

# 植物防疫

Plant Protection

10  
2018  
VOL.72



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



# 農業、 それは最も 大切なしごと。

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

 **BASF**  
We create chemistry

# 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

三井薬庄 **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

三井薬庄 **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**®

**ヒカット**® 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

**クロピクテプ**

**ドクロール**

## 除草剤

**アールタイプ**® 1キロ粒剤・ジャンボ  
フロアブル

**クサトリ-BSX**® 1キロ粒剤75/51  
ジャンボH/L・フロアブルH/L

**クサバルカン**® 1キロ粒剤・ジャンボ  
フロアブル

**サンバード**® 粒剤

**アトカラ**® 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

**キクンジャヘ-Z**® 1キロ粒剤・ジャンボ  
フロアブル

**オシオキ**® MX 1キロ粒剤

**ワイドアタック**™ SC

**セカンドショット**® SジャンボMX

**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

**イネキング**® 1キロ粒剤・ジャンボ  
フロアブル

**フォローアップ**® 1キロ粒剤

**草枯らし** MIC®

●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 <http://www.mitsui-agro.com/>





植物油脂パワー！  
**サンクリスタル乳剤**



チョウ目害虫退治の生物農薬！  
**サンケイ  
サプリナフロアブル**



植物保護薬！  
**サンケイ  
ジーファイン水和剤**



硫黄の力でうどんこ病防除！  
**サンケイ  
クムラス**



安定した銅の効果！  
**サンボルドー**



キュウリ・カボチャのうどんこ病に！  
**ハツパ乳剤**



硫黄と銅の強力タッグ！  
**園芸ボルドー**



**サンケイ化学株式会社**

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



**カウンシル®**  
コンプリート



ノビエ、難防除多年生雑草を  
「一発処理」で枯らす除草力。  
鉄コーティング直播栽培にも適応。  
多角化・大規模化に貢献できる  
次世代の水稲用除草剤です。

除草力の  
**カウンシル®**  
高葉齢ノビエも、難防除も！



●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。●®はバイエルグループの登録商標

バイエル クロップサイエンス株式会社

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

お客様相談室 ☎0120-575-078

9:00~12:00、13:00~17:00  
土・日・祝日を除く



## 目 次

### 巻 頭 言

|                           |       |   |
|---------------------------|-------|---|
| 経済的被害許容水準 (EIL) に思う ..... | 宮井 俊一 | 1 |
|---------------------------|-------|---|

### 総 説

|                                        |      |   |
|----------------------------------------|------|---|
| リンゴ園における土着カブリダニ類の保護利用によるナミハダニの防除 ..... | 舟山 健 | 2 |
|----------------------------------------|------|---|

### 研究報告

|                                                                            |                |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------|----|
| 小型無人航空機 (ドローン) の空撮によるチャ炭疽病の被害推定 .....                                      | 小澤朗人・内山 徹・大石哲也 | 9  |
| UV-B 照射によるパセリうどんこ病の防除効果 .....                                              | 西村文宏・森 充隆・佐藤 衛 | 16 |
| イネ縞葉枯病抵抗性品種 '彩のかがやき', '彩のきずな' の縞葉枯病防除効果および<br>ヒメトビウンカの発生活長と RSV 保毒虫率 ..... | 酒井和彦・植竹恒夫      | 21 |
| 土着天敵に影響のない殺虫剤の選択によるミカンハダニの密度管理 .....                                       | 増井 伸一          | 27 |

### 調査報告

|                                                            |                 |    |
|------------------------------------------------------------|-----------------|----|
| アルファルファタコゾウムシの導入天敵ヨーロッパトビチビアメバチの<br>我が国における分布 (2017) ..... | 高木正見・中平賢吾・岩瀬俊一郎 | 32 |
|------------------------------------------------------------|-----------------|----|

### トピックス

|                                  |        |    |
|----------------------------------|--------|----|
| 鹿児島県本土に侵入したアシビロヘリカメムシの発生状況 ..... | 松比良 邦彦 | 38 |
|----------------------------------|--------|----|

### 植物防疫講座

|                                        |       |    |
|----------------------------------------|-------|----|
| 病害編 イネ墨黒穂病の発生生態と防除 .....               | 石川 浩司 | 42 |
| 虫害編 イネヒメハモグリバエの発生生態と防除 .....           | 新山 徳光 | 48 |
| 農薬編 ミトコンドリア電子伝達系複合体 I 阻害剤 (METI) ..... | 稲田 誠  | 53 |

### 新農薬の紹介

|                       |       |    |
|-----------------------|-------|----|
| 新規殺菌剤ピラジフルミドの特性 ..... | 伯野 史明 | 60 |
|-----------------------|-------|----|

### 研究室紹介

|                                       |       |    |
|---------------------------------------|-------|----|
| 農研機構 中央農業研究センター 虫・鳥獣害研究領域 線虫害 G ..... | 岡田 浩明 | 64 |
| 大阪府立環境農林水産総合研究所 食と農の研究部 防除 G .....    | 柴尾 学  | 65 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 農林水産省プレスリリース (30.8.16~9.11) ..... | 41 |
| 新しく登録された農薬 (30.8.1~8.31) .....    | 15 |
| 登録が失効した農薬 (30.8.1~8.31) .....     | 7  |
| 発生予察情報・特殊報 (30.8.1~8.31) .....    | 47 |

#### 【表紙写真】

上左：アシビロヘリカメムシ成虫 (松比良邦彦氏原図)  
上右：アルファルファタコゾウムシ幼虫  
右上：イネ墨黒穂病罹病病穂  
右下：パセリうどんこ病罹病葉  
左下：栃木県那須塩原市の収穫を待つ水田



私たちの多彩さが、  
この国の農業を笑顔にします。



殺虫剤

**ロビコフッド® ティアナ® プレオ® スミチオン® ダントツ®  
パダン® アディオン® エスマルグ® ゴツツA®**

殺菌剤

**スクレア® ピクシオ® ベネセット® ベンレート® フラシン®  
スミレックス® リンバー® バリダシン® スターナ®**

殺虫殺菌剤

**新規剤 スタウトパダン® 新規剤 箱大臣® 箱王子®  
スタウトパディー® 箱いり娘® スタウトダントツ®**

水稻用除草剤

**ゼータタイガー® ゼータハンマー® メガゼータ® 忍®  
ゼータファイヤ® ブルゼータ® ズエモン® カットダウン® オサキニ®**

植物成長調整剤

**ジベレリン協和® ロミカ®**

®は登録商標です。

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●小児の手の届く所には置かないでください。●空袋・空容器は圃場等に放置せず適切に処理してください。

〒104-8260 東京都中央区新川1丁目27番1号 お客様相談室



0570-058-669

農業支援サイト **農力** <https://www.i-nouryoku.com>



大地のめぐみ、まっすぐ人へ  
SCG GROUP



**住友化学**

## 巻頭言

# 経済的被害許容水準 (EIL) に思う

一般社団法人 日本植物防疫協会 技術顧問 みや い しゅん いち  
宮 井 俊 一



農作物に経済的被害をもたらす最低の害虫密度（あるいは個体数）として定義される経済的被害許容水準（economic injury level, EIL）の概念が提唱されてから今年ではほぼ60年が経っている。EILは、病虫害・雑草の教科書や講義等で総合的病虫害・雑草管理（IPM）を説明する際に必ず出てくる概念であり、病虫害・雑草の防除にかかわる技術者・研究者ならば誰もが知っている専門用語であろう。農林水産省が平成17年9月に公表した「IPM実践指針」では、EILという言葉は用いられてはいないが、同じような意味で病虫害・雑草の発生の「経済的な被害が生じるレベル」という表現が使われている。

もう40年も前になるが、私は高知県農林技術研究所に採用され、3年間指定試験室に勤務し、水稻害虫のツマグロヨコバイの生態に関する研究を担当した。そのときに、勤めてすぐではあったが、県の農業大学校での害虫防除の講義を受け持たされた。勤める前の大学院では、害虫の研究ではなく、生物の大きさと形に関する計量形態学を専攻していたため、害虫防除についてはあまり詳しくなく、果たしてどのような講義をしたらよいのか困ってしまった。当時の研究室長であった桐谷圭治さんに相談したら、総合防除とは何かについて話をすればよいのではないかということになり、『総合防除』（深谷・桐谷編、1973）に書かれているような内容で講義を行った。にわか勉強による講義であったので学生達がどの程度理解してくれたかはなほだ心配ではあったが、とにかく害虫を見つければ即防除ということではなく、経済的被害が予測されるときに初めて防除を行う、また被害が問題にならないときには必ずしも害虫を根絶する必要はないことなどを強調したように思う。

その当時はEILについて説明しながら二つほど疑問に思ったことがあった。一つは、被害水準なのにどうして作物の被害ではなく害虫の密度に関する水準を意味しているのかという疑問である。後で理解できたことであるが、これは“injury”を被害と誤訳したことによるものであろう。“injury”は加害と訳される用語であり、摂食や産卵等の害虫の活動が作物の生理に及ぼす影響を意味する。それに対して被害は“damage”であり、収量の減少、品質の低下等、加害によってもたらされる作物の有用性の損失を意味する。害虫の発生は必ずしも被害を引き起こすわけではなく、加害がおこらないとか、その程度が小さいときには作物は被害を受けないこともある。したがって、EILは経済的加害許容水準とでも訳すのが

正確であったと思うが、定着している用語でもあり今更修正はできないであろう。また、害虫の加害量そのものを圃場で測定することは難しい場合が多く、普通は害虫の密度を加害の尺度として用いるので、EILは害虫密度で表されているわけである。『総合防除』ではEILを用いずに被害許容密度（tolerable pest density）という用語を提案して用いている理由の一つもこのような混乱を避けるためであったと思われる。

もう一つの疑問は、害虫防除の技術者・研究者にとって難しいことであるとは思ったが、EILについて厳密に経済的観点からの取り組みは具体的にどのように行えばよいのかということであった。『総合防除』ではこの問題を回避しており、そのためにEILの代わりに「経済的」を付けない被害許容密度という前述の用語が提案されたわけである。大まかに言えば、EILを決めるために必要な主要因は、作物の価格、防除経費、害虫による加害の程度、加害による作物被害の四つであると考えられている。前二者は経済的要因であり、後二者は生物的要因ということになる。『総合防除』の出版後、城所・桐谷（本誌第36巻第1、2号、1982）、足立・中筋（本誌第39巻第7号、1985）によるEILの定義や理論的解析に関する総説や『総合的害虫管理学』（中筋、1997）でのEILの解説が詳しくなされているが、いずれも生物的要因を中心にしたものであり、経済的要因に関する記述は少ない。経済的要因のうち、防除経費は比較的安定であり、変動が小さいので、EILを設定するために推定することはそれほど難しくはないと思われる。それに対して、作物の価格は変動が大きく、予測することも非常に難しく、害虫防除の技術者・研究者には手に余る問題となっている。このために我が国ではEILに対する経済的観点からの取り組みはほとんどなされていないのが現状である。今後、農業経済学分野の技術者・研究者と共同してこの問題の解決に当たることを期待したい。

このようにEILに関しては現在でも経済的要因だけではなく生物的要因にも未解決な問題が残されている。それでも実際の防除の現場では、厳密ではなく、主観的ではないかと思われる点もあるが、いろいろな作物と害虫の組合せに対して多くは経験に基づいたEILやそれを考慮した要防除密度が設定され、防除実施の目安として大いに役立っている。その設定をより合理的で客観的なものとしていくことがこれからも重要ではないかと改めて感じている。

（「植物防疫」編集委員）





# リンゴ園における土着カブリダニ類の保護利用によるナミハダニの防除

秋田県果樹試験場 <sup>ふな</sup> 舟 <sup>やま</sup> 山 <sup>けん</sup> 健

## はじめに

ナミハダニは雌成虫でも体長は 0.6 mm 程度の微小害虫で、寄主範囲が非常に広く、多くの農作物の重要害虫としてよく知られている。リンゴにおいて、本種は主に葉の裏面に寄生して吸汁し、被害を受けた葉は褐変して光合成の機能が低下するため、リンゴ果実の肥大や着色、翌年の花芽形成等に悪影響を及ぼす。現在、多くのリンゴ園では 1 年間に 2~3 回殺ダニ剤を散布して本種を防除している。しかし、本種はこれまで多くの殺ダニ剤に抵抗性を発達させており（舟山, 2018）、現在は高い防除効果を期待できる殺ダニ剤が少なく、リンゴ生産者は防除対策に苦慮していることから、殺ダニ剤散布一辺倒を改めた新しい防除技術の確立が急務となっている。

この点において、カブリダニ類は以前から重要なハダニ類の天敵類として注目され、リンゴでもハダニ防除への利活用が試みられてきた。土着カブリダニ類は多くの殺虫剤に対して感受性が高く（真梶・足立, 1978）、農薬散布との併用が難しいという欠点があったことから、青森県りんご試験場（現：地方独立行政法人青森県産業技術センターりんご研究所）は、1986~87 年にニュージーランドから殺虫剤抵抗性のオキシデンタリスカブリダニとファラシスカブリダニを導入し、1986 年に両種を場内のリンゴ園に放飼した（望月ら, 2004）。また、秋田県果樹試験場（以下、秋田果樹試）では 1988 年と 89 年（望月ら, 2003）に、長野県果樹試験場では 1990 年と 91 年（望月ら, 2005）に、同試験場から分譲されたオキシデンタリスカブリダニを場内のリンゴ園に放飼した。しかし、望月ら（2003；2004；2005）は 2002~04 年に、これらの放飼を実施したリンゴ園でカブリダニ類を採集して構成種を調査したが、導入した種は確認されなかった。また、秋田果樹試では、製剤化されたミヤコカブリダニを場内のリンゴ園に放飼し、ナミハダニ

の発生抑制効果を確認したが、高いコストと労力を要するため、普及性に課題が残った（本郷・舟山, 2005）。

その後、秋田県では 2000 年代になると、合成ピレスロイド系薬剤（以下、合ピレ剤）などの殺虫スペクトルの広い殺虫剤を使用している慣行防除のリンゴ園でも、ケナガカブリダニが観察されるようになった（本郷・舟山, 2004）。そこで、現地リンゴ園から採集した本種個体群の合ピレ剤の常用濃度に対する感受性を調べたところ、同県では広範囲で本剤に対して低感受性の個体群が発生していることが確認された（舟山, 2010）。しかし、本種の発生密度はハダニ類の密度が被害発生レベルに達した後に上昇する（舟山, 2010）ため、慣行防除のリンゴ園における本種の利活用には、このタイムラグを短縮する技術の開発が必要であった。

ところで、慣行防除のリンゴ園でナミハダニが多発生している一方で、殺虫剤無散布のリンゴ園では本種の被害は問題となっていない（舟山, 1999）。殺虫剤無散布のナシ園やリンゴ園ではカブリダニ類、特にフツウカブリダニやミチノクカブリダニが多数観察されている（KISHIMOTO, 2002；TOYOSHIMA, 2003；TOYOSHIMA et al., 2011）。また、複合交信攪乱剤を設置して殺虫剤を削減したリンゴ園ではケナガカブリダニを主体とした土着カブリダニ類によるハダニ類の発生抑制効果が確認されている（岡崎, 2000）。リンゴは永年性作物であり、樹木が長期間に渡り維持管理されるため、土着天敵の生息に好適である。これらの知見は、リンゴ園では土着カブリダニ類を保護すれば、その捕食によってナミハダニの発生を抑制できる可能性を示唆する。

土着天敵の生息環境の管理は、その保護と利活用の根幹をなす技術である（大野, 2009）。本稿では、リンゴ園における新たなナミハダニの生物的防除の試みとして、秋田県で行ってきた土着カブリダニ類の保護を目的とした「殺虫剤散布の影響の低減」と「下草の維持」による栽培管理とそのナミハダニに対する発生抑制効果（FUNAYAMA, 2015；2016；FUNAYAMA et al., 2015；舟山, 2018）について紹介する。なお、本稿に示した研究の一部は、農林水産省委託プロジェクト研究「土着天敵を有効活用した害

Biological Control of the Two-Spotted Spider Mite Using Native Phytoseiid Mites in Apple Orchards. By Ken FUNAYAMA

（キーワード：土着カブリダニ、ナミハダニ、リンゴ、選択性殺虫剤、無除草）

虫防除システムの開発」および農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「土着天敵と天敵製剤〈w 天敵〉を用いた果樹の持続的ハダニ防除技術体系の確立」の助成を受けて実施したものである。

## I 土着カブリダニ類に影響の小さい殺虫剤散布

慣行防除のリンゴ園では、モモシンクイガ、ハマキムシ類、キンモンホソガ等の主要チョウ目害虫の防除を主体に、様々な種類の殺虫剤が散布されている。これら殺虫剤は種類によって殺虫スペクトラムが異なり、有機リン剤や合ピレ剤は殺虫スペクトラムが広い「非選択性殺虫剤」であり、一方、脱皮・変態時に作用する IGR 剤（昆虫成長制御剤）や昆虫病原細菌由来の BT (*Bacillus thuringiensis*) 剤はこれらの殺虫剤に比較して殺虫スペクトラムが狭い「選択性殺虫剤」である。

カブリダニに対する各種殺虫剤の影響について、IOBC toxicity categories (HASSAN, 1994) では天敵に対する各種殺虫剤の死虫率に基づいて、殺虫剤の影響をクラス 1（影響がない、<30%）、クラス 2（軽度の影響がある、30~80%）、クラス 3（中程度の影響がある、80~99%）およびクラス 4（影響がある、>99%）の 4 段階で評価されている。例えば、ケナガカブリダニ雌成虫に対して、ビフェントリンやフェンプロパトリン等の合ピレ剤はクラス 4 の影響が認められるが、フルフェノクスロンやテフルベンズロン等の IGR 剤はクラス 1 で影響が認められない。また、フツウカブリダニに対してもジフルベンズロン、テフルベンズロン、ブプロフェジン等の IGR 剤とフロニカミドは影響が認められない。

非選択性殺虫剤は多くの害虫の同時防除が可能であり（浜, 1996）、合ピレ剤は残効性も高い（成田・大隅, 1985）ことから、リンゴ生産者に重宝されている。しかし、リンゴ園では合ピレ剤の散布によって土着カブリダニ類が減少し、ナミハダニのリサージェンスが起こることが確認されている（FUNAYAMA, 2015）。このため、ナミハダニの防除に苦慮したくなければ、今後は選択性殺虫剤を積極的に使用するなど、現在の殺虫剤散布体系を改める必要があるだろう。

土着カブリダニ類に影響が小さく、リンゴの主要チョウ目害虫（モモシンクイガ、ハマキムシ類、キンモンホソガ）に農薬登録のある殺虫剤を選んで、秋田県におけるこれら害虫の薬剤防除時期に合わせて組み立てた防除体系は、後述 III 章の表-1 の天敵保護管理区がその一例である。アブラムシ類防除剤のフロニカミド以外は IGR 剤である。このうちブプロフェジンはカイガラムシ類（ナシマルカイガラムシ）の防除剤であり、これ以外は

主要チョウ目害虫の防除剤である。なお、本防除体系では年により発生が問題となるカメムシ類やコガネムシ類等の飛来性害虫を防除できない。この問題を解決する方法として、一般にネオニコチノイド剤はカブリダニに比較的影響が少なく（舟山, 1999）、リンゴの主要チョウ目害虫や飛来性害虫に防除効果が高いことから、飛来性害虫の防除が必要な場合には本系統の薬剤に替えることも可能である。ただし、ネオニコチノイド剤はカブリダニ以外の多くの天敵類（寄生蜂類、テントウムシ類、ヒラタアブ類、ハナカメムシ類等）に悪影響があるので、多くの天敵を保護するためにも使用は必要最小限に抑える必要がある。

## II 土着カブリダニ類保護に配慮した下草管理

リンゴ園の下草にも様々な生物が生息している（FUNAYAMA, 2010）ことから、土着天敵の保護利用には、下草管理も重要である。下草が天敵類を定着させるメカニズムとして、植生が温湿度の安定した生息環境を形成することや天敵の隠れ家または代替餌の提供場所となることなどが考えられる（山下, 2009）。しかし、慣行管理のリンゴ園では草刈機による除草を 5~9 月ころまで 3~4 週間の間隔で実施しているため、下草内は頻繁に攪乱され、天敵類にとって好適な環境になっていない。

秋田県のリンゴ園に発生する主な土着カブリダニ類は、フツウカブリダニ、ミチノクカブリダニおよびケナガカブリダニの 3 種である（FUNAYAMA et al., 2015）。このうち、フツウカブリダニの多くはリンゴ樹上で、ミチノクカブリダニの多くは下草で見いだされる（FUNAYAMA et al., 2015）。リンゴ園における機械除草がナミハダニと土着カブリダニ類に及ぼす影響を評価するため、無除草区と機械除草区を設定し、リンゴ樹上と下草における両者の発生を 2 年間調べた（図-1, 2）。その結果、両年ともミチノクカブリダニとフツウカブリダニの発生数は、機械除草区が無除草区よりも有意に少なく、リンゴ樹上のナミハダニの発生数は、機械除草区が無除草区よりも有意に多かった（FUNAYAMA, 2016）。この結果は、除草がナミハダニの増加を助長することを示している。

除草は乾燥と高温をもたらす（GARDINER and HASSALL, 2009）、カブリダニ類は紫外線の悪影響を受ける（ONZO et al., 2003 ; OHTSUKA and OSAKABE, 2009）ことから、無除草はカブリダニ類の避難場所として機能する。また、リンゴ園でオオバコなどの下草の花粉はミチノクカブリダニの繁殖の好適な餌となる（FUNAYAMA and SONODA, 2014）。フツウカブリダニも各種の花粉を餌として繁殖する（KISHIMOTO, 2005 ; KISHIMOTO et al., 2014）ことから、無



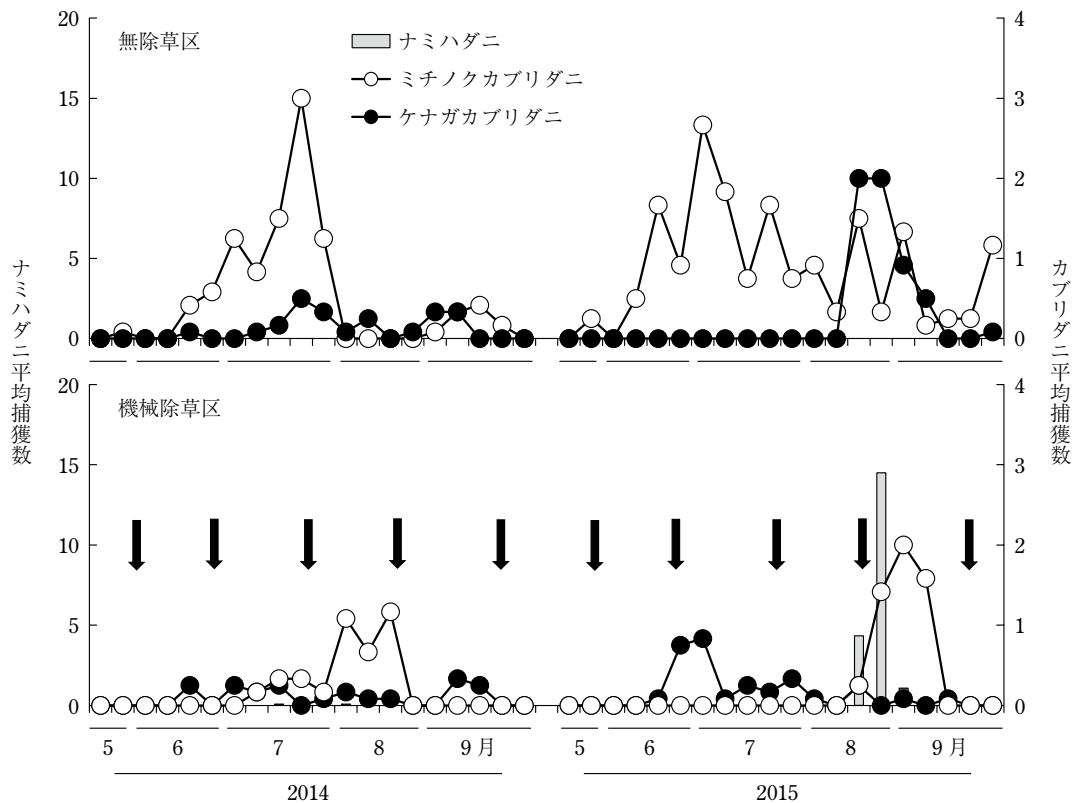


図-1 無除草区と機械除草区の下草におけるカブリダニ類とナミハダニの捕獲個体数 (FUNAYAMA, 2016 を改編)  
値は1週間ごとに各区 (20 a) の12区画 (1区画1×1 m) をクリーナーで採集した区画当たり平均数。  
矢印は機械除草を示す。

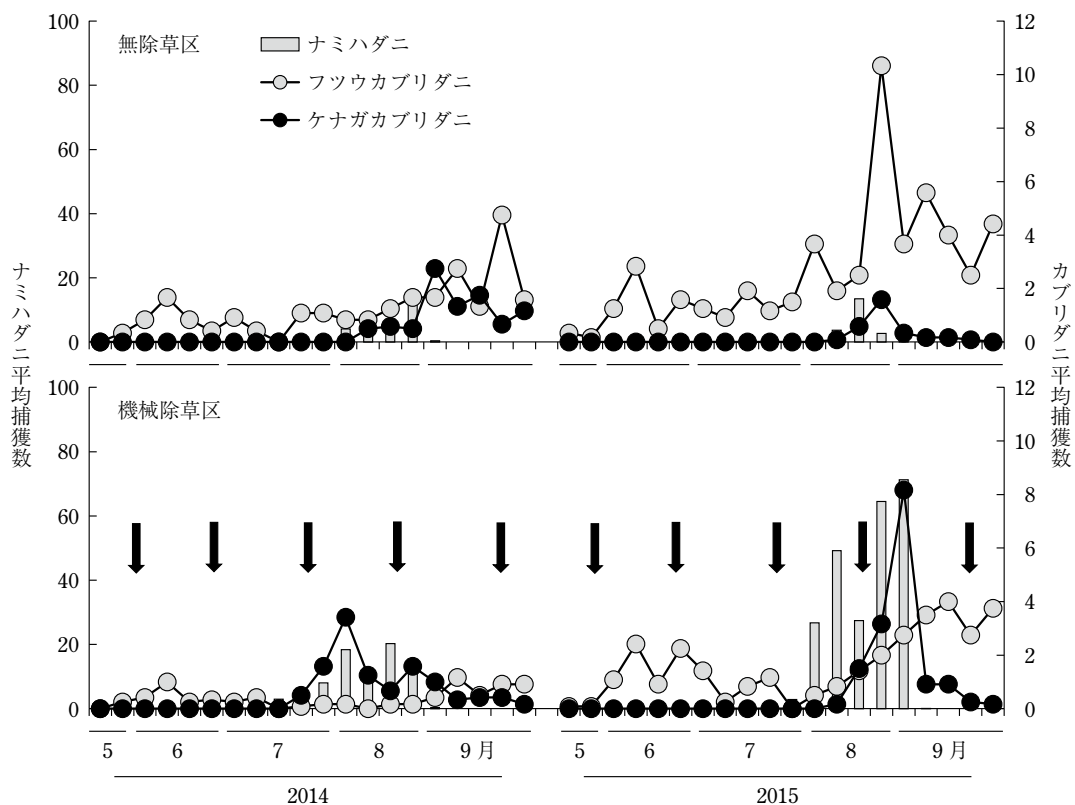


図-2 無除草区と機械除草区のリンゴ樹上におけるカブリダニ類とナミハダニの捕獲個体数 (FUNAYAMA, 2016 を改編)  
値は1週間ごとに各区 (20 a) のリンゴ12樹の20葉ずつから採集した1樹当たり平均数。矢印は機械除草を示す。

除草によって下草からリンゴ葉面に供給される花粉量が増加し、その生息密度も高まると考えられる。さらに、ケナガカブリダニはリンゴ園の下草でも観察されており、カキ園では草生区で除草区より捕獲数が多い（國本ら，2009）ことから、無除草によって本種の生息密度も高まり、早期にナミハダニを発見して、その増加を抑制することが期待される。

しかし、無除草にしたリンゴ園では多種類の雑草が観察され、ギシギシ、ヒメムカシヨモギ、オニノゲシ等草丈の高い種が繁茂すると作業の障害になり、リンゴ園の景観が損なわれるなど、無除草を容認できる生産者は少ない。近年、農耕地へのグラウンドカバープランツ導入による天敵相の増強効果が注目されている（山下，2009）。例えば、畑作ではライグラス類やクローバー類の混作や部分的な雑草の配置によって、寄生蜂の密度が高まった事例が報告されている（田中，2009）。また、キャベツやブロッコリーではシロクローバ導入によって、捕食性ゴミシムシ類やクモ類が増加し、チョウ目害虫の被害が減少した事例が報告されている（Hook and JOHNSON, 2004；増田・宮田，2008）。リンゴ園でも広く観察されるシロクローバは、地上ほふく茎の多年生植物で、草丈は15～20 cmと低くて農作業の支障になりにくい。また、シロクローバの繁茂により草丈の高い草種の生育が抑制されることから、現地リンゴ園で無除草を維持できる可能性がある。シロクローバを導入した無除草のリンゴ園ではフツウカブリダニ、ミチノクカブリダニおよびケナガカブリダニが多数確認され、ナミハダニの発生が抑制されている（FUNAYAMA, 2016）。

シロクローバの種子は販売されており、容易に入手できる。また、耐寒性、耐暑性、耐踏圧性に優れ、耐乾性、耐酸性、耐病性、耐陰性も高く、発芽・初期生育が良好である。無除草が困難な場合、他の下草種をできるだけ抑草して機械除草回数を低減する目的で、4月（秋田県

では雪解け後）にシロクローバ種子を種子・肥料散布器などを用いて播種する方法がある。

### III 土着カブリダニ類保護管理の ナミハダニ発生抑制効果

前章ⅠとⅡで述べてきたリンゴ園における土着カブリダニ類の保護を目的とした栽培管理によるナミハダニの発生抑制効果を確認するため、天敵保護管理区（慣行管理を行ってきた園を選択性殺虫剤散布（表-1）と無除草で4年間管理）と慣行管理区〔毎年、非選択性殺虫剤散布（表-1）と機械除草（5月下旬～9月中旬まで3週間間隔で除草）で管理〕を設定し、土着カブリダニ類とナミハダニの発生を比較した（FUNAYAMA et al., 2015）（図-3）。その結果、慣行管理区ではカブリダニ類の発生が少なく、夏期にナミハダニが増加した。一方、天敵保護管理区ではリンゴ樹上でフツウカブリダニ、下草ではミチノクカブリダニが連続して観察され、夏期にはケナガカブリダニも見られたが、ナミハダニは非常に少なかった。このことから、土着カブリダニ類の保護を意識した栽培管理への改善によって、ナミハダニの発生が抑制されることが実証された。

カブリダニ類の生活様式は食性によって四つのタイプ（Ⅰ～Ⅳ）に分類される（McMURTRY and CROFT, 1997；McMURTRY et al., 2013）。フツウカブリダニとミチノクカブリダニはタイプⅢに属し、広範な属のハダニやフシダニ、花粉等を餌とするジェネラリストである。一方、ケナガカブリダニはタイプⅡに属し、ナミハダニなどのテトラニカス属または巣網を形成するハダニ類を好むスペシャリストである。これら3種によるナミハダニの発生抑制効果は、リンゴ園の下草内ではミチノクカブリダニがナミハダニの発生抑制に貢献し、リンゴ樹上では通年で観察されるフツウカブリダニが下草からリンゴ葉に侵入したナミハダニの定着を阻止し、さらに、ケナガ

表-1 天敵保護管理区と慣行管理区に散布した殺虫剤と希釈倍数

| 散布時期 | 天敵保護管理区          |         | 慣行管理区            |         |
|------|------------------|---------|------------------|---------|
|      | 殺虫剤名             | 希釈倍数    | 殺虫剤名             | 希釈倍数    |
| 5月上旬 | フルフェノクスロン 10%乳剤  | 4,000 倍 | フルフェノクスロン 10%乳剤  | 4,000 倍 |
| 5月下旬 |                  |         | PAP 40%水和剤       | 1,000 倍 |
| 6月中旬 | ジフルベンズロン 1.5%水和剤 | 2,000 倍 | チアクロプリド 30%水和剤   | 2,000 倍 |
|      | フロニカミド 20%水和剤    | 4,000 倍 |                  |         |
| 6月下旬 | ジフルベンズロン 1.5%水和剤 | 2,000 倍 | クロルピリホス 72%水和剤   | 3,000 倍 |
|      | ブプロフェジン 10%水和剤   | 1,000 倍 |                  |         |
| 7月上旬 | ジフルベンズロン 1.5%水和剤 | 2,000 倍 | シハロトリン 5%水和剤     | 2,000 倍 |
| 7月下旬 | テフルベンズロン 5%乳剤    | 2,000 倍 |                  |         |
| 8月上旬 | テフルベンズロン 5%乳剤    | 2,000 倍 | フェンプロパトリン 10%水和剤 | 1,000 倍 |



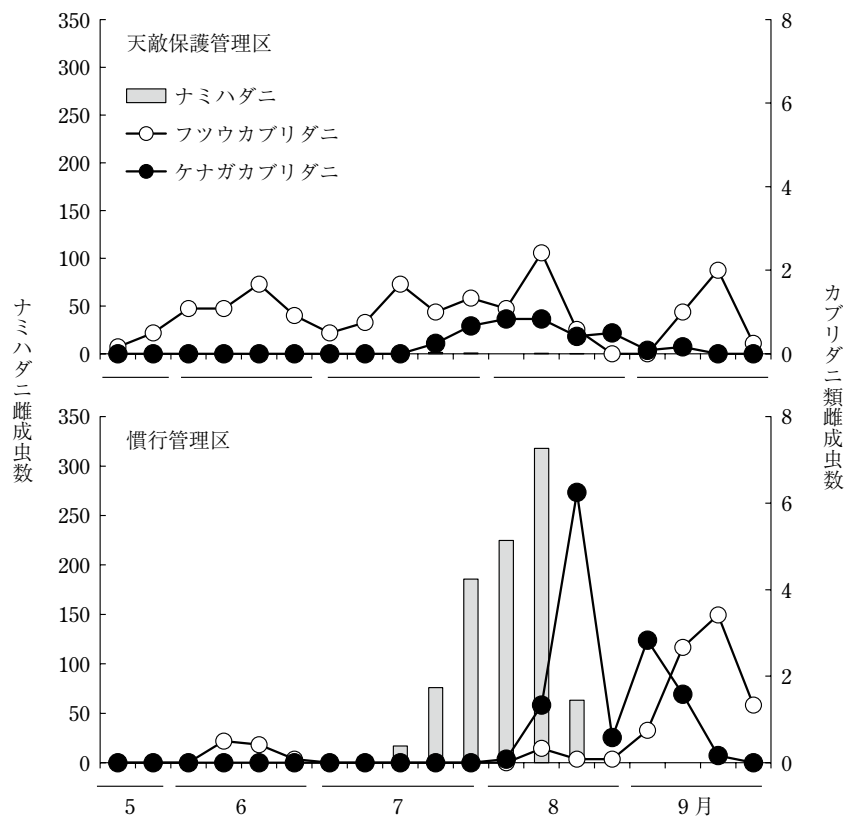


図-3 天敵保護管理区（選択性殺虫剤散布・無除草）と慣行管理区（非選択性殺虫剤散布と機械除草）のリンゴ園場におけるカブリダニとナミハダニの発生活動（2012, FUNAYAMA et al. (2015) を改編）  
天敵保護管理区は継続4年目。値は1週間ごとに各区（20a）のリンゴ12樹の20葉ずつから採集した1樹当たり平均数。慣行管理区は、5月下旬～9月中旬まで3週間間隔で機械除草した。

カブリダニがナミハダニを早期に攻撃する、というように、食性と生息場所の異なる複数種の土着カブリダニ類の働きが統合して発揮されていると考えられる。

## おわりに

秋田県のリンゴ生産者による4年間のカブリダニ保護管理の実証試験で、ナミハダニは実施1年目と2年目に多発生してリンゴ葉面に褐変の被害痕も認められたが、3年目と4年目は発生が急減して、被害が認められなくなった事例も確認されている。TOYOSHIMA et al. (2011) による殺虫剤無散布の新植リンゴ園で、ナミハダニは2年後までは増加したが、3～5年後の発生密度は極めて低くなっている。

これらの観察は、土着カブリダニ類を保護した栽培管理によって直ちに実用レベルでのカブリダニによるナミハダニの発生抑制効果が得られるわけではなく、これを継続して実施することによってカブリダニ類の発生密度が高まり、徐々にナミハダニが発生し難い環境に変化していくことを示している。リンゴ園の周辺環境や栽培管理体系等の違いより、ナミハダニの発生抑制効果に園地間

差があることは予想されるが、このような管理体系を継続して実践することは、ナミハダニの発生抑制にプラスになることは確かで、捕食-被食関係の平衡が保たれば、殺ダニ剤無散布でもリンゴを問題なく栽培できる可能性は十分にあると考えている。

## 引用文献

- 1) 舟山 健 (1999): 秋果試研報 **23**: 1~13.
- 2) ——— (2010): 応動昆 **54**: 208~211.
- 3) ——— (2018): 同上 **62**: 95~105.
- 4) FUNAYAMA, K. (2010): Appl. Entomol. Zool. **46**: 103~110.
- 5) ——— (2015): ibid. **50**: 169~174.
- 6) ——— (2016): Exp. Appl. Acarol. **70**: 57~67.
- 7) ——— and S. SONODA (2014): Appl. Entomol. Zool. **49**: 607~611.
- 8) ——— et al. (2015): Exp. Appl. Acarol. **65**: 43~54.
- 9) GARDINER, T. and M. HASSALL (2009): J. Insect Conserv. **13**: 97~102.
- 10) 浜 弘司 (1996): 植物防疫 **50**: 446~450.
- 11) HASSAN, S. A. (1994): IOBC/WPRS Bull. **17**: 1~5.
- 12) 本郷公子・舟山 健 (2004): 北日本病虫研報 **55**: 256~258.
- 13) ——— (2005): 同上 **56**: 191~193.
- 14) HOOK, C. R. and M. W. JOHNSON (2004): Int. J. Pest Manag. **50**: 115~120.
- 15) KISHIMOTO, H. (2002): Appl. Entomol. Zool. **37**: 603~615.
- 16) ——— (2005): ibid. **40**: 77~81.
- 17) ——— et al. (2014): ibid. **49**: 19~25.

- 18) 國本佳範ら (2009): 日本ダニ学会誌 **18**: 7~16.
- 19) 増田俊雄・宮田將秀 (2008): 北日本病虫研報 **59**: 153~157.
- 20) McMurtry, J. A. and B. A. Croft (1997): Annu. Rev. Entomol. **42**: 291~321.
- 21) ——— et al. (2013): Syst. Appl. Acarol. **18**: 297~320.
- 22) 望月雅俊ら (2003): 北日本病虫研報 **54**: 174~176.
- 23) ———ら (2004): 同上 **55**: 259~261.
- 24) ———ら (2005): 関東病虫研報 **52**: 107~109.
- 25) 成田 弘・大隅専一 (1985): 北日本病虫研報 **36**: 94~96.
- 26) 大野和朗 (2009): バイオリジカルコントロール (仲井まどか・大野和朗・田中利治 編), 朝倉書店, 東京, p.51~64.
- 27) OHTSUKA, K. and Mh. OSAKABE (2009): Environ. Entomol. **38**: 920~929.
- 28) 岡崎一博 (2000): 農業技術 **55**: 409~413.
- 29) ONZO, A. et al. (2003): Oikos **101**: 59~69.
- 30) 真梶徳純・足立年一 (1978): 果樹試報 **E2**: 99~108.
- 31) 田中幸一 (2009): 生物間相互作用と害虫管理 (安田弘法・城所 隆・田中幸一 編), 京都大学学術出版会, 京都, p.225~243.
- 32) TOYOSHIMA, S. (2003): Appl. Entomol. Zool. **38**: 387~391.
- 33) ——— et al. (2011): J. Acarol. Soc. Jpn. **20**: 77~86.
- 34) 山下伸夫 (2009): 農業技術 **64**(4): 169~174.



## 登録が失効した農薬 (30.8.1~8.31)

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」

- カーバマナトリウム塩液剤
- 19680: キルパー 40 (バックマンラボラトリーズ) 18/8/11
- ベンフラカルブ粒剤
- 19681: ホームガーデン粒剤 (OAT アグリオ) 18/8/11
- ベルメトリン水和剤
- 22436: MIC アディオフロアブル (三井化学アグロ) 18/8/19

### 「殺虫殺菌剤」

- フェンプロパトリン・ミクロブタニル複合肥料
- 23684: ベニカグリーン V アップスプレー (住友化学園芸) 18/8/25
- エトフェンプロックス・イミベンコナゾール粉剤
- 21101: マネージトレボン粉剤 DL (北興化学工業) 18/8/28

### 「除草剤」

- ダイムロン・ペントキサゾン水和剤
- 21164: ダッシュワンフロアブル (科研製薬) 18/8/8
- クミルロン・ペントキサゾン水和剤
- 19850: 科研草笛フロアブル (科研製薬) 18/8/8
- インダノファン・クロメプロップ・ベンスルフロンメチル粒剤
- 20425: マサカリ L ジャンボ (デュボン・プロダクション・アグリサイエンス) 18/8/15
- インダノファン・クロメプロップ・ベンスルフロンメチル水和剤
- 20427: 日農ダイナマンフロアブル (日本農薬) 18/8/15
- 20428: ダイナマンフロアブル (デュボン・プロダクション・アグリサイエンス) 18/8/15
- 20430: 日農ダイナマン L フロアブル (日本農薬) 18/8/15
- 20431: ダイナマン L フロアブル (デュボン・プロダクション・アグリサイエンス) 18/8/15

- オキサジクロメホン・ベンスルフロンメチル粒剤
- 20440: ホームラン 1 キロ粒剤 51 (デュボン・プロダクション・アグリサイエンス) 18/8/17
- 20441: ホクコーホームラン 1 キロ粒剤 51 (北興化学工業) 18/8/17
- エンドタールニナトリウム塩液剤
- 22717: ホクサンエンドタール粒剤 25 (ホクサン) 18/8/19
- エンドタールニナトリウム塩液剤
- 22437: MIC エンドタール液剤 (三井化学アグロ) 18/8/19
- 22718: ホクサンエンドタール液剤 (ホクサン) 18/8/19
- 22719: ホクサンエンドタール液剤 H (ホクサン) 18/8/19
- カフェンストロール・シハロホップブチル・ダイムロン・ベンスルフロンメチル粒剤
- 19701: ジョイスター 1 キロ粒剤 51 (クミアイ化学工業) 18/8/19
- 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
- 20452: ミスターホームランフロアブル (デュボン・プロダクション・アグリサイエンス) 18/8/29
- 20453: ホクコーミスターホームランフロアブル (北興化学工業) 18/8/29
- 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
- 22739: MIC クサトリー DX 1 キロ粒剤 75 (宇都宮化成工業) 18/8/30
- 22741: MIC クサトリー DX ジャンボ H (宇都宮化成工業) 18/8/30

### 「植物成長調整剤」

- ブトルアリン乳剤
- 21243: ブルーリボン (エス・ディー・エス バイオテック) 18/8/22



# 吸汁性害虫防除に、新規スルホキシミン系のチカラ!



抵抗性アブラムシ類に!



アカスジカスミカメに!



抵抗性コナジラミ類に!



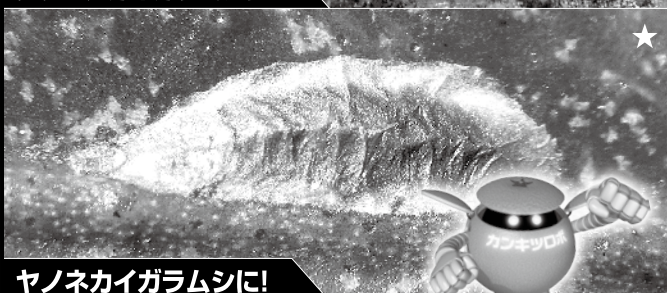
ミナミアオカメムシに!



クワコナカイガラムシに!



クモヘリカメムシに!



ヤノネカイガラムシに!



トビイロウンカに!

野菜・果樹の大切な実りを、  
吸汁被害から守りぬく!

野菜・果樹用殺虫剤

**トランスフォーム**  
フロアブル



アブラムシ、カイガラムシ、  
コナジラミに優れた殺虫効果  
を発揮! 吸汁性害虫防除  
のスペシャリストが、ついに  
誕生。速効力と持続力で、作  
物づくりをサポートします。



水稻の大敵、  
斑点米カメムシ類を徹底阻止!

水稻用殺虫剤

**エクシード**  
フロアブル



水稻の大敵、斑点米カメムシ類  
や、ウンカ類、ツマグロヨコバイ  
に優れた殺虫効果を発揮! 吸汁  
性害虫防除のスペシャリストが、  
ついに誕生。速効力と持続力で、  
お米づくりをサポートします。



このマークがついた画像は、  
**AR動画**でもご覧いただけます。  
「COCOAR2」アプリ(無料)で動画をご覧いただけます。

「COCOAR2」  
無料アプリの  
使用方法

iPhoneやiPadは「Apple Store」から、Android端末は「Google Play」から、「COCOAR2」  
を無料でダウンロードできます。アプリを起動し、スキャン画面内に写真の青い枠が入るよう  
に端末をかざすと動画がスタートします。※Wi-FiまたはLTE環境を推奨します。

**ISOCLAST** ACTIVE  
「イソクラスト」は、一般名:スルホキサフロルの商標です。

イソクラスト普及会/日産化学株式会社 北興化学工業株式会社 ダウ・アグロサイエンス日本株式会社\*  
※事務局:東京都千代田区永田町2丁目11番1号

★池田二三高氏撮影 ©TM: ザ・ダウ・ケミカル・カンパニーまたはその関連会社商標


 研究  
報告

# 小型無人航空機（ドローン）の空撮による チャ炭疽病の被害推定

静岡県農林技術研究所茶業研究センター 小澤 朗人\*・内山 徹・大石 哲也\*\*

## はじめに

人工衛星や航空機を利用したリモートセンシング技術は、農業分野でも古くから研究されている（秋山，1996）。農作物の病害虫診断や発生予測に活用した事例では、航空機によるトウモロコシごま葉枯病の大規模な被害実態把握（MacDONALD et al., 1972）やイネいもち病の広域的な発生程度把握（半沢ら，1995）等多くの研究事例がある。近年、著しい技術発展を遂げている衛星によるセンシングはハイパースペクトルなど多波長域のデータも利用可というメリットはあるが、データ解析に高度な専門知識が必要等、利用にあたってはハードルが高い。また、最新の高分解能衛星であっても地表画像の分解能はせいぜい1 m前後とされており、大規模農地での利用には適しても、静岡県の茶産地で見られるような10 a程度の小規模圃場を対象としたきめ細かいセンシングには適さない。航空機やヘリコプター利用についてもほぼ同様である。

ところで、近年、GPSの位置情報などを利用した自動姿勢制御装置を搭載した高性能の小型無人航空機（以下、本文ではドローン）が開発され、ホビー向けにDJI社などから市販されるとともに、建築や土木測量等各分野で注目されている（野波，2016）。ドローンは、農薬散布用の無人ヘリコプターに比べると小型かつ安価であり、また操縦も比較的容易なため、今後、様々な分野での活用が期待できる。一方、ドローンの市販にともなって墜落事故などが多発したことから、我が国では2015年に航空法が改正され、機体重量200 g以上の機種は法規制の対象になった。今後も安全運航と普及のための法整備が予定されている。

Estimating Anthracnose Damage by *Colletotrichum theae-sinensis* (Miyake) Yamamoto in Tea Fields Using Aerial Image Data from Multirotor-type UAV (Drone). By Akihito OZAWA, Toru UCHIYAMA and Tetsuya OISHI

（キーワード：センシング，炭疽病，チャ，ドローン，被害推定，無人航空機）

\*現所属：静岡県立農林大学校

\*\*現所属：世界緑茶協会

ドローンの農林業分野における活用は、特に森林・林業分野で進んでおり（古家，2016）、畑作での生育診断や雑草管理（渡邊，2016）や農薬散布専用のドローンの開発および利用も始まっている。しかし、茶園管理におけるドローンの利活用はこれまでほとんど行われていなかった。そこで、静岡県茶業研究センターでは、ドローンを使って病害虫や干ばつ等のチャ樹の様々なストレスを診断する技術の開発を進めている。そのなかで、市販の小型ドローンと写真編集ソフトを使い、空撮画像からチャ炭疽病被害の定量的推定を試みた（小澤ら，2017）。本稿では、その概要を紹介する。

本文に先立ち、QGISによる被害程度のマッピング画像を制作していただいた沼津工業高等専門学校の鈴木静男博士および諏訪尚也氏に厚くお礼申し上げる。

## I ドローンの空撮による画像データの取得

### 1 供試ドローン

DJI社製ファントム4を用いた。本機種は市販機種だが、GPSによる姿勢制御や各種検知センサーを搭載する機種である（現在は新モデルが発売されている）。搭載デジタルカメラは、1/2.3インチCMOS、有効画素数1,200万画素、焦点距離および絞りは35 mm換算で20 mm、f/2.8の固定であり、静止画では自動露出とマニュアル露出が可能である（RAW画像も可）。ドローンの操縦は、JUIDA（一般社団法人・日本UAS産業振興協議会）認定操縦士資格を有する筆者（小澤）が行った。

### 2 撮影場所と撮影方法

2016年10月に、静岡県菊川市倉沢の静岡県農林技術研究所茶業研究センター内の慣行管理圃場（品種：さやまかおり，樹齢32年生）において秋整枝後にドローンによる空撮を行った（図-1）。なお、‘さやまかおり’は炭疽病に極弱であり、秋芽で炭疽病が多発していたが、輪斑病などの類似病葉はほとんど認められなかった。

10月7日午前9～10時（天気：薄曇り，風速：0.2～0.7 m）に、ドローンを地上高度約14 mで調査圃場上空に飛行させ、圃場面に対して90°の角度になるようにカメラを下向きにし、自動露出により数本のうねの静止画



像を撮影した（フォーマットはJPEG。以下同様）。なお、この日時に撮影した理由は風の影響の外に、日光の反射光による高コントラストや機体の陰影の映り込みを避けるためであった。

次に、同日 12～13 時に、同じ圃場の特定の 1 本のチャウネの摘採面上に計 25 個の 25 × 50 cm 枠を適宜並べ、ドローンをうね沿いに水平移動させながら、枠を置いたうねが中心になるよう静止画数枚を連続撮影した。撮影時の高度については、試行錯誤によりダウンウォッシュによる葉の揺れを極力排除しつつ精細な画像が撮影可能な約 6 m とした。撮影直後には、各枠内の炭疽病の病葉数と同病による落葉数をあわせて数えた。

10 月 7 日に撮影した画像データを用いた解析（後述）により、画像の RGB データから実際の病葉数を推定するための直線回帰式が得られたので、10 月 12 日に回帰式による推定値の検証を試みた。10 月 7 日に調査・解析に用いたチャウネとは別の 2 うねを選び、これらのうねの摘採面上 11 箇所に 25 × 50 cm 枠を適宜置いた後に、地上高度約 6 m からドローンで撮影を行った（午前 10 時ころ、天気は薄曇り、風速 0.5～0.8 m）。その後に枠内の炭疽病の病葉数と落葉数を数えた。



図-1 茶園の上空を低空飛行するドローン・ファントム 4  
写真中の操縦者は、研究センターの亀山阿由子研究員  
(JUIDA 認定操縦士)。

## II 画像データの解析方法

10 月 7 日にチャウネ上に調査枠をおいて撮影した画像の中から 1 枚に数枠が写っている画像を選び、写真編集ソフト Adobe Photoshop Element 13 の三原色バンド値等のヒストグラム表示機能（0～255 階調のヒストグラムのほか、平均値や中間値等も表示）を使い、各調査枠の範囲内における赤（R：波長 700 nm）、緑（G：波長 546.1 nm）、青（B：波長 435.8 nm）の各バンド、および合成チャンネル輝度の各平均値を抽出した（表-1）。ここで輝度（Y）は、RGB の加重平均値（ $Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$ ）で示す。これらの色データと、枠内の実際の炭疽病葉数（以下、病葉数は落葉数も含む）との相関関係を検討した。

相関関係の解析にあたっては、色バンドおよび輝度の平均値（以下、それぞれ R、G、B、Y とする）を用いて、衛星リモートセンシングでは植生指数としてよく用いられる DVI（差植生指数）、RVI（比植生指数）、NDVI（正規化植生指数）（秋山, 1996）を基にして、千脇ら（1999）がラジコンヘリによるイネいもち病などの空撮による診断に用いたバンド間演算式を参考にして様々な演算式を考案した。さらに、日照条件などの要因が分光値へ及ぼす影響の補正を目的に考案された正規化処理（小野ら, 2002）した RGB 値（各バンド値の相加平均で除した値：それぞれ NR（Normalized R）、NG、NB とする。 $NR = R / ((R + G + B) / 3)$ ）となる）も演算式の一部に利用した。演算式は最終的には計 25 種類考案し（表-2）、それらの演算値（ $x$ ）と調査枠内の炭疽病の病葉数（ $m^2$  当たりに換算）（ $y$ ）との相関関係を直線回帰分析した。

前述の解析により、いくつかの演算式において、演算値（ $x$ ）と実際の病葉数（ $y$ ）との間に高い相関係数をもつ直線回帰式が認められた。そこで、これらの回帰式の再現性を検証するために、相関係数  $r$  の絶対値が 0.75 以上の演算式 8 種を選び（表-3）、得られた直線回帰式（表-2）を 10 月 12 日に別途撮影した画像から抽出したデータに当てはめ推定値と実際の病葉数との関係を検討した。

表-1 調査枠内の炭疽病の病葉数が最大と最小であった枠の画像データ（小澤ら, 2017）

|     | 病葉数<br>/m <sup>2</sup> | 枠内<br>画素数 | R      |       |     | G      |       |     | B     |       |     | Y      |       |     |
|-----|------------------------|-----------|--------|-------|-----|--------|-------|-----|-------|-------|-----|--------|-------|-----|
|     |                        |           | 平均値    | 標準偏差  | 中間値 | 平均値    | 標準偏差  | 中間値 | 平均値   | 標準偏差  | 中間値 | 平均値    | 標準偏差  | 中間値 |
| 最大値 | 3,160                  | 26,106    | 101.05 | 41.57 | 99  | 102.64 | 43.77 | 101 | 92.15 | 39.97 | 90  | 100.97 | 41.77 | 99  |
| 最小値 | 200                    | 23,712    | 93.34  | 39.17 | 91  | 114.03 | 39.82 | 113 | 88.18 | 40.53 | 86  | 104.90 | 39.40 | 104 |

注) R、G、B は photoshop element 13 で表示された各枠内画像の赤、緑、青の各 3 原色、Y は輝度（ $Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$ ）であり、平均値、標準偏差、中間値はそれぞれのヒストグラム（8 ビット 256 階調：0～255）から算出された値を示す。



表-2 空撮画像から得た色バンド間演算式（ $x$ ）と実際の炭疽病の病葉数（ $y$ ）との相関関係  
（直線回帰式を適用， $n = 25$ ）（小澤ら，2017）

| 説明変数に用いた色データまたはバンド間の演算式 <sup>1)</sup> | $y(\text{病葉数}) = ax(\text{説明変数}) + b$ |            | $r$   | $R^2$ | 有意性 <sup>2)</sup> |
|---------------------------------------|---------------------------------------|------------|-------|-------|-------------------|
|                                       | $a$                                   | $b$        |       |       |                   |
| R                                     | 42.43                                 | -2,430.08  | 0.54  | 0.29  | **                |
| G                                     | - <sup>3)</sup>                       | -          | -0.03 | 0.00  | ns                |
| B                                     | 44.69                                 | -2,491.79  | 0.43  | 0.19  | *                 |
| Y                                     | -                                     | -          | 0.26  | 0.07  | ns                |
| NR                                    | 15,857.51                             | -13,799.02 | 0.76  | 0.58  | **                |
| NG                                    | -11,323.68                            | 14,096.19  | -0.73 | 0.53  | **                |
| NB                                    | -                                     | -          | 0.29  | 0.08  | ns                |
| R + G                                 | -                                     | -          | 0.33  | 0.11  | ns                |
| NR + NG                               | -                                     | -          | -0.29 | 0.08  | ns                |
| R + B                                 | 22.82                                 | -2,637.69  | 0.50  | 0.25  | *                 |
| NR + NB                               | 11,323.68                             | -19,874.84 | 0.73  | 0.53  | **                |
| R - B                                 | 99.60                                 | 919.10     | 0.51  | 0.26  | **                |
| NR - NB                               | 9,098.82                              | 930.86     | 0.49  | 0.24  | *                 |
| R/B                                   | 7,995.43                              | -7,057.57  | 0.47  | 0.22  | *                 |
| (R - B)/(R + B)                       | 16,469.35                             | 941.20     | 0.47  | 0.22  | *                 |
| R + B - G                             | 38.82                                 | -1,347.66  | 0.66  | 0.44  | **                |
| NR + NB - NG                          | 5,661.84                              | -2,889.32  | 0.73  | 0.53  | **                |
| (R + B - G)/(R + B + G)               | 16,985.52                             | -2,889.32  | 0.73  | 0.53  | **                |
| (R + G)/G                             | 8,982.61                              | -15,265.13 | 0.79  | 0.62  | **                |
| R/Y                                   | 12,660.53                             | -10,152.37 | 0.78  | 0.61  | **                |
| G - R                                 | -90.41                                | 2,745.55   | -0.80 | 0.64  | **                |
| NG - NR                               | -7,148.07                             | 2,578.48   | -0.77 | 0.59  | **                |
| (G - R)/Y                             | -7,824.41                             | 2,621.83   | -0.78 | 0.60  | **                |
| (G - R)/(G + R)                       | -15,134.45                            | 2,597.06   | -0.77 | 0.60  | **                |
| G/R                                   | -6,210.91                             | 8,695.32   | -0.76 | 0.57  | **                |

注<sup>1)</sup> いずれのバンド値も平均値を使用。Rは赤，Gは緑，Bは青，Yは輝度，NR，NG，NBは正規化処理（小野ら，2002）された各 RGB 値を示す。

注<sup>2)</sup> \*\*： $p < 0.01$ ，\*： $p < 0.05$ ，nsは有意性なしを示す。

注<sup>3)</sup> -は，相関係数が有意でなかったため回帰式は求めなかった。

表-3 相関係数 $r$ の絶対値が0.75以上を示したバンド間演算式8種（表-2）を用いた回帰式による病葉数の推定値と実測値との相関関係（2016年10月12日撮影データを利用， $n = 11$ ）（小澤ら，2017を改変）

| 推定式に用いたバンド間演算式  | 直線回帰式のパラメータと実測値との誤差 |        |       |        |        |
|-----------------|---------------------|--------|-------|--------|--------|
|                 | $a$ <sup>1)</sup>   | $b$    | $R^2$ | RMSE   | MAE    |
| NR              | 0.48                | 204.28 | 0.85  | 204.20 | 164.89 |
| (G - R)/(G + R) | 0.46                | 792.72 | 0.87  | 176.71 | 137.24 |
| G/R             | 0.42                | 852.43 | 0.87  | 161.69 | 128.79 |
| (R + G)/G       | 0.49                | 739.88 | 0.87  | 190.81 | 147.03 |
| R/Y             | 0.48                | 624.55 | 0.88  | 181.22 | 143.33 |
| G - R           | 0.47                | 866.29 | 0.88  | 179.25 | 146.41 |
| (G - R)/Y       | 0.46                | 803.49 | 0.87  | 178.26 | 137.22 |
| NG - NR         | 0.43                | 871.15 | 0.87  | 169.01 | 131.19 |

注<sup>1)</sup>  $a$ ， $b$ は実数と推定値との間の直線回帰式（ $y = ax + b$ ）の傾きと切片， $R^2$ はその寄与率，RMSEは実数値と推定値との平均平方二乗誤差，MAEは同・平均絶対誤差を示す。

さらに，色データによる病葉数の推定式が得られたことから，発生程度別のマッピング画像の作成を試みた。画像は10月7日に撮影した圃場全体画像を用い，画像を分画（10×10ピクセル単位）して区画ごとに抽出し

たRGB値を使いたいいくつかの推定式によって推定病葉数を算出し，算出された値を5段階に色分けした。これらの計算処理には，オープンソース・GISソフトのQGISを用いた。

### III 画像データを利用した病葉数の推定およびマッピング化

10月7日に撮影した圃場全体画像を図-2・上に示す。また、写真編集ソフトを用いてこの画像のコントラストと彩度を強調した加工画像を図-2・下に示す。図中の丸印は、特に炭疽病が多発していた箇所を示しており、炭疽病の多発部位では発病葉が多く落葉し、空撮画像では他よりも赤みが強くなる傾向が認められた。加工画像ではその傾向がより鮮明となっている。炭疽病のように落葉も含めて発病葉の色が褐変するような病害では、ドローンによる空撮画像を確認することで発病部位の圃場内分布特性を明瞭に認識できることが示唆された。これは、通常行われている地上からの観察では、なかなかわからない情報である。

次に、病葉数の枠調査（図-3）では、本来ならば検出限界を知るために無発病の部分の画像データも取得しておく必要があったが、‘さやまかおり’は罹病性品種であるため全体に炭疽病の発病が多く、完全に無発病の部分を見つけられなかった。そこで、参考までに今回の調査において病葉数が最大の枠と最小の枠での画像データを表-1に示す。病葉数の最大値は3,160枚/m<sup>2</sup>、最小値は200枚/m<sup>2</sup>、平均値は1,214.08枚/m<sup>2</sup>であり、調査圃場

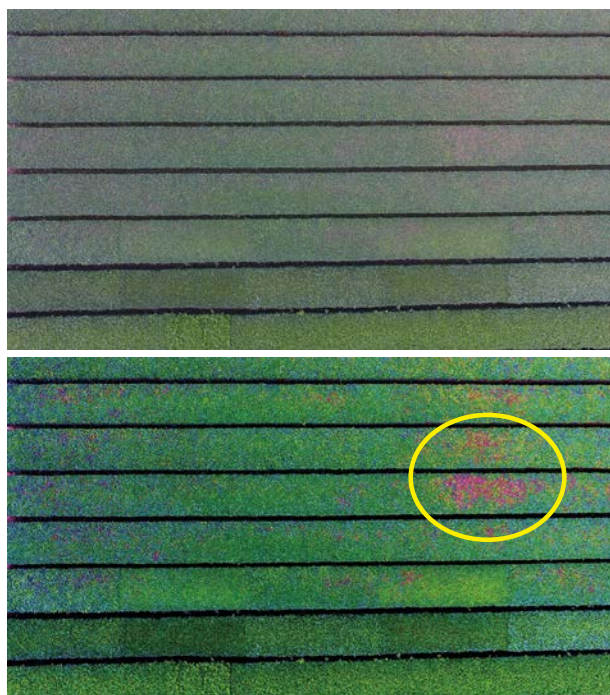


図-2 地上高度約14mのドローンから撮影した炭疽病の多発圃場（小澤ら，2017を改変）

上段は元画像，下段は炭疽病の多発部位を強調するために、写真編集ソフトを用いてコントラストと彩度を強調した加工画像。下段の○印は炭疽病が特に多発した部位を示す。

はほぼ甚発生（発生予察基準で500枚/m<sup>2</sup>以上）であった。最大値と最小値のRGBの各平均値は、RとGとの差が特に大きい傾向が認められた（表-1）。

画像（色）データを組合せた25種類のバンド間演算式の値と枠調査による実測値との相関関係を表-2に示す。これらの中では、15種類の演算式で特に高い相関関係（ $p < 0.01$ ）が認められ、さらにNR、 $(R + G)/G$ 、 $R/Y$ 、 $G - R$ 、等計8種類の演算式では相関係数 $r$ の絶対値が0.75を越えた。最も相関が高かったのは $G - R$ （ $r = -0.80$ ）で次いで $(R + G)/G$ （ $r = 0.79$ ）となった。 $G - R$ および $(R + G)/G$ と病葉数との関係を図-4に示す。直線回帰式は $G - R$ を説明変数 $x$ とした場合が $y = -90.41x + 2,745.55$ 、 $(R + G)/G$ では $y = 8,982.61x - 15,265.13$ となった（図-4）。これらの結果から、空撮画像から得た色データを組合せた演算式を利用することで、その部分の炭疽病の病葉数密度を推定可能であった。ただし、約1,500枚/m<sup>2</sup>以下の発生箇所では演算式の値がかなりばらついており、この密度付近では推定精度がやや劣る傾向が見られた。

空撮画像から抽出した色データを使った推定式の再現性を、別の日（10月12日）に撮影および調査を行った別のチャうねにおいて検証した。表-2から相関係数 $r$ の絶対値が0.75以上の8種類の演算式を選抜し、これらを用いた回帰式による病葉数の推定値と実数との関係を表-3に示す。ここでは、推定値と実測値との間の回帰分析の結果（ $R^2$ および回帰式の各パラメータ）とともに、実測値と推定値との誤差を表すRMSE（平均平方二乗誤差）およびMAE（平均絶対誤差）も示す。いずれの演算式を使った推定値においても寄与率（ $R^2$ ）は0.85～0.88と高く、推定値と実測値との相関は総じて高かった。さらに、8種類の中ではRMSEおよびMAEが小さかった $G/R$ および $NG - NR$ を使った推定値と実測



図-3 ドローンで撮影した摘採面上に設置した調査枠と枠内の拡大画像（左下図）（小澤ら，2017を改変）

調査枠サイズは25×50cm。枠近くの白い物体は番号を記した紙。



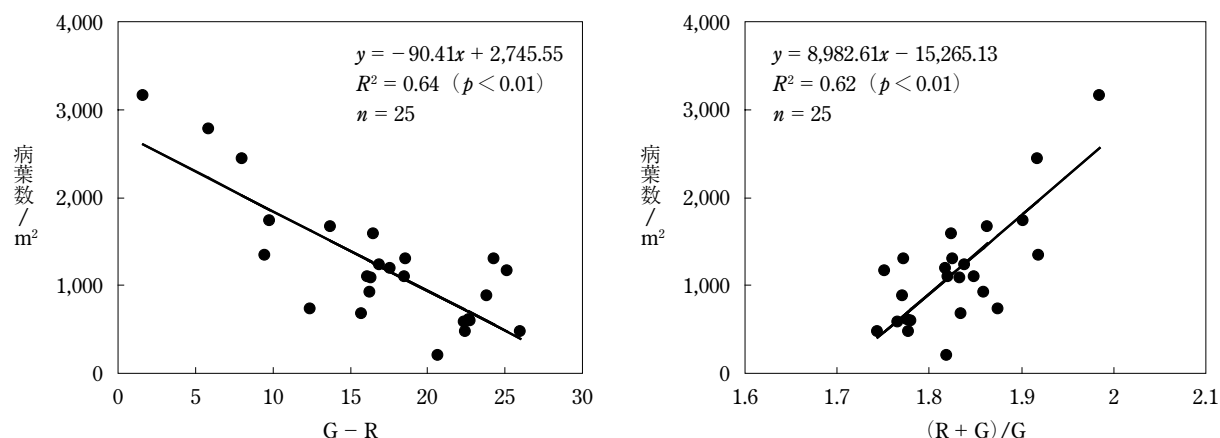


図-4 色データを組合せた演算値と炭疽病の病葉数との相関関係の例（小澤ら，2017）

左図のX軸はG-R値を，右図のX軸は $(R+G)/G$ 値を用いた。

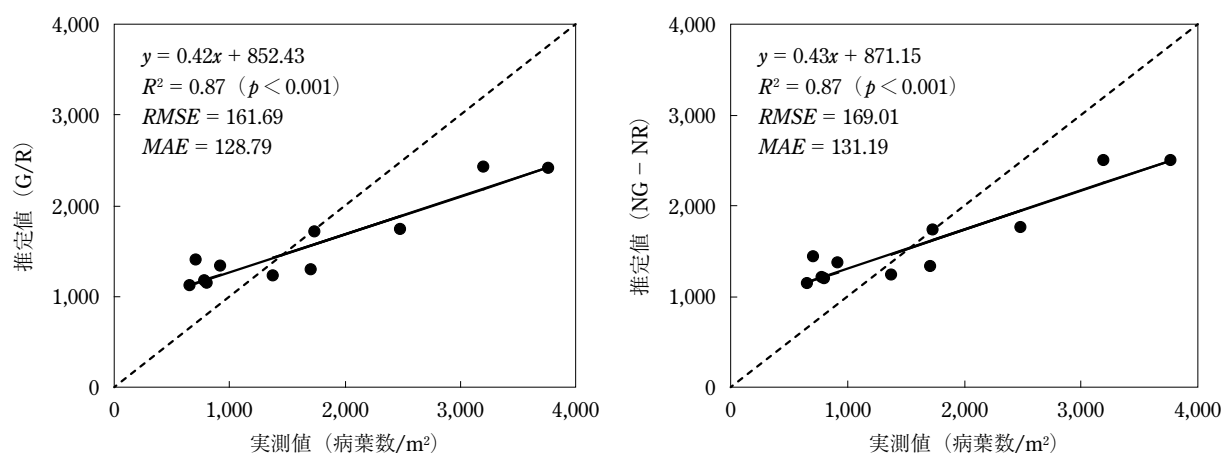


図-5 炭疽病の実測値 (x) と色データを用いた推定値 (y) との関係の例（小澤ら，2017）

左図はG/R，右図はNG-NRと実数値（病葉数）との間の直線回帰式（表-2）をそれぞれ当てはめて計算された値。

図中の破線は $y = x$ を示す。

値との関係を図-5に示す。直線回帰式の傾きに関してはいずれも1より小さく，病葉数が特に多い場合（約2,500枚/m<sup>2</sup>以上）には推定値は過小評価になる傾向が認められた。発病が極端に多い場所で過小評価になる理由としては，落葉が積層し，表面画像では認識できない病葉が多くなったためと考えられる。また，推定式を作成した撮影日（10月7日）から時間が経過しており，この間に落葉が増加した影響も考えられる。なお，表-3に示した演算式の推定値と実測値との誤差の絶対値については8種類の間で有意差は認められなかった ( $p > 0.05$ ) ので，8種類の演算式の再現性に差はないと考えられた。実用的な演算式の選抜にあたっては，今後，さらに検証を重ねてより信頼性の高い演算式を絞り込む必要がある。

本研究は，1回の試験結果ではあるが，色データを組合せた演算式を用いた病葉数の推定が可能であることが

示された。そこで，推定値に基づく発生程度別マッピング画像の作成も試みた。演算式としてG-Rを説明変数 (x) として用いた推定式を用い，便宜的に5段階に色分けを行った（図-6）。元画像（図-2・上）や加工画像（図-2・下）と比較して発病葉の分布特性がより明瞭化した。他の演算式を用いて作成した画像も，これとほぼ類似した画像となった。QGISでは分画するピクセルサイズや色分けの基準値等は自由に設定できるので，面積や目的に応じた編集も可能である。現在，チャノミドリヒメヨコバイによる新芽被害のマッピング画像も作成中であるが，チャ炭疽病と同様に，圃場内の被害の分布特性が一目瞭然となった（小澤ら，未発表）。このように，茶園に発生する病害虫の程度別マッピング画像は，ピンポイントでの防除や防除の要否判断に資することが可能となろう。

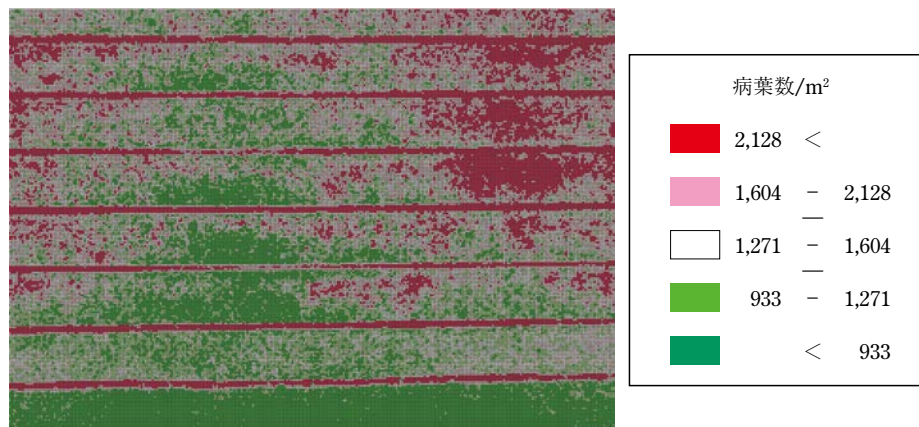


図-6 推定式により算出された炭疽病の病葉数を程度別に5段階に色分けしたマッピング画像の例  
 (元画像は図-2・上)  
 沼津高専の鈴木静男博士と諏訪尚也氏が QGIS を使用して作成。なお、色分け基準値等の設定は変更可能。

#### IV 今後の課題と展望

今回の調査は、炭疽病に罹病性の高い‘さやまかおり’（堀川，1987）の圃場を対象としており、普及品種である‘やぶきた’などよりも多発条件下での調査となった。今後は、発病の少ない場合における検証も行う必要がある。また、‘やぶきた’では輪斑病など類似病害との識別も課題となろう。

チャの重要病害である炭疽病の発病程度（被害）調査は、これまでは枠調査による直接計数法に限られていた。この調査法は、多発条件では非常に多大な労力を要する。しかし、今回、ドローンの空撮によって直接計数をしなくても発病程度の推定が可能であることが示された。本法は、調査労力の省力化とともにこれまでは把握が難しかった発病部位の圃場内分布特性など新たな情報の取得も可能とする。

また、炭疽病では、一番茶収量は前年三番茶葉における発病程度が影響し、三番茶葉の発病程度は二番茶摘採残葉での発病程度に依存する（OZAWA and NISHIJIMA, 2002）。三番茶葉での被害許容水準は約 1,000 枚/m<sup>2</sup>、三番茶芽における要防除水準は前茶期の二番茶摘採残葉の発病葉数約 150 枚/m<sup>2</sup>である（OZAWA and NISHIJIMA, 2002）。これらの知見から、ドローンの空撮画像を利用した被害推定により、翌年の減収率予測、二番茶摘採残葉における発病葉数に基づく三番茶期の防除要否判断も可能と考えられる。ただし、発病程度の推定に用いる推定式（直線回帰式）の傾きと切片については、イネいもち病の推定式を作成した千脇らの研究（1999）においても年次や圃場でパラメータが異なったように、普遍性を有する完成された推定式を構築することは難しいかもしれない。実際

の利用にあたっては、調査圃場において病葉数の異なる無または少～多の発生箇所数点（直線回帰式が引ける最低 4 点以上が必要か）の画像データと実数をあらかじめ取得し、次に本研究で得た演算式を使った推定式（＝検量線に当たる）を作成したうえで、それを全体または調べたい部分に適用する方法が現実的と思われる。今後は、品種や茶期等条件を変えてデータをさらに蓄積し、前述のような方法を検証する必要がある。また、こうした一連の処理を自動化するアプリなどの開発も期待したい。

#### おわりに

ドローンを利用したリモートセンシング技術は、利便性、機体の入手等の普及性の高さが衛星利用などに優れていると考える。千脇ら（1999）がイネの病害虫を対象に行ったラジコンヘリコプターの空撮によるセンシングは現代のドローン利用によるセンシングを先取りしたような方法であったが、シングルロータ機であるラジコンヘリの操縦はたいへん難しく一般的ではない。一方、本研究で使用したマルチ・ロータ型の小型ドローンは飛行安定性が非常に優れ（ただし、GPS 制御下）、操縦もしやすいため、農家自身や農協、普及センターの職員でも操縦自体は可能である。実際、静岡県内でも、自己所有のドローンを茶園管理に利用している茶農家がすでに存在する。とはいえ、近年ドローンの墜落事故が多発し、人身事故も発生していることから、研究も含め新規参入する場合には、JUIDA などの認定機関による訓練を受けて操縦士資格を取得し法令を遵守する必要がある。静岡県の研究機関では、茶業研究センターを含めて数名の職員が JUIDA 認定の操縦士資格を取得している。

茶園を含めた樹園地を対象としたドローンによるリモ



ートセンシング研究では、マルチスペクトルカメラによるNDVI画像や樹園地の3D（立体画像）化、サーモグラフィカメラの利用等も始まっている（増井ら、未発表）。これら先端的な研究では、どうしても高額な機器類（ドローン、カメラ、高性能パソコン、画像解析ソフト）が必要となるため、有益で貴重な情報が得られる一方ですぐには普及に結びつきにくい。しかし、本研究で取り扱ったような安価な小型ドローンと写真編集ソフトの組合せであっても、撮影した可視画像から有益な情報が得られることを今回示すことができた。特に、チャ（茶園）は、果樹や畑作物に比べて撮影対象の植物体が平面的に広がり土壌の映り込みが少ないため、空撮には好適な農作物といえる。筆者らは、今回扱った炭疽病のように発病部位が面的な色変化を示す病害虫以外に、ピンポイントで発生する病害虫に関してもドローンが撮影した圃場画像を使って密度推定する方法を提案している（小澤ら、2018）。今後も、効率的な茶園管理に向けてドロー

ーンを利用した様々なアイデアを試みていきたい。

## 引用文献

- 1) 秋山 侃ら (1996): 農業リモートセンシング環境と資源の定量的解析一, 養賢堂, 東京, 166 pp.
- 2) 古家直行 (2016): 季刊・森林総研 No.35: 4~5.
- 3) 半沢伸治ら (1995): 北日本病虫研報 46: 12~14.
- 4) 堀川知廣 (1987): 茶研報 65: 46~53.
- 5) MACDONALD, R. B. et al. (1972): Proc. 8th Int. Remote Sensing Symp. Environ., p.157~190.
- 6) 野波健蔵 (2016): 飛躍するドローン・マルチ回転翼型無人航空機の開発と応用研究・海外動向・リスク対策まで, 株式会社エヌ・ティー・エス, 東京, p.3~20.
- 7) 小野朗子ら (2002): 日本リモートセンシング学会誌 22(3): 318~327.
- 8) OZAWA, A. and T. NISHIJIMA (2002): Proceedings of The 1st International Conference on O-CHA(tea) Culture and Science (ICOS2001), p.218~220.
- 9) 小澤朗人ら (2017): 茶研報 124: 9~16.
- 10) ———ら (2018): 関西病虫研報 60: 113~116.
- 11) 千脇健司ら (1999): 同上 41: 3~10.
- 12) 渡邊 修 (2016): 植物防疫 70: 826~830.

## 新しく登録された農薬 (30.8.1~8.31)

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

「殺菌剤」

## ●アゾキシストロビン・イソピラザム水和剤

24104：サンジェットフローラ フロアブル（シンジェ  
ンタジャパン）18/8/8

アゾキシストロビン：18.0%

イソピラザム：11.2%

きく：白さび病：発病前～発病初期

ばら：うどんこ病：発病前～発病初期

## ●トルプロカルブ粒剤

24107：サンブラスパック（三井化学アグロ）18/8/29

24108: ゴウケツパック (北興化学工業) 18/8/29

トルプロカルブ：20.0%

稲：いもち病：出穂5日前まで但し、収穫30日前まで

「除草剤」

●キザロホップエチル水和剤

24105：アフターエイドフロアブル（日産緑化）18/8/8

キザロホップエチル：7.0%

水田作物（水田畦畔）：一年生及び多年生イネ科雑草（スズメノカタビラを除く）

## ●エトキシスルフロン・クロメプロップ・トリアファモン・フェントラザミド粒剤

24106: ドリフ 1 キロ粒剤 (バイエルクロップサイエンス) 18/8/29

エトキシスルフロン：0.17%

クロメプロップ：4.5%

トリアファモン：0.40%

フェントラザミド：2.0%

移植水稻：水田一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ミズ

ガヤツリ、ウリカワ、ヒルムシロ、セリ、クログワイ、  
オモダカ、コウキヤガラ、キシユウスズメノヒエ

●グリホサートイソプロピルアミン塩液剤

24109 : CBC グリホス液剤 (CBC) 18/8/29

グリホサートイソプロピルアミン塩：41.0%

果樹類 (かんきつ、パイナップルを除く)、かんきつ、豆類 (種実、ただし、だいず、あずき、いんげんまめ、らっかせいを除く)、だいず、小麦、麦類 (小麦を除く)、かんしょ、野菜類 (えだまめ、キャベツ、はつかだいこん、だいこん、とうがらし類、にんじん、ピーマン、ねぎ、たまねぎ、アスパラガス、オリーブ (葉)、きゅうり、しゃくやく (薬用)、たらきのき、トマト、なす、びわ (葉)、ほうれんそう、レタス、薬用になんじんを除く)、とうがらし類、にんじん、ピーマン、アスパラガス、オリーブ (葉)、きゅうり、しゃくやく (薬用)、たらきのき、トマト、なす、びわ (葉)、ほうれんそう、レタス、薬用になんじん、キャベツ、だいこん、はつかだいこん、ねぎ、たまねぎ、さとうきび (春植え)、茶、牧草、樹木等：一年生雑草

牧草：一年生雑草及び多年生雑草

小麦：多年生イネ科雑草

果樹類（かんきつ，パイナップルを除く），かんきつ，  
小麦，さとうきび（春植え），牧草，樹木等：多年生  
雑草

林木、烟作物：竹類

林木、樹木等：落葉雜かん木

林木：クス、ススキ、ササ類、クス等の多年生雑草

樹木等：雑かん木、スギナ

# 研究 報告

## UV-B 照射によるパセリーうどんこ病の防除効果

香川県農業試験場生産環境部門 にしむら 西村 ふみひろ 文宏・森 もり 充隆 みつたか

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門  
花き生産流通研究領域 生産管理ユニット

さ 佐 とう 藤 まもる 衛

### はじめに

パセリーうどんこ病菌 *Erysiphe heraclei* de Candolle はセリ科植物に対して幅広い宿主範囲を有しており、国内ではイノンド、アシタバ、シラネセンキュウ、ニンジン、セリモドキ、ハマボウフウ、ヤマゼリ、ヤブジラミ等に寄生を認めた報告がある（佐藤・江藤，2014）（図-1）。また、パセリー由来の菌のヤブジラミ、ニンジンに対する病原性も報告されている（都崎・十河，1989）。香川県のパセリー作付面積は7 ha、収穫量は172 t（農林水産省，2015）あり、西日本で第2位、全国でも第6位の生産地である。作型には初夏どりと秋冬どりとがあり、香川県では秋冬どりが優占している。6月播種，8月定植，10月から翌年4月まで約7か月にわたって収穫が行われている。無被覆のハウスに定植後，9月まで寒冷紗による遮光を行うが，10月以降保温のためハウス全体をビニールで被覆する。パセリーうどんこ病は被

覆以降，1～2月の厳寒期を除いた収穫終了まで恒常的に発生している。わずかでもうどんこ病の発病が見られると商品価値が損なわれることから，大きな減収要因となる。また，マイナー作物のため登録農薬が少なく，軽量野菜であることから農薬が残留しやすく，農薬登録が進まない現状がある。そこで，近年新たな防除技術として紹介された紫外光（UV-B）照射はイチゴうどんこ病（神頭ら，2011；松浦ら，2012；有元ら，2014），バラうどんこ病（小林ら，2014），ナス科植物のすすかび病・灰色かび病（岡田・岡，2014）といった幅広い植物の病害に対して効果が認められていることから，パセリーへの応用とその実用性について検討したので報告する。

当報は関西病虫害研究会報第59号に掲載された内容を再構成したものであることから，詳細は上記報告を参照されたい。

### I UV-Bの照射がパセリーの生育に及ぼす影響（秋冬どり作型）

2014年7月28日に市販の培土（苗土くん：朝日肥糧株式会社）を充てんした6 cmポットにパセリー種子（品種：‘グランド’）を播種し，8月26日からUV-Bの照射を開始した。UV-B光源（SPWFD24UB1PA：パナソニック）を栽培床から90 cm，110 cm，150 cmに設置し，夜間0～3時の間に3時間連続照射した。対照として，照射を行わない非照射区を設けた。UV-Bの照度は照度計（X1-1 optometer：Gigahertz-optik）により計測し，それぞれ15.0～24.0  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，25.0～60.0  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，90.0～140.0  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ であった。照度は以下の試験すべてにおいて当該照度計を用いて計測した。9月25日に葉焼け程度を目視により調査し，地上部重量を各照射区別に計測した。10月14日に各照射区別に市販の培土（土太郎：スミリン農産工業株式会社）を充てんしたプランターへ3株ずつ定植し，2015年3月16日に各株のクラウン直径，葉柄の長さ，1株当たりの葉数について調査した。なお，定植後はUV-Bを照射しなかった。その結果，ポット



図-1 パセリー上に発生したうどんこ病

Control against Powdery Mildew of Parsley by UV-B Radiation.  
By Fumihiko NISHIMURA, Mitsutaka MORI and Mamoru SATOU  
(キーワード：パセリー，うどんこ病，UV-B)

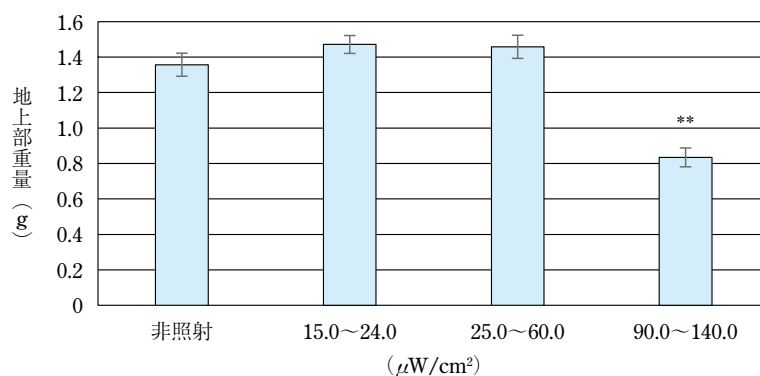


図-2 育苗期の UV-B 照射による地上部重量への影響

非照射に対して, \*\*は有意差を示す (Tukey HSD  $p < 0.01$ ).  
エラーバーは標準誤差を示す.

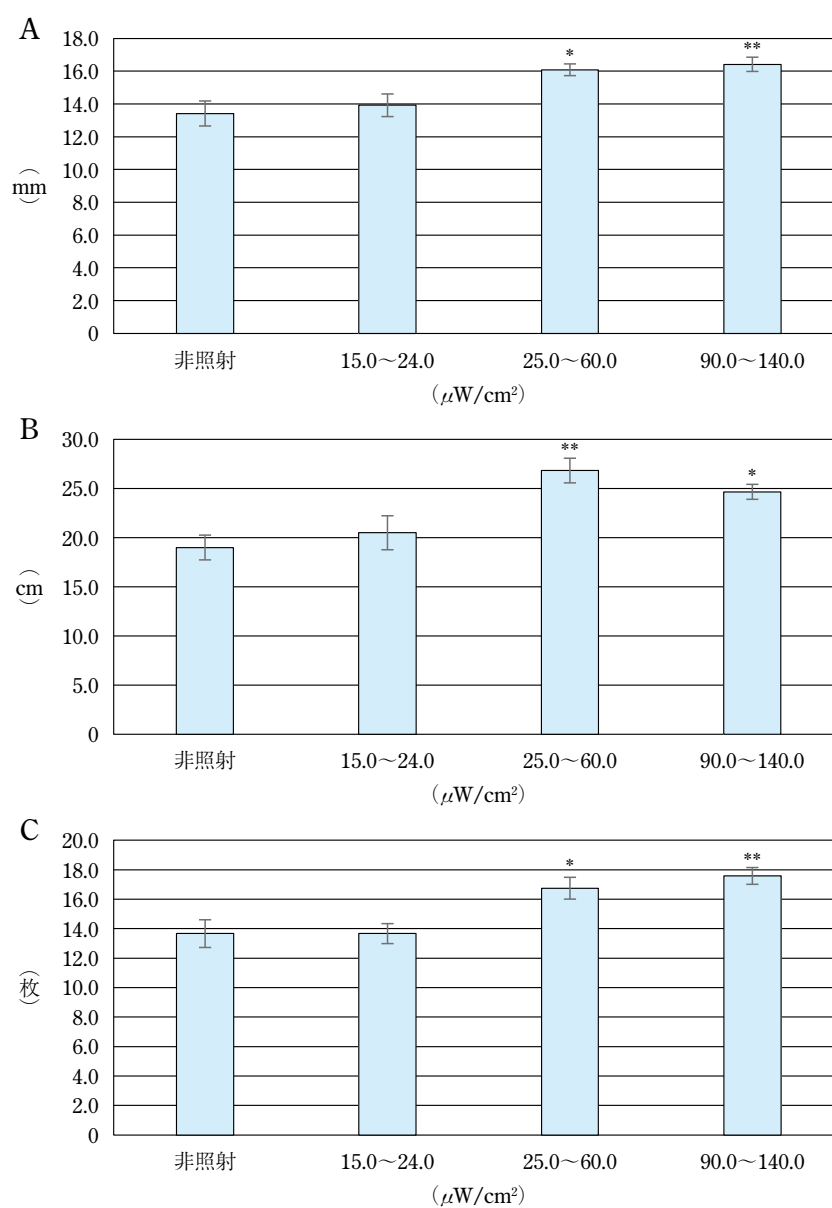


図-3 育苗期に UV-B を照射した苗の定植後の生育に対する影響

非照射に対して, \*は ( $p < 0.05$ ), \*\*は ( $p < 0.01$ ) の有意差を示す (Tukey HSD). エラーバーは標準誤差を示す. A: クラウン直径, B: 葉の長さ, C: 1株当たりの葉数.



苗の地上部重量は、照度  $90.0 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  以上で生育抑制および葉焼け症状が認められた一方、照度が  $60.0 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  以下であれば葉焼け症状を認めず、生育への影響も認められなかった（図-2）。各照射区の苗をプランターに定植後、育苗期に照度  $25.0 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  以上の照射を行った株を非照射株と比較すると、クラウン直径の肥大、葉の伸長、葉数の増加が認められた（図-3）。

## II 育苗圃と本圃での UV-B 照射によるうどんこ病防除効果の検討（秋冬どり作型）

2014 年 6 月 24 日に I 章と同様に播種し、7 月 8 日から UV-B の照射を開始した。UV-B 光源を育苗棚から 90 cm の高さに設置し、夜間 0～3 時の間に 3 時間連続照射した。照度は  $5.5 \sim 12.7 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  であった。対照として、照射を行わない非照射区を設けた。本圃は、間口 6 m、長さ約 30 m のビニールハウスを使用し、畝幅 120 cm、条間 25 cm、株間 25 cm、二条千鳥植えとして、8 月 20 日に定植を行った。10 a 当たりの肥料は、元肥に油かす 600 kg（N：5.3%，P：2.0%，K：1.0%）、カキ殻肥料（サンライム）200 kg（炭酸カルシウム 89.3% ほか）、追肥に有機入り粒状複合 887 号（くみあい肥料株式会社）（N：8.0%，P：8.0%，K：7.0%）を適宜施用した。ハウスにビニール被覆を行った 10 月 28 日、UV-B 光源を畝面からの高さ 160 cm、畝に沿って 170 cm、列



図-4 本圃での UV-B 電球設置状況

幅 300 cm の 2 列間隔で設置し、育苗圃での UV-B 照射苗および非照射苗のそれぞれについて、照射区および非照射区を設け、夜間 0～3 時の間に 3 時間連続照射した（図-4）。12 月 5 日、照射区の一部で葉焼け症状を認めたため、該当箇所の畝面からの高さを 170 cm に変更した。照度は  $15.4 \sim 31.4 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  であった。発病調査は、パセリーに対する障害発生の有無を適宜調査するとともに、発病が認められた 2015 年 4 月 21 日に区当たり 3 畝、畝当たり 20 株または 40 株について、無作為に各株から 1 葉を採取し、下記に示したうどんこ病の発病程度別に調査を行い、発病株率および発病度を求めた。発病程度は 0：発病を認めない、1：病斑面積が 5% 未満、2：病斑面積が 5% 以上 25% 未満、3：病斑面積が 25% 以上 50% 未満、4：病斑面積が 50% 以上とした。その結果、非照射区非照射苗の発病度が 45.4 を示したのに対し、照射区非照射苗では 0.4 であった。同様に、非照射区照射苗の発病度が 42.9 を示したのに対し、照射区照射苗では 0.2 であった。照射区は育苗圃での照射の有無にかかわらず、防除価が 99.1 以上であった（表-1）。UV-B の照射による本圃での発病抑制効果には育苗圃での照射の有無による差異を認めなかった。

## III 本圃での UV-B 照射条件の検討（秋冬どり作型）

2015 年 8 月 19 日に I 章の通り播種し、10 月 1 日に II 章と同一の本圃に同様な耕種概要で定植を行い、10 月 21 日から UV-B 照射を開始した。UV-B 光源を畝面からの高さ 170 cm、列幅 300 cm の 2 列間隔として、畝に沿って 300 cm、400 cm、500 cm の 3 種類の間隔で設置し、夜間 0～3 時の間に 3 時間連続照射した。各照射区の平均照度は 11.5, 9.7,  $9.3 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  であった。対照として、照射を行わない非照射区を設けた。UV-B 光源の設置間隔にかかわらずすべての照射区において葉焼けが認められたため、12 月 22 日から 2016 年 3 月 7 日まで照射を

表-1 育苗圃と本圃での UV-B 照射の有無によるうどんこ病の防除効果

| 本圃   | 供試苗 | 調査株数 | 発病程度 |    |    |    |    | 発病株数 | 発病株率 (%) | 発病株率の 95%信頼区間 | 発病度* | 防除価** |
|------|-----|------|------|----|----|----|----|------|----------|---------------|------|-------|
|      |     |      | 0    | 1  | 2  | 3  | 4  |      |          |               |      |       |
| 照射区  | 照射  | 120  | 119  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1    | 0.8      | 0 ~ 4.6       | 0.2  | 99.5  |
|      | 非照射 | 100  | 98   | 2  | 0  | 0  | 0  | 2    | 1.7      | 0.2 ~ 7.0     | 0.4  | 99.1  |
| 非照射区 | 照射  | 100  | 11   | 45 | 21 | 12 | 11 | 89   | 89.2     | 81.2 ~ 94.4   | 42.9 | 5.5   |
|      | 非照射 | 100  | 5    | 49 | 22 | 15 | 9  | 95   | 95.0     | 88.7 ~ 98.4   | 45.4 | —     |

表中の数値は 3 反復の合計値で算出。

\*：発病度：(((発病程度 1 の株数) × 1 + (発病程度 2 の株数) × 2 + (発病程度 3 の株数) × 3 + (発病程度 4 の株数) × 4) / 調査株数 × 4) × 100。

\*\*：防除価：100 - (当該区の発病度 / 非照射苗の本圃非照射区の発病度) × 100。

表-2 本圃における UV-B 照度別のうどんこ病の防除効果

| 光源の<br>間隔 | 調査<br>株数 | 発病程度 |    |    |    |   | 発病<br>株数 | 発病株率<br>(%) | 発病株率の<br>95%信頼区間 | 発病度  | 防除価  |
|-----------|----------|------|----|----|----|---|----------|-------------|------------------|------|------|
|           |          | 0    | 1  | 2  | 3  | 4 |          |             |                  |      |      |
| 300 cm    | 75       | 75   | 0  | 0  | 0  | 0 | 0        | 0           | —                | 0    | 100  |
| 400 cm    | 75       | 75   | 0  | 0  | 0  | 0 | 0        | 0           | —                | 0    | 100  |
| 500 cm    | 75       | 36   | 32 | 7  | 0  | 0 | 39       | 52.0        | 40.2~63.7        | 15.3 | 71.8 |
| 非照射       | 69       | 0    | 16 | 31 | 16 | 6 | 69       | 100         | —                | 54.3 | —    |

表中の数値は3くりかえしの合計値で算出。

表-3 UV-B と薬剤を組合せたうどんこ病の防除効果

| 調査日              | 本圃   | 調査<br>株数 | 発病程度 |    |   |    |   | 発病<br>株数 | 発病株率<br>(%) | 発病株率の<br>95%信頼区間 | 発病度  |
|------------------|------|----------|------|----|---|----|---|----------|-------------|------------------|------|
|                  |      |          | 0    | 1  | 2 | 3  | 4 |          |             |                  |      |
| 7月13日<br>(薬剤散布前) | 照射区  | 39       | 5    | 23 | 8 | 3  | 0 | 34       | 89.0        | 72.6~95.7        | 30.5 |
|                  | 非照射区 | 38       | 3    | 1  | 9 | 22 | 3 | 35       | 87.5        | 78.6~98.3        | 59.9 |
| 8月4日<br>(薬剤散布後)  | 照射区  | 47       | 41   | 6  | 0 | 0  | 0 | 6        | 12.7        | 4.8~25.7         | 3.2  |
|                  | 非照射区 | 47       | 7    | 40 | 0 | 0  | 0 | 40       | 85.4        | 71.7~93.8        | 21.4 |

表中の数値は4くりかえしの合計値で算出。

中止した。発病調査は、パセリーに対する障害発生の有無を適宜調査し、初発を認めた12月22日および4月10日に25株または23株の区を設け無作為に各株から1葉を調査し、II章と同様の手法で発病株率および発病度を求めた。その結果、12月22日の調査では、非照射区の発病株率13.0%、発病度3.3であったのに対し、すべての照射区において発病が全く見られなかった（データ略）。4月10日の調査では、非照射区の発病株率100%、発病度54.3を示したのに対し、300 cm区および400 cm区では全く発病を認めず、500 cm区では発病株率52.0%、発病度15.3を示した（表-2）。

#### IV うどんこ病発生時の防除方法の検討 (初夏どり作型)

2015年4月22日にI章の通り播種し、5月22日からUV-Bの照射を開始した。UV-B光源を育苗棚から120 cmの高さに設置し、夜間0~3時の間に3時間連続照射した。照度は13.6~28.1  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ であった。本圃は、間口6 m、長さ8 mのビニールハウスを使用し、畝幅120 cm、条間25 cm、株間25 cm、二条千鳥植えとして、5月29日に定植を行った。10 a当たりの肥料は、元肥にゆるやか（朝日肥糧株式会社）245 kg（N：18%、P：12%、K：12%）、薬物専用280（朝日肥糧）370 kg（N：12%、P：8%、K：10%、ほか）、苦土石灰160 kg、追肥に有機入り粒状複合887号（くみあい肥料）（N：8.0%、P：8.0%、K：7.0%）を適宜施用した。UVカットフィルム（テキナシ5 UV：シーアイ化成）でハウスを半分

に区切り、一方にUV-B光源を畝面からの高さ170 cm、畝に沿って170 cm、1列の間隔で設置した。照度は6.3~20.6  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ であった。他方に照射を行わない非照射区を設けた。発病調査は、パセリーに対する障害発生の有無を適宜調査し、発病が認められた7月13日に各区を四つに区切り、4くりかえしとして全葉を調査し、II章と同様の手法で発病株率および発病度を求めた。その後、7月15日、22日、29日に野菜類登録を有し、使用回数制限のない脂肪酸グリセリド乳剤600倍と炭酸水素ナトリウム・銅水和剤1,000倍の混合液を圃場全体に散布し、8月4日、上記と同様に調査を行った。その結果、照射区では薬剤散布前に発病株率89.0%、発病度30.5を示したが、3回散布6日後の調査では、発病株率12.7%、発病度3.2に激減した。非照射区では、薬剤散布前の発病株率87.5%、発病度59.9を示したが、薬剤散布後は発病株率85.4%の微減、発病度21.4と減少が見られた（表-3）。

#### おわりに

UV-B照射によるパセリーの生育への影響試験では照度60.0  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 以下のUV-Bを夜間3時間照射しても葉焼け症状を認めなかった。これを一日当たりのエネルギーに換算すると6.48 kJ/m<sup>2</sup>/dとなり、西村ら（2015）が報告したイチゴの育苗圃で葉焼けが認められる照度34.3  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ （3.7 kJ/m<sup>2</sup>/d：夜間3時間照射）、松浦ら（2010）が報告したイチゴの育苗圃で生育に影響を与えない照度14.0  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ （3.02 kJ/m<sup>2</sup>/d：日中6時間照射）

を大きく上回った。神頭ら (2011) は照度  $18.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ( $6.5 \text{ kJ}/\text{m}^2/\text{d}$ : 日中 10 時間照射) でも葉焼けを認めないと報告している。夜間の照射を行った西村 (2015) の報告と比較してもパセリーはイチゴよりも UV-B による生育への影響を受けにくいと考えられた。また、KRUPA and KICKERT (1989) はパセリーと同じセリ科ミツバ属に属するセルリーは UV-B 照射による生育への影響を受けにくく、イチゴと同じバラ科イチゴ属に属するラズベリーは影響を受けやすいことを報告しており、当試験の結果と同様な傾向が見られた。定植後の生育への影響は今回、圃場ではなくプランターであったこと、供試株数が少なかったことから、定植後の生育促進効果については再度検討を行う必要がある。これらのことから、育苗圃のパセリーでは  $60.0 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  程度が UV-B による生育への影響を受けない閾値であると考えられた。

パセリーの育苗は本圃とは異なる場所で行うため、播種から収穫まで継ぎ目なく UV-B を照射すると、比較的多額のコストが発生する。また、パセリーうどんこ病菌の伝染環は明らかにされておらず、栽培経験に基づいて設計したカレンダー防除となっている。そこで、コスト削減の可能性および防除 (照射) 適期を探るため、育苗圃における UV-B 照射の必要性について検討した。育苗圃で UV-B の照射を行った苗を用いて本圃に定植を行ったが、本圃でも継続して照射を行わなければ防除効果が得られなかった。イチゴでは UV-B の照射によりフェニルアラニンアンモニリアーゼ (PAL) といった抵抗性誘導関連遺伝子の転写が見られる (神頭ら, 2011) が、可視光により同遺伝子の転写は減少に転ずるため、防除効果を維持するには UV-B の照射継続が必須であると考えられた。一方、本圃のみの照射であっても十分な防除効果が得られることから、育苗圃よりも本圃での照射が防除には重要であると考えられた。ただし、年によっては育苗圃においても発病が見られることから、育苗圃から本圃まで照射するほうが望ましいと考えられた。

本圃での効率的な照射条件については、6 m 間口ハウスにおいて UV-B 光源を畝面からの高さ 170 cm, 列幅 300 cm を固定値とし、畝にそって 300 cm, 400 cm, 500 cm と 100 cm ずつ間隔を延長して設置した。500 cm 区で発病が見られたが、400 cm 区と 500 cm 区の平均照度はそれぞれ  $9.7, 9.3 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  を示し、両区間において照度の大きな差は認められないことから、500 cm 区に隣

接して設けた非照射区からの感染圧が発病に大きく影響していると考えられた。これらより、本圃では  $9.0 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  程度の照度を確保することで防除効果が得られるが、感染圧が高まると UV-B の照射のみでは発病を抑制できないと考えられた。IV 章においても  $6.3 \sim 20.6 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  の照度があるにもかかわらず、定植から 40 日程度で高い発病程度と発病株率を示したが、同様に周囲からの感染圧に起因すると考えられた。

最後に、発病が見られる植物での効果的な防除方法について検討した。パセリーは軽量野菜であり、マイナー作物であることから登録農薬が限られる。そこで、西村 (2015) の防除方法に準じて、野菜類登録を有する使用回数制限のない脂肪酸グリセリド乳剤 600 倍と炭酸水素ナトリウム・銅水和剤 1,000 倍の混合液を 3 週間連続で散布したところ、照射区および非照射区の発病株率は薬剤散布前には同程度であったが、薬剤散布後、非照射区が微減にとどまったのに対して、照射区では激減した。発病度についても類似した傾向が見られた。パセリーは気温  $18^\circ\text{C}$  の条件下では 10 日で  $1.6 \sim 1.7$  枚の葉の分化が見られ、生産現場では 10 日間隔で 1~2 枚を収穫する (農文協, 2004) ことから、脂肪酸グリセリドおよび炭酸水素ナトリウム・銅水和剤により分生子の飛散および菌糸伸長が抑えられ、UV-B による抵抗性誘導で新たな発病が抑制され、収穫により既存の感染葉が除去されることで効果的な防除がなされたと考えられた。これらのことから、UV-B の照射と野菜類登録を有する使用回数制限のない農薬を組合せることで回数制限のある化学合成農薬を全く用いることなく、うどんこ病を効果的に防除できる手法が確立された。

## 引用文献

- 1) 有元倫子ら (2014): 関西病虫研報 **56**: 75~76.
- 2) 神頭武嗣ら (2011): 植物防疫 **65**: 28~32.
- 3) 小林光智衣ら (2014): 同上 **68**: 53~57.
- 4) KRUPA, S. V. and R. N. KICKERT (1989): Environ. Pollut. **61**: 263~293.
- 5) 松浦克成ら (2010): 関西病虫研報 **52**: 85~86.
- 6) ————ら (2012): 同上 **54**: 125~126.
- 7) 西村文宏ら (2015): 日植病報 **81**: 265 (講要).
- 8) ———— (2015): 現代農業 11 月号: 180~183.
- 9) 農林水産省 (2015): 野菜生産出荷統計 2015 年「パセリー」平成 28 年 12 月 2 日公表.
- 10) 農山漁村文化協会 編 (2004): 野菜園芸大百科・第 2 版 14, 農山漁村文化協会, 東京, p.395~403.
- 11) 岡田清剛・岡 久美子 (2014): 植物防疫 **68**: 58~65.
- 12) 佐藤幸生・江藤志保美 (2014): 富山県大紀要 **24**: 26~65.
- 13) 都崎芳久・十河和博 (1989): 四国植防報 **24**: 47~50.




 研究  
報告

# イネ縞葉枯病抵抗性品種‘彩のかがやき’、 ‘彩のきずな’の縞葉枯病防除効果および ヒメトビウンカの発生消長と RSV 保毒虫率

埼玉県農業技術研究センター さかい 酒井 かずひこ 和彦・うえたけ 植竹 つねお 恒夫

## はじめに

イネ縞葉枯病は、ヒメトビウンカ *Laodelphax striatellus* が媒介するイネ縞葉枯ウイルス (*Rice stripe virus*, RSV) によって引き起こされるイネの重要病害である。発病したイネにおける病徴は、葉脈に沿って黄緑色～黄白色の縞状の斑紋を生じ、抽出中の葉が黄白化して下方に巻き込んで葉幅が細くなり、徒長して弓なりとなって垂れ下がり正常に展開しなくなり、さらに、発生した分げつも同様の病徴を呈してやがて夭折する。生育中期の感染では穂が奇形となり正常に出穂せず、出穂しても不稔となる。生育初期に感染すると株全体に病徴が生じ、こより状に垂れ下がった抽出葉が多数生じる「ゆうれい症状」となり、甚だしい場合は株が枯死する(図-1～図-4)。本病は、日本国内では1890年代からその被害が知られ、1960～80年代にかけて大きな被害をもたらしてきた(鳥山, 2010)。

本病防除の基本はウイルス媒介虫ヒメトビウンカの防除であるが、九州地域でのイミダクロプリド剤およびフィプロニル剤に対する感受性低下、関東地域のフィプロニル剤に対する感受性低下(SANADA-MORIMURA et al., 2011)が報告されており、過度の薬剤使用は好ましくない。一方、薬剤に頼らない防除メニューの一つとして抵抗性品種の利用が挙げられるが、我が国初の実用的な本病抵抗性品種‘むさしこがね’(塩原ら, 1982)の育成をはじめ、現在に至るまで多くの抵抗性品種が実用化されている。筆者らの所属する埼玉県では、‘むさしこがね’以後も抵抗性品種の育成に精力的に取り組み、2002年に育成した‘彩のかがやき’(荒川ら, 2003)が県下で広く普及している。さらに、登熟期の高温耐性を併せ持つ‘彩のき

ずな’(荒川ら, 2013)を2012年に育成、普及を進めている。これら両品種で県内の水稲作付面積の約40%を占めている(図-5)。

近年のイネ縞葉枯病防除対策に関連するプロジェクトとしては、2015～17年の3年間、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業により「産地に応じて抵抗性品種と薬剤防除を適宜利用するイネ縞葉枯病の総合的防除対策技術の開発(農食事業27002C)」が実施された。本研究により、イネ縞葉枯病の圃場内での伝搬様式、箱施用薬剤と本田散布を組合せたヒメトビウンカの防除適期、冬季耕起などの圃場管理技術、抵抗性品種による防除効果の検証と留意点等が明らかとなり、これらの成果を盛り込んだ縞葉枯病防除マニュアルがweb上で公開されている(中央農研, 2017)。

本稿では、抵抗性品種による縞葉枯病防除効果と併せ、ヒメトビウンカの発生消長とRSV保毒虫率から考えられる普及上の留意点について述べる。2016年までの2年間の結果は既報の通り(酒井ら, 2017)であるが、2017年に行った研究の結果も併せて紹介したい。なお、本研究の成果は前述の「農食事業27002C」により得られたものである。

## I イネ縞葉枯病抵抗性品種による防除効果

本県では、本田病害虫の防除を行わない水田を研究所内に設置し、イネの各種病害虫の発生消長を把握して病害虫発生予察に活用してきた。そこで、抵抗性品種‘彩のかがやき’‘彩のきずな’と、感受性品種‘コシヒカリ’‘キヌヒカリ’を本田病害虫の防除を行わずに栽培し、抵抗性品種における縞葉枯病防除効果を検証した。

埼玉県における水稲移植時期は4月下旬から7月初めまでの長期にわたること、抵抗性品種が普及している地域での作型を考慮し、本試験では5月中旬移植、6月中旬移植および6月下旬移植の3作期について、2015～17年の3年間、埼玉県農業技術研究センター玉井試験場(熊谷市)の場内水田(沖積土壌：灰色低地土)で検討した。

Effect of Cultivating Resistant Cultivars, ‘Sai-no-kagayaki’ and ‘Sai-no-kizuna’ on Incidence of Rice Stripe Disease and its Vector Insect, Small Brown Planthopper. By Kazuhiko SAKAI and Tsuneo UETAKE

(キーワード：イネ、縞葉枯病、抵抗性品種、防除効果、ヒメトビウンカ、RSV 保毒虫率)



図-1 初期病徴



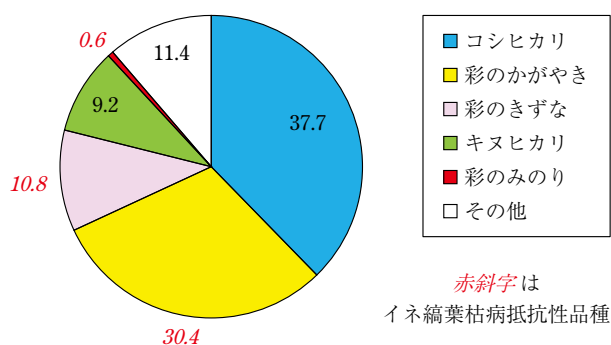
図-2 病勢進展



図-3 ゆうれい症状



図-4 出穂異常

図-5 埼玉県における 2017 年産水稻作付面積割合 (%)  
(埼玉県農林部調べ)

供試品種および移植年月日は表-1 の通りである。

試験圃場の面積の関係上反復を設けられないため、圃場内で疑似反復を 3 地点設け、調査定点とした。移植の約 1 か月後より、10 日～約 3 週間ごとに経時的に発病調査を行った。各調査地点につき 25 株×4 畦の計 100 株を対象として肉眼観察により発病調査を行い、病徴を

生じている株については株内の全茎数と発病茎数を計数した。調査定点内の任意の連続 10 株の茎数を計数して平均を求め、その 100 倍を調査定点の全茎数とみなして分母に取り、発病茎数の合計から発病茎率を算出した。

各年次における最終調査時の各品種の外部病徴に基づく発病株率および発病茎率は表-1 の通りである。

感受性品種‘コシヒカリ’での発病株率が 41.3～74.0%、発病茎率が 4.9～11.2%、‘キヌヒカリ’での発病株率が 25.3～50.7%、発病茎率が 2.8～11.4%という中発生～多発生という状況のもと、抵抗性品種‘彩のかがやき’での発病株率および発病茎率は極めて低く、高い防除効果を示した。‘彩のきずな’では調査の範囲では外部病徴がまったく認められず、強固な抵抗性を有していることが示された。



表-1 ‘彩のかがやき’‘彩のきずな’における縞葉枯病の防除効果（外部病徴）

| 年次     | 移植日      | 品種名 <sup>a)</sup> | 出穂期      | 調査月日     | 発病株率 <sup>b)</sup><br>(%) | 発病茎率 <sup>b)</sup><br>(%) |
|--------|----------|-------------------|----------|----------|---------------------------|---------------------------|
| 2015 年 | 5 月 20 日 | コシヒカリ             | 8 月 4 日  | 8 月 14 日 | 61.0 a                    | 11.20 a                   |
|        |          | 彩のかがやき            | 8 月 11 日 | 9 月 1 日  | 1.0 b                     | 0.05 b                    |
|        |          | 彩のきずな             | 8 月 2 日  | 9 月 1 日  | 0.0 b                     | 0.00 b                    |
|        | 6 月 12 日 | キヌヒカリ             | 8 月 14 日 | 9 月 1 日  | 34.3 a                    | 5.25 a                    |
|        |          | 彩のかがやき            | 8 月 23 日 | 9 月 1 日  | 2.3 b                     | 0.14 b                    |
|        |          | 彩のきずな             | 8 月 13 日 | 9 月 1 日  | 0.0 b                     | 0.00 b                    |
| 2016 年 | 5 月 16 日 | コシヒカリ             | 8 月 6 日  | 8 月 29 日 | 41.3 a                    | 4.86 a                    |
|        |          | 彩のかがやき            | 8 月 13 日 | 8 月 26 日 | 0.7 b                     | 0.06 b                    |
|        |          | 彩のきずな             | 8 月 3 日  | 8 月 29 日 | 0.0 b                     | 0.00 b                    |
|        | 6 月 10 日 | キヌヒカリ             | 8 月 13 日 | 8 月 29 日 | 25.3 a                    | 2.82 a                    |
|        |          | 彩のかがやき            | 8 月 23 日 | 9 月 9 日  | 0.0 b                     | 0.00 b                    |
|        |          | 彩のきずな             | 8 月 12 日 | 8 月 29 日 | 0.0 b                     | 0.00 b                    |
| 2017 年 | 5 月 15 日 | コシヒカリ             | 8 月 23 日 | 8 月 26 日 | 33.3 a                    | 5.81 a                    |
|        |          | 彩のかがやき            | 8 月 27 日 | 9 月 25 日 | 0.3 b                     | 0.02 b                    |
|        |          | 彩のきずな             | 8 月 21 日 | 8 月 26 日 | 0.0 b                     | 0.00 b                    |
|        | 6 月 12 日 | コシヒカリ             | 7 月 29 日 | 8 月 18 日 | 74.0 a                    | 10.57 a                   |
|        |          | 彩のかがやき            | 8 月 10 日 | 8 月 26 日 | 0.7 b                     | 0.03 b                    |
|        |          | 彩のきずな             | 7 月 27 日 | 8 月 29 日 | 0.0 b                     | 0.00 b                    |
| 2017 年 | 6 月 12 日 | キヌヒカリ             | 8 月 14 日 | 8 月 29 日 | 35.0 a                    | 3.82 a                    |
|        |          | 彩のかがやき            | 8 月 24 日 | 9 月 9 日  | 0.7 b                     | 0.05 b                    |
|        |          | 彩のきずな             | 8 月 13 日 | 8 月 29 日 | 0.0 b                     | 0.00 b                    |
|        | 6 月 29 日 | キヌヒカリ             | 8 月 22 日 | 8 月 26 日 | 36.3 a                    | 3.82 a                    |
|        |          | 彩のかがやき            | 8 月 30 日 | 9 月 25 日 | 0.0 b                     | 0.00 b                    |
|        |          | 彩のきずな             | 8 月 23 日 | 8 月 26 日 | 0.0 b                     | 0.00 b                    |

<sup>a)</sup> 品種名の赤文字は縞葉枯病抵抗性品種を示す。各試験区の面積は 1～2.7 a。

<sup>b)</sup> 異なる英小文字間に有意差あり (arcsin 変換後, Tukey 法で検定,  $p < 0.01$ )。

## II ヒメトビウンカの発生活長と RSV 保毒虫率

### 1 ヒメトビウンカの発生活長

前章の試験圃場において、各品種・作型とも、移植の約 3～5 週間後より 10 日～3 週間ごとにヒメトビウンカの発生活長を調査した。圃場内で 3 箇所、径 36 cm 捕虫網を用いて 20 回振りによるすくい取りを行い、捕獲されたヒメトビウンカの個体数を調査した。

#### (1) 2015 年

5 月 20 日移植では、成虫および幼虫合計の個体数は 8 月上旬まで少なく推移したが、8 月中旬以降急増した。本病感受性品種‘コシヒカリ’と比較し、抵抗性品種‘彩のかがやき’および‘彩のきずな’では約 60%に抑制された (図-6a)。6 月 12 日移植でも同様に 8 月上旬まで個体数は少なかったが、8 月中旬以降は感受性品種‘キヌヒカリ’で急増した。しかし、抵抗性品種‘彩のかがやき’での個体数は‘キヌヒカリ’の約 40%と大きく抑制され、

‘彩のきずな’でも‘キヌヒカリ’の約 60%に抑制された (図-6b)。6 月 26 日移植では全体に個体数が少なく推移したが、感受性品種‘キヌヒカリ’に比較し抵抗性品種‘彩のきずな’では 9 月上旬の個体数が 75%程度であった (図-6c)。

#### (2) 2016 年

5 月 16 日移植では 7 月上旬に個体数の増加を見たがその後は 8 月上旬まで少なく推移し、8 月下旬以降増加した。前年と異なり、感受性品種‘コシヒカリ’と比較し抵抗性品種‘彩のかがやき’‘彩のきずな’で成虫および幼虫合計の個体数が抑制される傾向は認められなかった (図-7a)。6 月 10 日移植では、8 月上旬まで個体数は極めて少なく推移したが 8 月下旬に感受性品種‘キヌヒカリ’で急増した。抵抗性品種‘彩のかがやき’では 8 月下旬での個体数は大きく抑制されていたが 9 月上旬には‘キヌヒカリ’と同水準であった。‘彩のきずな’での個体数は‘キヌヒカリ’とほぼ同程度であった (図-7b)。6 月



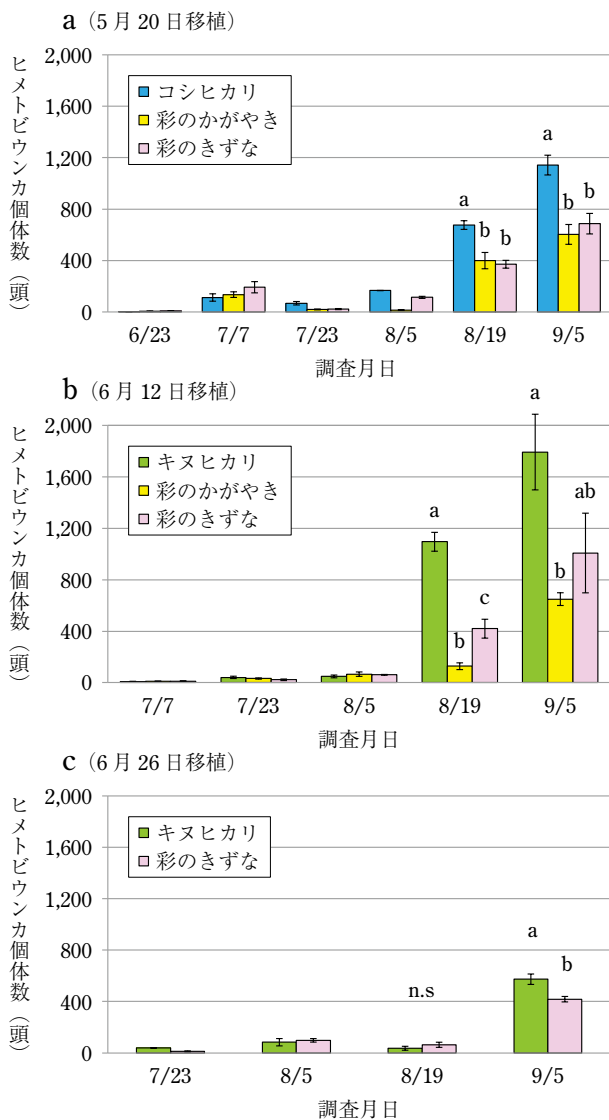


図-6 2015年試験におけるヒメトビウンカ個体数の推移  
エラーバーは標準誤差 (n = 3)  
8/19 および 9/5 個体数に付した異符号に有意差あり。  
( $p < 0.05$ , 個体数を対数変換 (山村, 2002) の後, Tukey  
法で検定)

27日移植では全体的に個体数が少なく推移したが、感受性品種‘キヌヒカリ’と比較し抵抗性品種‘彩のかがやき’‘彩のきずな’で個体数が抑制されることはなかった(図-7c)。

### (3) 2017年

5月15日移植では7月上旬に個体数の急増が見られた。その後減少したが、8月下旬に再び増加した。8月4日調査のように抵抗性品種‘彩のかがやき’で‘コシヒカリ’を大きく下回ったときもあったが、期間を通じて抵抗性品種のほうが感受性品種を上回った(図-8a)。6月12日移植では8月上旬にかけて個体数は少なく推移したが8月下旬に増加した。この作型では感受性品種‘キ

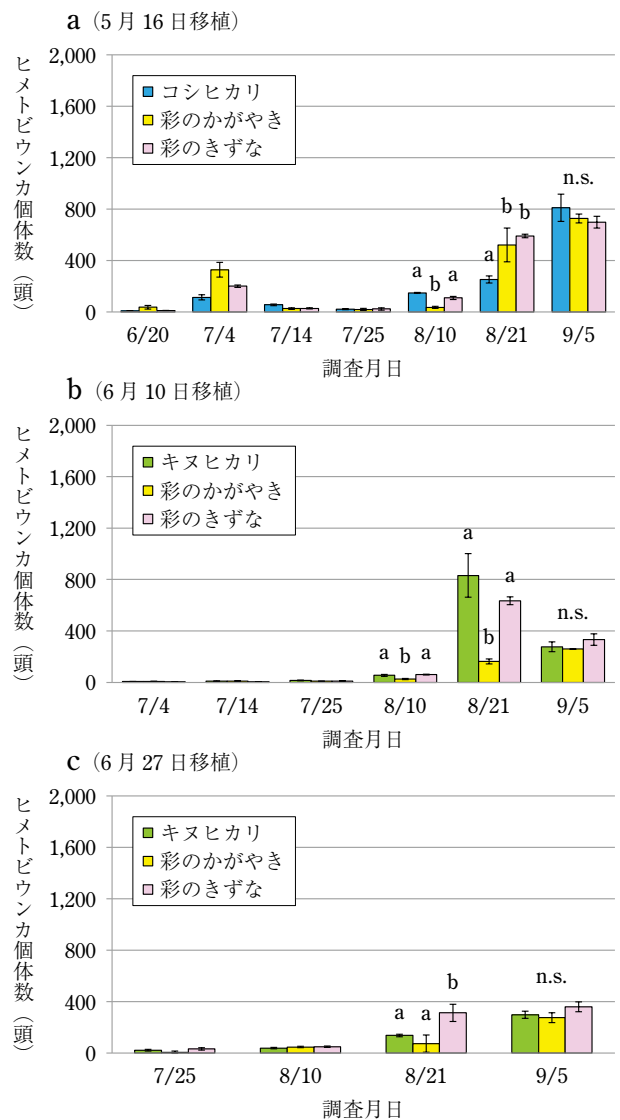


図-7 2016年試験におけるヒメトビウンカ個体数の推移  
エラーバーは標準誤差 (n = 3)  
8/10, 19, 21 および 9/5 に付した異符号に有意差あり。  
( $p < 0.05$ , 個体数を対数変換 (山村, 2002) の後, Tukey  
法で検定)

ヌヒカリ’に比較し抵抗性品種のほうで個体数が下回る傾向が認められたが、その度合いは大きくなかった(図-8b)。6月29日移植では6月12日移植と同様に8月下旬で個体数が増加した。感受性品種‘キヌヒカリ’と比較し抵抗性品種で個体数が大きく下回ることにはなかった(図-8c)。

### 2 RSV保毒虫率

RSV保毒虫率は、9月に得られたヒメトビウンカの幼虫または短翅型成虫を用いて、簡易ELISA法(杉山ら, 2015)で検定した。

2015年は、5月20日移植において、縞葉枯病感受性品種‘コシヒカリ’と比較し抵抗性品種‘彩のかがやき’お

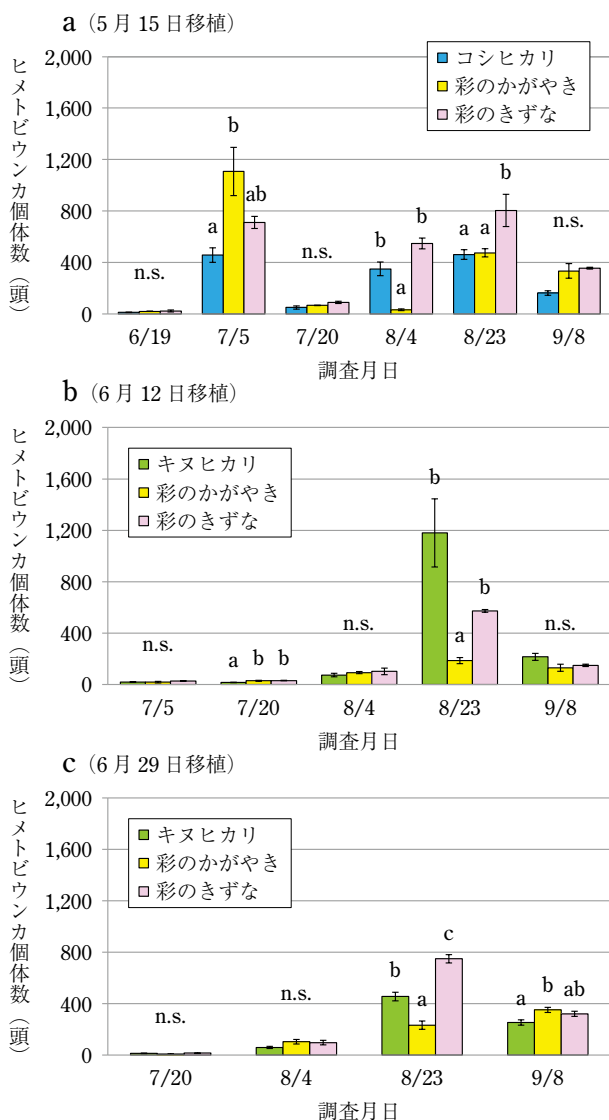


図-8 2017年試験におけるヒメトビウンカ個体数の推移  
エラーバーは標準誤差 (n = 3)  
各調査月日に付した異符号に有意差あり。  
( $p < 0.05$ , 個体数を対数変換 (山村, 2002) の後, Tukey 法で検定)

よび‘彩のきずな’では保毒虫率は有意に低かった。6月12日移植および6月26日移植においても、統計学的有意差は見られなかったが、感受性品種‘キヌヒカリ’に比較し抵抗性品種‘彩のかがやき’および‘彩のきずな’では保毒虫率が低下する傾向が認められた (図-9-1)。一方、2016年においては、各移植時期のものについて感受性品種に比較し‘彩のかがやき’では最も低かったものの反復間でのばらつきも見られ、有意な差は認められなかった (図-9-2)。2017年の調査では、5月15日移植では感受性品種‘コシヒカリ’に比較し‘彩のかがやき’‘彩のきずな’で保毒虫率が低下する傾向が認められたものの、6月12日移植および29日移植では、感受性品種と抵抗性

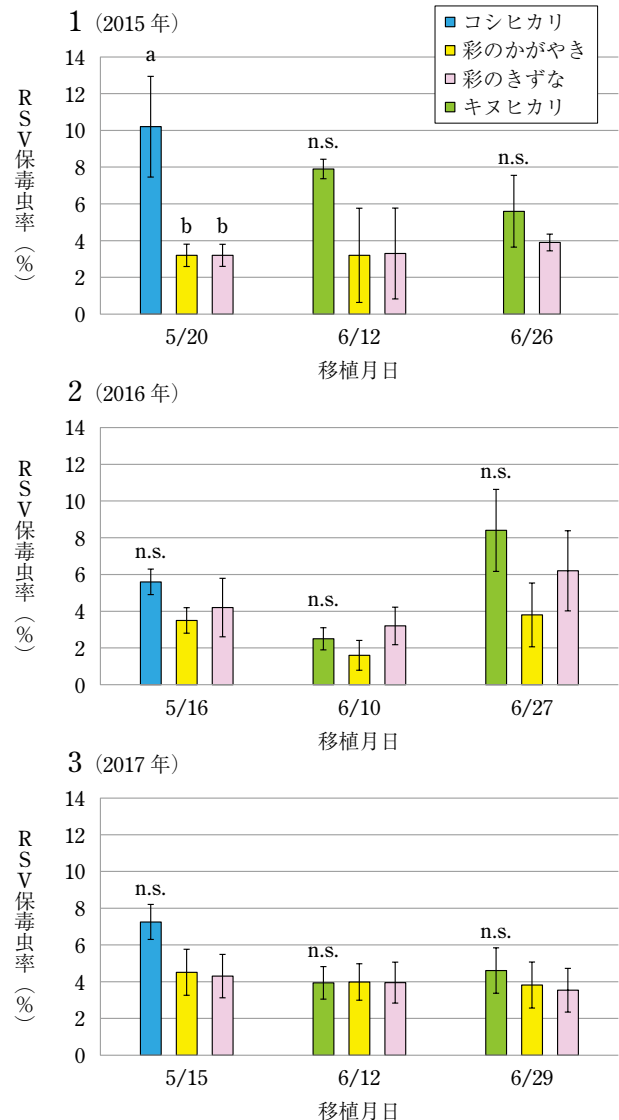


図-9 ヒメトビウンカ第3世代虫のRSV保毒虫率  
異符号間に有意差あり (Fischer の LSD 検定,  $p < 0.05$ ).  
エラーバーは標準誤差 (n = 3).

品種とも保毒虫率は同程度で、低減効果は認められなかった (図-9-3)。

### III 抵抗性品種での縞葉枯病防除効果と普及上の留意点

本研究の結果から、‘彩のかがやき’での縞葉枯病の発生はごく少なく、‘彩のきずな’での発病は見られなかったことから、これら2品種の圃場における本病抵抗性は安定しており、病害虫無防除の水田でも極めて高い発病抑制効果を持つことが示された。なお、各年次において6月中旬の移植では5月中旬移植および6月下旬移植に比較し感受性品種での発病程度が小さかったのは、ヒメ

トビウンカ成虫の本田への飛来が5月下旬から6月上旬にかけてと7月上中旬に起こり、6月中旬の移植では他の2作期に比較すると成虫飛来時期にイネの生育が進んでおり、相対的に感受性が低かったことが原因と考えられる。

2015年の試験では‘彩のかがやき’‘彩のきずな’においてヒメトビウンカ個体数およびRSV保毒虫率とともに低下し保毒虫密度の低減効果も示唆されたが、2016年の試験では抵抗性品種と感受性品種との差は明確でなかった。2017年の試験でも、5月移植では感受性品種と比較し抵抗性品種で低減される傾向が見られたが、6月移植ではそのような傾向は認められなかった。RSV保毒虫率の低下には抵抗性品種の作付けが有効とされ、田村ら(1985)は、感受性品種で採取したヒメトビウンカのRSV保毒虫率が25%程度の地域において、抵抗性品種ではRSV保毒虫率が低下することを示している。しかし、本研究では、感受性品種でのRSV保毒虫率が2015年試験で5.6~10.2%、2016年試験で2.5~8.4%、2017年試験で3.9~7.3%で、いずれも極端に高くはなかったことと、調査圃場が近接していて虫の移入が大きかった影響でRSV保毒虫率の低下が明瞭とならなかったものと考えられる。

‘彩のかがやき’‘彩のきずな’の持つ縞葉枯病抵抗性は、交配組合せの遺伝的背景(荒川ら, 2003; 荒川ら, 2013)から*Stvb-i*遺伝子によると考えられる。早野(2014)は、*Stvb-i*型抵抗性品種が示す本病抵抗性は、イネがRSVには感染するものの病原ウイルスの増殖抑制および上位葉への移行抑制による病徴発現の遅延としている。一方、NEMOTO et al. (1994)は、RSV感染圧が高い場合には抵抗性品種であっても病徴が発現することを指摘し、野田ら(1991)は、縞葉枯病抵抗性品種からもヒメトビウンカはRSVの獲得吸汁が可能であることを示している。このため、ヒメトビウンカの密度または保毒虫率が高い条件では、感染株が増える可能性がある。また、NEMOTO et al. (1994)は抵抗性品種および感受性品種とヒメトビウンカの個体数は明確な差が認められないとしており、本研究でも抵抗性品種上でのヒメトビウンカ個体数の減少は認められなかった。抵抗性品種の縞葉枯病発病抑制効果は高いものの、圃場においてこれら抵抗性品種はヒメトビウンカの発生源および潜在的なウイルス獲得源となりうるため、抵抗性品種と感受性品種が混

在して作付けられている地域では、‘彩のかがやき’‘彩のきずな’等の抵抗性品種においても、当面はヒメトビウンカの適切な防除が必要であると考えられる。

## おわりに

イネ縞葉枯病は過去数十年の間に何回かの流行を繰り返してきた。その間、ヒメトビウンカに効果の高い薬剤の開発や広域一斉防除、長期残効型の箱施用薬剤の実用化等により防除対策が取られてきたが、防除コストの削減や省力化、農薬使用に対する社会的関心の高まりもあって、抵抗性品種の育成・普及が現在も積極的に進められている。しかし、品種の持つ抵抗性に過度に依存し、病原ウイルス媒介虫の防除を行わないことはリスクが高い。地域内あるいは県全体として抵抗性品種への全面的な切換えがなされず、感受性品種が混在して作付けられている地域では、抵抗性品種といえども病害虫の無防除というのは好ましくない。現に、過去に本県では「過度の防除削減」も一因と考えられるヒメトビウンカが多発に伴う、抵抗性品種普及地域に混在する感受性品種での本病の大発生や、やはりヒメトビウンカが病原ウイルスを媒介する「黒すじ萎縮病」が縞葉枯病抵抗性品種でも多発して大きな影響を受けた苦い経験がある(酒井, 2016)。当面の間はヒメトビウンカ防除の手を緩めず、縞葉枯病の抑圧をはかる必要があろう。

本研究に携わった研究者、担当者に心よりお礼申し上げますとともに、本稿で紹介した縞葉枯病抵抗性品種の防除効果と注意すべき点が生産現場で活用され、本病の鎮静化の一助となれば幸いである。

## 引用文献

- 1) 荒川 誠ら (2003): 埼玉農総研報 3: 23~41.
- 2) ————ら (2013): 同上 12: 1~9.
- 3) 早野由里子 (2014): 関東病虫研報 61: 9~12.
- 4) NEMOTO, H. et al. (1994): Breeding Science 44: 13~18.
- 5) 野田 聡ら (1991): 日植病報 57: 259~262.
- 6) 農研機構 (2017): イネ縞葉枯病の総合防除マニュアル, [https://ml-wiki.sys.affrc.go.jp/rsv\\_web/manual/start](https://ml-wiki.sys.affrc.go.jp/rsv_web/manual/start)
- 7) 酒井和彦 (2016): 植物防疫 70: 100~104.
- 8) ————ら (2017): 関東病虫研報 64: 10~14.
- 9) SANADA-MORIMURA, S. et al. (2011): Appl. Entomol. Zool. 46: 65~73.
- 10) 塩原比佐雄ら (1982): 埼玉農試研報 38: 1~14.
- 11) 杉山恵乃ら (2015): 植物防疫 69: 23~27.
- 12) 田村利行ら (1985): 関東病虫研報 32: 154~155.
- 13) 鳥山重光 (2010): 水稻を襲ったウイルス病—縞葉枯病の媒介昆虫と病原ウイルスの実像を探る—, 創風社, 東京, 306 pp.
- 14) 山村光司 (2002): 植物防疫 56: 436~441.



# 研究 報告

## 土着天敵に影響のない殺虫剤の選択による ミカンハダニの密度管理

静岡県農林技術研究所果樹研究センター 増井 伸一

### はじめに

ミカンハダニ *Panonychus citri* は高い繁殖能力と薬剤抵抗性発達によりカンキツの難防除害虫に位置付けられている。このため、静岡県では薬剤抵抗性害虫の対策として、殺ダニ剤の温存を目的に、農薬からの土着天敵保護とともに、植生を活用した土着天敵の効果の安定化によるミカンハダニの密度管理技術を検討してきた(増井ら, 2018 b)。ここでは、ミカンハダニの密度管理技術のうち、農薬からの土着天敵保護の観点で実施した研究の概要を紹介する。

### I ミカンハダニの土着天敵の発生実態

静岡県では沿岸部を中心にして各地にカンキツ産地が存在する。この中で主要な産地である浜松市北区三ヶ日町(以下、西部とする)、静岡市葵区および清水区(中部とする)、沼津市西浦(東部とする)の各10圃場を調査地点とした(図-1)。2003年と2004年の5~10月に3週間間隔で各圃場4樹から合計120葉をランダムに選りミカンハダニ雌成虫数と土着天敵数を調査した。

#### 1 土着天敵の種構成の地域差

ミカンハダニの土着天敵として、静岡県西部と中部ではカブリダニ類が主体であり、西部で93%、中部で

78%を占めた。カブリダニ類は東部でも見られ、3地域で捕獲された雌成虫の99.5%にあたる773頭がミヤコカブリダニ *Neoseiulus californicus* であった(図-2)。本種は2000年代にカンキツ園での発生が報告されるようになり(KATAYAMA et al., 2006; 大西ら, 2006; 岸本ら, 2007), ミカンハダニに対する密度抑制効果も確認されている(KATAYAMA et al., 2006)。東部ではカブリダニ類が17%にとどまった一方で、従来から発生しているダニヒメテントウ類 *Stethorus* spp. が40%、ケシハネカクシ類 *Holobus* spp. が29%を占めた。このほかの天敵として、いずれかの地域でクサカゲロウ科、ハダニアザミウマ *Scolothrips takahashii*, ハダニタマバエ *Feltiella* sp.,

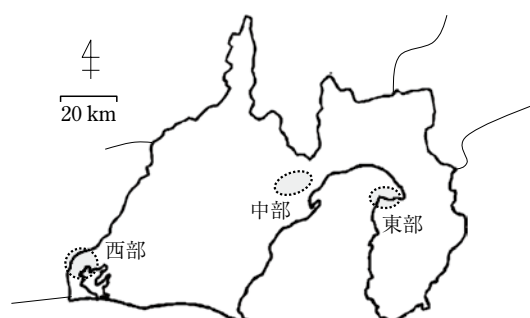


図-1 調査対象とした静岡県内の主要カンキツ産地(増井ら, 2018 a)

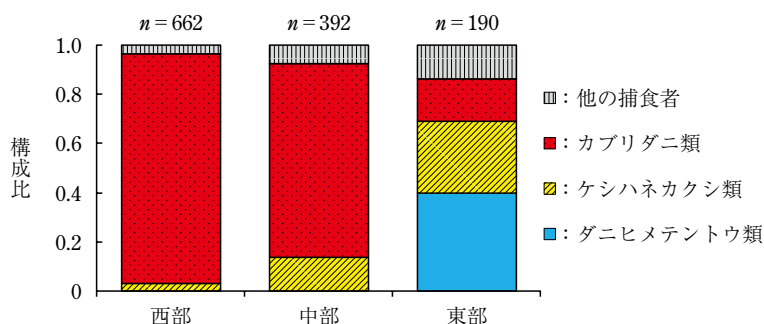


図-2 慣行防除圃場におけるミカンハダニの土着天敵の種構成(増井ら, 2018 a)

Conservation Biological Control for *Panonychus citri* through  
Insecticide Selectivity in Citrus Orchards. By Shinichi MASUI  
(キーワード: カンキツ, ミカンハダニ, 保全的生物防除, 殺虫剤)

ナミテントウ *Harmonia axyridis* がわずかに見られた。

天敵の種構成に地域差が見られた一因として、殺虫剤の使用頻度の違いが挙げられる。東部のカンキツ産地では飛来性害虫であるチャノキイロアザミウマ *Scirtothrips dorsalis* の発生源となる茶園がなく、防風樹のイヌマキにおける発生も少ないことが確認されている（増井, 2010 a）。このため、東部では他のカンキツ産地と比較して殺虫剤散布頻度が低く、感受性が高いダニヒメテントウ類の保護につながっている可能性がある（増井ら, 2018 a）。

## 2 ミカンハダニ密度に対する土着天敵の反応

東部で特徴的に見られたダニヒメテントウ類は、東部のミカンハダニ密度が高い圃場ほど多くなった。ミヤコカブリダニもミカンハダニ密度が高い圃場ほど多くなり、地域差が見られた。ミカンハダニ密度に対するミヤコカブリダニ個体数は西部で最も多く、東部が最も少なかった（図-3）。

ダニヒメテントウ類はハダニ類の捕食量が多い（KISHIMOTO, 2003；GOTOH et al., 2004）にもかかわらず、ミカンハダニ密度が相対的に低い東部の圃場で見られたことから、ミカンハダニ密度に大きく貢献していると考えられる。東部ではピレスロイド系薬剤が使用されなくなった2000年以降になると、夏季のミカンハダニに同調して発生するダニヒメテントウ類などの土着天敵によって、秋季のミカンハダニ密度が他地域よりも低く維持されていることも報告されている（増井・池田, 2003）。一方、ダニヒメテントウ類がほとんど見られなかった西部や中部ではミカンハダニ密度に対するミヤコカブリダニ個体数は東部よりも多く、これらの地域ではミカンハダニの密度抑制にミヤコカブリダニが働いていると考えられる。なお、ケシハネカクシ類についてはミカンハダ

ニ密度との関係や地域差は認められなかった。

## II 土着天敵に対する各種薬剤の影響

静岡県のカンキツ園から採集されたダニヒメテントウ類とミヤコカブリダニに対する各種の殺虫剤や殺ダニ剤の影響については、実用濃度の散布で室内試験により評価されている（表-1, 増井, 2010 b；片山ら, 2012）。それによると、ミヤコカブリダニに対しては METI (Mitochondrial Complex I Electron Transport Inhibitors) 剤の影響が強いが、ピレスロイド系、ネオニコチノイド系等多くの薬剤の影響は小さい（片山ら, 2012）。一方、ダニヒメテントウ類は多くの薬剤に感受性が高いが、フェニルピラゾール系のエチプロロール、ピロール系のクロルフェナピルの影響が小さく、ネオニコチノイド系では薬剤によって影響が異なる（増井, 2010 b）。これらの知見は土着天敵の主要種に合わせて地域ごとや季節ごとに薬剤を選択する際の重要な情報になると考えられる。

## III 殺虫剤散布後のミカンハダニと土着天敵の密度変化

これまで述べてきた土着天敵の発生実態にあわせて、室内試験の知見から影響が小さいと考えられる薬剤を選択することがミカンハダニの密度管理に有効であるのかをカンキツ園で検証する必要がある。

このため、試験はミヤコカブリダニが主体の中部と、ダニヒメテントウ類が主体である東部のカンキツ園で実施した。二つの地域のカンキツ園で、天敵への影響が異なる殺虫剤を6～7月に1回散布し、1週間間隔で5週間後までミカンハダニ雌成虫と土着天敵の個体数を調査した。殺虫剤散布区として、トルフェンピラド（15%）水和剤2,000倍、イミダクロプリド（20%）水和剤4,000

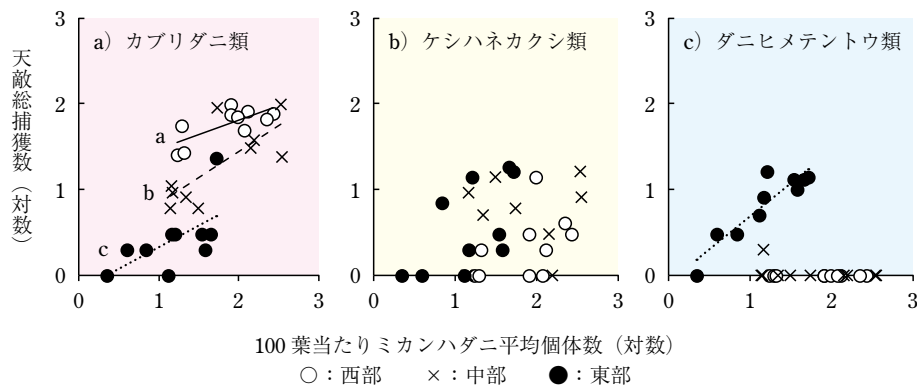


図-3 圃場ごとのミカンハダニ雌成虫密度と土着天敵密度の関係（増井ら, 2018 a）

2003年5月～2004年10月の各地域10圃場の調査に基づく。

図中の異なるアルファベット間には一般線形モデルによる分析後のTukeyのHSD検定により有意差あり（ $p < 0.05$ ）。

表-1 殺虫・殺ダニ剤の実用濃度散布による土着天敵への影響<sup>a)</sup> (室内試験)

| 供試薬剤       |                   |           | ミヤコカブリダニ <sup>b)</sup> |    |    | ダニヒメ<br>テントウ類 <sup>c)</sup> |
|------------|-------------------|-----------|------------------------|----|----|-----------------------------|
| IRAC による分類 |                   | 一般名       | 成虫                     | 若虫 | 卵  | 幼虫                          |
| 1          | カーバメート系           | アラニカルブ    | ±                      | －  | －  | ++                          |
|            | 有機リン系             | DMTP      | +                      | ±  | －  | ++                          |
|            |                   | PAP       | ±                      | －  | ±  |                             |
| 2          | フェニルピラゾール系        | エチプロール    |                        |    |    | －                           |
| 3          | ピレスロイド系           | シベルメトリン   | －                      | －  | －  |                             |
|            |                   | ピフェントリン   | －                      | ±  | －  | ++                          |
|            |                   | フェンプロバトリン | －                      | ±  | －  | ++                          |
| 4          | ネオニコチノイド系         | アセタミプリド   | －                      | －  | －  | ++                          |
|            |                   | イミダクロプリド  | ±                      | ±  | －  | ++                          |
|            |                   | クロチアニジン   | －                      | －  | －  | +                           |
|            |                   | チアメトキサム   | －                      | －  | －  | +                           |
|            |                   | ジノテフラン    | －                      | －  | －  | ±                           |
|            |                   | ニテンピラム    |                        |    |    | ±                           |
| 5          | スピノシン系            | スピノサド     | －                      | ±  | －  | ±                           |
| 6          | ミルベマイシン系          | ミルベメクチン   | －                      | －  | －  |                             |
| 10         | エトキサゾール           | エトキサゾール   | －                      |    | ++ |                             |
| 13         | ピロール              | クロルフェナピル  | ++                     | ++ | －  | －                           |
| 15         | ベンゾイル尿素系          | フルフェノクスロン | －                      | －  | －  |                             |
|            |                   | ルフェヌロン    |                        |    |    | +                           |
| 16         | ブプロフェジン           | ブプロフェジン   | －                      | －  | －  | ±                           |
| 20         | アセキノシル            | アセキノシル    | －                      | －  | －  |                             |
|            | ビフェナゼート           | ビフェナゼート   | －                      | ±  | －  |                             |
| 21         | METI 剤            | ピリダベン     | ++                     |    | ++ |                             |
|            |                   | トルフェンピラド  | ++                     |    | ++ | ++                          |
| 23         | テトロン酸およびテトラミン酸誘導体 | スピロジクロフェン | －                      | －  | －  |                             |

a) 薬剤の影響.  
 — : 影響小さい  
 (死亡率 30% 未満).  
 ± : やや影響あり  
 (30% 以上 80% 未満).  
 + : 影響あり  
 (80% 以上 99% 未満).  
 ++ : 影響強い  
 (死亡率 99% 以上).  
 b) 片山ら, 2012.  
 c) 増井, 2010 b.

倍, クロルフェナピル (10%) 水和剤 4,000 倍の各散布区と無散布区を 1 区 3~6 樹 4 反復設け, 2 年間かけて 2 回試験を行った。

# 1 ミヤコカブリダニが主体のカンキツ園における結果

ミヤコカブリダニが主体の中部のカンキツ園では, トルフェンピラド散布区 (図-4, A, B) で散布 2~3 週間後からミカンハダニ密度が上昇し, 5 週間後でも密度が維持された。その結果, この期間のミカンハダニ密度は無散布区 (図-4, M, N) と比較して高かった (Dunnnett の検定:  $p < 0.05$ )。その一方で, イミダクロプリドやクロルフェナピル散布区のミカンハダニ密度 (図-4, E, F, I, J) は低く推移し, 無散布区との間に有意差がなかった。ミカンハダニが増加したトルフェンピラド散布区 (図-4, a, b) では, 無散布区 (図-4, m, n) と比べてカブリダニ密度が低くなり, 他の殺虫剤散布区 (図-4, e, f, i, j) ではカブリダニ密度が低下しなかったことから, ミヤコカブ

リダニが主体の中部では, カブリダニに影響が小さい薬剤を選択することによってミカンハダニの増加を抑制できることが示された。なお, カブリダニ密度が低下したトルフェンピラド散布区ではケシハネカクシ類の密度が上昇する傾向があり (図-4, a, b) 散布 5 週間以降のミカンハダニ密度の抑制に働いた可能性がある。

カンキツ園の散布でカブリダニ密度の低下が確認されたトルフェンピラドは, 室内試験でミヤコカブリダニの成虫や卵に強い影響があり (表-1), 圃場試験と室内試験で傾向が一致した。一方, カブリダニ密度が低下しなかったイミダクロプリドは室内試験では成虫や若虫にやや影響があるが卵への影響が小さい。同様にカブリダニ密度が低下しなかったクロルフェナピルは成虫や若虫への影響は強いが卵への影響は小さい (表-1)。このように, カンキツ圃場での散布では室内試験結果と比較してカブリダニに影響が出にくい傾向も見られた。



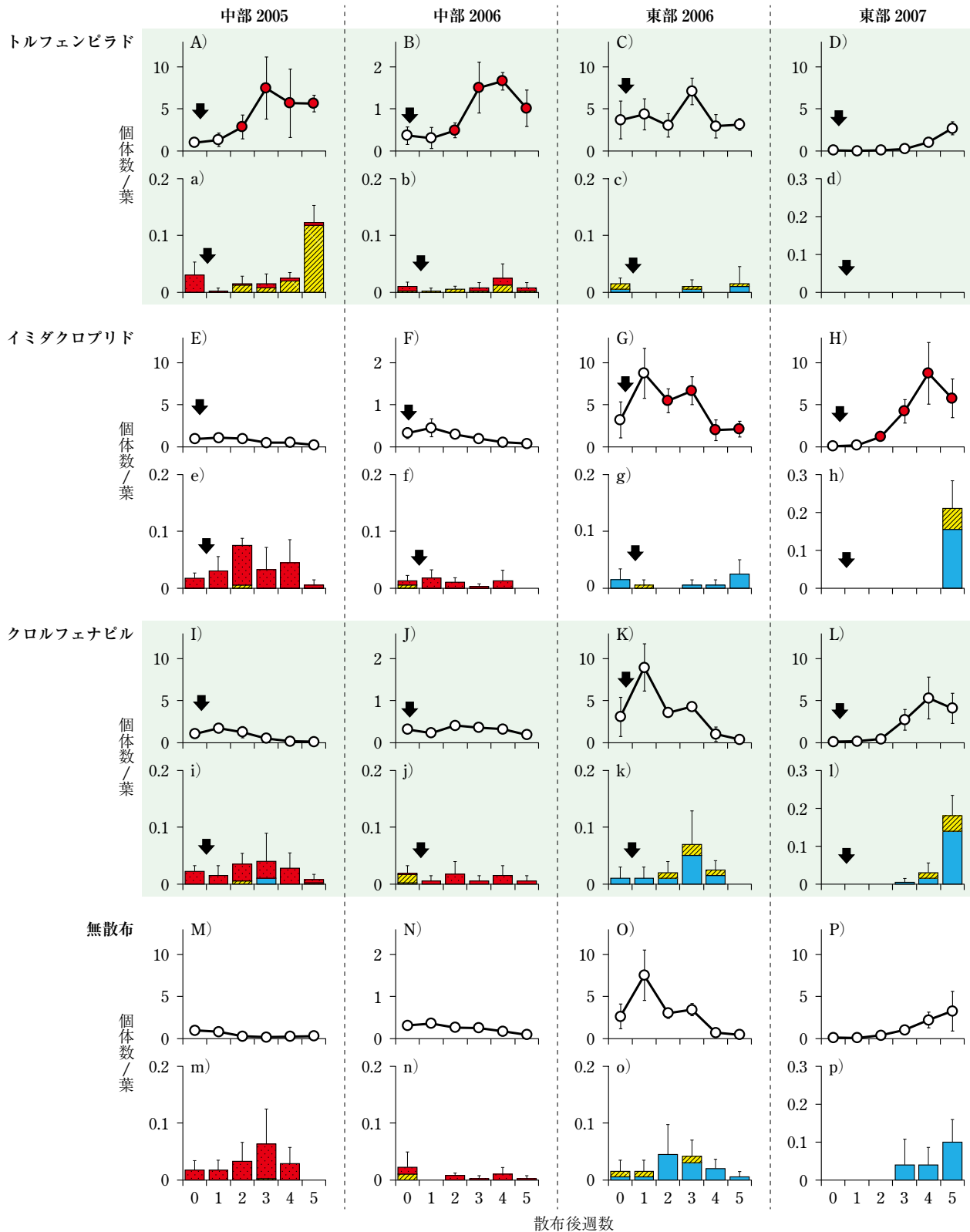


図-4 殺虫剤散布後のカンキツ園におけるミカンハダニと土着天敵の密度変化（増井，2018bを改変）

折れ線グラフ：ミカンハダニ，棒グラフ：土着天敵（■：カブリダニ類，■：ケシハネカクシ類，■：ダニヒメテントウ類）  
 中部のトルフェンピラド散布区（A，B），東部のイミダクロプリド散布区（G，H）の2～5週間後のミカンハダニの密度は，  
 無散布区（M，N，O，P）と比べ高い（赤丸印，分散分析後のDunnettの検定： $p < 0.05$ ）。

中部のトルフェンピラド散布区（a，b）の1～4週間後のカブリダニ密度，東部のトルフェンピラド散布区（c，d），イミダ  
 クロプリド散布区（g，h）の1～4週間後の捕食性昆虫密度は，無散布区（m，o，p）と比べ低い（分散分析後のDunnett  
 の検定： $p < 0.05$ ）。

## 2 ダニヒメテントウ類が主体のカンキツ園における結果

ダニヒメテントウ類が主体の東部のカンキツ園では、ミカンハダニの密度変動に及ぼす殺虫剤散布の影響は、ミヤコカブリダニが主体の中部の結果とは大きく異なった。すなわち、東部ではイミダクロプリド散布区で2～5週間後のミカンハダニ密度（図-4, G, H）が無散布区（図-4, O, P）よりも高くなり（Dunnettの検定： $p < 0.05$ ）、トルフェンピラドやクロルフェナピルの散布区（図-4, C, D, K, L）のミカンハダニ密度は無散布区との間に有意差がなかった。室内試験でダニヒメテントウ類に影響が強いイミダクロプリドの散布区（図-4, g, h）では1～4週間後に無散布区（図-4, o, p）と比較してダニヒメテントウ類を主体とする捕食性昆虫密度が低くなり（Dunnettの検定  $p < 0.05$ ）、室内試験で影響が小さいクロルフェナピル散布区（図-4, k, l）では捕食性昆虫密度は無散布区と有意差がなかった。このことから、ダニヒメテントウ類が主体の東部では、この天敵に影響が小さい薬剤の選択がミカンハダニの密度抑制に有効である可能性がある。トルフェンピラド散布区では無散布区と比較してダニヒメテントウ類（図-4, c, d）が減少した（Dunnettの検定： $p < 0.05$ ）が、ミカンハダニ（図-4, C, D）の増加は確認されなかった。本剤の散布直後にミカンハダニ密度の低下が観察されていることから東部のミカンハダニはトルフェンピラド感受性が高かった可能性があり、詳細を検討する課題が残されている。

## おわりに

これまでカンキツの生産現場では、同一薬剤を散布したにもかかわらずミカンハダニが急増する事例と増加しない事例が混在し、土着天敵の有効性についての理解に

混乱を生じていた。このような現象を説明する要因として、今回明らかにした土着天敵の主要種の地域差が挙げられる。また、この知見は、土着天敵の利用を再現性の高い技術として発展させるのに貢献できると考えられる。今回、地域ごとに特徴的な土着天敵の主要種にあわせて、影響が小さい薬剤を選択することによって、ミカンハダニの増加を抑制できることが明らかになった。室内試験で得られている知見と圃場試験の結果が一致する傾向があることから、室内試験で影響の小さいことが確認された薬剤を選択することが有効と考えられる。

ミカンハダニの防除は2000年代前半までは年間4～5回の殺ダニ剤が散布されてきた（増井ら, 2018b）。一方、土着天敵を活用することによって、年間2回の殺ダニ剤の散布体系で、本種を要防除密度以下に管理できることが明らかになっており（増井, 2018a）、生産現場での実践も行われている（増井・片山, 2016）。ここで紹介した薬剤の選択による土着天敵の保護とともに、植生などを活用して代替餌や生息場所を提供する技術を組合せることで、効果の安定化が図られると考えられる。

## 引用文献

- 1) GOTOH, T. et al. (2004): Appl. Entomol. Zool. 39: 97～105.
- 2) KATAYAMA, H. et al. (2006): ibid. 41: 679～684.
- 3) 片山晴喜ら (2012): 関西病虫研報 54: 187～189.
- 4) KISHIMOTO, H. (2003): Appl. Entomol. Zool. 38: 15～21.
- 5) 岸本英成ら (2007): 日本ダニ学会誌 16: 129～137.
- 6) 増井伸一 (2010a): 関西病虫研報 52: 11～14.
- 7) ——— (2010b): 関東病虫研報 57: 129～130.
- 8) ——— (2018a): 静岡農林研報 11: 33～41.
- 9) ——— (2018b): 応動昆 62: 107～114.
- 10) ———・池田雅則 (2003): 関西病虫研報 45: 11～16.
- 11) ———・片山晴喜 (2016): 植物防疫 70: 767～772.
- 12) ———ら (2018a): 応動昆 62: 47～53.
- 13) ———ら (2018b): 同上 62: 137～148.
- 14) 大西論平ら (2006): 愛媛果試報 20: 19～32.

# 調査報告

## アルファルファタコゾウムシの導入天敵 ヨーロッパトビチビアメバチの我が国における 分布 (2017)

九州大学農学研究院 たかぎ まさみ なかひら けんご いわせ しゅんいちろう  
高木 正見・中平 賢吾・岩瀬 俊一郎

### はじめに

特定重要病害虫として、我が国への侵入が警戒されていたアルファルファタコゾウムシ *Hypera postica* (図-1) が、1982年6月に福岡空港で発見されたので、農林水産省門司植物防疫所が緊急調査を行ったところ、福岡県の一部と沖縄本島で発生していることが確認された。本種はその後、九州において分布を拡大したが、当初はウマゴヤシやカラスノエンドウ等、マメ科雑草だけに発生していたので、あまり問題視されなかった。ところが、1987年に長崎県の養蜂家から、採蜜用のレンゲで本種による被害報告があり、その後の調査で、長崎、佐賀、福岡および熊本の各県で、その発生が確認された(門司植物防疫所, 2007)。

そこで、門司植物防疫所は、アルファルファタコゾウムシ対策として、「天敵導入促進事業」を立ち上げ、1988年と89年に米国から4種の寄生蜂、ヨーロッパトビチビアメバチ *Bathyplectes anurus* とタコゾウチビアメ

バチ *B. curculionis*, ヨーロッパハラボソコマユバチ *Microctonus aethiopoides*, タコゾウハラボソコマユバチ *M. colesi*, を輸入した。これら4種のうち当初は、主にタコゾウチビアメバチとヨーロッパハラボソコマユバチの野外放飼を試みましたが、2種とも定着しなかった。ところが、1996年に門司区白野江のアルファルファ栽培圃場で、ヨーロッパトビチビアメバチの繭が確認されたので、それ以降、ヨーロッパトビチビアメバチの野外放飼に切りかえ、さらに2002年には、本種の網室大量増殖法を確立した(門司植物防疫所, 2007)。

しかし、このヨーロッパトビチビアメバチ定着後も、アルファルファタコゾウムシに対する、十分な防除効果は、すぐには見られなかった。その原因としては、害虫のアルファルファタコゾウムシも、その天敵のヨーロッパトビチビアメバチも年1世代であり、しかも、水田という環境は、この害虫の生物的防除にとって厳しい環境であったからだと考えられる(図-2)(高木ら, 2016)。一方、本種が定着しその防除効果が見られるようになった地域では、その数年後には、水田におけるレンゲが、徐々に回復してきた(図-3)。そこで、一般社団法人日本養蜂協会が、2014年に外来生物である本種を、「ヨーロッパトビチビアメバチ剤」として農薬登録し、その野外放飼を可能にした。

本剤とその農薬登録の経緯については、高木(2013)で解説したので、ここでは詳細は省略するが、従来の天敵農薬と違って即効性はなく、まずは本種をその地域に定着させる必要がある。一方、本種が定着した地域には、本剤を追加放飼する必要はなく、害虫の生物的防除としては、「導入天敵の永続的利用」となり、その天敵が地域に定着した後は、「土着天敵の保護利用」と同じ利用法となる。農薬登録以前に、九州各県(除く沖縄)と山口、広島、岡山、鳥取、兵庫、京都、奈良、岐阜の各府県にヨーロッパトビチビアメバチが試験的に放飼されていたが、農薬登録後、天敵農薬として、新たに埼玉県に、本種が放飼された。しかし、農薬登録以降には、本種の



図-1 アルファルファタコゾウムシ成虫

Distribution of *Bathyplectes anurus*, an introduced parasitoid of Alfalfa weevil, *Hypera postica* in Japan (2017). By Masami TAKAGI, Kengo NAKAHIRA and Shun-ichiro IWASE

(キーワード: アルファルファタコゾウムシ, ヨーロッパトビチビアメバチ, レンゲ, 蜜源植物, 伝統的生物的防除)



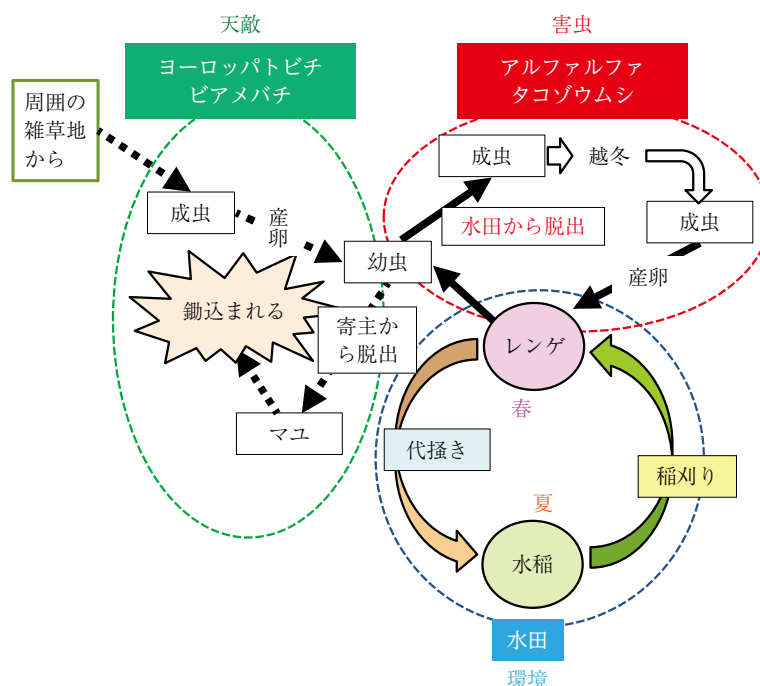


図-2 我が国の水田生態系におけるアルファルファタコゾウムシとヨーロッパトビチビアメバチの生活環



図-3 春のレンゲ畑とミツバチ



図-4 ビーチング法によるアルファルファタコゾウムシとヨーロッパトビチビアメバチの採集

広域的定着調査は行われていなかった。そこで、2016年に中国地方全県と愛媛、香川県で、2017年に関西、北陸地方全県と愛知、静岡県で、さらに、関東地方で、本種の分布調査を行った。

本稿では、その調査結果と、これまでの我が国における、ヨーロッパトビチビアメバチの分布に関する知見を取りまとめ、本種の我が国における分布状況と、アルファルファタコゾウムシの生物的防除について解説する。

## I ヨーロッパトビチビアメバチの分布調査法

害虫のアルファルファタコゾウムシの発生状況や放飼したヨーロッパトビチビアメバチの定着を確認する簡便

な方法としては、いわゆる「ビーチング法」が最適である（図-4）。アルファルファタコゾウムシの発生時期（九州北部では4月下旬から5月上旬）に、レンゲ畑周辺のアルファルファタコゾウムシに加害された雑草地のカラスノエンドウ（一部、ヘアリーベッチ）の群落をビーチングすれば、アルファルファタコゾウムシの幼虫や繭が容易に採集できる。また、もしヨーロッパトビチビアメバチが定着していればアルファルファタコゾウムシに混じって、本種の繭が落ちてきて、ピョンピョン跳ねる。このヨーロッパトビチビアメバチ繭の「ジャンプ行動」は、過寄生や不適な環境条件の回避のための行動

と考えられている（DAY, 1970）。分布調査では、水田周辺の雑草地や河川の土手等の、カラスノエンドウ（一部、ヘアリーベッチ）の群落を調査地として、ビーティング法で行うのが効率的である。

福岡県におけるヨーロッパトビチビアメバチの定着調査については、2008年までは門司植物防疫所が行ってきたが、「アルファルファタコゾウムシ防除体系確立事業」終了後の2011年以降は、九州大学で調査を行った。調査は、市町村単位（政令指定都市の福岡市と北九州市では区単位）で行った。一つの群落のビーティングで叩く回数は、3打×5箇所とした。このような簡便な調査は、密度調査や寄生率調査には向かないが、広域な地域を対象に分布調査を行うには、短時間でより多くの地点を調査できるという点で効率的である。

## II 福岡県におけるヨーロッパトビチビアメバチの分布拡大

ヨーロッパトビチビアメバチの導入から、その大量増殖、さらに、試験の野外放飼を行ってきた門司植物防疫所が所在する福岡県を中心に、初期の試験的放飼がくり返し行われ、放飼地点数も他の都道府県に比べて多かった。そこで、門司植物防疫所が2007年まで行った調査を九州大学が引き継ぐ形で、福岡県全域に本種が分布拡大するまで、調査を行った。その結果、2013年までには、

福岡県全市町村に、本種が分布拡大したことが確認された（図-5）。しかし、福岡県は、県内が山地で複数の地域に分かれており、1991年には北九州市門司区にヨーロッパトビチビアメバチが定着し、県全体では10箇所に本種が放飼されたにもかかわらず、全県に本種が分布を拡大したのは、2013年であった。図-5に便宜的に緑字で示した六つの地域が山地で区切られており、ヨーロッパトビチビアメバチの分布拡大にも、それぞれの山地が障害になっていると考えられた。また、福岡都市圏で本種の分布拡大に時間がかかったのは、市街地が連続していて、雑草としてのカラスノエンドウが、少なかつたからだと思われる。さらに、田園地帯である筑後地方でも、分布拡大が遅れたのは、水田裏作の麦作が原因と考えられた。二毛作の筑後地方における、春季の耕地の畦畔は、麦作のため、カラスノエンドウもきれいに除草されており、アルファルファタコゾウムシの棲息する環境にはなかったと思われる。一方、県境であっても、福岡県から佐賀県へは、自然に分布を拡大した。福岡県小郡市には、門司植物防疫所が2004年に、ヨーロッパトビチビアメバチを放飼し、2007年には、その定着を確認していた（門司植物防疫所、2007）。この小郡市は、佐賀県鳥栖市と隣接しており、ちょうど九州自動車道の鳥栖JCTの下までが佐賀県で、すぐ東側は福岡県である。福岡県小郡市から佐賀県鳥栖市と基山町に、本種が分布

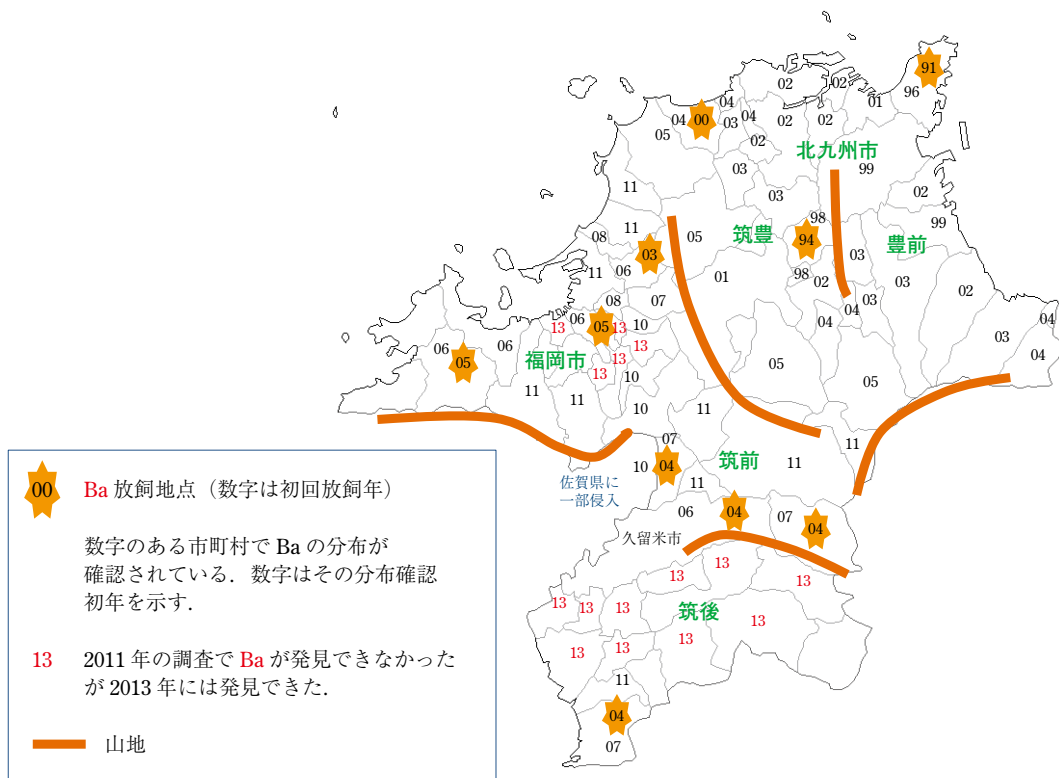


図-5 福岡県におけるヨーロッパトビチビアメバチ（Ba）の放飼と分布拡大

を拡大したのは、自然であると考えられた。2010年に、鳥栖JCTの下を流れる県境近くの秋光川の両側でヨーロッパトビチビアメバチの分布を調査したところ、両側でヨーロッパトビチビアメバチの繭を採集できた。これが、佐賀県で最初に採集された本種の繭であった。

### III 九州各県と山口県における ヨーロッパトビチビアメバチの分布拡大

2002年に、ヨーロッパトビチビアメバチの網室大量増殖法が確立されて以降は、門司植物防疫所では、ヨーロッパトビチビアメバチの試験的放飼を、九州各県と山口県で行ってきた。幸い、本種の寄生率上昇とともにその防除効果が認められるようになり、アルファルファタコゾウムシの防除手段として、本種を用いた伝統的生物的防除が有効であることが明らかになった (SHOUBU et al., 2005)。門司植物防疫所は、これをもって、ヨーロッパトビチビアメバチを用いたアルファルファタコゾウムシの生物的防除法が確立したということで、2006年に「天敵導入促進事業」を終了した。一方、日本養蜂はちみつ協会（一般社団法人日本養蜂協会の前身）が、2001年に「アルファルファタコゾウムシ防除対策基礎事業」を立ち上げ、門司植物防疫所が「天敵導入促進事業」を終了した後も、アルファルファタコゾウムシ防除対策に取り組んできた。ヨーロッパトビチビアメバチを天敵農薬として登録したもの、その一環である (高木, 2013)。

日本養蜂はちみつ協会では、鹿児島、宮崎、岡山、兵

庫、奈良、岐阜各県の養蜂組合に委託する形で、2002～11年まで「特殊家畜等生産利用技術確立調査研究事業（みつ源確保技術確立委託事業）」を実施し、参加各県におけるヨーロッパトビチビアメバチの網室大量増殖法の実用化試験と野外放飼試験を行ってきた。その結果、佐賀を除く九州全県と山口県でヨーロッパトビチビアメバチの定着が確認された (門司植物防疫所, 2007)。しかし、試験的放飼が行われた県以外にはその分布は広がっておらず、また、県のほぼ全域にヨーロッパトビチビアメバチが分布しているのは福岡県だけで、各県の一箇所に定着した本種が、急激にその分布を県全域に拡大することは期待できなかった。

### IV 九州以外の各県における ヨーロッパトビチビアメバチの分布

九州以外でも、山口、岡山、兵庫、奈良、岐阜の各県で、既に、ヨーロッパトビチビアメバチの分布が報告されていた (門司植物防疫所, 2007)。また、本州と四国におけるヨーロッパトビチビアメバチの分布に関しては、日本養蜂協会の内部資料などで、非公式にはその定着が一部、報告されていたが、印刷物などで公表されていなかったため、九州大学で調査することにした。調査は、2016年に中国地方全県と四国の愛媛、香川県で、2017年に近畿、北陸地方全県と愛知、静岡県で、さらに、関東地方で行った (表-1)。この調査は、できるだけ多くのヨーロッパトビチビアメバチ未記録都府県を調査す

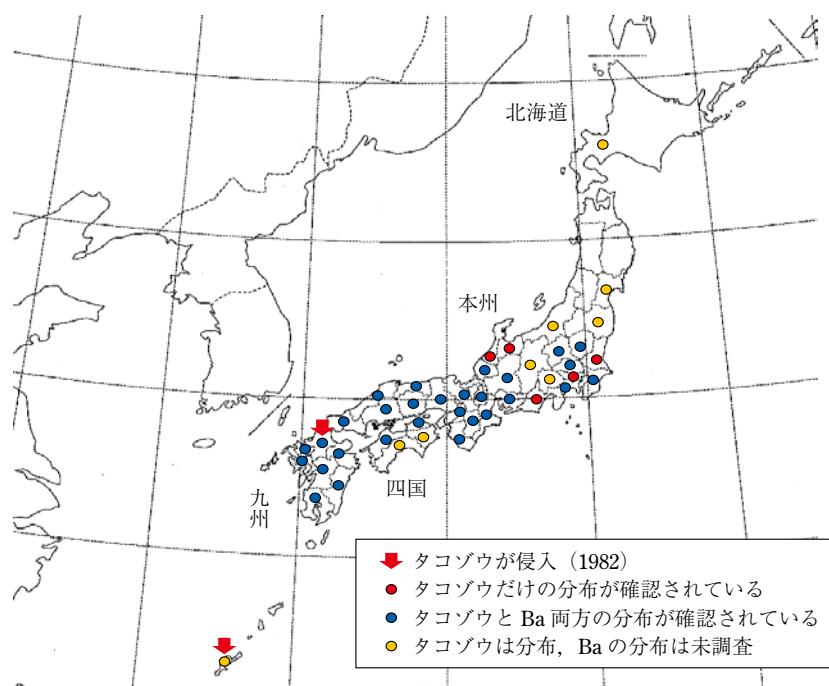


図-6 アルファルファタコゾウムシ（タコゾウ）とヨーロッパトビチビアメバチ（Ba）の分布（2017）



表-1 2016 年と 2017 年のヨーロッパトビチビアメバチ分布調査の結果

調査日 2016/5/12

| 調査地      | 植物  | Hp | Ba |
|----------|-----|----|----|
| (山口県)    |     |    |    |
| 下松市下松 SA | カラス | 0  | 3  |
| 和木町和木    | カラス | 0  | 0  |
| (広島県)    |     |    |    |
| 大竹市小方小前  | カラス | 0  | 1  |
| 竹原市高崎町   | カラス | 0  | 1  |
| 尾道市大浜 PA | カラス | 0  | 0  |

調査日 2016/5/13

| 調査地      | 植物  | Hp | Ba |
|----------|-----|----|----|
| (愛媛県)    |     |    |    |
| 今治市大西 1  | カラス | 1  | 1  |
| 今治市大西 2  | ヘアリ | 4  | 0  |
| 今治市大西 3  | カラス | 6  | 0  |
| 今治市小浦町   | カラス | 4  | 0  |
| (香川県)    |     |    |    |
| 坂出市林田町 1 | カラス | 15 | 0  |
| 坂出市林田町 2 | ヘアリ | 1  | 0  |
| 坂出市林田町 3 | ヘアリ | 2  | 1  |
| (岡山県)    |     |    |    |
| 高梁 SA    | カラス | 0  | 0  |
| 津山市新田 1  | レンゲ | 12 | 4  |
| 津山市新田 2  | カラス | 0  | 0  |
| 津山市新田 3  | ヘアリ | 0  | 0  |

調査日 2016/5/14

| 調査地      | 植物  | Hp | Ba |
|----------|-----|----|----|
| (鳥取県)    |     |    |    |
| 日吉津村日吉津  | レンゲ | 6  | 1  |
| 日吉津村富吉   | カラス | 2  | 5  |
| 淀江町福井 1  | レンゲ | 4  | 0  |
| 淀江町福井 2  | レンゲ | 2  | 0  |
| 淀江町福井 3  | カラス | 1  | 2  |
| (鳥根県)    |     |    |    |
| 安来市吉佐町 1 | レンゲ | 2  | 0  |
| 安来市吉佐町 2 | カラス | 1  | 0  |
| 安来市吉佐町 3 | カラス | 5  | 1  |
|          | カラス | 7  | 0  |
| 太田市久手町   | カラス | 2  | 3  |

採集個体数.

Hp = アルファルファタコゾウムシ.

Ba = ヨーロッパトビチビアメバチ.

植物名

カラス = カラスノエンドウ.

ヘアリ = ヘアリーベッチ.

調査日 2017/5/8

| 調査地      | 植物  | Hp | Ba |
|----------|-----|----|----|
| (大阪府)    |     |    |    |
| 藤井寺市北條町  | ヘアリ | 3  | 5  |
| (和歌山県)   |     |    |    |
| 橋本市隅田町 1 | カラス | 0  | 0  |
| 橋本市隅田町 2 | カラス | 4  | 3  |
| (京都府)    |     |    |    |
| 木津市市坂    | レンゲ | 10 | 5  |
| (滋賀県)    |     |    |    |
| 大津市関津    | カラス | 1  | 3  |
| (三重県)    |     |    |    |
| 伊賀市伊賀 1  | カラス | 21 | 1  |
| 伊賀市伊賀 2  | カラス | 3  | 1  |

調査日 2017/5/9

| 調査地      | 植物  | Hp | Ba |
|----------|-----|----|----|
| (三重県)    |     |    |    |
| 四日市市羽津   | カラス | 23 | 1  |
| (愛知県)    |     |    |    |
| 弥富市東中地   | カラス | 5  | 1  |
| (静岡県)    |     |    |    |
| 浜松市北区三ヶ日 | カラス | 5  | 0  |
| 湖西市新所    | カラス | 0  | 0  |
| 湖西市吉美 1  | カラス | 3  | 0  |
| 湖西市吉美 2  | カラス | 2  | 0  |
| (富山県)    |     |    |    |
| 小矢部市藤森   | カラス | 50 | 0  |
| 小矢部市川開新  | カラス | 6  | 0  |
| 小矢部市五郎丸  | カラス | 20 | 0  |

調査日 2017/5/10

| 調査地      | 植物  | Hp | Ba |
|----------|-----|----|----|
| (石川県)    |     |    |    |
| 野々市市     | カラス | 53 | 0  |
| 加賀市片山津 1 | カラス | 0  | 0  |
| 加賀市片山津 2 | カラス | 55 | 0  |
| 加賀市片山津 3 | カラス | 4  | 0  |
| (福井県)    |     |    |    |
| 敦賀市敦賀 1  | カラス | 50 | 1  |
| 敦賀市敦賀 2  | カラス | 0  | 0  |
| 敦賀市敦賀 3  | カラス | 47 | 4  |

調査日 2017/5/22

| 調査地     | 植物  | Hp | Ba |
|---------|-----|----|----|
| (茨城県)   |     |    |    |
| 板東市矢作 1 | カラス | 7  | 0  |
| 板東市矢作 2 | カラス | 3  | 0  |
| (千葉県)   |     |    |    |
| 野田市目吹   | カラス | 0  | 0  |
| 野田市今上   | カラス | 3  | 0  |
| (埼玉県)   |     |    |    |
| 鴻巣市小谷 1 | カラス | 4  | 0  |
| 鴻巣市小谷 2 | カラス | 6  | 0  |
| 鴻巣市箕田   | ヘアリ | 4  | 0  |

調査日 2017/5/23

| 調査地        | 植物  | Hp | Ba |
|------------|-----|----|----|
| (埼玉県)      |     |    |    |
| 深谷市堀米      | カラス | 13 | 0  |
| (群馬県)      |     |    |    |
| 太田市高林北町    | カラス | 44 | 3  |
| 太田市太田桐生 IC | カラス | 24 | 3  |
| (栃木県)      |     |    |    |
| 足利市保利町     | カラス | 3  | 0  |
| 足利市樺崎町     | カラス | 2  | 1  |
| (東京都)      |     |    |    |
| あきるの市二宮 1  | カラス | 2  | 0  |
| あきるの市二宮 2  | カラス | 1  | 0  |
| (神奈川県)     |     |    |    |
| 厚木市下川入 1   | カラス | 2  | 0  |
| 厚木市下川入 2   | カラス | 0  | 1  |

調査日 2017/5/24

| 調査地      | 植物  | Hp | Ba |
|----------|-----|----|----|
| (千葉県)    |     |    |    |
| 木更津市下郡   | カラス | 0  | 0  |
| 大多喜町下大多喜 | カラス | 2  | 0  |
| 富里市      | カラス | 0  | 2  |
| (茨城県)    |     |    |    |
| 河内町田川    | カラス | 0  | 0  |
| 河内町流作    | カラス | 2  | 0  |

SA, PA, IC : 高速道路の施設.

るという方針で、本種の分布が確認できれば、次の県へ高速道路を使って、すぐに移動した。

中国・四国地方調査(2016)は、日本養蜂協会の内部資料で、中国地方の全県でヨーロッパトビチビアメバチの定着が報告されていたので、その確認という意味の調査を行ったが、本種の放飼記録のない四国の愛媛県と香川県からも、分布が確認された。そこで2017年には、これまで本種の分布調査がほとんど行われていなかった、中部・北陸地方と関東地方で分布調査を行った。その結果、新たに大阪府、和歌山、滋賀、三重、愛知、福井、神奈川、千葉、群馬、栃木各県でヨーロッパトビチビアメバチの分布が確認され、放飼していない府県へも自然分散し広域に定着し、分布をいつのまにか拡大していることが明らかになった(図-6)。

福岡県のように、県内が、山地で複数の地域に分割されている場合は、同一県内の複数の場所に放飼しても、なかなか全県へ分布が広がらない。一方、関東平野のような広い平野の場合は、一つの県で放飼した天敵が、いつの間にか、周囲の都道府県に分布を広げるのは、いたって自然と考えられる。現行の農薬取締法では、近隣の都道府県で採集された天敵は、土着天敵(特定農薬)として使用できないが、ヨーロッパトビチビアメバチ剤として放飼した本種が、都道府県境を超えて分布を拡大した場合は、生態学的には、その保護利用は問題ないと考えられる。

## お わ り に

近年、かつては春の風物詩であったレンゲ畑が、各地

で復活してきた。アルファルファタコゾウムシが猛威を振るっていた当時は、レンゲを播種しても、壊滅的な本種の被害で「ボロボロ」になるので、農家も緑肥としての栽培をあきらめていた。一方、国産蜂蜜の中でも、最高級蜜であったレンゲ蜜の採蜜量が、ほぼゼロになるのは、我が国の養蜂家にとって死活問題であった。しかし、蜜源植物に化学農薬を散布するのは、ミツバチへの影響を考えるとタブーであった。門司植物防疫所から九州大学農学部昆虫関係者に相談があったときに、九州大学農学部附属生物的防除研究施設としては、北米で行われたアルファルファタコゾウムシの伝統的生物的防除の成功例を紹介した。アルファルファタコゾウムシとのつきあいは、それ以来であるが、伝統的生物的防除の成功例の常として、その成功が劇的であればあるほど、「そんな害虫がいたのか。」と忘れられてしまう。九州大学で行ったヨーロッパトビチビアメバチの分布調査では、関東地方の調査の時期が少し遅すぎた。また、高知、徳島、長野、山梨、新潟の各県と東北各県および北海道は未調査である。これらの地域では、それぞれの道県の関係者で、本報を参考に、調査をお願いしたい。

## 引 用 文 献

- 1) DAY, W. H. (1970): J. Econ. Entomol. **63**(2): 586~589.
- 2) 門司植物防疫所 (2007): 天敵導入促進事業報告書—アルファルファタコゾウムシ天敵寄生蜂の利用—, 153 pp.
- 3) SHOUBU, M. et al. (2005): Biological Control **34**: 144~151.
- 4) 高木正見 (2013): 植物防疫 **67**: 330~334.
- 5) ———ら (2016): 農業および園芸 **91**(11): 1071~1079.



## 鹿児島県本土に侵入したアシビロヘリカメムシの発生状況

鹿児島県農業開発総合センター 松比良 邦彦

### はじめに

アシビロヘリカメムシ *Leptoglossus gonagra* (図-1) は、カメムシ目ヘリカメムシ科に属し、成虫の体長が 17～25 mm と大型な種である。体色が黒く、下面には多数の橙色斑がある。前胸背は中央前方に三日月型をした橙色の帯があり、側角は鋭くとがる。後脚は長大で脛節が葉状に広がっている。本種は、ニガウリ、キュウリ、カボチャ、オキナワスズメウリ等のウリ科植物上で繁殖し、グアバ、パッションフルーツ、カンキツ類での加害記録もある。加害を受けたこれら果実は、果実全体や吸汁部位が硬化して商品性を失う。本種は奄美大島以南の南西諸島に分布し、国外では東南アジア、オセアニア、アフリカ、ミクロネシア等に分布する亜熱帯～熱帯性の害虫(安永ら, 1993)であったが、近年、本土での散発的な発生が見られるようになった。鹿児島県指宿市では、1983 年(鹿児島県立博物館, 1994)、2000 年(鹿児島県病害虫防除所, 2016)および 2014 年(前田, 2015)に発生の記録があり、長崎県小浜町(現、雲仙市、長崎県病害虫防除所, 2004)では、2004 年に記録されている。発生が見られたこれらの地域でのその後の定着の有無については不明である。

### I 2016 年に見られた同時多発的な発生

2016 年の鹿児島県本土におけるアシビロヘリカメムシの発生は、露地栽培のニガウリで 7 市町と広範囲に発生し、発生地のおほとんどが経済栽培ではなく家庭菜園であった(鹿児島県病害虫防除所, 2016)。同年は、本県以外にも和歌山県(和歌山県農作物病害虫防除所, 2016)、徳島県(徳島県病害虫防除所, 2016)、高知県(高知県病害虫防除所, 2016)から特殊報が発表されるなど発生は広域に見られ、同時多発的な様相を示した。また、インターネット上のブログでは、長崎県対馬市や神奈川県においても発生した様子が認められた。そこで、本種の発生が広範囲に認められた 2016 年の鹿児島県本土における冬季の幼虫の生存推移と 2017 年の発生状況から、アシビロヘリカメムシの定着可否について検討した。

### II 冬季の野外条件下における生存推移

2016 年 12 月～2017 年 5 月にかけて、垂水市浜平のニガウリ残渣上に発生していた個体群を対象に冬季の生存推移を観察した。なお、調査はほぼ 1 週間間隔で行い、本虫の低温耐性を検討するため、ニガウリの残渣が枯死した 12 月 24 日以降は、餌不足に陥らないようキュウリやハヤトウリ等を調査時ごとに給餌した。調査地の気温はデータロガー(ハイグロクロン, KN ラボラトリーズ



図-1 アシビロヘリカメムシ(左から、卵塊、若齢幼虫、中老齢幼虫、成虫)

Occurrence Status of Leaf-footed Plant Bug, *Leptoglossus gonagra* (FABRICIUS) (Heteroptera: Coreidae), Invaded the Mainland of Kagoshima Prefecture. By Kunihiro MATSUHARA  
(キーワード: ニガウリ, 越冬, 定着, 低温耐性, 飛翔能力)



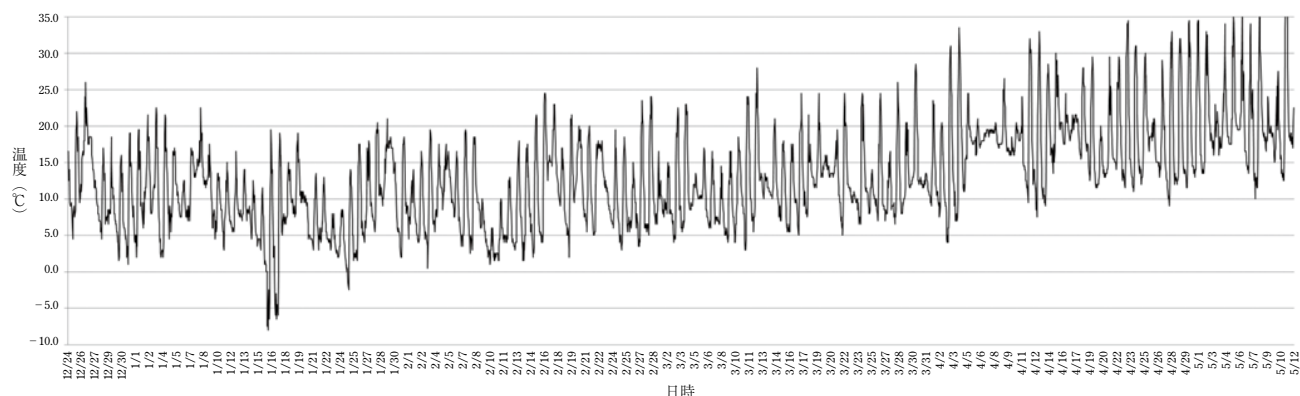


図-2 調査地（垂水市）における日別の気温推移

表-1 冬季のニガウリ残渣上におけるアシビロヘリカメムシの発生推移（垂水市）

| 12/10             | 12/17             | 12/24             | 12/28           | 1/6             | 1/12                          | 1/21         | 1/28       | 2/5        | 2/12 |
|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------|------------|------------|------|
| 成幼虫<br>コロニー<br>散見 | 成幼虫<br>コロニー<br>散見 | 降霜で<br>ニガウリ<br>枯死 | 2-5 齢<br>30 頭程度 | 3-5 齢<br>20 頭程度 | 3-5 齢幼虫<br>20 頭程度<br>成虫<br>終見 | 4-5 齢<br>2 頭 | 5 齢<br>1 頭 | 5 齢<br>1 頭 | 未見   |
| 3/4               | 3/11              | 3/17              | 3/24            | 3/31            | 4/6                           | 4/13         | 4/20       |            |      |
| 未見                | 未見                | 未見                | 未見              | 未見              | 未見                            | 未見           | 未見         |            |      |

図-3 厳冬下に確認されたアシビロヘリカメムシ老齢幼虫  
(2017 年 2 月 5 日, 垂水市, 左はハヤトウリ)

社製)で1時間ごとに記録した。

調査地の気温は、2016 年 12 月～2017 年 1 月上旬までは高めに推移したが、1 月中下旬になると、1 月 16 日 4 時－8℃、17 日 3 時－6.5℃、25 日 7 時には－2.0℃と急激な低温に晒された(図-2)。アシビロヘリカメムシの個体数は調査を経るごとに減少したが、最終的には、成虫は 1 月 6 日、幼虫は 2 月 5 日まで確認できた(表-1, 図-3)。個体数の減少には残渣の整理や耕耘等の人為的

なかく乱、羽化による離脱も影響したと思われるが、幼虫の死亡要因としては低温が強く働いたと推察した。調査は 4 月 20 日まで行ったが、同地でのアシビロヘリカメムシの発生は確認されなかった(表-1)。沖縄本島でのアシビロヘリカメムシは、ニガウリの枯れた部位やピーマン、パパイア、ヨウサイのほかギンギン等の雑草上で成虫が集団で越冬する(宮竹, 1992)。本調査地でも周囲の各種植物の見取りやタブノキ等でのビーティング調査により越冬成虫を探したが、確認することはできなかった。

### III 2017 年の発生状況

2017 年 6～10 月に、農家からの問い合わせなどから得られた情報と薩摩半島の家庭菜園で栽培されていたニガウリの見取り調査から、2017 年のアシビロヘリカメムシの分布図を作成した。また、南さつま市金峰町の農総センター内で、ニガウリやキュウリで自然発生したアシビロヘリカメムシの初確認時期を調査し、これらの発生状況を 2016 年と比較した。

垂水市では 2017 年 1 月中下旬の急激な気温低下により、アシビロヘリカメムシの幼虫は死滅し、成虫の集団



図-4 指宿市のカボチャ果実に群がるアシビロヘリカメムシ若齢幼虫（2017年4月）

越冬も確認できなかったことから、当地での越冬はできなかったと考えていた。ところが、7月26日に、調査地から南に約2 km 程度離れた同市の沿岸部に位置するニガウリ畑で、果実に群がる多数の成幼虫の再発を認めた。また、指宿市では4月27日に、カボチャ果実に群がる若齢幼虫が確認された（浜田，2017；図-4）。沖縄本島では越冬中の成虫は17℃を超える暖かい日には、パパイヤやタチシヤ等の繁殖植物以外で吸汁を行いながら、気温が上昇する3月になると、近隣のオキナワズメウリやハヤトウリ等のウリ科植物に移動して繁殖が始まり、4月下旬には若齢幼虫が確認される（宮竹，1992）。これらの個体群が6～7月になるとニガウリやヘチマ等の栽培植物に移動して大きな被害を与える（安田，1989）。今回、指宿市で4月下旬にカボチャで若齢幼虫が確認され、垂水市では7月下旬にニガウリでの成幼虫の発生が見られたことは、鹿児島県本土の温暖地では、発生時期や発育ステージが沖縄本島と大差なく、少なくともこれら地域では越冬できたことが疑われる。特に、指宿市は2016年に限らず、これまでも散発的ではあるものの、1983年，2000年，2014年に本種が記録されている。その背景には、本市が海に面し海上からの侵入機会が多いことや、カボチャやニガウリ等のウリ科栽培が盛んで、いったん、侵入に成功すると好適な餌条件が揃っているという事情がある。また、沖縄本島での野生寄主植物となっているオキナワズメウリ *Diplocyclos palmatus*（安田・安田，1989）は本土では分布しないが、指宿市でカラスウリ *Trichosanthes cucumeroides*（浜田・前田，2016）、枕崎市ではキカラスウリ *T. kirilowii* var. *japonica*（大原，2017）で繁殖が確認され、各地に野生化しているハヤトウリ *Sechium edule* を加えると、野生寄主植物は豊富に存在しており、アシビロヘリカメムシ

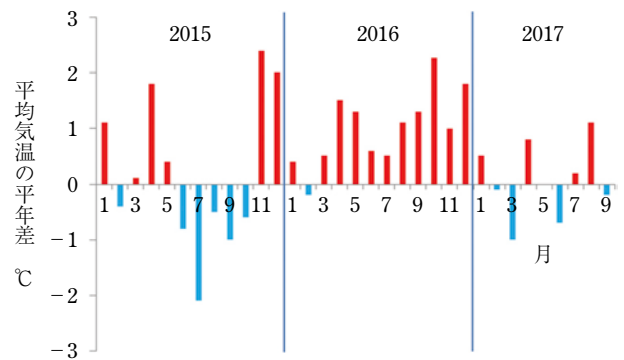


図-5 2015～17年の気温（枕崎市の平均気温から作図）

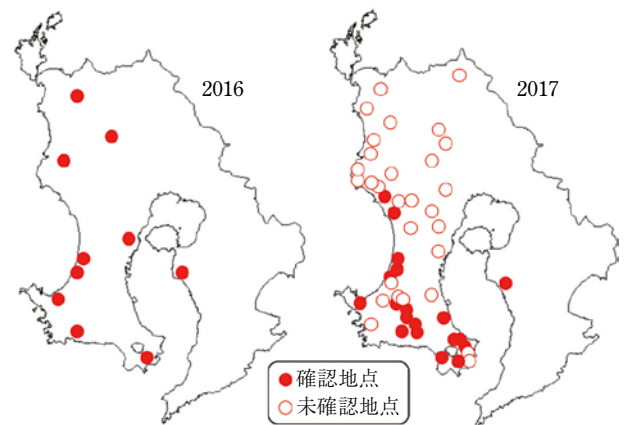


図-6 2016年と2017年の鹿児島県本土（主に薩摩半島）におけるアシビロヘリカメムシの分布図  
注）大隅半島は垂水市以外では未調査。

の餌植物は周年存在している。1977年6月25日に、沖縄本島南部から西に100 km 離れた海上で、ウナカ類726頭やミナミアオカメムシ、アカギカメムシとともにアシビロヘリカメムシ成虫2頭が採集された報告（林ら，1978）は、本種の飛翔能力の高さを示している。さらに分布拡大が顕著であった2016年の平均気温は、2016年2月を除き、2017年1月まで平年値に比べて1～2℃程度高く推移し（図-5）、近年の温暖化は、亜熱帯、熱帯を起源とする本種の越冬や繁殖に好適な気温条件であったと考えられた。2016年にアシビロヘリカメムシが確認された地点と、2017年に、主に薩摩半島の家庭菜園で調査したアシビロヘリカメムシの分布状況を図-6に示した。2016年に発生した指宿市、枕崎市、南九州市、南さつま市、日置市および垂水市では、2017年も継続した発生が認められたが、2016年に発生した薩摩川内市や阿久根市、出水市およびさつま町では2017年の発生を確認できなかった。また、南さつま市の農総センター内での初発時期は、2016年が7月28日、2017年では8月25日となり、2017年は2016年より、1か月程度遅れた。これらのことから、2016～17年における鹿児島





|   |   |   |
|---|---|---|
| 植 | 物 |   |
|   | 防 | 疫 |
| 講 | 座 |   |

## 病害編-10

## イネ墨黒穂病の発生生態と防除

新潟県農林水産部経営普及課  いし  かわ  こう  じ

## はじめに

イネ墨黒穂病は *Tilletia barclayana* (Brefeld) Saccardo & P. Sydow の感染によりイネの籾に発生する病害で、収量と品質の両方に影響し、最大で 15% の減収事例の報告がある (WHITNEY, 1992)。農林水産省が定めた「国内産農産物の被害粒等の取扱要領 (平成 16 年 3 月 12 日, 15 総食第 719 号)」において「油煙, 米穀の臭い以外の臭い及び稲こうじ病菌, イネ墨黒穂病菌の損傷を受けていることが確認されたものについては規格外とする。」とされ、農産物検査で墨黒穂病による汚損粒の混入が確認されると規格外となる。国内では新潟県 (笠井ら, 1996) のほか千葉県 (井口ら, 1987), 宮城県 (三浦ら, 1988), 福岡県 (綾戸ら, 1993) で多発事例の報告がある。

なお, 本研究の一部は, 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構の交付金プロジェクト, 研究活動強化費による現地実証等事業, 現地実証等促進費による現地実証等事業において実施した。

## I 発生生態

## 1 病徴

出穂後の籾に発生し, 出穂 30 日後ころから病徴が確認できる。発病初期には, 緑色の籾で内部に充満した厚壁胞子が黒く透けて見えるようになる (図-1)。その後, 穎や内外穎の隙間等が裂け, 厚壁胞子が穎外に溢出して籾表面が黒い墨を流したように汚れる (図-2)。穎の裂け目から玄米の一部である舌状突起が突出する場合もある (図-3)。また, 厚壁胞子が溢出せず, 籾の色がややくすんだようになるだけの発病籾もある (図-4)。

発病籾は, 本来玄米となるべき部分のすべてが厚壁胞子に置き換わっている重症籾から, 玄米の一部で厚壁胞子を形成している軽症籾までがある。

イネの穂のみに発生し, 生育途中の茎葉には病斑を生じないため, 成熟期近くにならないと発生に気がつかない。



図-1 厚壁胞子が透けて見える発病籾



図-2 発病籾と溢出した厚壁胞子が附着した健全籾



図-3 穎の裂け目から突出した舌状突起

Biology and Control of Kernel Smut of Rice. By Kouji ISHIKAWA  
(キーワード: イネ墨黒穂病, 発生生態, 防除対策)



図-4 健全籾と異なる発病籾の色（赤でマーキング）

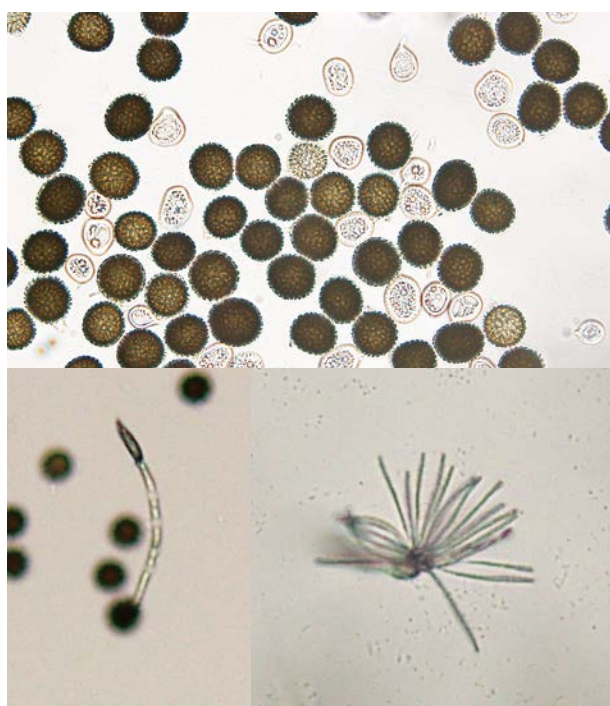


図-5 厚壁胞子と小生子の形成

上段：厚壁胞子。

下段左：厚壁胞子から発芽した前菌糸。

下段右：前菌糸の先端に形成された小生子。

## 2 診断

厚壁胞子は周囲に突起のある特徴的な形態をしており（図-5）、光学顕微鏡で観察すると確実に診断できる。圃場では籾の病徴（図-1～4）で判断する。図-1や図-4のような発病籾の場合、慣れるまでは籾を割って内部に充満した厚壁胞子を確認するとよい。また、玄米の汚れが墨黒穂病なのか、油などによるものかは、実体顕微鏡による観察で球形の厚壁胞子の付着を確認すると容易に判断できる。

## 3 生活環

発病籾には多量の厚壁胞子が含まれ、前年の収穫時等

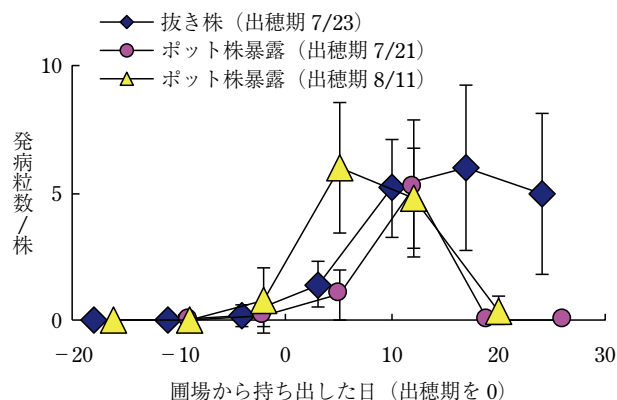


図-6 圃場における感染時期

エラーバーは標準偏差。

注）拔き株：圃場の栽培株を定期的に抜き取り、圃場から持ち出した。

ポット株暴露：ポットで生育させた株を一定期間圃場に暴露した後、圃場から持ち出した。

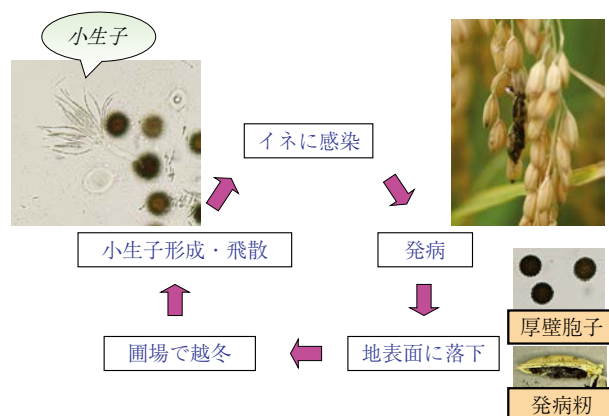


図-7 墨黒穂病の生活環

に、圃場に落ちた厚壁胞子が伝染源となる。越冬した厚壁胞子は発芽して前菌糸を伸ばし、空气中に伸びた前菌糸はその先端に1次小生子の束（図-5下段左）を形成し、また、水中で伸びた前菌糸は水面に到達してから1次小生子の束を空气中に形成する。1次小生子が完成すると束が開き（図-5下段右）、やがて小生子が飛散し、さらに発芽して2次小生子を形成する。形成された1次、2次小生子が飛散し出穂期直前～出穂期12日後ころ（石川ら、2013）に穂に感染する（図-6）。発病は成熟期近くになると確認できるようになる（図-7）。

## 4 発病条件

感染時期である出穂期ころの降雨と高い湿度が多発生をもたらす。また、ある程度日照があったほうが多発生するとの報告もある。温度条件は24～33℃の範囲が好適とされ幅が広い。ただし、新潟県のアメダス観測値を用い、半月別の降雨日数および平均気温と発生量との間の年次比較を行ったが、多発生年の気象に特徴は認められ



ず、気象条件から多発生を説明することは困難であった。

千葉県で胞子の飛散量が調査され、3か年の開花期の胞子採集量と各年次の墨黒穂病の発生量の傾向が一致したとの報告がある（井口，1990）。また、胞子の飛散は日平均気温 20℃ 以上で始まり、中干しにより水田に水がなければ採集されず、水田に水を入れたときや降雨があったときに採集されると報告されている（本間ら，1994）。この調査では、他の時期に比べ極めて多量に胞子飛散する日がある。このため、多発生年には感染時期に胞子の多量飛散をもたらす気象条件があった可能性がある。

### 5 品種間差

新潟県における墨黒穂病の被害は稲品種‘わたぼうし’に集中している。同じ圃場に‘わたぼうし’、‘こがねもち’、‘こしいぶき’、‘コシヒカリ新潟 BL’を栽培すると、‘わたぼうし’は他の品種に比べ約 6 倍発病する（図-8）（石川ら，2014）。発病した籾に形成された厚壁胞子は翌年の伝染源となるので、‘わたぼうし’を栽培した圃場の伝染源は、他品種を栽培した圃場の伝染源よりも約 6 倍多いと推定される。これらの要因によって‘わたぼうし’は特に被害が発生しやすくなっている。

## II 被害

### 1 品質

日本では農産物検査において規格外となる玄米汚損が特に問題となる。玄米の汚損は、籾すり時に被害籾が碎け、籾内部に形成された厚壁胞子の健全な玄米への付着（図-9 上段）と玄米の一部に厚壁胞子を形成した発病玄米（図-9 下段）の混入である。軽度の発病玄米は粒厚選別でも除去できない粒厚となり、精玄米に混入してしまう。

### 2 生体への影響

これまで、墨黒穂病による人や家畜の健康被害の報告

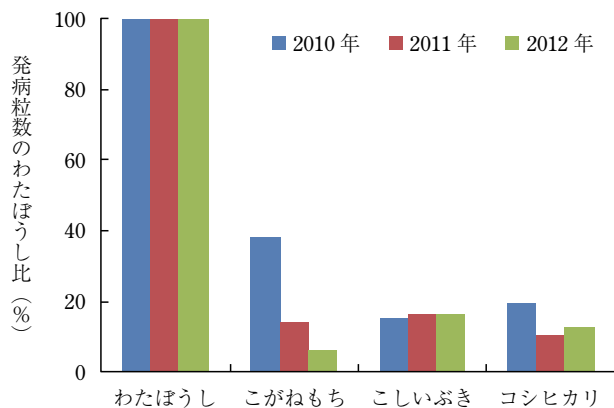


図-8 発病の品種間差

はない。

発病籾を 28 日間にわたりマウスに投与し、臓器重量、血液生化学的性状、病理組織学的性状を調査したが、投与しなかったマウスと有意な差はなかった。また、肝臓の遺伝子発現を網羅的に検索したが、非常にわずかな遺伝子について低発現領域で非投与マウスとの差が認められたのみであった。これらから、発病籾の投与による生体への影響は、長期的にも極めて小さいと考えられている（山中ら，2014）。

### 3 発病と汚損の関係

農産物検査で規格外となった玄米 10 サンプルの、玄米 1 粒当たりの胞子付着数は 260～970 個/粒であった。

汚損程度の異なる玄米の観察では、汚染は胞子付着数が 100 個/粒以下では肉眼で確認できなかったが、200 個/粒以上では容易に確認できた。これらより、胞子付着数が 200 個/粒以上になると農産物検査で規格外と判定される可能性が高く、精玄米の胞子付着数を 200 個/粒以下に抑える必要があると考えられている。

籾すり前の被害籾混入割合の許容水準を明らかにするため、発病籾の混入割合の異なる籾を、ロール式籾すり



図-9 イネ墨黒穂病による玄米の汚損

上段：健全玄米への厚壁胞子の付着，下段：軽度の発病玄米。



機で粃すり後にロータリー式米選機で選別し、精玄米の厚壁胞子付着数を調査した。年次により回帰直線の傾きは異なったが、各年次の粃すり前の被害粃混入割合と玄米汚損の間に正の相関が認められた。最も混入が多くなる事例では、粃すり前の被害粃混入割合が0.15%で胞子付着数は200個/粒になると推定された(図-10)。

規格外となる可能性の高い圃場での発病程度を明らかにするため、発病程度の異なる小区画の試験区をコンバインで収穫し、収穫した粗粃中の被害粃混入割合を調査した。その結果、圃場における株当たりの発病粒数と被害粃混入割合との間に正の相関が認められ、成熟期の圃場での株当たり発病粒数が0.92粒で収穫した粗粃の被害粃混入割合は0.15%になると推定された(図-11)。

#### 4 発病株率による発病粒数の推定

圃場での発病程度は株当たりの発病粒数で調査を行っていたが、墨黒穂病の発病粒は見分けにくく、発病粒数の調査には多くの時間と労力が必要となる。発病粒数の調査よりも簡便な方法として、発病株率による調査が可能か検討した。発病粒数の調査は調査株のすべての粃を調査する必要があるのに対し、発病株率の調査は発病粒を確認したらその株の調査は終了し、次の株の調査に移れる。

発病株率と株当たり発病粒数の間には指数関数式が適

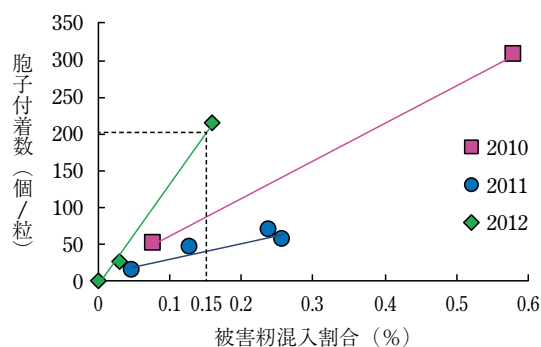


図-10 粃すり前の被害粃混入と胞子付着数

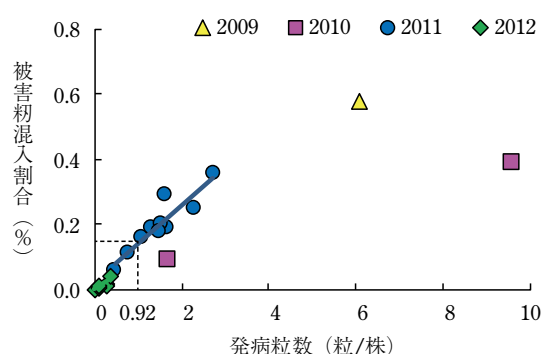


図-11 圃場の発病と粗粃への被害粃混入

合し、規格外となる可能性が高い株当たりの発病粒数が0.92粒である圃場での発病株率は55%と推定された(図-12)。ただし、この方法では発病株率が80%を超えるあたりから値のばらつきがやや大きくなることや、株当たり発病粒数が4粒を超えると発病株率はほぼ100%となるため、薬剤の効果試験や発生予察調査のように多発圃場での発病程度の把握を必要とする調査には使えない。発病株率による調査は、規格外となる可能性の高い圃場の刈り分け要否の判断に利用できる。

### III 防 除 法

表-1に墨黒穂病の主な対策技術とその効果を示した。前年までの圃場での発生や農産物検査での規格外の発生状況および栽培する品種等から栽培圃場のリスクを推定し、可能な対策を組合せて実施する。

#### 1 圃場での発病軽減

多窒素で栽培するほど発病が多くなるので、過剰な施肥を避け適正な施肥量で栽培する。薬剤防除を適切に行い圃場における発生軽減を図る。薬剤により効果的な散布時期が異なるので適期散布の順守が重要である。

#### 2 収穫時の対策

多発圃場とそれ以外の圃場の収穫物を一緒に乾燥・調整すると多発していなかった圃場の収穫物も規格外となる危険性がある。ロール式粃すり機を使用する場合、発病株率が55%以上になると規格外となる可能性が高くなるため、そのような多発圃場の粃は発生の少ない圃場とは別に収穫、乾燥、調製を行う。

粃が乾いた条件でコンバイン収穫すると、コンバインの風選機能によって被害粃の約2割が除去できるが、高水分条件では被害粃の除去割合は1割程度にとどまる。このため、発生圃場では、被害粃の収穫粃への混入を抑制するため、朝露がある場合は露が乾燥するまで刈り取り時間を遅らせるなど、粃が高水分な時の刈り取りは避

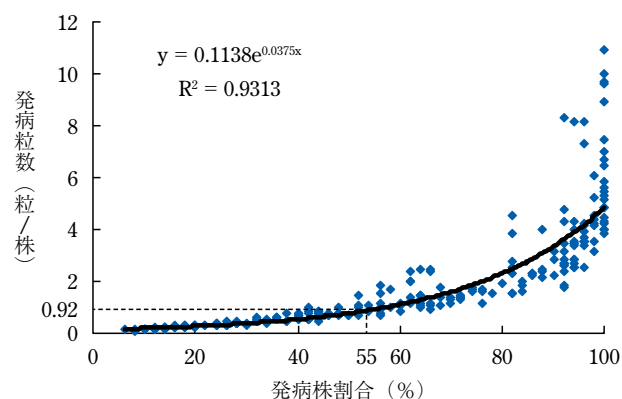


図-12 発病株割合と発病粒数の関係

表-1 墨黒穂病による玄米汚損軽減技術とその効果

| 実施時期   | 対策技術                      | 効果の内容・程度                                                 |
|--------|---------------------------|----------------------------------------------------------|
| 栽培期間   | 多肥栽培の回避                   | 多肥栽培は発病を助長                                               |
|        | 晩植の回避                     | 出穂期が遅いほど発病が多い                                            |
|        | 薬剤防除                      | 適期の薬剤防除は発病を 20～35%に軽減                                    |
| 収穫作業   | 多発生圃場の刈り分け                | 多発生圃場の籾を少発生圃場と別に収穫乾燥調製                                   |
|        | 籾水分低下時の収穫                 | コンバイン内部での選別で被害籾の混入を約 80%に軽減                              |
| 乾燥調製作業 | ロール式籾すり機使用                | ロール式籾すり機のとうみを利用した風選は被害籾の混入を約 80%に軽減                      |
|        | 風選による除去 <sup>a)</sup>     |                                                          |
|        | 肌ずれの少ない籾すり                | ロール幅を調整し、孢子付着の多い肌ずれを軽減                                   |
|        | インペラ式籾すり機使用               | インペラ式籾すり機の使用は玄米の汚損をロール式の 20～30%に軽減                       |
|        | ロール、インペラ式共通<br>2 番口排出物の廃棄 | 2 番口の籾・玄米は、被害籾・発病玄米の混入割合が籾すり前の 15～35 倍あり、再度籾すりすると玄米汚損を助長 |

<sup>a)</sup> インペラ式籾すり機でも、一部の機種では風選機能がある。

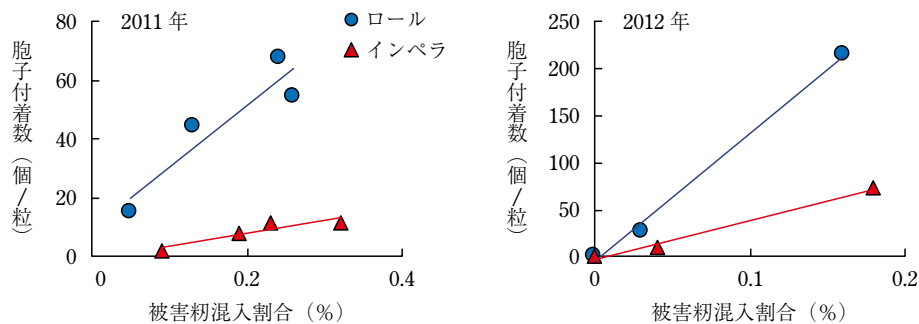


図-13 籾すり方式による玄米汚損の違い

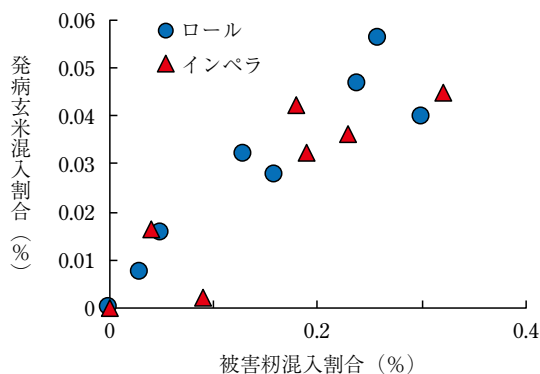


図-14 籾すり方式と発病玄米の混入との関係

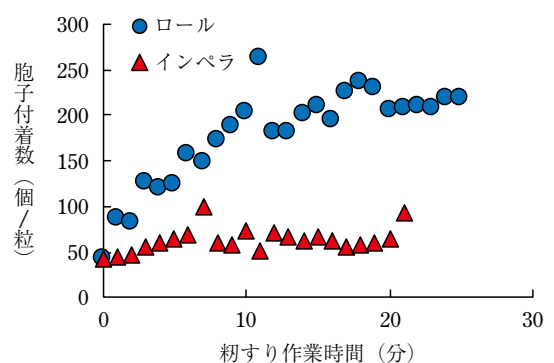


図-15 籾すり中の玄米汚損の経時推移

け、晴天下で乾燥状態が良好なときに刈り取る。

### 3 乾燥・調製時の対策

墨黒穂病の被害籾は、健全籾に比べ比重が軽いため、風選による除去が可能であるが、風選の専用機はないため、籾すり機を利用する。ロール式籾すり機のロール幅を全開にして、籾すりをせずとうみを利用して風選した場合、被害籾の約 20%が除去できる（石川，2013）。なお、インペラ式籾すり機にも籾すりをせずに風選を行

う機能を持った機種がある。

農産物検査で問題となる玄米汚損は、厚壁孢子の玄米への付着と、部分的に発病した玄米の混入である。籾すり方式によって厚壁孢子付着による玄米汚損の程度が異なり、インペラ式籾すり機を使用すると玄米の汚損がロール式の 20～30%に軽減される（図-13）。しかし、軽度の発病玄米の混入割合は、インペラ式とロール式で違いはなく（図-14）、インペラ式籾すり機を用いても発病

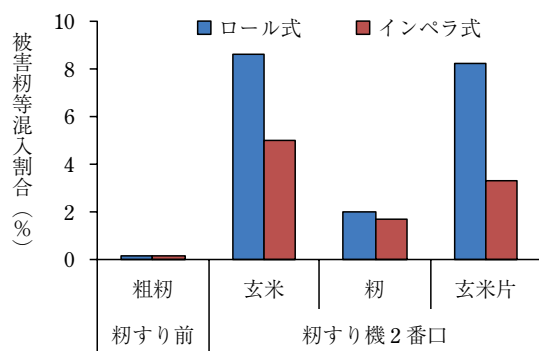


図-16 初すり機 2 番口への被害粃などの混入

玄米の混入を軽減できない。このため、圃場での発病程度が高すぎると発病玄米の混入で規格外となる可能性があるため、圃場での発病抑制に努める。

また、ロール式初すり機を使用する場合、初すり作業開始から時間の経過とともに玄米の胞子付着数が徐々に多くなるため、汚損程度の確認は定期的に行う必要がある(図-15)。インペラ式で付着胞子数の変化がないのは、初すり部の構造がロール式に比べ単純で、粃を高速で衝突板に当てる際に空気が送り込まれるため、初すり部に厚壁胞子が蓄積しにくくなっているためと推定される。

初すり機の 2 番口にはロール式、インペラ式ともに多くの病粒や被害粃が含まれるため、2 番口の排出物は再度初すりを行わず廃棄する(図-16)。

## おわりに

農産物検査の検査基準が厳しく、一つの技術対応で高い効果をあげることは難しい。発生量の予測も困難なため、前年までの発病状況や、その年の発病状況に応じて複数の対策を組合せて実施し、規格外米の発生回避を図る。

## 引用文献

- 1) 綾戸 保ら (1993): 九病虫研報 39: 8~10.
- 2) 本間宏基ら (1994): 千葉農大紀要 7: 1~10.
- 3) 井口慶三ら (1987): 関東東山病虫研報 34: 13~14.
- 4) ——— (1990): 日植病報 56: 383.
- 5) 石川浩司ら (2013): 北陸病虫研報 62: 13~17.
- 6) ——— (2013): EBC 研究会ワークショップ 2013 講演要旨集: 12~18.
- 7) ———ら (2014): 北陸病虫研報 63: 1~4.
- 8) 笠井康史ら (1996): 同上 44: 39~42.
- 9) 三浦喜夫ら (1988): 北日本病虫研報 39: 94~97.
- 10) WHITNEY, N. G. (1992): Compendium of Rice Diseases (R. K. WEBSTER and P. S. GUNNEL, eds.), American Phytopathological Society, St. Paul, MN., p.28~29.
- 11) 山中典子ら (2014): 動衛研報 120: 1~8.

## 発生予察情報・特殊報 (30.8.1~8.31)

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

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

- ローズマリー：ヨコバイ科の一種 (大分県：初) 8/1
- 白ネギ：黒腐菌核病 (大分県：初) 8/1
- トルコギキョウ：斑点病 (宮城県：初) 8/9
- トルコギキョウ：斑点病 (島根県：初) 8/10
- ブドウ：ブドウミタマバエ (仮称) (栃木県：初) 8/17
- メロン：退緑黄化病 (和歌山県) 8/24

- 西洋なし：ニセナシサビダニ (新潟県) 8/24
- ニンニク：イモグサレセンチュウ (香川県：初) 8/27
- ライチ：ハンエンカタカイガラムシ属 1 種, ミカンコナカイガラムシ他 (宮崎県：初) 8/27
- キュウリ：ナスコナカイガラムシ (神奈川県：初) 8/28



|   |   |   |
|---|---|---|
| 植 | 物 |   |
|   | 防 | 疫 |
| 講 | 座 |   |

## 虫害編-9

## イネヒメハモグリバエの発生生態と防除

秋田県農業試験場 にい新 やま山 とく徳 みつ光

## はじめに

イネヒメハモグリバエ（別名：イネミギワバエ）*Hydrellia griseola* (Fallén)（ハエ目：ミギワバエ科）は、九州以北の日本全土のほか、全ヨーロッパ、シベリア、中国、朝鮮、北アメリカ、北アフリカ等北半球の温帯地域に広汎な分布を持っている（桑山，1955）。

日本における害虫としての記録は1933年が最も古く、1937年に東北地方で著しい被害が記録されて以降、1940年代から1950年代にかけて北海道や東北地方を中心にたびたび大発生を繰り返している。特に1954年の北日本における本種の大発生は、冷害とあいまって未曾有の広汎かつ被害激甚なものとなった。しかし、その翌年の1955年は大いに警戒されたにもかかわらず、北海道の一部を除いてほとんど防除が不要なまでに影をひそめた（桑山，1955）。このように、本種は突発的に大発生したあとは継続して被害を与えることがないため、生態や異常発生の機構等についての知見が乏しく、いまだ不明な点が多い。近年では2013年に秋田県の沿岸部全域を中心に、その南北に隣接した山形県と青森県の一部地域で大きな被害を受け（新山ら，2014）、あらためて本種による被害の突発性を認識させられた。そのため、今後も発生推移に注意する必要がある。

## I 形態

イネヒメハモグリバエの成虫は体長が2 mm程度、全体が暗灰色で背面は青銅色を呈する（図-1）。卵は白色で長さ0.7 mmの長楕円形である（図-1）。表面には約20条の浅い縦皺がある（加藤，1955）。幼虫は乳白色で老熟幼虫（3齢幼虫）の体長は約4 mmとなる（図-2）。蛹は最終齢の幼虫の外皮がそのまま蛹の外皮となっている（加藤，1955）。黄褐色～暗褐色のやや扁平な紡錘型で、長さは約3 mmである（図-2）。

Ecology and Management of the Rice Leaf Miner, *Hydrellia griseola*. By Tokumitsu NIYAMA

（キーワード：水稻害虫，イネヒメハモグリバエ，イネミギワバエ，発生生態，防除）



図-1 イネヒメハモグリバエの成虫と卵（撮影：高橋良知氏）



図-2 イネヒメハモグリバエの幼虫と蛹（撮影：高橋良知氏）

## II 近似種コトニミギワバエとの区別

1959年、北海道で水稻の葉を食害するコトニミギワバエ *Hydrellia ischiaca* Loewが発見された（富岡ら，1983）。その後の調査で、本種は日本全土で見られ、多くの地方で近縁のイネヒメハモグリバエと混発して、発生予察上誤認されてきた可能性があることが指摘された（石崎，1976）。両種は発生時期や食害の仕方、食痕中に多数の糞が残る等の違いがあることが報告されており（石崎，1976）、成虫の形態にも表-1のような違いがある。両種の特徴を確認できるように写真を図-3に示した。

表-1 イネヒメハモグリバエとコトニミギワバエの成虫形態の比較（石崎，1976；富岡ら，1983；城所，1984による）

| 項目       | イネヒメハモグリバエ<br><i>H. griseola</i> (Fallén) | コトニミギワバエ<br><i>H. ischiaca</i> Loew            |
|----------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 外観       | 体長 2 mm 内外<br>体色 やや青味を帯びた灰褐色.             | 体長 1.5~2 mm 内外<br>体色 暗褐色，金属光沢を有するブロンズの部分がまざる.  |
| 触角刺毛の枝分れ | 5~6 本<br>6 本の個体が多い.                       | 8 本の個体が多い.                                     |
| 顔        | 顔の膨らみは緩やかで，しかもかなり高く，膨らみ最高部は顔の中央より下方にある.   | 顔の膨らみは緩やかで，角ばらず，最高部はより下方にある.                   |
| 胸部，腹部の背面 | 全体は暗緑色のまざった青銅色.                           | 腹背はほとんどブロンズ一色で，側縁の灰色紋は非常に弱い.<br>胸背周囲の灰色は弱い.    |
| 脚        | 黒色で灰色粉により密におおわれている.<br>後脚の跗節は黄色.          | 腿節は灰色であるが，その両端，脛節，跗節および前脚の基節は黄褐色.<br>後脚の跗節は黄色. |
| 翅長       | 2.7 mm                                    | 2.2 mm                                         |

### Ⅲ 発 生 生 態

越冬態は，北海道では主に蛹が土中や枯死したイネ科雑草内とされ（桜井ら，1955），東北地方では主に老熟幼虫がイネ科雑草の葉肉内や葉鞘で越冬するとされている（鈴木・湖山，1955）。しかし，積雪の少ない岩手県の宮古以南では，冬期も水が切れない湧水地付近で成虫や卵を含むあらゆる態が存在し，しかも少しずつ成長を続けていることが確認されており（大森・大矢，1955），茨城県でも同様のことが観察されている（岩本，1966）。このように地域や環境条件によって越冬態が異なるが，大発生をもたらすためには，特定のステージがある程度揃う必要があると考えられる。

成虫は，水田に水が張られると多数飛来して盛んに水面を歩行したり，水面近くを飛翔する。野外の観察では，気温が1.5℃くらいでも水上を飛び（大森・大矢，1955），3.5℃でも交尾行動が認められており（岩本，1966），かなり低温適応性が高い害虫であると考えられる。黄色に誘引される性質を利用して黄色水盤や黄色粘着トラップにより成虫の発生消長を調査した事例が報告されている（石崎，1969；藤崎ら，1980；新山・白鳥，2016）。また，水面すれすれに低く飛翔することが観察されることから，成虫は通常，ごく低いところを飛翔していると考えられていたが，地上10 mに設置したネットトラップに



図-3 イネヒメハモグリバエ（左）とコトニミギワバエ（右）（写真提供：岩崎暁生氏）

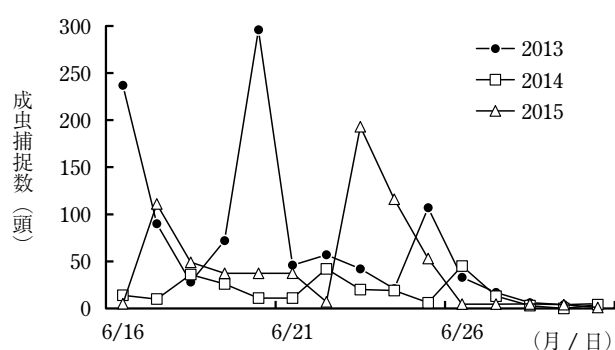


図-4 ネットトラップによる日別成虫捕捉数の推移（秋田県秋田市）

も多数の成虫が捕捉されることが明らかにされている（佐藤ら，1983）。実際，秋田県における多発年にはネットトラップに第2世代成虫と考えられる個体が多数捕捉されている（図-4）。19℃で成虫の寿命は18日前後，1雌当たりの産卵数は20~30である（鈴木・湖山，1955；桜井ら，1955）。

ふ化した幼虫は直ちに葉肉内に潜入する。潜入当初は中肋の近くに縦に微細な線状の食痕を作って食い進むが，成長すると食痕は細長い袋状となり，葉の表皮を透かして内部の幼虫が見えるようになる。食痕の長さは長いものでおよそ10 cmに達し，初めはうっすらと緑色の残る白色をしているが，やがて淡褐色になる（図-5）。幼虫は3齢を経過して，摂食していた葉内で蛹化するのが普通であるが，一度葉から脱出して他の新しい葉に潜入して蛹化する場合もある。

様々な温度条件下での各態の発育期間は表-2の通りである。これによると，20℃では卵から成虫羽化まで約22日かかることになる。

年間の発生回数は，北海道では5~6回，東北地方では6~8回，茨城県では8回程度と考えられている。そのうち，イネを加害する世代については，北海道を含む



図-5 幼虫による食害痕

表-2 様々な温度条件下における各態の発育期間（富岡，1955）

| 温度     | 卵       | 幼虫       | 蛹        | 卵～蛹  |
|--------|---------|----------|----------|------|
| ℃      | 日       | 日        | 日        | 日    |
| 11     | —       | 22.1     | —        | —    |
| 15     | 6.8     | —        | —        | —    |
| 16     | —       | —        | 14.0     | —    |
| 18     | 4.1     | 12.1     | —        | —    |
| 20     | 3.1     | 9.8      | 8.9      | 21.8 |
| 25     | 2.2     | 7.6      | 6.5      | 16.3 |
| 30     | 2.0     | 6.0      | 5.1      | 13.1 |
| 発育臨界温度 | 10.1℃   | 6.0℃     | 8.0℃     |      |
| 有効積算温度 | 32.2 日度 | 142.8 日度 | 111.1 日度 |      |

多くの地方で2回目の成虫（第1世代成虫）が水田に飛来し、その次世代幼虫（第2世代幼虫）が加害すると見られている。ただし、2013年に沿岸部を中心に大発生した秋田県では、2012年12月から2013年2月までの気温が平年よりかなり低く、根雪期間は平年より38日長い88日にも及んだことから、水稻の移植始期である5月上旬までに1世代を経過することは不可能と考えられている（新山ら，2014）。したがって、現在の秋田県におけるイネへの加害生態は次のように整理されている。越冬世代と考えられる成虫は5月上旬ころから出現し、5月上～中旬に移植された直後からイネに産卵を行う。第1世代幼虫による被害は5月下旬～6月上旬に目立つようになる。第1世代成虫は6月中旬に発生盛期となり、6月下旬ころから食害が発生するが、ほとんどの場合は気温が高く幼虫の発育に不適となるため、大きな被害とはならない。ただし、冷害年など気温の低い場合は多発することもある。なお、従来、直播栽培は移植栽培に比べて本種の被害を受けやすいとされてきたが（鶴

田，1996），現在主流の湛水直播栽培では本種が産卵可能となる3葉期は6月中旬に当たり、第1世代成虫の発生時期と一致するが、気温が高く幼虫の発育に不適となるため、被害は多くなりにくい。第2世代成虫期以降は水田を離れ、主に水際などの雑草で発生を繰り返し、主に老熟幼虫で越冬する。

## IV 発生予察

### 1 発生しやすい条件

イネヒメハモグリバエは前年にやや多発し、冷夏と暖冬を経過した翌年の5～6月が低温の場合に多発しやすい（湖山・鈴木，1955；大森・大矢，1955）。移植時期の早期化や4～5月の低温で成虫の発生が遅れる等、成虫の発生とイネの移植時期が一致すると、産卵数が多くなって被害が大きくなりやすい（城所ら，1982；新山ら，2014）。また、移植時期が早い場合や深植え、移植後の深水等の流れ葉が多くなる栽培様式を行うと産卵を誘発する。

### 2 予察方法

発生時期の予察としては、成虫の発生盛期を知る目的で4～6月に用水路や畦畔のイネ科雑草繁茂地および本田において、すくい取りにより成虫数を調査する。また、黄色に誘引される性質を利用して黄色水盤や黄色粘着トラップで調査してもよい（図-6）。

発生量の予察は、定点調査では移植後の本田におけるすくい取りや黄色粘着トラップにより成虫の発生量を調査する。さらに、移植直後から3～7日間隔であらかじめ定めた畦畔際の連続100～200株程度の成虫数と卵数を調査する。また、同株について食害株率と食害程度を調査する。巡回調査では、常発地や移植の早い地域を中心に、移植間もないころに本田の畦畔際の100株について、産卵株数、卵数を調査する。

## V 被害と要防除水準

幼虫による食害が進むと食痕は白線状となり、さらに褐変する。食害がひどい株は全葉が褐変枯死し、軟化して水面に倒れるのが特徴である（図-7）。水田全面に被害が及ぶと全株が熱湯をかけたように萎凋腐敗し、一見、植え傷みや株腐れの様相を呈する（図-8）。枯死したように見えても生長点が残っていると、やがて新葉が展開し、再生する場合が多い（図-9）。しかし、この場合でも生育は著しく遅れ、主に穂数が減少して減収する（松本ら，1955）。

秋田県では株当たり卵数と被害葉率の関係から、要防除水準を設定している。暫定的な被害許容水準を6月3





図-6 黄色粘着板の設置状況と誘殺された成虫



図-7 食害により全葉が褐変枯死した株



図-8 水田全面に及んだ被害



図-9 再生した被害株

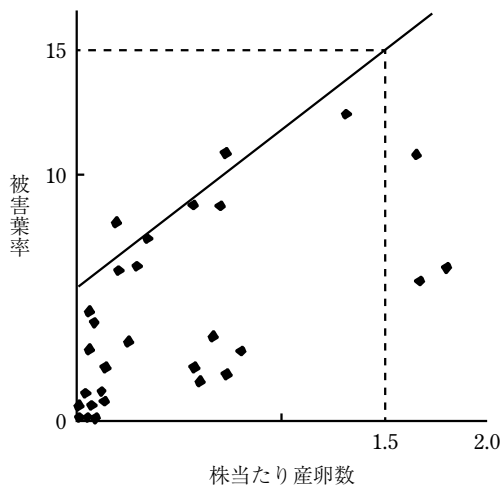


図-10 5月末の株当たり産卵数と6月3半旬の被害葉率の関係（1977年，秋田農試）

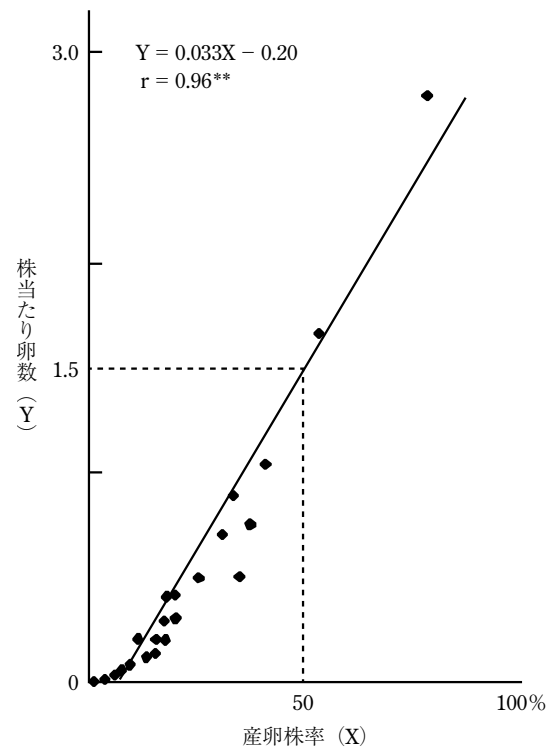


図-11 産卵株率と株当たり卵数の関係（1982～83年，秋田県中央部調査）

半旬（被害盛期）の被害葉率で15%と定めると、これを引き起こす産卵密度は図-10より1.5卵/株以上で、この密度に相当する産卵株率は図-11より、およそ50%と推定される（1982～83年県中央部調査）。これらのことから、イネヒメハモグリバエの要防除水準を株当たり卵数1.5個または産卵株率50%としている（秋田県病害虫防除所，2018）。

## VI 防 除 対 策

### 1 耕種的防除法

移植時期が早いと成虫の発生時期と重なり、産卵量が多くなるおそれがあるため、極端な早植えを避ける。また、産卵はそのほとんどが水面に極めて近い葉の表面になされる。特に水面に垂れて浮かんだ葉に多くされる。そのため、深植や移植後の深水等、流れ葉が多くなる栽培様式を避ける。

### 2 薬剤による防除法

イネヒメハモグリバエの防除が必要な場合は、発生初期（秋田県の場合は、第1世代が5月中～下旬、第2世代が6月中～下旬）に薬剤の茎葉散布や水面施用を行う。使用する薬剤は、PAP乳剤、MEP乳剤、エトフェンプロックス粉剤DL、エトフェンプロックス粒剤から選択する。エトフェンプロックス粒剤を使用する場合は、湛水状態で田面に均一に散布し、散布後4～5日間は入水

しない。また周辺環境への影響を配慮し、散布後7日間は落水・かけ流しはしない。

また、多発が予想される場合は、育苗箱施用を検討する。育苗箱施用剤は、カーバメート系剤、フェニルピラゾール系剤、ジアミド系剤、イミダクロプリド・スピノサド剤から選択する（秋田県，2018）。

## 引 用 文 献

- 1) 秋田県（2018）：平成30年度版秋田県病害虫・雑草防除基準，秋田県植物防疫協会，秋田，p.29～30.
- 2) 秋田県病害虫防除所（2018）：病害虫防除員のための水稲病害虫の診断と予察法（改訂第3版），秋田県植物防疫協会，秋田，p.27～28.
- 3) 藤崎祐一郎ら（1980）：北陸病虫研報 **31**：110～111.
- 4) 石崎久次（1969）：同上 **17**：22～26.
- 5) ———（1976）：同上 **24**：28～34.
- 6) 岩本静之（1966）：応動昆 **10**（3）：110～114.
- 7) 加藤静夫（1955）：北日本病虫研特報 **3**：6～14.
- 8) 城所 隆（1984）：植物防疫みやぎ **25**：14～19.
- 9) ———ら（1982）：応動昆 **26**：306～308.
- 10) 湖山利篤・鈴木忠夫（1955）：北日本病虫研特報 **3**：54～58.
- 11) 桑山 覚（1955）：同上 **3**：1～5.
- 12) 松本 蕃ら（1955）：同上 **3**：85～99.
- 13) 新山徳光ら（2014）：北日本病虫研報 **65**：135～138.
- 14) ———・白鳥龍一（2016）：同上 **67**：223.
- 15) 大森秀雄・大矢剛毅（1955）：北日本病虫研特報 **3**：33～38.
- 16) 桜井 清ら（1955）：同上 **3**：15～24.
- 17) 佐藤幸夫ら（1983）：北日本病虫研報 **34**：9～10.
- 18) 鈴木忠夫・湖山利篤（1955）：北日本病虫研特報 **3**：25～29.
- 19) 鶴田良助（1996）：北日本病虫研報 **47**：91～94.
- 20) 富岡 暢（1955）：北日本病虫研特報 **3**：70～74.
- 21) ———ら（1983）：北日本病虫研報 **34**：11～12.

|   |   |   |
|---|---|---|
| 植 | 物 |   |
|   | 防 | 疫 |
| 講 | 座 |   |

## 農薬編-9

## ミトコンドリア電子伝達系複合体 I 阻害剤 (METI)

日産化学株式会社 いな だ まこと 誠

## はじめに

METI 剤とはミトコンドリア電子伝達系阻害剤の中でも複合体 I の阻害剤の総称で、IRAC の作用機構分類ではグループ 21 に位置付けられている。本グループは、21A METI 剤および 21B ロテノンの二つのサブグループから成る (表-1, 農薬工業会ホームページ)。

ミトコンドリア電子伝達系複合体 I は、熱帯性および亜熱帯性植物の *Derris* 属や *Lonchocarpus* 属植物の根や茎から抽出される天然物、ロテノン (図-1) の作用点として古くから知られており、1960 年代後半からの SINGER のグループによる一連の研究によってロテノンの詳細な作用機構がわかってきた (三芳, 1995)。日本お

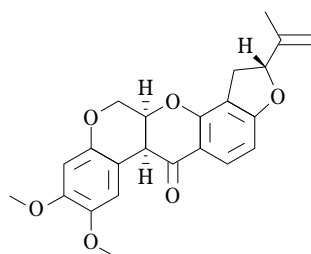


図-1 ロテノンの化学構造式

よび米国の化学会社の研究成果として、本作用点を共有する METI 剤が見いだされることになる。本報ではこれらについて解説する。

## I 開発の経緯

1980 年代初頭から中期にかけて日本農薬、日産化学工業 (当時)、三菱化成 (当時)、宇部興産の 4 社において、全く独立に、異なったケミストリーの中から強い殺ダニ活性が発見された。それらは後に、フェンピロキシメート (KONNO et al., 1990)、ピリダベン (HIRATA et al., 1988)、テブフェンピラド (KYOMURA et al., 1990)、ピリミジフェン (Sankyo Company & Ube Industries, 1999) へと最適化され (図-2)、殺ダニ剤として上市された。上市年はフェンピロキシメートとピリダベンが 1991 年、テブフェンピラドが 1993 年、ピリミジフェンは 1995 年であった。

図-3 にフェンピロキシメートの発見の経緯を示す。

本剤の選抜の端緒は、合成の簡便さと、環上に多様な置換基を導入可能であることから、クロロホルミルピラゾール (3-1) に着目した所にある。ここから合成展開を進めた中で、化合物 (3-2) が高い殺ダニ活性を示す

表-1 IRAC 殺虫剤作用機構分類 (一部抜粋, 加筆)

| 主要グループと一次作用部位                                     | サブグループ<br>あるいは代表的有効成分 | 有効成分       | 農薬名 (例)<br>(剤型省略) | 標的<br>生理機能 |
|---------------------------------------------------|-----------------------|------------|-------------------|------------|
| 21<br>ミトコンドリア電子伝達系複合体 I 阻害剤 (METI)<br><br>エネルギー代謝 | 21A METI 剤            | フェンピロキシメート | ダニトロン             | 呼吸         |
|                                                   |                       | ピリミジフェン    | マイトクリーン           |            |
|                                                   |                       | ピリダベン      | サンマイト             |            |
|                                                   |                       | テブフェンピラド   | ピラニカ              |            |
|                                                   |                       | トルフェンピラド   | ハチハチ              |            |
|                                                   | 21B ロテノン              |            |                   |            |

Mitochondrial Complex I Electron Transport Inhibitors (METI).  
By Makoto INADA

(キーワード: METI 剤, ミトコンドリア電子伝達系複合体 I, フェンピロキシメート, ピリダベン, テブフェンピラド, ピリミジフェン, フェナザキン, トルフェンピラド, 作用機構)



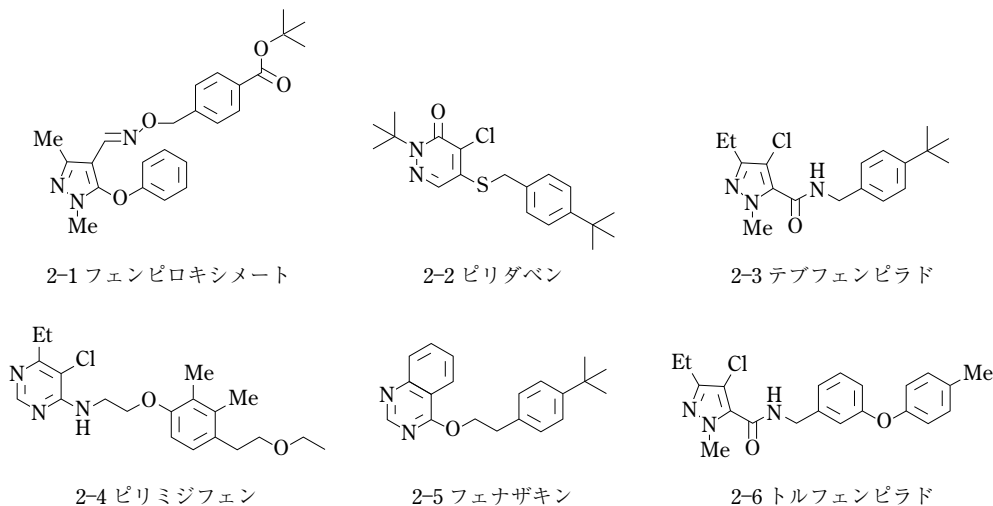


図-2 METI 剤の化学構造式

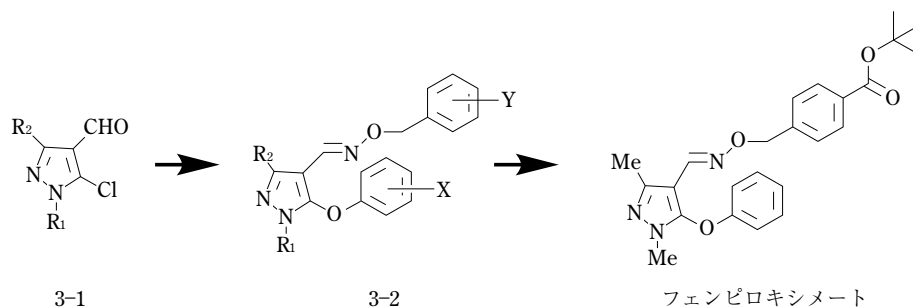


図-3 フェンピロキシメート発見の経緯

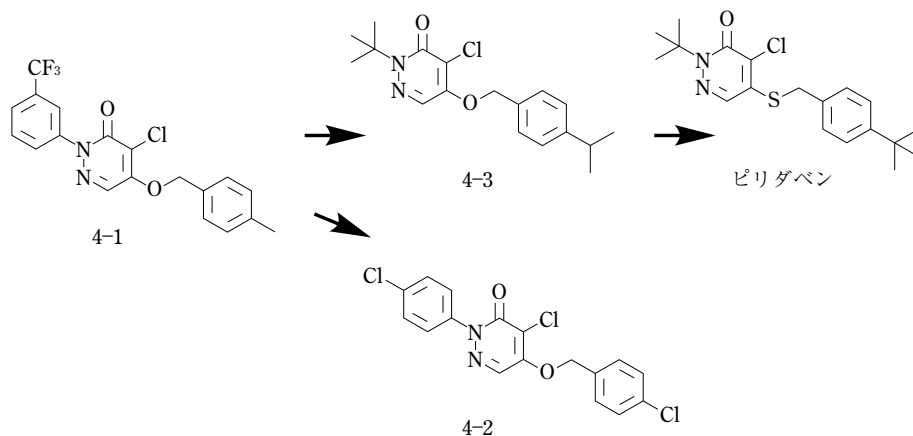


図-4 ピリダベン発見の経緯

ことを見だし、構造を最適化することで本化合物の選抜に至った (HAMAGUCHI et al., 1995)。

ピリダベン発見の経緯を図-4 に示す。本剤の発見までの経緯は極めてユニークで、除草作用を示す化合物 (4-1) の関連化合物の中より、幼若ホルモン様活性を有する化合物 (4-2)、もう一つはピリダベンにつながる化合物 (4-3) と、作用性の異なる二つの化合物が見いだ

され、殺ダニ活性を指標に後者を最適化することで本化合物の選抜に至っている (平田ら, 1995)。

また、図-5 に示すテブフェンピラド発見の経緯では、除草剤を目的にピラゾール系化合物 (5-1) の展開を進めていた中で、微弱ながらももち病に殺菌活性を示す化合物 (5-2) が見いだされた。その活性向上を目的に合成された化合物 (5-3) に殺ダニ活性が発現し、構造の最適化

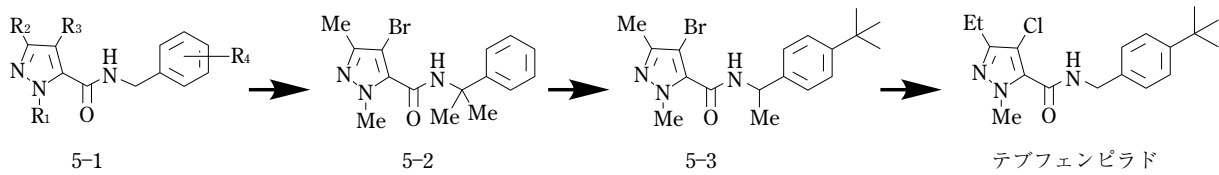


図-5 テブフェンピラド発見の経緯

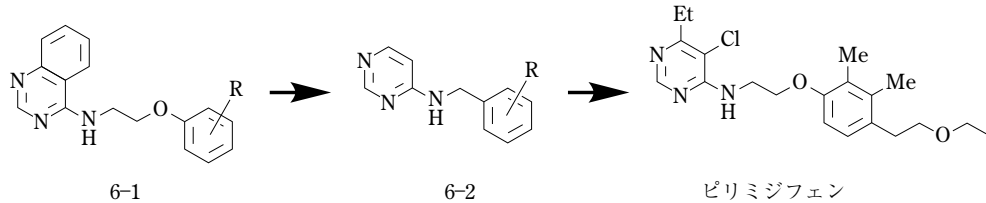


図-6 ピリミジフェン発見の経緯

を進めることで本化合物の創出に至った (岡田, 1997)。

ピリミジフェンは、殺菌活性を有する *N*-(置換フェノキシアルキル)-4-キナゾリンアミン (6-1) に端を発する (図-6)。ここからチョウ目およびハダニ活性を有する *N*-置換ベンジル-4-ピリミジンアミン (6-2) へ形を変え、これを最適化することにより選抜された (OBATA et al., 1992; SPARKS and DeAMICIS, 2012)。

また、米国のダウ・エランコ (当時) では、キナゾリン誘導体の探索研究からフェナザキン (図 2-5) を創出し、殺ダニ剤として 1993 年にフランスで農薬登録されている。日本では 2005~07 年にかけて、アグロカネショウより社団法人日本植防疫協会の新農薬実用化試験において試験が実施されたが、上市には至っていない。

これら殺ダニ剤の日本での上市時期は、1980 年代後半のハダニ防除で中心的な役割を果たしていたヘキシチアゾクスに対する抵抗性が拡大し、有望な新剤が求められていた時期と一致する。その結果、1991 年のフェンピロキシメートとピリダベン 2 剤の市場占有率は主要殺ダニ剤出荷額全体の 3 割、92 年には 5 割に及んだ。テブフェンピラドが上市された後も 3 剤の合計は 93 年、94 年とも 5 割を超えた (図-7, 三宅ら, 2003)。

上述の 5 剤が殺ダニ剤として開発が進められた中、三菱化学 (当時) はテブフェンピラド発見後もピラゾールカルボキシアミド構造に注力し続け、微弱ながらも数種の害虫に対し、殺虫活性を有するテブフェンピラド類縁構造を見いだした。さらに研究を継続し、広範な殺虫スペクトラムを有するトルフェンピラド (図 2-6) を選抜 (SPARKS and DeAMICIS, 2012), 2003 年に上市した。

## II 作用特性

各 METI 剤の殺ダニ活性の特徴としては、①経済的

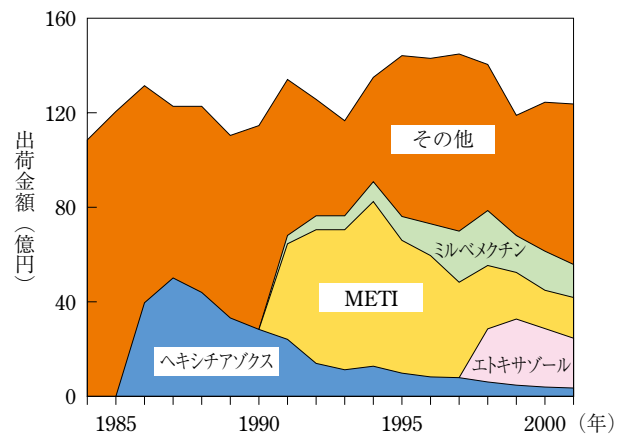


図-7 主要殺ダニ剤の出荷金額 (三宅ら, 2003 を改変)

に重要なハダニ類、サビダニ類、ホコリダニ類に高い活性を有していること、②卵から成虫までのすべてのステージに有効であること、③速効的であること、④長い残効性を示すことが挙げられる。その結果として、実際の防除場面では、ハダニの密度を長期間にわたって強く抑制し、極めて高い防除効果を示す。また、これら METI 剤は、殺ダニ活性に加えて、殺虫活性を有することも特徴である。

ダニ類以外の殺虫スペクトラムとして、フェンピロキシメート (ダニトロン®) は、タバココナジラミ、クワシロカイガラムシ、チャノミドリヒメヨコバイ、チャノホソガに、ピリダベン (サンマイト®) はコナジラミ類、アブラムシ類、ヨコバイ類、チャノキイロアザミウマに、テブフェンピラド (ピラニカ®) は、アブラムシ類、チャノミドリヒメヨコバイに、そしてピリミジフェン (マイトクリーン®) は、コナガ、ミカンキジラミ、チャノホソガに登録がなされている。またピリダベン、およびテブフェンピラドは上記害虫種だけでなく、うどんこ病

表-2 METI 剤の物理化学的性状 (日本植物防疫協会, 2016)

|                           | フェンピロキシメート                  | テフフェンピラド                      | ピリダベン                        | ピリミジフェン                      | トルフェンピラド                   |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 外観                        | 白色結晶粉末                      | 白色結晶                          | 白色結晶                         | 白色結晶                         | 類白色粉末                      |
| 臭気                        | 無臭                          | ハロゲン化物様                       | 無臭                           | 無臭                           | 無臭                         |
| 融点, °C                    | 101.1~102.4                 | 61~62                         | 109.4~110.6                  | 69.4~70.9                    | 87.8~88.2                  |
| 蒸気圧, Pa                   | $7.4 \times 10^{-6}$ (25°C) | $< 1.0 \times 10^{-5}$ (25°C) | $1.45 \times 10^{-2}$ (25°C) | $1.6 \times 10^{-7}$ (25°C)  | $5 \times 10^{-7}$ (20°C)  |
| 水溶性, g/l                  | $15 \times 10^{-6}$ (25°C)  | $2.61 \times 10^{-3}$ (25°C)  | $1.2 \times 10^{-5}$ (24°C)  | $2.17 \times 10^{-3}$ (25°C) | $87 \times 10^{-6}$ (25°C) |
| オクタノール/水分<br>配係数 (LogPow) | 5.01 (25°C)                 | 4.93 (25°C)                   | 6.23 (23°C)                  | 4.59 (pH7, 23°C)             | 5.61 (25°C)                |

に対して殺菌活性を有し、登録を取得している。

トルフェンピラド (ハチハチ®) は、先の殺ダニ剤とは異なり、殺虫剤と位置づけられる。本剤は、野菜、果樹、茶等のチョウ目、カメシ目、コウチュウ目、ハエ目、アザミウマ目およびダニ目と非常に広範な害虫種に効果を示すブロードスペクトラム剤で、主要害虫の同時防除が可能である。また本剤もうどんこ病に対し効果を有する。

表-2 に METI 剤の物理化学的性状を示す。全般的にこれらの剤は、水溶性が低く、オクタノール/水分配係数が 4.59~6.23 と高いことから、茎葉や根からの浸透移行性は有していないが、茎葉への吸着性は高いと推察される。高い防除効果をあげるために、散布むらが起こらないように処理する必要がある。

### III 作用機構

生命活動を維持するうえで、細胞は呼吸によりエネルギーを得ている。このエネルギー生産の場を担っているのがミトコンドリアで、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系のプロセスを経てエネルギー、すなわち ATP を生成する (図-8)。具体的には、細胞質基質において解糖系の反応が進行し、グルコースがピルビン酸へと代謝される。このピルビン酸はミトコンドリアに入り、アセチル CoA となってクエン酸回路に運び込まれ、酸化を受ける。これにより電子伝達系で利用される NADH、FADH<sub>2</sub> 等が生成される。電子伝達系 (図-9) では、タンパク質複合体 (複合体 I~IV) を介して、NADH または FADH<sub>2</sub> より電子の受け渡しがなされ、ミトコンドリア膜間腔に水素イオンが運搬される。これにより水素イオンの濃度勾配が生じ、このエネルギーを使って ADP から ATP が生産される。

さて、METI 剤は上記の過程において、ミトコンドリア電子伝達系複合体 I を阻害する。複合体 I は複合体の中で最も大きく、ウシ心筋の場合、約 1 MDa からなる

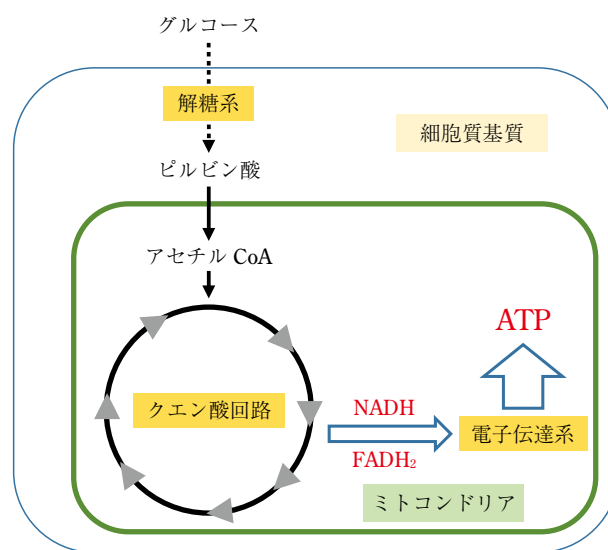


図-8 エネルギー (ATP) 生産経路

巨大な高分子で、45 個のサブユニットから構成されている。この酵素は、NADH : キノン酸化還元酵素とも呼ばれ、呼吸における電子輸送の最初の段階をつかさどり、NADH からキノンへの電子を受け渡す反応と、膜の内側から外側へと水素イオンをくみ出す二つの反応を担っている。図-10 に示すように L 字構造を取っている本酵素の膜外に突出した親水性ドメインは前者の、膜貫通ドメインは後者の機能を果たす (三好・村井, 2017)。

キノンへの電子の受け渡しが行なわれるキノン結合ポケットは親水性ドメインを構成する 49 kDa、PSST、および膜貫通ドメインを構成する ND1 と呼ばれる三つのコアサブユニットから成っており、METI 剤は 49 kDa と PSST サブユニットに作用することで殺虫効果を示す (図-10)。これにより、キノンへの電子の受け渡しが阻害され、ATP の生産が停止することで害虫を死に至らしめる。

一般に呼吸鎖の阻害剤は、神経細胞のようにミトコンドリアで生産される ATP、あるいは NAD<sup>+</sup> にリンクした



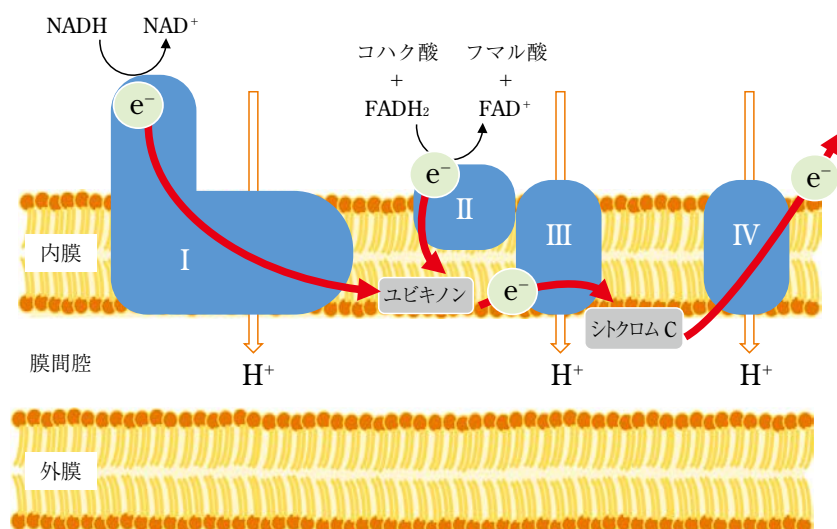


図-9 電子伝達系模式図

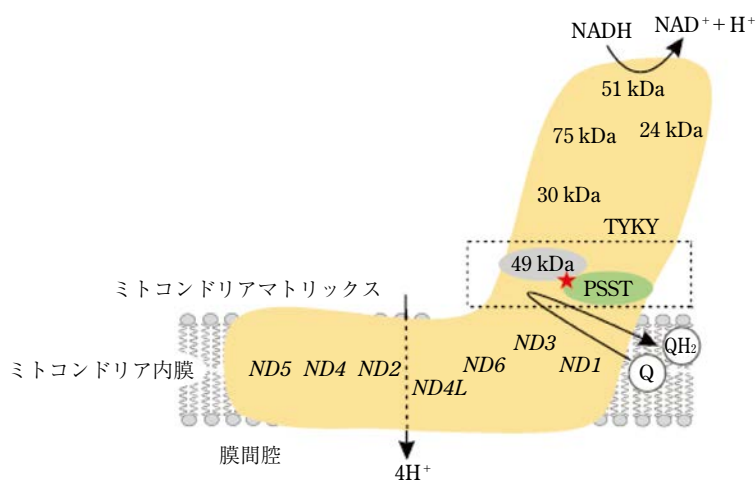


図-10 ミトコンドリア複合体I模式図 (BAJDA et al., 2017 を改変)

物質代謝に依存性の高い細胞に強く作用するといわれている (ESPOSTI, 1998 ; ZHENG et al., 1998)。確かに METI 剤の示す速効的なノックダウン作用をよく観察すると、体全体のエネルギー生産の阻害による穏やかな活動の抑制というよりも、神経攪乱様の症状が最初に観察される。この症状が、末梢神経細胞のエネルギー代謝がより強く阻害されることに由来する、神経伝達阻害によるものである可能性もある。

#### IV 抵抗性の現状と対策

METI 剤に対する抵抗性の報告は日本が最初で、1994 年に柑橘、リンゴ、茶の各分野において、フェンピロキシメート、ピリダベン、そしてテブフェンピラドに対して交差抵抗性を発達させたハダニの存在が報告され始めた (古橋, 1994 ; 小澤, 1994 ; 佐々木・佐藤, 1994)。以

後、国内の様々な地域において交差抵抗性が報告されるとともに、国外でも 1995 年の韓国におけるナミハダニ *Tetranychus urticae* でフェンピロキシメートとピリダベンの交差抵抗性の報告を皮切りに、複数の例が報告されるようになった。

##### 1 抵抗性機構

抵抗性機構について数多くの研究がなされてきた中で、METI 剤間での交差抵抗性は多くのケースにおいて共通の機構が見いだされている。METI 剤はいずれも異なったケミカルクラスに分類される一方で、二つの窒素原子を含むヘテロ環と、少なくとも一つのターシャリーブチル基またはアルキル基が置換された疎水性尾部を共通構造として有している (図-2)。共力剤を用いた試験および P450 モノオキシゲナーゼの直接的な測定により、このターシャリーブチル基の酸化が共通の代謝機構と考

えられる (STUMPF and NAUEN, 2001 ; Kim et al., 2004 ; 2006 ; VAN POTTENBERGE et al., 2009)。

他方で、遺伝様式に関する研究から他の抵抗性機構を示唆する報告もある。本見地からは、カンザワハダニを用いた研究結果が最初に報告された (GOKA, 1998)。フェンピロキシメートは不完全優勢、ピリダベンは完全劣勢、テブフェンピラドは中間型と全く異なる遺伝様式であるとの結果を得、それぞれの抵抗性を支配している遺伝子が共通ではないと結論した。また VAN POTTENBERGE et al. (2009) によるさらなる研究では、フェンピロキシメート、ピリダベン、テブフェンピラドに対して P450 による METI 剤の酸化が主要な代謝機構であることを示唆した一方で、共力剤の効果に明らかな違いを示した。ピリダベン抵抗性にはエステラーゼの阻害剤である DEF と CYP 阻害剤である PBO が高い共力効果を示し、テブフェンピラド抵抗性には PBO のみが、フェンピロキシメート抵抗性では共力効果が認められなかった。加えて本研究では、交雑試験より、METI 剤抵抗性が優勢形質として次世代に引き継がれるものの、戻し交雑から、ピリダベンとフェンピロキシメートへの抵抗性は単一遺伝子で制御されるが、テブフェンピラドに対する抵抗性は複数の遺伝子が関与している結果を示しており、複数の要因が抵抗性獲得に寄与していることを想像させる。

異なる化合物に対する抵抗性の要因として、もし共通の抵抗性メカニズムが機能しているのであれば遺伝子変異が予測される。ハダニにおける METI 剤抵抗性の最初の報告から 20 年以上遺伝子変異について報告はなかったが、BAJDA et al. (2017) は、METI 剤で連続淘汰をかけたナミハダニにおいて、PSST サブユニットをコー

ドするアミノ酸中に H92R のアミノ酸変異を見いだし、本変異の検出頻度が未淘汰個体群で約 20% から、淘汰後には 100% となったこと、選抜前後でフェンピロキシメート、ピリダベン、並びにテブフェンピラドに対する LC<sub>50</sub> 値を比較すると、10~30 倍の感受性低下が認められたことを報告した。

## 2 抵抗性対策

ハダニ類では METI 剤抵抗性個体群が急速に広まったことにより、これらの防除を目的に METI 剤が使われることは現状ほとんどない。一方で他の害虫種においては、感受性低下の事例 (樋口・古家, 2015 ; 石川ら, 2018) がまれに報告されているものの、抵抗性個体群の生息域拡大を示す報告はない。例えばピリダベンは、限定的ではあるが、柑橘のミカンサビダニの基幹防除剤として、今なお使用されている。また、殺虫剤との位置づけで上市されたトルフェンピラドは、2003 年の上市後から今まで、茶分野のチャノミドリヒメヨコバイ *Empoasca onukii*, チャノキイロアザミウマ *Scirtothrips dorsalis*, およびチャノホソガ *Caloptilia theivora* といった新芽害虫、および北海道や青森のダイコンに寄生するキスジノミハムシ *Phyllotreta striolata* 防除を目的に使用されており、上市以降出荷額は伸び続けている (図-11)。

ハダニ類における抵抗性管理について、IRAC が最初にガイドラインを示したのは 1988 年である。そして、1991 年にはその改定が行われたが、ちょうどその前後に METI 剤が市場に参入してきた。当時、IRAC Fruit Crop Working Group (FCWG) では作用機構、交差関係に基づく殺ダニ剤のグループ化を精力的に進め、METI 剤はグループ 0 にまとめられ、このグループに分

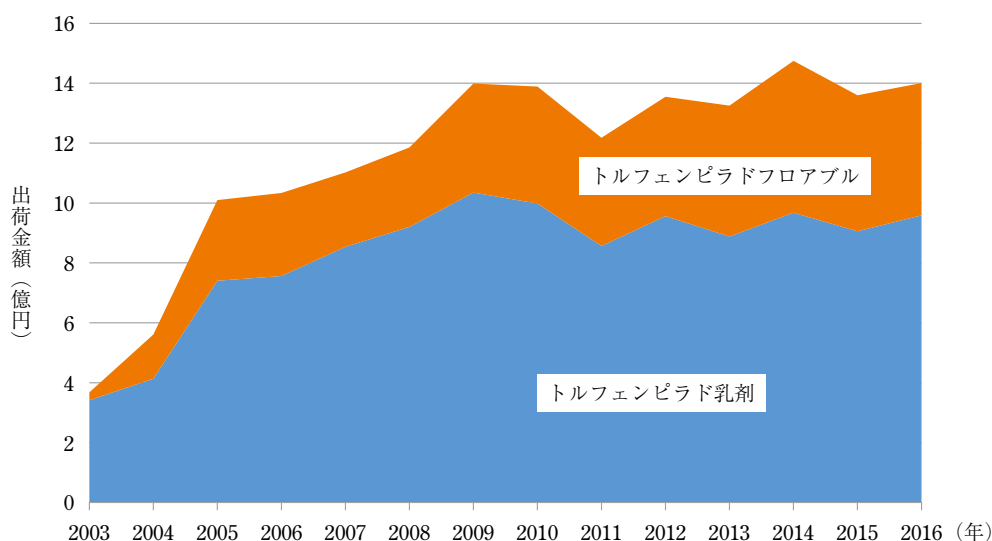


図-11 トルフェンピラド剤の出荷額の推移 (農薬要覧より作図)

類された薬剤は、同一シーズン、同一作物に複数回の使用はすべきではないという重要なアナウンスがなされたことになる。

当時、METI 剤に関する作用機構研究、抵抗性研究は始まったばかりであったが、欧州をはじめとして、これらの薬剤が使われていなかった地域にとってはその後の抵抗性発達を抑制する機敏な判断であったと評価されている。

METI 剤の使用場面は上述の通り、限定的となってしまうが、地域によっては重要な防除資材の一つとして防除暦に組み込まれ、使用され続けている。ハダニでの事例を教訓に、ローテーション薬剤の一つとして使用回数を意識しこれら害虫の防除に用いることで、継続的な利用が可能になると考えられる。

## おわりに

農薬市場における METI 剤の最盛期は、最重要ターゲットであったハダニでの抵抗性発達により終焉を迎えたと言わざるを得ないが、2003 年のトルフェンピラド上市後も、ミトコンドリア複合体 I を作用点とすることが推察される化合物の特許出願は、今もなお、続いている。ハダニだけでなく、広範な害虫種に効果が期待される作用点であることから、今後の研究の成果によっては、新たな使用場面を有した新剤が開発されてくるかもしれない。

また本作用点は巨大な高分子であることから研究が遅れていたものの、近年、原子レベルで構造が明らかになってきたことから、新たな研究ステージに入ったと言える (三芳・村井, 2017)。各 METI 剤の結合様式が解明されることで、新たな METI 剤のデザインへの応用に期待したい。

## 引用文献

- 1) BAJDA, S. et al. (2017): *Insect Biochem. Mol. Biol.* **80**: 79~90.
- 2) ESPOSTI, M. D. (1998): *Biochim. Biophys. Act.* **1364**: 222~235.
- 3) 古橋嘉一 (1994): 関東病虫研報 **41**: 267.
- 4) GOKA, K. (1998): *Exp. Appl. Acarol.* **22**: 699~708.
- 5) HAMAGUCHI, H. et al. (1995): *J. Pesticide Sci.* **20**: 173~175.
- 6) HIRATA, K. et al. (1988): *Brighton Crop Prot. Conf. Pests Dis.* : 41~48.
- 7) 平田公典ら (1995): 日本農業学会誌 **20**: 213~221.
- 8) 樋口聡志・古家 忠 (2015): 日本応用動物昆虫学会講演要旨集: 51.
- 9) 石川博司ら (2018): 関西病害虫研究会報 **60**: 117~120.
- 10) 開発会社, 販売会社ホームページ:  
日本農薬(株)ホームページ: <http://www.nichino.co.jp/products/query/id2.php?id=60>  
日産化学(株)ホームページ: <https://www.nissan-agro.net/products/index.php?category=2>  
クミアイ化学工業(株)ホームページ: <https://www.kumiai-chem.co.jp/products/sattyuzai.html>  
三井化学アグロ(株)ホームページ: <http://www.mitsui-agro.com/product/tabid/86/pdId/18997/type/1/Default.aspx>
- 11) KIM, Y. J. et al. (2004): *Pest Manag. Sci.* **60**: 1001~1006.
- 12) ——— et al. (2006): *J. Econ. Entomol.* **99**: 954~958.
- 13) KONNO, T. et al. (1990): *Brighton Crop Prot. Conf. Pests Dis.* : 71~78.
- 14) KYOMURA, N. et al. (1990): *Brighton Crop Prot. Conf. Pests Dis.* : 55~62.
- 15) 三宅敏郎ら (2003): 日本の農薬開発, 日本農薬学会, 東京, p.165~181.
- 16) 三芳秀人 (1995): *化学と生物* **33**(3): 151~158.
- 17) ———・村井正俊 (2017): 日本農薬学会誌 **42**(1): 44~48.
- 18) 日本植物防疫協会 (2016): 農薬ハンドブック 2016 年版, 東京, 1089 pp.
- 19) 農薬工業会ホームページ: <http://www.jcpa.or.jp/labo/mechanism.html>
- 20) OBATA, T. et al. (1992): *Pestic. Sci.* **34**: 133~138.
- 21) 岡田 至 (1997): *有機合成化学協会誌* **55**: 1146~1152.
- 22) 小澤朗人 (1994): *茶研報* **79**: 1.
- 23) Sankyo Company Ltd. & Ube Industries Ltd. (1999): *J. Pesticide Sci.* **24**: 241~244.
- 24) 佐々木正剛・佐藤力郎 (1994): 北日本病虫研報 **45**: 202.
- 25) SPARKS, T. C. and C. V. DEAMICIS (2012): *Modern Crop Protection Compounds*, WILEY-VCH, Weinheim, p.1078~1108.
- 26) STUMPF, N. and R. NAUEN (2001): *J. Econ. Entomol.* **94**: 1577~1583.
- 27) VAN POTTELBERGE, S. et al. (2009): *Bull. Entomol. Res.* **99**: 23~31.
- 28) ZHENG, J. et al. (1998): *Pestic. Biochem. Physiol.* **61**: 1~13.



## 新農薬の紹介

# 新規殺菌剤ピラジフルミドの特性

日本農薬株式会社  はく  の  ふみ  あき

## はじめに

ピラジフルミドは、日本農薬株式会社によって見いだされたピラジンカルボキサミド骨格を有する新規殺菌剤である。本化合物は殺菌剤スクリーニング試験において、灰色かび病、うどんこ病およびさび病等に対して高い殺菌活性を示したことから選抜された。その後、子のう菌類、担子菌類および不完全菌類に属する種々植物病原菌に対する高い殺菌活性が確認されたことから、2012年より一般社団法人日本植物防疫協会を通じて、試験コード NNF-0721 フロアブル 20, NNF-0721 フロアブル 15 として豆、野菜、花き、果樹の主要病害に対する薬効薬害試験が実施された。これらの試験においても、高い実用性が確認されたことから、2018年3月30日にパレード®20 フロアブルおよびパレード®15 フロアブルとして農薬登録を取得した（図-1）。パレード 20 フロアブルの主な対象作物は豆、野菜、花きであり、これらに発生する灰色かび病、菌核病、うどんこ病をはじめとした種々病害に適用がある。パレード 15 フロアブルの主な対象作物は果樹であり、リンゴの主要病害である黒星病、斑点落葉病、褐斑病、輪紋病、および各果樹における灰色かび病、うどんこ病、灰星病等幅広い病害に対して適用がある（適用病害は本文末尾の表-2 参照）。

### 【物理化学的性状および安全性情報】

ピラジフルミドの物理化学的性状および安全性情報を以下に示す。急性毒性は普通物相当（毒物および劇物取締法に基づく毒物・劇物に該当しないものを指す）であり、有用動植物に対して極めて影響の少ない安全性の高い殺菌剤である。

一般名：ピラジフルミド（pyraziflumid）（ISO）

化学名：N-[3',4'-Difluoro-(1,1'-biphenyl)-2-yl]-3-(trifluoromethyl)pyrazine-2-carboxamide (IUPAC)

CAS 番号：942515-63-1

化学構造式：

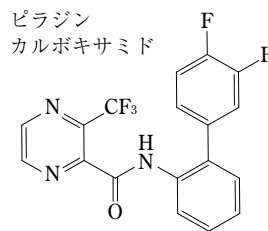


図-1 製品外観

分子式：C<sub>20</sub>H<sub>23</sub>N<sub>7</sub>O<sub>3</sub> 分子量：409.44

水溶解度：0.333 mg/l (20℃)

オクタノール/水分配係数 (logPow)：4.16 (25℃)

融点：136.6～138.7℃ 蒸気圧：< 1.2 × 10<sup>-7</sup> Pa (50℃)

哺乳類に対する安全性 ラット急性経口毒性：LD<sub>50</sub> > 2,000 mg/kg, ラット急性経皮毒性：LD<sub>50</sub> > 2,000 mg/kg, ウサギ皮膚刺激性：刺激性なし, ウサギ眼刺激性：刺激性なし, 変異原性 (Ames)：陰性

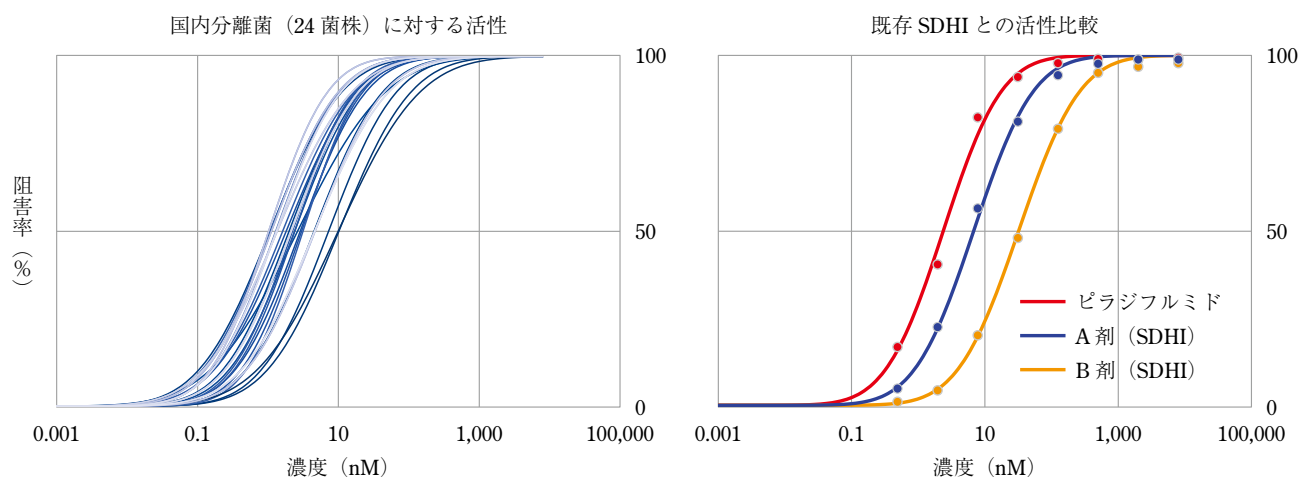
水棲生物に対する安全性 魚類 (コイ) 96 時間 LC<sub>50</sub>：1.6 mg/l, 甲殻類 (オオミジンコ) 48 時間 EC<sub>50</sub>：> 3.8 mg/l, 藻類 72 時間 ErC<sub>50</sub>：3.4 mg/l

### 【作用機構】

ピラジフルミドは、ミトコンドリアにおける電子伝達系の複合体 II のコハク酸脱水素酵素阻害を作用点とする SDHI (Succinate dehydrogenase inhibitors) 殺菌剤である。本剤の主要対象病害である野菜類菌核病菌に対する SDH 阻害活性を DCIP 法により測定したところ、IC<sub>50</sub> 値：1.1～10 nM となり非常に低濃度まで阻害活性を示し、また既存 SDHI 剤対比でも優る阻害活性が認められたことから、本剤は作用点レベルで高い活性を示すことが示唆された（図-2）。同様の試験を動植物由来のミトコンドリア画分に実施したところ、これら動植物由来の SDH に対しては阻害活性をほとんど示さなかったことから、本剤は作用点レベルで選択性に優れた化合物であると考えられた。

### 【作用特性】

ピラジフルミドは図-3 に示す通り、キャベツ菌核病菌のライフサイクルにおける胞子発芽、菌糸伸長、菌核形成、菌核からの発芽、子のう盤形成等各ステージに対し



#### 活性測定法概要 (DiChloroIndoPhenol 法)

1. SDH 活性測定溶液 2 ml にミトコンドリア画分 (タンパク質 20 mg 分) を懸濁。  
complex II 測定溶液: 0.25 M スクロース, 1 mM DTT, 0.1 mM EDTA · K, 3 mM Tris-HCl pH7.4
2. DCIP (50 mM), KCN (2 mM), Antimycin A (5 μM) を添加 (いずれも終濃度)。
3. Decylubiquinone (50 μM), コハク酸 2Na (10 mM) 添加し反応開始。
4. 添加 100 秒後から 300 秒間経時的に吸光度 (600 nm) を測定。

図-2 野菜類菌核病菌に対する SDH 阻害活性 (DCIP 法)

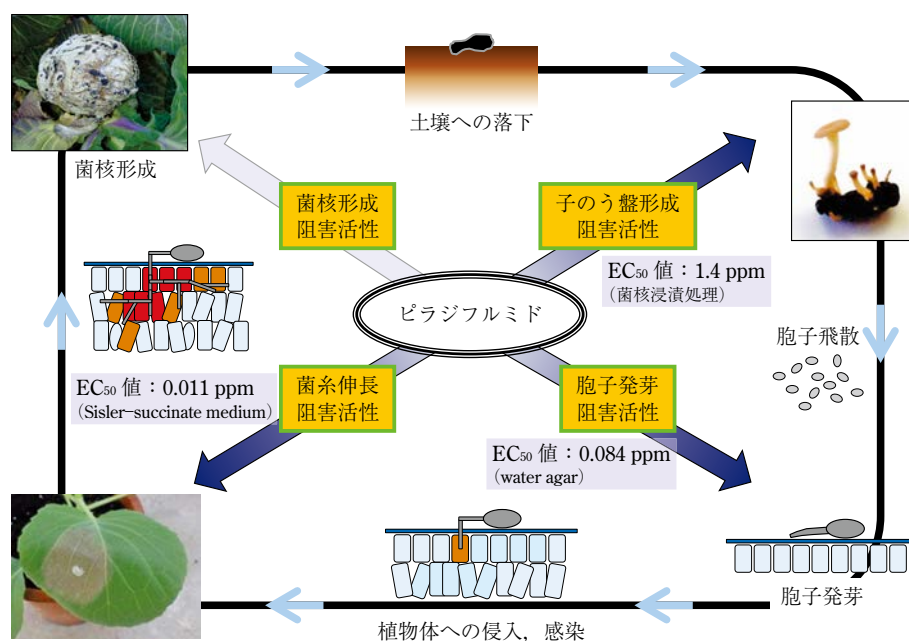


図-3 キャベツ菌核病の生活環とピラジフルミドの作用点

て阻害活性を示した。この中でも特に、胞子発芽 ( $EC_{50} = 0.084 \text{ ppm}$ ) および菌糸伸長 ( $EC_{50} = 0.011 \text{ ppm}$ ) に対しては低濃度まで非常に高い阻害活性が認められた。この傾向は菌核病菌以外の植物病原菌に対しても同様であり、胞子発芽および菌糸伸長に対する高い阻害活性が認められた。本剤は病害感染の多くの段階で効果を発揮すると想定される。

#### 【生物性能】

ピラジフルミドは図-4 に示す通り、キャベツ菌核病

に対して薬剤処理 1 日後接種条件にて、対照剤同等の高い予防効果を示した。残効性について検討したところ、薬剤処理 14 日後接種条件において対照剤に優る効果が認められた。治療活性については病原菌接種 1 日後に薬剤処理を行う条件で試験したところ、対照剤に対して同等～優る効果を示した。降雨による効果への影響については、薬剤散布 1 日後に人工降雨処理 (50 mm/2 h の降雨量) をすることにより検討した。その結果、対照剤よりも優れた耐雨性が確認された。

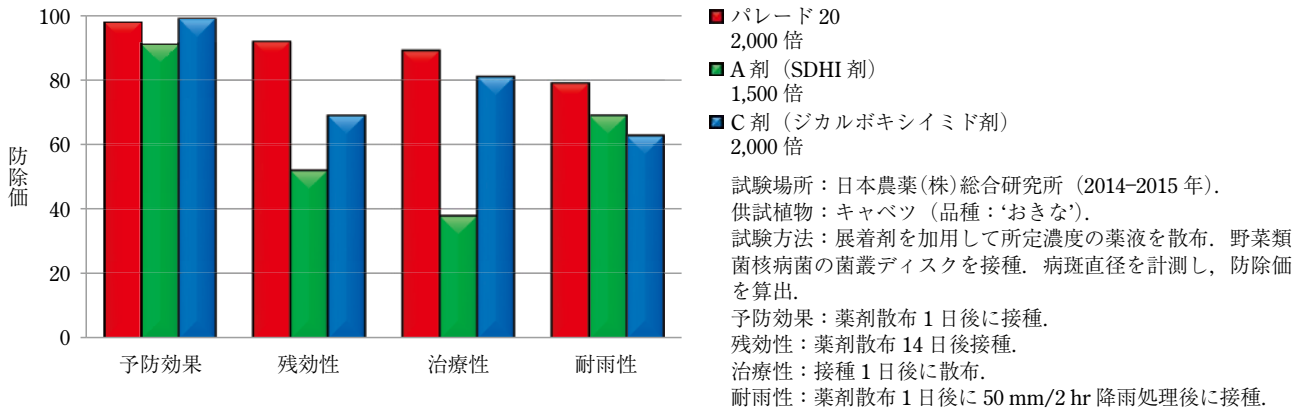
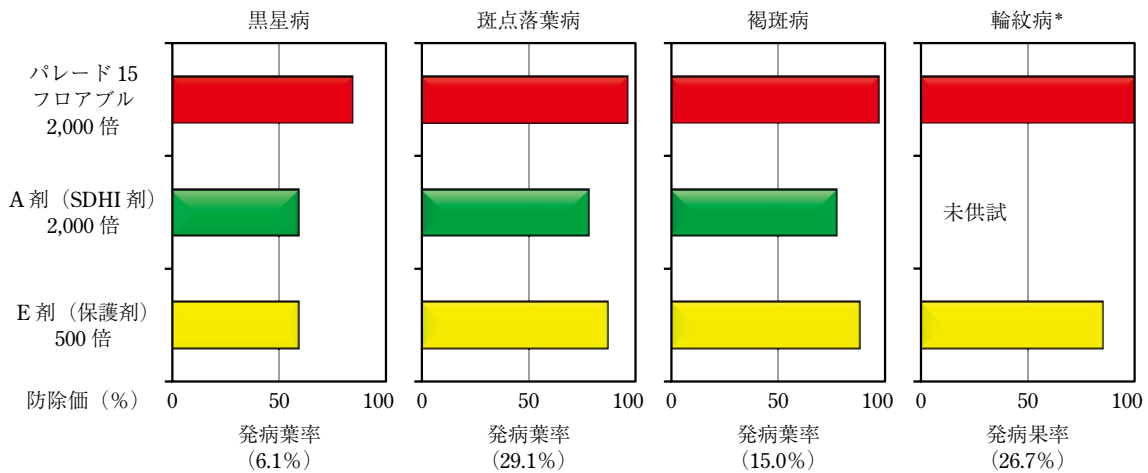
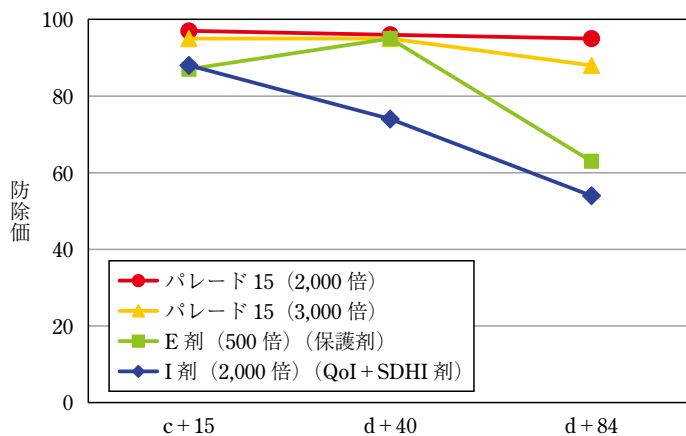


図-4 キャベツ菌核病に対する特性試験 (室内ポット試験)



2013 年日本農薬(株)自社圃場試験, 試験場所: 青森県北津軽郡板柳町, 品種: 'ふじ' (黒星, 褐斑), 'スターキング' (斑点落葉), 処理: 2013 年 6 月 18 日, 7 月 2 日, 17 日 200 l/10 a 相当量を動力噴霧器で散布調査: 2013 年 8 月 1 日 (黒星, 斑点落葉, 褐斑), \*輪紋病 (貯蔵後): 日本植物防疫協会 新農薬実用化試験 長野果樹試験場 (2013 年).

図-5 りんご主要病害に対する効果試験 (圃場試験)



2013 年日本農薬(株)自社圃場試験.  
試験場所: 青森県北津軽郡板柳町 供試品種: 'ふじ'.  
薬剤処理: a: 6/18, b: 7/2, c: 7/17, d: 8/1.  
200 l/10 a 相当量を動力噴霧器で散布.  
調査方法: 発病葉 (落葉含む) 率により防除価を算出.  
調査日: 8/1 (c+15), 9/10 (d+40), 10/24 (d+84).

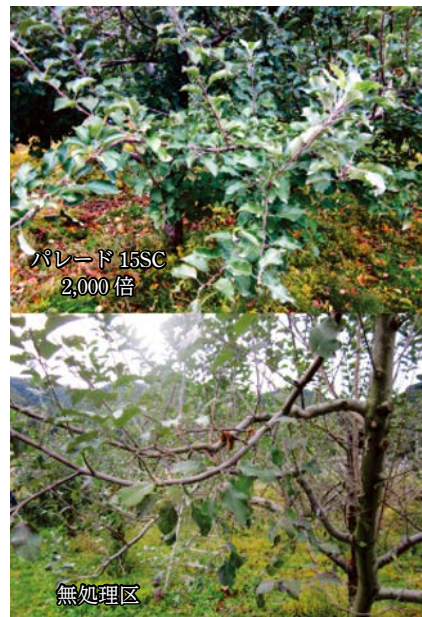


図-6 リンゴ褐斑病に対する残効性試験 (圃場試験)



ピラジフルミドはりんごの各種病害に対して高い効果を示し、特にリンゴ褐斑病に対しては、残効面では対照剤に優る高い効果が認められた（図-5, 6）。本剤は高い耐雨性および残効を有することが大きな特長であり、様々な環境が想定される圃場条件でも安定した効果を発揮す

ることが期待される。

## おわりに

ピラジフルミドはピラジカルボキサミド骨格を有するユニークな SDHI 剤である。本剤は野菜類、豆類、花き類、芝草および果樹類における各種病害に高い性能を有すること、残効性および耐雨性に優れること、適用作物に対する薬害リスクが極めて低いことから、農業現場で安心して使用いただける薬剤である。また人畜に対する安全性が高く、天敵・有用昆虫等非標的生物への影響も少ないことから（表-1）、IPM（Integrated Pest Management）への適合性が高いことも大きな特徴である。

なお本剤は一定の治療活性を有することも確認しているが、病害防除の基本は予防散布であること、耐性菌マネジメントの観点からも、異なる作用機構を持つ殺菌剤とのローテーション散布にて予防的に使用されることが望ましい。

今後、優れた特性のピラジフルミドを含有する製品が多く分野に使用され、農作物の安定生産に少しでも寄与できれば幸いである。

表-1 ピラジフルミドの天敵類・有用昆虫への影響

| 供試動物         | 供試ステージ  | 供試濃度 (ppm) | 影響 |
|--------------|---------|------------|----|
| カイコ          | 3 齢幼虫   | 400        | なし |
| セイヨウミツバチ     | 内勤蜂, 経口 | 10,000     | なし |
|              | 内勤蜂, 局所 | 10,000     | なし |
| クロマルハナバチ     | 内勤蜂     | 150        | なし |
| オンシツツヤコバチ    | 蛹       | 150        | なし |
|              | 成虫      | 150        | なし |
| サバクツヤコバチ     | 蛹       | 100        | なし |
|              | 成虫      | 150        | なし |
| タイリクヒメハナカメムシ | 成虫      | 200        | なし |
| スワルスキーカブリダニ  | 卵       | 150        | なし |
|              | 幼虫      | 150        | なし |
| ミヤコカブリダニ     | 幼虫      | 150        | なし |
| キクヅキコモリグモ    | 1 齢幼生   | 100        | なし |
|              | 2 齢幼生   | 100        | なし |

表-2 ピラジフルミドの適用病害一覧（2018 年 8 月現在）

パレード 20 フロアブル

| 作物名                      | 適用病害虫名                     | 希釈倍数          |
|--------------------------|----------------------------|---------------|
| あずき<br>いんげんまめ<br>豆類（未成熟） | 菌核病, 灰色かび病                 | 2,000~4,000 倍 |
| トマト<br>ミニトマト             | 灰色かび病, 葉かび病,<br>うどんこ病      |               |
| なす                       | 灰色かび病, すずかび病               | 2,000 倍       |
|                          | 菌核病, うどんこ病                 |               |
| ピーマン                     | うどんこ病                      | 2,000~4,000 倍 |
| きゅうり                     | 菌核病, 灰色かび病, う<br>どんこ病, 褐斑病 |               |
| すいか                      | 菌核病, うどんこ病                 |               |
| メロン                      | つる枯病, うどんこ病                |               |
| にがうり                     | うどんこ病                      | 2,000 倍       |
| はくさい                     | 黒斑病, 白斑病                   | 2,000~4,000 倍 |
| キャベツ                     | 菌核病, 株腐病                   |               |
| ブロッコリー                   | 菌核病                        |               |
| レタス<br>非結球レタス            | 菌核病, 灰色かび病, す<br>そ枯病       |               |
| たまねぎ                     | 灰色かび病, 灰色腐敗病               | 2,000 倍       |
| ねぎ                       | 黒斑病, 葉枯病                   |               |
|                          | さび病                        | 2,000 倍       |
| いちご                      | 灰色かび病, うどんこ病               |               |
| きく                       | 白さび病                       | 2,000~4,000 倍 |
|                          | うどんこ病                      |               |
| 花き類・観葉植物<br>（きく, ばらを除く）  | うどんこ病                      | 4,000 倍       |
| ばら                       | うどんこ病, 黒星病                 |               |

パレード 15 フロアブル

| 作物名               | 適用病害名                                           | 希釈倍数          |
|-------------------|-------------------------------------------------|---------------|
| りんご               | 黒星病, 斑点落葉病, 輪<br>紋病, すず点病, すず斑<br>病, うどんこ病, 褐斑病 | 2,000~3,000 倍 |
|                   | 黒点病, 赤星病                                        | 2,000 倍       |
| おうとう              | 灰星病                                             | 2,000~3,000 倍 |
| なし                | 黒星病, 輪紋病, うどん<br>こ病, 赤星病                        |               |
|                   | 黒斑病                                             |               |
| もも, ネクタリン         | 灰星病, 黒星病                                        | 2,000~3,000 倍 |
| 小粒核果類<br>（すももを除く） | 黒星病                                             |               |
| すもも               | 灰星病, 黒星病                                        |               |
| ぶどう               | 黒とう病, さび病                                       | 2,000 倍       |
|                   | 灰色かび病, 褐斑病                                      |               |
| かき                | うどんこ病                                           | 2,000~3,000 倍 |
| かんきつ              | 灰色かび病, そうか病                                     |               |

## 研究室紹介

# 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター 虫・鳥獣害研究領域 線虫害グループ

東京都北区にあった農事試験場が、40年近く前に現在の茨城県つくば市観音台に移転して設立されたのが、農研機構中央農業研究センターです。最近でこそ大学に植物寄生性線虫の研究室や研究者が増えてきましたが、我々のグループは、北海道農業研究センター、九州沖縄農業研究センターおよび農業環境技術研究所（線虫研究室は10年ほど前に廃止）の研究グループとともに、長く日本の農業線虫研究の拠点的作用を担ってきました。

我々のグループでは、植物寄生性線虫の分類、生態解明、制御技術の開発等を行ってきました。作物体地上部を加害する病害虫と異なり、土壌に生息する線虫を見たことがある人はほとんどいないと思います。しかし線虫は、畑作における連作障害の一因であり、果菜類生産の2割に達する収益減をもたらすといわれています。線虫は体長1ミリに満たない微小な生物ですが、れっきとした動物であり、カビや細菌等の微生物とも、また、昆虫とも異なる存在です。そのため、取り扱いには独特の知識や技術を必要とします。我々のグループでは、こうした線虫達の特性や植物との相互作用等を解明し、化学農業への依存を減らした制御技術を開発することを目指しています。過去には、複数の生物防除資材の組合せによる線虫被害の低減技術の開発や、植物における線虫抵抗性の発現機構の解明等を行ってきました。現在は、線虫抵抗性台木の探索および利用技術の開発、作物種や品種



図-2 テンサイシストセンチュウ接種試験の容器群と筆者

ごとの宿主特性の解明、土壌還元消毒法の改良による被害低減技術の開発等を行っています。これらのテーマは主に国内の農業生産のためのものですが、近年では、植木など海外向けの輸出品に寄生する線虫種の検出技術の開発なども行い、輸出促進にも貢献しようとしています。また昨年から、テンサイシストセンチュウ発生への対応も行っています。この線虫は米国や欧州を中心にテンサイやアブラナ科野菜を加害する重要害虫として日本への侵入が警戒されていましたが、昨年長野県で発生してしまいました。今のところ一部の地域に発生が限られています。国内での研究例がほとんどなく、登録薬剤の効果、土壌密度の推定法、国内個体群の宿主植物範囲や有効な対抗作物種に関する情報等、生物学的特性はもちろん防除技術に関する知見がほとんどなく、海外の文献や、やはり数年前に北海道で発生したジャガイモシロシストセンチュウで得られた知見を援用して対策を講じています。我々のグループでは、宿主植物の範囲や、密度低減効果のあるおとり作物の探索等を担当しています。

線虫についてもDNAレベルでの特性解明や検出技術が今や不可欠ですが、顕微鏡による形態や行動の観察は、今もなお重要な作業です。我々はこうした新旧の技術を駆使し、シャーレから圃場までの様々なレベルで研究活動を展開しています。我々はこうした知見や技術、ノウハウを提供すべく、地方自治体の研究機関はもとより、大学や海外の研究機関からも幅広く研修生を受け入れ、講習会を開催しています。また、各地から収集した線虫種や系統約150点の継代維持を行い、各地の研究機関や研究者の求めに応じて配布するジーンバンク事業にも積極的に貢献しています。

（線虫害グループ長 岡田浩明）



図-1 ハクサイの根に多数形成されたテンサイシストセンチュウのシスト（矢印など）

側面が透明な容器で栽培すると、根上に粒状のシスト（直径1ミリ弱）が肉眼で観察できる。



## 研究室紹介

### 地方独立行政法人 大阪府立環境農林水産総合研究所 食と農の研究部 防除グループ

大阪府立環境農林水産総合研究所は、大阪の環境と農林水産業を支える総合研究機関として、平成 19 年に環境情報センター、食とみどりの総合技術センター、水産試験場を統合して「大阪府環境農林水産総合研究所」として改組され、平成 24 年には地方独立行政法人へ移行しました。

食と農の研究部は、大阪産（もん）農産物の生産技術や食品加工等に関する調査研究を担当し、防除グループ、園芸グループ、葡萄グループ、食品技術グループ、食農支援グループ、栽培飼養グループの 6 グループが置かれています。防除グループは、農作物に発生する病害虫の診断技術や防除技術の開発等を担当し、グループリーダーを含む 6 名の研究員と 2 名の技師で業務に従事しています。以下、主な研究課題を紹介します。

大阪府からの委託業務として、「病害虫防除総合対策委託（発生予察支援）」では大阪府環境農林水産部農政室が行う発生予察事業の調査業務を支援しています。また、「大阪エコ農業推進対策研究委託」では大阪エコ農産物認証制度（化学合成農薬と化学肥料の使用を通常の半分以下にして栽培された農産物を大阪府が認証する制度）を推進するため、平成 30 年度はハゴボウやイチジク等特産マイナー作物の農薬登録推進、べと病など主要病害虫の薬剤感受性検定、水耕栽培野菜の病害虫対策、施設キュウリのウイルス病対策、土壌還元消毒によるトマト褐色根腐病の防除、露地ナスのアザミウマ類に対する天敵利用技術の確立、施設ブドウの総合的病害虫管理（IPM）体系の確立等に取り組んでいます。

病害分野の受託研究として、「薬剤を使用しない新たな種子消毒技術の実用化」ではプラズマ処理によるキャベツ種子の黒腐病防除、「生物農薬（BS 剤）によるシェンギク葉枯病の防除法」では本病に対する微生物製剤の実用性評価に取り組んでいます。また、害虫分野の受託研究として、「ゲノム情報等を活用した薬剤抵抗性管理技術の開発」ではネギアザミウマの薬剤抵抗性メカニズムの解明と総合防除技術の開発、「持続可能な農業生産のための新たな植物保護技術の開発」では施設ナス・キ



水耕栽培野菜の病害診断



クビアカツヤカミキリ分散防止のためのネット巻き

ュウリにおける赤色 LED 害虫防除装置の利用技術の確立、「飛ばないナミテントウの施設利用を促進し露地利用へと拡張する代替餌システムの開発」では露地ナスをモデルとして本天敵と代替餌システム導入による IPM 体系化の検証、「サクラ・モモ・ウメ等バラ科樹木を加害する外来種クビアカツヤカミキリの防除法の開発」では本虫の総合的な防除システムの開発に取り組んでいます。このほか、「新農薬実用化試験」にも取り組んでいます。

当グループでは、ゲノム情報、AI、ICT 等先進技術を積極的に活用し、今後も環境への負荷が少なく、高品質で安全・安心な農産物生産のための IPM に関する研究を推進します。

（グループリーダー 柴尾 学）



## 学 会 だ よ り

## ○第 28 回天敵利用研究会・大阪大会

日 時：平成 30 年 11 月 19 日(月)13:00~20 日(火)15:30

会 場：大阪産業創造館

大阪市中央区本町 1-4-5

シンポジウムテーマ

天敵温存植物の利用を考える 近畿中国地域での活用事例と今後の展開

事務局：大阪府立環境農林水産総合研究所 食と農の研究部防除グループ 柴尾 学

大阪府羽曳野市尺度 442

TEL：072-979-7037 FAX：072-956-9691

e-mail：taikai2018@tenteki-ipm.org

## ○平成 30 年度日本植物病理学会九州部会第 69 回講演会

共 催：第 96 回九州病害虫研究会

日 時：平成 30 年 11 月 7 日(水)9:30~17:40

会 場：宮崎市民プラザ

〒 880-0001 宮崎市橘通西 1-1-2

事務局：日本植物病理学会九州部会事務局

庶務幹事 山崎修一

e-mail：yamasaki-shuichi@pref.oita.lg.jp

## ○第 36 回農薬環境科学研究会

日 時：平成 30 年 11 月 8 日(木)13:15~9 日(金)12:00

会 場：ホテルクラウンパレス甲府

〒 400-0862 甲府市朝気 1-2-1

テーマ：POPs 等の難分解性農薬の微生物分解

事務局：山梨大学生命環境科学部 片岡良太

甲府市武田 4-4-37

TEL/FAX：055-220-8835

e-mail：rkataoka@yamanashi.ac.jp

## ○第 33 回農薬デザイン研究会

日 時：平成 30 年 11 月 8 日(木)13:00~9 日(金)12:00

## 広告掲載会社一覧 (掲載順)

BASF ジャパン(株) …… 農業総合  
 三井化学アグロ(株) …… 主要品目  
 サンケイ化学(株) …… 主要品目  
 バイエルクロップサイエンス(株) …… カウンシル  
 住友化学(株) …… 主要品目  
 イソクラスト普及会 …… イソクラスト  
 日産化学工業(株) …… スターマイト  
 日本曹達(株) …… ピシロック  
 日本農薬(株) …… パレード  
 アグロカネショウ(株)  
 …… 土壌消毒剤・線虫防除剤

会 場：ホテルアンピア松風閣

〒 455-0012 静岡県焼津市浜当目海岸通り星が丘

テーマ：日本の創農薬力強化

事務局：クミアイ化学工業(株)化学研究所創薬研究センター 中谷昌央・玉井龍二

静岡県磐田市塩新田 408-1

TEL：0538-58-0141 FAX：0538-58-1564

e-mail：pesticide-design\_33@kumiai-chem.co.jp

## ○第 26 回レギュラトリーサイエンス研究会

日 時：平成 30 年 11 月 27 日(火)10:00~17:00

会 場：北とびあ ペガサスホール

〒 114-8503 東京都北区王子 1-11-1

テーマ：農薬取締法の改正を受けて

申 込：e-mail：saka@iet.or.jp

## 次号予告

次号 30 年 11 月号の主な予定記事は次のとおりです。

カンキツグリーニング病の対策の現状と今後の展望 富村健太  
 天敵温存植物の探索と利用技術の開発 安部順一郎  
 愛知県におけるミナミアオカメムシの発生と対策 石川博司  
 千葉県におけるミナミアオカメムシの分布と越冬 清水 健  
 ナシ園におけるケナガカブリダニからミヤコカブリダニへの種の置換要因を探る 後藤哲雄  
 日本の南西諸島で誘殺されたミカンコミバエ種群の推定飛来源 大塚 彰

農薬行政の課題と対応方針 石岡知洋  
 農薬環境行政の課題と対応方針 小笠原毅輝  
 植物防疫講座 病害編 *Spongospora* 属菌による病害 中山尊登  
 植物防疫講座 虫害編 イネ フタオビコヤガ 奥谷恭代  
 植物防疫講座 農薬編 ミトコンドリア電子伝達系複合体 III 阻害剤 森下 祥  
 研究室紹介：農研機構 中央農業研究センター 虫・鳥獣害研究領域 生物的防除 G  
 茨城県農業総合センター 園芸研究所 病虫研究室

## 植物防疫

平成 30 年  
10 月号

(毎月 1 回 1 日発行)

第 72 巻 平成 30 年 9 月 25 日印刷

第 10 号 平成 30 年 10 月 1 日発行  
(通算 862 号)

編集発行人 上路 雅子

印刷所 三美印刷(株)  
東京都荒川区西日暮里 5-9-8

定価 947 円

本体 877 円

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

## —— 発 行 所 ——

〒 114-0015 東京都北区中里 2 丁目 28 番 10 号  
 一般社団法人 日本植物防疫協会  
 電 話 (03) 5980-2181 (代)  
 F A X (03) 5980-6753 (支援事業部)  
 振 替 0 0 1 1 0 - 7 - 1 7 7 8 6 7 番

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

# べと病、疫病、白さび病を ピシッとロック！

農林水産省登録 第23952号

殺菌剤

ピカルブトラゾクス水和剤

## 新発売

# ピシロック® フロアブル



【登録作物】

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



HPIはこちらから

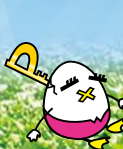
🔒 新規有効成分ピカルブトラゾクス配合！(FRACコード U 17)

🔒 収穫前日まで使える！（はくさいは収穫3日前まで）



## 日本曹達株式会社

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



®は日本曹達(株)の登録商標

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

## 植物防疫 バックナンバー公開開始！

6月より「植物防疫」のバックナンバーの全文を当協会WEBサイトからご覧いただけるようになりました。

当協会ホームページの「植物防疫アーカイブ」をご覧ください。発行から2年以上経過したものを公開対象として、現在57巻～69巻を収録しており、今後順次これ以前の巻について収録公開をすすめていきます。

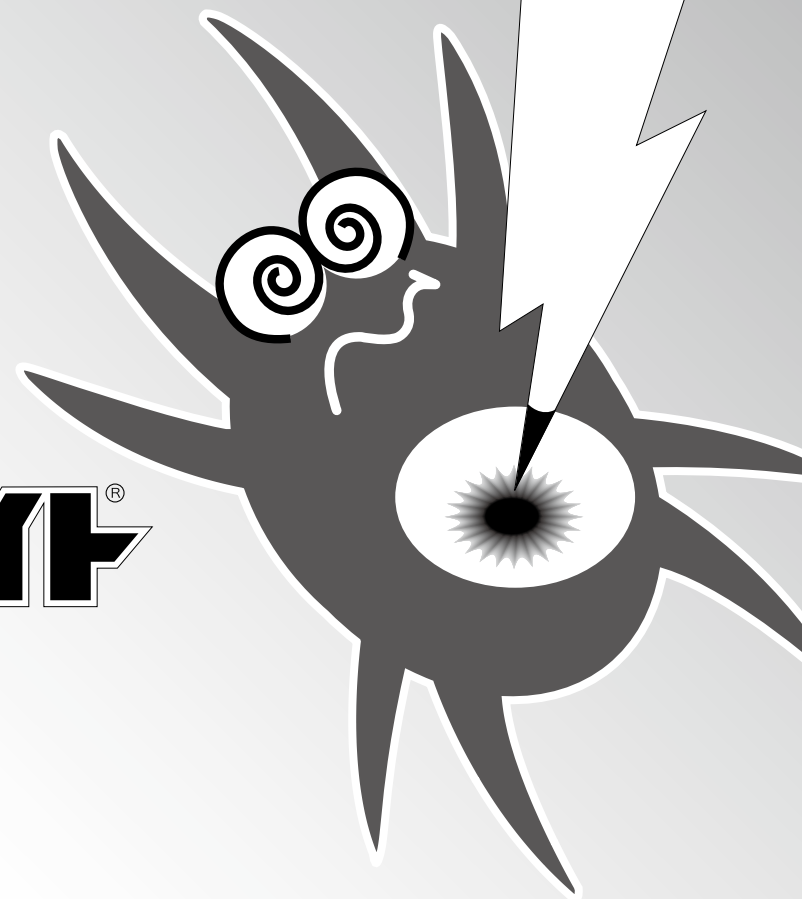
### OWEB公開にかかる利用許諾について

本誌電子版の全文公開に当たっては、執筆者の皆様には、順次利用許諾をいただく作業を進めておりますが、何分利用許諾をお願いする著作権者は広範囲に及ぶため、現時点で所在のわからない方もおられます。現住所がわからない執筆者の方には、本誌およびwebサイト内で利用許諾をお願いしております。

なお、ご質問等ございましたら支援事業部までご連絡をお願い致します。

# 作用点まで しっかり届く!

殺ダニ剤  
**スターマイト**<sup>®</sup>  
フロアブル



殺ダニ成分「シエノピラフェン」配合

だから…

- 抵抗性ハダニにもきちんと効く

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

- 卵から成虫まで、  
ハダニの全ステージにしっかり効く

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

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

 **日産化学株式会社**

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

お客様窓口 TEL.03-4463-8271  
(9:00~17:30 土日祝日除く)



新登場

明日の  
農業を  
考える

豊かな収穫へ行進!!

葉菜・果菜の病害に!

# パレード<sup>®</sup>20 フロアブル



幅広い病害に高い効果を発揮!!  
適用作物への薬害リスクが極めて低い!



果樹用に  
**パレード<sup>®</sup>15**  
もあります!

## パレード<sup>®</sup>20 の適用作物

- |         |           |           |
|---------|-----------|-----------|
| ●あずき    | ●いんげんまめ   | ●豆類 (未成熟) |
| ●トマト    | ●ミニトマト    | ●なす       |
| ●きゅうり   | ●にがうり     | ●すいか      |
| ●メロン    | ●はくさい     | ●キャベツ     |
| ●ブロッコリー | ●レタス      | ●非結球レタス   |
| ●たまねぎ   | ●ねぎ       | ●いちご      |
| ●ピーマン   | ●花き類・観葉植物 |           |



写真はイメージです



日本農薬株式会社

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 カネショウの

**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  
<http://www.agrokanesho.co.jp>

■製品のお問い合わせ

アグロ カネショウ(株) お客様相談係  
**04-2944-1117**

