

第3回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム

講演要旨

令和5年12月22日
東京農業大学 世田谷キャンパス
国際センター 榎本ホール・
オンライン（ZOOM）ハイブリッド開催

主催：農林害虫防除研究会
（殺虫剤抵抗性対策タスクフォース）
東京農業大学総合研究所 研究会／農薬部会
後援：（一社）日本植物防疫協会
（一社）日本応用動物昆虫学会
（一社）日本植物病理学会／殺菌剤耐性菌研究会
（一社）全国農業改良普及支援協会
（国研）農研機構
日本農薬学会
東京農業大学総合研究所
研究会／生物的防除部会

農林害虫防除研究会

Agricultural and Forest Insect Pest Management Society of Japan

農林害虫防除研究会 第3回 殺虫剤抵抗性対策シンポジウム 開催要領

1. 日時 2023年12月22日(金) 10:00～17:00
2. 主催 農林害虫防除研究会, 東京農業大学総合研究所 研究会／農薬部会
3. 後援 日本植物防疫協会, 日本農薬学会, 日本応用動物昆虫学会, 農研機構, 日本植物病理学会「殺菌剤耐性菌研究会」, 全国農業改良普及支援協会 東京農業大学総合研究所 研究会／生物的防除部会
4. 開催形式 ハイブリッド開催(対面, オンライン Zoom)
会場: 東京農業大学 世田谷キャンパス 国際センター 榎本ホール

5. 開催趣旨

開催テーマ: IPMを踏まえた現場における殺虫剤抵抗性対策の実践

殺虫剤抵抗性対策シンポジウムを, 防除関係者の所属の枠を超えた薬剤抵抗性リスクコミュニケーションの場とする。講演・総合討論をとおして, 殺虫剤抵抗性管理・対策に関する生産現場の取組みと施策・研究の情報を共有する。殺虫剤抵抗性対策に加え, 殺菌剤耐性菌対策を現場で実践・普及するためのスキルアップを図り, IPMを踏まえた現場での効果的な防除に貢献する。

6. プログラム

総合司会 井口雅裕(シンポジウム実行委員会, 和歌山県果樹試験場かき・もも研究所)

午前の部 10:00～12:00	
10:00～10:40	
開会挨拶	農林害虫防除研究会会長 岸本英成(農研機構 植防研 果樹茶病害虫防除研究領域) 東京農業大学 総合研究所研究会 農薬部会長 本山直樹(千葉大学名誉教授)
事務連絡	
開催にあたって	シンポジウムテーマの視点と殺虫剤抵抗性対策タスクフォースの活動概要 山本敦司・土井誠・井口雅裕・野田隆志・山我岳史・刑部正博・清水健・田中千晴 (農林害虫防除研究会 殺虫剤抵抗性対策タスクフォース)
10:40～11:10	座長: 土井 誠
講演1	みどりの食料システム戦略と改正植物防疫法の中での薬剤感受性検定(仮題) 岡田和秀・松井稜太郎(農林水産省消費・安全局 植物防疫課)
11:10～12:00	
講演2	岩手県におけるリンゴのハダニ類に対する隔年ローテーションを基軸とした 殺ダニ剤抵抗性管理 藤沢巧(岩手県農業研究センター)
午後の部 13:00～17:00 (休憩 14:40～15:00, 15:50～16:00)	
13:00～13:50	
座長: 山我 岳史	
講演3	熊本県での殺虫剤抵抗性対策につながるタバココナジラミ防除の取組み 樋口聡志(熊本県農林水産部)
13:50～14:40	
講演4	農業用殺菌剤の連続散布と耐性菌マネジメント

(殺菌剤耐性菌研究会とのコラボレーション企画)

播本佳明 (コルテバ・アグリサイエンス日本(株))

15:00 ~ 15:50

座長：田中 千晴

講演 5 薬剤抵抗性管理の実践へ向けた IPM を考慮した発想転換

清水健 (千葉県農林水産部, 殺虫剤抵抗性対策タスクフォース)

16:00 ~ 16:55

ファシリテーター：野田隆志

総合討論 テーマ：「殺虫剤抵抗性管理の現場への普及について」

16:55 ~ 17:00

閉会挨拶 山本敦司 (シンポジウム実行委員会, 日本曹達(株))

7. 情報交換会

17:30 ~ 「レストランすずしろ」 東京農業大学世田谷キャンパス内

目 次

開催にあたって シンポジウムテーマの視点と殺虫剤抵抗性対策タスクフォースの活動概要 ……	1
シンポジウム実行委員会：	
山本敦司（日本曹達㈱）・土井誠（静岡県農技研）・井口雅裕（和歌山かき・もも研）	
野田隆志（日植防）・山我岳史（JA 全農 営農技術セ）・刑部正博（京都市）	
清水健（千葉県農林水産部）・田中千晴（三重県農研）	
講演 1 みどりの食料システム戦略と改正植物防疫法の中での薬剤感受性検定……………	9
岡田和秀・松井稜太郎（農林水産省 消費・安全局 植物防疫課）	
講演 2 岩手県におけるリンゴのハダニ類に対する	
隔年ローテーションを基軸とした殺ダニ剤抵抗性管理 ……………	21
藤沢巧（岩手県農業研究センター）	
講演 3 熊本県での殺虫剤抵抗性対策につながるタバココナジラミ防除の取組み ……………	29
樋口聡志（熊本県農林水産部 農業革新支援センター）	
講演 4 農業用殺菌剤の連続散布と耐性菌マネジメント ……………	35
播本佳明（コルテバ・アグリサイエンス日本株式会社）	
講演 5 薬剤抵抗性管理の実践へ向けた IPM を考慮した発想転換 ……………	41
清水健（千葉県農林水産部）	

Contents

Opening: Preface: The 3rd Symposium on the Insecticide Resistance Management

The main theme of the Symposium and recent activity of the task force of IRM. 1

Atsushi Yamamoto^{1,2}, Makoto Doi^{1,3}, Masahiro Iguchi^{1,4}, Takashi Noda^{1,5},

Takeshi Yamaga^{1,6}, Masahiro Osakabe^{1,7}, Ken Shimizu^{1,8}, Chiharu Tanaka^{1,9}

¹ Task Force for Insecticide Resistance Management under AFIPM Soc. Japan.

² Nippon Soda Co., Ltd., ³ Shizuoka Pref. Research Institute of Agri and Forestry.

⁴ Laboratory of Persimmon and Peach, Wakayama Fruit Tree Exp. Sta.

⁵ Japan Plant Protection Association, ⁶ ZEN-NOH Agricultural R&D Center.

⁷ Kyoto City, ⁸ Chiba Pref. Agri, Forestry and Fisheries Dep.

⁹ Mie Agricultural Research Center.

1. Pesticide sensibility assay in Strategy for Sustainable Food Systems,
MeaDRI and Plant Protection Act. 9

Kazuhide Okada¹, Ryotaro Matsui¹

¹ Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries Government of Japan

2. Biennial Rotation-Based Acaricide Resistance Management of Spider Mites
on Apples in Iwate Prefecture 21

Takumi Fujisawa¹

¹ Iwate Agricultural Research Center

3. Control and insecticide resistance management of Bemisia tabaci
in Kumamoto prefecture. 29

Satoshi Higuchi¹

¹ Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Kumamoto Prefectural Government

4. Block application of agricultural fungicide and resistance management. 35

Yoshiaki Harimoto¹

¹ Corteva Agriscience Japan

5. Embodiment (or Unweaving) of the Insecticide Resistance Management ~IPM after all~ 41

Ken Shimizu¹

¹ Chiba Pref. Agri, Forestry and Fisheries Dep.

シンポジウムテーマの視点と 殺虫剤抵抗性対策タスクフォースの活動概要 (シンポジウム開催にあたって)

○山本 敦司^{1,2}・土井 誠^{1,3}・井口 雅裕^{1,4}・野田 隆志^{1,5}
山我 岳史^{1,6}・刑部 正博^{1,7}・清水 健^{1,8}・田中 千晴^{1,9}

¹農林害虫防除研究会・殺虫剤抵抗性対策タスクフォース（シンポジウム実行委員）

²日本曹達(株)，³静岡県農技研，⁴和歌山県かき・もも研，⁵日植防，

⁶JA 全農営農技術セ，⁷京都市，⁸千葉県農林水産部，⁹三重県農研

1. はじめに

「現場での害虫防除」の古くて新しい課題として，常に薬剤抵抗性問題がある。農林害虫防除研究会の専門委員会「殺虫剤抵抗性対策タスクフォース（2019 年設立）」の諸活動は，殺虫剤抵抗性管理が生産現場へ伝わりミスの無い病虫害防除に貢献することを目的とし，現場目線をモットーとしている。今回で 3 回目の殺虫剤抵抗性対策シンポジウム（以下，本シンポジウム）を開催するにあたり，シンポジウムテーマの視点を参集者とあらかじめ明確に共有するとともに，本タスクフォースの最近の活動を報告する。

2. 本シンポジウムの視点： 殺虫剤抵抗性対策の現場での実践

(2-1) 薬剤抵抗性管理の実践サイクル

シンポジウムを開催するにあたり，「薬剤抵抗性管理を現場の行動へ結びつける」ための効率的で基本的な考え方をあらかじめ提案する。それは，図-1 に示すように，薬剤抵抗性対策ツールを利活用して，現場目線で実践サイクルを回すことである（山本，2023）。

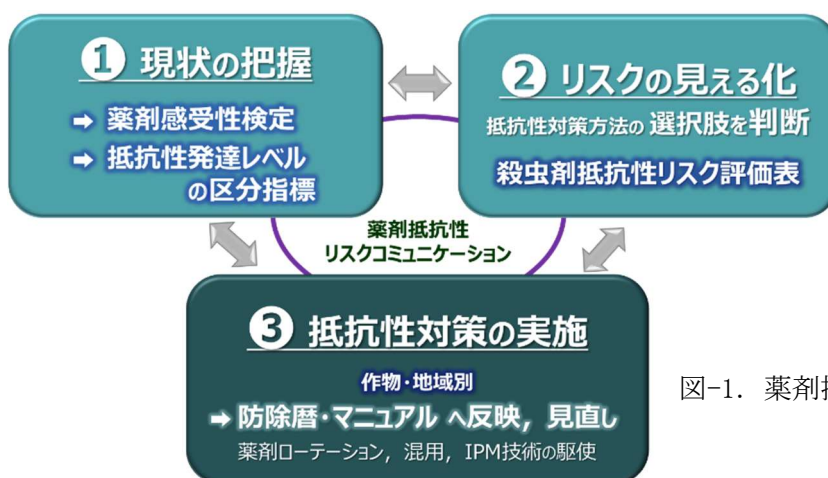


図-1. 薬剤抵抗性管理の実践サイクル
引用：山本（2023）

①まず現状を把握するために、薬剤感受性検定を実施し、「抵抗性発達レベルの区分指標」を利用して該当地域の抵抗性発達レベルを薬剤ごとに判断する（表-1）。②次に、抵抗性リスクを見える化し抵抗性対策方法の選択判断をするために、薬剤抵抗性リスク評価表（山本・土井，2021）を現場ごとに作成し、生産者との薬剤抵抗性リスクコミュニケーションに利活用する。③それに基づいて既存の防除体系・抵抗性対策法を見直して、新たな薬剤抵抗性管理ガイドラインに則り、抵抗性対策を踏まえた IPM 基盤の防除を実施する。

（2-2）本シンポジウムの開催テーマと趣旨

本シンポジウムの開催テーマは、「IPM・総合防除を踏まえた現場における殺虫剤抵抗性対策の実践」である。その開催趣旨は、防除関係者の所属の枠を超えた薬剤抵抗性リスクコミュニケーションの場を設けることである。5 題の講演と総合討論を通して、殺虫剤抵抗性管理・対策に関する生産現場の取組みと施策・研究の情報を交換・共有し、殺虫剤抵抗性対策に加え、殺菌剤耐性菌対策を現場で実践・普及するためのスキルアップを図る。そして、IPM・総合防除を踏まえた現場での効率的な防除に貢献する。

（2-3）参考：過去の殺虫剤抵抗性研究から学ぶこと

第 1 回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム（2021 年開催）にて、過去の殺虫剤抵抗性研究から、得たもの 3 点を報告し講演要旨にも記載した（山本ら，2021）。1960～70 年代に日本植物防疫協会の主導で、殺虫剤抵抗性対策委員会（1962～1972：稲作害虫部会と果樹ハダニ部会）と殺虫剤抵抗性研究会（1974～1981）が、期間を連続して研究コンソーシアムとして結成され、多くの研究が実施され、現代の殺虫剤抵抗性研究の礎となった。

これらの初期の殺虫剤抵抗性研究から得た提言を集約すると、①薬剤抵抗性の検定等、②薬剤ローテーションへの警鐘、および③IPM の利活用である。（余談だが、当時は個体群生態学が IPM へ導入される過渡期であったため、「IPM」という用語がまだ確立されず、「総合防除」という概念の用語であった。）

これらの先駆的な実証研究や警鐘があるにもかかわらず、現在の私達が温故知新で参考にしたい点が多くあるのは否めない。例えば、①薬剤抵抗性検定に基づく抵抗性発達レベルの判断が現在でも曖昧であること、②薬剤ローテーションへの警鐘が的確であったにもかかわらず、現在の薬剤ローテーションの多くの実践事例に反映されてないこと、③IPM 資材が、2000 年以降により実用化が進みつつあること、等である。これらの課題を殺虫剤抵抗性対策シンポジウムでも取り上げて、現代の視点でも再考していきたい。

3. 講演と総合討論の視点（第 3 回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム）

本シンポジウムでは、上記の開催テーマと薬剤抵抗性対策の実践サイクル（図-1）および上記の過去の殺虫剤抵抗研究から学ぶことを視点に、プログラムを企画した。そして、本シンポジウムの講演 5 題と総合討論にて、開催趣旨に沿った情報共有と薬剤抵抗性リスクコミュニケーションを行いたい。

農林水産省の講演（講演 1）では、薬剤感受性検定に関する施策に焦点し、みどり戦略・改正植物防疫法の中での位置付けを学ぶ。岩手県（講演 2）と熊本県（講演 3）の講演からは、薬剤抵抗性対策の取組みや成功事例だけでなく、現場実践の難しさも学ぶ。殺菌剤耐

性菌研究会（講演 4）からは、コルテバ社が海外で実践・普及している予防を基軸とした薬剤混用による殺菌剤耐性菌対策の実践事例を学ぶ。千葉県（講演 5）からは、将来の IPM 基盤の薬剤抵抗性管理を、現在の薬剤抵抗性管理と比較しながら提案していただき、次の総合討論へつなぐ。総合討論では、過去 2 回と同じテーマである「殺虫剤抵抗性管理の現場への普及」について意見交換し、薬剤抵抗性リスクコミュニケーションをより深める。

4. （参考）第 1～2 回殺虫剤抵抗性対策シンポジウムをふりかえって

殺虫剤抵抗性対策シンポジウムの第 1～2 回の講演要旨は、農林害虫防除研究会 HP で公開されフリーで入手できる。参考として、講演タイトルを記載する。

第 1 回シンポジウム 講演タイトル

- 講演 1 IPM を考慮した殺虫剤抵抗性管理の実践と連携を！（開催にあたって）
シンポジウム実行委員会
- 講演 2 薬剤抵抗性病害虫の発生状況と対策の取組について
岡田和秀（農林水産省消費・安全局 植物防疫課）
- 講演 3 GAP による IPM と薬剤抵抗性対策の実践
鈴木啓史（殺菌剤耐性菌研究会幹事長、三重県農産園芸課）
- 講演 4 殺虫剤抵抗性の進化を阻止するための最適な薬剤散布計画
山村光司（農研機構 農環研）
- 講演 5 私が関わった殺虫剤抵抗性研究 42 年 - 基礎から現場の問題解決へ -
本山直樹（千葉大学名誉教授、東京農業大学総合研・農薬部会長）
- 講演 6 薬剤抵抗性コナガの過去と現在、これからの防除対策
上杉龍士（農研機構 東北農研）
- 総合討論 テーマ：「殺虫剤抵抗性管理の現場への普及について」

第 2 回シンポジウム 講演タイトル

- 開催にあたって シンポジウム開催テーマと
殺虫剤抵抗対策タスクフォースの活動概要 シンポジウム実行委員会
- 講演 1 みどりの食料システム戦略と薬剤抵抗性対策 — 農林水産省の取組み —
岡田和秀・井田仁（農林水産省 消費・安全局 植物防疫課）
- 講演 2 三重県における薬剤抵抗性害虫（チャノコカクモンハマキ・ネギアザミウマ）に対する防除指導の取組みについて
西野実・田中千晴・佐々木綾乃（三重県農業研究所）
- 講演 3 茨城県のネギアザミウマにおける薬剤抵抗性対策と現場への防除指導
窪田直也（茨城県農総セ・園研）・高木素紀（茨城県鹿行農林事務所）
草野尚雄（茨城県農総セ）・上樂明也（農研機構生物研）
小河原孝司（茨城県農総セ・園研）
- 講演 4 群馬県のアブラナ科野菜のコナガにおける薬剤抵抗性対策への
JA の取組み — 薬剤感受性検定を活用した営農指導 —
内堀知佳・原澤亮太（JA 全農ぐんま）

講演 5 IRAC コードはどのように審査され決められるのか

中野元文（日本農薬株式会社, IRAC International MoA Team）

講演 6 兵庫県における殺菌剤耐性菌の発生要因解析と発生後の対応

内橋嘉一・松本純一・岩本豊（兵庫県農林水産技術総合センター）

総合討論 テーマ：「殺虫剤抵抗性管理の現場への普及について」

5. 殺虫剤抵抗性対策タスクフォースの活動概要

（5-1）活動概要

殺虫剤抵抗性対策タスクフォースの活動の目的は、先述したとおりである（1.はじめに）。その活動の基本的考え方は、①農業生産現場の薬剤抵抗性対策のニーズに応え、「殺虫剤抵抗性対策の技術確立の支援」を進めること、②薬剤抵抗性リスクコミュニケーションを進めるため、第三者的立場から「行政・研究者・現場指導者・生産者が、所属組織に関わらず垣根を越えて意見交換・情報共有できる広場」を提供することである。

これまでに本タスクフォース委員で討議し実行している主な活動は次のとおりである。

- ① 農林害虫防除研究会 HP にて、殺虫剤抵抗性管理・対策に関する情報を発信。
- ② 殺虫剤抵抗性対策シンポジウムの企画・開催（2021～）。本シンポジウムを薬剤抵抗性リスクコミュニケーションの場として考えている
- ③ 「殺虫剤抵抗性リスク評価表」の作成（山本・土井, 2021）。
- ④ 「殺虫剤抵抗性発達レベルの区分指標」の作成で、後述する（表-1：山本, 2023）。
- ⑤ 「殺虫剤感受性検定関連データベース」の作成を検討中で、後述する。

（5-2）殺菌剤耐性菌研究会との連携

作物栽培現場では害虫防除と病害防除をセットで考慮し、薬剤抵抗性・耐性菌対策を生産者と対話する必要がある。そのため、日本植物病理学会の殺菌剤耐性菌研究会（<http://www.taiseikin.jp/>）との連携を進めている。殺菌剤耐性菌研究会はシンポジウム開催（1991～）の実績があり、害虫関係者も耐性菌対策から学ぶことが多い。そのため、第1～2回の殺虫剤抵抗性対策シンポジウムで招待講演を実施し、今回の第3回シンポジウムでも播本佳明氏（コルテバ日本㈱）に講演を依頼した。

6. 活動事例 1 「殺虫剤抵抗性発達レベルの区分指標」

（6-1）殺虫剤抵抗性発達レベルを客観的に判断する

殺虫剤抵抗性管理の実践サイクルの入口は、現状を把握するための薬剤感受性検定である（図-1）。そして、評価薬剤・害虫の抵抗性発達レベルを、各地域や個別圃場において適切に判断することが、重要で基本である。一方、現状では現場でどう判断したら良いのかという切実な疑問がある。それに加え、例えば「感受性低下」「抵抗性が疑われる」と「抵抗性」は本来異なるが、同義とする判断ミスや用語の使用ミスの報告が散見される。これは、生産者へ誤った防除情報を発信するリスクにつながる。そのため、殺虫剤抵抗性対策タスクフォースでは、殺虫剤抵抗性の発達段階・レベルを区分する指標の検討を2021年から始め用語を明確にした（表-1：山本ら, 2021；山本, 2023）。

作成にあたり、殺虫剤抵抗性の定義（IRAC, 2023）に従い、「殺菌剤耐性菌発達レベルの定義と指標／殺菌剤耐性菌研究会」（石井，2010）を参考にした。さらに、「遺伝子診断を用いたリスクレベル区分／農研機構」（山村ら，2019）と「抵抗性広がりのフェーズ区分／農林水産省植防課」（白石，2017；鈴木，2019）の各指標も、殺虫剤抵抗性発達レベルの区分指標の重要な項目として対応させ、表-1 に明記した。

ちなみに、殺虫剤抵抗性の定義（IRAC, 2023）から抵抗性発達区分の判断に必須なキーワードを明確にすると、「①実用薬量で使用しても、②圃場での期待される③防除効果がなくなる」と下線で強調した 3 語が抽出される。

表-1. 薬剤抵抗性発達レベルの区分指標（殺虫剤抵抗性を例として） 引用:山本(2023)

殺虫剤抵抗性の発達レベルの区分		殺虫剤抵抗性発達に関する さまざまな指標	
抵抗性発達レベル	①圃場：防除効果 実用薬量・濃度 ②室内：薬剤感受性検定（生物検定） 薬剤感受性ベースライン ^{*)} との比較	遺伝子診断による 抵抗性リスクレベル （農研機構）	都道府県下での 抵抗性の広がりのフェーズ （農水省植防課 三重県植防会議）
抵抗性	①圃場：防除効果不十分，無し ②室内：効果無し，不十分	リスクレベル 3 高：R遺伝子頻度 既に抵抗性が発達	フェーズⅢ：都道府県下で広域に広がる フェーズⅡ：ある程度の面積規模に広がる
感受性低下	①圃場：防除効果あり ②室内：効果不十分 ^{**)}	リスクレベル 2 中～低：R遺伝子頻度 抵抗性が発達中	フェーズⅠ：一部の圃場の現象にとどまる
感受性	①圃場：防除効果あり ②室内：効果あり（ベースラインと同等）	リスクレベル 1 極めて低：R遺伝子頻度 抵抗性は未発達	フェーズⅠ-a：感受性低下は認められない 他の都道府県では発達あり フェーズⅠ-b：感受性低下は認められない
参考：非感受性	もともと効果が無い	—	—

^{*)} 薬剤感受性ベースライン：薬剤使用前の個体群，あるいは標準感受性個体群における薬剤感受性

^{**)} 生物検定：実用薬量やそれよりも低い薬量で効果があっても，ベースラインと比較して効果が不十分であれば「感受性低下」となる。

引用 農研機構：山村ら（2019），農水省植防課：白石（2017），三重県植防会議：鈴木（2019）

（6-2）殺虫剤抵抗性発達レベルの 3 区分

「感受性，感受性低下，抵抗性」の抵抗性発達レベルの用語を区分する基準は，次の 4 点である。それは，当該薬剤の実用薬量での，①使用前と使用後の効果の変化，②圃場の防除効果と室内感受性検定の効果を併せた感受性変化の総合判断である。さらに，③薬剤使用の前と後の比較（時間的変化）や，標準的な感受性系統の個体群との比較をするためには，まず薬剤感受性のベースライン（薬剤使用前の感受性，基本性能）を知る必要がある。そして，④殺虫剤抵抗性の各地域・圃場での広がりの様相（フェーズ）を，薬剤感受性検定やアンケート等で把握し，総合的に抵抗性発達レベルを判断する。

上記の 4 基準を踏まえて，抵抗性リスクを評価したい地域・圃場の害虫個体群における「感受性，感受性低下，抵抗性」のレベルを以下のように区分した。

抵抗性： 抵抗性遺伝子頻度が十分に高く，抵抗性個体群が広域に広まっている状態。実用薬量で圃場の防除効果でも室内の生物検定等でも効果が不十分な段階。

感受性低下： 抵抗性遺伝子頻度が高まりつつあるが，抵抗性個体群の広まりは限定的な状態。室内の生物検定等で実用薬量や低薬量で効果がベースラインよりも不十分な場合もあるが，圃場では実用薬量の防除効果がある段階。

感受性： 抵抗性遺伝子は薬剤使用前と同じく低頻度であり、抵抗性個体群の広まりも見られていない状態。室内の生物検定等でベースラインと同等であり、圃場でも防除効果がある段階。

(6-3) 区分上の留意点

圃場での抵抗性発達レベル区分の判断の留意点を述べる（山本，2023）。まず，①圃場の防除効果を十分に考慮せずに，主に室内の生物検定等に頼り切った判断をしがちな点である。次に，②薬剤の圃場防除効果へ影響する気象条件（好天続きによる光分解や降雨影響による薬剤流亡など）や防除タイミングが合わずに防除が不十分であった場合に，抵抗性発達と勘違いし判断する場合もある。さらに，③生物検定や遺伝子診断した害虫個体群の採集場所が限られていたり，採集個体数が少なかつたりすれば，その地域全体の薬剤感受性の状況を反映しているとは言えない。いわゆるサンプルサイズにも留意する必要がある。この3点を留意し判断すると判断ミスが無くなり，現場指導員・生産者へ適切な情報提供ができる。

一方，個々の殺虫剤の「薬剤感受性ベースライン」データの設定方法やそのデータの共有方法については，現場だけでなく研究者間でも十分に議論されていない。この課題は殺虫剤抵抗性対策タスクフォースにて検討中であり，次項の「殺虫剤感受性検定関連データベース」の作成検討につながる。

7. 活動事例2 「殺虫剤感受性検定関連データベース」

国内の主な害虫に対する薬剤感受性検定や検定手法等に関する公開論文のデータベースを作成中である。第1～2回殺虫剤抵抗性対策シンポジウムでの参加者からの意見・提案に応え，本シンポジウムで進捗状況を報告する。

作成の目的は，国内の殺虫剤感受性検定結果等の情報を共有し，殺虫剤抵抗性管理・対策の現場での実践に資することである。作成上の視点は次の諸点である。①使いやすいこと。②国内の公開論文から，最近の報告を優先的にまとめる。③薬剤感受性検定結果と検討方法を主要キーワードとする。④都道府県幹事や会員等からの国内各地域の情報提供を歓迎する。⑤情報更新し継続性を持たせる。⑥本研究会HPで会員向けに公開する。まずは次年度に公開し，修正を重ねながらより使いやすいデータベースとして行きたい。

8. おわりに

農林害虫防除研究会では，殺虫剤抵抗性対策タスクフォースの活動を通じて，都道府県の現場の薬剤抵抗性対策の活動と連携し協働したい。その一環として殺虫剤抵抗性対策シンポジウムの企画・開催を今後も継続したいと考えている。なお，シンポジウム終了後，参加者を対象に事後アンケートを実施している。これまでも，各講演や総合討論の内容に関する意見・提案や感想が多く寄せられ，殺虫剤抵抗性対策に対する問題意識の高さを実感することができた。これらの貴重な意見を次回以降のシンポジウムの企画にも還元できる。アンケートのご回答者には厚く御礼申し上げる。

【付録】 殺虫剤抵抗性対策シンポジウムへ初めて参加される方へ

農林害虫防除研究会の殺虫剤抵抗性管理・対策に関する基本的な考え方や用語は、以下の文献を参照されたい。

- 農林害虫防除研究会ホームページ <http://agroipm.org/>：殺虫剤抵抗性対策タスクフォースや殺虫剤抵抗性リスク評価表等について記載されている。
- 山本敦司（2020）関東東山病虫害研究会報 67: 1-8. ：殺虫剤抵抗性管理の考え方の基本と用語の説明や、現場の実践事例が記載されている。
- 山本敦司・土井誠（2021）植物防疫 75(1): 16-24. ：殺虫剤抵抗性リスク評価表の作成や利用方法が解説されている。
- 山本敦司（2023）植物防疫 77(11): 594-598. ：殺虫剤抵抗性対策の現場での実践法と薬剤抵抗性発達レベルの区分が解説されている。

引用文献

- IRAC (2023) : IRAC Mode of Action Classification Scheme, Ver.10.5.
石井英夫（2010）：第 20 回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集: 1-10.
白石正美（2017）：植物防疫 71: 269-277.
鈴木啓史（2019）：植物防疫 73(10): 615-622.
山本敦司（2020）関東東山病虫害研究会報 67: 1-8.
山本敦司（2023）植物防疫 77(11): 594-598.
山本敦司・土井誠（2021）植物防疫 75(1): 16-24.
山本敦司・土井誠・井口雅裕・宮崎仁実・野田隆志（2021）第 1 回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム講演要旨（2022/11/11 改訂），農林害虫防除研究会. 1-9.
山村光司・須藤正彬・山中武彦（2019）：薬剤抵抗性農業害虫管理のためのガイドライン案(2019 年 3 月／農研機構): 16-29.

(2023 年 10 月 31 日 受領)

Preface: The 3rd Symposium on the Insecticide Resistance Management

The main theme of the Symposium and recent activity of the task force of IRM

Atsushi Yamamoto^{1,2}, Makoto Doi^{1,3}, Masahiro Iguchi^{1,4}, Takashi Noda^{1,5},
Takeshi Yamaga^{1,6}, Masahiro Osakabe^{1,7}, Ken Shimizu^{1,8}, Chiharu Tanaka^{1,9}

¹Task Force for Insecticide Resistance Management under AFIPM Soc. Japan.

²Nippon Soda Co., Ltd., ³Shizuoka Pref. Research Institute of Agri and Forestry.

⁴Laboratory of Persimmon and Peach, Wakayama Fruit Tree Exp. Sta.

⁵Japan Plant Protection Association, ⁶ZEN-NOH Agricultural R&D Center.

⁷Kyoto City, ⁸Chiba Pref. Agri, Forestry and Fisheries Dep.

⁹Mie Agricultural Research Center.

(Received: 31 Oct. 2023)

みどりの食料システム戦略と改正植物防疫法の中での

薬剤感受性検定

○岡田和秀¹・松井稜太郎¹

¹農林水産省消費・安全局植物防疫課

1. みどりの食料システム戦略について

みどりの食料システム戦略は、令和3年5月に農林水産省において策定された、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ための戦略である。

病虫害防除の関連する部分を抜粋すると、本戦略が策定された背景として、現在、我が国の食料・農林水産業は持続可能性における課題を抱えており、世界平均の2倍近い上昇率で温暖化が進み、全国各地での記録的豪雨や、台風等の頻発、高温が農林水産業における重大なリスクの一つとなり、作物の収量減少・品質低下や、漁獲量の減少など、生産現場に大きな影響が生じている。加えて、病虫害がまん延し、主として薬剤防除により対応している中で、薬剤抵抗性を獲得した病虫害が発生する事態も生じており、生産環境の改善に向けた環境負荷軽減が課題となっている。

これらに対応するため、本戦略において、2050年を目標年次とした、複数のKPI（重要業績評価指標）が設定され、病虫害防除の分野においては、「スマート防除技術体系の活用」や、「リスクの高い農薬からより低い農薬への転換」を段階的に進めつつ、「化学農薬のみに依存しない総合的な病虫害管理体系の確立・普及」等を図ることに加え、2040年までに、生物農薬やよりリスクの低い化学農薬などの、「新規農薬等の開発」により、2050年までに化学農薬使用量（リスク換算）の50%低減を目指すこととされた（図1）。

また、中間目標として、2030年までに化学農薬使用量（リスク換算）を10%低減するという目標も設定されている。本戦略はイノベーションで実現する戦略であり、新規農薬等の開発等のイノベーションには時間がかかることから、まずは「病虫害が発生しにくい生産条件の整備や病虫害の発生予測を組み合わせた総合防除の推進」、「化学農薬を使用しない有機農業の面的拡大」に取り組むことで目標の達成を目指すこととされた。

なお、本KPIにおける「リスク換算」については、本戦略での化学農薬使用量の低減の主目的は環境負荷の低減であるところ、国際的にも環境負荷を測る統一された指標がないことから、ADI（ヒトの一日許容摂取量）を基に算出することとされている。これは、化学農薬の使用による環境への影響を全国の総量で低減していることを検証可能な形で把握するために定められた指標であることから、各地域におかれては、本指標に囚われることなく、各地域の実情に応じた可能な範囲での化学農薬使用量の低減に取り組んでいただきたい。

【病害虫防除関連部分の抜粋】

2 本戦略の背景

(1) 我が国の食料・農林水産業が直面する持続可能性の課題

② 我が国の年平均気温は、100 年当たり 1.26℃の割合で上昇し、世界平均の 2 倍近い上昇率で温暖化が進む中、全国各地での記録的な豪雨や台風等の頻発、高温が農林水産業における重大なリスクの一つとなっており、作物の収量減少・品質低下、漁獲量の減少など、生産現場に大きな影響が生じている。さらに、病害虫がまん延し、**主に薬剤防除により対応する中、薬剤抵抗性を獲得した病害虫が発生する事態も生じており**、生産環境の改善に向けた**環境負荷軽減が課題**となっている。

(3) 持続的な食料システムの構築の必要性

① 将来にわたり、食料の安定供給と農林水産業の発展を図るためには、生産者の一層の減少・高齢化やポストコロナも見据え、省力化・省人化による労働生産性の向上や生産者のすそ野の拡大とともに、資源の循環利用や地域資源の最大活用、**化学農薬・化学肥料や化石燃料の使用抑制等を通じた環境負荷の軽減を図り**、カーボンニュートラルや生物多様性の保全・再生を促進し、災害や気候変動に強い持続的な食料システムを構築することが急務である。

3 本戦略の目指す姿と取組方向

(5) 本戦略が目指す姿と KPI（重要業績評価指標）

① スマート防除技術体系の活用や、リスクの高い農薬からリスクのより低い農薬への転換を段階的に進めつつ、**化学農薬のみに依存しない総合的な病害虫管理体系の確立・普及等**を図ることに加え、2040 年までに、多く使われているネオニコチノイド系農薬を含む従来の殺虫剤を使用しなくてもすむような新規農薬等の開発により、2050 年までに、化学農薬使用量（リスク換算）の 50%低減を目指す。

4 具体的な取組

(2) イノベーション等による持続的生産体制の構築

(化学農薬の低減)

- ・ **化学農薬のみに依存しない次世代総合的な病害虫管理の確立**と現場への実証等を通じた促進
- ・ **薬剤抵抗性病害虫の発生、拡大の正確かつ迅速な予測技術の確立**
- ・ 従来の殺虫剤を使わなくてすむような農薬・防除技術の開発(RNA 農薬、生物農薬、光・紫外線や超音波等を活用した物理的防除等) …

図 1 みどりの食料システム戦略について

2. 改正植物防疫法における薬剤抵抗性対策

近年の温暖化等による気候変動や、人やモノの国境を越えた移動の増加等により、有害動植物の侵入・まん延リスクの高まりや、農産物の輸出増加等の状況変化を背景として、植物防疫制度をめぐる課題に的確に対応するべく、令和 4 年 5 月に植物防疫法の一部を改正する法律が公布、令和 5 年 4 月に施行された。

この中で、温暖化等による病害虫の発生地域・発生量・発生時期の変化や、病害虫の薬剤抵抗性の発達、前述のみどりの食料システム戦略に対応し、病害虫の被害軽減を図りつつ持続的な生産を確保するため、植物防疫法に「総合防除」を定義し、化学農薬に依存しない、予防・予察に重点をおいた防除を推進する仕組みを構築した。

総合防除は、「予防：病害虫が発生しにくい生産条件の整備」、「判断：防除要否及びタイミングの判断」、「防除：多様な防除方法を活用した防除」の各段階において、利用可能なあらゆる選択肢の中から、経済性を考慮しつつ地域の実情に応じて適時・適切な方法を選択する手法であるところ、化学農薬の使用量を必要最低限に抑えつつ、化学農薬を使用する場合には、薬剤抵抗性の発達回避のためのローテーション散布の実施などにより、病害虫の薬剤抵抗性の発達を抑制する薬剤抵抗性対策の手段となり得るものである（図 2）。

令和 4 年 11 月に公表された「指定有害動植物の総合防除を推進するための基本的な指針（令和 4 年 11 月 15 日付け告示第 1862 号）」においても、薬剤抵抗性対策に関する考え方が記載されている。化学農薬の使用に伴う薬剤抵抗性の発達リスクについては、有害動植物の種類や、化学農薬の作用点の違い、さらに、農作物の栽培地域における気象条件、

栽培品種、栽培方法の違いに基づく有害動植物の発生量及び化学農薬の使用回数の多少によっても異なることから、薬剤抵抗性の発達回避のため、化学農薬の作用機構分類（RACコード）を踏まえた防除指導、理解の醸成等を図るとともに、薬剤抵抗性の発達の有無に基づく十分な防除効果が得られる化学農薬の選択などの、農業者への最適な防除指導に資するため、地域の実情に応じて、各地域における有害動植物の薬剤抵抗性の発達の有無をモニタリングし、農業者団体等の関係者に情報共有することとしている。また、国としては、この薬剤抵抗性の発達の有無のモニタリング結果を取りまとめ、関係者に情報共有することとしている。

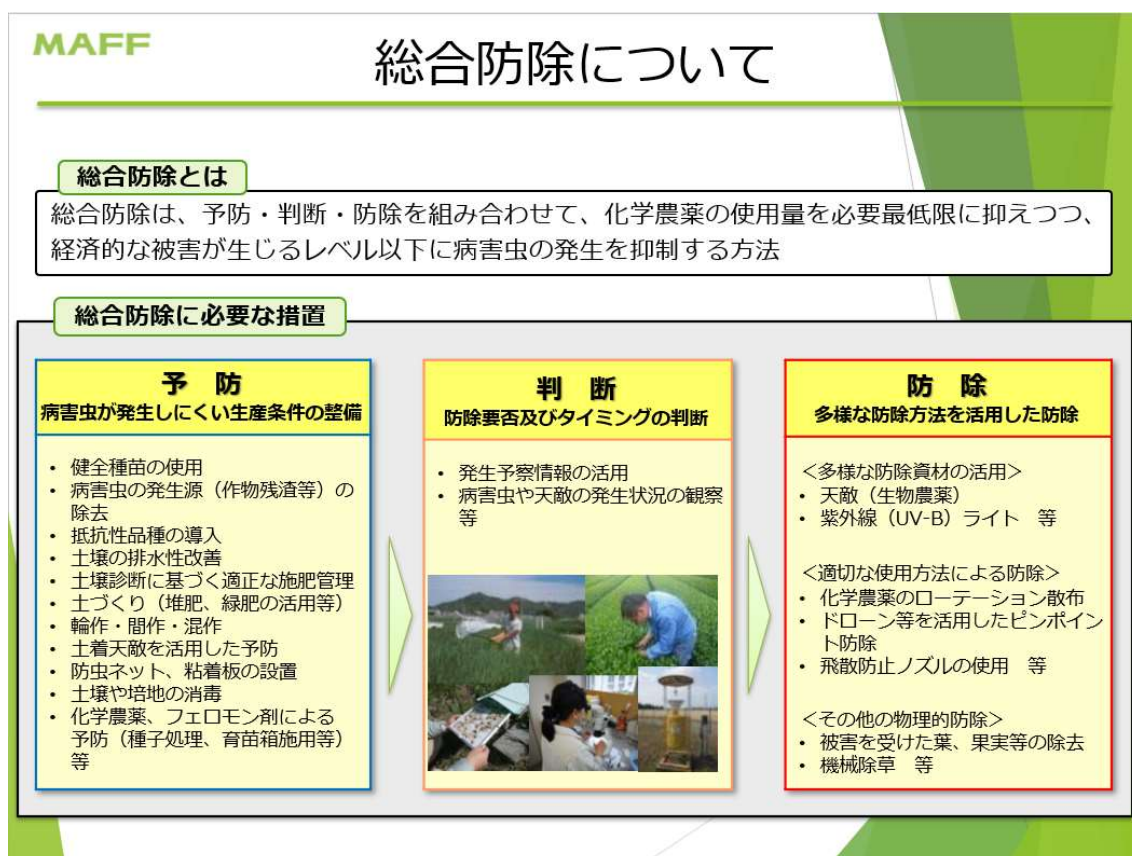


図2 総合防除の考え方

3. 薬剤抵抗性病害虫の発生状況等の情報共有について

当課では、毎年度の各都道府県での薬剤感受性検定の結果（植物防疫事業実施要綱（令和5年3月24日付け4消安第7238号）第3の4に基づく）及び、不定期（平成23～25年度、平成28年度及び令和2年度）に行っている各都道府県の薬剤抵抗性の発生状況調査の結果を整理・集計し、都道府県等の関係者に情報共有を行っている。薬剤抵抗性病害虫の発生状況調査においては、薬剤抵抗性の発達度合いを示す指標（フェーズ）を設け、薬剤抵抗性の発達度合いも含めた発生状況の実態把握を行っている。

なお、いずれの結果についても、都道府県等の関係者に情報共有を行っているが、薬剤を取り扱う農薬メーカーや、産地への風評被害を避けるため、一般への公表は行っていない。

令和3年度の薬剤感受性検定の結果の概要は、図3のとおり。各都道府県における検定実施件数は757件で、令和2年の816件と比較して、約7%の減少となっている。また、殺虫剤の検定が589件で全体の78%を占めている。

作物別に見ると、ねぎ、いちご、トマトといった連続して収穫が行われる作物で多く検定が行われており、ねぎ、トマト、ぶどうなどは、令和元年、令和2年に比べて検定件数が増加している。



図3 令和3年度薬剤感受性検定結果の概要

害虫別では、ネギアザミウマ、ハスモンヨトウ、ネギハモグリバエで多く検定が行われており、ネギアザミウマ、ネギハモグリバエ、ミカンハダニなどは令和元年、令和2年に比べて検定件数が増加している。

病害別では、トマト灰色かび病、イチゴ灰色かび病、トマト葉かび病の順で多く検定が行われており、トマト灰色かび病、トマト葉かび病については令和元年、令和2年に比べ検定件数が増加している（図4）。

害虫別	検定件数	病害別	検定件数
ネギアザミウマ	79	トマトの灰色かび病	30
ハスモンヨトウ	44	いちごの灰色かび病	19
ネギハモグリバエ	41	トマトの葉かび病	14
ミカンキイロアザミウマ	39	いちごの炭疽病	12
ミカンハダニ	38	ぶどうの晩腐病	11
ミナミキイロアザミウマ	36	なしの黒星病	8
ヒラズハナアザミウマ	32	トマトのすすかび病	7
タバココナジラミ	30	水稻のばか苗病	7
シロイチモジヨトウ	29	野菜類の灰色かび病	7
ナミハダニ	29	りんごの黒星病	7
オオタバコガ	28	花き類の灰色かび病	6
チャノキイロアザミウマ	16	ぶどうのべと病	6
モトジロアザミウマ	15	水稻のいもち病	5

図4 害虫別・病害別検定件数（太字は令和元年、令和2年に比べ件数が増加したもの）

令和2年度の薬剤抵抗性病害虫の発生状況調査の結果の概要は図5のとおり。各都道府県における発生状況調査の件数は1937件（フェーズ0を除く）で、前回の調査が行われた平成28年度の1137件（フェーズ0を除く）と比較すると70%程度増加しているが、これは過去の発生状況を含めた調査となっているため、薬剤抵抗性病害虫の発生が増加している訳ではない。

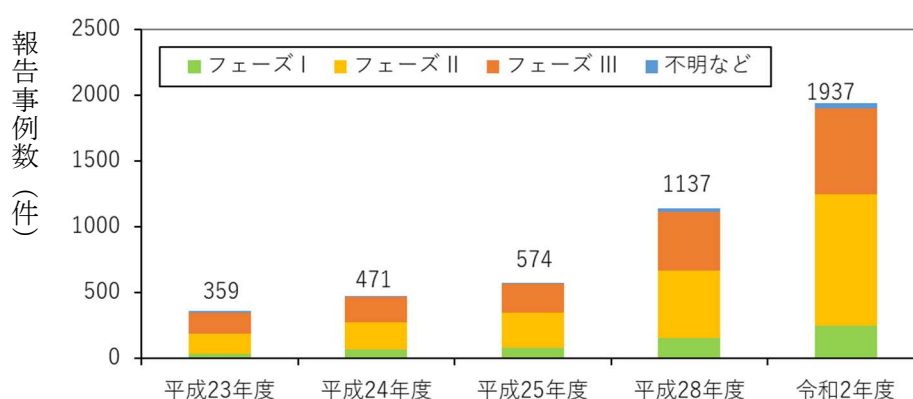


図5 薬剤抵抗性の報告事例数（フェーズ0を除く）

殺虫剤のフェーズⅢ（県下で広域に広がり、対象薬剤の使用については何らかの指導が必要）として、いちごのナミハダニ、きゅうりのミナミキイロアザミウマ、なすのミナミキイロアザミウマの報告が多く、キャベツのコナガ、りんごのナミハダニ、にらのネギアザミウマなどは、平成28年度の調査からフェーズの段階や報告件数が上昇している。

殺菌剤のフェーズⅢとしては、イネいもち病、イチゴ灰色かび病、キュウリ炭疽病の報告が多い。特にイチゴ灰色かび病、リンゴ黒星病、トマト葉かび病については、平成28年度の調査からフェーズの段階や報告件数が上昇している。

除草剤のフェーズⅢについては、上位はいずれも水田雑草であり、アゼナ類、ホタルイ類、コナギの報告が多い。前回の調査時には報告のなかった雑草として「ネズミムギ」が挙げられている（図6）。

殺虫剤のフェーズⅡ（ある程度の面積規模で薬剤抵抗性の発達が見られており、農家への注意喚起を要する）として、いちごのナミハダニ、ねぎのシロイチモジヨトウ、なしのナミハダニの報告が多く、ねぎのシロイチモジヨトウ、すだちのミカンハダニ、トマトのタバココナジラミ、ブロッコリーのコナガについては、平成28年度の調査からフェーズの段階や、報告件数が上昇している。

殺菌剤のフェーズⅡとしては、トマト灰色かび病、イネいもち病、イチゴ灰色かび病で報告が多く、トマト灰色かび病、イネいもち病、イチゴ灰色かび病、キュウリ褐斑病、ブドウべと病、ナシ黒星病については平成28年度の調査から、フェーズの段階や報告件数が上昇している。

除草剤のフェーズⅡとしては、フェーズⅢと同じく水田雑草が上位を占めており、ホタルイ類、アゼナ類、コナギの順で報告が多い。前回の調査とほぼ同等の発生傾向であり、フェーズが上昇したものや、報告件数の上昇が見られた草種はない（図7）。

殺虫剤のフェーズⅠ（一部のほ場での現象に留まっている状況で、指導者には周知するが農家への指導の必要性は低い）として、いちごのナミハダニ、なしのナミハダニ、トマトのタバココナジラミの報告が多いが、平成28年度の調査から報告件数が大きく上昇した害虫はない。

殺菌剤のフェーズⅠとして、イネいもち病、トマト灰色かび病、イチゴ灰色かび病の報告が多く、イネいもち病については、平成28年度の調査から報告件数が大きく上昇している。

除草剤のフェーズⅠとして、水田雑草のアゼナ類、イヌホタルイ、オモダカ、コナギの報告が多いが、平成28年度の調査から報告件数が大きく上昇した雑草はない（図8）。

殺虫剤：作物別上位 10 作物（太字は平成 28 年度の調査からフェーズの段階や報告件数が上昇した害虫）

		作物名	害虫名	主な殺虫剤の作用機構	報告件数
フェーズⅢ	1	いちご	ナミハダニ	ピレスロイド系/ピレトリン系、エトキサゾール、ジニトロフェノール系 β-ケトニトリル誘導体、METI 剤 等	47
	2	きゅうり	ミナミキイロアザミウマ	ピレスロイド系、ピレトリン系、カーバメート系、ネオニコチノイド系 アベルメクチン系、スピノシン系 等	29
	3	なす	ミナミキイロアザミウマ	ジニトロフェノール系、ネオニコチノイド系、ピロール系、ベンゾイル尿素系 スピノシン系、METI 剤 等	18
	4	キャベツ	コナガ	フェニルピラゾール系、ジアミド系、ピロール系 等	17
	4	みかん	ミカンハダニ	エトキサゾール、プロバルギット、β-ケトニトリル誘導体、METI 剤 等	17
	6	トマト	タバココナジラミ	ピレスロイド系、ネオニコチノイド系、ピリジン・アゾメチン誘導体 等	13
	7	水稲	トビイロウンカ	ネオニコチノイド系、フェニルピラゾール系、キチン生成成阻害剤 等	12
	7	りんご	ナミハダニ	エトキサゾール、β-ケトニトリル誘導体、ピロール系、METI 剤 等	12
	9	にら	ネギアザミウマ	ネオニコチノイド系、カーバメート系、ネライストキシン類縁体、スピノシン系 等	11
	9	ピーマン	ミナミキイロアザミウマ	ネオニコチノイド系、ピロール系、アベルメクチン系、スピノシン系 等	11

殺菌剤：作物別上位 10 作物（太字は平成 28 年度の調査からフェーズの段階や報告件数が上昇した病害）

		作物名	病害名	主な殺菌剤の作用機構	報告件数
フェーズⅢ	1	水稲	いもち病	MBI-D、メトキシアクリレート類、カルボキサミド、オキシイミノアセトアミド類 プロピオンアミド 等	34
	2	いちご	灰色かび病	チオファネート類、N-フェニルカーバメート類、メトキシアクリレート類 ベンゾイミダゾール類 等	33
	3	いちご	炭疽病	メトキシアクリレート類、ベンゾイミダゾール類、QoI 殺菌剤 等	23
	4	きゅうり	褐斑病	チオファネート類、N-フェニルカーバメート類、メトキシアクリレート類 ピリジンカルボキサミド類 等	22
	5	ぶどう	べと病	メトキシアクリレート類、オキシイミノ酢酸類 等	12
	6	りんご	黒星病	メトキシアクリレート類、ピリミジン類、QoI 殺菌剤、DMI 殺菌剤 等	11
	7	水稲	もみ枯細菌病	カルボン酸類、ヘキシピラノシル抗生物質	7
	7	だいず	紫斑病	チオファネート類	7
	7	なし	黒星病	ベンゾイミダゾール類、ピリミジン類、トリアゾール 等	7
	10	トマト	葉かび病	チオファネート類、N-フェニルカーバメート類、メトキシアクリレート類 等	6

除草剤：作物別上位 10 作物（太字は平成 28 年度の調査からフェーズの段階や報告件数が上昇した雑草）

		作物名	雑草名	主な除草剤の作用機構	報告件数
フェーズⅢ	1	水稲	アゼナ類	スルホニルウレア	9
	2	水稲	ホタルイ類	スルホニルウレア	9
	3	水稲	コナギ	スルホニルウレア	9
	4	水稲	オモダカ	スルホニルウレア	3
	5	小麦	ネズミムギ	グリシン、ホスフィン酸	2
	5	水田畦畔	ネズミムギ	グリシン、ホスフィン酸	2
	5	水稲	ミソハコベ	スルホニルウレア	2
	8	水稲	アゼトウガラシ	スルホニルウレア	1
	8	水稲	キクモ	スルホニルウレア	1
	8	水稲	ネズミムギ	グリシン	1

図 6 令和 2 年度殺虫剤・殺菌剤・除草剤のフェーズⅢ発生内容

殺虫剤：作物別上位 10 作物（太字は平成 28 年度の調査からフェーズの段階や報告件数が上昇した害虫）

		作物名	害虫名	主な殺虫剤の作用機構	報告件数
フェーズⅡ	1	いちご	ナミハダニ	アベルメクチン系、ミルベマイシン系、ピロール系、β-ケトニトリル誘導体 カルボキサニリド系、METI 剤 等	42
	2	ねぎ	シロイチモシヨトウ	アベルメクチン系、ミルベマイシン系、ジアミド系、ベンゾイル尿素系 セミカルバゾン系 等	41
	3	なし	ナミハダニ	アベルメクチン系、ミルベマイシン系、エトキサゾール、β-ケトニトリル誘導体 カルボキサニリド系、METI 剤 等	40
	4	ねぎ	ネギアザミウマ	ピレスロイド系、ピレトリン系、ネオニコチノイド系、カーバメート系 等	37
	5	きく	ミカンキイロアザミウマ	ピレスロイド系、ピレトリン系、ネオニコチノイド系、スピノシン系 フェニルピラゾール系 等	31
	6	いちご	ヒラズハナアザミウマ	アベルメクチン系、ミルベマイシン系、ネオニコチノイド系、ジアミド系 等	23
	7	すだち	ミカンハダニ	エトキサゾール、β-ケトニトリル誘導体、カルボキサニリド系、METI 剤 等	19
	8	みかん	ミカンハダニ	β-ケトニトリル誘導体、テトロン酸およびテトラミン酸誘導体、METI 剤 等	18
	9	トマト	タバココナジラミ	アベルメクチン系、ミルベマイシン系、ネオニコチノイド系、スピノシン系 等	17
	10	ブロッコリー	コナガ	ジアミド系、有機リン系、ネラリストキシキン類縁体 等	15

殺菌剤：作物別上位 10 作物（太字は平成 28 年度の調査からフェーズの段階や報告件数が上昇した病害）

		作物名	病害名	主な殺菌剤の作用機構	報告件数
フェーズⅡ	1	トマト	灰色かび病	チオファネート類、N-フェニルカーバメート類、メトキシアクリレート類 アニリノピリミジン類 等	46
	2	水稻	いもち病	メトキシアクリレート類、カルボキサミド、オキシミノアセトアミド類 QoI 殺菌剤 等	21
	3	いちご	灰色かび病	チオファネート類、N-フェニルカーバメート類、メトキシアクリレート類 ジカルボキシミド類 等	18
	4	トマト	葉かび病	チオファネート類、N-フェニルカーバメート類、メトキシアクリレート類 SDHI 殺菌剤 等	16
	5	きゅうり	褐斑病	N-フェニルカーバメート類、ピリジンカルボキサミド類、QoI 殺菌剤 等	15
	6	きゅうり	うどんこ病	メトキシアクリレート類、イミダゾール類、ピリジンカルボキサミド類 フェニルオキシエチルチオフェンアミド類 等	14
	7	ぶどう	べと病	メトキシアセトアミド類、イミダゾリン類、ベンジルカーバメート類、QoI 殺菌剤 等	13
	8	いちご	炭疽病	N-フェニルカーバメート類、ベンジルカーバメート類、QoI 殺菌剤、MBC 殺菌剤 等	12
	9	なし	黒星病	メトキシアクリレート類、トリアゾール類、アニリノピリミジン類 DMI 殺菌剤 等	9
	10	ぶどう	褐斑病	チオファネート類、メトキシアクリレート類、QoI 殺菌剤	7

除草剤：作物別上位 10 作物

		作物名	雑草名	主な除草剤の作用機構	報告件数
フェーズⅡ	1	水稻	ホタルイ類	スルホニルウレア、スルホンアニリド、トリアゾロピリミジン（タイプ 2）	12
	2	水稻	アゼナ類	スルホニルウレア、トリアゾロピリミジン（タイプ 2）	11
	3	水稻	コナギ	スルホニルウレア	8
	4	水稻	オモダカ	スルホニルウレア、スルホンアニリド、トリアゾロピリミジン（タイプ 2）	7
	5	水稻	ウリカワ	スルホニルウレア	1
	5	さとうきび	オヒシバ	グリシン	1
	5	大麦	スズメノテッポウ	スルホニルウレア	1
	5	小麦	スズメノテッポウ	スルホニルウレア	1
	5	水稻	ミズアオイ	スルホニルウレア	1

図 7 令和 2 年度殺虫剤・殺菌剤・除草剤のフェーズⅡ発生内容

殺虫剤：作物別上位 10 作物

		作物名	害虫名	主な殺虫剤の作用機構	報告件数
フェーズ I	1	いちご	ナミハダニ	アベルメクチン系、ミルベマイシン系、ネオニコチノイド系、ピロール系 ピリジン・アゾメチン誘導体 等	22
	2	なし	ナミハダニ	アベルメクチン系、ミルベマイシン系、β-ケトニトリル誘導体、ピロール系 等	16
	3	トマト	タバコナジラミ	アベルメクチン系、ミルベマイシン系、ピレスロイド系、ネオニコチノイド系 等	7
	4	トルコギキョウ	チャノキイロアザミウマ	ピレスロイド系、ピレトリン系、ネオニコチノイド系、有機リン系 等	5
	4	ねぎ	ネギアザミウマ	ネオニコチノイド系、スピノシン系、ピロール系、有機リン系 等	5
	6	きゅうり	ミナミキイロアザミウマ	アベルメクチン系、ミルベマイシン系、スピノシン系 等	4
	6	水稻	ヒメトビウンカ	ネオニコチノイド系、プロフェジン 等	4
	6	ハイビスカス	モトジロアザミウマ	ピレスロイド系、ピレトリン系、ネオニコチノイド系、有機リン系 等	4
	9	キャベツ	コナガ	ジアミド系、セミカルバゾン系	3
	9	ポインセチア	モトジロアザミウマ	ピレスロイド系、有機リン系 等	3

殺菌剤：作物別上位 10 作物（太字は平成 28 年度の調査からフェーズの段階や報告件数が上昇した病害）

		作物名	病害名	主な殺菌剤の作用機構	報告件数
フェーズ I	1	水稻	いもち病	MBI-D、メトキシアクリレート類、オキシイミノアセトアミド類、DMI殺菌剤 等	14
	2	トマト	灰色かび病	N-フェニルカーバメート類、ピリジンカルボキサミド類 等	12
	3	いちご	灰色かび病	ジカルボキシイミド類、ベンジルカーバメート類、アニリノピリミジン類 等	10
	4	いちご	炭疽病	チオファネート類、N-フェニルカーバメート類、ジチオカーバメート類及び類縁体 等	4
	5	こんにゃく	乾腐病	MBC殺菌剤	3
	5	シクラメン	灰色かび病	アニリノピリミジン類、ピラゾール-4-カルボキサミド類、フェニルピロール類	3
	5	りんご	斑点落葉病	メトキシカーバメート類、オキシイミノ酢酸類	3
	8	かんきつ	灰色かび病	オキシイミノ酢酸類	2
	8	きゅうり	褐斑病	チオファネート類、N-フェニルカーバメート類	2
	8	きゅうり	灰色かび病	N-フェニルカーバメート類、ジカルボキシイミド類	2

除草剤：作物別上位 10 作物

		作物名	雑草名	主な除草剤の作用機構	報告件数
フェーズ I	1	水稻	アゼナ類	スルホニルウレア	3
	1	水稻	イヌホタルイ	スルホニルウレア	3
	1	水稻	オモダカ	スルホニルウレア、スルホンアニリド、トリアゾロピリミジン（タイプ 2）	3
	1	水稻	コナギ	スルホニルウレア	3
	5	水田畦畔	オヒシバ	グリシン	2
	5	なし（梨）	ネズミムギ	グリシン、ホスフィン酸	2
	7	水稻	ウリカワ	スルホニルウレア	1
	7	麦類	スズメノテッポウ	ジニトロアニリン	1
	7	水稻	タイヌビエ	アリールオキシプロピオン酸エステル（FOPs）	1
	7	水稻	ミソハコベ	スルホニルウレア	1

図 8 令和 2 年度殺虫剤・殺菌剤・除草剤のフェーズ I 発生内容

4. 薬剤抵抗性対策に関する取組

① 消費・安全対策交付金（病害虫の防除の推進）による技術実証の支援

令和 2 年度から薬剤抵抗性対策に関する事業メニューとして、「現場で使用できる簡便・迅速な薬剤感受性検定方法の確立」、「モニタリング手法や判断基準の確立」、「ローテーション散布等の防除体系の検証等」を追加している。

令和 5 年度には、本交付金を活用して、22 府県で 58 課題の技術実証が行われている。

② 安全な農畜水産物安定供給のための包括的レギュラトリーサイエンス研究推進委託事業

本委託事業において、本年度から「農業分野での抗菌剤の使用実態把握及び細菌性病害の総合防除の推進に関する研究」が実施されている。本研究事業の背景としては、使用可能な農薬の少ない細菌性病害に対する防除対策の観点からの総合防除体系の確立といった目的と、医療や畜水産分野での薬剤耐性（AMR）への取組が進められており、農薬分析での抗菌剤（抗生物質を含む）使用についても FAO を中心とした議論が進められようとしているところ。抗菌剤だけに頼らない総合防除体系の確立を早急に進めるという目的から実施されているもの。本研究事業では、抗菌剤の使用実態の把握、従来の手法と比較し、より高精度な、または迅速かつ同時に検定可能な手法の検証・開発、及び野菜類の軟腐病やモモせん孔細菌病などの抗菌剤を使用する病害についての総合防除の検討などを行っている。

5. 薬剤抵抗性病害虫のリスク管理

現在、薬剤の作用分類（RAC コード）における抵抗性発達リスクに基づく薬剤抵抗性対策が進められているところだが、薬剤抵抗性の病害虫の発達リスクは、さらにその対象病害虫、作物・栽培様式によってもその大きさが異なる。現在、以下の学会、団体により、これらの要素を含む複合的なリスク評価の手法が示されている。今後は複合的なリスク評価に基づいたより適切な薬剤抵抗性対策が望まれる（図9）。

MAFF **薬剤抵抗性病害虫の発達リスク**

薬剤の作用機構分類（RACコード）による抵抗性発達リスクに基づく薬剤抵抗性対策が進められているところだが、薬剤抵抗性病害虫の発達リスクは、さらにその対象病害虫、作物・栽培様式によってリスクの大きさが異なる。今後は、これらの要素を含む複合的なリスク評価に基づいた、より適切な薬剤抵抗性対策が望まれる。

- 殺虫剤抵抗性リスク管理表（農林害虫防除研究会 殺虫剤抵抗性対策タスクフォース）
<http://agroipm.org/%e6%ae%ba%e8%99%ab%e5%89%a4%e6%8a%b5%e6%8a%97%e6%80%a7%e3%83%aa%e3%82%b9%e3%82%af%e8%a9%95%e4%be%a1%e8%a1%a8/>
- 作物別・病原菌耐性菌発生リスク表（（一社）日本植物病理学会 殺菌剤耐性菌研究会）
<http://www.taiseikin.jp/mwbhwp/wp-content/uploads/649741680793376b39c22404c6022459.pdf>
- 殺菌剤の耐性リスク評価方法について（農薬工業会 Japan FRAC）
<https://www.icpa.or.jp/labo/jfrac/evaluation.html>

作物名	薬剤名	害虫名	地域名	抵抗性 総合リスク (0.25~36)
りんご	殺ダニ剤 ダニカリ	ナミバダニ	高	2
		リンゴバダニ	中	6
		リンゴアザミ	中	12
		キンモンホソガ	中	1
		ハマキムシ	中	1
	殺虫剤 ケムシトラ	ケムシ	高	12
		アブラムシ	中	1
		リンゴアザミ	中	0.5
		カイガラムシ	中	1
		カメムシ	中	1
殺菌剤 ムンクイ	キンモンホソガ	中	1	
	ハマキムシ	中	1	

図1 殺菌剤、殺虫剤および農薬による抵抗性発達リスクに基づく複合リスク表					
殺菌剤のグループ別 (表1参照)	殺菌剤 リスク	複合リスク値			栽培 リスク
殺菌剤	高=6	6	12	18	高=1
殺菌剤	中=4	3	6	9	中=0.5
殺菌剤	低=1	1.5	3	4.5	低=0.25
殺菌剤	中=4	4	8	12	高=1
殺菌剤	低=1	2	4	6	中=0.5
殺菌剤	低=1	1	2	3	低=0.25
殺菌剤	低=1	0.5	1	1.5	中=0.5
殺菌剤	低=1	0.25	0.5	0.75	低=0.25
殺菌剤	低=1	低=1	中=2	高=3	
殺菌剤	低=1	イネこま葉枯病・ 紋枯病	イチゴうどんこ病 イネばか節病	イネいもち病 ウリ類うどんこ病・ つる枯病・べと病・ 晩疫病	
殺菌剤	低=1	炭疽菌黒穂病・さび病・ なまぐさ黒穂病	ジャガイモ疫病 ダイズ赤腐病	タマネギ炭疽病	
殺菌剤	低=1	モモ黒腐病	ジャガイモ疫病	ブドウべと病	
殺菌剤	低=1	リンゴうどんこ病・ すす病	ササユイ黒腐病	麦うどんこ病	
殺菌剤	低=1	各種黒腐病・白絹病・ つる黒病・苗立枯病	ササユイ黒腐病	リンゴ黒腐病	
殺菌剤	低=1		麦穂黒腐病・紅色管腐病	ユリ炭腐病	

図9 薬剤抵抗性病害虫の発達リスク管理の概要

6. おわりに

「みどりの食料システム戦略」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戦略である。本戦略の策定の背景には、薬剤抵抗性の発達も含まれており、その対策としては、化学農薬のみに依存しない総合防除の体系の確立・普及が掲げられている。

「改正植物防疫法」については、温暖化等による病虫害の発生地域・発生量・発生時期の変化、病虫害の薬剤抵抗性・薬剤耐性の発達、化学農薬の使用に伴う環境負荷の低減に係る社会的要請に対応し、植物防疫を的確に実施するために、植物防疫法に「総合防除」を定義し、化学農薬のみに依存しない、予防・予察に重点を置いた総合防除を推進する仕組みが構築され、また、「指定有害動植物の総合防除を推進するための基本的な指針（令和4年告示第1862号）」では、化学農薬の使用に伴う薬剤抵抗性の発達リスクを回避するため、化学農薬の作用機構分類（RACコード）を踏まえた防除指導、農業者等の理解の醸成等を図るとともに、地域の実情に応じて、各地域の有害動植物の薬剤抵抗性発達の有無をモニタリングし、農業者団体等の関係者に情報共有するものとしている。また、国は、この薬剤抵抗性の発達の有無を取りまとめ、都道府県を含めた関係者と情報共有を図ることで、薬剤抵抗性の発達の有無に基づく化学農薬の選択や、農業者への最適な防除指導に資することとしている。

化学農薬を使用する限り、基本的には薬剤抵抗性の発達は避けることができないものであることから、これに対応していくためには、薬剤抵抗性を管理していく必要がある。そのために、上記の総合防除における薬剤抵抗性対策を推進していくこととしているが、特に薬剤抵抗性に係る正しい理解の醸成、薬剤抵抗性病虫害の発生状況の把握（モニタリング）、科学的なリスク評価に基づいたより適切な薬剤抵抗性対策の実施が重要だと考えている。引き続き、農薬メーカー、関係団体、研究会等の関係者と連携し、適切な薬剤抵抗性管理を推進してまいりたい。

(2023年10月31日 受領)

Title

Pesticide sensibility assay in Strategy for Sustainable Food Systems, MeaDRI and Plant Protection Act.

Kazuhide Okada¹, Ryotaro Matsui¹

¹ Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries Government of Japan

(Received: 31 Oct. 2023)

岩手県におけるリンゴのハダニ類に対する 隔年ローテーションを基軸とした殺ダニ剤抵抗性管理

○藤沢 巧¹

¹ 岩手県農業研究センター

1. はじめに

農業生産において化学合成農薬を利用し始めてから、ハダニ類の防除と薬剤抵抗性の問題は農作物の種類を問わず永年の課題となっている。これまでに多種多様の殺ダニ剤が各農薬メーカーから上市されては、防除効果の低下により現場で次第に使われなくなり、一定期間を経て市場から消えていくことを繰り返している。

このような状態を決して誰も好ましいとは考えておらず、これまでも様々な防除対策が検討され、また薬剤抵抗性管理についても提言されている。(真梶, 1970 : 山本, 2020)

今回は、岩手県のリンゴにおいて取り組んできた殺ダニ剤の隔年ローテーション使用体系(以下、「隔年使用体系」と表記)について事例紹介し、今後のハダニ類防除における薬剤抵抗性管理について考察したい。

2. リンゴにおけるハダニ類発生種の変遷

現存する 1940 年代後半の岩手県リンゴ防除暦には、防除対象の害虫としてハダニ類の表記はない。しかし、1950 年代後半の防除暦では「アカダニ」の表記がみられ、リンゴハダニやオウトウハダニが発生していた様子が伺える。この発生要因は、シンクイムシ類等を対象に使われた殺虫剤の影響によるものとされている。その後、各種の殺ダニ専用剤が上市されたことにより「アカダニ」の発生密度は低下したが、1960 年代には薬剤抵抗性のリンゴハダニが見られたため、1970 年代後半には殺ダニ剤との相性が悪いボルドー液散布を止めて、休眠期にマシン油乳剤が利用され始めた(岩手植防, 1988)。

一方、1960 年代前半からナミハダニの発生が目立つようになったため、1970 年には防除対象害虫とした。既に 1970 年代前半には一部で薬剤抵抗性のナミハダニも発生したが、1974 年に残効が長い水酸化トリシクロヘキシルスズ水和剤が上市されるとともに、1980 年代になると殺ダニ剤の効力低下を避ける非ボルドー体系が急速に普及し、ハダニ類の発生密度は低下した(岩手植防, 1988)。

3. 隔年使用体系の導入

先述したように県内のハダニ類でも薬剤抵抗性が確認されていたので、1977 年度岩手県農作物病害虫・雑草防除基準(以下、防除基準と略す)で初めてハダニ類がリンゴの重要害虫として記載され、「ハダニ類は薬剤抵抗性が発現しやすいので、同一剤および同系統剤は年 1 回の使用に限る」と指導した。

1985 年に登録されたヘキシチアゾクス水和剤は、従来の殺ダニ剤と比較して長い残効性を示し、防除効果が非常に高い剤であった。この特性を考えると、本剤が連用されて早々に薬剤抵抗性ハダニ類が発生することが危惧されたため、原則的に隔年使用体系を提

示した(図1)。すなわち残効期間が比較的長い水酸化トリシクロヘキサスズ水和剤とヘキシチアゾクス水和剤を、ハダニ類が急増する6月下旬～7月中旬に散布する基幹防除剤と位置づけ、これらを隔年使用するとした。7月下旬から8月の殺ダニ剤については補完防除剤として、比較的残効が短いBPPS水和剤やポリナクテン複合体混合剤から選択することとした。

ハダニ類発生状況		休眠期	落花期	ボルドー散布前	6月 下旬	7月 上旬 中旬 下旬			8月 上旬 中旬 下旬			9月 上旬	備考	
リンゴハダニ越冬卵 多		MO			}	ナミハダニの発生状況により下欄の体系と組み合わせる								リンゴハダニ防除剤 ・マシン油乳剤(MO) ・ベンゾメート乳剤(BEN) 基幹防除剤 ・ヘキシチアゾクス水和剤(HEX) ・水酸化トリシクロヘキシルスズ水和剤(CYH) 補完防除剤(Comp) ・BPPS水和剤 ・ポリナクテン複合体・BPMC乳剤 ・ポリナクテン複合体・CPCBS乳剤 ()は一般に省略可能であるが、時に必要なこともある。
			BEN			CYH (Comp)								
			HEX											
リンゴハダニ越冬卵 無き少	ナミハダニの中期発生量中～多の場合				HEX				(Comp)			基幹防除剤 ・ヘキシチアゾクス水和剤(HEX) ・水酸化トリシクロヘキシルスズ水和剤(CYH)		
					HEX				(Comp)					
					HEX				(Comp)					
					CYH				Comp					
	ナミハダニの中期発生量少の場合					CYH			Comp			補完防除剤(Comp) ・BPPS水和剤 ・ポリナクテン複合体・BPMC乳剤 ・ポリナクテン複合体・CPCBS乳剤		
						CYH			Comp					
ボルドー体系				BEN		HEX								

図1 ハダニ類の発生状況に応じた殺ダニ剤の使用体系(昭和61年度岩手県農作物病害虫防除基準を一部改変)

1987年に水酸化トリシクロヘキサスズ剤が登録失効したため、緊急的に同系統の酸化フェンブタスズ水和剤を基幹防除剤としたが、1992年からは長期残効が期待できるピラゾール系殺ダニ剤(IRAC:21A)と入替え、以後しばらくヘキシチアゾクス剤とピラゾール系殺ダニ剤の隔年使用体系を維持した(表1-1)。その後の推移は表1-2、表1-3に示した。

表1-1 岩手県病害虫防除基準に採用した殺ダニ剤の年次推移(1986年～1996年)

薬剤名	IRAC コード	1986 S61	1987 S62	1988 S63	1989 H1	1990 H2	1991 H3	1992 H4	1993 H5	1994 H6	1995 H7	1996 H8
ヘキシチアゾクス	10A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
クロフェンテジン	10A					A	A	A	A	A	A	A
水酸化トリシクロヘキサスズ	12B	B	B									
酸化フェンブタスズ	12B			B	B	B	B	補	補	補	補	補
フェンピロキシメート	21A							B	B	B	B	B
ピリダベン	21A							B	B	B	B	B
BPPS(プロパルギット)	12C	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補
ポリナクテン複合体 ¹⁾	-	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補
テブフェンピラド	21A									補	補	補
マシン油	UNM	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ
ベンゾメート	UN	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ

凡例 A,Bは:基幹防除剤グループ、補:補完防除剤、リ:リンゴハダニ防除剤

鈴木(2010)を一部改変

1) BPMS混合剤、CPCBS混合剤

表1-2 岩手県病害虫防除基準に採用した殺ダニ剤の年次推移(1997年～2008年)

薬剤名	IRAC コード	1997 H9	1998 H10	1999 H11	2000 H12	2001 H13	2002 H14	2003 H15	2004 H16	2005 H17	2006 H18	2007 H19	2008 H20
ヘキシチアゾクス	10A	A	A	A	A	A	A						
クロフェンテジン	10A	A	A	A	A	A	A						
ハルフェンブロックス	3A		A	A	A	A	A						
エトキサゾール	10B			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
フェンピロキシメート	21A	B	B	B	B	B	B	B					
ピリダベン	21A	B	B	B	B	B	B	B					リ
テブフェンピラド	21A	B	B	B	B	B	B	B					リ
ピリミジフェン	21A	B	B	B	B	B							
アセキノシル	20B				補	B	B	B	B	B	B	B	B
BPPS(プロバルギット)	12C	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補
ポリナクチン複合体 ¹⁾	-	補											
酸化フェンブタスズ	12B	補	補	補	補	補	補	リ	リ	リ	リ	リ	リ
クロルフェナピル	13		補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補
ミルベメクチン	6			補	補	補	補	補	補	補	補	補	補
ビフェナゼート	20D					補	補	補	補	補	補	補	補
フルアクリピリム	20C								補	補	補	補	
マシン油	UNM	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ
ベンゾメート	UN	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	

凡例 A・B:基幹防除剤グループ、補:補完防除剤、リ:リンゴハダニ防除剤

鈴木(2010)を一部改変

1) BPMC混合剤、CPCBS混合剤

表1-3 岩手県病害虫防除指針に採用した殺ダニ剤の年次推移(2009年～2023年)

薬剤名	IRAC コード	2009 H21	2010 H22	2011 H23	2012 H24	2013 H25	2014 H26	2015 H27	2016 H28	2017 H29	2018 H30	2019 R1	2020 R2	2021 R3	2022 R4	2023 R5
シフルメトフェン	25A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
シエノピラフェン	25A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
スピロメシフェン	23	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
アセキノシル	20B	B	B	B	B	B	B	B	補	補	補	補	補	補	補	補
ビフルブミド	25B								B	B	B	B	B	B	B	B
BPPS(プロバルギット)	12C	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補
ミルベメクチン	6	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補
ビフェナゼート	20D	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補	補
酸化フェンブタスズ	12B	特	特	特												
クロルフェナピル	13	特	特	特	特	特	特	特	特	特	特	特	特	特	特	特
デンブ	-		特	特	特	特	特	特	特	特	特	特	特	特	特	特
プロピレングリコールモノ脂肪酸エステル	UNE						特	特	特	特	特	特	特	特	特	特
アミノナピル	33													特	特	特
マシン油	UNM	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ
エトキサゾール	10B	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ
ピリダベン	21A	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ
テブフェンピラド	21A	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ	リ

凡例 A・B:基幹防除剤グループ、補:補完防除剤、特:特別散布剤、リ:リンゴハダニ防除剤

4. 交差抵抗性がある殺ダニ剤の取り扱い

基幹防除剤の隔年使用体系を現場普及するうえで注意したことは、交差抵抗性が認められた殺ダニ剤の扱いである。先述したように1977年度防除基準から「同系統の剤も1年1回の使用に限る」と指導してきた。作用点機構の情報は今でこそIRACコードにより分類・公開されているが、当時は学会発表をはじめ各メーカーからの情報提供や他県での防除効果低下事例を参考にした。

1980年から水酸化トリシクロヘキシルスズ水和剤と酸化フェンブタスズ水和剤は同一剤とみなして、同一年内ではどちらかを選択する指導を行っていた。

その後、基幹防除剤として位置付けたヘキシチアゾクス水和剤とクロフェンテジン水和剤、フェンピロキシメート水和剤とピリダベン水和剤（後に、テブフェンピラド水和剤やピリミジフェン水和剤も加えた）については、特に注意して同一薬剤とみなして1剤を選択するよう現場指導を徹底した。しかし、テブフェンピラド水和剤は1995年に補完防除剤として指導していたが、1997年からピラゾール系の基幹防除剤に含める指導に切り替えたため、一部園地ではピラゾール系殺ダニ剤の連用となってしまう（表1-1、表2）。現在はほとんどの場合、新規に上市される剤もIRACコードが示されるため、過去のような誤った指導は生じにくいと考える。近年ではIRAC：25Aのシフルメトフェン水和剤とシエノピラフェン水和剤も同一剤とみなした指導をしているが、IRAC：25Bのピフルミド水和剤とも交差抵抗性が示唆される事例があり注視が必要とされている（木村，2018）。

表2 基幹防除剤、補完防除剤の年使用回数¹⁾の年次推移(1986年～1996年)

薬剤名	IRAC コード	1986 S61	1987 S62	1988 S63	1989 H1	1990 H2	1991 H3	1992 H4	1993 H5	1994 H6	1995 H7	1996 H8
ヘキシチアゾクス ^{a)}	10A	0.67	0.48	0.81	0.51	0.80	0.49	0.34	0.59	0.31	0.68	0.23
水酸化トリシクロヘキシルスズ	12B	0.58	0.66	0.16	0.08							
酸化フェンブタスズ	12B	0.00	0.00	0.24	0.45	0.30	0.58	0.25	0.12	0.21	0.18	0.47
フェンピロキシメート ^{b)}	21A							0.61	0.30	0.67	0.29	0.59
BPPS(プロバルギット)	12C	0.49	0.46	0.55	0.64	0.56	0.71	0.57	0.53	0.26	0.37	0.49
ポリナクチン複合体 ^{c)}	-	0.21	0.30	0.18	0.19	0.21	0.18	0.15	0.10	0.06	0.07	0.10
テブフェンピラド	21A								0.06	0.79	0.39	0.23
上記以外					0.01	0.02	0.07					0.03
基幹防除剤		1.25	1.14	1.05	0.96	1.10	1.07	0.95	0.89	0.98	0.97	1.05
補完防除剤		0.70	0.76	0.73	0.83	0.77	0.89	0.97	0.75	1.33	1.02	1.05
その他		0.00	0.00	0.16	0.09	0.02	0.07	0.00	0.06	0.00	0.00	0.03
合計		1.95	1.90	1.94	1.88	1.89	2.03	1.92	1.70	2.30	1.98	2.14

備考1 1): 県内防除組織等における年間総使用回数/県内防除組織等の数

岩手植防(2012)を一部改変

備考2 a) クロフェンテジン含む b) ピリタベン含む c) BPMC混合剤、CPCBS混合剤

殺虫剤との関係では、落花期に訪花昆虫に影響が少ないハマキムシ類防除剤としてIGR剤もメニューに加えたが、ヘキシチアゾクス水和剤と交差抵抗性を示すことが明らかとなったフルフェノクスロン乳剤(Yamamoto et al, 1995)は、県防除基準に採用しなかった。

また、ハルフェンプロックス剤は早い段階から殺ダニ活性がある合成ピレスロイド殺虫剤と交差抵抗性がある（衛藤ら，1996）とされたが、本県ではヘキシチアゾクス水和剤の効力低下地域での代替剤としての利用や、1996年に引き続き2001年に本県でも大発生した果樹カメムシ類防除に対する殺虫剤を選択するうえで、現場指導にあたっては非常に苦慮した。

エトキサゾール水和剤とクロルフェナピル水和剤の抵抗性遺伝子が同一遺伝子座にあることが明らかとなり交差抵抗性（複合抵抗性）が生じる可能性が示唆された(Uesugi et al, 2002)が、当時は基幹防除剤としてのエトキサゾール水和剤の利用が優先され、ナミハダニのみを防除対象としていたクロルフェナピル水和剤は現地での使用頻度は多くなく、問題が顕在化することはなかった。

本県の防除指針（2007年度から防除基準を改称）では、2011年度から巻頭に、2017年度から農薬使用基準等一覧表にIRACコードを付して記載し、作用点機構の違いが一目でわかるように現地指導に役立てている。そのため、かつては必須だった「A剤とB剤は同

一薬剤とみなす」等の注意書きは、まだ資料の一部に残っているが基本的には不要となった。

5. 隔年使用体系の検証

隔年使用体系は基幹防除剤による防除効果が十分でないと成立しない技術である。そのためにも定期的なモニタリングが必要であるが、本県では人的・時間的に余裕がなくこれまでに実施した薬剤検定も限定的である。以下、薬剤検定の結果を紹介するとともに、隔年使用体系の導入は効果的だったのか考察する。

1999 年 10 月に現地から採取したナミハダニについて調査したところ、ヘキシチアゾクス水和剤の隔年使用を励行した園地のナミハダニでは、補正死卵率が 79.4%，補正死虫率が 77.7%と、他の園と比較して高かった。また、1992 年から毎年フェンピロキシメート水和剤を連用した園地のナミハダニにおいては、補正死卵率 34.5%，補正死虫率が 36.3%と低かった。また、ヘキシチアゾクス水和剤を連用したが、フェンピロキシメート水和剤を隔年使用した園地のナミハダニでは、ヘキシチアゾクス水和剤の補正死卵率が 32.6%，フェンピロキシメート水和剤の補正死卵率が 84.2%，補正死虫率が 83.5%と高かった（多田・坂神，2000）。

また、2001 年に県内を広域的に調査した結果、ヘキシチアゾクス水和剤（1986 年採用）については全県的に効果が劣り、テブフェンピラド水和剤（1995 年採用）については、防除圧が低い県北部と一部の沿岸部を除いて効果が劣った。ハルフェンプロックスマイクロカプセル剤（1998 年採用）については、殺ダニ活性がある合成ピレスロイド剤が連用されている地域で効果が劣り、エトキサゾール水和剤（1999 年採用）は県南部で効果が劣ったが、アセキノシル水和剤（2000 年採用）とビフェナゼート水和剤（2001 年採用）は全域でほとんど効果の低下は確認されなかった（岩手防除所，2001）。これらの結果は、各殺ダニ剤の使用履歴が増えるほど感受性が低下していることを示している。

2009 年度防除指針から新規殺ダニ剤シフルメトフェン剤とスピロメシフェン剤を採用するにあたり、既存の殺ダニ剤に対する薬剤検定を合わせて実施した。その結果、新規殺ダニ剤 2 剤については効果が劣る事例は認められなかったが、エトキサゾール水和剤、ビフェナゼート水和剤、BPPS 水和剤は広い地域で薬剤抵抗性が確認され、特にエトキサゾール水和剤で著しかった。アセキノシル水和剤、クロルフェナピル水和剤、ミルベメクチン乳剤においては県中部の園地で効果が劣る事例が多かった。補完防除剤も原則 2 年に 1 回のローテーション散布が実施されているが、通算 3 回以上の使用履歴があると抵抗性発現のリスクが高まる傾向が示され、今後の防除体系維持が危惧される状態であった（羽田，2010）。

一方、東北農業研究センターが 2006 年～2007 年に県央部のリンゴ園地のナミハダニを対象とした調査を実施している。その結果、ミルベメクチン乳剤、ビフェナゼート水和剤、BPPS 水和剤は園地個体群に関係なく効果が高かったが、フェンプロパトリン水和剤、酸化フェンブタスズ水和剤、クロルフェナピル水和剤は効果の園地個体群間差が大きく、アセキノシル水和剤、ピリダベン水和剤、フェンピロキシメート水和剤、テブフェンピラド水和剤、ピリミジフェン水和剤、エトキサゾール水和剤は園地個体群間差なく効果が劣った。この理由として、現地では隔年使用体系を維持していたが、基幹防除剤と補完防除剤の効力不足を感じた生産者が追加防除を行い、その追加防除剤によって殺ダニ剤の使用頻度が

高まり感受性低下と園地間差異が拡大しているためと考えられた（高梨ら, 2009）。

その後の遺伝的解析により、県内の薬剤抵抗性ナミハダニの個体群は、特定の場所（例えば種苗生産圃）から県内各地に拡大したものではなく、各地域の園地個体群から個別に薬剤感受性低下個体群が出現していることが示唆された（羽田, 2018）。

1986年度から本県で導入した殺ダニ剤の隔年使用体系については、導入当初は様々な意見があったものの、今は県内のリンゴ生産者を中心に現地に定着した技術となっている。薬剤抵抗性害虫対策においては、単純ローテーション散布は単純連用散布と比較して、薬剤抵抗性害虫の出現までの薬剤総使用回数は変わらない、と言われている（山本, 2020）。本県の殺ダニ剤隔年使用体系がこの理論と適合するかは議論の余地があるとしても、薬剤抵抗性が発現しやすいハダニ類の防除においては、幾種もの作用点が異なる殺ダニ剤をできるだけ長期間に渡り温存することが望ましい。本県の隔年使用体系は有効な殺ダニ剤の延命を図り、現地が作成する防除暦のバリエーションを増やし、長期間で考えると防除コストを抑えることができる、と考えている。

6. 気門封鎖剤の活用

隔年使用体系を提示した当時、8月下旬や9月上旬の防除については必要な場合に散布することとしていた（図1）が、近年は9月の気温低下が緩慢でハダニ類の増殖が収まらず、殺ダニ剤の年間散布回数も増えている事例が見られている。そのため、越冬密度を減らすことを目途に、気門封鎖型殺ダニ剤を2010年以降の防除体系から特別散布剤として組み込んでいる（図2）。本技術は薬剤抵抗性ハダニ類の発生リスクを回避できるが、複数回散布が原則のため生産現場における薬剤コストと散布労力等の負担は大きい。

防除体系		休眠期～ 発芽2週間 後	落花期	6月		7月			8月			9月		防除のポイント
				中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	
通常の防除体系 (ナミハダニ、リンゴハダニ共通)				☆				○						新梢葉での発生量が要防除水準に達した時期に防除を開始する。
				☆					○					
						☆			○					
特別散布	春先にリンゴハダニの越冬卵が多い場合	マシン油乳剤	■											特別散布後は通常の体系でナミハダニと同時防除する。
	花そう葉でハダニ類の発生が見られる場合		●											落花期に特別散布し、その後通常の体系で防除する。
	8月下旬以降ナミハダニの発生が多い場合											△、◎、●		越冬成虫が出現するまでに特別散布を行う。
	8月下旬以降リンゴハダニの発生が多い場合											◎もしくは●		越冬卵が出現するまでに特別散布を行う。
備考		☆：基幹防除剤（スピロメシフェン、シフルメトフェン、シエノピラフェン、ピフルブミドから1剤を選択する） ○：補完防除剤（BPPS、ミルベメクテン、アセキノシル、ピフェナゼートから1剤を選択する） △：クロルフェナビル ◎：アシノナビル ■：リンゴハダニ防除剤（ピリダベン、テブフェンピラド、エトキサゾールから1剤を選択する） ●：デンブン水和剤またはプロピレングリコールモノ脂肪酸エステル乳剤の2回散布 注1：マシン油乳剤、デンブン水和剤、プロピレングリコールモノ脂肪酸エステル乳剤を除く全ての殺ダニ剤は連用せず、複数年単位としたローテーション散布を行うこと。 注2：BPPS（プロパルギット）は8月以降の使用に限る。												

図2 ハダニ類の発生状況に応じた殺ダニ剤の使用体系例（令和5年度岩手県農作物病害虫・雑草防除指針を一部改変）

7. リンゴ以外の作物でのハダニ類防除体系

本県ではリンゴでの実績を基本防除体系とし、リンゴ以外の果樹類をはじめ、果菜類やリンドウをはじめとする花き類におけるハダニ類防除においても、隔年使用体系の導入を理想としている。リンゴ以外の果樹生産者はリンゴ生産者であることが多いため、隔年使用防除体系は当然の技術として普及している。また、多くの露地栽培果菜類はシーズン終了後に圃場内が一掃され、ハダニ類の越冬場所としての周辺雑草も除去されることが多く、隔年使用体系の導入について徹底されているとはいいがたい。

一方、リンドウは定植後3年目から採花し、5年～7年後まで同一株が在圃するため、畦マルチ裏やフラワーネットを支えるパイプ内部で越冬するナミハダニ（一部カンザワハダニ）が存在し、薬剤抵抗性ハダニ類の世代継承が起りやすい条件である。しかし、リンドウはマイナー作物ゆえ殺ダニ剤登録数が少なく、隔年使用のためには不十分な状態が続いている。そのため、本県ではリンドウの主産地の責任として、各メーカーの協力を得ながら新規殺ダニ剤の適用拡大に積極的に取り組んでいる。

8. 今後の課題

近年ようやく本県でも、リンゴ園地内の土着カブリダニ類を温存してハダニ類の発生密度を抑制する技術を県内の指導者や生産者に向けて提示した（岩手農研，平成28年度研究成果書，令和2年度研究成果書）。本技術は場合により殺ダニ剤の散布が省略できる可能性を示したことから、県内各地の指導的なリンゴ生産者から導入が始まっている。マイナー害虫対策や突発的な害虫対策の課題はあるが、薬剤抵抗性ハダニ類の発生を回避するためには、土着の天敵類を保護・活用する技術や気門封鎖剤等を組み合わせて、殺ダニ剤の年間使用回数を減らす努力が必要と考える。

引用文献

- 衛藤友紀ら（1996）九州病虫害研究会報告 42:141-145
- 羽田厚（2010）技術と普及 47(8):45-48
- 羽田厚（2018）岩手県農業研究センター研究報告 17:1-20
- 岩手県病虫害防除所（2001）平成13年度防除技術情報 No. 13-3
- 岩手県農業研究センター（2016）平成28年度試験研究成果書（指導 No. 18）
- 岩手県農業研究センター（2020）令和2年度試験研究成果書（指導 No. 18）
- 岩手県植物防疫協会（1988）いわての植物防疫（設立記念誌）：pp127-130
- 岩手県植物防疫協会（2012）いわての植物防疫（設立20周年記念誌）：pp99-102
- 木村佳子（2018）北日本病虫研究会報告 69：177-182
- 真梶徳純（1970）植物防疫 24(11)：13-18
- 鈴木敏男（2010）岩手県農業研究センター研究報告 10：113-126
- 多田典穂・坂神泰輔（2000）北日本病虫研究会報告講要 51：p 305
- 高梨祐明ら（2009）東北農業研究センター研究報告 110：177-186
- Uesugi R. et al（2002）Journal of Economic Entomology 95(6):1267-1274
- Yamamoto A. et al（1995）Journal of Pesticide Science 20(4):493-501
- 山本敦司（2020）農業新時代 1：5-12
- 山村光司（2021）第1回殺虫剤抵抗性シンポジウム講要：pp29-37

(2023 年 10 月 31 日 受領)

Title

Biennial Rotation-Based Acaricide Resistance Management of Spider Mites on Apples in Iwate Prefecture

Takumi Fujisawa¹

¹ Iwate Agricultural Research Center

(Received: 31 Oct. 2023)

熊本県での殺虫剤抵抗性対策につながる

タバココナジラミ防除の取組み

○樋口聡志¹

¹ 熊本県農林水産部（農業革新支援センター）

1. はじめに

熊本県は果菜類（トマト、メロン、スイカ等）を中心とした施設栽培が盛んである。これら果菜類の生産において、タバココナジラミは重要害虫として知られている。本種は、トマト黄化葉巻ウイルス（*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV）、トマト退緑ウイルス（*Tomato chlorosis virus*, ToCV）およびウリ類退緑黄化ウイルス（*Cucurbit chlorotic yellows virus*, CCYV）等の病原ウイルスを媒介し、大きな被害を引き起こしている。そのため殺虫剤による防除回数も多くなり、媒介虫であるタバココナジラミの薬剤抵抗性の発達が懸念されている。そこで、栽培面積が広く、トマト黄化葉巻病が問題となる冬春トマトを主体に、殺虫剤抵抗性対策につながるタバココナジラミ防除の取組み等を紹介したい。

2. タバココナジラミに対する各種薬剤の殺虫効果の変動

本県の施設栽培では 2004 年にタバココナジラミバイオタイプ Q（(Mediterranean : MED) が初確認されて以降、本種が優占種となっている（樋口ら，2007；樋口，2014）。2004 年以降に本県のトマト、メロンおよびスイカの施設栽培ほ場より採集したバイオタイプ Q 個体群について、7 系統 9 薬剤の常用濃度での殺成虫効果を調査した（樋口，2020；熊本県病害虫防除所，2020，2021）。初確認された 2004 年個体群に対しては、供試した全薬剤で補正死虫率が 80%以上であった。しかし、2012～2014 年および 2018～2020 年の 6 か年に採集した 15 個体群に対して、補正死虫率が全て 80%以上であった薬剤は、IRAC コード 6 であるアバメクチン乳剤とレピメクチン乳剤の 2 剤であった。他の 7 薬剤（ジノテフラン水溶剤、ニテンピラム水溶剤、スルホキサフロル水和剤、スピネトラム水和剤、ピリフルキナゾン水和剤、シアントラニリプロール水和剤、フルキサメタミド乳剤）については、補正死虫率が 80%未満を示す個体群が認められた。本県の個体群に対して数種薬剤については、感受性低下の可能性が示唆された。

3. 抵抗性対策につながるタバココナジラミ防除の取組み

昆虫媒介性ウイルス病の防除では、ウイルス媒介昆虫とウイルス源、栽培植物の間の伝染環をいかに断ち切るかが重要である（本田，2005）。そのため本県でのトマト黄化葉巻病の防除対策は、ウイルスを保毒したタバココナジラミをハウス内に「①入れない対策」、ハウス内で「②増やさない対策」、ハウス内から「③出さない対策」を行い、さらに次作に保毒虫を「④つながらない対策」に取り組んでいる（表 1）。これら 4 つの対策のなかで、いくつかについて説明する。

表1 TYLCVを媒介するタバココナジラミに対する主な防除対策

防除対策	具体的な技術内容
①入れない対策	・ハウス開口部の防虫ネット展張 ・近紫外線除去フィルムの展張 ・野良生えトマトの除去 ・ハウス周辺の除草
②増やさない対策	・薬剤防除 ・天敵防除 ・耐病性品種の利用 ・粘着板の設置 ・感染株の抜き取り ・ハウス内の除草
③出さない対策	・栽培終了時のハウス密閉処理 ・ハウス開口部の防虫ネット展張
④つながない対策	・地域で不作付け期間を設定 (定植時期、栽培終了時期を設定)

(1) 作用機構分類 (IRAC コード) および気門封鎖剤の活用 (②増やさない対策)

本県の北部に位置する JA たまなでは、IRAC コードを記載した冬春トマトおよびミニトマトの防除暦を作成している (図1)。防除暦はタバココナジラミを含む主要病害虫の発生消長のモデル図を上側に示し、基幹防除剤である殺虫剤および殺菌剤の散布時期を下側に記載している (図1)。この防除暦では、同一系統の薬剤が連続しないように考慮され、薬剤抵抗性対策が意識されている。

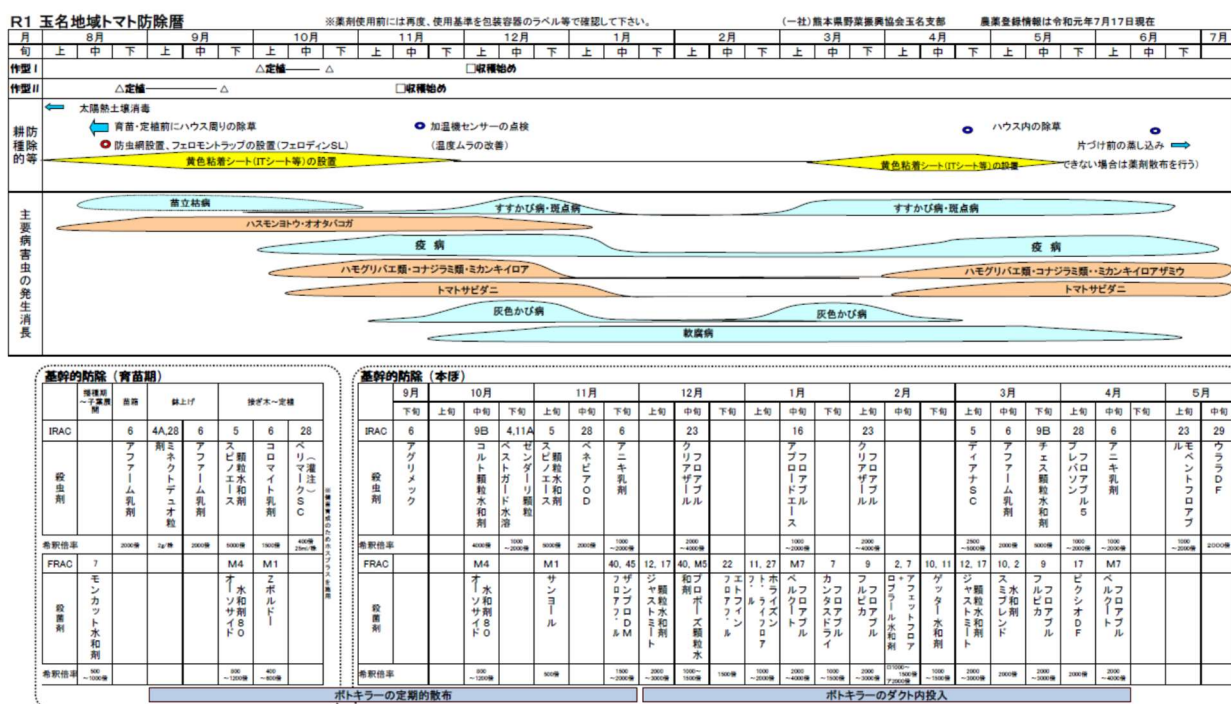


図1 玉名地域におけるトマトの防除暦

タバココナジラミに対する防除薬剤のなかで物理的な作用を示す気門封鎖剤は、薬剤抵抗性の発達リスクが低いと考えられる。さらに、油脂を有効成分とする気門封鎖剤（調合油乳剤、脂肪酸グリセリド乳剤等）は、タバココナジラミ成虫の定位阻害や交尾阻害をもたらす効果を有しており、これらの効果によりタバココナジラミ密度を抑制できると考えられている（杖田，2019）。熊本県農業研究センターでは、油脂系気門封鎖剤と殺虫剤の混用による昆虫媒介性ウイルス病の抑制技術に 2020 年から取り組んでいる。本課題では、トマト黄化葉巻病も対象となっており、今後の成果が期待される。なお、先行して取り組んでいたメロンでの防除技術では、殺虫剤のみに比べて調合油乳剤と殺虫剤の混用で、タバココナジラミによる CCYV の媒介を抑制できることが明らかにされている（熊本県農業研究センター，2023）。

（2）天敵タバコカスミカメ（②増やさない対策）

トマトのタバココナジラミに対する天敵防除技術として、捕食性天敵であるタバコカスミカメの利用が知られている。本県でのタバコカスミカメの導入は、トマト黄化葉巻病の発生が少ない高冷地での夏秋トマト栽培を中心に進んでいる。しかし近年、トマト黄化葉巻病の発生リスクがある平坦地の冬春トマトでもタバコカスミカメの導入が検討されている。天敵利用に取り組む要因の一つとしては、薬剤抵抗性発達の問題により殺虫剤に依存した対策では防除が難しくなっていることが挙げられる。また、トマト黄化葉巻病の耐病性品種の普及が進んでいることも天敵の導入を取り組みやすくしている。

8～10 月に定植する冬春トマトが盛んな玉名地域では、JA たまなと玉名農業普及・振興課が中心となり、タバコカスミカメを活用した総合的な防除対策に取り組んでいる。2022 年産では地域内に 5 か所の実証ほ場を設け、タバココナジラミの発生を抑制している事例が積み上げられている。県内の他の冬春トマト産地も興味を持っており、今後の広がりが期待される。

（3）ハウス密閉処理（③出さない対策）

TYLCV を保毒したタバココナジラミをハウス外に「出さない対策」としては、栽培終了後のハウス密閉処理が基本となる（古家，2006）。本対策については、本県でのトマトおよびウリ科野菜の昆虫媒介性ウイルス病に対する重点対策として取り組んでいる（熊本病害虫防除所，2023）。栽培終了時のハウス内には、栽培期間中に殺虫剤による複数回の防除を受けたタバココナジラミが存在し、薬剤感受性が低下しているリスクが想定される。ハウス密閉処理によるタバココナジラミ防除は、抵抗性個体群を野外に「出さない対策」としても有効と考えられる（山本，2019）。

（4）不作付け期間の設置（④つながない対策）

主な TYLCV の寄主植物はトマト、ミニトマトであり、TYLCV の感染はトマトほ場から別のトマトほ場へ保毒虫が侵入してつながる。そのためトマトが栽培されていない一定期間があると TYLCV の伝染環が切れ、トマト黄化葉巻病の発生リスクが低減すると考えられる（行徳，2009）。冬春トマトの主産地である八代や玉名地域では、栽培終了時期や定植時期が決められている。これは各地域の JA、県、市町、任意組合等が参加する防除対策会議で毎年決められ、30～60 日間のトマト不作付け期間が設けられている（図 2）。

この不作付け期間による効果を検証するために、各地域では野外に粘着トラップを設置し、捕獲したタバココナジラミを用いて保毒虫率の推移を調査している。その調査結果で

は、栽培終了時期（5～7月）から次作の定植時期（8～10月）に野外の TYLCV 保毒虫率が低下している。このように冬春トマトの定植時期に TYLCV 保毒虫率が低下することは、その後のタバココナジラミに対する薬剤防除回数の低減に寄与していると考えられる。

トマト黄化葉巻病対策について

玉名地域緊急病害虫防除対策会議より、
トマト類を栽培する皆様にお知らせします。

玉名地域トマト黄化葉巻病対策会議では、このトマト黄化葉巻病の撲滅を図るため、今年度は下記のとおり取り決めました。

①栽培終了後は、7月17日までにハウスの閉め込み(すき込み)を実施します。
②定植は、8月15日以降に行います。

※栽培終了後は、コナジラミ類がハウス外へ飛散しないように、薬剤防除や高し込みを行い、コナジラミ類の密度を低減させたのち、後片付けを行うようお願いいたします。

【一般の家庭菜園の方へ】
一般の家庭菜園でも、発病した株を放置しておくとか次に伝染していきま。発病株を見つけたら直ちに抜き取り、土中に埋めるか、ビニール袋等に入れ、密閉して処分していただくようご協力をお願いいたします。

【トマト以外の作物について】
他の作物においてもコナジラミ類を減らすために、薬剤防除と除草の徹底に御協力をお願いいたします。

お問い合わせ先 玉名地域緊急病害虫防除対策会議事務局 (TEL 74-2193)
(玉名地域振興局農業普及・振興課 野菜産地づくり支援班)

次作への伝染を断ち切る最も重要な作業です。 栽培終了後には必ず行ってください！

- ① 密閉処理の効果を高めるため、株を抜くか、地際で切り離し、**株を枯らす。**
- ② 株が枯れた後、**10日以上ハウスを密閉**してコナジラミを確実に駆除し、**ハウス外に出さない。**
・トマト、メロン、イチゴ、ナスなど施設野菜全般。
・天候不良でハウス内温度が上がらず、枯らすのに時間がかかる場合は、殺虫剤を使用する。
- ③ ウイルスを保菌したコナジラミを野外で増やさないため、**屋外にトマトを放置せず、伝染源となる野生生えを作らない。**



栽培終了後の高し込み
(50℃以上の高温に保つ。)



廃棄したトマトから
多数発生した野生生え

※コナジラミの寿命は平均約30日、最長約60日。**手遅れにはウイルスを繁殖させない。** ウイルスをもった植物さえなければ、伝染は断ち切ることができます。

「トマト栽培自粛期間」申し合わせは原則
収穫終了(本年産):6月25日まで
定植開始(次年産):8月15日から
と約2ヶ月間になっています。みんなでやれば効果が出ます。ご協力をお願いします！

「トマト黄化葉巻病」は、非耐病性品種での被害が最大ですが、黄化葉巻病耐病性品種でも発症します。これ以上、黄化葉巻病で苦労しないために、改めて地域一丸となった対策を再確認してください。

八代地域緊急病害虫防除対策会議
熊本県南広域本部、八代市、水川町、JAやつしろ、八幡達、各トマト生産12町組織、トマト黄化葉巻病対策作業部会
事務局:熊本県南広域本部農林水産部農業普及・振興課
作成:八代市農業振興課(0965-33-8751)

JA たまな広報 2023 年 6 月号
(JA たまな HP より引用)

JA やつしろ広報 2023 年 7 月号
(JA やつしろ HP より引用)

図2 冬春トマト産地におけるトマト不作付け期間の周知

4. さいごに

タバココナジラミバイオタイプ Q に対しては、薬剤感受性が低く有効薬剤が少ないため、薬剤を主体とした防除では限界がある。そのため本県では、物理的防除、耕種的防除および生物的防除も含めた総合的な対策でタバココナジラミの防除に取り組んでいる。これらの総合的な防除対策は、山本（2019）が述べている抵抗性遺伝子頻度を高めない殺虫剤抵抗性対策としての5点（入れない、3つの増やさない、出さない）に沿っている。近年、薬剤の開発費は増加傾向にあり（山本，2017），生産現場に新規薬剤が次々に登場することは想定しにくい。そのため現在登録のある薬剤を有効活用するために、関係機関と連携しながら薬剤抵抗性対策につながる防除技術の普及に取り組みたい。

引用文献

- 古家 忠（2006）植物防疫 60：544-546。
 行徳 裕（2009）タバココナジラミ おもしろ生態とかしこい防ぎ方。農文協：pp.1-119。
 樋口聡志（2014）応動昆 58：333-341。
 樋口聡志（2020）熊本農研セ研報 27：1-46。
 樋口聡志・前田美沙・行徳 裕・上田重文・小牧孝一（2007）九病虫研会報 53：59-65。
 本多健一郎（2005）植物防疫 59：299-304。
 熊本県病害虫防除所（2020）

<https://www.pref.kumamoto.jp/uploaded/attachment/215353.pdf>

熊本県病害虫防除所（2021）

<https://www.pref.kumamoto.jp/uploaded/attachment/215371.pdf>

熊本県病害虫防除所（2023）

<https://www.pref.kumamoto.jp/uploaded/attachment/218275.pdf>

熊本県農業研究センター（2023）

<https://www.pref.kumamoto.jp/uploaded/attachment/223315.pdf>

杖田浩二（2019）応動昆 63 : 155-162.

山本敦司（2017）植物防疫 71 : 337-346.

山本敦司（2019）植物防疫 73 : 766-773.

（2023 年 10 月 31 日 受領）

Title

Control and insecticide resistance management of *Bemisia tabaci* in Kumamoto prefecture.

Satoshi Higuchi¹

¹ Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Kumamoto Prefectural Government

（Received: 31 Oct. 2023）

農業用殺菌剤の連続散布と耐性菌マネジメント

○播本佳明¹

¹ コルテバ・アグリサイエンス日本株式会社

はじめに

世界の農薬市場は 2019 年時点で約 593 億ドル、殺菌剤はそのうち 164 億ドルに相当する。殺菌剤市場の中では、DMI 剤（細胞膜のエルゴステロール合成阻害剤、FRAC コード 3）剤、QoI 剤（ミトコンドリア電子伝達系複合体 III 阻害剤、FRAC コード 11）、SDHI 剤（コハク酸脱水素酵素阻害剤、FRAC コード 7）の 3 剤が全体の半分以上を占めている（Lamberth, 2022）。これらの使用頻度の高い薬剤、および近年開発された薬剤（ピリオフェノン（FAC コード 50）、イブフルフェノキン（FRAC コード 52）、ピリダクロメチル（FRAC コード 53））などはいずれも単一作用点に対する薬剤であり、それらの耐性菌リスクは中～高に分類されている（FRAC）。植物病害防除の要である殺菌剤に耐性菌が発生することは、農業現場にとって大きな痛手であるのと同時に、農薬を開発、製造するメーカーにとっても大きな損害である。農薬に対する安全性基準の変更、要求されるデータの増加などを受け、新規農薬の開発にかかる期間、コストは大きく上昇している。1995 年には新規農薬 8.3 年の期間と開発コスト 1 億 5200 万ドルが必要であったのに対し、2010 代半ばには 11.3 年と 2 億 8600 万ドルにまで増大しており（Phillips McDougall, 2016）、現在はさらに上昇していると推定されている。膨大な時間とコストをかけて開発した薬剤に対する耐性菌は農薬メーカーとしても何とか防ぎたいところである。

耐性菌の発達を遅延・抑制するために、日本では作用性の異なる薬剤（特に耐性菌リスクの低い保護殺菌剤）とのローテーション散布が取り入れられている（Japan FRAC）。一方、海外では殺菌剤を連続散布（ブロック散布）することにより、耐性菌発達を抑制する方法も使用されている。今回、オキサチアピプロリン剤を例に海外での殺菌剤の散布と耐性菌対策の手法について紹介する。

オキサチアピプロリン剤の特長

オキサチアピプロリン（商標名：ゾーベックTM）はデュポン社（現 コルテバ・アグリサイエンス社）によって創製、開発されたべと病、疫病など卵菌類にして有効な殺菌剤である。日本では 2016 年に農薬登録を取得し、そのほか世界の約 50 か国で使用されている。本剤はオキシステロール結合蛋白質（OSBP: oxysterol binding proteins）を阻害し（FRAC コード 49）、脂質の膜間移動を抑制することで、病原菌細胞の生存に必要な情報伝達、細胞膜の維持、脂質複合体の形成を抑制することで殺菌効果を示すと考えられている。本剤の特長として、低薬量で対象病害に効果を発揮する性質があり、圃場レベルでもバレイシヨ疫病に対して 15~20 gai/ha 程度と他剤と比べて非常に少ない薬量で優れた効果を発揮する（Miao et al., 2016）。実験室レベルにおいても、遊走子発芽の EC₅₀ 値が 0.00001 ppm 未満と非常に低濃度で阻害活性を示す（表 1）。Euro Blight（EU の大学等の研究者が共

同でバレイショ疫病の遺伝子型の解析、防除資材の評価などを行っている）では、オキサチアピプロリンおよびその混合剤は疫病への効果が 5 点満点中 4.9 点とすべての薬剤の中で最も高いスコアであり、そのほか新しい葉に対する保護効果や、耐雨性を有する薬剤として高い評価を得ている（Jens Grønbech Hansen, 2022）。

表 1 バレイショ疫病菌の各感染ステージにおける殺菌剤基礎活性（EC₅₀ 値, ppm）

感染ステージ	オキサチアピプロリン	シアゾファミド	マンジプロパミド
被のう胞子発芽	< 0.00001	0.00002	< 0.00001
遊走子嚢の直接発芽	< 0.00001	0.0002	> 0.01
菌糸伸長	0.0002	0.004	> 0.1
遊走子の放出	< 0.01	0.03	> 1.0

オキサチアピプロリン剤の耐性菌リスク

本剤も単一の作用点に対して働く薬剤であり、薬剤耐性菌リスクは中～高と推定されている。本剤の耐性菌リスクを調査することを目的として、人為的にオキサチアピプロリン低感受性菌、耐性菌を作出し解析した。UV を照射したキュウリ灰色疫病菌 *Phytophthora capsici* 遊走子を薬剤を含む培地上で培養することで 557 株を選抜、それら変異株の OSBP 遺伝子を解析した。その結果、554 株において OSBP 遺伝子中にアミノ酸置換を含む変異が入っており、頻繁に検出された S768Y、G770V、G839W、L863W の 4 種は RF (resistance factor, 耐性菌の EC₅₀/感受性菌の EC₅₀) 値が 360 以上と高い数値を示した (表 2、Mboup et al., 2022)。以上の結果は、圃場においてオキサチアピプロリン剤の耐性菌が発生する可能性があること、本剤の使用にあたっては耐性菌マネージメントが必要であることを示した。

表 2 人為的に作出したオキサチアピプロリン低感受性菌、耐性菌の OSBP 遺伝子変異と RF 値 (Mboup et al., 2022 より一部改変)

OSBP の変異	分離株数	RF 値
L733W	9	12
S768Y	26	> 750
V820G	1	ND
G770V	89	600
N837Y	26	20
G839W	168	360
P861H	3	ND
L863W	64	750
I877F	86	15
変異なし	3	< 10

オキサチアピプロリン剤の海外での散布体系

西ヨーロッパでのバレイショ生産は東ヨーロッパと比べ疫病の発生圧が高く、疫病剤の散布は年に10回以上行われている。それらの国々では、植え付け30日後から60日後（バレイショの養成長期から開花期）にかけて、オキサチアピプロリン混合剤を10日間隔で3回連続散布する体系を推奨している（図1）。オキサチアピプロリン剤のブロック散布を含む体系防除により、（1）バレイショの生育が旺盛な時期に浸透移行性のあるオキサチアピプロリン剤を散布することで、薬剤が散布された部分だけでなく、新しく展開した茎葉も疫病から保護することができる。（2）生育の前半で効果の高い薬剤を使用することで、圃場での病原菌密度を下げる可以降低ことができる。（3）疫病から守ることによる収量の増加が期待できる。（4）耐性菌リスクを下げることににつながる。の4つの利点があるとしている。ローテーション散布を基本とした耐性菌マネジメントを行っている日本の立場からすると、連続散布はリスクの高い散布方法であると思われる。連続散布による防除は以下の耐性菌管理方針および根拠に基づいており、ヨーロッパの大学、研究機関からも普及方針に対する理解が得られている。

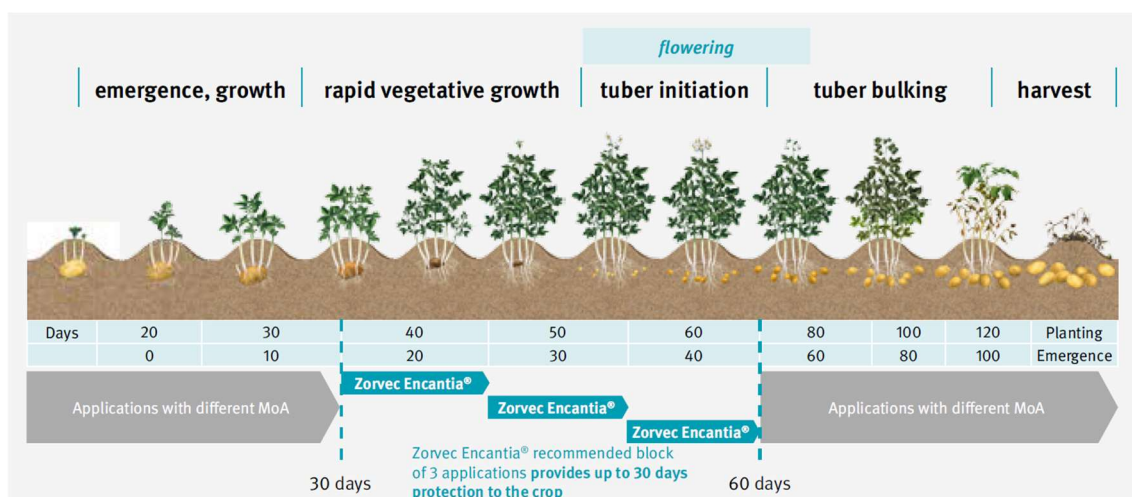


図1 ヨーロッパにおけるオキサチアピプロリン混合剤のバレイショ散布体系（技術資料より抜粋）

オキサチアピプロリン剤耐性菌対策の方針

方針1) 予防的散布の徹底

殺菌剤の使用の基本は予防散布である。治療的に使用した場合は、本来の効果が得られないだけでなく、耐性菌を選抜することにもつながる。すでに病斑や胞子が形成されている時期、つまり病原菌密度が高い時期に薬剤散布することは、多数の病原菌個体に対して薬剤耐性の選抜をかけることにつながり、予防的に散布する場合よりも耐性菌選抜の機会が多くなってしまうためである。（Brent & Hollomon, 2007）。オキサチアピプロリン剤についても製品の注意事項、技術資料などにも予防散布について記載し、発病前の散布を呼びかけている。

方針 2) 混合剤、もしくは他剤と現地混用して散布する

作用性の異なる薬剤との混合剤化や混用散布は、薬剤効果の安定化と耐性菌対策の両方に有効な手法である (Brent & Hollomon, 2007)。Van den Bosch らは、耐性菌対策に関するレビューの中で、2 種の異なる作用性を持つ殺菌剤を使用する場面において、単剤のローテーション散布を行う場合と混用連続散布する場合の耐性菌対策としての有効性について比較した (Van den Bosch et al., 2014)。シミュレーションモデルによる推定、実際に行った試験のいずれにおいても、2 種の薬剤をローテーション散布をするよりも、混合剤として連続散布するほうが耐性菌選択圧を下げる上で有効であると結論づけている。オキサチアピプロリン剤は当初、co-pack 製品 (現地混用として使用するために、2 つの製剤を 1 つのパッケージとして販売する製品) として使用するために単剤としての開発・登録を進めていたが、混合剤への切り替え、あるいは異なる作用性を持つ疫病、べと病剤との現地混用での使用を進めている。特に混合剤を開発する際には、オキサチアピプロリン剤のパートナーに対して薬効の基準を設けており、各国での試験で十分な効果が得られた作物・病害に対してのみ開発、登録を行っている。

方針 3) 薬剤暴露期間を短縮する

オキサチアピプロリン剤を 3 回散布する場合、図 2 に示すように本剤散布の間に別系統の薬剤を挟んで散布するローテーション散布 (モデル 1) と、オキサチアピプロリン剤を 3 回連続で散布するブロック散布 (モデル 2) を想定する。薬剤散布の間隔を 10 日間とすると、モデル 1 では 60 日間薬剤に暴露され続けるのに対し、モデル 2 では 40 日間と 20 日の差が生じる。病原菌が薬剤に暴露される期間を短縮することは、薬剤による耐性菌選抜の期間を短くすることになるため、耐性菌発生遅延化に有効であるとされている (Van den Bosch et al., 2014)。

モデル1: 他剤とのローテーション散布 (Zorvec暴露期間 = 60日間)



モデル2: 連続3回散布 (Zorvec暴露期間 = 40日間)

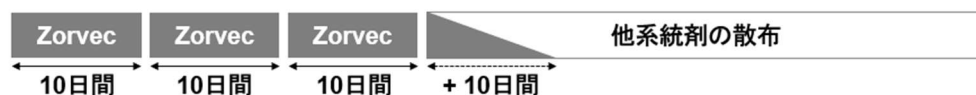


図 2 ローテーション散布と連続散布による薬剤暴露期間モデル (オキサチアピプロリンの有効成分残量をグレーで示した。)

方針 4) 感受性モニタリングの実施

FRAC の OSBP 阻害剤ワーキンググループでは本剤の感受性モニタリングを毎年実施し、その結果を公開している。2021 年の調査では、EU からはドイツ、ベルギー、フラン

ス、チェコ、ポーランド、スペインなど計 14 か国でバレイショ・トマト疫病菌の感受性検定を実施し、これらの国での感受性低下は認められなかった。ブロック散布はあくまでも耐性菌が発達していない場所、地域のみで有効な手法であるため、モニタリングは今後も積極的に実施する必要がある。また、ワーキンググループでは OSBP 阻害剤の使用ガイドラインを作成し、FRAC ホームページ上でも公開している。(日本におけるガイドラインについては、農薬工業会内の J FRAC ホームページから入手できる。)

おわりに

本報では海外で実施されているオキサチアピプロリン剤のブロック散布とその耐性菌対策の方針について紹介した。EU では農薬の登録規制制度が厳格化したことにより、主要な農薬の登録失効が相次いでいる。防除に使用できる農薬に限られる中で、殺菌剤ブロック散布は有効な解決策として普及しているようである。一方、日本では多くの農薬が登録を維持できており、異なる作用性を持つ殺菌剤ローテーション散布が引き続き耐性菌対策の軸になっていくと思われる。今後も感受性検定を継続することで薬剤の有効性を確認するとともに、新しい作用性を持つ殺菌剤の研究開発を進めることで、より良い防除プログラム作りに貢献したいと考えている。

引用文献

Lamberth C. Latest Research Trends in Agrochemical Fungicides: Any Learnings for Pharmaceutical Antifungals? ACS Med Chem Lett. 2022 May 16;13(6):895-903. doi: 10.1021/acsmchemlett.2c00113. PMID: 35707143; PMCID: PMC9190031.

FRAC “FRAC Code List ® 2022”

https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2022--final.pdf?sfvrsn=b6024e9a_2

(参照 2023-11-01)

The Cost of New Agrochemical Product Discovery, Development and Registration in 1995, 2000, 2005-8 and 2010-2014. R&D expenditure in 2014 and expectations for 2019. Phillips McDougall, 2016

Japan FRAC. “耐性菌リスク低減対策” 農薬工業会

<https://www.jcpa.or.jp/labo/jfrac/measures.html>

(参照 2023-03-01)

Miao J, Dong X, Lin D, Wang Q, Liu P, Chen F, Du Y, Liu X. Activity of the novel fungicide oxathiapiprolin against plant-pathogenic oomycetes. Pest Manag Sci. 2016 Aug;72(8):1572-7. doi: 10.1002/ps.4189. Epub 2015 Dec 21. PMID: 26577849. Mboup MK, Sweigard JW, Carroll A, Jaworska G, Genet JL. Genetic mechanism, baseline sensitivity and risk of resistance to oxathiapiprolin in oomycetes. Pest Manag Sci. 2022

Mar;78(3):905-913. doi: 10.1002/ps.6700. Epub 2021 Nov 10. PMID: 34716648.

Jens Grønbech Hansen. “Late blight fungicide table” EuroBlight. 30 May 2022.
<https://agro.au.dk/forskning/internationale-platforme/euroblight/control-strategies/late-blight-fungicide-table>

van den Bosch F, Oliver R, van den Berg F, Paveley N. Governing principles can guide fungicide-resistance management tactics. *Annu Rev Phytopathol.* 2014;52:175-95. doi: 10.1146/annurev-phyto-102313-050158. Epub 2014 May 16. PMID: 24848413.

Brent KJ and Hollomon DW, Fungicide resistance: How can it be managed ? FRAC Monograph No. 1 (second, revised edition), 2007

(2023 年 10 月 31 日 受領)

Block application of agricultural fungicide and resistance management
Yoshiaki Harimoto
Corteva Agriscience Japan

(Received: 31 Oct. 2023)

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

薬剤抵抗性管理の実践へ向けた IPM を考慮した発想転換

清水 健^{1,2}

¹ 農林害虫防除研究会・殺虫剤抵抗性対策タスクフォース（シンポジウム実行委員）

² 千葉県農林水産部

1. はじめに

ある農薬の存在意義が、その剤に対して「耐性菌や抵抗性害虫が発生しないこと」ではなく、その剤によって「農業現場における病虫害被害が十分に抑えられること」にあるのは、多くの関係者からご賛同を頂ける場所と考える。もちろんのこと、残念ながら、農業現場では多くの剤において被害が十分に抑えられていない事例が多々発生し問題となっているわけだが、「抵抗性の発達」がその原因のひとつである可能性が高いのは確かである。この問題解決のために、殺虫剤抵抗性対策タスクフォースは「抵抗性管理」を中心的課題ととらえ、あらゆる視点から対策を提案してきた（山本, 2023）。

一方で、こうした抵抗性管理を一般化する取り組みにおいては、個々の農業現場のニーズや現状から乖離している部分が多く残されているようにも懸念されてならない。また、農業現場で被害が発生するという問題が安直に抵抗性問題と挿げ替えられている傾向や、ひいては農薬に対して過剰な責任が押し付けられている現状を多く目の当たりにするにつけ、原点に立ち返るべく、現場からの指摘を投げかけたいと考える。

今回の発表においては、こうした「抵抗性」に対する認識に係る、現場とのギャップを埋める作業を関係者の皆様とともに行いたいと考えている。「発想転換」というより、まずは様々な立場にある我々が、抵抗性管理に向けて揃って立つべきスタート地点を、改めて確認する、そんな講演としたい。また、総合防除（IPM）の成功事例が種々の薬剤の抵抗性管理にも有効であるような場面が蓄積されてきた。併せて紹介したい。

2. 農業現場における病虫害防除の現状

各所で開かれる栽培講習会において、病虫害防除の講演を持つことがある。「IPM（特に耕種的・物理的防除）」「予防的措置」「抵抗性管理」に関する諸対策を取り上げているスライドショーの間は眠っており、「効く農薬」の話題になった途端に覚醒する農業者が多いように感じられるのは、私だけではないと思う。このことは、実際に栽培に携わる農業者において、農薬に対する期待、農薬に対する依存度が、依然として非常に高いことを示す。

3. 農薬に対して「正しく」期待しているか？

その農薬に対する依存度の高さと裏腹に、農業者の理解が不足しているなど感じられる事例に事欠かないが、指導者としてはむしろそこに責任を負うべき立場にある。まずは彼らに十分に理解できるように説明できているのか、我が身を省みつつ、考えてみたい。

栽培講習会で剤の選択や使用方法を指導したにも関わらず、使用した農業者から、その後しばらくして連絡が来るのは常である。農業者氏曰く、「思ったように効いていない。抵抗性が発達したのではないかと」と。農業現場において「被害が抑えられていないこと」

の原因が、イコール「抵抗性が発達したため」と考えられている誤解事例は多い。本講演ではまず、そもそも我々が農薬に対してどこまで期待して良いのかについて、改めて確認しておきたい。関係者には農薬登録のプロセスやそれぞれの作用機作について熟知されている方も多いと思うが、そうでない方のためにも、今一度ここで共有しておきたい。

(3-1)「新農薬実用化試験」と「登録に値する効果」

農薬メーカーが新しい農薬を登録するための手続きの一環として、(一社)日本植物防疫協会が主催する新農薬実用化試験において、実際の栽培現場を模した条件下において各農薬の効果検証を行う仕組みがある。そこでは、各試験受託研究機関が委託された新農薬候補について圃場試験等を行い、メーカーは各薬剤について概ね6例の「効果があった」とする試験成績を添えて登録申請する必要がある(図-1)。農薬登録されているすべての剤はこのプロセスを踏んでおり、関係者であれば結果を参照することができる。

ここで、何を以て「効果があった」ことになるのかについては、明確な規定がある。試験成績は「対対照」、「対無処理」、「判定」、「薬害」の4点がセットとして提示されるが、このうち「判定」の結果は、A(実用性は高い)、B(実用性はある)、C(効果は低いが実用性はある)、D(実用性なし)と示され、これが、A、B、C判定であれば「効果がある」事例としてカウントされる。なお、「判定」はおおむね「対無処理」での結果に準じて決定される場合が多く、無処理区での結果に応じた補正死亡率の値にすると、一般害虫ではこれが50~70の数値であればC判定、すなわち「効果がある」とカウントされることになる(表-1)。つまりは、無処理区において虫が100頭いた場合に、処理区においてはその虫が50頭相当にまで減少していれば、殺虫剤として登録申請する上では「効果がある」となる。

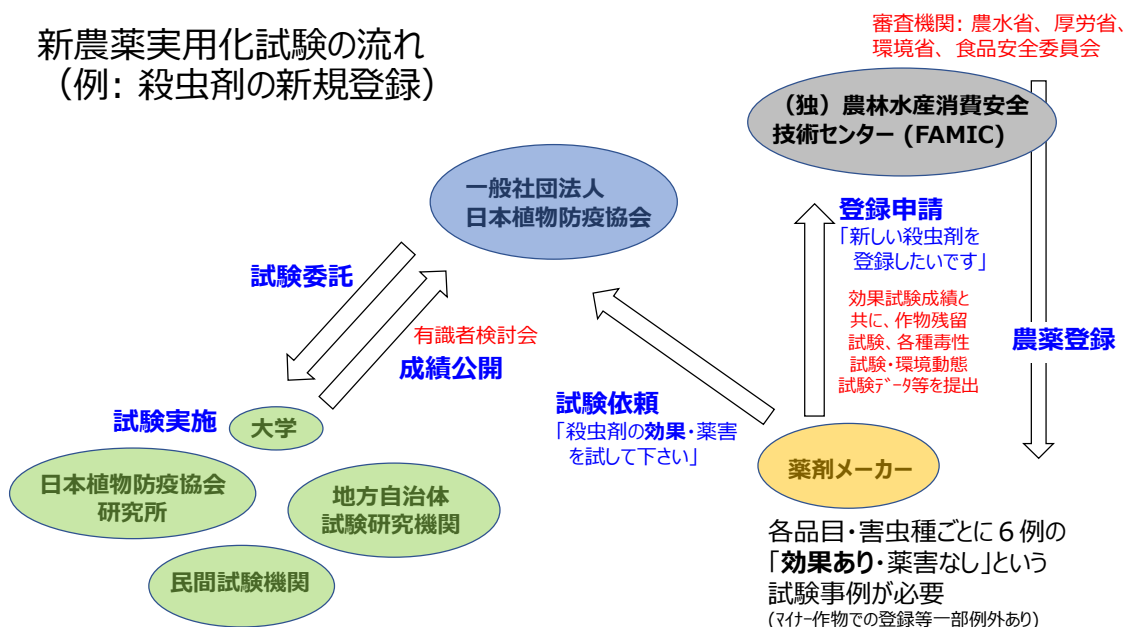


図-1. 一般社団法人日本植物防疫協会・新農薬実用化試験の流れの例

表-1 一般社団法人日本植物防疫協会・新農薬実用化試験の判定基準（対無処理）の例
（一部改変、出典：https://www.jpfa.or.jp/wpsite/wp-content/uploads/2023/05/野菜【害虫】.pdf）

概評の記号	効果の判断	計算法	判 定 基 準		
			一般害虫	アブラムシ類・ハダニ類・チャノホコリダニ	土壌線虫類
A	効果は高い	①	90以上	95以上	75以上
		②	10以下	5以下	25以下
B	効果はある	①	70～90	85～95	50～75
		②	10～30	5～15	25～50
C	効果は認められるが その程度はやや低い	①	50～70	70～85	25～50
		②	30～50	15～30	50～75
D	効果は低い	①	50以下	70以下	25以下
		②	50以上	30以上	75以上

*ただし、世代を繰り返し定着する天敵農薬・二次感染が期待できる微生物農薬については、アブラムシ類・ハダニ類・チャノホコリダニであっても一般害虫として扱う。

〈計算法〉

①：判定に用いた数値が、防除効率、補正死亡率などの場合（無処理を0とした時の指数）の供試薬剤の指数

②：判定に用いた数値が、対無処理比、補正密度指数などの場合（無処理を100とした時の指数）の供試薬剤の指数

ある薬剤の効果を「正しく」期待する場合、その登録時点での成績は有益な判断材料となる。むしろ、剤の効果が低下したかどうかは、この時点での評価を基準とした場合にのみ議論されるべきである。農業者がある剤を圃場で使用した場合の使用感が「60点（100頭の内40頭が残った）」であった場合、C判定の殺虫剤であれば「もともとそういう効果を期待するもの」として流通している可能性がある。

誤解のないように書くが、もちろん、流通している多くの剤が「C判定」というわけではない。無論、多くの殺虫剤が、試験ではA、B判定の成績を残している。しかし、仮にA判定といえども、補正死亡率では90以上。意地悪な見方をすれば、100頭の虫のうち、最大10頭は取りこぼしているかもしれない計算となる。実際、シャレーの中でならともかく、圃場や施設での栽培期間中の効果検証となると、一部の組み合わせを除いては、散布後に虫が完全にいなくなることは極めて珍しい。

このように、本来「期待して良い効果」というのはそれぞれの剤によって異なり、流通が始まった当初から「効果50点」が期待される剤と虫の組み合わせも有りうる。この点において、さきほど問い合わせしてきた農業者は、その期待される効果に比して、過剰な期待をしていなかっただろうか。

（3-2）「効果」の持続期間

前項の新農薬実用化試験では、殺虫剤については栽培期間中の限られた期間に限って剤の効果を追跡する。散布剤であれば散布直前の各区の虫数を計測し、散布後1日目、3日目、7日目・・・と継続して調査を行う。先ほどの判定は「調査時点」での死亡率等に基づいて決定されるが、調査の継続期間は栽培期間に対して比較的短く、散布7日後までや、長くても14日後までの調査結果をもって判定がなされる場合がほとんどである。それ以後は、処理区においても無処理区と同等の発生数に近づくことが多い。

同じく、さきほど問い合わせしてきた農業者は、果たして散布後何日目に虫の再発生を

確認し、効いていないと感じたのであろうか。

(3-3) 「〇〇〇類」という適用の陰

殺虫剤のラベルの「適用害虫」の欄に、「〇〇〇類」とある場合を見ることがあると思う。例えば「ハダニ類」に適用がある剤が実際に使用された場合、カンザワハダニと比較してナミハダニに対する効果が相対的に劣る場合が多いのは周知のことと思う。また、根拠こそ例示しないが、「コナジラミ類」に適用のある剤でも、実際にはオンシツコナジラミかタバココナジラミかによって効果が異なることが、試験段階で既に知られていたという事例もある。同様に、「アザミウマ類」に適用がある剤については、多くの剤において、それぞれ「△△△アザミウマにはほとんど効果が認められない」場合があることが広く知られている。

上市後に農業現場で使用され、それぞれの害虫種において感受性の低下傾向が異なった、または抵抗性が発達した結果として、このような現象が現れている場合もあろう。しかし、試験段階で判明していた効果の種間差については「抵抗性問題」とは切り離して議論すべきであり、「それぞれの剤の特性」に関する情報として現地まで確実に下して頂きたい情報である。

同様に、当初は「□□□という害虫」に卓効があり A 判定で上市されていた剤が、「▽▽という害虫にも効くから」と、後から適用拡大される場合、その際は B~C 判定であることが多いのも、関係者にはよく知られた裏話である。

さきほど問い合わせしてきた農業者がよほどの事情通でない限り、氏はかくも重要な情報から隔離されていることが予想され、抵抗性発達を疑うのも無理はない。しかしそれは「情報伝達の不備に関する問題」や「剤の特性」に関する話題であり、「抵抗性問題」ではないはずだ。

(3-4) 散布後に展開した植物の部位が「ノーガード」であること

以上を受けて、実用化試験の成績も判定も申し分なく、適用害虫は害虫の種名まで絞り込まれ、さらに散布後、確実に効果が期待できる期間のうちであるならば、その剤は農業現場では確実に期待通りの効果を発揮していることが予想される。しかし、それにも関わらず、圃場で発生や被害が止まらない状況は実際に起きている。

これらの例の多くは、多くの散布剤の「植物体上の『かかったところ』でしか機能しない」という特徴に起因する。これは現場で抵抗性が発達したために起きる現象ではなく、単純に「かかりムラ」と「無防備な部位」の問題である。栽培期間が長い果菜類の場合、散布後に伸長した新芽には薬液が直接散布されていない場合が多く、ノーガードになりがちである。さらにそこへ下葉に潜んでいた蛹から羽化した成虫が飛び移って来た場合、防ぐ手立てはなく、次の散布を待つばかりになってしまう。

このために「浸透移行性」がある剤を選びたがる農業者は多く、一部には浸透移行性信仰ともいえる向きが実際にある。そこには、(散布剤であれば、導管経由の移行だけでなく、師管転流の有無までを検討対象としないといけませんが)「剤が生長点まで移動しているはずなので無防備にはしていない」という思いがある。浸透移行性について各剤を横並びで評価できる指標は多くない。かろうじて、各剤の logPOW (オクタノール/水分分配係数) 値を参照し、系統ごとにリストにしてみたので講演において紹介する。一般的に水に溶けや

すい系統、水に溶けにくい系統が大きく分別でき、イメージには非常に良く合致する。なお、結論から言うと、浸透移行性が期待できる剤は極一部に限られている。また、浸透移行するかどうかと、その剤がどの程度効くかについては乗算の結果として表されるものであり、必ずしも水溶性の高さと効果とが比例するものではない。そしてそれ以外の多くの散布剤は、相対的に浸透移行性が期待しにくいものばかりである点が象徴的だ。

ここまでくると、さきほど問い合わせしてきた農業者も、「化学的防除についてだけ考えると、そもそも慣行の散布回数が不足しており、散布頻度を高めなくては対応しきれない」という可能性に、気がつくはずである。そしてここまで来てなお、氏が抱えていた問題は、「農薬に対する期待が間違っていた」という問題であり、「抵抗性」の問題ではないのである。

以上についてまとめると、「①登録時点での判定以上の効果を期待しないこと」、「②効果の持続期間はせいぜい 1~2 週間と心得るべき」、「③〇〇〇類での適用については種を特定して期待すべき」、「④浸透移行性を過信しない」が農薬に対して正しく期待する際の注意事項となろう。

4. 「農薬の責任」をどれだけ軽減できるかが鍵

正しい期待を持ったうえで農薬を使用してもなお、発生してしまう諸問題については、ようやくその原因を「抵抗性」と疑って議論することができる。これまでの抵抗性対策タスクフォースの活動に集約されるように、抵抗性管理に関する諸課題は「農薬の責任」を軽くしてあげることと言い換えても良い。何しろ、使用を続ける限り、害虫の感受性は基本的に低下する方向にしか進化は働かない。その進みを遅らせることだけが、我々にできる対策であり、そこで IPM の実践が大いに役に立つであろうことについては、議論の余地がない。本講演は IPM への取り組みの実例の紹介で締めることとなるが、その前に、「農薬への正しい期待」にも、一部「諸刃の刃」が潜んでいる点について、指摘しておきたい。

5. 薬剤感受性検定の結果に基づく薬剤選択は「負のスパイラル」の始まりでもある

殺虫剤抵抗性対策タスクフォースが掲げる抵抗性管理実践サイクルのなかでも、「薬剤感受性検定」は重要なツールとして位置づけられている。正直なところ、農業現場においてもそのニーズは非常に高く、地方公設試の職員に対しては「感受性検定を頻繁に実施してくれる研究員は良い研究員、あまり実施してくれない研究員は悪い研究員」という扱いが現状を良く表す。差し詰め、「効果の高い薬剤を調べて欲しい」、「毎年調べて最新の情報が欲しい」、「その薬は自分の圃場で必ず効くはずだから」というのが、先述の「農薬」の話の時だけ覚醒している農業者の思いに他ならない。

確かに、感受性検定はその時点で最も高い効果が期待できる農薬を明示することによって被害を抑制するという直接的なメリットを伴うため、農業者のニーズにも合致し、残存する病虫害が少なく抵抗性遺伝子の拡散を防げるという面においては、分かりやすく有効な抵抗性管理でもある。一方で、感受性検定によって効果の高い薬剤、低い薬剤が明らかになると、前者が広く頻繁に使用される「消費」のサイクルが始まる。こうして頻繁に使用された結果、卓効のある剤の効果が短期間で低下し、現場でのトレンドが次の新剤にシフトする、という負のスパイラルに続く。「ローテーション散布を推奨する」との注意書き

はあっても、結局特定の効果の高い数剤の集中的な使用につながっている面は否めない。

さらに、感受性検定結果を参考にした剤選択によって、農業現場での被害が減り、生産上の問題が解決されているのであれば異存はないのだが、往々にして感受性検定を行ったにもかかわらず現場の問題が解決していない場面は多い。千葉県のみんもトマト産地のコナジラミ類問題は、幾年にもわたって薬剤感受性検定を繰り返したが問題は終息しなかった。蓋を開けてみると、育苗段階で既に病気に罹病し害虫に寄生された苗を購入して栽培を開始していたことが一番の問題であったことが明らかとなり、現在はようやく解決に向かっている。抵抗性発達以外の問題も視野に入れつつ解決を図り、効果の高い薬剤（化学的防除）を使用するにしても、それ以外の対策を併用することにより（潜在的な）抵抗性遺伝子の残存を防ぎ、薬剤の寿命を延ばす取り組みは不可欠である。そして、この考え方こそ、IPM の概念の中枢に他ならない。

また、感受性検定は、それを実施する試験研究機関の側においてもかなりの労力的コストが課されることや、その時間が他の IPM 技術の開発に向けた時間や労力とトレード・オフの関係にあることも、（職員不足が危惧される現状にあっては、特に）考慮しなくてはならない重要な点である。

6. 抵抗性管理や IPM が農業現場に入っていくための課題

冒頭の栽培講習会のくだりで「IPM」では眠っている人が多いと書いた。これは単純に IPM に取り組むことによるメリットを享受できていない農業者や、その効果を実感していない農業者の方が圧倒的に多いということの表れでもある。実際、農業者の最重要課題は「生産額の最大化」であり、残念ながら「抵抗性管理」でなければ、「IPM」でもない。この状況下で、「抵抗性管理」や「IPM」を目的化して推進したところで、そのためだけには農業現場は動いてはくれない。これらを意識した防除を推進するためには、それらを導入することによって、実際に被害が（少なくとも経済的被害許容水準以下に）抑えられることが大前提であり、直接的なメリットがあることを具体例を伴って提示し、取り組みの主体である農業者に実感してもらうことが不可欠である。

格好の優良事例は、比較的近所の成功事例である。農業現場において上手に病虫害と付き合っている農業者が地域に必ずひとはいるものである。そうした現場においては、農薬以外の防除手段に意識が及んでおり、結局のところ IPM を意識しなくとも、自然と防除体系が IPM のフォーマットに仕上がっていることが多い。これらの農業者の圃場では結果として薬剤に対する依存度が低くなり、実際、抵抗性が問題になることもなく、栽培は完結している。「隣のうちで出来ることが、お宅でできないわけがない」は必殺の口説き文句である。

7. IPM 事例 ～期待と展望～

正直なところ、IPM の成功事例が多い品目や栽培形態には偏りがある。具体的には、露地野菜の諸品目では圧倒的に事例が少ない（と感じる）。そこには、防除メニューの種類が少なく、基幹的な防除手法が化学的防除にならざるを得ないことが背景にある。そして個人的には、先述の「感受性検定の結果から効果の高い剤を明らかにし、それをローテーションで使用する」という現在のいくつかの成功事例は、あまり IPM の成功事例にはカウントしたくない。この手法は合理的ではあるものの、IPM を IPM たらしめる「複数の防除

手段の合理的な組み合わせ」が想定されておらず、言ってしまうと、現状で採用しうる最も効果的な「化学的防除の一手法」を示しているに過ぎない。さらに先述のとおり、そこには同時に「新剤、卓効剤の消費」という負の悪循環につながるリスクが内包されている。薬剤感受性の回復にかかる期間の推定方法や、土着天敵の利活用の「実用化」などについて、引き続き試験研究サイドからの新展開を待ちたい。

一方で、複数の防除法を合理的に組み合わせ、発生予察に則った防除を行うという古典的な IPM の事例が、近年、千葉県においていくつかまとめられている。ニホンナシのハダニ類対策として、多目的防災網（物理的防除）、株元草生（耕種的防除）、広スペクトラム殺虫剤の使用時期の制限（化学的防除）の統合により、土着天敵カブリダニ類（生物的防除）の発生・定着を促す効果的な IPM 防除体系の普及が進みつつある（千葉県, 2020; 農研機構果樹茶業研究部門, 2021）。ビワを加害するチャバネアオカメムシについては、スギ花粉とトラップ誘殺数から翌年の越冬世代成虫の発生数を予測する発生予察技術を活用し、それに応じた防除技術の選択（化学的防除が困難な状況下での物理的防除実施の判断）を実施している（清水, 2021 ほか）。水稻を加害するスクミリンゴガイに対しては、圃場の均平化による浅水管理（耕種的防除）と冬期耕耘（物理的防除）を合理的に組み合わせた IPM 防除技術（清水, 2022; 清水ら, 2022）が、水稻の収量及び収益性の向上にも貢献することが確認され（太田ら, 2022）、これらの技術の組合せによるスクミリンゴガイ対策の普及が進んでいる。いずれにおいても、農薬の過剰使用が誘導多発生を誘発していた状況に IPM を意識した複数の取り組みを導入することにより問題が鎮静化し（ナシ・ハダニ）、事前の防除要否の判定によって無駄な防除作業のための労力削減が可能となり（ビワ・チャバネアオカメムシ）、農薬を使用しても解決しなかった大問題の根本的解決法の提示（イネ・スクミリンゴガイ）につながっている。本当の意味での IPM が、種々の問題解決につながった好例であると自負している。

8. おわりに ～いずれにしても、IPM～

本稿では、千葉県の普及指導員に向けた新任研修（薬剤抵抗性対策）において披露している内容を、一部改変してお届けした。研修生からの嬉しい感想を共有して、締めとしたい。

「いずれにしても IPM の考え方は非常に重要なんだと感じました。

農薬の前にまずは環境要因の分析もしてみようと思います。」

引用文献

千葉県 (2020) ニホンナシにおける天敵カブリダニ類を主体としたハダニ類の IPM 防除マニュアル (<https://www.pref.chiba.lg.jp/annou/documents/nihonnashi-ipm.pdf>)

農研機構果樹茶業研究部門 (2021) 新果樹のハダニ防除マニュアルー天敵が主役の防除体系第三版 (https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130513.html)

太田和也ら (2022) 日作関東支部報 37: 32-33.

清水 健 (2021) 日本農薬学会誌 46(2): 100-105.

清水 健 (2022) 千葉農林総研研報 14: 65-70.
清水 健ら (2022) 千葉農林総研研報 14: 59-63.
山本敦司 (2023) 植物防疫 77(11): 594-598.

(2023 年 10 月 31 日 受領)

Embodiment (or Unweaving) of the Insecticide Resistance Management ~IPM after
all~

Ken Shimizu^{1,2}

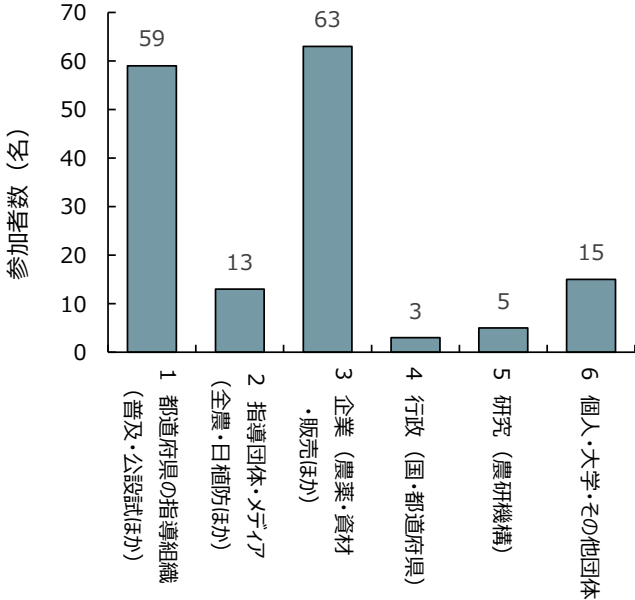
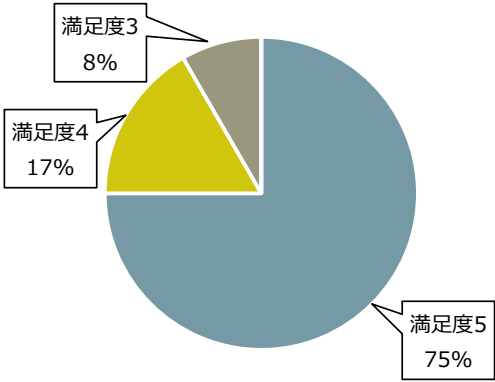
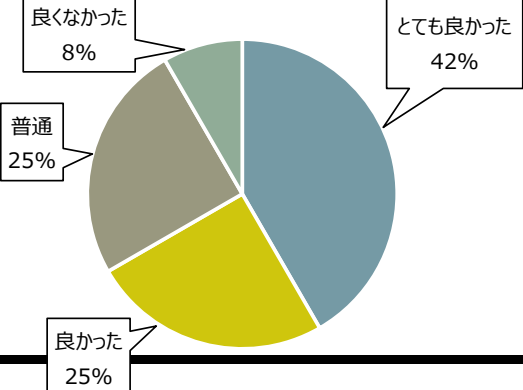
¹ Task Force for Insecticide Resistance Management under AFIPM Soc. Japan.

² Chiba Pref. Agri, Forestry and Fisheries Dep.

(Received: 31 Oct. 2023)

第3回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム 事後アンケート（速報）

- 開催日時：2023年12月22日（金曜） 10:00～17:00
- 会場：対面（会場・東京）とオンライン（Zoom）のハイブリッド開催

【参加者の概要】 合計158名 うち対面参加 73名 オンライン 85名 農林害虫研究会および 東京農大研究会会員 89名 非会員 69名	 ● 指導組織および団体と農業関連の企業が主に参加 ● 前年よりも対面参加者数が増加
【事後アンケート】 回答数12件 問1 （全体の満足度） 今回のシンポジウムにはどのくらい満足されましたか	 ● 前回よりも回答数が減少。満足度4～5 が92%
問14 （総合討論） 総合討論（殺虫剤抵抗性管理の現場への普及について）はいかがでしたか	

	● 良かった～とても良かった が67%
問15 （総合討論への意見） 総合討論の内容に関するご意見やご感想をお願いします	【感受性検定の課題と技術の継承】 ● 感受性検定の手法については、国内で、ある程度方法を統一していただいたほうが、他県との比較ができて良いと思いました。ただ、私の場合、検定用植物の準備が整っていないときに虫の発生が多かったりするので、手持ちの別の作物で行ってしまうことがあります。また、日頃あまり扱わない害虫種だと、その虫種ごとのコツをつかむのに時間がかかります。難しいです。「この虫ならこの県に聞くといいよリスト」なんかがあったら便利かもしれません。スピード性に関しては、本当に使用したほうが良い時期は、現地でかき集めれば何とかできるレベルの量より、はるかに少ない時期のように思うので、よっぽど必要性にかられない限りは、しなくても何とかできるのではないかと思います。 ● 現場で使用できる簡便・迅速な薬剤検定について、今回のシンポジウム中に“正しい”という言葉が5－6回登場しました。薬剤検定に関しましては、スピード（迅速）はとても重要ですが、“正しい”手法＝現場圃場での効果と簡便・迅速な薬剤検定結果が等しく（あるいは近似）なるような手法であることが大前提になりますので、剤ごとの特性を踏まえ、どの様になるか楽しみにしております。 ● 会場から、「検定は農薬メーカーの責任で」とのお話がありました。「メーカーに負わせる課題ではない」と思う一方で、「解決方法の一つか」と感じています。また、三重県の田中さんがご紹介された東海4県での連携協定のお話も興味深いものがありました。 ● 会場で疑問に思ったのですが、「検定の標準化が必要」「現場でできる検定方法が必要」これは本当でしょうか？少なくとも“コナガ”では、抵抗性プロジェクトの中で標準的な検定プロトコルが示されました。これは日本農薬社の協力で藤岡さんが普段の検定について示していただいたと認識しています。真の課題は、「手法は確立しているものが多数あるにもかかわらず、作業プロトコルが伝承できない」ではないでしょうか？ ● これまで手法の伝承は“マニュアル化”による解決を目指すことが多かったと思います。しかし、人手不足の中、マニュアルを片手に慣れない検定に取り組むこと自体が難しくなっているように思います。害虫の試験研究は“飼育”や“検定”において、マニュアルに記載できない職人芸的な要素があると思います。この部分を経験豊富な補助スタッフ（パートさんやボスドクなど）が支えてきた研究室は多いのではないのでしょうか？しかし、継続的に検定を行うわけではないので、このような雇用を維持することは公的機関では難しいのが現状です。ちなみに長野県の試験研究機関では、公平性との理由で同じパート職員を5年以上雇用することも認められなくなってしまいました。かつては異動したばかりで頼りない研究員をプロパーのパート職員が導くことも珍しくなかったのですが、このような図式は崩壊しつつあります。検定の必要が出た場合にそれを行うかどうかは、その時の職員の能力と熱意に大きく左右されてしまいます。この課題について、①「メーカーが協力して“感受性低下”、“抵抗性発達”に関する情報を監視する。②研究機関の連携によって〇〇の検定といえば△△に相談する。といった体制整備の検討は有意義だと感じました。抵抗性管理は剤の寿命を延ばしライフサイクルコストを下げることでメーカーにとってメリットのある取り組みだと信じてますが、見かけ上の利益に反するという理由で情報が出せない懸念は残るかもしれません。しかし、かつて回転式散布塔の製造中止で混乱したように、“手法は確立しているのに検定ができな

	い”という問題を常に抱えているように感じています。（問16から移動） 【組織間の連携・リスクコミュニケーション】 ● 直接的な内容ではありませんが、「難解な問題」を柔らかく、ざっくばらんに話し合える土台がどんどんできてきているのだと感じました。おそらくは難しく話を進めても「難しいね」で終わってその先に進めないのだと思うのですが、こういう「仲間（清水さんの発表でもあったパーティーのようなもの）」がそれぞれの視野・意見をミックスできる場がどんどん育ってきていることで難解なものを柔らかく溶解してどんどん解決していけるのではないかと感じました。これは3回（たった3回？）のシンポジウムの積み重ねが確かであった証左であると考え、運営サイドの優秀さを裏付けているものと感じました。 ● 全農にも登壇してほしかった。 【その他】 ● 大きなシンポジウムでの討論は、集約が難し良いですね。
問16（殺虫剤抵抗性管理の普及に対する提案） 殺虫剤抵抗性管理を現場に普及させるためには、何が必要でしょうか？あなたのお考えを教えてください	【まずは実践、実証による展示】 ● 難しいです。「ただのローテーション」の「つぎの一手」をどのように伝えるか、どうするか、どうすれば取り組みやすいのか。 ● 作目と害虫の組み合わせごとに都道府県で実証を行い提案していくしかないと思います。 ● 農家の成功体験。 ● 農協、普及員、農薬メーカーも、まずは現場を観察すること。 【経営的な評価による指導、意識づくり】 ● 農家にやってもらわないと意味をなさないで、発病度の他にも、何をやれば10aあたりいくら儲かるのか、失うのかを説明することが重要。 ● 生産者レベルでの意識の醸成であると感じます。「薬の効きが悪いようだ、調べて教えてくれ（あんたがたの言った通りにするから責任とれよ）」という生産意識ではいつまでもイタチごっこが繰り返されます。生産者が「そういう難しいことは先生たちが解決する」と考えている間はこの問題は解決しないどころか先に進むこともないでしょう。「抵抗性管理は生産者自らが経営の一環として実施するものである」という意識を持った経営体の育成が必須であると感じます。 【実践しやすい仕組みづくり】 ● IPMガイドライン、GAP ● 講演3の熊本県のJAたまな様のIRMも考慮されたRACコード記載式防除暦を全国展開されてはいかがでしょうか。これはMAFFの方針（講演1）にも副い、防除暦はわが国では100年以上継続され、毎年更新される既存ツールでもあることからスピーディーな普及につながると考えます。
問17、18、19（シンポジウムへの意見、提案） 今回のシンポジウムの運営について、良かった点、	【運営について】 ● 事前アンケートで質問を募集することにより、スムーズな進行になっていたと感じた。 ● 質問する時間を増やした方が良いと思う。 ● オープニング、本山先生の話から清水様の講演まですべて面白かったです。運営はとても大変でしょうが、引き続き質の高いシンポジウムをよろしくお願いいたします。 ● よかったです。 ● オンラインで参加しやすくなった。対面とオンライン併用で続けてほしい。

悪かった点、改善点などご意見をお願いします 農林害虫防除研究会では来年以降も当シンポジウムを開催する予定です。次回のシンポジウム開催に当たって、希望する講演・テーマや、開催方法などに対するご意見をお願いします シンポジウムに参加しての感想や、その他のご意見があればご記入ください	● オンラインで全体的に音がやや小さかった。 ● 運営側になんら瑕疵はありませんが、オンライン参加の方々が圧倒的に多かったことが残念でした。対面であればもっと質疑応答が盛り上がったり、場の空気を共有できてさらなる解と会の発展につながったのではないかと思います。開催時期や会場に手を加えれば対面の方々も増えるでしょうか・・・。 【希望するテーマ】 ● 施設野菜におけるIPM。 ● 各品目の1位の都道府県から現場の課題や全農が病害虫に対して何を考えているのか聞きたい。 ● 種苗業者での防除、育苗地域の抵抗性と（購入し、苗が移動した先の）本圃での抵抗性。 ● （検定のときとか、現地での取り組みとかの）失敗事例集。 ● 抵抗性管理の理論を実際に連年処理した結果、どのように薬剤感受性が変化したか・・・といった実例があれば聞きたいです。 ● 周辺圃場との関係性。 ● 業界で一枚岩で対応すべき問題と考えます。今回JFRACからの発表がございましたので、生産者（農家）第一考えたうえで、JIRACからもご講演させていただければ幸いです。内容につきましては十分な前打ち合わせも可能ですので、是非ご検討ください。島@FMC 【感想、意見】 ● 検定の目的は少し多様になってきていると思います。本山先生が取り組まれたように、かつては「期待した薬剤の効果が得られるかどうか」を検定の目的としました。この場合には「野外採取個体群を即時即応的に診断すること」が求められます。一方でジアミド抵抗性のように特定の遺伝的変異が抵抗性に関与しているケースでは、対象となる個体群のサイズと時期について意識してサンプリングする必要があります。また、個体群の遺伝的変異の割合を意識するため、薬剤が利かない地域の個体をすぐに検定したのではサンプリング毎の“揺らぎ”が大きすぎ、見たい現象を追うことができません。同地区の複数箇所から少し時期をずらし、サンプリング1～2世代ほど回してからの方が、直前の防除に影響されないで地域個体群の遺伝子変異を観測できるように感じています。 ● 播本さんの発表ではゾーベックでのブロック散布の適用は“抵抗性が現時点で発達していないことを前提”とおっしゃっていました。コナガの取り組みで農研機構の山中さん、須藤さんと取り組んだのはまさにこの点です。これに向け後発ジアミド剤のシアントラニリプロールに関連する遺伝的変異を“蔓延する前に検出する技術”（山本さんは一時期、“プロアクティブ”と表現され、その後、取りやめられましたが・・・）について、宇都宮大の園田先生や農研機構の上樂さんのお力で実現されました。その後のグレーシア、プロフレアの登場でコナガ自体が一旦は落ち着いており、シアントラニリプロール抵抗性の事前検出技術も日の目を見ることがなかったように思いますが、効果の高いこれらの剤も残効が長く選抜淘汰が効率よく進む可能性が高いと思われます。抵抗性管理について引き続き検討していくことは重要だと考えております。 ● おそらく現場レベルではまだ「似非抵抗性管理」が見受けられるのだと思います（漠然とした対象害虫に対し、ただ散布暦上、連続した薬剤系統にならないようにする口
--	--

	ーテーション等）。確かな知識を得るために大変有意義な会と感じますので、今後ともよろしくお願いいたします。 ● 非常に有意義な時間でした。また興味ある内容があれば、是非参加したいです。 ● いつも大変勉強になります。ありがとうございました。
【講演 実行委員会】 シンポジウムテーマの視点と殺虫剤抵抗性対策タスクフォースの活動概要 とても良かった 5 良かった 5 普通 1	● 薬剤感受性のデータベースを作成いただいているとのこと、大変感謝いたします。「薬剤感受性はどうですか」「何が良く効きますか」と普及員の方からもよく聞かれます。その資料がどのように使用されても良いように、できるだけ研究報告を見て回答しようとすると、時間がかかり、伝えるのが遅くなっていましたので、助かります。 ● 薬剤感受性検定のデータベースが使いやすそうであり、期待したい。 ● 目的を明確にし、それに向かう一連の流れがわかりやすかったです。特に、これまで開催したシンポジウムを振り返り、そこに上乘せして活動を重ねていく動きがとても合理的で素晴らしいと感じました（年度毎に行事として開催しているわけではなく、目的を達するためにデータを積み重ね続けている）。また、殺虫剤感受性検定関連データベースの構築に期待します。 ● 本山先生の話を経久々に聞いて、現場の原点。ただ、論文にならないどころか、記録にも残らない現状。 ● 今後、温暖化により新たな病害虫の発生が懸念されるため、海外の病害虫にもスポットを当てた方が良いと思う。 ● 今回のシンポジウム中に“正しい”という言葉が5－6回登場しました。感受性モニタリングに関しては、スピードはとても重要ですが、“正しい”手法＝現場での効果と室内での感受性モニタリング試験結果が等しく（あるいは近似）なるような手法であることが大前提になります。
【講演1 岡田様、松井様】 みどりの食料システム戦略と改正植物防疫法の中での薬剤感受性検定 とても良かった 5 良かった 3 普通 4	● 経済の文言が入った事を知れて良かった。 ● 総合防除が環境のためだけでなく、農家の経済性にも資することを強調していくことが大事だと感じた。 ● みどりの食料システム戦略を既に試験的に導入している各産地の病害虫の発生状況や問題を知りたい。 ● みどりの食料システム戦略という大きな枠において薬剤感受性検定（抵抗性対策）の位置づけを全国的な直近の状況（フェーズ等）とともにご紹介いただけたことはとても参考になりました。 ● いつも同じ内容ではなく、定量的な統計データを出していただきありがとうございます。特にご発表いただいたスライド31について、今回のシンポジウム中に“正しい”という言葉が5－6回登場しました。薬剤検定に関しましては、スピード（迅速）はとても重要ですが、“正しい”手法＝現場圃場での効果と簡便・迅速な薬剤検定結果が等しく（あるいは近似）なるような手法であることが大前提になります。農家に正しい情報を提供することが重要ですので、剤ごとの特性を踏まえ上記の前提がどのように検証されているか、今回の交付金事業の結果には期待し、注目させて頂きたいと思います。 島@FMC
【講演2 藤沢様】 岩手県におけるリンゴのハ	● アカリタッチの使用が参考になった。 ● 新規剤の上市など、イレギュラーなことが起こっても、隔年ローテーションが長年守られていたことが、印象的でした。また、私の県では、果樹の防除暦は、特に基幹薬剤

ダニ類に対する隔年ローテーションを基軸とした 殺ダニ剤抵抗性管理 とても良かった 7 良かった 4 普通 1	があるわけでもなく、ある時期に散布する薬剤が1種類しか記載されていません。ここぞというときの使用時期は記載し、他を補完薬剤として複数種の薬剤を記載すると、ある程度自分の裁量で使用できるので、強制されているようにも感じず、良いなと思いました。参考になりました。 ● リンゴとハダニという古くから続く宿命の対決の歴史は学ぶところが多いと思います。可能な限り最善を尽くされており、多くのデータが蓄積されていて参考になりました。 ● 野菜や花の種子、球根消毒に寄生する病虫害防除においても応用できる可能性を感じた。ものによっては薬剤の隔年ローテのみならず、温湯浸漬や高温暴露などの物理的防除と薬剤を隔年で回していくもの良いのではないかと感じた。 ● 隔年ローテーションについて、その経緯と歴史の勉強になりました。ダニでの対応は本当に難しい、ご苦労も多かったことが理解できました。ありがとうございました。せめて品質の出荷基準が少しでも変わると楽になるのでしょうか、海外に比べ日本の市場（流通）基準が厳しいので。海外の様に質より量とはいかないですすからね。島@FMC
【講演3 樋口様】 熊本県での殺虫剤抵抗性対策につながるタバコナジラミ防除の取組み とても良かった 9 良かった 2 普通 1	● トマトの1番の産地から、貴重な意見を聞いたので、凄い有意義だった。 ● ラジオパーソナリティをお願いした周知など、普及場面のアイデア、生のお話がとても参考になりました。 ● サンクリスタルとアニキの混用を考えた事が無かったので参考になった。 ● 今年はタバコナジラミの発生が多く、ウイルス病が多発している地域があったため、大変参考になりました。冬と夏（増えにくい時期と増やさない時期）をどのように対策するかが重要なポイントのように思いました。 ● 大変参考になりました。 ● 殺虫剤抵抗性対策理論の実践例として優れた結果を出されており、わかりやすく取りまとめられており参考になりました。 ● 複数の技術を適材適所で活用しており、素晴らしい事例だと感じた。農家も含めた地域全体話し合い、農家が納得する形で普及を進めているのがわかった。 ● ご講演ありがとうございました。熊本県はIRMの最先端を行かれていると思います。特に、“総合的な防除対策”の“④つながない”＝地域の対策は、指導者が理解していても、実施に踏み切れない県や指定産地が多いです。今後、熊本モデルが他県の良い前例になることを期待しております。JAたまなさんはトマト以外にも複数の作物で同じ様なRACコードを入れた防除暦を作られているとおもいますので、ほかの作物についても発表の機会があれば、是非お願いいたします。
【講演4 播本様】 農業用殺菌剤の連続散布と耐性菌マネジメント とても良かった 7 良かった 2 普通 2	● 薬剤暴露期間を短縮する（短期集中散布、上塗り効果）の有効性について考えさせられる内容でした。 ● 私らは薬剤抵抗性対策について計算する際は「対象薬剤による幾何平均殺虫確率を一定に保ったまま、いかにして薬剤抵抗性の発達を抑止するか」という問題について考えています。対象薬剤の効果が低いような施用を行った場合には、抵抗性が発達しにくくなるのは、計算するまでもなく当然のことだからです。図2の二つの実験においては、「ゾーベックによる幾何平均殺菌確率」は同じに保たれていたのでしょうか？ ● 会場、日農、藤岡さんから発言があったとおり、抵抗性プロ、コナガで、山中さんや須藤さんと取り組んだ理論と同じアプローチで、すでに殺菌剤での取り組みがあることに、大変感銘を受けました。

	● 海外と日本については、降水量や湿度、また輪作状況が大きく異なるため、それを踏まえた中で意見を聞きたかった。 ● ゾーベック連続3回散布の考え方を農家にどう伝えようか、と思った ● 当日同時刻に別件本社会議プレゼンと重なり、聴講することができませんでした。申し訳ございません。次回あった際には、直接お話しをお聞きできれば幸いです。その際はよろしく願いいたします。島@FMC
【講演5 清水様】 薬剤抵抗性管理の実践 へ向けたIPMを考慮した 発想転換 とても良かった 11 普通 1	● 農家目線になって考えることが出来た。気づきがあった。 ● 抵抗性問題とは何かの根本を考え直すきっかけをありがとうございました。 ● 実際の普及現場では実践している事だが、案外と理解されてない。総合防除とは何かを新人より革新専門員に聞かせたい。logPowの各農薬の値をどうやって調べれば良いのか、と思った。 ● 会場を沸かせるほど、面白かった。説明の仕方が参考になった。 ● 開始5分で引き込まれました。「生産者の方」と「試験場にいる私」の見解が異なる点について、確かに、その説明はしたことがありませんでした。今年、生産者から、「タバコナジラミが薬で全然死なない」と言われ、薬剤検定しました。確かに、殺虫効果が低い薬剤はあったのですが、「全然」ではありませんでした。私からすれば、（効かないという声あまりなかった）ミナキイロアザミウマのほうが殺虫効果が高い薬剤が確実に少ないです。おそらく、虫体が「見えるか」「見えないか」の違いと思うのですが、これも、「本当の『抵抗性』の問題ではない」ということか…と思いながら、拝聴していました。また、「○○類」という適用に関して、複数種が混在する場合、とくに微小害虫だと生産者のほうで見分ける方法がうまく思いつかず、悶々としています。ギョウチュウ検査のように貼り付けたら虫種ごとに色が変わる、とかしてわかればよいのですが… ● 日頃感じていた違和感を体系的に整理していただき、参考になりました。卓効剤の使い潰しを助長しないために、自身は「効かない剤は教えるが、効く剤はあえてアナウンスしない」スタンスで取り組んでいましたが、自身が何に違和感を感じていたのか、少しスッキリした気がします。 ● 「総合」防除のためには、各経営体ごとに被害許容水準を設定する必要があるが、その「許容」の判断基準になっているのは生産者の「気持ち」の部分であり、合理性・論理性を欠く場合がある…ということは現場では周知の事実であるが、その科学的に数値化することが難しい「気持ち（おのこの価値観）」の部分（話題から避けられがちな部分）に正面から切り込んだ攻めの姿勢がうかがえる発表と感じました。 ● 効く農薬はどれかということに農家の関心が高いことは普及を担当していた時に感じていたことであり、自分自身も薬剤感受性検定の結果に多少なり大きな信頼を置いていたところがあったが、それでは効果の高い農薬だけに頼り切った防除になりかねず、発生要因の分析や総合防除の重要性を改めて感じる機会となった。 ● 弊社剤を例に解かりやすく、特に“農薬に期待して良い効果”で現場との薬剤効果の理解度や反応のGAP、など研究とは異なる客観的な視点でのプレゼンで大変解かりやすく、素晴らしかったです。千葉県にとどまらず、是非、全国の農家にも購読雑誌などで広めていただければ最高ですね。島@FMC

第3回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム実行委員

実行委員	山本 敦司（日本曹達株式会社）
	土井 誠（静岡県 農林技術研究所）
	井口 雅裕（和歌山県 果樹試験場かき・もも研究所）
	野田 隆志（日本植物防疫協会）
	山我 岳史（JA全農）
	刑部 正博（京都市）
	清水 健（千葉県 農林水産部）
	田中 千晴（三重県 農業研究所）
	薮田 五郎（東京農業大学総合研究所 研究会農薬部会）
	服部 宏美（東京農業大学総合研究所 研究会農薬部会）

第3回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム講演要旨 公開版発行日 令和7年（2025年）5月8日

事務局：第3回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム

農林害虫防除研究会 事務局
（一社）日本植物防疫協会
〒114-0015 東京都北区中里2-28-10

東京農業大学総合研究所 研究会農薬部会 事務局
〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1