馬県農政部
平成 26 年 3 月	施設ナスの IPM 技術	群馬県農政部
平成 27 年 3 月	施設キュウリの IPM 技術	群馬県農政部
平成 28 年 3 月	キャベツパーティシリウム萎凋病の診断・対策支援マニュアル	農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業
平成 30 年 3 月	露地ナスの IPM 技術集	群馬県農政部
令和 2 年 1 月	ネギネクロバネキノコバエ防除のための手引き	安全な農林水産物安定供給のための レギュラトリーサイエンス研究委託事業

Nes Aspects of Pest Control System for Vegetables and Specialties
Crops in Gunma Prefecture. By Kentaro IKEDA
(キーワード：防除指針，防除体系，農薬，データ活用)

(Integrated Pest Management: 総合的病虫害・雑草管理)、特に天敵の導入に関するものが多い。天敵を導入する際には、天敵放飼前の害虫密度を極力ゼロに近付けるために防除を徹底すること(ゼロ放飼)や放飼のタイミング、天敵に影響の少ない薬剤の選択等、注意すべき点が非常に多い。このような防除技術について、正確な指導を期するために、防除指針とは別にマニュアルや技術集を作成してきた。その他、キャベツバーティシリウム萎凋病やネギネクロバネキノコバエ等の重要病害虫について、その防除対策の確立のため競争的資金を獲得し、成果を上げた研究については、成果物としてマニュアル・技術集を作成した。このように群馬県では、防除指針を病虫害防除指導の核としながら、個別の技術については技術集・マニュアルを作成して対応してきた。

II 今後の重要な視点と提言

前述したようなこれまでの防除指針を核とした病虫害防除体系から、これからの病虫害防除体系の方向性を考えるうえで、重要な視点を二つ挙げたい。

一つ目は、将来的に新たな農薬や防除技術はこれまでと同じようなペースで上梓され、開発されることは困難になってきているという点である(図-1)。農薬に求められる安全性は過去とは比べ物にならないくらい高いハードルとなっており、そのことが農薬の研究開発費や年数の増加に拍車をかけている。また、防除技術の開発主体である地方公設試では、職員数の減少や技術継承の困難さ、短いスパンでの異動などによって、長い期間がかかる防除技術開発に担当者が落ち着いて取り組める状況ではなくなっている。

一方では、一昔前と比較して、病虫害に限らず農作物の栽培に関するデータなどが格段に利用しやすくなった。例えば、無人航空機(以下ドローン)による空撮は、

航空法やその他の法律に準拠する限り、特別な資格を有することなく、生産者や指導者のレベルでも可能になった。また、現在非常に多くの経営管理アプリが利用でき、栽培履歴や耕種概要等のデータを残すことも容易である。加えて、GPSによる位置情報もスマートフォンの普及によって、生活になくてはならないものになっている。

このような状況から、新しい農薬・防除技術に期待しながらも、今ある農薬や技術を適切に、できるだけ長く使うことが今後の防除体系を考えるうえで、重要な視点となるだろう。そして、現状で活用できるようになった栽培や病害虫に関するデータを活用しながら、農薬や防除技術を効果的、体系的に展開する必要があると考えられる。

III データを活用した防除技術の体系的な展開

防除技術を体系的に展開する際に活用できるデータとして、ここでは筆ポリゴンを紹介したい。筆ポリゴンとは、「農林水産省統計部が標本調査として実施する耕地面積調査等の母集団情報として整備したものを基とするデータ」であり、農林水産省のホームページよりダウンロードが可能である(図-2)。例えば、ある産地の作物に特定の病害虫が発生した際に、対象となる病害虫の発生量調査を行い、紙ベースの地図に記入したこともある読者も多いのではないだろうか。これに対し、筆ポリゴンでは一つ一つの圃場(筆)を表すポリゴンにGIS(Geographic Information System: 地理情報システム)上で、圃場ごとの病害虫発生情報を格納していくことができる。

本県の西部地域にある松義台地では、コンニャクの栽培が盛んであるが、根腐病の発生が問題となっていた(柴田, 2011)。現在、群馬県西部農業事務所を中心に、松義台地の全圃場の調査を行い、その結果を筆ポリゴンに保存、活用している。筆ポリゴンの各圃場には、年ご



図-1 農薬登録された新規有効成分数の年次推移(農薬概説2021を改変)



図-2 農林水産省の筆ポリゴンのダウンロードページ

との栽培品目、コンニャクであれば根腐病などの発病程度が記録されている。このように多くの圃場で蓄積された栽培データ解析することで、コンニャクの連作や野菜類との輪作がコンニャク根腐病の発病にどのような影響を及ぼすのか知ることができる（池田ら，2020）。

Ⅳ データを活用した防除技術の体系的な展開

栽培や病虫害に関するデータを活用して、農薬や防除技術を効果的、体系的に展開するために考えられる課題と方向性として、以下の三つを上げたいと思う。

1 データの蓄積・活用

最近では、様々な情報を記録、活用できる経営管理アプリが数多く利用できる。このようなアプリを活用して農薬散布をはじめとした通常の栽培履歴、病虫害の発生状況を記録して、将来的に適切な防除技術を選択する情報としたい。しかし、一方でこのような栽培や病虫害の発生に関するデータを、どのように防除対策に結び付けるかが課題ともなっている。ここでは、このような栽培履歴や病虫害の発生状況に関するデータから、次作の発病を予測し、防除対策の選択を支援してくれる AI（人工知能）アプリ「HeSo+」を紹介したい（図-3）。「HeSo+」は農林水産省「農林水産研究推進事業委託プロジェクト研究（AI を活用した土壌病害診断技術の開発）」によって開発されたアプリであり、アブラナ科根こぶ病やネギ黒腐菌核病、パーティシリウム病等 10 種の重要な土壌

病害に対応している。「HeSo+」はヘソディム（土壌の健康診断に基づく病害管理）という土壌病害管理の考え方に基づいて作られており、圃場を診断することで発病ポテンシャルを評価し、適切な防除方法の選択を支援するものである（Tsushima and Yoshida, 2012）。このことによって、不必要な土壌くん蒸や薬剤の使用を回避し、より経済的かつ持続的な土壌病害管理を目指している。このように「HeSo+」は蓄積されたデータを活用して、効果的、体系的に防除技術を展開することを具現化したアプリである。

2 効果の高い防除技術の開発

一方で、データの蓄積・活用によって適切な防除技術を展開するとしても、その防除技術のオプションが少なければ、それも難しい。新しい農薬の開発が以前のように進まなくなっている現状は前述した。しかし、対象となる病虫害の発生生態を正確につかみ、効果的な施用をすることで、すでにある農薬でも高い防除価を示す例もある。ネギ黒腐菌核病は土壌伝染性のネギの難防除病害であったが、ピラジフルミド水和剤のセルトレイ灌注処理は極めて高い防除効果を示す（西村・山下，2020；池田ら，2022）。これは、ネギ黒腐菌核病菌の感染時期を正確に把握し、そのタイミングの根圏をしっかりと守るという施用によって、得られた結果である。このように、すでに上梓されている農薬であっても、施用方法やタイミングによって画期的な効果を示すこともあるため、防



図-3 HeSoDiM-AI 普及推進協議会が提供する土壌病害を AI で診断、予測する Web アプリ「HeSo+ (ヘソプラス)」

※スマートフォン画面上のイメージ。

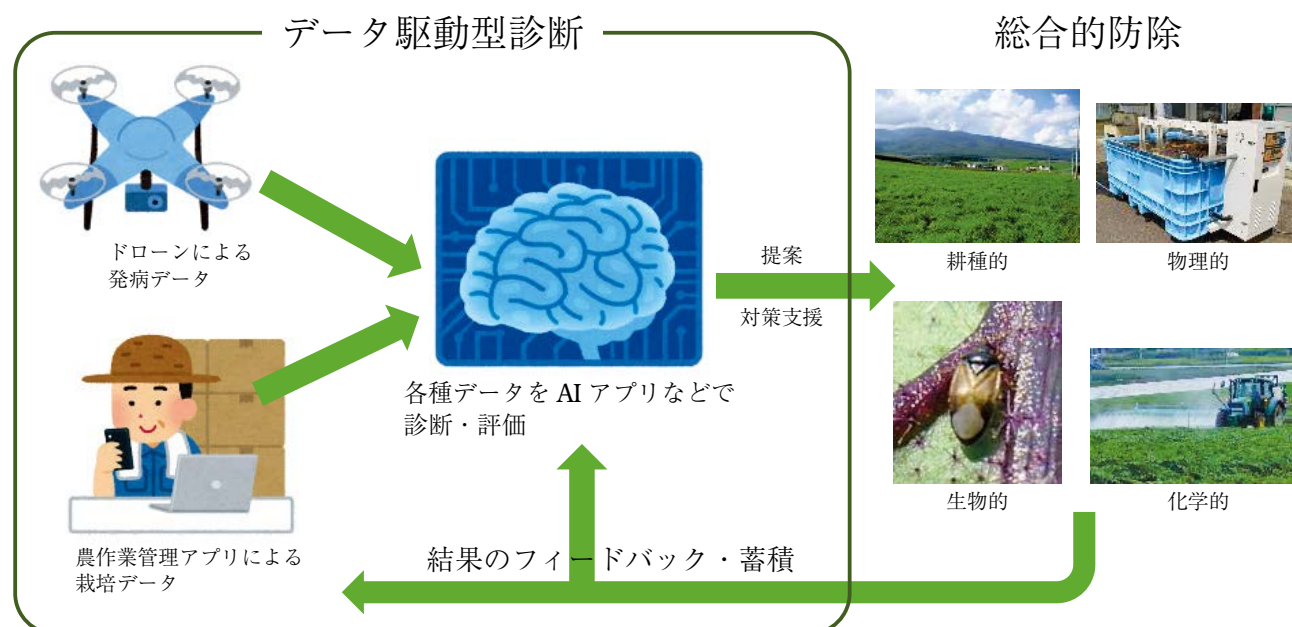


図-4 データ駆動型診断から適切な防除技術体系の選択イメージ

除技術の開発は農薬の開発と合わせて、さらに進めていく必要がある。

3 コンテンツの体系化

データを蓄積・活用した防除技術の展開に向けて、これまで紹介した様々なコンテンツの体系化のイメージを

図-4 に示した。ドローンでの空撮画像などによって病虫害の発生状況を把握し、経営管理アプリへ蓄積された栽培データから、AI による診断・評価を行う、「データ駆動型診断」を今後の方向性として示したい。そして AI による診断・評価は、圃場の病虫害の発生ポテンシ

ャルに応じて、生産者の防除技術の選定を支援していく。その際に、農薬による化学的防除に過度に依存することなく、物理的、生物的な防除方法を組合せた総合防除に向かっていく。このように、データを活用しながら、新しい防除技術開発に期待しつつも、今ある防除技術を適切に展開して、持続的な農業に転換していくことが、病虫害防除体系の考え方と今後の方向性ではないかと思う。

おわりに

筆者はこれまで、群馬県において主に露地野菜や花き類、特産作物の病虫害防除技術開発を担当してきた。本稿では、そのような経験から考えられる群馬県での病虫害防除体系の方向性を紹介した。水稲や畑作物、果樹、施設野菜等では、今回紹介したものとは違った新しい防

除体系の考え方や方向性があるだろう。昨今の社会情勢の変化から、今後は国内での持続的な食料生産の重要性がさらに増すことは間違いない。そのためには、温暖化やグローバル化で高まる病虫害のリスクを、どのように減らして農業を続けていくのか、この喫緊の大きな課題に向かって、関係者全員で知恵を絞り、100年後も続く農業の形を模索していければと感じている。

引用文献

- 1) 池田健太郎ら (2020): 関東東山病虫害研究会報 67: 93.
- 2) ————ら (2022): 関東東山病虫害研究会 第68回研究発表会講演要旨集, p.8.
- 3) 西村 昭・山下真生 (2020): 植物防疫 74: 224~230.
- 4) 柴田 聡 (2011): 植物防疫 65: 88~92.
- 5) TSUSHIMA, S. and S. YOSHIDA (2012): TUA—FFTC Joint Symposium, p.13.

登録が失効した農薬 (2022.10.1~10.31)

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」

- テブフェノジド・ブプロフェジン水和剤
18905：アプロードロムダン水和剤（日本農薬株式会社）
22/10/28
- ブプロフェジン粒剤
19312：ラクオー・アプロード（日本農薬株式会社）
22/10/28

「殺菌剤」

- チオファネートメチル水和剤
14230：ホクコートップジン M ゴル（北興化学工業株式会社）22/10/6
- プロベナゾール水和剤
20077：ホクコー側条オリゼメート顆粒水和剤（北興化学工業株式会社）22/10/6

「殺虫殺菌剤」

- ペルメトリン・テトラコナゾール液剤
20858：ガーデンガード AL（レインボー薬品株式会社）
22/10/20
- フィプロニル・チアジニル粒剤
22040：アプラインプリンス粒剤 6（日本農薬株式会社）
22/10/28

「除草剤」

- DCMU 水和剤
11856：ホクコーダイロン（北興化学工業株式会社）
22/10/6
- ピラゾレート・プロモブチド・メフェナセット粒剤
16618：ホクコーリードゾン粒剤（北興化学工業株式会社）22/10/6
- オキサジクロメホン・クロメプロップ・ベンスルフロ
ンメチル水和剤
20456：ホクコーミスターホームラン L フロアブル（北興化学工業株式会社）22/10/6
- オキサジクロメホン・クロメプロップ・ダイムロン・
ベンスルフロ
ンメチル粒剤
21348：ホクコーミスターホームラン D L ジャンボ（北興化学工業株式会社）22/10/6
- フェントラザミド・ベンゾフェナップ・ベンフレセ
ート粒剤
21696：パンチャー 1 キロ粒剤（北興化学工業株式会社）
22/10/6
- フェントラザミド・ベンゾフェナップ・ベンフレセ
ート粒剤
21864：ホクコーパンチャー 1 キロ粒剤（北興化学工業株式会社）22/10/6

(53 ページに続く)

{ 日植防シンポジウムから }

これからの病虫害防除体系において 必要な視点

元 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 ほん だ けん いち ろう 本 多 健 一 郎

はじめに

2021年5月に策定された「みどりの食料システム戦略」においては、農林水産業における環境負荷軽減対策の一環として、化学合成農薬のみに依存しない総合的病虫害管理（IPM）体系の確立・普及の促進が謳われている。本稿では IPM が提唱された背景と考え方、関連する行政施策、研究の取り組み、IPM での活用に向けて新たに開発されつつある防除技術について紹介するとともに、IPM に基づいた防除体系の構築で必要となる視点について論議したい。

I IPM が提唱された背景と考え方

1940 年代に実用化された DDT を始めとする化学合成農薬（殺虫剤、殺菌剤等）によって、低コストで効果的な病虫害防除が可能になった。しかし、1962 年に出版されたレイチェル・カーソンの「沈黙の春」をきっかけに、化学合成農薬の多用による生態系への悪影響や人間の健康被害への懸念などが社会問題化した。その後、より安全性が高く環境への負荷が少ない化学合成農薬が開発されるようになったが、化学合成農薬の多用による薬剤抵抗性害虫や耐性菌の出現、農地やその周辺部での生物多様性の減少、生態系に及ぼす悪影響の懸念等、数多くの問題が依然として残されている。

それに加えて、新病原菌レースの出現による抵抗性品種の罹病化、害虫のリサージェンスと置き換わり、難防除侵入病虫害の増加、農薬開発コストの増大による新規薬剤登録数の減少や価格の上昇等も問題点として挙げられよう。

薬剤抵抗性（耐性）の発達、抵抗性品種の罹病化、生物多様性への悪影響等は、病虫害に同じ方向（種類）の強い選択圧を加え続けた結果引き起こされたと言える。こうした問題を回避するため、化学合成農薬などの特定

の防除技術に依存せず、各種の防除技術を組合せて異なる方向の選択圧を加える総合的病虫害管理（Integrated Pest Management : IPM）の考え方が提唱されるようになった。

総合的病虫害管理（IPM）とは、様々な防除技術を合理的に組合せて病虫害の発生密度が「経済的被害許容水準（Economic Injury Level : EIL）」以下となるように管理することである。ここで「経済的被害許容水準」とは、防除に要する費用が病虫害による減収被害額に見合う最低限の発生密度を意味する（城所・桐谷，1982）。

IPM ではコストに見合った防除を行うこと（経済的合理性）が重要であり、防除に費用をかけ過ぎると利益が得られず、生産者や環境への負荷も増加する。

（なお、生産現場では病虫害の発生密度が「経済的被害許容水準」を超える可能性がある場合、防除の要否を判断する目安として「要防除密度」という用語が多く使われる。一般に防除の要否を判断してから実際の防除を行い、その効果が現れるまでにはタイムラグが存在するため、「要防除密度」は「経済的被害許容水準」よりも低く設定されることが多い。）

IPM では病虫害の発生ゼロや被害ゼロを目指すのではなく、病虫害発生密度の把握と被害量の予測が重要である。誤解されることも多いが、IPM は化学合成農薬の使用を排除しているわけではない。また天敵を利用する生物的防除がそのまま IPM になるというわけでもない。IPM は複数の防除技術の合理的な組合せによって、環境への負荷を減らした持続的な病虫害管理体系の構築を目指している。

IPM で利用できる防除技術としては、耕種的防除（抵抗性品種、輪作、間作、天敵増強植物等）、物理的防除（熱水、光、振動、防虫ネット等）、生物的防除（天敵、拮抗微生物、バンカー法、ワクチン等）、化学的防除（殺虫剤、殺菌剤、抵抗性誘導剤、フェロモン剤等）が挙げられる。これらの防除技術を相互に矛盾がないように組合せることが重要である。

農林水産省植物防疫課が2005年に取りまとめた「総

A Necessary Point of View for Growing Future Pest Management Systems. By Ken-ichiro HONDA
(キーワード: IPM, 病虫害, 防除体系)

合的病虫害・雑草管理（IPM）実践指針」（農林水産省，2005）では，IPM の実践手順として①病虫害の発生しにくい環境の整備，②防除要否およびタイミングの判断，③多様な手法による防除という 3 段階が示されている（この「実践指針」では防除対象に「雑草」も含まれているが，本稿では対象を「病虫害」に限定して紹介する）。図-1 に IPM の実践手順（模式図）を示した。

この模式図に基づいて総合的病虫害管理（IPM）の実践手順を説明すると，以下ようになる。

①病虫害の発生しにくい環境の整備（予防的措置）においては，耕種的防除（抵抗性品種，輪作，間作，作期の移動，天敵増強植物の栽培）や圃場衛生管理（種子の温湯消毒，土壌還元消毒，伝染源植物や残渣の除去）等を活用して，病虫害の発生しにくい環境を整える。

②防除要否およびタイミングの判断（リスク評価と判断）においては，病虫害の発生状況を把握し，防除の要否およびそのタイミングを可能な限り適切に判断する。病虫害の診断と発生状況から被害程度（リスク）を予測し，発生量が経済的被害許容水準を超える場合には防除が必要と判断する。なお，事前に発生状況を把握することが困難な病虫害については，防除暦による判断も可とする。

③多様な手法による防除（防除対応）においては，防除が必要と判断された場合に病虫害の発生を経済的被害許容水準以下に抑えるよう，多様な防除手段の中から環境への負荷ができるだけ少ないものを適切に選択し，相互に矛盾がないように組合せて実施する（適切な防除の

実施）。

IPM の実施にあたっては，「病虫害の発生しにくい環境の整備（予防的措置）」が最も重要であり，防除が必要と判断された場合でも「経済的被害許容水準」を念頭に，環境への負荷が最小限となるような防除技術の組合せを検討する必要がある。

参考までに FAO（国際連合食糧農業機関）による IPM の定義（2003 年改訂版：本多訳）を紹介しておく（FAO，2003）。

「Integrated Pest Management（IPM）は，（農作物に対する）有害生物の制御に利用可能なあらゆる技術について注意深く検討し，有害生物の発生増加を抑制する適切な方法を総合的に組合せ，農薬やその他の防除対策を経済的に正当なレベルに保ちつつ，人や環境へのリスクを軽減あるいは最小限にすることである。IPM は農業生態系かく乱の可能性を最小限にしながら健全な農作物を育てることを重視し，有害生物の発生を制御する自然界の仕組みを補強するものである。」

農林水産省の総合的病虫害・雑草管理（IPM）実践指針（2005）においても，「総合的病虫害・雑草管理（IPM）」とは，利用可能なすべての防除技術を経済性を考慮しつつ慎重に検討し，病虫害・雑草の発生増加を抑えるための適切な手段を総合的に講じるものであり，これを通じ，人の健康に対するリスクと環境への負荷を軽減，あるいは最小の水準にとどめるものである。また，農業を取り巻く生態系のかく乱を可能な限り抑制することにより，生態系が有する病虫害および雑草抑制機能を可能な

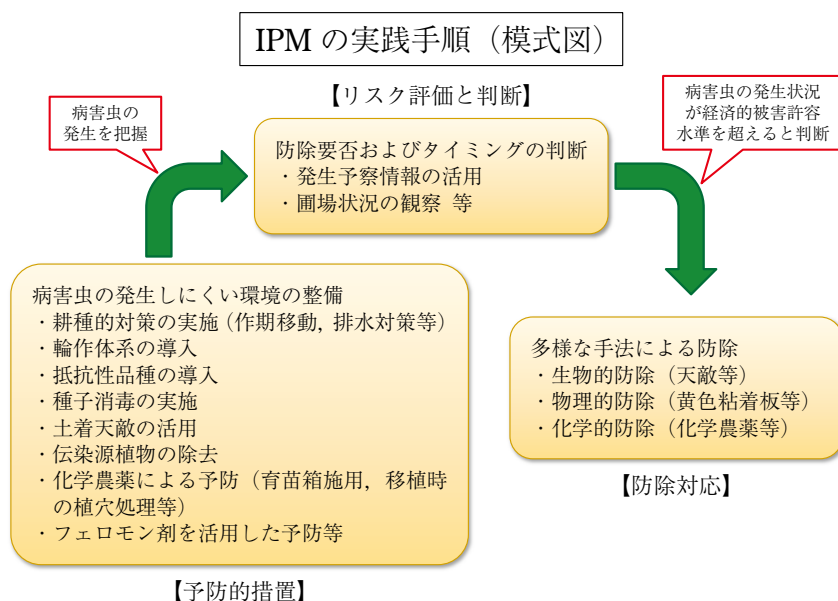


図-1 IPM の実践手順（模式図）

農林水産省（2005）総合的病虫害・雑草管理（IPM）実践指針より一部改変。

限り活用し、安全で消費者に信頼される農作物の安定生産に資するものである。」と記述されており、上記 FAO の定義とほぼ同じ内容となっている。

II IPM に関連した行政の動き

ここでは IPM に関連した行政（農林水産省）の動きについて紹介したい。

1992 年に策定された「新しい食料・農業・農村政策の方向（新政策）」では、農業の持つ物質循環機能を生かし、生産性との調和に留意しつつ、土づくりなどを通じて化学肥料・農薬の使用等による環境負荷の軽減に配慮した持続的な農業を環境保全型農業と位置付け、全国的に推進することとした。

1999 年に制定された「食料・農業・農村基本法」では、農業の自然循環機能の維持増進が不可欠と明記された。同じ年に「持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律（持続農業法）」も制定され、持続性の高い農業生産方式の導入を促進し、環境と調和のとれた農業生産の確保、農業の健全な発展に寄与すること等を目的に、土づくり技術や化学肥料・化学合成農薬低減技術の導入等を進めることとなった。

2005 年に改定された「食料・農業・農村基本計画」では、環境保全を重視した施策の展開が明記され、同年に公表された「総合的病虫害・雑草管理（IPM）実践指針」では、我が国で推進すべき IPM とは何かを再整理し、望ましい IPM を農業生産現場に一層浸透させ、同時に国民の深い理解を得ていくことが必要不可欠とされた。さらに 2005～08 年にかけて、IPM 実践指標モデル（水稻、キャベツ、カンキツ、りんご、なし、施設トマト、施設いちご、大豆、さとうきび、茶、露地きく）の作成と公表が行われた（IPM 実践指標とは IPM に関する理解を促進し、その考え方を正しく農業生産現場に反映させるため、農作業の各工程において IPM を実践するための具体的な取組内容を記載したチェックリストであり、都道府県での IPM への取り組みを推進するために作成された）。

2020 年に改定された新たな「食料・農業・農村基本計画」では、SDGs を契機とした持続可能な取組を後押しする施策の展開が明記され、「農業生産活動は自然界の物質循環を活かしながらいわれ、環境と調和した持続可能な農業の展開は重要なテーマであり、食料・農業・農村分野においても、経済・社会・環境の諸課題に統合的に取り組み、環境に配慮した生産活動を積極的に推進することが必要である」とされた。また同年に改定された「協同農業普及事業の運営に関する指針」では、普及指

導員が実施する普及指導活動の基本的課題の中で、「気候変動への対応等環境対策の推進」として有機農業などの環境保全型農業や総合的病虫害・雑草管理（IPM）の取り組みが例示された。

2021 年に公表された「みどりの食料システム戦略」では、食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現することが謳われており、「自然や生態系の持つ力を巧みに引き出して行われる食料生産・農林水産業において、環境負荷の軽減を図り、豊かな地球環境を維持することは、生産活動の持続的な展開に不可欠である」とされた。「みどりの食料システム戦略」では、2050 年までに達成すべき目標として病虫害管理の分野では、イノベーションに基づいた革新的な技術・生産体系の開発による低リスク農薬への転換、総合的な病虫害管理体系の確立・普及に加え、ネオニコチノイド系を含む従来の殺虫剤に代わる新規農薬等の開発により、化学農薬の使用量（リスク換算）を 50% 低減することなどが示され、防除だけではなく「予防・予察」にも重点を置いた総合的病虫害管理等の推進が重要であるとされた。

III IPM に関する研究の取り組み

我が国で IPM の基本的な考え方や海外での研究事例等について最初にまとめた紹介が行われたのは、1973 年に出版された深谷・桐谷（編）の「総合防除」であった（図-2）。

その後、各種病虫害（主に害虫）の経済的被害許容水準や要防除密度に関する研究が国や都道府県の試験研究



図-2 深谷・桐谷 編（1973）総合防除，講談社

機関で数多く取り組まれるようになった。しかし、病虫害の発生密度や被害解析の調査には専門的な知識とかなりの労力を要し、対象農作物の品種や栽培方法が変わればデータの補正や取り直しも必要となる。あらゆる病虫害の発生調査を都道府県の病虫害防除所や試験研究機関等が継続して実施することは、予算や人員に限りがある現状では極めて困難であると言え、生産現場レベルで利用できる各種病虫害発生密度の簡便な調査方法や IT 技術を活用した自動測定機器等を開発し、普及することが求められている。

IPM に関連して実施された国の研究プロジェクトとして、「環境負荷低減のための病虫害群高度管理技術の開発 (IPM プロジェクト)」(1999～2003 年)と「生物機能を活用した環境負荷低減技術の開発 (生物機能プロジェクト)」(2004～08 年)が挙げられる。いずれも農林水産省の研究プロジェクトで、生産現場の農薬使用量を半減させる防除体系の開発を目指した。研究成果として具体的な IPM マニュアルの作成に取り組み、「IPM マニュアル」(梅川ら 編, 2005) (図-3)と「生物機能を活用した病虫害・雑草管理と肥料削減 最新技術集」(農研機構中央農業総合研究センター, 2009)が刊行された。

桐谷 (2004) は IPM の次に目指すべき農業生態系管理法として、総合的生物多様性管理 (IBM) という概念を提唱した (図-4)。ここでは、害虫でもないし天敵でもないけれども、土着天敵の餌になっている「ただの虫」がいることで、害虫を食べてくれる天敵が圃場に定着しやすくなると考え、害虫や「ただの虫」を含む全生物が

共存できる管理法を IBM と呼んだ。IPM から IBM へ向かうことにより、病虫害の発生密度を経済的被害許容水準以下に抑え、農業生態系に生息する希少生物を絶滅から保護し、生物多様性を維持することが可能になるという考え方である。

農林水産省も農業生態系における生物多様性の役割に着目し、「農業に有用な生物多様性の指標及び評価手法の開発 (生物多様性プロジェクト)」(2008～11 年)を実施した。この研究プロジェクトでは、農業にとって有用な生物多様性の指標と考えられる生物種を選定し、実際の圃場に生息する生物の種類や種構成から圃場の環境保全程度を評価しようというものであった。指標生物の調査法と評価法のマニュアルが作成された (農林水産技術会議事務局・農業環境技術研究所・農業生物資源研究所, 2012)。選定された指標候補種の多くは捕食 (寄生) 性昆虫類やクモ類等の土着天敵であったが、圃場で農薬の使用回数を半減してもすぐに土着天敵相が豊富になるわけではなく、豊かな生物多様性を持った環境保全型農業を構築するためには土着天敵の繁殖や定着を促す環境条件の整備も重要であることが示唆された。

農業生態系において害虫の発生を抑制する土着天敵を有効に活用し IPM 体系の構築に資するため、農林水産省は研究プロジェクト「土着天敵を有効活用した害虫防除システムの開発 (土着天敵プロジェクト)」(2012～15 年)を実施した。このプロジェクトでは、ナス圃場のソルゴー障壁やネギ圃場の麦のリビングマルチ、果樹園の下草管理等、野外圃場で土着天敵が定着しやすくなる条

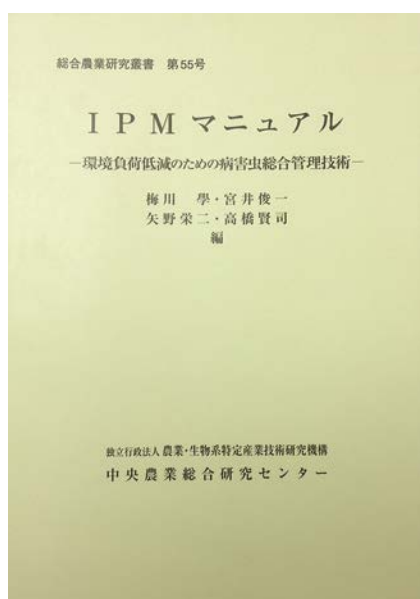


図-3 梅川ら 編 (2005) IPM マニュアル, 養賢堂

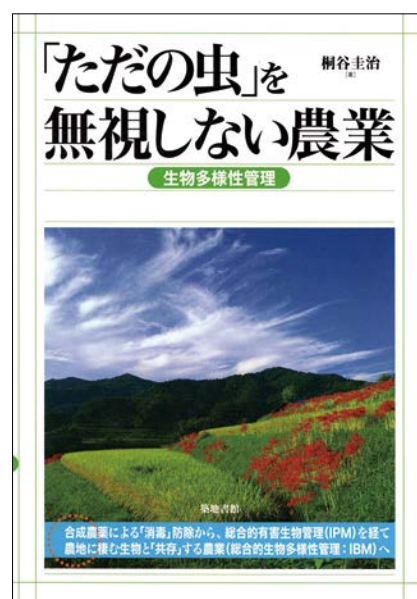


図-4 桐谷 (2004) 「ただの虫」を無視しない農業 —生物多様性管理—, 築地書館

件を解明し、IPM 体系の中で土着天敵を活用するための技術集（農研機構中央農業研究センター，2016）を作成した。

このほか、農林水産省の競争的資金によって開発された IPM 体系で利用できる病害虫防除技術の例として、「飛ばないテントウムシ」、「土着天敵タバコカスミカメ」、「新しいアブラバチを用いた天敵バンカー法」、「植物ウイルスワクチン」、「天敵カブリダニの効果を高めるバンカーシート」、「高接ぎ木法による土壌病害防除」、「カラシナや廃糖蜜を利用した土壌還元消毒」等も挙げられる。

発光ダイオード（LED）光源の技術的な進歩を踏まえて、光や色を利用した新たな害虫防除技術の可能性について検討するため、農林水産省は委託プロジェクト「害虫の光応答メカニズムの解明及び高度利用技術の開発（光応答プロジェクト）」（2009～13 年）を実施した。このプロジェクトでは様々な光波長に対する各種害虫・天敵類の反応と IPM の中で利用可能な新たな害虫防除技術について検討を行い、「光を利用した害虫防除のための手引き」（農研機構中央農業総合研究センター，2014）を作成した。この手引きでは、昆虫の光に対する反応についてこれまでの知見を整理し、プロジェクトで調査対象とした昆虫（害虫、天敵類）の分類群ごとに得られた成果を紹介した。光を利用した害虫防除技術は「みどりの食料システム戦略」においても IPM を支える重要な技術と位置づけられている。

内閣府総合科学技術・イノベーション会議が 2014 年から開始した戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の課題の一つとして、次世代農林水産業創造技術が選定された。その中で「持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発（2014～18 年）」が実施され、病害虫の被害を許容水準以下に抑える新たな総合的防除管理体系を創出するため、病害虫の行動制御、植物の抵抗性誘導、新規作用機作による病害虫発生制御等、物理・化学・生物の力を用いた革新的防除技術の開発に取り組んだ。このプロジェクトには農研機構を中心に独法研究機関、公設試験場、大学、企業等約 70 の機関が参画し、「化学合成殺虫剤を半減する新たなトマト地上部病害虫防除体系マニュアル」（農研機構中央農業研究センター，2019 a）、「新規土壌還元消毒を主体としたトマト地下部病害虫防除体系マニュアル」（農研機構中央農業研究センター，2019 b）、「紫外光照射を基幹としたイチゴの病害虫防除マニュアル」（農研機構中央農業研究センター，2019 c）、「赤色 LED によるアザミウマ類防除マニュアル」（大阪府立環境農林水産総合研究所，2019）を公表した。

「化学合成殺虫剤を半減する新たなトマト地上部病害虫防除体系マニュアル」では、害虫忌避剤、天敵定着植物、天敵誘引光源、改良型黄色粘着板、赤色防虫ネット等新たな防除資材を組合せて、既存の化学合成殺虫剤使用量を半減させる新たなトマト地上部の病害虫総合防除体系について紹介した。

「新規土壌還元消毒を主体としたトマト地下部病害虫防除体系マニュアル」では、土壌病害虫の持続的防除のために開発した新規土壌還元消毒資材の特性、処理方法、青枯病菌や線虫等に対する殺菌・殺虫効果、青枯病に対する防除対策である「高接ぎ木栽培」を組合せたトマト地下部の病害虫総合防除体系について紹介した。

「紫外光照射を基幹としたイチゴの病害虫防除マニュアル」では、UV-B 照射技術でうどんこ病に加えてハダニを抑制する技術を中心に、これら病害虫に対する農業を 70% 以上削減できるイチゴ病害虫の総合防除体系について紹介した。

「赤色 LED によるアザミウマ類防除マニュアル」では、果菜類の栽培施設で問題となるアザミウマ類を対象に、赤色 LED を利用した防除技術と赤色 LED 防除装置の利用法や利用上のポイントなどについて紹介した。

さらに、今後 IPM に利用可能な病害虫防除技術として、2020 年から「振動を用いた害虫防除技術及び受粉技術の実用化」、「植物成長調整剤であるプロヒドロジャスモン（PDJ）を制虫（忌避）剤として活用する技術」等が生物系特定産業技術研究支援センター イノベーション創出強化研究推進事業の研究課題として取り組まれている。

IV IPM の取り組み事例

IPM 体系の具体的な取り組み事例として、タバココナジラミ *Bemisia tabaci* が媒介するトマト黄化葉巻病について紹介する。

トマト黄化葉巻病はイスラエル原産のトマト黄化葉巻ウイルス（TYLCV）を病原とするウイルス病で、世界各地で発生している。我が国では 1996 年に静岡県、愛知県、長崎県で初めて発見され、病害虫発生予察特殊報などによれば 2022 年 8 月現在 40 都府県で発生が報告されている。トマトが黄化葉巻病に感染・発病すると新葉の緑が黄化するとともに、上位葉の葉で黄化、巻葉、縮れ、節間の詰まりが生じ、株全体が萎縮する（図-5）。発病株は正常に結実せず、施設栽培トマトで発生すると甚大な被害をもたらす（本多，2005）。

TYLCV はタバココナジラミが永続的に媒介する（図-5）。タバココナジラミの TYLCV 媒介効率は高く、ごく



トマト黄化葉巻病発病株



タバココナジラミ成虫

図-5 トマト黄化葉巻病の発病株と媒介虫タバココナジラミ

わずかの保毒虫でも多数の感染株を発生させる。そのため TYLCV 保毒虫をトマト栽培施設に侵入させない防除対策や発病株の迅速な除去が必要となる。これまでに確認された TYLCV のウイルス源は、栽培施設周辺に放置された野良生えトマトと家庭菜園の無防除トマトである。沖縄県などの南西諸島を除けば、タバココナジラミは野外では冬季にほとんど死滅し、野良生えや家庭菜園の感染トマト株も枯死するため、TYLCV と媒介コナジラミの越冬場所は春まで栽培されるトマト栽培施設に限定される。TYLCV の IPM 体系化には、ウイルス量の制御に重点を置いた TYLCV まん延防止対策が必要と考えられた(本多, 2006)。

ウイルス量の制御に着目したトマト黄化葉巻病の IPM 体系を構築するため、トマト黄化葉巻病の総合防除 (IPM) マニュアルを作成した(農研機構野菜茶業研究所, 2009; 本多, 2010)。主な内容は以下の通りである。ハウス開口部の防虫ネットを設置してコナジラミの侵入を防止する。TYLCV 未発生地域からの苗の購入あるいは育苗圃場の完全防除に取り組み、健全苗を確保する。定植時の粒剤処理、気門封鎖剤の活用(抵抗性発達の回避)によりコナジラミを適切に防除する。発病株からの二次感染を防ぐため発病株を速やかに除去する。トマト残渣から発生する野良トマトがウイルス感染源となるので、芽かきや摘果等の残渣をしっかりと処分する。トマト栽培が終わったら蒸し込みなどでトマト株と雑草を枯死させてコナジラミを全滅させ、保毒虫の野外への拡散を防止する。家庭菜園の感染トマトがウイルス感染源とな

- (1) 育苗・定植期の侵入・感染防止 (入れない)
- (2) 定植後の感染拡大防止 (増やさない)
- (3) 栽培終了時の蒸し込み・残渣処理 (出さない)
- (4) 施設内外の雑草や野良生えトマトの管理
- (5) 抵抗性(耐病性)品種の利用

図-6 トマト黄化葉巻病の IPM に取り組む際に考慮すべきポイント

っている場合もあるため、家庭菜園の栽培者にも理解を求め、地域ぐるみで発病株の除去に取り組む。

コナジラミ防除と同時に黄化葉巻病抵抗性(耐病性)品種も上手に活用して IPM に取り組む必要がある。抵抗性(耐病性)品種は万一保毒虫が侵入し、感染が起きた場合でも被害が少なく、ウイルス感染に対する保険として利用できる。ただし、抵抗性(耐病性)品種を導入してもウイルスは感染し保毒虫が発生するため、媒介コナジラミの防除は必要である。これまで述べたトマト黄化葉巻病の IPM に取り組む際に考慮すべきポイントを図-6 にまとめた。

ここではトマト黄化葉巻病の IPM について紹介したが、生産現場では他の病害虫対策も含めて化学的防除法、物理的防除法、生物的防除法、抵抗性(耐病性)品種を効果的に組合せたトマト IPM 体系の構築に取り組む必要がある(本多, 2008)。

近年コナジラミ類が媒介するトマト黄化病が発生を拡



図-7 トマト黄化病の発病株
(熊本県農業研究センター提供)

大し、各地で問題となっている（山城，2016）。この病気は2008年に栃木県で初めて確認され，2021年8月までに25都県で発生が報告された。病原ウイルスはトマト退緑ウイルス（ToCV）で，タバココナジラミやオンシツコナジラミ *Trialeurodes vaporariorum* によって半永続的に媒介される。本病の黄化症状は苦土欠乏症に似ており判別が難しい（図-7）。発病株は生育が抑制され収量が減少する傾向が見られる。

トマト黄化病の防除に際しては，トマト黄化葉巻病と同様に「入れない」，「増やさない」，「出さない」の対策でコナジラミ保毒虫の発生を抑制することが基本となる。トマト黄化葉巻病対策で抵抗性（耐病性）品種のみに依存するとコナジラミ類の防除がおろそかになり，トマト黄化病を媒介するコナジラミ類の多発を引き起こす恐れがある。物理的防除法（防虫ネット，気門封鎖剤）や生物的防除法（天敵タバコカスミカメ）等を組合せたIPM体系によって，媒介コナジラミ類の密度を低く抑制する必要がある。

おわりに

IPMの視点に基づいた病害虫防除体系を構築する際に心がけるべきポイントを再度まとめると，特定の防除技術に偏らない（天敵を使うことがIPMではない），病害虫による経済的被害と防除コストのバランスを意識す

る，生産者自身や周辺環境への負荷を避け，持続的な病害虫管理を目指すとともに，現場圃場での病害虫発生状況を正しく把握し効果的な対策を立てる，ということになる。

引用文献

- 1) FAO (2003): International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides (Revised Version), Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 36 pp, <https://www.fao.org/3/y4544e/y4544e.pdf>
- 2) 深谷昌次・桐谷圭治 編 (1973): 総合防除, 講談社, 東京, 415 pp.
- 3) 城所 隆・桐谷圭治 (1982): 植物防疫 36: 5~10.
- 4) 桐谷圭治 (2004): 「ただの虫」を無視しない農業—生物多様性管理—, 築地書館, 東京, 192 pp.
- 5) 本多健一郎 (2005): 植物防疫 59: 299~304.
- 6) ——— (2006): 野菜茶業研究集報 3: 115~122.
- 7) ——— (2008): 農業および園芸 83: 1125~1131.
- 8) ——— (2010): 植物防疫 64: 657~659.
- 9) 農研機構中央農業総合研究センター (2009): 生物機能を活用した病害虫・雑草管理と肥料削減 最新技術集, 225 pp, https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/030535.html
- 10) ——— (2014): 光を利用した害虫防除のための手引き, 59 pp, https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/053841.html
- 11) 農研機構中央農業研究センター (2016): 土着天敵を活用する害虫管理最新技術集/土着天敵を活用する害虫管理技術事例集, 163 pp, 24 pp, https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/069415.html
- 12) ——— (2019 a): 化学合成殺虫剤を半減する新たなトマト地上部病害虫防除体系マニュアル—個別技術集—, 40 pp, https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/129995.html
- 13) ——— (2019 b): 新規土壌還元消毒を主体としたトマト地下部病害虫防除体系マニュアル 技術版, 63 pp, https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130490.html
- 14) ——— (2019 c): 紫外光照射を基幹としたイチゴの病害虫防除マニュアル—技術編—, 53 pp, https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130266.html
- 15) 農研機構野菜茶業研究所 (2009): トマト黄化葉巻病の総合防除マニュアル, 12 pp, https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/004272.html
- 16) 農林水産技術会議事務局・農業環境技術研究所・農業生物資源研究所 (2012): 農業に有用な生物多様性の指標生物調査・評価マニュアルⅠ・Ⅱ, 65 pp, 56 pp, <https://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/techdoc/shihyo/>
- 17) 農林水産省 (2005): 総合的病害虫・雑草管理 (IPM) 実践指針, 11 pp, https://www.maff.go.jp/j/syoutan/syokubo/gai-cyu/g_ipm/pdf/byougai_tyu.pdf
- 18) 大阪府立環境農林水産総合研究所 (2019): 赤色 LED によるアザミウマ類防除マニュアル, 12 pp, https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/132807.html
- 19) 梅川 學ら 編 (2005): IPM マニュアル, 総合農業研究叢書第55号 (養賢堂), 東京, 246 pp.
- 20) 山城 都 (2016): 植物防疫 70: 382~386.

今後の農薬開発の方向性

住友化学株式会社 か河 さい西 やす康 ひろ弘

はじめに

世界の人口は2022年内に80億人を超え（United Nations, 2022）、食料の世界需要は増加の一途を辿る中、農業生産に利用できる耕地は限られており、加えて、気候変動や地政学リスクの顕在化により小麦価格が高騰する等、安定した食料供給が危ぶまれる状況にある。また、2020年時点において、8億1,100万人が飢餓状態にあると言われている（公益社団法人 国際農林業協働協会、2021）。

そのような状況下、単位面積当たりの収量を上げるため、農薬の役割はこれまで以上に重要なものとなっており、農薬メーカーには、より効果的な施用方法と革新的な製品開発を進め、持続可能な農業へ貢献することが期待されている。

本稿では、はじめに農薬開発の現状を概観し、次に持続可能型製品・技術について、今後の開発の方向性を紹介する。なお、本稿は、2022年9月に開催された日本植物防疫協会シンポジウム「新しい時代に向けた病虫害防除体系を考える」での講演をまとめたものである。

I 農薬開発の現状

1 農薬市場の動向と事業環境

AgbioInvestor社の調査によれば、世界の農薬市場は、病虫害発生動向や在庫要因等によって、地域によって年ごとの増減はあるものの、全般では増加傾向にある。2021年での出荷額は668億ドルとなっており（Agbio-Investor, 2021）、最大需要国のブラジルを含めた中南米やアジア諸国で増加し、暫くは成長傾向が続くものと予測されている。

一方、日本国内での農薬市場は、農薬工業会での出荷統計によると、2021年度の出荷金額は3,453億円で（農

薬工業会、2021）、この20年間では、出荷数量が減少してきたものの、高活性・高価格帯の新規製品が上市されてきたことにより出荷額の推移としては安定している。

国内農業を取り巻くマクロ環境を概観すると、就農人口の減少や高齢化の進展は恒常的な傾向にあり、経営規模の拡大が進んでいるほか、農作物の付加価値化、ブランド化の取り組みが全国で広がっている。一方で、気候変動による農業被害の多発、コロナ禍による農産物の消費低迷が影響して生産者経営が圧迫される等、農業を取り巻く事業環境は依然厳しい状況にある。これらの環境下で農業生産での更なる省力化の促進、収量および品質向上が強く求められている。

2 農薬開発に求められる方向性

農薬開発に求められる方向性として、「ヒトへの安全性」、「環境への優しさ」、「農業生産での省力化・経済性」の三つの視点がある。特に最近の動向として、2018年農薬取締法改訂に伴った農薬再評価の中で、使用者暴露の回避（使用者の安全性）とミツバチへの影響（花粉・花蜜の残留試験）に関して、最新知見に沿った評価が必要となり、新たな重要な方向性として示されている。また、安定した性能や使い易さ、高い選択性、薬剤抵抗性が発達しにくいこと等、生産性の向上につながる諸要素とともに、経済性メリットの有無も開発を進めていくうえで大きなポイントである。

3 新農薬の研究開発

新たな農薬を上市するためには、新農薬の候補となる化合物を見いだしてから、安全性試験、生物試験、製剤、工業化検討等総合的に評価を進め、農薬登録を取得するまでに、約10年の期間と約100～300億円の開発費が必要となる。また、1個の新規農薬を上市できる確率は、16万の化合物で一つという状況であり（Phillips McDougall, 2016）、開発の確率が年々低くなってきている実態にある。

このような研究開発を支えるコストは、Phillips McDougall（2016）の資料に因れば、2010～14年の集計で開発コストが2.86億ドル、研究開発期間は11.3年を

Development Direction of Crop Protection Products. By Yasuhiro KASAI

（キーワード：農薬開発、化合物探索、バイオリショナル、精密農業、施用方法）

要している。1995年の集計と比較して、この20年間程度で開発コストは約2倍に、研究開発期間も3年程度長くなってきている（Phillips McDougall, 2016）。

開発コストの内訳は、研究費としての化学・生物評価など基礎検討の部分として1.07億ドル、毒性・環境試験、圃場試験等の開発費で1.46億ドル、その他登録関連経費等で0.68億ドルとなっており、特に、環境関連での試験費増加が顕著な傾向にある（Phillips McDougall, 2016）。

4 農業の開発スキーム

新規農業の開発は、図-1のように、探索、実用化試験、開発・登録・申請に係る各試験、工業化検討、製造・販売の行程で進められる。探索は、最適な化合物を見いだして開発候補を絞っていく作業で、最新のスクリーニング技術を用いて、より合理的なプロセスが取られている。また、実用性評価では、開発候補を絞り、特許出願とともに、安全性や環境試験、小規模圃場での性能や薬害の確認、製剤の初期検討から製造プロセスの検討等について、2～3年をかけて実施し開発判断を行うこととなる。その後、長期安全性試験、大規模圃場試験での評価、作残試験や施用方法、処方や工業化プロセスの試験・検討を経て、登録申請、そして工場建設、上市へと至る。前述の通り、新農業の開発には、膨大なコストと時間を要することから、これらの過程の中で、事業環境の変化や競合剤動向、原材料価格等を分析して、都度、事業性検証の精度を上げながら開発ステージを進めていくことになる。

5 農業探索の基盤技術

次に農業探索についての概要を紹介する。

探索は、新農業を開発するための展開が見込めそうなリード化合物、目的とする生理活性を持つ化合物を探し出す作業から始まる。その後、リード化合物に対して、

誘導体の合成や分子設計等、修飾・改変作業、評価を行って最適な化合物を見だし、開発候補の化合物を絞る。

リード化合物は、天然生理活性物質や文献・特許情報、様々な構造の化合物からランダムに探索するランダムスクリーニング、特定の標的タンパク質を狙ったターゲットベーススクリーニング等から見いだすことになる。また、ある活性を狙ってスクリーニングしていた化合物から偶然に、別の優れた性能を有する化合物が見つかり開発に至ったケースもある。

続いて、農業探索の技術基盤について説明する。

薬剤デザイン技術として、構造活性相関に関する研究があり、これは、すでに試験が実施された化合物の構造と試験データを用いて化学構造上の特長と生物活性の相関関係を明らかにすることで、その化学構造から未試験の化合物の生物活性を予測する技術として活用されている。また、コンピュータによる化学構造の計算を用いて、構造活性相関の研究を行う手法もある。さらに、遺伝子データベースから特許データベースなど、各種データベースの活用も進んでいる。活性評価の場面では、各種作業の自動化やデータ処理技術等を組合せ、大量のスクリーニングを短時間で行う、ハイスループットスクリーニング技術が活用されている。

また、創農業でのAIは、化合物デザイン、創薬設計、ビックデータ分析、生物評価等に活用される。これらの技術は、既存化合物から創薬に適した化合物の提案を可能とし、分子設計などの様々な部分の工程を自動化できるため、開発期間の短縮、コスト削減につながっている。

作用機構の解明では、酵素試験、電気生理試験、オミクス解析等の手法が取られている。

オミクスの一つであるメタボロミクスは、生体内の代謝によって作り出される化合物を網羅的に解析する技術

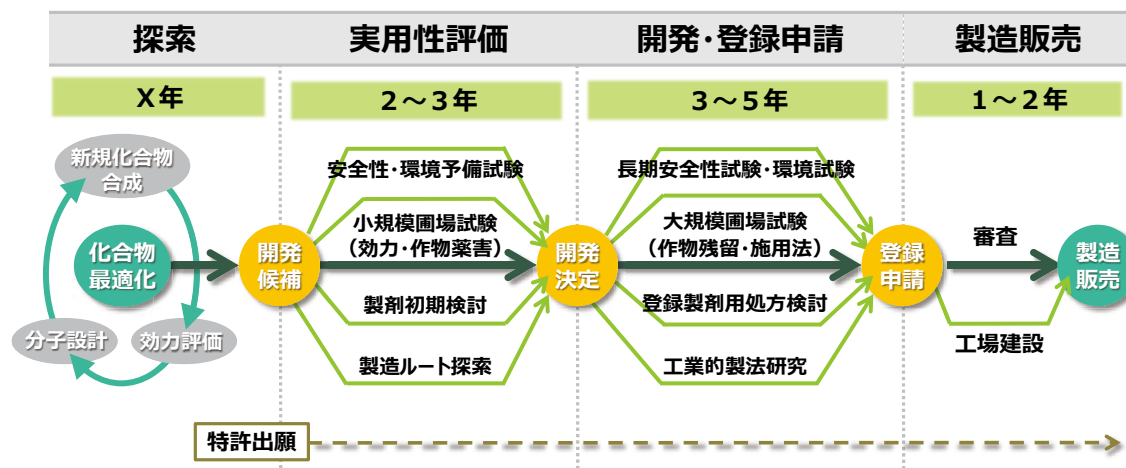


図-1 農業の開発スキーム

で、作用機構の解明や、しいては、創農業プロセスの強化を図ることが可能となる。また、薬物動態では、微量分析や、イメージング質量分析技術（MALDI イメージング）により微小領域での質量分析を行い、画像にあるような種子切片など試料内での農業の局在を可視化することで、薬剤の施用方法によって、どの部位でどのように薬物濃度が変化するのか、薬剤の効能や活性発現の関連性等を見ることができる。

6 今後の農業開発の方向性

政策・規制動向として、2021年には、2018年の農業取締法改訂による「農業再評価制度」が開始され、同年に、「みどりの食料システム戦略」が導入された。「みどりの食料システム戦略」では、化学農業について2050年までに使用量をリスク換算で50%を削減する目標が掲げられ、また「農業再評価制度」では、既に登録されている農業について、最新の科学的知見に基づいた安全性が再評価されることとなった。

また、社会情勢として、SDGsなど持続可能な社会の実現に向けた取り組みが浸透する中、農業に関しても、消費者・社会からの環境負荷軽減に向けた技術や製品開発を求める声が年々強くなっている。

このような状況の中で、化学農業については、さらに環境負荷軽減や使用者安全向上につながる新農業の開発はもとより新たな施用方法の開発普及を進めるほか、後述する生物由来のバイオリショナル製品のラインナップ拡充を図り、サステナブルな事業展開を強化する方向が求められている。

II 持続可能型製品・技術の開発

1 バイオリショナル製品

住友化学株式会社では、「天然物由来などの微生物農業、植物成長調整剤、根圏微生物資材等や、それらを用いて作物を病虫害から保護したり、作物の品質や収量を向上させたりするソリューション」を、バイオリショナルと定義して、現在グローバルに取り組みを強化している。

図-2の通り、バイオリショナル製品には、“Crop protection”として、病虫害防除に用いられる微生物農業や天然物由来で殺虫・殺菌活性のあるボタニカルと、“Crop enhancement”として、作物の機能向上に寄与する植物ホルモン由来の植物成長調整剤やバイオスティミュラント、根圏微生物がある。

菌根菌は炭素を土壤中に貯留する点でも注目されており、バイオスティミュラントは、植物の免疫力を高め、非生物学的ストレスを軽減させる効果を持つことから、新たな資材分野として注目されている。微生物農業、ボタニカル、植物成長調整剤は農業登録として展開し、菌根菌は、土壤改良剤として地力増進法の範疇となる。また、バイオスティミュラントについては、肥料成分を付与して肥料登録での販売形態も多い。

以下では、バイオリショナル製品について、カテゴリ別に、今後の方向性と課題についての概要を記す。
微生物農業・ボタニカル：

農業登録を取得して開発を進め、有用天然物で抵抗性誘導を持った原体の探索を行うほか、普及場面では、IPMや有機JAS認証での位置付け促進を検討する。

バイオリショナルの定義：

天然物由来などの微生物農業、植物成長調整剤、根圏微生物資材などや、それらを用いて作物を病虫害から保護したり、作物の品質や収量を向上させたりするソリューション

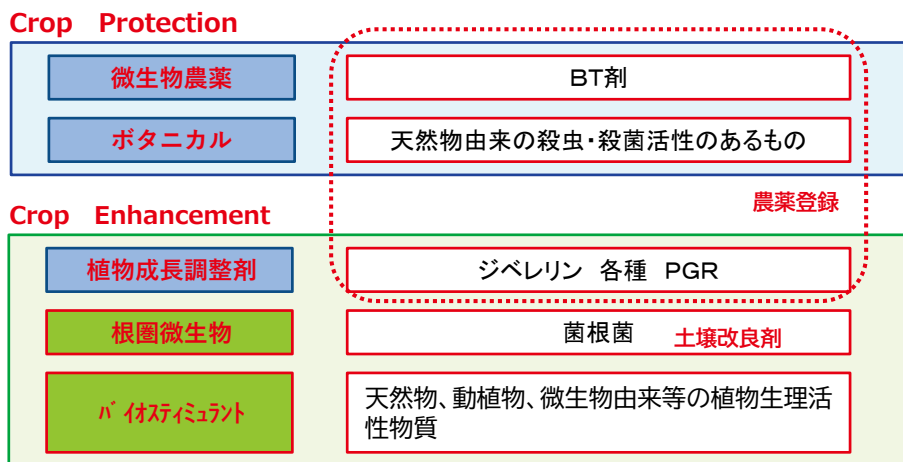


図-2 バイオリショナル製品

安定した性能を発揮できる施用方法の開発、経済メリットの生じる作物の探索などが課題であり、データ蓄積、ポジション確立を進める。

バイオ肥料・菌圏微生物：

現在は、窒素固定細菌、次いで菌根菌利用が多く、植物成長促進菌類 (PGPF)・植物成長促進性根圏細菌 (PGPR) も幅広く商品化されている。

菌根菌は、植物共生により、リン・窒素の植物吸収を促進するが、国内では、土壌の肥沃度が高く、土着の菌根菌も多い環境の下、効果を発揮しやすい作物と菌種、適用場面、経済性検証が課題となる。

バイオスティミュラント：

糖類、アミノ酸、フラボノイド等が古くから活用されており、植物が本来持つ免疫力を高め、植物のストレス耐性の増強成長を促す効果が期待される。

温暖化に伴う、高温乾燥耐性など、様々なニーズが増加するものと考えられる一方で、性能実証、再現性が難しく、性能や経済性評価を重ねて使用時期や使用方法を整理していく必要がある。開発の方向性については、作用性に科学的根拠のあることを前提として、環境ストレスへの耐性を上げる天然物、作物の生育促進、増収に資する天然物の探索をグローバルに展開する。

バイオスティミュラント製品は、腐植酸、海藻や多糖類、アミノ酸、ペプチド、ミネラル、ビタミンから微生物まで種類は幅広く、また、ストレス耐性、代謝向上、光合成促進、根の活性向上等、多くの作用が期待される。特に、気候変動、温暖化による影響により、果実であれば、着色不良、浮皮等、果菜類では着色障害や肥大不足等、品質や収量の低下が問題となっており、活用機会も今後増加していくものと考えられる。

2 化学農業での新たな施用方法

水稻分野では、育苗箱処理、播種時処理、除草剤での田植同時処理等、畑作分野では、パンクル、ブームスプレー等少量散布が、省力化技術として、既に普及している。

今後、「みどりの食料システム戦略」での方向性とも関連し、水稻畑作分野ではドローンなどの防除機械と連動したスポット処理、施設野菜では灌水装置に精密農業を活用した形での省力化散布が、今後有望な分野と考えられる。また種子処理技術も、複数の作物で検討が進んでいるが、高性能な化合物の開発とともに、さらに拡大していく可能性がある。

スポット処理では、農薬の安全使用基準順守の中で、対象として適した病害虫、雑草等、処理方法と性能面での整理が重要である。

いずれの技術も、「安定した効果」が必須条件であり、薬剤の付着性能を向上させる技術（製剤開発・散布機器との連動）、予察技術を精度化した中での散布・処理量の最適化が課題となる。また、生産者の経済性改善や、開発企業での事業性も精査しながら進めていく必要がある。

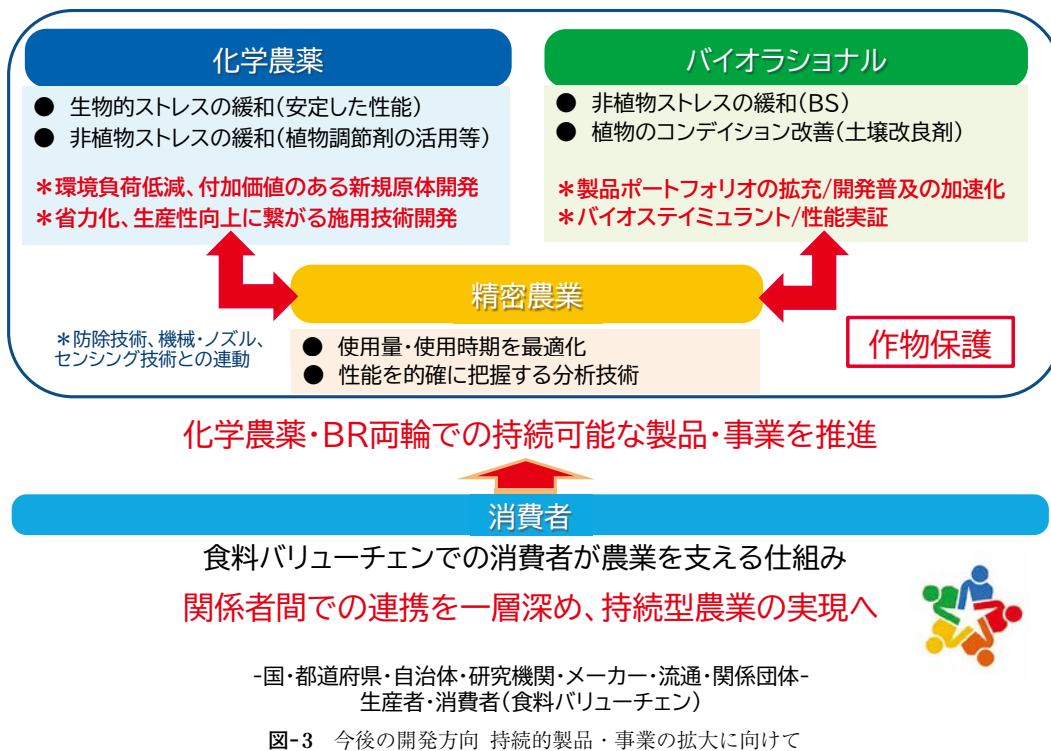
精密農業は、東京農工大学の澁澤教授の定義では、「複雑で多様なばらつきのある農場に対し、事実を記録し、その記録に基づくきめ細やかな管理を行い、収量、品質の向上及び環境負荷低減を総合的に達成しようという農場管理手法」（農林水産省 農林水産技術会議、2008）とされている。使用量や使用時期を最適化して、効能を的確に把握する解析技術などの活用が、新たな施用技術や事業化に重要な視点となる。

例えば、ドローンでのスポット処理や AI 灌水施用では、精度の高い病害虫検出やセンシング技術が必要となり、IPM 技術やバイオスティミュラントの有効活用では、ビックデータ解析を通じた最適な使用時期・方法の提案等、精密農業との連動の中で普及が加速されていくものと考えられる。

おわりに

化学農業は、効果の発現が明確で性能や付加価値を広く生産者に訴求することが可能であり、また、生物的ストレス、非植物ストレス緩和でも安定した効果を発揮する。住友化学株式会社は、今後の開発の方向として、省力化につながる施用技術を検討するほか、より高性能で安全な新規化合物の研究開発を継続的に強化していく。一方で、バイオリショナルは、非植物ストレスの緩和や植物のコンディショニングの改善等が期待されるが、性能面、経済性の評価に課題があり、使用分野も限定的である。しかしながら、今後のSDGsの浸透や、持続型社会先進国への輸出拡大等と共に、社会・消費者からの要請が徐々に高まってくるものと予想され、バイオリショナル製品については、ポートフォリオ拡充を加速していく。「化学農業」での新たな施用方法の開発と「バイオリショナル」の新規開発の両輪で、「作物保護」の視点から、持続可能な農業に貢献できればと考えている。

持続型製品・技術の普及促進には、性能面での安定と経済性の成立が課題となる。性能面での安定には、使用量や使用時期を最適化するため、効能を的確に把握する解析技術など精密農業の活用が重要な鍵となる。また、食料バリューチェーンの中で、生産者がサステナブルな農業技術を活用し丹精込めて生産した農作物を、青果流通や消費者が支える仕組みや意識変化が、普及促進の後押しになるものとする。工夫された栽培方法と生産コ



ストが、農産品価格に適正に反映されること、そして、生産者をはじめ農業にかかわる事業体に経済性が成立していることが重要である（図-3）。

産官学、異業種間の横断的な連携等を通じて、持続型農業の実現を目指し、その中で住友化学株式会社も製品・技術開発を中心に、機能と役割を果たしていきたい。

引用文献

- 1) AgbioInvestor (2021): The Crop Protection Industry report, Market Review.
- 2) 公益社団法人 国際農林業協働協会 (2021): 世界の食料安全保障と栄養の現状 2020 年報告, 誠文堂, 東京, 42 pp.
- 3) 農林水産省 農林水産技術会議 (2008): 農林水産研究開発レポート No.24 「日本型精密農業を目指した技術開発」, <https://www.affrc.maff.go.jp/docs/report/pdf/no24.pdf>
- 4) 農薬工業会 (2021): 2021 農薬年度出荷実績, <https://www.jcpa.or.jp/labo/data/2021.pdf>
- 5) Phillips McDougall (2016): The Cost of New Agrochemical Product Discovery, <https://croplife.org/wp-content/uploads/2016/04/Cost-of-CP-report-FINAL.pdf>
- 6) United Nations (2022): World Population Prospects 2022, United Nations Department of Economic and Social Affairs, New York, 38 pp.

植	物	
	防	疫
講	座	

病害編-52

果樹類に発生する紋羽病（その2）

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 フェロー まつもとなおゆき
松本直幸

Ⅲ 白紋羽病菌

白紋羽病菌の属する *Rosellinia* 属は温帯から熱帯にかけての5大陸すべてに分布するが、その中では *R. necatrix* のみが分類・生態・防除等に関して広範に研究されている (TEN HOOPEN and KRAUSS, 2006)。 *R. necatrix* は我が国においてもリンゴやナシ等の白紋羽病の病原菌として重要視されているが、北海道における発生はないと思われる (田中, 私信)。また青森県における紋羽病の相談のうち、白紋羽病に関するものは十分の一以下にすぎない (赤平, 私信)。一方熱帯では、 *R. necatrix* を含めた数種の *Rosellinia* 属菌がコーヒー・アボカド・カカオ等の熱帯作物に発生し問題となっている (PLOETZ, 2007; CASTRO et al., 2013)。

1 発生様相

白紋羽病菌は生育が比較的早く未熟な有機物にすみやかに定着・まん延することが紫紋羽病菌と生態的に最も大きく異なる点である。このような性質を利用して糸井ら (1964) はクワ枝を用いた土壌診断法を開発した。生きた枝では約2か月、枯死枝では約1か月土壌にトラップとして枝を埋没することで白紋羽病菌が補足された。白紋羽病発生跡地の罹病根をていねいに除去しても、本方法を用いるとかなりの頻度で白紋羽病菌が検出された。すなわち、罹病根の除去だけでは白紋羽病菌を一掃できないことが示された。

荒木 (1967) は低地帯のナシ園で暗渠として粗大有機物を埋めると白紋羽病が激発した例を報告している。また、筆者はオーストラリア・クイーンズランド州のリンゴ園で白紋羽病菌の生態を象徴するような事例を観察した。矮性台木に接がれたリンゴ樹が列状に植えられ集約的な栽培管理がなされている花崗岩土壌の果樹園では、排水がよすぎるため散水パイプが設置され、電害防止のためにネットが張り巡らされている。ある果樹園におい

て白紋羽病は樹列の中央部に発生していた (図-1a)。またネットを支える支柱として使われていた生木のユーカリにも白紋羽病菌がまん延していた (図-1b)。

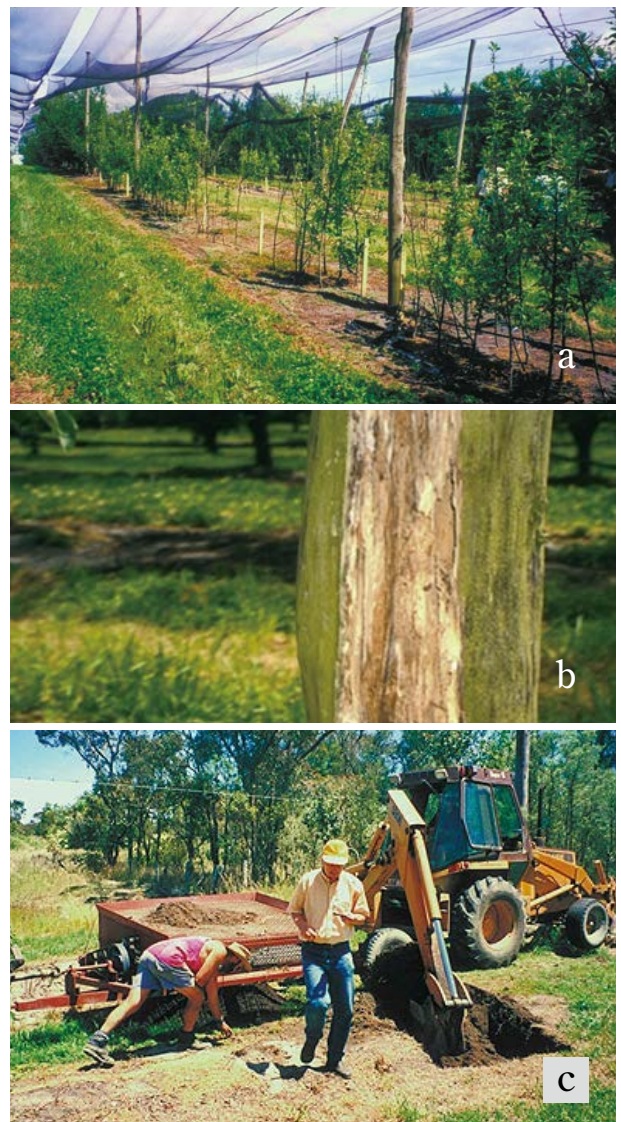


図-1 オーストラリア・クイーンズランド州の果樹園におけるリンゴ白紋羽病

a: 列状に植えたリンゴは電害防止のため、ネットで覆われている。b: ネットの支柱として生木のユーカリが使われており、白紋羽病菌はこの支柱の樹皮下にも定着していた。c: 機械による篩で罹病根の除去。

白紋羽病菌は山林においても幼木を枯死させる病原菌であり、樹体に過度の負担をかける集約的な果樹栽培条件下では、白紋羽病は紫紋羽病よりも激甚な被害を与える。佐賀県では、高い生産性を求めるあまり 1980 年代のバブル経済時代にはナシ園が山ごと廃園になる例もあった（図-2）。千葉県北部では、100 年を超える古いナシ産地で老木を抜根し補植した若木が定植後数年で枯死する事例が頻発し、白紋羽病の問題が顕在化している（高橋，私信）。長野県のリンゴでは、従来にもまして栽植密度が高く根圏が狭くなるリンゴのトールスピンドル仕立のため、列に沿っての被害拡大が早まる傾向にある（江口，私信）。また、出荷を早め降雨を避けるためなどの理由でビワ・ブドウ・サクランボなどをハウス栽培することも白紋羽病の発生を促す。近年いろいろな果樹でジョイント仕立てが広まりつつあるが、早期成園化と収量増加は樹体にさらに負担をかけるので激甚な被害発生が危惧される。

2 生活史

白紋羽病は *Rosellinia necatrix* によって引き起こされる。我が国では関連する菌として *R. aquila* (NAKAMURA et al., 2000) と *R. compacta* (TAKEMOTO et al., 2009) が知られているが、これらの種の詳細は明らかでない。紫紋羽病では植物が枯死しなくともその子実体はほぼ毎年同じ樹の地際に形成するのに対し、白紋羽病では多くの場合病気がまん延し植物が枯死した結果子実体が形成され

る。果樹園においては罹病・枯死樹は直ちに除去されるので白紋羽病菌の子実体を確認することはまれであるが、放置果樹園では子実体はしばしば観察される（図-3a）。白紋羽病として確認できる標徴は地下部樹皮下に形成された扇状菌糸束（図-3b, c）か、株元が雑草で覆われている場合に見られる白色綿毛状の菌そう（図-3d）である。

NAKAMURA et al. (2000) は、罹病根を 3 月に木陰の窪地に置きワラをかぶせておくと、8 月下旬には子実体が形成されることを報告している。すなわち根が罹病し子実体が形成されるには少なくとも 2 年を要する（中村，2009）。5～6 月にかけて罹病根の表面には分生子柄束（synnema）が菌褥（subiculum）の上に形成される（図-4a）。分生子柄束のできた樹皮の下には黒色の子座が形成され（図-4b）、やがて子座は隆起し（図-4c）、最終的には球状の子実体となる（図-4d）。未熟な子実体の内部にはクリーム色の子実層が形成され（図-4e）、子実層は成熟すると黒くなる（図-4f）。

子実体が湿ると頂端の口孔より子のう胞子の塊が噴出してくる。子のうの先端にはアミロイドの栓があり（図-5a）、子のう胞子は黒褐色・長紡錘形でやや湾曲している（図-5b）。分生子柄束の先端には分生子柄が密生する（図-5c）。分生子柄の先はひざ状に折れ曲がっている（図-5d）。分生子は培地上におかれても菌そうに発達することはなく、子座の真上に形成されることから



図-2 集約栽培によって 1980 年代に廃園となったナシ園の跡



図-3 白紋羽病の標徴

- a: 放置果樹園では子実体が形成されることもある。b, c: 樹皮下に形成された扇型菌糸束,
d: 株元が植物で覆われ湿度が保たれると、白色綿毛状の菌糸が表面にまん延する。

考慮しても、分生子は不動精子（spermatia）として受精に関係しているものと推定される。

IV 紋羽病の防除

白紋羽病の防除に関する研究蓄積は紫紋羽病に比べると多いが、考え方・手法は同じである。TEN HOOPEN and KRAUSS（2006）は白紋羽病の防除に関する総説を著している。彼らは、溝による遮断・太陽熱消毒による殺菌・生物防除・農薬の利用等の個別の手段の実験的な有効性は認めているものの、それらの効果については圃場レベルで証明される必要があるとしている。また現実的な手段として、熱帯のプランテーションにおける改植の際に生物防除資材の利用・石灰施用・植物残渣の除去（図-1c）*を挙げ、いずれにせよ現場では紋羽病菌の生態を考慮して複数の方法を組合せる必要があると説いてい

る。ここでは有効性が圃場レベルで確認され現実的に実施されている農薬フルアジナムの利用やこれからの普及が期待される温水治療について概説し、またマイコウイルスを用いた生物防除の現状と問題について述べる。

1 化学的防除

永年性作物で一個体当たりの経済的価値の高い果樹は農作物としては例外的に個体管理され、罹病部位を治療し広い根域を長期間保護するためには残効性の高い資材を大量に用いる必要がある。フルアジナムの土壌灌注は金谷ら（1998）により開発されたが、現在においても紫紋羽病・白紋羽病の主要な防除手段である。農薬の使用は環境保全の観点から最低限に抑えたいが、現実的にはフルアジナムの土壌灌注に替わる有効な化学的防除手段はない。

現場ではフルアジナム1回処理で治療効果は認められるものの再発することが多く継続的な処理が必要で、糸井ら（1964）の方法に準じた簡易診断による経過観察で圃場マップに基づくカルテを作成し、定期的なフルアジ

* オーストラリアでは罹病根除去のため機械による篩が試作されていたが、目が粗く罹病根のすべてを取り除くことはできなかった。



図-4 白紋羽病菌子実体

a: 菌褥の上に形成された分生子束, b: 樹皮下の黒い子座, c: 隆起した子座, d: 球状の子実体, e: 未熟子実体断面, f: 成熟子実体断面, スケールバーはいずれも 1.0 mm (c, d, e は NAKAMURA et al., 2000 より転載).

ナム処理が勧められている（江口，私信）。

2 物理的防除

大量のフルアジナムを土壌灌注することによる環境への影響について十分には評価されていないことに鑑み、EGUCHI et al. (2008) は温水を果樹園土壌に灌注することを試みた。予備試験で、35℃以上の温度で白紋羽病菌は死滅し、またナシ樹は45℃の温水に影響を受けないことがわかった。そこで50℃の温水を白紋羽病菌自然発生果樹園土壌に灌注したところ、罹病根の白紋羽病菌菌そ

うは消失し細根の再生が確認され治療効果が実証された。ナシ・リンゴ・ブドウに加え、その後処理温度を下げるなどの改良によりビワ（内川ら，2019）・サクランボ・モモ等弱熱耐性果樹にも応用可能になった。本方法は点滴チューブを増設すれば一度に4～8樹を効率的に処理することが可能であり、特に千葉県においては普及しつつある（高橋，私信）。温水点滴処理機を用いた温水治療技術の詳しい内容については、「白紋羽病温水治療マニュアル2018年速報版」「白紋羽病温水治療Q&A集」

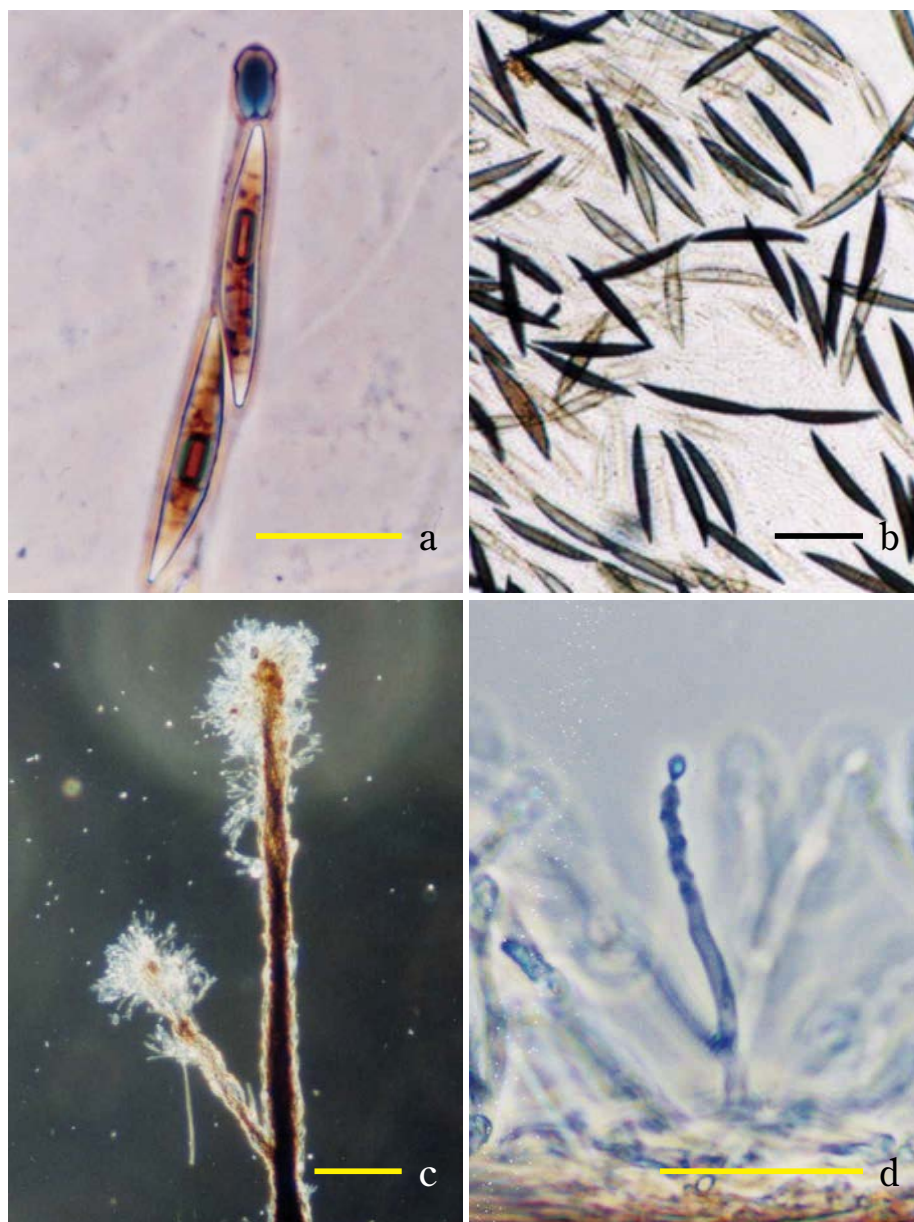


図-5 白紋羽病菌

a, b: 子のう胞子, c: 分生子柄束, d: 分生子柄. a: b: c: d: スケールバー a, b, d: 50 μm , c: 20 μm (dを除き NAKAMURA et al., 2000 より転載).

他多くの情報が農研機構のホームページで「白紋羽病」と検索すれば得られる。さらに TAKAHASHI and NAKAMURA (2020) は、市販のトリコデルマ資材を併用して温水治療効果を向上させる方法を開発した。具体的な内容については高橋（2022）に解説されている。

3 生物的防除

紋羽病菌の菌糸は土壌に長期間直接さらされているので、様々な生物と相互関係をもっている。なかでも *Trichoderma* や *Clonostachys* 等の菌寄生菌は目につきやすい。しかし、これらの菌は圃場レベルでは治療効果を発揮しない (SZTEJNBERG et al., 1987)。MENDOZA GARCÍA et

al. (2003) は、カカオの改植に際し複数の菌寄生菌を混ぜ石灰施用と有機物の除去を組合せた方法を用いた *Rosellinia* 属病原菌の生物防除を推奨している。しかしこれらの菌寄生菌が土壌中でどの程度紋羽病の抑制に寄与しているかは不明である。すなわち、土壌においては菌寄生菌が病原菌に直接対峙する一対一の関係は、菌核に絶対寄生性の *Sporidesmium sclerotivorum* (ADAMS and AYERS, 1981) などの例を除いて、ありえない。むしろ菌寄生菌は紋羽病菌の周辺に日和見菌として種々の雑菌とともに共存し、複雑な微生物生態系のなかにおいて、菌寄生菌—紋羽病菌相互関係は希釈されてしまうだろう

(MATSUMOTO, 1998)。そこで土着菌の拮抗性を高めるため、非病原性白紋羽病菌を拮抗菌のエサとして活用する防除技術の開発が近年進められている（中村, 2018）。また、TAKAHASHI and NAKAMURA (2020) の示すように、温水で雑多な菌をあらかじめ排除し紋羽病菌を“半殺し”にすれば寄生菌として紋羽病菌の生存を脅かすようになると考えられる。紋羽病菌の菌糸バイオマスは大量に土壤中に安定的に存在しているので *S. scletotivorum* のような絶対寄生菌は存在すると想像されるが、このような菌は紋羽病菌への依存度が高く、紋羽病菌菌糸がまん延して（病気の発生後）はじめて能力を顕在化させるものと予想される。むしろ、筆者らは紋羽病菌に直接対峙するものとしてマイコウイルスの利用を検討した（MATSUMOTO, 1998；松本, 2003）。

（1）マイコウイルスの探索

紋羽病菌を含めた多くの糸状菌からは病原力低下に関与したマイコウイルスが多数検出されている（GHABRIAL and SUZUKI, 2009；佐々木, 2009）。マイコウイルスは通常 ds（二本鎖）RNA をゲノムとして持っており、その中のあるものは植物病原菌の病原力低下（hypovirulence）を招く。dsRNA は電気泳動により比較的簡単に検出される。紫紋羽病菌 559 菌株および白紋羽病菌 424 菌株を調べたところ前者で 64.9%、後者で 19.3% の頻度で dsRNA が検出された（IKEDA et al., 2004）。IKEDA et al. (2003) は紫紋羽病菌から病原力の低い dsRNA 保有株を単菌糸分離でフリー化し、元株に対峙培養で感染させることに成功した。同様に KANEMATSU et al. (2004) も白紋羽病菌において病原力を低下させる dsRNA を発見した（図-6）。

（2）マイコウイルスの動態

マイコウイルスと糸状菌の相互関係はウイルスの水平伝播により共進化したと考えられ（BUCK, 1986）、その多くは宿主である糸状菌内に潜在的に存在している。そしてウイルス保有菌株を継代培養する間にウイルスは消失することもある。一方で、継代培養した菌株が保存中に劣化したり（BUCK, 1986）、食用キノコの栽培過程でキノコの生育不良や奇形を生じるなど、ウイルスの存在が顕在化してくることもある。このように、ウイルス—宿主糸状菌相互関係は環境の変化や時間とともに変動する。

マイコウイルスを紋羽病の防除に利用するにあたって、有用なウイルスの発見とともに重要なことは、フィールドにおけるウイルスの動態を理解しておくことである。紋羽病菌は MCG（菌糸体と合性群）により定義される個体が永続するので、野外における個体内のウイルス動態を dsRNA パターンの変化としてモニターできる。また、一つの MCG 内で複数の dsRNA が検出されることもしばしばある（図-7, IKEDA et al., 2004；OSAKI et al., 2004）が、経時的な野外観察からこのような状況が生じた経緯を推察できるかもしれない。

IKEDA et al. (2005) は、1999 年から 5 年間にわたり紫紋羽病の発生している岩手県のユリノキ林（45 × 45 m）でウイルス動態を調査した。調査開始時のユリノキは樹齢 34 年で、調査期間中紫紋羽病の明らかな被害を受けている樹はなかった。子実体より得られた 83 の菌株は八つの MCG に分けられ、最大の MCG60 は調査最終年まで継続して存在し、菌株に含まれる dsRNA パターンは時間の経過とともに複雑化した（表-1）。それ以外の



図-6 白紋羽病菌（W370）に含まれる dsRNA のキバナルビナスに対する病原力低下
a：w370，b：w370 を単菌糸分離により dsRNA フリーにした菌株，c：無接種対象区。

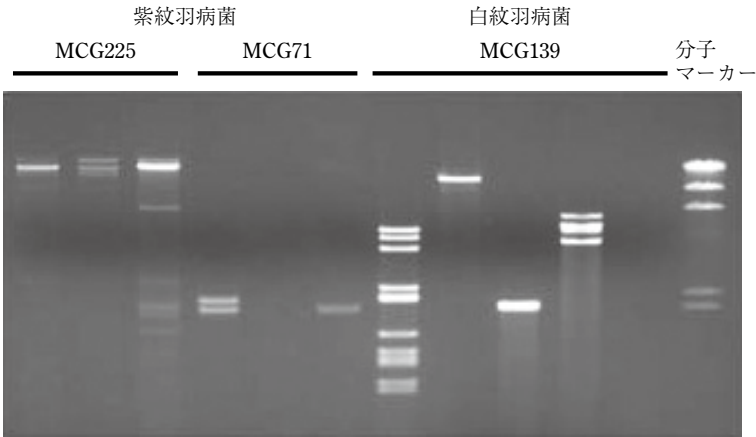


図-7 同じ MCG に属する菌株間の dsRNA パターンの多様性 (IkEDA et al., 2004 より転載)

表-1 ユリノキ林における紫紋羽病菌保有 dsRNA パターンの変遷^{a)}

MCG ^{b)}	調査年 ^{c)}				
	1999	2000	2001	2002	2003
60	A, B			D	D
	A	C	D	D	D
		B		D	D
		C			
		C		D	D
		C		D	D
		C		D	D
		C			
			D	D	D'
			D	D	D'
				D	D'
	B, C				
	B		C'		
	B ^{d)} , C, C'		D'	D'	
		A, B, C	D'		
		B			
		B			
		B		D'	
68			D'		D'
			D' ^{e)}	D'	D'
				D'	D'
					D'
					D'
	D		D		
	E		E		
	E		E		
		B			
		E			
		E			
			E		

^{a)} 岩手県のユリノキ林。広さはおよそ 45 × 45 m。子実体のある樹をマークし、同じ子実体の 3 箇所より経時的に菌株を分離した。dsRNA パターン A : dsRNA なし, B : バンド L, C : L + S1/3, C' : L + S2/4, D : L + M + S1/3, D' : L + M + S2/4, E : L + M (個々のバンドについては図-8 参照)。
^{b)} MCG は八つ検出され、そのうちの優占的な二つについて示した。最大の MCG60 は調査期間中存続し続け、それ以外のほとんどの MCG の消失に伴い、ユリノキ林をほぼ独占するようになった。
^{c)} 同じ子実体から継続して採取した菌株の dsRNA パターンは同じ行に表示した。
^{d)} この菌株 (v169) より単担子孢子分離菌株 (v816, 図-8 参照) を得た。
^{e)} この菌株 (v1040) の dsRNA 断片 M および S2/4 より図-8 のプローブを作成した。
IkEDA et al. (2005) Table 1 より抜粋。

MCG は二番目に大きい MCG68 も含めほとんどが途中で消失した。

このユリノキ林の紫紋羽病菌からは MCG を問わず電気泳動的に異なる六つの dsRNA 断片（L, M, S1, S2, S3, および S4）が検出された（図-8a）。これらの dsRNA 断片の相互関係を菌株 v1040（MCG60）の断片 M を用いてノーザンブロットにより調べたところ、断片 L, M, および S1/3 は相互に関連があり、また菌株 v169（レーン B）由来の単担子胞子菌株 v816 の断片 M もこのプローブとハイブリダイズした（図-8b）。一方、断片 S2/4 のプローブは断片 S2/4 と強く反応し、断片 S1/3 とは弱く反応したのみだった（図-8c）。以上のことから、断片 M

と S1/3 は断片 L に由来する一方、これらの断片とハイブリダイズしなかった断片 S2/4 は由来の異なる dsRNA と考えられた。さらにこのユリノキ林の異なる MCG 間における dsRNA の関連性を菌株 v1038（MCG60）の dsRNA 断片 L をプローブに調べたところ、ほぼすべての菌株の L 断片が反応しただけでなく、他の産地由来の菌株の dsRNA ともハイブリダイズした。

ユリノキ林において、当初部分的にあるいは全体が dsRNA フリーであった子実体も調査 3 年目以降はすべての子実体が dsRNA を保持していた。すなわち、紫紋羽病菌 MCG のクローン的成長とともにその中に含まれる dsRNA 断片も増加した。そのメカニズムとして dsRNA の断片化と新規な dsRNA の感染が考えられた。このように MCG 内において dsRNA が時間の経過とともに増加・拡散の一途を辿ることは IKEDA et al. (2004) の知見、すなわち紫紋羽病菌では菌糸の成長による dsRNA フリー化が起こりにくく、また dsRNA の感染率は 64.9% と白紋羽病菌の 19.3% に比べ圧倒的に高いこととも一致する。また、S1/3 と S2/4 の二組の小さい dsRNA は共存することなく、干渉作用が見られた。さらに単担子胞子菌株は親菌株由来の dsRNA 断片を保持しており、マイコウイルスの垂直伝播も示唆された。

（3）異なる MCG 間のマイコウイルス伝播

細胞質不和合性は MCG 識別の基盤をなすが、一方で菌糸融合によるマイコウイルスの菌株間伝播の阻止という重要な生態的意義をもっている（TODD and RAYNER, 1980）。事実、紋羽病菌の対峙培養では異なる MCG 間でマイコウイルスの伝播は起こらなかった（SUZAKI et al., 2003；IKEDA et al., 2013）。病原力低下作用のあるマイコウイルスを見つけることはもちろん、MCG を選ばず任意の菌株にマイコウイルスを感染させることもマイコウイルスによる紋羽病の生物防除の成否にかかわる重要事項である。マイコウイルスを任意菌株に導入する方法は二つに大別される。すなわち、細胞質不和合性にかかわらず対峙培養によりウイルスを導入する方法と対峙培養によらず細胞質不和合性を考慮しない導入法である。

1) 対峙培養による方法

（i）クリ胴枯れ病菌（*Cryphonectria parasitica*）における vic 遺伝子

細胞質不和合性の異なる菌株同士の対峙培養で双方の菌糸が融合すると、ある種のプログラム細胞死（PCD）により融合細胞は死滅しマイコウイルスの伝播は阻止される。このような細胞質不和合性を遺伝子レベルで打破することはマイコウイルス接種のための直接的な手段であるが、紋羽病菌においては遺伝子レベルの研究はまった

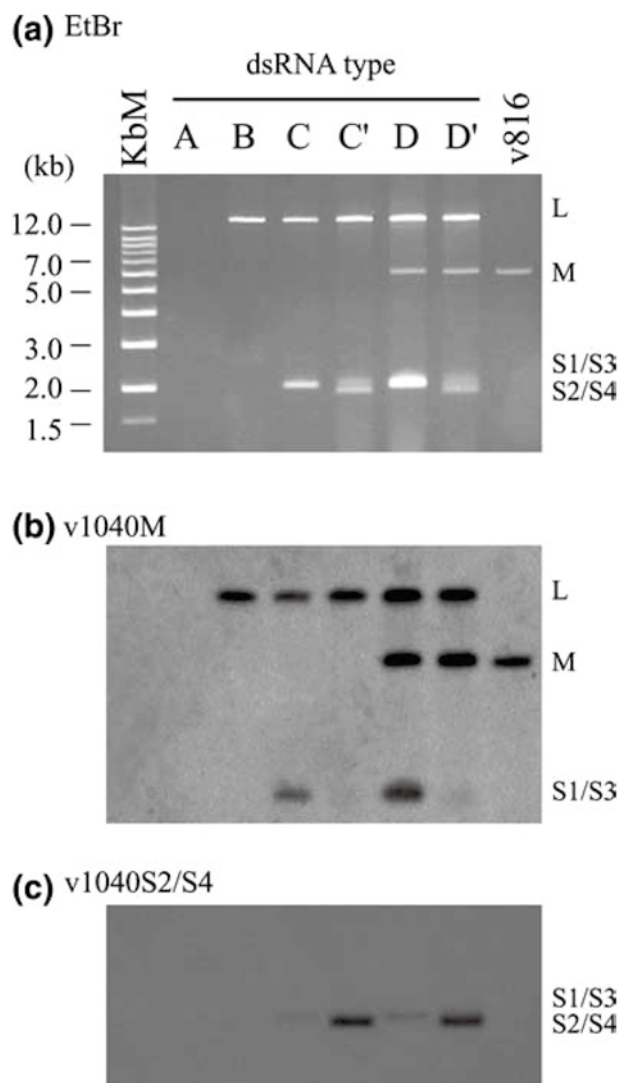


図-8 MGC60 に属す菌株の dsRNA アガロースゲル電気泳動パターン

a: エチジウムブロマイド染色, b: 菌株 v1040 (表-1 参照) の dsRNA 断片 M をプローブにしたノーザンブロット, c: 同断片 S2/4 をプローブに使用. V816 は v169 (レーン B) の単担子胞子分離菌株 (IKEDA et al., 2005 より転載)。

く行われていない。遺伝子レベルの研究は将来マイコウイルスを使った生物防除のブレイクスルーとなりうるだろう。ここではその先駆的な研究例として、*C. parasitica* でなされた研究を紹介したい。細胞質不和合性反応には複数の *vic* 遺伝子が関与し、反応の強度は遺伝子により異なる。CORTESI et al. (2001) はウイルス供与株 (dsRNA+) と受容株 (dsRNA-) 間のウイルスの移行を対峙する菌株の *vic* 遺伝子型を様々に変えて調べた。その結果移行頻度は *vic* 遺伝子により異なり、特に *vic4* 遺伝子が異なってもウイルス移行はまったく阻止されないことや同じ対峙組合せでも供与株と受容株が入れ替わると移行頻度が変化するを明らかにした (表-2)。そして、細胞死とウイルスの移行の間には負の関係があることや、PCD が遅れたりその頻度が低い場合にウイルスは移行しやすいことが明らかになった (BIELLA et al., 2002)。DAWE et al. (2003) は EST (expressed sequence tag) により *vic* 遺伝子と思われるものを五つ検出した。EST によるマイコウイルス・宿主菌の相互関係において発現する遺伝子の研究が深化すると期待される (SHANG et al., 2008)。

(ii) 亜鉛を含む培地で対峙培養

白紋羽病菌では MCG が異なると菌糸融合そのものがほとんど起こらない。しかし塩化亜鉛を培地に加えると菌糸融合は促進され、しかも異なる MCG 間で複数のマイコウイルスの伝播が確認された (IKEDA et al., 2013)。詳細な形態観察によると、白紋羽病菌の不和合性反応は既知の不和合性に関する機構に加え、菌糸融合に至らずに液胞が崩壊するという従来知られていない機作による細胞死が引き起こされることが明らかになった。これら

の現象に関与している遺伝子を RNA-seq 解析で突き止め、ゲノム編集によりその遺伝子の配列を変化させることで塩化亜鉛と同じ効果が得られるかもしれない。

(iii) ベクターモノカリオン

紫紋羽病菌は通常二核であるが培養中に一核 (モノカリオン) になることがある。このようなモノカリオンは MCG の異なる二核の野生株と対峙培養しても想定通り菌糸は不完全融合し、融合細胞は死滅する。しかし、コロニーの接触部に褐色の境界線を生じることはない。そして低頻度ではあるがモノカリオンの保有するウイルスは MCG の異なる二核菌株に伝播した (SUZAKI et al., 2003)。モノカリオン化は通常の二核の状態から核融合して起こったと考えられるが (AIMI et al., 2001)、その過程で自己・非自己の認識機構が不安定になったと考えられる (SUZAKI et al., 2003)。紫紋羽病菌における二核野生株とモノカリオンの対峙場面において活性化される遺伝子群についても RNA-seq 解析が有効と考えられ、上記亜鉛を含む培地での白紋羽病菌の場合との比較研究が待たれる。

2) 対峙培養によらない方法

(i) プロトプラスト

プロトプラストを用いたマイコウイルスの導入には純化したウイルス粒子を取り込ませる方法がある (佐々木, 2009)。SASAKI et al. (2006) は白紋羽病菌のプロトプラストに純化したマイコウイルスを導入する方法を開発し、さらに別科のマイコウイルスの導入にも成功した (SASAKI et al., 2007)。新たにウイルスを獲得した菌株は生育異常を示し、病原力も低下した。この方法を利用して KANEMATSU et al. (2010) は白紋羽病菌由来の複数のマイコウイルスを *Diaporthe* sp. 他の白紋羽病菌以外の菌

表-2 *vic* 遺伝子型を異にする菌株間のマイコウイルスの伝播^{a)}

異にする遺伝子座 ^{b)}	供与株→受容株		受容株→供与株 ^{c)}		総供試菌株数 ^{d)}
	伝播率（範囲 ^{e)}		伝播率（範囲 ^{e)}		
すべて同じ	100	100	100	100	6
<i>vic1</i>	4.2	0～20	98.2	95～100	12
<i>vic2</i>	9.1	6.7～46.7	27.8	5～60	12
<i>vic3</i>	81.2	72.5～100	70.9	52.5～100	12
<i>vic4</i>	100	100	100	100	6
<i>vic6</i>	21.2	5～73.3	43.1	4.3～100	12
<i>vic7</i>	99.4	97.5～100	41.1	10～100	12

^{a)} ウイルス感染はコロニー形態の変化で判定した。

^{b)} 対峙する菌株間で *vic* を異にした遺伝子座。

^{c)} 同じ対峙培養菌株組合せで逆方向の伝播を調べる際、当初供与株だったものをフリー化して「供与株」と表し受容株として用いた。受容株はその逆の処理をした。

^{d)} 同じ菌株は別の組合せでは使われていない。すなわち、菌株数の半分の組合せが試験された。

^{e)} 同じ組合せを 15 から 60 回繰り返した。

CORTESI et al. (2001) Table 1 より抜粋、改変。

種にも導入し、これらのウイルスの影響が確認された。

（ii）ベクターの利用

マイコウイルスの伝播機構は不明でベクターの存在も知られていないが (XIE and JIANG, 2014), 多くの圃場観察の事例からベクターの存在が示唆される。すなわち、紋羽病菌はしばしば新規にマイコウイルスを獲得することがある。この現象を実証するため、YAEHASHI et. al. (2013) は13年生のリンゴ樹48本が植えられている白紋羽病発生のない果樹園において、MCGの異なる二つの菌株（一方はdsRNAフリー、他方はdsRNA保有）のどちらかあるいは両方合わせてすべてのリンゴ樹に接種した。2, 3年後に再分離された42菌株のうち22菌株で新たなdsRNAが検出された。また、接種に用いた異なるMCG間でのdsRNAの移行も確認された。次いで、YAEHASHI and KANEMATSU (2016) はリンゴ園や森林で採取した土壌8lを入れた容器の中でdsRNAフリーの白紋羽病菌が伸長して新鮮なリンゴ枝にコロナイズするようにした。温室放置4~4.5か月後に再分離した白紋羽病菌からも複数のマイコウイルスが検出され、圃場レベルで得られた前述の結果が小規模な温室レベルでの実験でも再現された。

土壌中には種々の微生物や小動物が紋羽病菌と関連している。その中でウイルスを媒介する可能性が最も高いと考えられたのは、口針をもつ線虫である。事実線虫を飼育してみると、白紋羽病菌の菌糸を積極的に吸汁したり（図-9a）、紫紋羽病菌の菌そう中を活発に徘徊しているのが観察された（図-9b）。澤島ら（2015）は白紋羽病菌の保有するマイコウイルスを線虫（*Aphelenchoides* sp. および *Filenchus discrepans*）を用いて白紋羽病菌ウイルス保有菌株からMCGの異なるウイルスフリー株に感染させることに成功した。線虫をマイコウイルスのベクターとして利用するには、ベクターとしての接種効率以外にも嗜好性や繁殖等の紋羽病菌との親和性も考慮されなければならない。線虫はガン患者の早期発見で注目されており、ヨーロッパでは線虫を用いたナメクジの生物防除剤が製品化されている（HOWLETT, 2012）。線虫は種類も多く、未解明の機能が今後解明されることを望まれる。

おわりに

果樹類では密植栽培に代表される集約的栽培管理が一般的になり樹体にかかるストレスが軽減されることはなく増加する一方である。本来森林生態系を構成する一員として多くの植物と共存していた紋羽病菌は、環境変化により猛威を振るうようになった。紋羽病という土壌伝

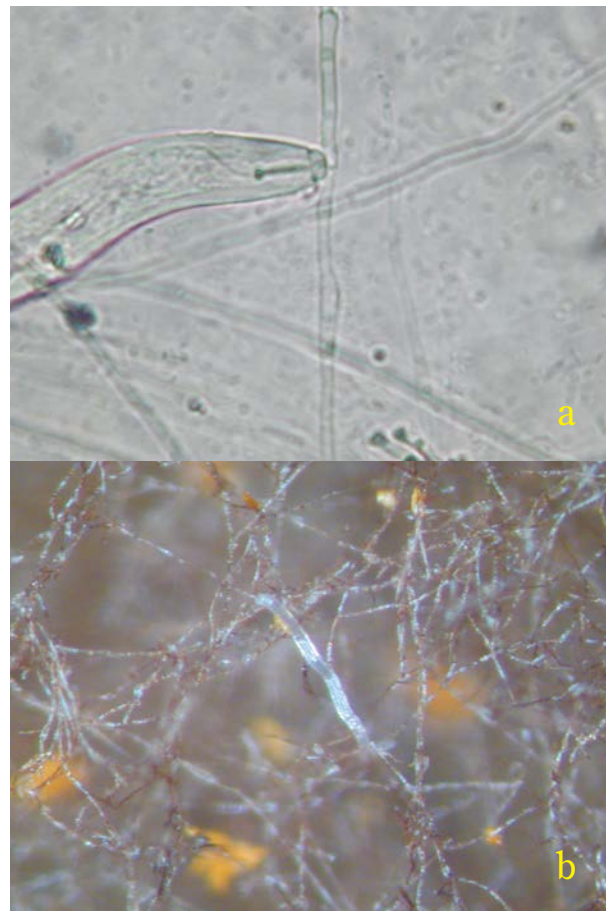


図-9 紋羽病菌と線虫

a: 白紋羽病菌の菌糸より吸汁する線虫, b: 紫紋羽病菌の菌そう中を徘徊する線虫。

染性病害を、しかも果樹という永年性作物を対象に半永久的に防除することは容易でない。そうした中で、農薬の土壌灌注に替わる方法として温水処理が考案され機械も市販されるようになった。千葉県では温水処理機の普及が少しずつ進んでいるがまだ十分ではなく（高橋，私信），農家は当然防除にかかわる経済的な負担を軽減したいと望んでいる（赤平，私信）。とりあえずは普及の場面で温水処理機が農家に広く受け入れられるような方策が実施・推進されるよう望まれる。

紋羽病の生物防除に関して圃場レベルでの試験はなされていない。2000年以降紋羽病菌の基礎的な知見はかなり解明され、有望なマイコウイルスも発見された。その先のウイルスの利用にあたっては細胞質不和合性の打破に関する方法のさらなる改良・開発が望まれる。特に、ウイルスと線虫との相互関係はやっと糸口がつかめた状態から進展していない。それから未検討のまま残されている課題は、病原性のないあるいは弱い系統の利用である。非病原性の *Fusarium oxysporum* を利用したサツマイモつる割病の生物防除（小川・駒田，1984）の成

功例はよい見本である。サツマイモ由来の紫紋羽病菌はリンゴ台木に病原性を示さない（UETAKE et al., 2003）。こうした系統は九州のサツマイモ畑で100年間も選抜された結果であろう。検討する価値がある。

謝辞 以下の方々には各地における紋羽病の現状に関する情報提供や文献収集にご協力いただきました。ここに謝意を表します。赤平知也氏（青森県産業技術センターりんご研究所）、池田健一博士（神戸大学）、江口直樹博士（長野県果樹試験場）、川上顕博士（北海道農業研究センター）、佐々木厚子博士（農研機構果樹茶業研究部門）、高橋真秀博士（千葉県庁）、田中文夫博士（北海道植物防疫協会）、中村仁博士（日本タルク株式会社）。

引用文献（その2）

- 1) ADAMS, P. B. and W. A. AYERS (1981): *Phytopathology* **71**: 90~93.
- 2) AIMI, T. et al. (2001): *Mycoscience* **42**: 247~254.
- 3) 荒木隆男 (1967): 農業技術研究所報告 **C21**: 110 pp.
- 4) BIELLA, S. et al. (2002): *Proc. R. Soc. Lond. B* **269**: 2269~2276.
- 5) BUCK, K. W. (1986): *Fungal Virology*, CRC Press, Boca Rayton, p.1~84.
- 6) CASTRO, B. L. et al. (2013): *Austrasian Plant Pathol.* **42**: 515~523.
- 7) CORTESI, P. et al. (2001): *Genetics* **159**: 107~108.
- 8) DAWE, A. L. et al. (2003): *Microbiology* **149**: 2373~2384.
- 9) EGUCHI, N. et al. (2008): *J. Gen. Plant Pathol.* **74**: 382~389.
- 10) GHABRIAL, S. A. and N. SUZUKI (2009): *Ann. Rev. Phytopathol.* **47**: 353~384.
- 11) HOWLETT, S. A. (2012): *CAB Reviews* **7**: 1~10.
- 12) IKEDA, K. et al. (2003): *J. Gen. Plant Pathol.* **69**: 385~290.
- 13) ——— et al. (2004): *Mycol. Res.* **108**: 626~634.
- 14) ——— et al. (2005): *FEMS Microbiology Ecology* **51**: 293~301.
- 15) ——— et al. (2013): *Appl. Environ. Microbiol.* **79**: 3684~3691.
- 16) 糸井節美ら (1964): 日蚕誌 **33**: 161~166.
- 17) 金谷 元ら (1998): 日植病報 **64**: 139~141.
- 18) KANEMATSU, S. et al. (2004): *Phytopathology* **94**: 561~568.
- 19) ——— et al. (2010): *ibid.* **100**: 922~930.
- 20) MATSUMOTO, N. (1998): *JARQ* **32**: 31~35.
- 21) 松本直幸 (2003): 農業および園芸 **78**: 1155~1161.
- 22) MENDOZA GARCÍA et al. (2003): *Biological Control* **27**: 210~217.
- 23) NAKAMURA, H. et al. (2000): *Mycoscience* **41**: 503~507.
- 24) 中村 仁 (2009): 微生物遺伝資源利用マニュアル **27**: 1~24.
- 25) ——— (2018): 果実日本 **73**: 44~48.
- 26) 小川 奎・駒田 旦 (1984): 日植病報 **50**: 1~9.
- 27) OSAKI, H. et al. (2004): *Mycol. Res.* **108**: 635~640.
- 28) PLOETZ, R. (2007): *Phytopathology* **97**: 1634~1639.
- 29) SASAKI, A. et al. (2006): *Arch. Virol.* **151**: 697~707.
- 30) ——— et al. (2007): *Phytopathology* **97**: 278~286.
- 31) 佐々木厚子 (2009): 果樹研報 **8**: 1~14.
- 32) 澤島拓夫ら (2015): 特開 5787313.
- 33) SHANG, J. et al. (2008): *Fungal Genet. Biol.* **45**: 319~327.
- 34) SUZAKI, K. et al. (2003): *Mycoscience* **44**: 139~147.
- 35) SZTEJNBERG, A. et al. (1987): *Plant Dis.* **71**: 365~369.
- 36) TAKAHASHI, M. and H. NAKAMURA (2020): *J. Gen. Plant Pathol.* **86**: 419~422.
- 37) 高橋真秀 (2022): 植物防疫 **76**: 202~207.
- 38) TAKEMOTO, S. et al. (2009): *Mycologia* **101**: 84~94.
- 39) TEN HOOPEN, G. M. and U. KRAUSS (2006): *Crop Protection* **25**: 89~107.
- 40) TODD, N. K. and A. D. M. RAYNER (1980): *Sci. Pro. Oxf.* **66**: 331~354.
- 41) 内川敬介ら (2019): 長崎農林技セ研報 **9**: 109~119.
- 42) UETAKE, Y. et al. (2003): *J. Gen. Plant Pathol.* **69**: 42~44.
- 43) XIE, J. and D. JIANG (2014): *Ann. Rev. Plant Pathol.* **52**: 45~68.
- 44) YAEHASHI, H. et al. (2013): *FEMS Microbial Ecology* **83**: 49~62.
- 45) ——— and S. KANEMATSU (2016): *Virus Research* **219**: 83~91.

農林水産省プレスリリース (2022.10.14~2022.11.9)

農林水産省プレスリリースから、病害虫関連の情報を紹介します。

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

- ◆みどりの食料システム法に基づく地方公共団体の基本計画の同意について(滋賀県) (22/10/28) /kanbo/b_kankyo/221028.html
- ◆「令和4年度第1回生物多様性影響評価検討会総合検討会」の開催及び一般傍聴について (22/11/1) [www.maff.go.jp](https://www.maff.go.jp/j/docs/press/221101.html) の後に /docs/press/221101.html
- ◆みどりの食料システム法に基づく基盤確立事業実施計画の認定について (22/11/1) /kanbo/b_kankyo/221101.html
- ◆「グリーンな栽培体系を学ぶ第2回オンラインセミナー」の開催について (22/11/4) /nousan/gizyu

tu/221104.html

- ◆「みどりの食料システム戦略」の実現に貢献する2030年までに利用可能な技術を紹介！～技術カタログ(Ver.2.0)を本日公開！～ (22/11/8) /kanbo/kihyo03/221108.html
- ◆「農林水産省が進めるオープンイノベーション！[知]の集積と活用の中場@ポスターセッション2022を開催します (22/11/9) [www.maff.go.jp](https://www.maff.go.jp/j/docs/press/221109.html) の後に /docs/press/221109.html
- ◆「令和4年度病害虫発生予報第9号」の発表について (22/11/9) /syouan/syokubo/221109.html

植物防疫講座

農薬編-44

多作用点接触活性を有する殺菌剤

日本農薬株式会社 とみ 富 た 田 ひろ 啓 ふみ 文

はじめに

多作用点で接触活性を有する殺菌剤は、世界的な薬剤耐性管理機構である FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) によってグループ M に分類されており、さらに主に化学グループの観点から FRAC コード M1～M12 に細分されている (表-1) (農薬工業会, 2022 a)。グループ M には、古くから植物病害に対する防除効果が知られていた無機化合物 (銅, 硫黄およびその混合物) のほか、ジチオカーバメート類あるいはクロロニトリル類等いわゆる保護殺菌剤が属している。これらの殺菌剤は、主にその作用機構上の特性から効果的な耐性菌対策資材として特異な製品群を形成している。本稿では、グループ M のうち国内登録のある主要薬剤が含まれている FRAC コードを中心に概説する。なお、本グループの全般情勢や各剤情報および耐性菌管理等については、それぞれ最近の総説 (農薬ハンドブック, 2021 ; AgbioCrop, 2021) および関係機関のホームページ (農薬工業会, 2022 b ; FRAC, 2022) を参照した。

I 開発の経緯

1 コード M1 (無機化合物：銅)

硫酸銅溶液にコムギの種子を浸漬すると黒穂病類を防除できることが 1807 年にフランスにおいて報告されており、化学的手法による最初の病害防除法とされている。その後 1885 年に硫酸銅と消石灰の混合液がボルドー地方でブドウと病防除に茎葉散布によって使用された。本剤はその後ボルドー液 (塩基性硫酸銅カルシウム) として近代殺菌剤の先駆けとなり、各種の銅剤が現在も汎用的に使われている (細辻・加藤, 1986 ; KLITICH, 2008)。銅を主成分とする殺菌剤には塩基性塩化銅 ($\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$, 商品名：クプラビットホルテ, ドイツボルドーほか)、塩基性硫酸銅 ($\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$, 商品名：

IC ボルドー, Z ボルドーほか)、水酸化第二銅 ($\text{Cu}(\text{OH})_2$, 商品名：コサイドボルドーほか)、硫酸銅・無水硫酸銅 (CuSO_4 , 商品名：硫酸銅) 等の無機銅剤と、オキシシ (8-キノリノール) が銅イオンとキレート結合した有機銅剤 (図-1, 商品名：オキシシ銅, キノンドー, ドキリンほか) が含まれる。銅剤の製剤における技術改良はボルドー液の煩雑な調製方法の改善を中心に進められ、使い方に応じて水和剤, 粉剤, フロアブル剤, 粒剤等へ展開されてきた。なお、国内においての最初の銅殺菌剤は日産化学工業株式会社 (現日産化学株式会社) によって 1948 年に登録された。

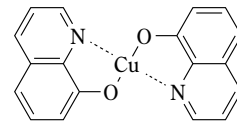


図-1 有機銅

2 コード M2 (無機化合物：硫黄)

硫黄による作物病害虫の防除効果など作物保護における実績については紀元前から知られており、硫黄は現在でも使われている最古の農薬成分である。歴史的には硫黄粉末を加熱するくん煙法などにより使用されてきたが、殺菌, 殺虫効果のある製剤として硫黄と石灰の混合液 (石灰硫黄合剤) が 1851 年にフランスにおいて創製された (農薬工業会, 2017)。その後も特異な機能や経済的利点を活かしつつ技術改良による性能改善などを経て使用されている。石灰硫黄合剤の国内における最初の登録は日産化学工業株式会社 (現日産化学株式会社) により 1948 年に取得された。なお、1991 年に登録されたフロアブル製剤は硫黄微細粒子の水中懸濁により発火・引火性を回避したことで危険物から除外されている。

3 コード M3 (ジチオカーバメート類および類縁体)

保護殺菌剤の代表的な製品群を形成する有機硫黄剤のグループである。本系統の開発は、1880 年代からゴム製品の製造過程で高い弾力性を付与するための加硫促進剤として使用されていたジチオ酸塩類の高い殺菌活性が 1931 年に報告されたことを契機としている (森ら,

Contact Fungicides with Multi-site Inhibiting Activity. By Hirofumi TOMITA

(キーワード：多作用点, 接触活性, SH 酵素阻害, 保護剤, 殺菌剤)

表-1 多作用点接触活性を有する殺菌剤の作用機構分類 (FRAC)

作用機構	標的部位とコード	グループ名	化学または生物グループ	一般名	コメント	FRACコード
M 多作用点接触活性	多作用点接触活性	無機化合物 (求電子剤)	無機化合物	銅 (種々の塩) ※	※有機銅にも適用	M1
		無機化合物 (求電子剤)	無機化合物	硫黄		M2
		ジチオカーバメート類 および類縁体 (求電子剤)	ジチオカーバメート類 および類縁体	アンバム ファーバム マンゼブ マンネブ メチラム プロピネブ チウラム チアゾール亜鉛 ジネブ ジラム		M3
		フタルイミド類 (求電子剤)	フタルイミド類	キャプタン ダイホルタン (カプタホール) ホルベット		M4
		クロロニトリル類 (フタロニトリル類) (作用点不明)	クロロニトリル類 (フタロニトリル類)	TPN (クロロタロニル)	糸状菌での耐性発現の徴候がなく、一般的に耐性リスクは低いと考えられている	M5
		スルファミド類 (求電子剤)	スルファミド類	スルフェン酸系 (ジクロフルアニド) トリルフルアニド		M6
		ビスグアニジン類 (細胞膜攪乱剤, 界面活性剤)	ビスグアニジン類	グアザチン イミノクタジン酢酸塩/イミノクタジン アルベシル酸塩 (イミノクタジン)		M7
		トリアジン類 (作用点不明)	トリアジン類	トリアジン (アニラジン)		M8
		キノン類 (アントラキノン類) (求電子剤)	キノン類 (アントラキノン類)	ジチアノン		M9
		キノキサリン類 (求電子剤)	キノキサリン類	キノキサリン (キノメチオナート)		M10
		マレイミド (求電子剤)	マレイミド	フルオリミド		M11
		チオカーバメート (求電子剤)	チオカーバメート	メタスルホカルブ	U42 から分類変更 (2018 年)	M12

1953)。有機硫黄剤は主に化学構造から、エチレンビスジチオカーバメート系とジメチルジチオカーバメート系に大別される。前者には、ジメチルジチオカルバミン酸の各種金属塩としてジラム (図-2a, 商品名: コニファー)、マンネブ (図-2b, 商品名: エムダイファーほか)、プロピネブ (図-2c, 商品名: アントラコールほか)、マンゼブ (図-2d, 商品名: ジマンダイセンほか) のほかアンバム (図-2e, 商品名: ダイセンステンレスほか)、ポリカーバメート (図-2f, 商品名: ビスダイセン) 等が属している。国内においては大内新興化学工業株式会社によってジメチルジチオカルバミン酸の亜鉛塩として初

めてジラム剤が登録された (1950 年)。その後、水溶性の付与による速効性や残効性の改善、作物への付着による汚れの削減等の性能改善が進められ、順次、登録を取得した (マンネブ: 1956 年, アンバム: 1960 年, ポリカーバメート: 1965 年, マンゼブ: 1969 年)。なお、マンゼブ剤は 1990 年代、米国 EPA による安全性の再評価を経て、JA 全農によって国内初の本格的なジェネリック農薬として販売が開始された (ペンコゼブ水和剤, 1995 年)。また、後者にはチウラム (図-2g, 商品名: チウラム, チオノックほか) が属しており、散布剤のほか種子粉衣への適用性を特長として使用されている。本

剤もゴムの加硫促進剤として使われていたジチオ酸誘導体の殺菌効果に着目した大内新興化学工業株式会社の開発により国内登録が取得されている（1954年）。

4 コード M4（フタルイミド類）

フタルイミド系の保護殺菌剤、キャプタン（図-3a, 商品名：オーソサイド）およびホルベット（図-3b, 商品名：リナセル）は各々 1947 年および 1953 年に米国の化学企業（スタンダード・オイル・ディベロップメント・カンパニー社）で発明された。国内では病害防除スペクトルの広さのほか薬害の少なさによる汎用性の高さから 1950 年代に果樹・野菜分野を中心に評価が進められ、各々 1953 年および 1969 年に登録された。なお、前者は 1997 年に株式会社トーメン（現アリスライフサイエンス株式会社）がゼネカ社（当時）から全世界の商権を買収している（アリスライフサイエンス株式会社, 2016）。また、後者では国内登録が 1985 年に失効したが、本剤の有用性に基づいてアリスライフサイエンス社が 2017 年にアダマ・マクテシム社から開発権を取得し、再登録が申請された（アリスライフサイエンス株式会社, 2017）。現在は北興化学工業株式会社およびサンケイ化学株式会社も登録を有している。

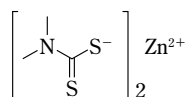


図-2a グラム

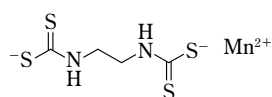


図-2b マンネブ

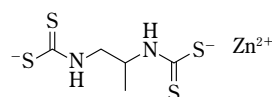


図-2c プロピネブ

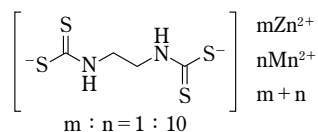


図-2d マンゼブ

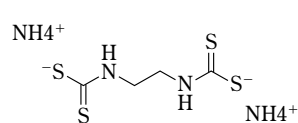


図-2e アンバム

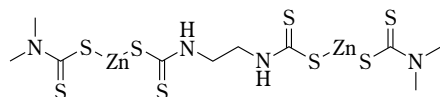


図-2f ポリカーバメート

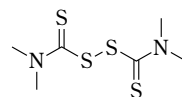


図-2g チウラム

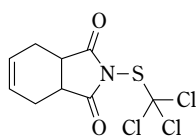


図-3a キャプタン

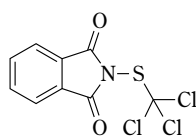


図-3b ホルベット

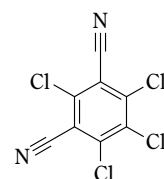


図-4 クロロタロニル

5 コード M5（クロロニトリル類（フタロニトリル類））

クロロニトリル系保護殺菌剤のクロロタロニル（図-4, 商品名：ダコニール 1000 ほか）は 1963 年に米国のダイヤモンド・シャムロック社で開発され、国内では 1965 年にイハラ農薬株式会社（現クミアイ化学工業株式会社）により登録された。病害防除スペクトルが広いことに加えて作物に対する薬害および耐性菌発達の懸念が低いことから、国内では野菜・果樹分野を中心に幅広く使用されている。現在、世界的にはシンジェンタ社を基幹として多くのジェネリック・メーカーが製造、製品開発および販売を行っている。なお、欧州のムギ分野においては特に 2000 年代に入ってから、単作用点で活性レベルや浸透性等の性能に優れる主要薬剤系統（SBI 剤, QoI 剤, SDHI 剤）および数種うどんこ病専用剤の耐性菌問題が次々に顕在化した。その結果、主としてコムギ葉枯病や各種ムギ類のうどんこ病に対する耐性菌対策として本剤の単剤や単作用点との混合剤の投入が急速に進んだ（AgbioCrop, 2021）。

6 コード M7（ビスグアニジン類）

イミノクタジン酢酸塩（図-5a, 商品名：ベフランは

か)とイミノクタジンアルベシル酸塩(図-5b, 商品名: ベルクート)は, 大日本インキ化学工業株式会社によって各々 1983 年, 1994 年に登録が取得され, その後両剤とも日本曹達株式会社が権利を取得した(2004 年)。イミノクタジン酢酸塩は 1978 年に開始された「新農薬開発促進事業」(農林水産省)の適用を受けて開発された最初の農薬である。イミノクタジンアルベシル酸塩の開発では, イミノクタジンと塩を形成する多様な有機酸類が詳細に検討され, イミノクタジン酢酸塩の短所とされた葉害やビスグアニジン構造由来の強塩基イオン性による他剤との混合不適合性および安全性に関するいくつかの項目が大きく改善された。なお, 両化合物のプロトタイプがグアザチン(イミノクタジン酢酸塩)として 1964 年に英国のエバンス・メディカル社で発明され, その後スウェーデンのケノ・ガード・AB 社によりムギ類種子処理やパレイショ塊茎消毒用途等を中心に欧州市場で先行開発された。これを契機に大日本インキ化学工業株式会社が 1971 年から国内開発を目指したが, 有効成分が多成分混合物であることや製造中間体の価格問題等を端緒として両社の共同研究契約は解消され, その結果, 大日本インキ化学工業株式会社のイミノクタジン酢酸塩は先行グアザチンとは異なる同社独自開発によるビスグアニジン類とされている(日本曹達株式会社, 2018 a; 2018 b)。

7 コード M9 (キノン類 (アントラキノン類))

キノン類に属するジチアノン(図-6, 商品名: デラン)は, 1957 年にドイツのエー・メルク社において発明された。その後 1960 年に大日本除虫菊株式会社によって国内開発が進められ, イネ白葉枯病やかんきつ黒点病, そうか病等での効果確認を経て 1962 年に最初の登録が

取得された。現在は BASF ジャパン株式会社に継承されている。水稻分野での開発研究が進められた当時の時代背景として, コメを中心とする食料増産が進められていた一方で細菌病害の防除剤が乏しく白葉枯病防除剤が渴望されていたこと, また産地拡大期にあったかんきつ分野においては開花期の病害防除で一定の性能が要求されていたこと等, これらを打開できる本剤の登場は当時の生産現場のニーズに応えるものとなった。また, イネでは二次的効果として増収効果が示唆されたこと, かんきつの薬剤防除で問題となっていたスターメラノーズ(葉斑)や落葉の発生が低減できる特長等も, 当時の現地評価試験を通じて高く評価された(BASF ジャパン株式会社, 2012)。

8 コード M10 (キノキサリン類)

キノキサリン系のキノメチオナート(図-7, 商品名: モレストン)は, 1958 年にドイツのバイエル社で開発され, 国内では 1961 年に日本特殊農薬製造株式会社(現バイエルクロップサイエンス株式会社)によって登録された。本系統の探索は, 研究当初から生体内の多くの代謝経路で触媒的に機能している金属イオンを捕捉するいくつかの化合物を参考として, それらと類似した化学構造を有すメルカプトキノキサリンを母核として開始された。最適化の途上で殺ダニ活性と殺菌活性を見だし, 二つのスルフヒドリル基に炭酸またはチオカルボン酸を結合して閉環し, 最終的にジチオールカーボネート体として本剤の開発に至っている。国内では, 野菜・果樹・花き類の各種うどんこ病やハダニ類の防除剤として 1964 年に登録・上市された。現在はアグロカネショウ社が権利を取得している(アグロカネショウ株式会社, 2017)。

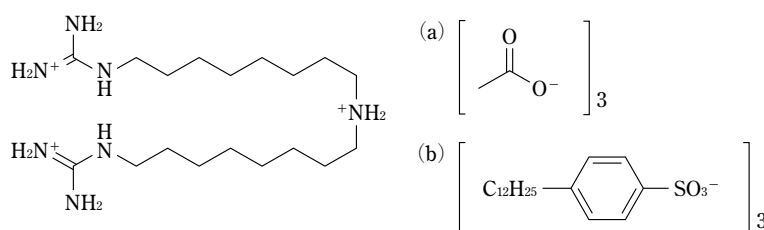


図-5 イミノクタジン酢酸塩 (a)/アルベシル酸塩 (b)

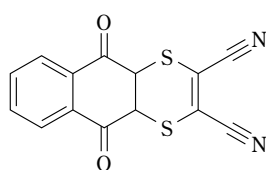


図-6 ジチアノン

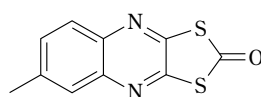


図-7 キノメチオナート

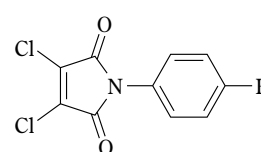


図-8 フルオルイミド

9 コード M11 (マレイミド類)

フルオリミド (図-8, 商品名: ストライド) は, 三菱化成工業株式会社 (現日本農薬株式会社) とクミアイ化学工業株式会社によって共同開発されたマレイミド骨格を有する唯一の殺菌剤である。本剤の探索初期においてはかんきつ黒点病防除効果を中心に評価されたが, その後幅広い病害に対する有効性が明らかとなり 1976 年に登録を取得した。当初, リンゴの展葉期における葉害の懸念から開花前散布によるモニリア病の特効薬として青森県を中心とするリンゴ産地に投入された。また, 当時の主力品種の防除暦で基幹病害となっていた斑点落葉病のポリオキシ耐性菌や主要病害である黒星病のベンツイミダゾール耐性菌へも高い効果を示し, 当時のリンゴ栽培における現場的な課題にこたえるものとなった。その後, 顆粒水和剤の開発によってリンゴにおいて使用時期の拡充が進んだほかカキでの基幹防除剤としても展開されている (日本農薬株式会社, 2018)。

II 作用機構

1 コード M1 (無機化合物: 銅)

無機銅剤においては, 散布後, 経時的に可溶態の銅イオン (Cu^{2+}) が溶出し, 病原体内の SH 化合物との反応や金属イオンと置換することにより効果を示している。すなわち, 病原体の基本的な生体機能をつかさどる様々なエネルギー代謝系で重要な役割を果たしている SH 酵素群やその補酵素の機能が銅イオンにより阻害されることで殺菌効果が発揮される。有機銅剤は無機銅剤よりも高い浸透性や殺菌性を示すが, これは銅イオンとキレート結合しているオキシシンが葉面上の水滴中で分離生成

し, 病原体の細胞内へ銅イオンの移動を促進する。その結果, SH 酵素阻害効果が高まるとともに, オキシシン自身も生体内の金属酵素に作用して殺菌効果を増強するためと考えられている (図-9) (日本農薬株式会社, 2010)。

2 コード M2 (無機化合物: 硫黄)

石灰硫黄合剤の作用機構は, 大気中の酸素や炭酸ガスにより遊離する単体硫黄による SH 酵素阻害であり, 単体硫黄自体の酸化還元電位は電子伝達系複合体 III (シトクロム *bc1*) において電子を収奪する。その結果, 病原体の呼吸鎖電子伝達を阻害することにより殺菌効果を発揮する。また, その還元生成物である硫化水素も同様の機構によって副次的な殺菌効果に寄与していると考えられている (田村・三芳, 2019)。なお, 硫黄剤や石灰硫黄合剤はハダニ類やカイガラムシ類でも登録を有しているが, IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) 分類体系ではこれらの防除効果における作用機構は不明とされている (農薬工業会, 2022 b)。

3 コード M3 (ジチオカーバメート類および類縁体)

エチレンビスジチオカーバメート系の作用機構は, 分解によって発生するイソチオシアネートが病原体の生体内の SH 酵素を阻害することによるとされている。本系統剤による SH 酵素阻害がグルタチオンなどのチオール化合物の添加で回復することからも支持されている。なお, マンゼブ剤はアザミウマやサビダニにも効果を示すが, IRAC 分類体系ではその作用機構は不明とされている。一方, ジメチルジチオカーバメート系では病原体内で生成したジメチルジチオカルバミン酸銅塩が SH 酵素や金属酵素と反応してその機能を阻害するほか, 病原菌体内の微量金属の捕捉による金属欠乏症も殺菌性発現の

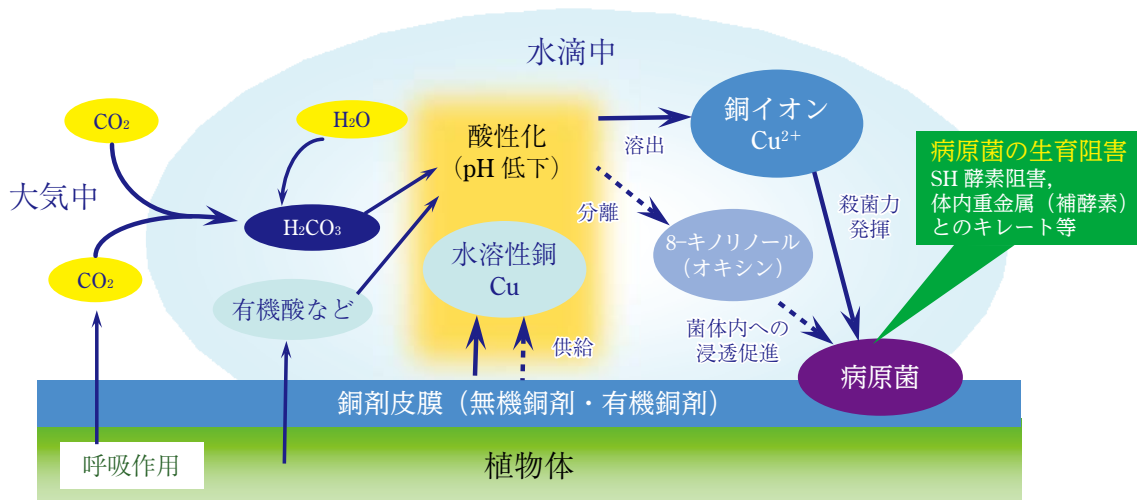


図-9 無機銅剤および有機銅剤の動態と効果発現の模式図
銅殺菌剤解説 (日本農薬株式会社, 2010) から引用, 一部加筆・改変。

要因とされている。

4 コード M4 (フタルイミド類)

キャプタンおよびホルペットの作用機構については、分子中の SCCl_3 基が病原菌の原形質や酵素タンパクの SH 基や NH_2 基と直接結合すること、あるいは 2 分子の SH 基を酸化してジサルファイドにすること、またその際生成するチオフォスゲンが SH 基や NH_2 基に結合してそれらの酵素を不活性化することが示されている。これらを通じて、両剤は TCA 回路上の各種脱水素酵素を不活化するほか、生合成系に必須な補酵素 NADPH の生成を担うペントースリン酸回路上の SH 酵素や生合成系の重要な補酵素 CoA-SH も不活化する (アリスライフサイエンス株式会社, 2016; 2017)。

5 コード M5 (クロロニトリル類 (フタロニトリル類))

クロロタロニルの作用機構は、分子中のニトリル ($-\text{CN}$) 基が病原菌の原形質成分や酵素タンパクの SH 基に作用しており、その結果、非選択的で幅広い病害防除効果に寄与していると考えられている。なお、呼吸鎖電子伝達系において脱共役剤として酸化的リン酸化反応を阻害するとの知見も紹介されている。また、本剤は土壌処理剤としても汎用されるため、土壌中のセルロース分解および微生物相への影響 (SUYAMA et al., 1993) や硝酸化成に関与する土壌細菌への影響についても検討されており、本剤の非選択的な作用機構と使い方が他の作用機構を有する薬剤との対比で考察されている (山本, 2011)。

6 コード M7 (ビスグアニジン類)

イミノクタジン酢酸塩と同アルベシル酸塩の作用機構は、いずれもイミノクタジン基に基づくものとされている。イミノクタジン酢酸塩では、ナシ黒斑病菌による検討で脂質合成系に第一次作用点があり DNA, RNA, タンパク質、細胞壁の各生合成系と呼吸系にはほとんど阻害効果を示さないことが示されている (日本曹達株式会社, 2018 a)。さらに、イミノクタジンアルベシル酸塩の作用機構が詳細に検討され、改めて細胞膜のエルゴステロール合成阻害が確認されたほか、モモ灰星病菌において細胞膜機能の阻害が認められた。また、前者ではエルゴステロール合生合成経路のうち上流にあるスクワレン生合成以前の段階に作用点があることが示唆されており、DMI 剤の主な作用点とされる 24-メチレンジヒドロラノステロール (C_{14} 位) の脱メチル化反応とは異なることが示されている。また、後者においてはカリウムイオンの細胞質外への異常漏出が認められたことで細胞膜機能のかく乱作用が新たに確認され、作用機構におけるツ

インアクションとして特長化されている (ベフラン・ベルクト普及会, 2012; 日本曹達株式会社, 2018 b)。

7 コード M9 (キノノン類 (アントラキノノン類))

ジチアノンの殺菌効果はチオール化合物の添加で低下することから、本剤の作用機構は、分子中の活性基であるニトリル基 ($-\text{CN}$ 基) が病原体の SH 基と不可逆的に反応することと考えられている。その結果、普遍的に生体機能を担っている各種のエネルギー代謝経路が阻害され幅広い病害スペクトルが発揮されるとともに、耐性菌が発達せず他の薬剤に対する耐性菌にも有効とされている (BASF ジャパン株式会社, 2020)。

8 コード M10 (キノキサリン類)

キノメチオナートの殺菌剤としての作用機構は、生体内の各種の代謝過程で触媒的に働く金属イオンを捕捉し、酵素活性を阻害することで殺菌作用を示すと考えられている (薬事・食品衛生審議会 食品衛生分科会 農薬・動物用医薬品部会, 2016)。なお、殺ダニ剤としての作用機構は IRAC 分類では UN (不明) に分類されている (農薬工業会, 2022 b) が、SH 酵素阻害と記載されている場合がある (クミアイ農薬総覧, 2022)。

9 コード M11 (マレイイミド類)

フルオリイミドの作用機構がイネいもち病菌を用いて検討された結果、各種の生体機能に関与する SH 酵素または SH 化合物に作用していることが示されている。いもち病菌の生育過程で特に強い阻害が認められる胞子発芽において、各種代謝系 (呼吸系、タンパク質・核酸・脂質・細胞壁合成系) で阻害効果が認められ、さらにこれらの阻害効果は等モル比のジチオスレイトールやグルタチオン等のチオール化合物の添加によりほぼ完全に回復することが報告されている (津田ら, 1976)。なお、フルオリイミドは各種病原菌の胞子発芽に強い阻害効果を示すのに対して菌糸進展にはほとんど効果を示さないことから、本剤が胞子発芽における生理作用に特異的に影響するものと考えられている (日本農薬株式会社, 2018)。

III 作用特性

1 コード M1 (無機化合物: 銅)

銅剤の作用機構は、病原菌の生理・生態で幅広く機能している各種の SH 酵素に対する非選択的な阻害とされている。そのため、銅剤は野菜・果樹類の卵菌病などを中心に多様な糸状菌病のほか、防除薬剤が少なく難防除性が高い各種の細菌病にも有効で特異な製品群を形成している。有機銅の低成分量製剤 (商品名: バッチレート) は果樹や樹木の剪定後の癒合促進用の塗布剤としても使用されている。一般に無機銅剤では銅含有量が高いため

相対的に細菌病に対する効果が高く、有機銅剤では病原体への浸透力が向上しているため、より浸透力を必要とする糸状菌病に効果が高いとされている。銅剤は作物表面において病原菌の孢子発芽や菌糸伸長等を強く阻害するため、病害感染後の治療効果は乏しいが幅広く高い予防効果が期待できる（日本農薬株式会社，2010；2022）。一方、銅剤の非選択的な酵素阻害効果は各種作物に対する薬害発生の原因にもなっており、過剰な銅イオンを捕捉あるいは低減するために散布時の炭酸カルシウム（クレフノン）との混用などが行われている。なお、有機銅剤の開発自体も緩衝効果の付与による銅イオンの過剰溶出による薬害回避を主眼としたものと言える。また、塩基性硫酸銅剤の代表的な製剤であるZボルドー剤においては、薬害軽減成分（塩基性硫酸亜鉛・塩基性炭酸マグネシウム）の配合によって金属元素のイオン化傾向の違いが活用されており、これによる銅イオンの溶出速度の制御と活性発現との良好なバランスが説明されている（日本農薬株式会社，2010）。なお、無機銅剤は、日本農林規格の有機JAS制度（2001年）に基づいて有機農産物栽培で例外的に使用可能な（農薬使用回数としてカウントされない）作物保護資材に指定されており（農林水産省，2017）、生産現場において実用上の特長と言える。有機栽培技術の手引書には、有機JAS規格「別表2：農薬」で野菜類に使用が許容される製品について、農薬取締法で規定されている要件も含めた使用方法が提示されている（財団法人日本土壌協会，2011）。一方、有機銅剤は有機JAS制度の適用資材ではないので注意が必要である。

2 コードM2（無機化合物：硫黄）

無機硫黄剤の有効成分は硫黄単体（構造式： S_x ）である。国内では水和剤、フロアブル剤、粉剤、くん煙剤等の剤型があり、使用場面や処理方法に応じた多様な硫黄成分量（50.00～99.85%）が設定されている。野菜類のうどんこ病やムギさび病等のほか果樹のハダニ類にも効果がある。1850年代から使用されてきた石灰硫黄合剤は金属多硫化物の1種（構造式： CaS_x ）で、現在も主に果樹類や茶の休眠期防除剤として越冬性の病害虫（うどんこ病、黒星病、胴枯病、ハダニ類、カイガラムシ類）防除で常用されている。特に、前年作でこれらの病害虫が多発した園地では休眠明けの生育初期における病害虫の密度抑制効果が期待できる。なお、硫黄剤では無機銅剤などに比べると適用病害虫の範囲は選択的で狭い。これは硫黄自体の高い親油性と病害虫の生体成分の組合せによるもので、菌体成分における脂質含量が高いうどんこ病などで効果が高いのはこのためとされている。ま

た、硫黄剤は強アルカリ性であることから他の薬剤との混用では注意が必要である（クミアイ農薬総覧，2022）。また、無機硫黄剤は無機銅剤と同様に有機作物栽培で使用可能な（農薬使用回数としてカウントされない）作物保護資材に指定されており、農薬取締法で規定されている要件も含めた使用方法が参考になる（財団法人日本土壌協会，2011）。

3 コードM3（ジチオカーバメート類および類縁体）

エチレンビスジチオカーバメート（EBDC）系殺菌剤は、1930年代のゴム製造工程における加硫促進剤の殺菌作用の発見を端緒として早くから殺菌剤用途の開発が進められた。現在でも、世界的に見ると無機化合物（銅剤・硫黄剤）やフタルイミド類（キャプタン）、クロロニトリル類（TPN）等とともに巨大な保護殺菌剤市場を形成している一群である。特に、1961年に米国ローム・アンド・ハース社によって開発されたマンゼブは、EBDC系薬剤の世界全体販売額のおよそ73%を占めており、単剤ベースでもSBI剤やQoI剤の代表的な薬剤に匹敵する程度の販売規模となっている（AgbioCrop，2021）。これは、本系統化合物が多様な耐性菌対策に有効であることが最大の要因であるが、特にマンゼブにおいては成分分子であるマンガンと亜鉛の相互作用が有効成分（エチレンビスジチオカーバメート）の徐放性に寄与する結果、効果の持続性や薬害回避に関して本系統内でも大きな性能改善を実現しているためと考えられている。一方、ジメチルジチオカーバメート系のチウラムはリング黒星病などの果樹分野のほか、イネいもち病やごま葉枯病に対する種子粉衣剤、ムギ・ダイズ・トウモロコシ等の鳥害防止用の種子粉衣剤（鈴木，2018）、獣害防止用の塗布剤（山梨県森林総合研究所，2009）など特異な用途でも使用されている。

4 コードM4（フタルイミド類）

キャプタン剤（商品名：オーソサイド）は、果樹・野菜・コムギのほか、花き類を含めて薬害が少なく幅広い作物の多様な病害に対する汎用性の高い基幹防除剤として使用されている。国内では登録取得（1956年）以降、最も歴史のある殺菌剤の一つである。各種作物の生育期における散布処理によるべと病、さび病、黒星病、灰色かび病、炭そ病、黒とう病等の主要病害のほか、種子処理や野菜・花き類の幼苗期における土壌処理で立枯病、茎腐病、苗立枯病等に優れた効果がある。同系統のホルベット剤とともに幅広い病害防除スペクトルと耐性菌対策剤として40か国以上の国で登録されており、各種の混合剤を含めて世界的な汎用性殺菌剤となっている（アリスタライフサイエンス株式会社，2016；2017）。

5 コード M5 (クロロニトリル類 (フタロニトリル類))

クロロタロニル剤の国内での代表的な製品であるダコニール 1000 は、70 種以上の作物と 180 種以上の病害で登録を取得しており、現在も新たな適用拡大が進められている (クミアイ化学工業株式会社, 2022)。防除スペクトルでは、茎葉散布による野菜類のべと病・疫病、灰色かび病、葉かび病や果樹類の黒星病、黒斑病等の主要病害に加えて各種作物のうどんこ病に対する効果が大きな特長である。また、土壌灌注のほか播種時や定植時の土壌混和处理でも登録があり、*Rhizoctonia* 菌による苗立枯病など土壌伝染性病害にも有効である。なお、イネ箱育苗期の *Rhizopus* 菌による苗立枯病に対して緑化期までの灌注処理にも使われている。病原菌の孢子発芽を強く阻害する保護殺菌剤の特性を踏まえた上手な使い方として、予防的でムラのない散布方法や作物の成長速度 (茎葉部の新展開) を勘案した適正な散布間隔調整が推奨されている (ダコニール普及会, 2022)。

6 コード M7 (ビスグアニジン類)

イミノクタジン酢酸塩 (商品名: ベフラン) は、種子処理やムギ類の雪腐病類や果樹類の休眠期防除による腐らん病、晩腐病、縮葉病防除やかんきつ類の *Penicillium* 属菌による青かび病や緑かび病などの貯蔵病害など、いずれも難防除性が高い特異な分野で使用されている。なお、コムギ赤かび病ではマイコトキシン (デオキシニバーレ: DON) の低減にも有効とされている (社団法人北海道米麦改良協会, 2007)。イミノクタジンと有機酸の多様な組合せの最適化検討によって誕生したイミノクタジンアルベシル酸塩 (商品名: ベルクート) では、同酢酸塩対比で薬害の発生が劇的に低減した。その結果、野菜類のうどんこ病、灰色かび病、菌核病や果樹類の黒星病、黒斑病、灰星病等不完全菌類や子のう菌類による各種病害に対して、イミノクタジンの本来の広い病害防除スペクトルが活かされ幅広く登録を取得している。また、アルベシル酸塩では酢酸塩のイオン性が改善された結果、他剤との混用適性も大幅に向上した (クミアイ農薬総覧, 2022)。なお両剤とも、病原菌の生活環における孢子発芽、発芽管伸長、付着器形成、組織内菌糸侵入および孢子形成等の各段階を強く阻害し、予防効果と残効性に優れている (ベフラン・ベルクート普及会, 2012)。

7 コード M9 (キノン類 (アントラキノン類))

ジチアノン (商品名: デラン) は幅広い病害スペクトルを有する保護剤で、歴史的にはみかん開花期の黒点病およびそうか病の防除を中心に特長化された。その後の

適用拡大により、現在ではリンゴ、ナシ、ブドウのほか多様な果樹類において、それぞれの主要病害 (黒星病、黒斑病、黒とう病等) を含む広い防除スペクトルを特長とする総合防除剤として使用されている。またブドウでは晩腐病などに対する休眠期防除も有効である。なお、モモやネクタリンのせん孔細菌病やナシ黒斑細菌病等、一部の細菌病にも登録を有している。また、フロアブル製剤化による耐雨性が改善された結果、水和剤対比での薬量低減が達成されたほかに薬害や刺激性軽減などの二次的な改善効果も達成されている (BASF ジャパン株式会社, 2020)。

8 コード M10 (キノキサリン類)

キノメチオネート (商品名: モレスタン) は、殺菌・殺虫・殺ダニ効果を有する薬剤である。殺菌剤としては各種野菜や花き類の多様なうどんこ病に卓効があり専用剤となっている。うどんこ病菌に対して孢子発芽、付着器形成および菌糸進展の各段階で阻害効果を示す。殺虫・殺ダニ剤としては各野菜・花き類およびみかん・かんきつ類のハダニ類、微小ダニ類およびコナジラミ類に登録を有しており、ニセナミハダニに対する殺卵、殺幼虫・成虫効果のほか産卵数や卵生育への効果が報告されている (下松・小堀, 1966)。このように、各作物でうどんこ病と数種害虫類の同時防除剤として特長化されており、施設園芸分野ではくん煙法・常温煙霧法によるうどんこ病防除でも登録を有している (アグロカネショウ株式会社, 2019)。なお、実際の使用場面では高温に遭遇した場合の薬害リスクが特記されることが多く注意が必要である (クミアイ農薬総覧, 2022)。

9 コード M11 (マレイミド類)

フルオリミド (商品名: ストライド) は、登録取得 (1976 年) 当初、リンゴ開花前の散布によるモニリア病の特効薬として販売されたが、これは開花後の散布により懸念されるさび果の発生や生育期の特高温等により発生し易い葉裏褐変、黄変落葉などの薬害を回避することが主な目的であった。その後、顆粒水和剤の開発により従来の水和剤対比で薬量低減が達成されたことから、本来の広スペクトルを活かしてリンゴ病害の総合防除剤として使用されている。特に収穫前日までの散布が可能であることから生育後期の仕上げ剤として有効である (クミアイ化学工業株式会社, 2020)。また、カキにおいては感染時の潜伏期間が特異的に長い円星落葉病、角斑落葉病を中心に炭そ病など主要病害に対してリンゴ向け薬量の半量でも卓効を示すことから経済性においても利点となっている。なお、本剤は病原菌の各生育ステージのうち孢子発芽に特に強い効果があるための確な予防散

布が重要である。

IV 耐性菌の現状

FRAC の作用機構分類でグループ M に属する多作用点で接触活性を有する製品群では、市場投入後 50～60 年が経過した場合でも耐性菌が顕在化した報告はほとんどない（農薬工業会, 2018）。これは、本グループに属する多くの化合物系統が生体内のエネルギー代謝系や呼吸系で広範に機能している SH 酵素や SH 化合物を阻害しており、これらの多くの作用点における変異が同時に起こる可能性が低いとされている。SH 酵素の阻害様

式は、SH 基を活性中心とする酸化還元酵素や脱水素酵素の直接阻害（酸化還元阻害剤）のほか、補酵素 CoA やリボ核酸の SH 基が関与する酵素阻害（アルキル化剤）あるいはこれらの補酵素となる重金属とのキレートによる酵素反応阻害（キレート剤）があり（田村・三芳, 2019）、多作用点活性剤の効果はこれらのいずれかまたは複合した阻害様式によっている。また、本グループのうちビスグアニジン類（コード M7）では、病原菌の脂質合成阻害と細胞膜機能のかく乱という二つの作用機構（ツインアクション）により、既存の薬剤系統の耐性菌にも有効で、イミノクタジン酢酸塩の上市（1983 年）以降、本

表-2 FRAC コード別の耐性菌報告事例数（2020 年度）（岡田, 2022 から引用, FRAC 作用機構分類一覧表 2022 に基づいて一部改変）

順位	コード	グループ名	事例数	作用機構（作用性）
1	11	QoI	211	C：呼吸（複合体 III ユビキノール酸化酵素 Qo 部位）
2	1	MBC	121	B：細胞骨格とモータータンパク質（チューブリン重合）
3	3	DMI（SBI：クラス I）	62	G：細胞膜のステロール生合成（ステロール生合成における C14 位の脱メチル化酵素）
4	7	SDHI	44	C：呼吸（複合体 II コハク酸脱水素酵素）
5	10	N-フェニルカーバメート	43	B：細胞骨格とモータータンパク質（チューブリン重合）
6	2	ジカルボキシイミド	29	E：シグナル伝達（浸透圧シグナル伝達における MAP-ヒスチジンキナーゼ（ <i>os-1, Daf1</i> ））
	16.2	MBI-D	29	I：細胞壁のメラニン生合成（メラニン生合成の脱水酵素）
8	31	カルボン酸	14	A：核酸合成代謝（DNA トポイソメラーゼタイプ II）
9	9	AP（アニリノピリミジン）	13	D：アミノ酸およびタンパク質生合成（メチオニン生合成（提案中））
10	25	グルコピラノシル抗生物質	8	D：アミノ酸およびタンパク質生合成（タンパク質生合成（リボソーム翻訳開始段階））
11	24	ヘキソピラノシル抗生物質	6	D：アミノ酸およびタンパク質生合成（タンパク質生合成（リボソーム翻訳開始段階））
12	4	PA（フェニルアミド）	5	A：核酸合成代謝（RNA ポリメラーゼ）
	12	PP（フェニルピロール）	5	E：シグナル伝達（浸透圧シグナル伝達における MAP-ヒスチジンキナーゼ（ <i>os-2, HOG1</i> ））
14	19	ポリオキシン	4	H：細胞壁生合成（キチン生合成酵素）
15	50	アリルフェニルケトン	1	B：細胞骨格とモータータンパク質（アクチン/ミオシン/フィンプリン機能）
	29	－（2,6-ジニトロアニリン）	1	C：呼吸（酸化的リン酸化の脱共役）
	6	ホスホロチオレート/ジチオラン	1	F：脂質生合成または輸送/細胞膜の構造または機能（リン脂質生合成, メチルトランスフェラーゼ）
	17	KPI（SBI：クラス III）	1	G：細胞膜のステロール生合成（ステロール生合成の C4 位の脱メチル化における 3-ケト還元酵素）
	U13	チアゾリジン	1	U：作用機構不明（不明）
	M7	ビスグアニジン類（細胞膜攪乱剤, 界面活性剤）	1	M：多作用点接触活性（多作用点接触活性）
	M3	ジチオカーバメート類および類縁体（求電子剤）	1	M：多作用点接触活性（多作用点接触活性）
－	－	（未記入）	1	－
		合計	602	

系統での耐性菌検出の報告はないとされている（ベフラン・ベルクト普及会，2012）。また，最近の農林水産省植物防疫課によるモニタリング結果によると，2020年度の作用機構別の耐性化の報告事例（全602件）では，QoI剤（211件）を筆頭にMBC剤（121件），DMI剤（62件）やSDHI剤（44件）などの単作用点剤における耐性発達が明瞭であるのに対して，本稿で扱ったグループMに属する薬剤に関する報告事例はわずか2件である（表-2）（岡田，2022）。なお，マンゼブ剤（コードM3）に関するミカンサビダニの複数の個体群に対する効果低下の研究報告では，これらの個体群に対する銅剤（同M1），ジチアノン剤（同M9）およびキノキサリン系（同M10）の効果も同時に比較されており興味深い（土田・増井，2018）。

一方，世界的にはグループMに属するいくつかの化合物について実験室内や一部は圃場レベルでの耐性発達についての報告が散見される。施設園芸分野で分離された*Botrytis cinerea*におけるジクロフルアニド（コードM6：商品名ユーパレン：2004年国内登録失効）（MALATHRAKIS, 1989）やブドウ園から採取された同菌におけるホルベット（同M4）とイプロジオン間の不完全交差耐性（FOURIE and HOLZ, 2001）あるいは*Penicillium italicum*によるかんきつ貯蔵病害の防除に使用されたグアザチン（同M7）（HARTILL et al., 1983）において*in vitro*の事例報告などがある。なお，最近，ブラジルにおけるダイズさび病（*Phakopsora pachyrhizi*）防除での複数の単作用点系統剤に対する単独あるいは複合する交差耐性菌の発達との関連で，多作用点を有する各種薬剤の活用が展望されている。この中の多作用点剤に対する耐性菌の発達史の解説によると，これらの耐性機構の多くはチオール類の過剰生産による殺菌効果の解毒あるいは不活化であり，作用点レベルでの変異は伴わないものとされている。なお，本論文では欧州におけるバレイショ疫病やブドウべと病でのメタラキシル耐性菌に対するマンゼブ剤の政策的な活用を耐性菌対策の典型的な成功事例と捉えている一方で，ブラジルで2010/2011年シーズンから開始されたダイズさび病における単作用点剤と多作用点剤の混合剤導入の成果の判断は，導入後約10年経過時点では引き続きモニタリングが必要と指摘されている（REIS et al., 2021）。一方，植物病原細菌類においては，特効薬的に使われてきた銅剤（コードM1）の耐性化について国内でも早くから報告されてきた（GOTO et al., 1994）。最近の銅剤に関する総説では，1980年代以降に耐性化の報告が顕著に増えており，また2000年以降も世界各地で*Xanthomonas*属菌を中心に多くの耐性事例が報告されて

いることから，銅剤の経年使用による耐性化加速の傾向が示唆されている（LAMICHHANE et al., 2018）。

おわりに

FRAC分類でグループMに属するSH酵素阻害剤は，病害感染時の予防効果に優れる一方で，植物体内に大量に存在するグルタチオンのSH基とも反応して水に溶けにくくなるためほとんど浸透移行性を有さない（農薬用語辞典，2009）ことから，いわゆる接触型保護殺菌剤と呼ばれている。これらの薬剤は，世界的な市場投入後，長い年月が経過したにもかかわらずいまだに大きな市場比率を占めている（AgbioCrop, 2021）。国内でも最近20年間の全殺菌剤市場（販売額）においてやや漸減傾向ながらおおむね25%前後の比率で推移している（図-10）。これらの主な理由は，ほとんどの化合物が既にoff patentであり世界的に多くのジェネリック・ビジネスが成立していることによる経済性（安価であること）と，その非選択的な作用機構に由来する防除スペクトルの広さが要因とされている。さらにこれらに加えて，歴史的に耐性菌の顕在化が認められておらず，卵菌病害やムギ類病害の耐性菌対策での有効な実績を残していることが要因と言える。FRACは，殺菌剤耐性管理ガイドラインにおいて，耐性リスクが低い多作用点接触活性と中～高に分類される単作用点殺菌剤との混用または混合剤の使用あるいはローテーション散布を推奨している。特に，殺菌剤散布が体系化されている果樹分野や散布回数が多い野菜分野において合理的で効果的な耐性菌対策となっている（農薬工業会，2018）。

一方，本グループに属する化合物にはいくつかの課題もある。多くの薬剤が非選択的なSH阻害活性により広スペクトル性を発揮しているが，一方でこの非選択的な阻害様式が登録上の懸念にもつながっている。特に，世界で広範に使用されているジチオカーバメート系やクロロニトリル類を中心に多様な問題提起と再評価が繰り返され，メーカー側からの十分な対応がない場合，処理方法や適用分野等での使用制限や市場からの撤退を余儀なくされている（AgbioCrop, 2021）。実際，国内においてもグループM（表-1）で示されている化合物のうち，*Botrytis*菌の各種耐性菌対策で有効とされたスルフェン酸系（コードM6，ジクロフルアニド）（商品名：ユーパレン）やイネ箱施用を中心とする土壌病害防剤として使用されたメタスルホカルブ（同M12，商品名：カヤベスト）は各々2004年，2006年に登録が失効している（FAMIC, 2022）。このほか，非選択的な多点作用に由来する各種作物での薬害の懸念や浸透・浸達性や移行性に

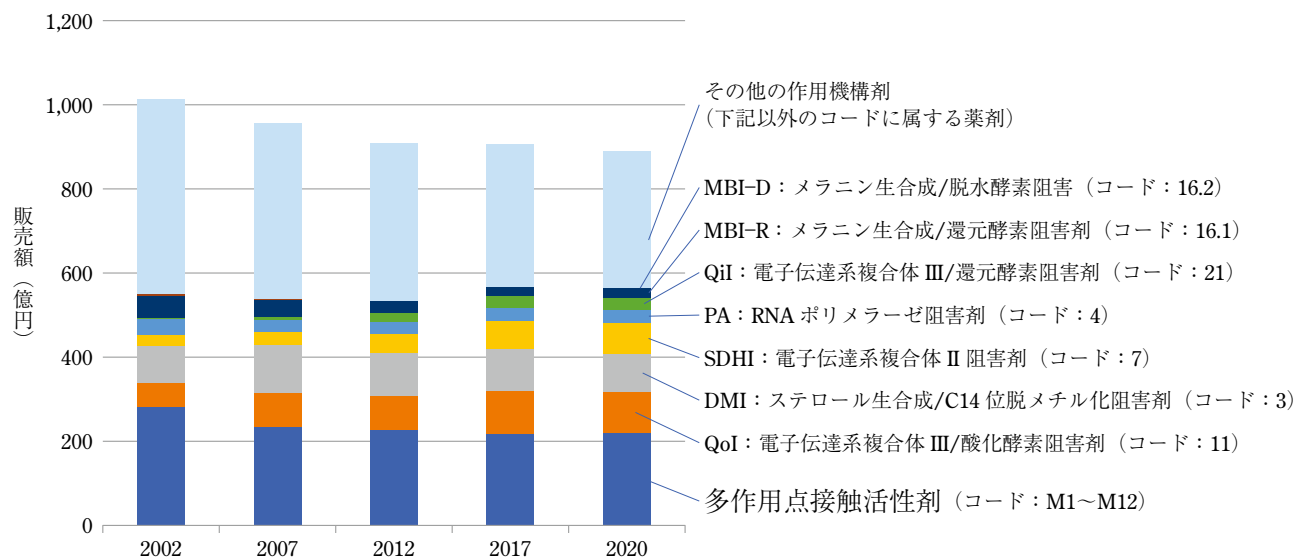


図-10 国内の殺菌剤販売額の推移 (主要作用機構別の内訳)

i-map (Kynetec 社データベース) から日本農薬株式会社において作図。
なお、各原体は作用機構一覧表 (農薬工業会, 2022 a) に基づいて分類。

乏しいことによる相対的な投下薬量の多さ等も宿命的な課題と言える。これらの課題に対しては製剤や施用方法における技術革新や効果的な混合剤化等の研究・開発視点も重要だろう。

以上のように多作用点剤に関して様々な観点でトレード・オフ的な側面があるが、特に、耐性菌対策を担う作物保護資材としての重要性は引き続き高いと言える。FRAC は、多作用点殺菌剤の使用制限は単作用点殺菌剤の耐性菌の発生を一層、早期化するとともに、最終的には持続的な病害管理に有用な防除効果の高い殺菌剤を喪失することになると警鐘を鳴らしている (農薬工業会, 2018)。また、防除剤が少ない細菌病分野でも、無機銅剤 (ボルドー液) 導入後の実績・貢献あるいは有機栽培での適用等の利点とともにその安全性上の懸念や土壌中での蓄積等の歴史的な課題を踏まえて、今後の代替防除法について多様な生物資材の活用を含めて展望されている (LAMICHHANE et al., 2018)。この観点も、有効な代替策を持たないままの性急な銅殺菌剤の市場撤退による、特に細菌病害の防除手段の喪失と対象作物の安定生産への悪影響が容易に想定されることから、先取的なリスク管理の必要性和重要性に言及しているものと言える。

国内では改正農薬取締法の施行 (2018 年) に伴って 2021 年以降、農薬原体の再評価が開始されている。この制度においては、多作用点剤の多くが再評価の優先度が高いグループに属している。これは出荷量やいくつかの安全性項目のレベルによって設定されたグループ選定基準に基づくものである (農林水産省, 2018)。今後、

最新の科学的知見による既存原体の再評価が実施されることになるが、殺菌剤耐性対策資材としての重要性からは再評価結果を踏まえて引き続き耐性菌対策の有力な武器として活用されることが望まれる。なお、国内の耐性菌モニタリング調査においても全報告件数のおよそ 1/3 の事例で新たな代替農薬や技術確立の緊急性が高いと報告されている (岡田, 2022)。耐性菌管理における複合リスクの考え方 (田辺, 2017) に基づく多作用点剤を上手に活用する防除体系の構築およびその現場的な実践と定点での検証は、合理的な耐性菌対策と安定的な作物生産の手段となる。このことはさらに、多様な科学分野の結晶として開発された新規で高性能な単作用点薬剤群の市場価値や製品寿命にも関係するほか、さらには今後の新たな作用機構の探索などの研究開発の観点からも派生的に重要と考えられる。

引用文献

- 1) AgbioCrop (2021): Products Section, AgbioInvestor, GB, p.331~350.
- 2) アグロカネシヨウ株式会社 (2017): キノメチオナート農薬抄録.
- 3) (2019): モレスタン水和剤製品情報.
- 4) アリスタライフサイエンス株式会社 (2016): キャプタン農薬抄録.
- 5) (2017): ホルベット農薬抄録.
- 6) BASF ジャパン株式会社 (2012): ジチアノン農薬抄録.
- 7) (2020): デランフロアブル技術資料.
- 8) ベフラン・ベルクト普及会 (2012): ベルクト水和剤・フロアブル技術資料.
- 9) ダコニール普及会 (2022): ウェブサイト, <http://daco-club.com/>
- 10) FAMIC (2022): ウェブサイト, <http://www.acis.famic.go.jp/>
- 11) FOURIE, P. H. and G. HOLZ (2001): South African J. Enology and

- Viticulture 22: 3~7.
- 12) FRAC (2022): website, www.frac.info
- 13) GOTO, M. et al. (1994): Ann. Phytopatho. Soc. Japan 60: 147~153.
- 14) HARTILL, W. F. T. et al. (1983): New Zealand J. Agricultural Research 26: 261~270.
- 15) 細辻豊二・加藤 茂 (1986): 日本農薬学会誌 11(3): 516~517.
- 16) KLITTICH, C. J. (2008): website, <https://doi.org/10.1094/PHP-2008-0418-01-RV>
- 17) 下松明雄・小堀逸郎 (1966): 関東東山病害虫研究会年報 13: 107.
- 18) クミアイ化学工業株式会社 (2020): スライド顆粒水和剤製品情報.
- 19) ————— (2022): ダコニール 1000 製品情報.
- 20) クミアイ農薬総覧 (2022): 巻末参考資料, 株式会社全国農村教育協会, 東京, p.2399~2621.
- 21) LAMICHHANE, J. R. et al. (2018): website, <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0503-9>
- 22) MALATHRAKIS, N. E. (1989): Plant Disease 73: 138~141.
- 23) 森 量夫ら (1953): 農芸化学誌 27: 716~718.
- 24) 日本曹達株式会社 (2018 a): イミノクタジン酢酸塩農薬抄録.
- 25) ————— (2018 b): イミノクタジンアルベシル酸塩農薬抄録.
- 26) 日本農薬株式会社 (2010): 銅殺菌剤解説.
- 27) ————— (2018): フルオリミド農薬抄録.
- 28) ————— (2022): ウェブサイト, <https://www.nichi-no.co.jp/>
- 29) 農薬工業会 (2017): ウェブサイト, www.jcpa.or.jp/qa/a6_11.html
- 30) ————— (2018): ウェブサイト, documentation_pdf03.pdf (jcpa.or.jp)
- 31) ————— (2022 a): ウェブサイト, code_pdf01_2022.pdf (jcpa.or.jp)
- 32) ————— (2022 b): ウェブサイト, <https://www.jcpa.or.jp/>
- 33) 農薬ハンドブック (2021): 一般社団法人 日本植物防疫協会, 東京, p.637~669.
- 34) 農薬用語辞典 (2009): 一般社団法人 日本植物防疫協会, 東京, p.18.
- 35) 農林水産省 (2017): ウェブサイト, yuuki-226.pdf (maff.go.jp)
- 36) ————— (2018): ウェブサイト, <https://www.maff.go.jp/j/nouyaku/saihyoka/>
- 37) 岡田和秀 (2022): 殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集: 1~8.
- 38) REIS, E. M. et al. (2021): J. Agricultural Science 13(11): 141~152.
- 39) 鈴木なな子 (2018): ウェブサイト, 011025-4.pdf (maff.go.jp)
- 40) SUYAMA, K. et al. (1993): J. Pesticide Sci. 18(4): 285~292.
- 41) 社団法人北海道米麦改良協会 (2007): 北海道米麦改良 35: 1~5.
- 42) 田辺憲太郎 (2017): 植物防疫 71(6): 54~60.
- 43) 田村廣人・三芳秀人 (2019): 農薬の科学, 朝倉書店, 東京, p.84~114.
- 44) 津田正孝ら (1976): 日本農薬学会誌 1(2): 101~106.
- 45) 土田祐大・増井伸一 (2018): 関西病虫研報 60: 3~7.
- 46) 薬事・食品衛生審議会 (2016): ウェブサイト, 0000168440.pdf (mhlw.go.jp)
- 47) 山梨県森林総合研究所 (2009): 獣害事例集: 1~29.
- 48) 山本幸洋 (2011): 植物防疫 65(6): 338~342.
- 49) 財団法人日本土壌協会 (2011): 有機栽培技術の手引 (葉菜類等 編), p.271~281.

(登録が失効した農薬 18 ページからの続き)

- フェントラザミド・ベンゾフェナップ・ベンフレセート水和剤
22076: ホクコーパンチャーフロアブル (北興化学工業株式会社) 22/10/6
- フェントラザミド・ベンゾフェナップ・ベンフレセート水和剤
22077: パンチャーフロアブル (北興化学工業株式会社) 22/10/6
- オキサジクロメホン・クロメプロップ・ペンスルフロメチル粒剤
23271: クレセント 1 キロ粒剤 75 (北興産業株式会社) 22/10/6
- グリホサートイソプロピルアミン塩・ピラフルフェンエチル水和剤
21656: サンダーボルト 007AL (日本農薬株式会社) 22/10/28
- オキサジクロメホン・ピラクロニル粒剤
23981: ヤクシャ 1 キロ粒剤 (日本農薬株式会社) 22/10/28
- シメトリン・モリネート・MCPB 粒剤
22586: 協友マメット SM1 キロ粒剤 (協友アグリ株式会社)

- 社) 22/10/31
- シメトリン・モリネート粒剤
21590: 協友マメット粒剤 (協友アグリ株式会社) 22/10/31
- モリネート粒剤
21591: 協友オードラム粒剤 (協友アグリ株式会社) 22/10/3
- シメトリン・モリネート・MCPB 粒剤
21815: 協友マメット SM 粒剤 (協友アグリ株式会社) 22/10/31
- シメトリン・モリネート・MCPB 粒剤
23581: マメット SM ジャンボ (協友アグリ株式会社) 22/10/31
- テフリルトリオン・ピラクロニル・モリネート粒剤
23835: イッソウ 1 キロ粒剤 (協友アグリ株式会社) 22/10/31

「植物成長調整剤」

- イソプロチオラン液剤
22893: ザルート液剤 (日本農薬株式会社) 22/10/28

研究室紹介

千葉県農林総合研究センター 暖地園芸研究所 生産環境研究室

千葉県農林総合研究センターは、2001年に農業試験場、暖地園芸試験場、農業化学検査所、原種農場を統合し、農業総合研究センターに改組され、その後2007年に病虫害防除所を統合。2008年に森林研究所を統合したのに併せて、農林総合研究センターと改称し、現在に至ります。千葉県の南端、館山市に設置された暖地園芸試験場 生産環境研究室に端を発する当研究室は、改組に伴い幾度か名称を変えた後、2014年、病虫害防除に係る試験研究のほか、気候変動に伴う温暖化対策や野生鳥獣被害対策といった機能を追加し、生産環境研究室として新たなスタートを切りました。現在、室長1名、病害、虫害および鳥獣害担当各1名の4名体制で、県南地域の温暖な気候を活かして栽培される、ビワ、トルコギキョウやカーネーション等の切り花類、全国第1位の生産量を誇る食用ナバナ等、地域特産園芸品目の生産を支える試験研究を行っています。以下に、現在取り組む主な研究課題を紹介します。

1 ドローンを活用したビワを加害する果樹カメムシ類の防除

果樹カメムシ類がビワ果実を加害すると、吸汁痕が陥没し、販売できなくなることから、防除が必要です。しかしながら、急傾斜地に立地するビワ園における農薬の地上散布は、労力負担が大きく、防除が行われない場合もあります。そこで、ドローン散布による防除の可能性を、薬剤の落下分散状況と防除効果、樹の大きさや樹形の影響、散布コストや労力等、多面的な角度から検討しています。果実二重袋被袋による被害軽減技術やカメムシ類の発生量予測といったこれまでに開発した技術と組

合せ、実用性の高い技術となることが期待されています。

2 ドローンを活用したナバナ根こぶ病の診断法

農林水産省の委託プロジェクト研究事業に参画し、ナバナ根こぶ病に対するヘソディムの開発を行いました。ヘソディムは、栽培前に圃場単位で土壌病害の発生しやすさ（発病ポテンシャル）の程度を診断・評価し、発病ポテンシャルレベルに応じた対策手段を講じる病害管理法で、実践により、土壌消毒剤の使用や防除の効率化が図られることが期待されます。今後は、当該事業で開発された、AI診断できるWEBアプリ「HeSo+（ヘソプラス）」の活用場面を広げることが必要で、診断・評価の簡素化が図れるよう、ドローンを活用したマルチスペクトルカメラ空撮画像による診断の可能性を検討しています。



図-2 ナバナ根こぶ病発病圃場のドローンによる空撮



図-1 東京湾を臨む高台に位置する暖地園芸研究所全景

〒294-0014 千葉県館山市山本 1762
TEL 0470-22-2963

3 イノシシによる被害の出やすい景観構造の解明

野生鳥獣対策は、①生息環境の管理、②防護柵の設置、③捕獲が有効とされます。被害の出やすい圃場を的確に判断し、対策を講じる、という点では、病虫害対策と通ずるところはあるものの、被害の出やすい圃場を判断する手法は確立されていません。そこで、各圃場の景観構造や対策の実施状況と被害の有無の関係を解析することで、被害の出やすい圃場の条件を明らかにし、被害リスク予測を可能とするモデル式を作成しました。現在は、県南地域の水稲圃場を対象に作成したモデル式の精度を高めること、県全域へ被害リスク予測エリアを拡大するために、さらなるデータの収集と検証を行っています。

（室長 久保周子）

新しく登録された農薬 (2022.10.1～10.31)

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」

●トリフルメゾピリム水和剤

24650：ルミスパンス FS（コルテバ） 22/10/12

トリフルメゾピリム：42.9%

稲（箱育苗）：ウンカ類、ツマグロヨコバイ：は種時（浸種前）

●ベルメトリン水和剤

24657：エンバー FL（レインボー） 22/10/26

ベルメトリン：10.0%

芝：ケラ、タマナヤガ、スジキリヨトウ：発生初期

●アフィドピロペン水和剤

24663：セフィーナ DC（BASF ジャパン） 22/10/26

アフィドピロペン：4.9%

小麦：アブラムシ類：収穫前日まで

ばれいしょ、てんさい：アブラムシ類：収穫前日まで

「殺虫殺菌剤」

●還元澱粉糖化物液剤

24658：ガーデンアシストピュアスプレー（キング園芸） 22/10/26

還元澱粉糖化物：0.60%

果樹類：アブラムシ類、ハダニ類、うどんこ病：収穫前日まで

野菜類：アブラムシ類、コナジラミ類、ハダニ類、うどんこ病：収穫前日まで

とうもろこし：ムギクビレアブラムシ：収穫前日まで

花き類・観葉植物：アブラムシ類、コナジラミ類、ハダニ類、うどんこ病：収穫前日まで

●シアントラニリプロール・ジクロベンチアゾクス水和剤

24660：ブーンバズ SC（クミアイ化学） 22/10/26

シアントラニリプロール：14.5%

ジクロベンチアゾクス：31.5%

稲（箱育苗）：いもち病、イネミズゾウムシ、イネドコロイムシ：移植7日前～移植当日

「除草剤」

●カルブチレート・ブロマシル・DCMU 粒剤

24646：ハイバー V9（丸和バイオ）

24647：ネコソギトップ V9 粒剤（レインボー） 22/10/12

カルブチレート：0.50%

ブロマシル：3.0%

DCMU：1.5%

樹木等：一年生雑草及び多年生雑草、ササ、ススキ

●カルブチレート・ブロマシル・DCMU 粒剤

24648：ハイバーベスト I（丸和バイオ）

24647：ネコソギベスト I 粒剤（レインボー） 22/10/12

カルブチレート：0.50%

ブロマシル：1.5%

DCMU：1.7%

樹木等：一年生雑草及び多年生雑草

●ピリフタリド・プレチラクロール・ベンスルフロンメチル・メソトリオン粒剤

24651：メガオス MX1 キロ粒剤（シンジェンタ） 22/10/12

ピリフタリド：1.2%

プレチラクロール：4.6%

ベンスルフロンメチル：0.51%

メソトリオン：0.90%

移植水稻：一年生雑草、マツバイ、ホタルイ、ウリカワ、ヒルムシロ、ミズガヤツリ、クログワイ、オモダカ、セリ、アオミドロ・藻類による表層はく離

直播水稻：一年生雑草、ホタルイ、ミズガヤツリ、セリ

●ターバシル・テブチウロン・ヘキサジノン粒剤

24652：グラスジャック DX 粒剤（保土谷アグロテック） 22/10/26

ターバシル：1.5%

テブチウロン：1.0%

ヘキサジノン：1.0%

樹木等：一年生雑草、多年生雑草、スギナ、ササ、ススキ

●ターバシル・テブチウロン・ヘキサジノン・DCMU 粒剤

24653：グラスジャック V9 粒剤（保土谷アグロテック）

24654：ネコソギワイド V9 粒剤（レインボー） 22/10/26

ターバシル：0.60%

テブチウロン：1.0%

ヘキサジノン：1.0%

DCMU：3.0%

樹木等：一年生雑草、多年生雑草、スギナ、ササ、ススキ

●ターバシル・テブチウロン・ヘキサジノン粒剤

24655：レールシャープ V 粒剤（保土谷アグロテック）

24656：クサハンター V 粒剤（レインボー） 22/10/26

ターバシル：0.50%

テブチウロン：0.50%

ヘキサジノン：0.30%

樹木等：一年生雑草、多年生広葉雑草、スギナ

●トプラメゾン液剤

24659：日曹アルファード液剤（日本曹達） 22/10/26

トプラメゾン：3.6%

飼料用とうもろこし：一年生雑草

●フェントラザミド・プロモブチド・ベンスルフロンメチル粒剤

24661：イグザクト QED1 キロ粒剤（エムシー緑化） 22/10/26

フェントラザミド：3.0%

プロモブチド：6.0%

ベンスルフロンメチル：0.75%

移植水稻：一年生雑草、マツバイ、ホタルイ、ヘラオモダカ、ミズガヤツリ、ウリカワ、クログワイ、オモダカ、ヒルムシロ、セリ、シズイ、アオミドロ・藻類による表層はく離

「植物成長調整剤」

●アブシシン酸液剤

24662：アブサップ液剤（住友化学） 22/10/26

アブシシン酸：10.0%

ぶどう（巨峰、ピオーネ）：着色促進

農薬適用一覧表 2022年版

絶賛発売中



A4判, 価格: 17,600円
税込, 送料サービス

一般社団法人 日本植物防疫協会

2022年9月30日現在の作物・病虫害別の殺虫剤・殺菌剤, 作物別の除草剤, 使用目的別の植物成長調整剤について, 適用情報を一覧表形式で掲載しました。

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

ご注文はJPPAオンラインストアより
<https://jppaonlinestore.raku-uru.jp/>



農薬要覧 2022年 令和3農薬年度

2022年12月上旬発刊予定



A5判, 価格: 11,000円
税込, 送料サービス

一般社団法人 日本植物防疫協会

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

掲載内容

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

ご注文はJPPAオンラインストアより
<https://jppaonlinestore.raku-uru.jp/>



日本植物防疫協会 主催
シンポジウム

農業生産現場が直面する 病虫害防除の課題を考える

参加費
無料

2023年 1月17日(火) 13:00~17:30

日本教育会館「一ツ橋ホール」

会場参加（300名）または、オンライン参加（ライブ配信）

プログラム

- ・ 野菜生産の現状と課題を踏まえた病虫害防除への期待
農林水産省 農産局 園芸作物課
- ・ 農業生産現場から考える病虫害防除体系の策定と課題
全国農業協同組合連合会 耕種資材部
- ・ パネルディスカッション

講演者に加え、生産者、農業改良普及センター、JA、農薬卸商、農薬会社の方々と幅広く意見交換を行います。

お申し込み方法

参加申し込み：12月28日まで

日本植物防疫協会ホームページのシンポジウム・研修会 (<https://jppa.or.jp/event>)
に掲載しているシンポジウム参加申し込みフォームからお申し込み下さい。

学 会 だ よ り

○第 29 回農薬レギュラトリーサイエンス研究会のお知らせ

第 29 回研究会を以下のとおり開催します。

日時：2022 年 12 月 15 日（木）13:00～17:00（予定）
オンライン形式（Webex 利用）

テーマ：新たに導入された「農薬使用者への影響評価」について考える

1. 基調講演：合理的なレギュレーションのための規制影響評価（RIA）の活用
岸本充生（大阪大学データビリティフロンティア機構（IDS））
2. 作業者安全性評価の実際と想定影響
元場一彦（日本農薬株式会社）
3. 農薬の使用者暴露評価における圃場試験とその課題
萩山和裕（一般社団法人日本植物防疫協会）
4. Higher tier operator exposure risk assessment in the EU（仮）

Mark Best（CropLife International）

参加費：日本農薬学会会員（個人会員）1,000 円，その他一般 2,000 円

参加締切：2022 年 12 月 8 日（木）

詳細は学会ホームページでご確認ください。

○第 75 回北陸病害虫研究会のお知らせ

日時：2023 年 2 月 14 日（火）～15 日（水）

場所：石川県金沢市

詳細はホームページでご確認ください。

○第 76 回北日本病害虫研究発表会のお知らせ

日時：2023 年 2 月 21 日（火）～22 日（水）

場所：北海道立道民活動センター「かでの 2・7」大ホール・展示ホール

対面開催（懇親会なし）で準備中

詳細はホームページでご確認ください。

広告掲載会社一覧（掲載順）

サンケイ化学(株)……………主要品目
日産化学(株)……………グレーシア
バイエルクロップサイエンス(株)…ストレンクス
日本曹達(株)……………ダニオーテ
OAT アグリオ(株)……………サフオイル
エス・ディー・エスバイオテック(株)
……………タラロマイセス
三井化学アグロ(株)……………主要品目
BASF ジャパン(株)……………Biggest Job
アグロカネショウ(株)……………主要品目

○日本農薬学会第 48 回大会のお知らせ

日時：2023 年 3 月 8 日（水）～10 日（金）

場所：東京農業大学世田谷キャンパス（対面開催予定）

3 月 8 日：総会，学会賞授賞式，受賞講演，特別講演等（100 周年記念講堂）

3 月 9 日～10 日：一般講演，シンポジウム，ランチョンセミナー，展示会（1 号館）

詳細は学会ホームページでご確認ください。

○第 67 回日本応用動物昆虫学会大会のお知らせ

日時：2023 年 3 月 13 日（月）～15 日（水）

場所：摂南大学枚方キャンパス（対面開催予定）

詳細は学会ホームページでご確認ください。

○令和 5 年度日本植物病理学会大会のお知らせ

日時：2023 年 3 月 27 日（月）～29 日（水）

場所：東京農業大学厚木キャンパス（対面開催予定）

詳細は学会ホームページでご確認ください。

次号予告

次号 2023 年 1 月号の主な予定記事は次のとおりです。

新年を迎えて 尾室義典
新年を迎えて 植原健人
2022 年の病害虫の発生と防除 農林水産省植物防疫課・農薬対策室
ダイズ黒根腐病がしわ粒発生に与える影響 越智 直
ナスとインゲンに発生した各種病害虫のボーベリア・バシアーナ剤による同時防除 井村岳男
東京都のニホンナシ圃場におけるナミハダニの薬剤防除体系の再構築と総合的防除対策 飯塚 亮

モモせん孔細菌病発生に対する“春型枝病斑の早期切除技術”の紹介 堀川英則
ミナミキイロアザミウマの簡易飼育法および佐賀県個体群に対する薬剤の効果 成富毅誌
沖縄本島および宮古島で確認されたパパイア黒腐病菌 花ヶ崎敬資
果樹防除の基本となる「病害虫防除暦」の考え方：
秋田県におけるリンゴ病害虫防除暦作成の考え方 舟山 健
研究室紹介：高知県農業技術センター 昆虫担当 下八川裕司

植物防疫

2022 年
12 月号

（毎月 1 回 1 日発行）

第 76 巻 2022 年 11 月 25 日印刷

第 12 号 2022 年 12 月 1 日発行
（通算 912 号）

編集発行人 早川 泰弘

印刷所 三美印刷（株）

東京都荒川区西日暮里 6-28-1

定価 965 円

本体 877 円

——発行所——

〒114-0015 東京都北区中里2丁目28番10号

一般社団法人 日本植物防疫協会

電話 (03) 5980-2181（代）

FAX (03) 5980-6753（支援事業部）

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

「植物防疫」第 76 卷 月別 総目次

2022 年（令和 4 年）1～12 月号

1 月号

巻頭言

- 創刊 76 年目を迎えて ……曾根信三郎… 1
新年を迎えて ……羽石洋平… 2
新年を迎えて ……長坂幸吉… 3

調査報告

- 令和 3 年の病害虫の発生と防除
農林水産省消費・安全局 植物防疫課,
農産安全管理課 …… 4

特集：果樹ハダニ防除における天敵利用

- 果樹のハダニ防除における天敵利用に向けた取り組み
……………外山晶敏・岸本英成…15
天敵を主体とした果樹のハダニ類防除体系
……………岸本英成・外山晶敏…19
慣行防除のリンゴ園における下草保全がハダニ類と土
着カブリダニ類の発生に及ぼす影響…舟山 健…25
オウトウのハダニ防除における天敵利用
……………伊藤慎一…30
ニホンナシにおける防除体系……………清水 健…37
施設ブドウ栽培における天敵を利用したハダニ類の防
除体系……………澤村信生ら…44
施設ミカンにおける防除体系……………川内孝太…47

植物防疫講座

- 虫害編-38 ブドウに発生する主要な害虫の生態と防
除……………内田一秀…50

2 月号

巻頭言

- 最近の情勢—みどりの食料システム戦略, 植物防疫,
バイオスティミュラント—……………大谷敏郎… 1

研究報告

- 土壌改良資材と薬剤散布適期連絡システムを利用した
イネ稲こうじ病の防除技術……………芦澤武人… 2
タバコノミハムシの発生生態と防除について
……………井村岳男… 6
圃場・種イモの診断に基づくショウガ青枯病防除体系
……………堀田光生…10

トピックス

- 山口県におけるイネカメムシの越冬生態について
……………住田歩夢・竹松葉子…15
サトイモの葉位および損傷が疫病の発生に及ぼす影響
……………芝田英明…18
イチゴ高設栽培におけるカンキツモラセスを用いた土
壌還元処理によるイチゴ萎黄病の発生に対する効果
……………萬 周平…23
奈良県のカキ園におけるチャノキイロアザミウマ被害
の発生状況……………杉村輝彦…28

新技術解説

- マメシクイガの被害リスク推定と防除対策
……………竹内博昭ら…34
PCR-RFLP 法を活用したネギハモグリバエ *Liriomyza*
chinensis (Kato) (Diptera: Agromyzidae) A 系統お
よび B 系統の簡易迅速識別法……………高木素紀ら…39
次世代シーケンシング技術を使った土壌線虫の網羅的
検出法の開発……………河野辺雅徳…44

植物防疫講座

- 農薬編-38 ミトコンドリア電子伝達系複合体 III Qo
部位スチグマテリン結合サブサイトに作用する殺菌
剤……………久池井豊…51

研究室紹介

- 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 農業研究本
部 上川農業試験場 研究部 生産技術グループ
……………長浜 恵…56

3 月号

巻頭言

- 講演会にて……………花島陽治… 1

研究報告

- ダイズの子実吸汁性カメムシ類の被害低減に向けた埼
玉県での取り組み……………酒井和彦… 2
温湿度データによるトマト灰色かび病菌の感染リスク
推定……………渡辺秀樹…12
ネギ属以外の作物栽培がネギ黒腐菌核病の菌核生存や
発病に与える影響……………伊代住浩幸…17

トピックス

- 茨城県におけるニラ黒腐菌核病の発生実態
……………秋元拓己・小河原孝司…21
アスパラガスの枠板式高畝栽培システムにおけるス
ピードスプレーヤによる病害虫防除
……………佃 晋太郎…26
茨城県におけるセンリョウ炭疽病の発生状況と防除対
策……………渡辺賢太ら…30

新技術解説

- チョウ目害虫 5 種における人工飼料を用いた簡易な薬

剤感受性検定法……………井村岳男…37	
病害虫の見分け方シリーズ	
野菜・花き類を加害するハモグリバエ類の見分け方 ……………徳丸晋虫…43	

研究室紹介

宮城県農業・園芸総合研究所 園芸環境部 ……………菅原克哉…51	
和歌山県農業試験場 環境部 ……井沼 崇…52	

4月号

巻頭言

四国植物防疫研究協議会への想い……………奈尾雅浩… 1

時事解説

2022年度植物防疫事業・農薬安全対策の進め方について 農林水産省 消費・安全局 植物防疫課, 農産安全管理課 農薬対策室 …… 2
令和4年度植物防疫研究課題の概要 農林水産省 農林水産技術会議事務局 研究開発官（基礎・基盤、環境）室……………10

総説

キク白さび病の防除対策……………堀越紀夫ら…14

研究報告

ベンズイミダゾール耐性を示すタマネギ灰色腐敗病菌 の北海道内の分布……………野津あゆみ…21
アシタバから分離された <i>Potyvirus</i> 属ウイルスの発生 分布とその症状……………坂本 彩…26
果樹白紋羽病の温水治療とトリコデルマ資材の併用による 治療効果の向上……………高橋真秀…30

トピックス

ニラ褐色葉枯病に対する主要品種の感受性および有効 薬剤……………森田泰彰・山崎睦子…36

病害虫の見分け方シリーズ

農作物に発生するヨトウムシ類の被害と見分け方 ……………野村昌史…40
--

新農薬の紹介

新規殺虫剤オキサゾスルフィルの特長 ……………坂本えみ子・鈴木竜也…49

研究室紹介

兵庫県立農林水産技術総合センター 農業技術セン ター病害虫部……………神頭武嗣…53
大分県農林水産研究指導センター 農業研究部 病害虫 対策チーム……………山崎修一…54

5月号

巻頭言

Man-made Plant Disease と土壌病害……………宍戸雅宏… 1
--

研究報告

菌類 <i>Fusarium lactis</i> によるピーマン、トマトおよび ナスの果実に対する病原性……………関口博之… 2
天敵保護装置「バンカーシート®」を利用したスワル スキーカブリダニ放飼によるハウスミカンのミカン ハダニ防除効果……………神山光子… 6

トピックス

<i>Panonychus</i> 属ハダニの現状と <i>Sasanychus</i> 属の復活 ……………後藤哲雄…11

日植防シンポジウムから

農薬施用法における技術の進展……………曾根信三郎…17
薬剤散布機の現状と課題、今後の展望…吉田隆延…22
青森県におけるドローン散布を活用した病害虫防除に 向けた取り組み……………新藤潤一…29
北海道における農薬散布効率化に向けた取組と今後の 展望……………丹羽昌信…35

植物防疫講座

病害編-47 ネギ属植物に発生する <i>Botrytis</i> 属菌による 病害……………三澤知央・野津あゆみ…42
農薬編-39 弦音器官 TRPV チャネルモジュレーター および弦音器官モジュレーター（標的部位未特定） —ピメトロジン、ピリフルキナゾン、フロニカミド およびアフィドピロペン—……………鈴木 藍…49

研究室紹介

新潟県農業総合研究所園芸研究センター 環境・施設 科……………黒田智久…54
埼玉県茶業研究所……………小川英之…55

6月号

巻頭言

特殊病害虫の防除に携わって……………山口卓宏… 1

ミニ特集：農薬残留分析に係る最近の話題

パッシブサンプリングによる河川水中農薬の新しい調 査手法……………矢吹芳教ら… 2
作物残留性試験における減衰傾向調査について—残留 分析者の立場から—……………飯島和昭ら… 7
農薬のミツバチへのリスク評価について ……………石原 悟…12
農薬のミツバチ影響評価のための花粉・花蜜残留試験 方法の検討……………荒井雄太ら…16

調査報告

薬剤抵抗性病害虫の発生状況と対策の取組について ……………岡田和秀・井田 仁…24
--

新技術解説

カブリダニ製剤の候補種の探索と評価…豊島真吾…31

果樹防除の基本となる「病害虫防除暦」の考え方

総論「果樹ではなぜ防除暦が必要なのか」

.....川嶋浩三...37

植物防疫講座

病害編-48 果菜類に発生する *Botrytis cinerea* による
灰色かび病.....川上 拓...40

病害編-49 ニホンナシに発生する主要病害と防除対
策.....小河原孝司・富田恭範...45

農薬編-40 オクトパミン受容体アゴニスト
.....曾根信三郎...50

農薬編-41 電位依存性ナトリウムチャネルブロッカー
.....島 克弥...52

研究室紹介

京都府農林水産技術センター 農林センター 環境部
.....河合 哉...56

福岡県農林業総合試験場 病害虫部清水信孝...57

7月号

巻頭言

「脱皮」は「不易流行」でなくてはならない
.....堤 隆文... 1

研究報告

赤色防虫ネットの開発経緯とキャベツのネギアザミウ
マに対する防除効果.....大矢武志ら... 2

山形県におけるダイズ主要品種のダイズベと病に対す
る罹病性.....中島具子... 8

トマトモザイクウイルス感染によるホオズキの生育へ
の影響と乾熱処理種子由来の地下茎導入によるウイ
ルス病害抑制効果.....早日早貴ら...13

岡山県における土着天敵タバコカスミカメに対する農
薬の影響評価.....西 優輔...17

トピックス

宮城県内における自生植物からのキュウリモザイクウ
イルスの分離とその多様性.....板橋 建ら...21

レタスに発生する土壌病害（根腐病，コルキールト
病，黒根病）の見分け方.....石山佳幸...26

新技術解説

粘着板に捕獲したイネウンカ類の自動計数
.....高山智光...32

タマネギベと病の一次感染発病株作出のための新規発
病試験法.....草場基章...38

果樹防除の基本となる「病害虫防除暦」の考え方

青森県におけるりんご病害虫防除暦作成の考え方
.....木村佳子...42

植物防疫講座

農薬編-42 アニリノピリミジン（AP）系殺菌剤
.....貴田健一...46

農薬編-43 ミトコンドリア電子伝達系複合体 III 阻害
剤-Qi サイト小林 武・武内晴香...51

研究室紹介

茨城県農業総合センター 農業研究所 病虫研究室
.....小林則夫...56

8月号

巻頭言

考えは柔軟で自由であってほしい.....守川俊幸... 1

ミニ特集：サツマイモ基腐病対策

サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策
.....小林有紀... 2

LAMP 法によるサツマイモ基腐病の迅速遺伝子診断技
術とその活用.....前島健作ら...10

サツマイモ基腐病の発病リスクを軽減する塊根管理技
術.....西岡一也...18

研究報告

イネ判別品種に対するトビイロウンカ飛来個体群にお
ける加害性の長期モニタリング
.....藤井智久・安井 秀...24

輸出用茶栽培のためのコミカンアブラムシ防除農薬の
検討と同種虫体および寄生芽の混入が茶の品質に及
ぼす影響.....井上梨絵...30

トピックス

沖縄県で発生した新たな病原菌 *Podosphaera xanthii* に
よるオクラうどんこ病.....澤嶋哲也...36

ツマジロクサヨトウ用フェロモントラップで誘引され
たチョウ目昆虫.....吉松慎一ら...41

病害虫の見分け方シリーズ

キュウリ病害の見分け方.....沼田京太...46

研究室紹介

公益財団法人東京都農林水産振興財団 東京都農林総
合研究センター 生産環境科 病害・虫害管理研究
チーム.....久保田まや...53

愛媛県農林水産研究所 果樹研究センター 病理昆虫室
.....金崎秀司...54

書評

植物医科学（第2版）.....坂田 宏...55

9月号

巻頭言

AI による植物病害診断とクラシカル植物病理学
.....増田 税... 1

研究報告

晩生品種導入地区における斑点米カメムシ類の広域防
除の効果.....石本万寿広... 2

ジャガイモ黒あし病の発生を防ぐための工程管理
.....藤本岳人... 6

キヌサヤエンドウを加害するハナアザミウマの発生消

長と防除対策について……………	衛藤夏葉ら…14
シトロネラオイルを用いたミカンバエの捕獲効率の向上……………	望月雅俊・檜原 稔…21
野生イノシシの成幼獣の違いと餌の配置が箱わなへの誘引に及ぼす影響および仕掛けの位置がわな作動に及ぼす影響……………	辻井 修…27

トピックス

イネばか苗病のペフラゾエートに対する感受性低下と その後の対応策……………	松本純一…32
--	---------

新技術解説

ニラハウス栽培におけるネギネクロバネキノコバエの 発消長と防除対策……………	星野航佑…37
---	---------

植物防疫講座

病害編-50 オウトウに発生する病害の生態と防除 ……………	後藤新一…42
害虫編-39 野菜類に発生するゾウムシ類の生態と防 除……………	大井田 寛…47

研究室紹介

福井県農業試験場 次世代技術研究部 生産環境研究グ ループ……………	富田浩治…56
長野県野菜花き試験場 環境部 ……	小木曾秀紀…57

10 月号

巻頭言

真実はひとつ……………	原田孝則… 1
-------------	---------

総説

岩手県の畑ワサビに発生した <i>Rhizoctonia solani</i> によ る苗立枯れ症状と同種による既知病害との異同 ……………	岩館康哉ら… 2
--	----------

研究報告

合成性フェロモントラップを活用したフタオビコヤガ の発生予察の可能性……………	高橋和大… 6
マツ類葉さび病菌 <i>Coleosporium phellodendri</i> の担子胞 子の有効感染距離と各種薬剤の防除効果について ……………	楠 幹生ら…12

調査報告

スクミリンゴガイ被害抑制に向けた水田管理技術の再 考—ジャンボタニシは IPM で解決する— ……………	清水 健…22
--	---------

トピックス

秋田県におけるアスパラガス褐斑病の発生実態と薬剤 耐性菌の発生状況……………	齋藤隆明ら…28
---	----------

新技術解説

IoT 自動撮影カメラを装着した粘着式フェロモントラ ップによる害虫日別誘殺数の即日把握：シロイチモ ジヨトウでの検証……………	金子修治…33
ミナミキイロアザミウマを効率よく誘殺する青緑色ト	

ラップの開発……………	土井 誠・長谷部 昇…37
天敵昆虫サビマダラオオホソカタムシの大量増殖へ向 けた新たな飼育法の開発……………	糸山 享・佐藤翠音…43

果樹防除の基本となる「病虫害防除暦」の考え方

長野県におけるりんご病虫害防除暦の考え方 ……………	江口直樹…47
和歌山県におけるウンシュウミカンの病虫害防除暦作 成の考え方……………	武田知明…52

研究室紹介

岩手県農業研究センター 県北農業研究所 園芸研究室 ……………	川戸善徳…56
山梨県果樹試験場 環境部 病害虫科……………	内田一秀…57

11 月号

巻頭言

正確、迅速な病虫害診断が冤罪、風評被害を防ぐ ……………	竹内 純… 1
---------------------------------	---------

ミニ特集：ネギアザミウマにおける薬剤抵抗性と防除方法

ネギアザミウマの各生殖型における薬剤感受性および 寄主作物について……………	城塚可奈子… 2
香川県におけるネギアザミウマの生殖系統の発生状況 と薬剤感受性について……………	相澤美里・佃 晋太郎… 6

総説

東北地域のタマネギりん茎に発生する腐敗性病害の病 原細菌とその薬剤感受性について……………	達 瑞枝…11
花粉に乗り新たな植物に感染する植物ウイルスの伝染 メカニズム……………	磯貝雅道…19

研究報告

和歌山県における菌核病菌子のう胞子の飛散消長とキ ャベツ菌核病の防除……………	菱池政志…24
イチゴ炭疽病に対する育苗期の薬剤防除 ……………	武山桂子ら…28

トピックス

新しい侵入害虫トマトキバガについて……………	水谷信夫…34
------------------------	---------

果樹防除の基本となる「病虫害防除暦」の考え方

愛媛県におけるカンキツ病虫害防除暦作成の考え方 ……………	金崎秀司…42
----------------------------------	---------

植物防疫講座

病害編-51 果樹類に発生する紋羽病（その 1） ……………	松本直幸…47
-----------------------------------	---------

研究室紹介

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 農業研究本 部 花・野菜技術センター 研究部 生産技術グルー プ……………	佐々木 純…53
和歌山県果樹試験場かき・もも研究所……………	大谷洋子…54

12月号

巻頭言

病害虫の“真の姿”を理解する喜び ……岩崎暁生… 1

日植防シンポジウムから

我が国の植物防疫の在り方と展望…………羽石洋平… 2

福岡県の水稲栽培における病害虫防除体系の考え方と
今後の方向性……………清水信孝… 9

群馬県の野菜・特産作物栽培における病害虫防除体系
の考え方と今後の方向性……………池田健太郎…14

これからの病害虫防除体系において必要な視点

……………本多健一郎…19

今後の農薬開発の方向性……………河西康弘…26

植物防疫講座

病害編-52 果樹類に発生する紋羽病（その2）

……………松本直幸…31

農薬編-44 多作用点接触活性を有する殺菌剤

……………富田啓文…42

研究室紹介

千葉県農林総合研究センター 暖地園芸研究所 生産環
境研究室……………久保周子…54

「植物防疫」第76巻 項目別 総目次

2022年（令和4年）1～12月号

……………（掲載月）-総頁

植物防疫行政

2022年度植物防疫事業・農薬安全対策の進め方につ
いて

農林水産省 消費・安全局 植物防疫課,
農産安全管理課 農薬対策室 ……………(4)-174

令和4年度植物防疫研究課題の概要

農林水産省 農林水産技術会議事務局
研究開発官（基礎・基盤、環境）室……………(4)-182

病害虫全般

令和3年の病害虫の発生と防除

農林水産省消費・安全局 植物防疫課,
農産安全管理課……………(1)- 4

アスパラガスの枠板式高畝栽培システムにおけるスピー
ドスプレーによる病害虫防除

……………佃 晋太郎…(3)-142

薬剤抵抗性病害虫の発生状況と対策の取組について

……………岡田和秀・井田 仁…(6)-312

果樹防除の基本となる「病害虫防除暦」の考え方

総論「果樹ではなぜ防除暦が必要なのか」

……………川嶋浩三…(6)-325

青森県におけるりんご病害虫防除暦作成の考え方

……………木村佳子…(7)-388

長野県におけるりんご病害虫防除暦の考え方

……………江口直樹…(10)-567

和歌山県におけるウンシュウミカンの病害虫防除暦作成
の考え方……………武田知明…(10)-572

愛媛県におけるカンキツ病害虫防除暦作成の考え方

……………金崎秀司…(11)-620

病 害

土壌改良資材と薬剤散布適期連絡システムを利用したイ
ネ稲こうじ病の防除技術……………芦澤武人…(2)- 60

圃場・種イモの診断に基づくショウガ青枯病防除体系

……………堀田光生…(2)- 68

サトイモの葉位および損傷が疫病の発生に及ぼす影響

……………芝田英明…(2)- 76

イチゴ高設栽培におけるカンキツモラセスを用いた土壌
還元処理によるイチゴ萎黄病の発生に対する効果

……………萬 周平…(2)- 81

温湿度データによるトマト灰色かび病菌の感染リスク推
定……………渡辺秀樹…(3)-128

ネギ属以外の作物栽培がネギ黒腐菌核病の菌核生存や発
病に与える影響……………伊代住浩幸…(3)-133

茨城県におけるニラ黒腐菌核病の発生実態

……………秋元拓己・小河原孝司…(3)-137

茨城県におけるセンリョウ炭疽病の発生状況と防除対策
……………渡辺賢太ら…(3)-146

キク白さび病の防除対策……………堀越紀夫ら…(4)-186

ベンズイミダゾール耐性を示すタマネギ灰色腐敗病菌の
北海道内の分布……………野津あゆみ…(4)-193

アシタバから分離された *Potyvirus* 属ウイルスの発生分
布とその症状……………坂本 彩…(4)-198

果樹白紋羽病の温水治療とトリコデルマ資材の併用によ
る治療効果の向上……………高橋真秀…(4)-202

ニラ褐色葉枯病に対する主要品種の感受性および有効薬
剤……………森田泰彰・山崎睦子…(4)-208

菌類 *Fusarium lactis* によるピーマン、トマトおよびナ

スの果実に対する病原性……………関口博之…(5)-232	色かび病……………川上 拓…(6)-328
山形県におけるダイズ主要品種のダイズべと病に対する罹病性……………中島具子…(7)-354	病害編-49 ニホンナシに発生する主要病害と防除対策……………小河原孝司・富田恭範…(6)-333
トマトモザイクウイルス感染によるホオズキの生育への影響と乾熱処理種子由来の地下茎導入によるウイルス病害抑制効果……………早日早貴ら…(7)-359	病害編-50 オウトウに発生する病害の生態と防除……………後藤新一…(9)-504
宮城県内における自生植物からのキュウリモザイクウイルスの分離とその多様性……………板橋 建ら…(7)-367	病害編-51 果樹類に発生する紋羽病(その1)……………松本直幸…(11)-625
レタスに発生する土壌病害(根腐病, コルキールート病, 黒根病)の見分け方……………石山佳幸…(7)-372	病害編-52 果樹類に発生する紋羽病(その2)……………松本直幸…(12)-667
タマネギべと病の一次感染発病株作出のための新規発病試験法……………草場基章…(7)-384	
沖縄県で発生した新たな病原菌 <i>Podosphaera xanthii</i> によるオクラうどんこ病……………澤岬哲也…(8)-440	
ジャガイモ黒あし病の発生を防ぐための工程管理……………藤本岳人…(9)-468	
イネばか苗病のペフラゾエートに対する感受性低下とその後の対応策……………松本純一…(9)-494	
岩手県の畑ワサビに発生した <i>Rhizoctonia solani</i> による苗立枯れ症状と同種による既知病害との異同……………岩館康哉ら…(10)-522	
マツ類葉さび病菌 <i>Coleosporium phellodendri</i> の担子胞子の有効感染距離と各種薬剤の防除効果について……………楠 幹生ら…(10)-532	
秋田県におけるアスパラガス褐斑病の発生実態と薬剤耐性菌の発生状況……………齋藤隆明ら…(10)-548	
東北地域のタマネギりん茎に発生する腐敗性病害の病原細菌とその薬剤感受性について……………遠 瑞枝…(11)-589	
花粉に乗り新たな植物に感染する植物ウイルスの伝染メカニズム……………磯貝雅道…(11)-597	
和歌山県における菌核病菌子のう胞子の飛散消長とキャベツ菌核病の防除……………菱池政志…(11)-602	
イチゴ炭疽病に対する育苗期の薬剤防除……………武山桂子ら…(11)-606	
ミニ特集：サツマイモ基腐病対策	
サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策……………小林有紀…(8)-406	
LAMP法によるサツマイモ基腐病の迅速遺伝子診断技術とその活用……………前島健作ら…(8)-414	
サツマイモ基腐病の発病リスクを軽減する塊根管理技術……………西岡一也…(8)-422	
病害虫の見分け方シリーズ	
キュウリ病害の見分け方……………沼田京太…(8)-450	
植物防疫講座	
病害編-47 ネギ属植物に発生する <i>Botrytis</i> 属菌による病害……………三澤知央・野津あゆみ…(5)-272	
病害編-48 果菜類に発生する <i>Botrytis cinerea</i> による灰	

色かび病……………川上 拓…(6)-328
病害編-49 ニホンナシに発生する主要病害と防除対策……………小河原孝司・富田恭範…(6)-333
病害編-50 オウトウに発生する病害の生態と防除……………後藤新一…(9)-504
病害編-51 果樹類に発生する紋羽病(その1)……………松本直幸…(11)-625
病害編-52 果樹類に発生する紋羽病(その2)……………松本直幸…(12)-667
虫 害
タバコノミハムシの発生生態と防除について……………井村岳男…(2)- 64
山口県におけるイネカメムシの越冬生態について……………住田歩夢・竹松葉子…(2)- 73
奈良県のカキ園におけるチャノキイロアザミウマ被害の発生状況……………杉村輝彦…(2)- 86
マメシクイガの被害リスク推定と防除対策……………竹内博昭ら…(2)- 92
PCR-RFLP法を活用したネギハモグリバエ <i>Liriomyza chinensis</i> (Kato) (Diptera: Agromyzidae) A系統およびB系統の簡易迅速識別法……………高木素紀ら…(2)- 97
次世代シーケンシング技術を使った土壌線虫の網羅的検出法の開発……………河野辺雅徳…(2)-102
ダイズの子実吸汁性カメムシ類の被害低減に向けた埼玉県での取り組み……………酒井和彦…(3)-118
チョウ目害虫5種における人工飼料を用いた簡易な薬剤感受性検定法……………井村岳男…(3)-153
天敵保護装置「バンカーシート®」を利用したスワルスキーカブリダニ放飼によるハウスミカンのミカンハダニ防除効果……………神山光子…(5)-236
<i>Panonychus</i> 属ハダニの現状と <i>Sasanychus</i> 属の復活……………後藤哲雄…(5)-241
赤色防虫ネットの開発経緯とキャベツのネギアザミウマに対する防除効果……………大矢武志ら…(7)-348
粘着板に捕獲したイネウンカ類の自動計数……………高山智光…(7)-378
イネ判別品種に対するトビイロウンカ飛来個体群における加害性の長期モニタリング……………藤井智久・安井 秀…(8)-428
輸出用茶栽培のためのコミカンアブラムシ防除農薬の検討と同種虫体および寄生芽の混入が茶の品質に及ぼす影響……………井上梨絵…(8)-434
ツマジロクサヨトウ用フェロモントラップで誘引されたチョウ目昆虫……………吉松慎一ら…(8)-445
晩生品種導入地区における斑点米カメムシ類の広域防除の効果……………石本万寿広…(9)-464

キヌサヤエンドウを加害するハナアザミウマの発消長と防除対策について……………	衛藤夏葉ら…(9)–476
シトロネラオイルを用いたミカンバエの捕獲効率の向上……………	望月雅俊・檜原 稔…(9)–483
ニラハウス栽培におけるネギネクロバネキノコバエの発消長と防除対策……………	星野航佑…(9)–499
合成性フェロモントラップを活用したフタオビコヤガの発生予測の可能性……………	高橋和大…(10)–526
スクミリングガイ被害抑制に向けた水田管理技術の再考—ジャンボタニシは IPM で解決する—……………	清水 健…(10)–542
IoT 自動撮影カメラを装着した粘着式フェロモントラップによる害虫日別誘殺数の即日把握：シロイチモジヨトウでの検証……………	金子修治…(10)–553
ミナミキイロアザミウマを効率よく誘殺する青緑色トラップの開発……………	土井 誠・長谷部 昇…(10)–557
天敵昆虫サビマダラオオホソカタムシの大量増殖へ向けた新たな飼育法の開発……………	糸山 享・佐藤翠音…(10)–563
新しい侵入害虫トマトキバガについて……………	水谷信夫…(11)–612
特集：果樹ハダニ防除における天敵利用	
果樹のハダニ防除における天敵利用に向けた取り組み……………	外山晶敏・岸本英成…(1)– 15
天敵を主体とした果樹のハダニ類防除体系……………	岸本英成・外山晶敏…(1)– 19
慣行防除のリンゴ園における下草保全がハダニ類と土着カブリダニ類の発生に及ぼす影響……………	舟山 健…(1)– 25
オウトウのハダニ防除における天敵利用……………	伊藤慎一…(1)– 30
ニホンナシにおける防除体系……………	清水 健…(1)– 37
施設ブドウ栽培における天敵を利用したハダニ類の防除体系……………	澤村信生ら…(1)– 44
施設ミカンにおける防除体系……………	川内孝太…(1)– 47
ミニ特集：ネギアザミウマにおける薬剤抵抗性と防除方法	
ネギアザミウマの各生殖型における薬剤感受性および寄主作物について……………	城塚可奈子…(11)–580
香川県におけるネギアザミウマの生殖系統の発生状況と薬剤感受性について……………	相澤美里・佃 晋太郎…(11)–584
病害虫の見分け方シリーズ	
野菜・花き類を加害するハモグリバエ類の見分け方……………	徳丸晋虫…(3)–159
農作物に発生するヨトウムシ類の被害と見分け方……………	野村昌史…(4)–212

植物防疫講座

虫害編-38 ブドウに発生する主要な害虫の生態と防除……………	内田一秀…(1)– 50
虫害編-39 野菜類に発生するゾウムシ類の生態と防除……………	大井田 寛…(9)–509

鳥獣害・雑草害

野生イノシシの成獣の違いと餌の配置が箱わなへの誘引に及ぼす影響および仕掛けの位置がわな作動に及ぼす影響……………	辻井 修…(9)–489
--	--------------

農 薬

カブリダニ製剤の候補種の探索と評価……………	豊島真吾…(6)–319
岡山県における土着天敵タバコカミカメに対する農薬の影響評価……………	西 優輔…(7)–363
ミニ特集：農薬残留分析に係る最近の話題	
パッシブサンプリングによる河川水中農薬の新しい調査手法……………	矢吹芳教ら…(6)–290
作物残留性試験における減衰傾向調査について—残留分析者の立場から—……………	飯島和昭ら…(6)–295
農薬のミツバチへのリスク評価について……………	石原 悟…(6)–300
農薬のミツバチ影響評価のための花粉・花蜜残留試験方法の検討……………	荒井雄太ら…(6)–304
新農薬の紹介	
新規殺虫剤オキサゾスルフィルの特長……………	坂本えみ子・鈴木竜也…(4)–221

植物防疫講座

農薬編-38 ミトコンドリア電子伝達系複合体 III Qo 部位スチグマテリン結合サブサイトに作用する殺菌剤……………	久池井 豊…(2)–109
農薬編-39 弦音器官 TRPV チャネルモジュレーターおよび弦音器官モジュレーター（標的部位未特定）—ピメトロジン，ピリフルキナゾン，フロニカミドおよびアフィドピロペン—……………	鈴木 藍…(5)–279
農薬編-40 オクトパミン受容体アゴニスト……………	曾根信三郎…(6)–338
農薬編-41 電位依存性ナトリウムチャネルブロッカー……………	島 克弥…(6)–340
農薬編-42 アニリノピリミジン（AP）系殺菌剤……………	貴田健一…(7)–392
農薬編-43 ミトコンドリア電子伝達系複合体 III 阻害剤-Qi サイト……………	小林 武・武内晴香…(7)–397
農薬編-44 多作用点接触活性を有する殺菌剤……………	富田啓文…(12)–678

シンポジウム

- 農薬施用法における技術の進展…曾根信三郎…(5)-247
薬剤散布機の現状と課題、今後の展望
……………吉田隆延…(5)-252
青森県におけるドローン散布を活用した病虫害防除に向
けた取り組み……………新藤潤一…(5)-259
北海道における農薬散布効率化に向けた取組と今後の展
望……………丹羽昌信…(5)-265
我が国の植物防疫の在り方と展望…羽石洋平…(12)-638
福岡県の水稲栽培における病虫害防除体系の考え方と今
後の方向性……………清水信孝…(12)-645
群馬県の野菜・特産作物栽培における病虫害防除体系の
考え方と今後の方向性……………池田健太郎…(12)-650
これからの病虫害防除体系において必要な視点
……………本多健一郎…(12)-655
今後の農薬開発の方向性……………河西康弘…(12)-662

挨拶

- 新年を迎えて……………羽石洋平…(1)- 2
新年を迎えて……………長坂幸吉…(1)- 3

巻頭言

- 創刊 76 年目を迎えて ……………曾根信三郎…(1)- 1
最近の情勢—みどりの食料システム戦略、植物防疫、バ
イオステイミュラント—……………大谷敏郎…(2)- 59
講演会にて……………花島陽治…(3)-117
四国植物防疫研究協議会への想い…奈尾雅浩…(4)-173
Man-made Plant Disease と土壤病害
……………宍戸雅宏…(5)-231
特殊病虫害の防除に携わって……………山口卓宏…(6)-289
「脱皮」は「不易流行」でなくてはならない
……………堤 隆文…(7)-347
考えは柔軟で自由であってほしい…守川俊幸…(8)-405
AI による植物病害診断とクラシカル植物病理学
……………増田 税…(9)-463
真実はひとつ……………原田孝則…(10)-521
正確、迅速な病虫害診断が冤罪、風評被害を防ぐ
……………竹内 純…(11)-579
病虫害の“真の姿”を理解する喜び
……………岩崎暁生…(12)-637

研究室紹介

- 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 農業研究本部
上川農業試験場 研究部 生産技術グループ
……………長浜 恵…(2)-114
宮城県農業・園芸総合研究所 園芸環境部
……………菅原克哉…(3)-167
和歌山県農業試験場 環境部 ……………井沼 崇…(3)-168
兵庫県立農林水産技術総合センター 農業技術センター
病虫害部……………神頭武嗣…(4)-225
大分県農林水産研究指導センター 農業研究部 病虫害対
策チーム……………山崎修一…(4)-226
新潟県農業総合研究所園芸研究センター 環境・施設科
……………黒田智久…(5)-284
埼玉県茶業研究所……………小川英之…(5)-285
京都府農林水産技術センター 農林センター 環境部
……………河合 哉…(6)-344
福岡県農林業総合試験場 病虫害部
……………清水信孝…(6)-345
茨城県農業総合センター農業研究所 病虫研究室
……………小林則夫…(7)-402
公益財団法人東京都農林水産振興財団 東京都農林総合
研究センター 生産環境科 病害・虫害管理研究チーム
……………久保田まや…(8)-457
愛媛県農林水産研究所 果樹研究センター 病理昆虫室
……………金崎秀司…(8)-458
福井県農業試験場 次世代技術研究部 生産環境研究グ
ループ……………富田浩治…(9)-518
長野県野菜花き試験場 環境部 ……小木曾秀紀…(9)-519
岩手県農業研究センター 県北農業研究所 園芸研究室
……………川戸善徳…(10)-576
山梨県果樹試験場 環境部 病虫害科
……………内田一秀…(10)-577
地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 農業研究本部
花・野菜技術センター 研究部 生産技術グループ
……………佐々木 純…(11)-631
和歌山県果樹試験場かき・もも研究所
……………大谷洋子…(11)-632
千葉県農林総合研究センター 暖地園芸研究所 生産環境
研究室……………久保周子…(12)-690

書 評

- 植物医科学 (第 2 版) ……………坂田 宏…(8)-459

水稻健苗育成の強い味方

種子消毒に

タフブロック



馬鹿苗病・いもち病・
褐条病・苗立枯細菌病
・もみ枯細菌病

播種時の灌注処理に

タフエイド



・苗立枯病（リゾーブス菌、
ピシウム菌、トリコデルマ菌、
フザリウム菌）
・根の生育促進

- タラロマイセス菌を有効成分とする生物農薬です
- 特別栽培米の生産に最適です
- 温湯種子消毒との体系処理にも適しています

タフブロック、タフエイドは株式会社エス・ディー・エスバイオテックの登録商標です。

株式会社 **エス・ディー・エス バイオテック** <https://www.sdsbio.co.jp/>

農薬ハンドブック

絶賛発売中!!

農薬ハンドブック

2021 年版

一般社団法人 日本植物防疫協会

RAC による作用機構分類に準じて掲載
新規に作用機構に属する化合物解説を追加



価格：15,400 円（税込み，送料サービス）A5 判

一般社団法人 **日本植物防疫協会** ご注文は JPPA オンラインストアより
<https://jppaonlinestore.raku-uru.jp/>



明日の「農」を支える力でありたい。

自然の恵みをうけて、大きく育つ農作物。そんなみずみずしい生命を守り、
支え、確かな実りに結ぶ三井化学アグロの技術。
自然との調和を基本に、三井化学アグロはより豊かな農業のために、
より安全性の高い農薬の提供をつづけています。

殺虫剤

三井薬匠 **アルバリン**® 顆粒水溶剤・粒剤
粉剤DL・箱粒剤

トレボンスター® フロアブル
粉剤DL

コロマイト® 水和剤
乳剤

スタークル® 顆粒水溶剤

トレボン® 乳剤・EW・MC・粉剤DL
粒剤・エアー・スカイMC

ミルベノック® 乳剤

スタークルメイト® 1キロH粒剤
液剤10

アズキ® 乳剤

キックオフ® 顆粒水和剤

殺菌剤・殺虫殺菌剤・土壌消毒剤

アフエット® フロアブル

フルーツセイバー

モンガリット® 1キロ粒剤
粒剤

タチガレン® 粉剤
液剤

サンブラス® 粒剤

サントリプル® 箱粒剤

三井薬匠 **クロールピクリン**

ベジセイバー®

ネビジ® 粉剤

サンリット® 水和剤

タチガレエース® M 粉剤
液剤

ガッツスター® 粒剤

サンフェスタ® 箱粒剤

三井 **ソイリーン**®

ヒカト® フロアブル

ネビリュウ®

テーク® 水和剤

タチガレファイト® 液剤

トリプルキック® 箱粒剤

ツインキック® 箱
粒剤

サンスパイク® 箱
粒剤

除草剤

アールタイプ® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

キクンジャベ® Z 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

サンバード® 粒剤

草枯らし MIC®

セカンドショット® SジャンボMX

シェイデン® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

イネキング® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

ワイドアタック™ SC

アトカラ® SジャンボMX

トドメMF® 1キロ粒剤・乳剤

アルファプロ® 1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L
フロアブルH/L

フォローアップ® 1キロ粒剤



●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。



三井化学アグロ株式会社

東京都中央区日本橋1-19-1 日本橋ダイヤビルディング
ホームページ <https://www.mitsui-agro.com/>

新製品・注目製品は
こちらから
ご覧いただけます。

農業、最も大切なしごと。 これからも、今まで以上に。

それは #適切なバランスを見出すこと

未来の農業を豊かに実らせる、農業経営応援サイト

minorasu

実らず、農業のミライ



人工知能(AI)が、あなたの栽培管理を最適化



xarvio®
FIELD MANAGER

powered by BASF



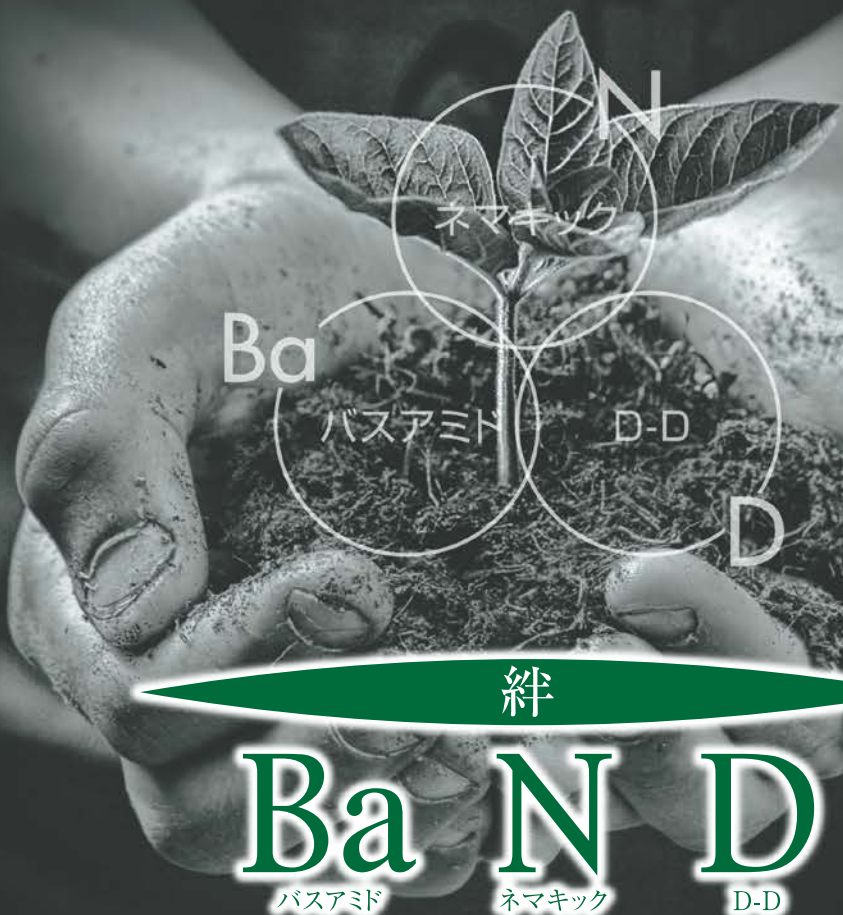
BASFジャパン株式会社
<https://crop-protection.basf.co.jp/>

■ BASF

We create chemistry

いい土から、いい作物。

アグロカネショウの土壤消毒剤



で土壌を守る。

線虫問題にケリをつける!!

土壌病害・雑草防除に!

土壌センチュウ防除に!



ネマキック
粒剤



バスアミド
微粒剤

D-D

アグロ カネショウ

土壌分析

化学性や生物性の土壌診断を行います。

土壌の
養分分析

線虫や
菌の密度

土壌分析の詳細や申込みについては▼

アグロ カネショウ土壌分析室 [0296-21-3108] まで



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

■製品のお問い合わせ

アグロ カネショウ(株) お客様相談係
04-2944-1117