

植物防疫

Plant Protection

2

2020
VOL.74



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



果樹専用殺菌剤

アクサー[®]フロアブル

実る果実が
待ち遠しい

- 新規有効成分「ゼミウム[®]」配合
- 幅広い病害に安定した効果
- 安定した予防効果はもちろん、優れた治療効果もあり



BASFジャパン株式会社

〒103-0022 東京都中央区日本橋室町3丁目4番4号 OVOL日本橋ビル3階
☎ 0120-014-660 <https://agriculture.basf.com/jp>

©-BASF社の登録商標

速く効く。
あの害虫にも効く。
だから、
収量に差がつく。

効きの速さ

有効成分が直接
害虫に作用するから、
作物が食べられる前に
駆除できる。

対象害虫の 幅広さ

チョウ目害虫や
アザミウマなど
幅広い害虫^{*1}に効く。

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

野菜・
茶用
殺虫剤

グレーシア[®] 乳剤



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

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



お客様窓口

TEL.03-4463-8271
(9:00~17:30 土日祝日除く)

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



 日産化学株式会社



カウントダウン®



雑草の無い水田へ

JAグループ 農協 金沢 経済連
（B）カウントダウンはバイエルグループの登録商標
 （C）はクミアイ化学工業（株）の登録商標

新登場



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

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

バイエル クロップサイエンス株式会社

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

ひと目でわかる 果樹の病害虫

第二巻

ひと目でわかる 果樹の病害虫



ナシ・ブドウ・カキ・クリ・イチジク

25 病害虫を追加

（改訂第二版 作成中）



第一巻（改訂第二版）

ミカン・ビワ・キウイに新たにマンゴー・パパイア・オリーブを追加！

本体：6,000 円＋消費税，送料実費



第三巻（改訂第二版）

リンゴ・マルメロ・カリン・モモ・スモモ・アンズ・ブルーベリー・ラズベリー・ハスカップ

本体：7,800 円＋消費税，送料実費

2020年4月刊行予定

一般社団法人
日本植物防疫協会 支援事業部

〒114-0015 東京都北区中里2丁目28番10号
 電話 03-5980-2183 FAX 03-5980-6753
<http://www.jpfa.or.jp/order@jpfa.or.jp>

**シリーズ好評
発売中！**

目 次

巻 頭 言

農業にロマンを一農業業界としてできること	小池 好智	1
----------------------	-------	---

研究報告

ハダニからみた捕食性カブリダニ類のステルス性	大槻初音・矢野修一	3
滋賀県における斑点米カメムシ類の水田および水田畦畔での発消長	樋口 博也	8

新技術解説

バレイショのそうか病対策のための土壌酸性簡易診断手法	久保寺 秀夫	16
アブラナ科野菜根こぶ病における省スペースで実施可能な生物検定法	板橋 建・大坂正明・瀬尾直美・大場淳司・千葉直樹	20

トピックス

トマトの新発生害虫 トマトウロコタマバエ <i>Lasioptera yoichiensis</i> の発生生態	齊藤美樹・橋本直樹	26
最近明らかになった薬用作物の糸状菌病	佐藤豊三・廣岡裕吏	31
樹木の葉を侵す白藻病の発生と研究の現状	周藤靖雄・大谷修司	37

植物防疫講座

病害編-25 <i>Cladosporium</i> 属菌による病害の発生生態と防除—キュウリ黒星病を例に—	岩館 康哉	45
虫害編-24 野菜のコガネムシ類の発生生態と防除	林川 修二	49
農薬編-23 細胞膜のステロール生合成阻害剤	宇賀神 勉・林 敬介	54

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 野菜花き研究部門		
病虫害・機能解析研究領域 虫害ユニット	豊島 真吾	62
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 病虫部	木村 佳子	63

農林水産省プレスリリース (2019.12.10~2020.1.14)	44
新しく登録された農薬 (2019.12.1~12.31)	36
登録が失効した農薬 (2019.12.1~12.31)	15, 25
発生予察情報・特殊報 (2019.11.29~12.31)	53

【表紙写真】

上：ウロコタマバエの成虫とミニトマトの被害
下段左：バレイショそうか病
下段右：ヒメコガネ成虫

農林水産省登録
第23993号

新規殺菌剤

ケンジャフロアブル®

®は登録商標

[イソフエタミド]



灰色かび病・菌核病に
賢い選択・賢く防除

ケンジャフロアブルの特長

①優れた予防効果

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

②薬剤感受性低下菌に対して有効

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

③優れた浸達性を有し、残効性、耐雨性に優れる

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

④サニテーション効果（次世代菌密度低減効果）により、二次感染を抑える

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

⑤有用生物・天敵に対する安全性

訪花昆虫や天敵に影響がほとんどなく、IPMに適合した薬剤です。

■サニテーション効果

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

ケンジャフロアブル 1,500倍



無処理区



社内試験 石原産業株式会社 中央研究所 (2011)

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



石原産業株式会社



石原バイオサイエンス株式会社

〒102-0071 東京都千代田区富士見2丁目10番2号

巻頭言

農業にロマンを —農薬業界としてできること—

農薬工業会会長（クミアイ化学工業株式会社） 小 池 好 智



私は、1954年、長野県長野市に生まれた。幼少期、家の前には水田に水を引く水路が流れ、数軒先の住宅の向こう側には水田が広がっていた。春には耕起、代掻きから田植えが始まり、盛夏の開花、登熟、稲刈りから、はさかけ天日乾燥、脱穀まで、稲作を身近な風景として眺めることができた。今では宅地化、商業地化が進み、当時の面影が全く残っていないことには寂しさを感じる。

大学卒業後、1978年4月、農薬企業に就職し、最初に配属されたのは静岡県清水市（現静岡市清水区）にある研究所だった。当時は、少し山沿いに入ると管理されたみかん畑や孟宗竹が茂る一角がそこかしこにあり、春になると新鮮な取れたてのタケノコを食す機会も多かった。ただ、その一角でも近年は管理する人手が足らず、放棄されたものも多くなったと聞く。

私が身近に感じた農地の変遷の例を二つ挙げた。農地が宅地化、商業地化され、その姿を変えていくことは、時代の流れのなかでは仕方のないことなのかもしれない。

時代の流れの中、日本の食料自給率は2018年度にカロリーベースで37%となり、一向に向上の気配を見せてない。国民の食生活の変化、すなわち米消費が減少し、輸入飼料による生産分も含めた畜産物消費の増加へとシフトしてきたことも要因の一つであるが、将来の日本の農業を考えた場合、自給率の低下問題で危惧しなければならないのは、農業生産基盤の弱体化と言える。

まず、家族経営体の離農による農業経営体数の減少、次に法人化や農地集積は進むが、法人自体も後継者不足が懸念される。水稻地域での法人の後継者不足は、大規模な耕作放棄地につながる。果樹園での高齢農家の離農は、小規模の耕作放棄地でも獣害の巣となり周りの園地に被害を及ぼす。耕作放棄地が日本各地で拡大し、2017年には38万ha以上に及んでいることには大きな不安を感じ得ない。

また、農業従事者の高齢化が叫ばれて久しい。1960年当時は60才以上の高齢農家率は2割程度であったが、2015年現在60才以上が約8割を占める。後継者育成が急務な状況で、新規就農として二つの流れがある。一つは、60才で定年退職した人達が実家の農家を継ぐ事例と、若年労働者が農業法人に雇用され新規雇用就農者となる事例である。これらの方々が産業としての農業に魅力を感じていくことが大切であると考えている。

当会は、農薬業界として日本の農業にどのような貢献ができるかについて考え、「JCPA VISION 2025」という

ビジョン活動を推進している。ここで、その中の二つを紹介したい。

第一に、国内農産物の安定生産に寄与できる農薬を今後も提供していくというハード面の支援である。これまでも、農業生産性の向上のために、除草作業の大幅軽減を実現した除草剤など、低毒性薬剤、有効成分投下量を大幅に低減した高活性薬剤の開発、また、航空散布に対応した薬剤や水稻の育苗箱施用剤等、機械化、省力化技術で貢献してきている。直近では、新たな技術革新で期待が高まるスマート農業を重点課題と捉えている。安全優先の視点を忘れずドローン散布に対応した新規製剤の開発、さらには現場ニーズに応えた製剤や散布技術の開発等により、スマート農業のさらなる後押しをしていきたい。2015年国連で採択された「持続可能な開発目標（SDGs）」に照し合せると、SDGs目標8「働きがいも経済成長も」や目標9「産業と技術革新の基盤をつくろう」につながる活動である。

第二に、生産基盤を支える後継者となる方々に、食料生産の重要性と農薬の適正使用等の正しい知識を提供するというソフト面の支援である。当会HPを充実し、農薬を使用する方々への情報として「農薬の正しい使い方」や「食料生産の重要性と農薬の役割」の動画を閲覧できるようにし、要望があればDVDを提供している。新規就農者向けの研修会などで利用されていると聞いている。その他、農薬の安全性や適正使用等に関する講師派遣事業、直売所に直接農産物を納める生産者向けのセミナー開催、さらには2019年度から当会支部会員が都道府県のJA巡回を行い、直接面談方式で先に紹介した動画や農薬安全使用リーフレット等を説明し、農家の方々への啓発活動に役立ていただけるように取り組んでいる。また、これからの若手就農者への支援として、「新版農薬の科学」を全国47都道府県の農業大学校に寄贈している。これらはSDGs目標12「つくる責任つかう責任」や目標17「パートナーシップで目標を達成しよう」につながる活動である。

これらの活動により、農業に従事する方々がロマンを感じていただければ幸いである。

（日本植物防疫協会理事）



ビジョン活動と持続可能な 開発目標(SDGs)の連携

農薬工業会では、安定的かつ持続的な食料供給を支えるための生産資材として、農薬の果たす役割は今後ますます大きくなると考え、2013年3月に、将来ビジョン「JCPA VISION 2025」を策定いたしました。

一方、2015年に国連総会で採択された「持続可能な開発目標(SDGs)」には、環境や健康、人権などに関する社会課題を解決する17の目標があります。当会のビジョン活動とSDGsとの連携について積極的に発信しています。

ご関心のある方は是非当会ホームページをご覧ください。



スマホからもアクセス!

ビジョン活動とSDGsとの関連付け

ビジョン活動では、農薬の役割について正しい理解を促進・共有しています。

農薬の役割は



「農作物の収量・品質の確保」

⇒ 飢餓に終止符を打ち、
持続可能な農業を推進



「その結果として緑を守る」

⇒ 農耕地面積の拡大を防ぎ、
緑の豊かさを守る



「農業の効率化・安定化」

⇒ 農業の効率化に貢献し、
農業の成長産業化を促進



「カビ毒リスクの低減」

⇒ すべての人に健康と福祉を
提供

その他にも



「新たな製品や技術の創出」

⇒ 産業と技術革新の基盤をつくる
ことにつながる



「スチュワードシップ活動である 農業者への安全対策活動」

⇒ 作る責任・使う責任につながる



「消費者への広報活動」と 「国際化活動」

⇒ パートナリーシップにつながる

このようにSDGsとも連携し「ビジョン活動を通じて、よりよい社会をつくる」という当会の目標達成により、持続可能な社会への貢献に努める所存です。



研究 報告

ハダニからみた捕食性カブリダニ類のステルス性

京都大学大学院 農学研究科 おおつき はつね やの しゅういち
大槻 初音・矢野 修一

はじめに

どれだけ攻撃力が高くても、敵に気付かれると防御されるので攻撃は成功しにくい。例えば、第二次世界大戦中、強力な酸素魚雷を備えた旧日本海軍の潜水艦が活躍できなかった一因は、相手に存在が露見しやすかった、すなわちステルス性が低かったせいである（中川，1997）。ステルス性といえば、レーダーなどのセンサーから探知されにくい技術をイメージしがちだが、忍者の隠れ身の術や、夜陰や風雨に乗じた奇襲攻撃もステルス性を高める戦法である。戦場の場合と同様に、捕食者と獲物の命をかけた攻防も捕食者のステルス性に大きく左右される。獲物が捕食者に気付くと逃げたり防御したりするので（TOLLRIAN and HARVELL, 1999）、それを防ぐために捕食者にはステルス性が発達する（WICKLER, 1968）。

ナミハダニやカンザワハダニといったハダニの仲間は、多くの作物を加害する大害虫である。ハダニは毎日10個以上の卵を産む。仮にそれらがすべて無事に育てば、地上はたちまちハダニだらけになるはずだが、そうっていないのはカブリダニなどの捕食者のおかげだろう。カブリダニとハダニの攻防の現場は植物の葉面である。ハダニは葉面に防御網を造り、その網の内側で葉を加害する（Saito, 1983）。ハダニを専門的に捕食するカブリダニはこの網を突破できるため、ハダニ防除の切り札と期待されてきた（McMURTRY and CROFT, 1997）。しかし、ハダニの雌成虫は網に侵入したカブリダニに気付くと、網を出て餌場を離れるか（e.g., BERNSTEIN, 1984；OKU et al., 2004；BOWLER et al., 2013）、通常は葉面に産む卵を、捕食されにくい網上に産むようになる（OKU and YANO, 2007；LEMOs et al., 2010；OTSUKI and YANO, 2017；図-1）。したがって、カブリダニのステルス性は、カブリダニを用いたハダニの生物的防除の成否を左右するに

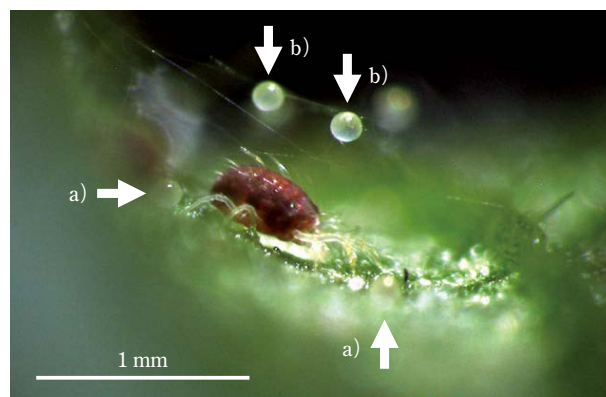


図-1 カンザワハダニの雌成虫（中央赤色）がa)葉面とb)網上に産んだ卵

違いない。

カブリダニの天敵としての能力については、これまで「攻撃力」にあたる捕食量や増殖率が測られてきた（JANSSEN and SABELIS, 1992；GOTOH et al., 2006）。これらを正確に測るためには、カブリダニとハダニを逃げ道のない所に一緒に閉じ込めなければならないが、そこではハダニがカブリダニに気付いても捕食を避けようがないので、カブリダニのステルス性は数値にあらわれない。そこで筆者らは、ハダニが捕食を避けられるように餌場からの逃げ道を設けた後述の実験装置で、カブリダニのステルス性を調べた。材料としては、カブリダニに対する捕食回避が詳しく調べられているカンザワハダニ（OKU et al., 2004；OKU and YANO, 2007；BOWLER et al., 2013；OTSUKI and YANO, 2017；以下カンザワ）を使った。カブリダニは、世界的に商品化されているチリカブリダニ（HUSSEY and BRAVENBOER, 1971；以下チリ）とミヤコカブリダニ（COPPING, 2001；以下ミヤコ）、そしてカンザワの土着天敵であるケナガカブリダニ（HAMAMURA, 1986；以下ケナガ）を使った。

I ステルス性の目安その1：

カブリダニが侵入した餌場からハダニが逃げる割合

ハダニの分散ステージである雌成虫がカブリダニの侵

The Stealthiness of Predatory Mites to Spider Mites. By
Hatsune OTSUKI and Shuichi YANO

（キーワード：産卵場所選択，分散，生物的防除，ステルス性，チリカブリダニ，ミヤコカブリダニ，ケナガカブリダニ，カンザワハダニ，ナミハダニ）

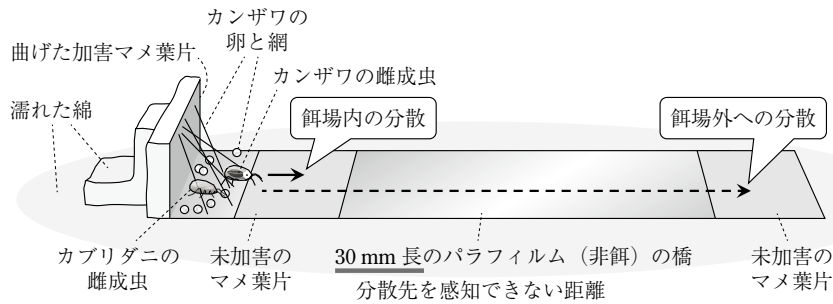


図-2 カブリダニが侵入した餌場からカンザワハダニ雌成虫が分散する様子調べる装置
曲げた葉片にはカブリダニをとどめるために十分なハダニの卵と網を用意する。

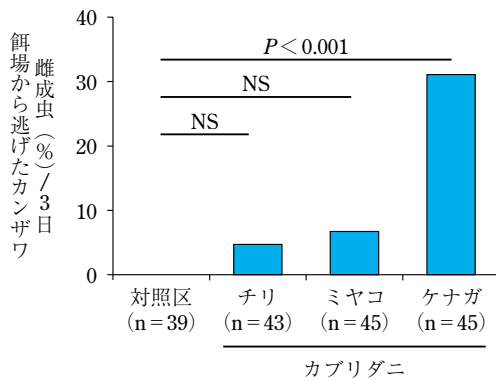


図-3 カブリダニのステルス性の目安その1：
カブリダニに気付いたカンザワハダニの分散率

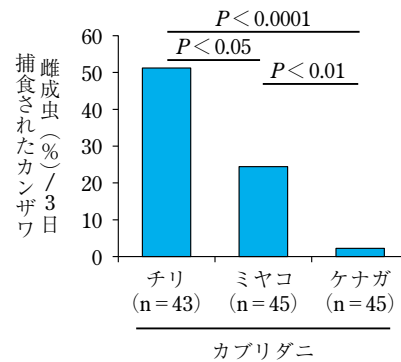


図-4 餌場から逃げる前に捕食された
カンザワハダニの割合

入した餌場から逃げる（e.g., BERNSTEIN, 1984）割合を、3種のカブリダニそれぞれがいる場合と、いない対照区とで比べた。図-2の分散を調べる実験装置を使い、あらかじめハダニに被害させた初期葉片に、ハダニとカブリダニを1匹ずつ同居させた。カブリダニは好物であるハダニの卵を先に食べるので（FURUICHI et al., 2005）、その際にハダニが逃げられる仕組みである。この装置では、カンザワが同じ餌場内で網から逃げた場合と、餌場の外へ逃げた場合とを区別できるようにした。

同じ餌場内に逃げたカンザワの割合は、いずれのカブリダニ種についても対照区より高くはならなかったが（OTSUKI and YANO, 2019）、餌場の外へ逃げたカンザワの割合は、ケナガと同居させた場合に高くなった（図-3）。一方で、逃げずに捕食されたカンザワの割合は、チリで最も高く、ケナガで最も低かった（図-4）。逃げ出した割合と捕食率を見比べると、ケナガがチリやミヤコと比べて小食だから多くのカンザワが逃げ延びただけのようにも思えるが、もしそうなら、カブリダニのいない対照区から逃げたカンザワの割合が最も高くなるはずである。そうではなく、カンザワはケナガには気付いたから逃げ、チリには気付かなかったから捕食されたと思われる（OTSUKI and YANO, 2019）。

II ステルス性の目安その2： カブリダニの卵がある餌場でハダニが網上に産卵する割合

ステルス性のもう一つの目安は、カブリダニに気付いたハダニが安全な網上に産卵する（OKU and YANO, 2007；LEMONS et al., 2010）割合である。余談だが、網上に産まれたハダニの卵が「安全」と言い切れる証拠は近年までなかった。上記の先行研究で使われた逃げ道のない装置では、网上的の卵は後回しにされるだけで結局はすべて

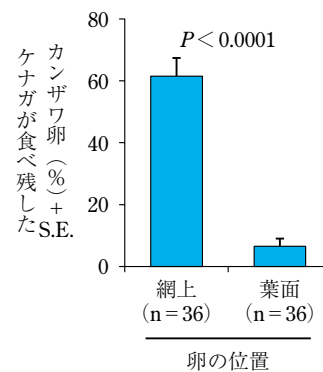


図-5 カンザワハダニの産卵場所と
捕食回避

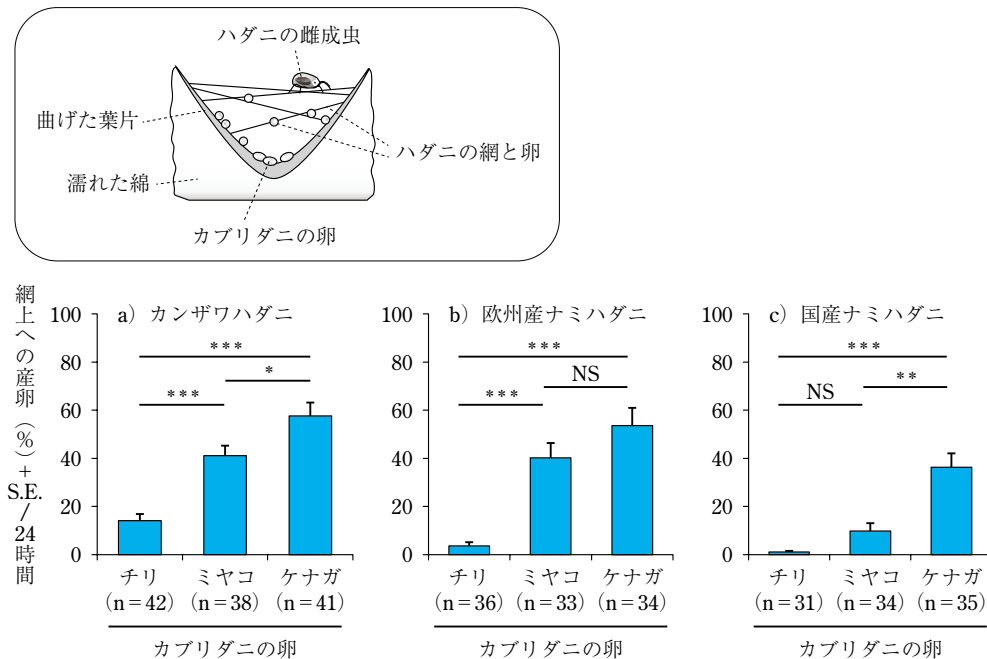


図-6 カブリダニのステルス性の目安その2：カブリダニ卵に気付いたハダニの網上産卵率
(* $P < 0.05$, ** $P < 0.001$, *** $P < 0.0001$)

捕食されるはずだからだ。カブリダニを飼えば誰もが経験する「餌が切れる」状態である。そもそも、カブリダニと一緒に閉じ込められたハダニが網上に産卵するのは、網上を逃げ回った結果に過ぎないかもしれない。筆者らは、図-2と同様に餌場から分散できる装置を使って、逃げ道があってもカンザワが網上に産卵すること、ケナガがカンザワの卵を食べ尽くす前に餌場を離れるので網上の卵のほうが生き残りやすいことを確かめた (OTSUKI and YANO, 2017; 図-5)。ハダニの雌成虫は網上に産卵することで子を守るのだ。

ステルス性に話を戻すと、カンザワに網上に産卵させるために、今回はカブリダニの成虫ではなく卵を使った。成虫はカンザワが産んだ卵を捕食してしまうので、何個の卵が産まれたか数えられないからである。カンザワが網を張りやすいように葉片を一律に折り曲げて (図-6)、卵が網上に産まれた割合をカブリダニ種間で比べた。その結果、網上に産卵された割合は、チリの卵と同居させた場合に最も低く、ケナガの場合に最も高かった (OTSUKI and YANO, 2019; 図-6a)。つまり、カブリダニ雌成虫から逃げ出した割合で測ったときと同様に、カブリダニ3種のステルス性は、チリが最も高く、ケナガが最も低かった。

III ステルス性は別のハダニに対しても同じか

上記の実験で使ったカンザワとカブリダニは、欧州の

Koppert社から購入したチリを除いて、すべて国産の個体群を使った。チリがカンザワに最も気付かれにくかった理由は、チリだけが未知の敵だからかもしれない。カブリダニのステルス性は、相手のハダニの種や個体群によって違うのか、それとも同じなのか。原産地が同じチリとカンザワを使って調べられればわかるのだが、チリは我が国の在来種ではなく、カンザワは欧州に分布しない (EHARA, 1999)。

そこで、カンザワの近縁種で全世界に分布するナミハダニ (以下ナミ) の欧州産と国産の個体群を用いて、3種のカブリダニのステルス性 (カブリダニの卵に対する網上産卵率) を比べた。その結果、ナミの個体群によってステルス性の数値は違うものの、カブリダニ3種のステルス性の順位はどちらの個体群でもカンザワに対する順位と同じだった (OTSUKI and YANO, 2019; 図-6b, c)。もっと多くの個体群を調べないと結論できないが、カブリダニのステルス性の順位は、相手のハダニ種にかかわらず一貫している可能性がある。

IV 卵のステルス性がカブリダニ種間で違う理由

ところで、動き回ってハダニを襲うカブリダニの成虫ならともかく、動かないカブリダニの卵のステルス性が種によって違うのは何故だろうか。ハダニは視覚が発達しておらず主に嗅覚 (化学成分) に頼っているの、①ステルス性の高い卵が「ハダニに気付かれにくい物質」

に覆われているか、逆に②ステルス性の低い卵が「気付かれやすい物質」に覆われているかのどちらかだろう。これを確かめるため、台所用洗剤でチリとケナガの卵を洗い、それらに対するカンザワの網上産卵率を調べた。①が正解なら、洗ったチリの卵は洗っていない卵よりもステルス性が低くなり（網上の産卵が増え）、②が正解なら、洗ったケナガの卵はステルス性が高くなる（網上の産卵が減る）はずである。

実験の結果、洗ったチリの卵はステルス性がむしろ高くなり、洗ったケナガの卵はステルス性が劇的に高くなった（OTSUKI and YANO, 2019；図-7）。この結果は前述の仮説②を支持する。つまり、カブリダニの卵のステルス性は、「気付かれやすい物質」が卵の表面に多いかどうかで決まるらしい。それにしても、カブリダニにとって不都合な「気付かれやすい物質」などなくせばよいのに、そうっていないのは不思議だ。「気付かれやすい物質」にはよほどの未知の利点があるのだろう。

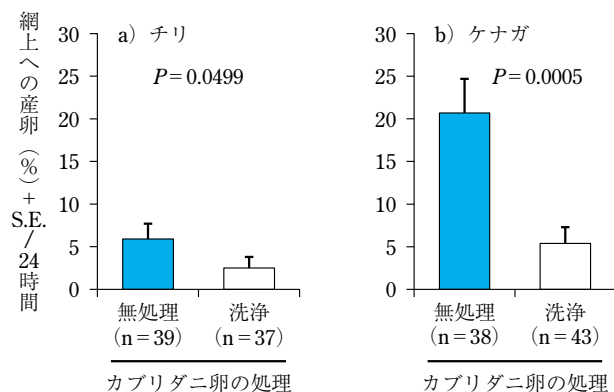


図-7 カブリダニ卵表面の物質がステルス性に及ぼす影響

V ステルス性が低いカブリダニは何故滅びないのか

ケナガのようにステルス性が低い不器用なカブリダニが生き残っているのは、ハダニが群れで暮らすこと（STRONG et al., 1997；YANO, 2008）と関係するかもしれない。ハダニを襲う捕食性昆虫（JANSSEN et al., 1998）や、ハダニを餌植物ごと食べるチョウ目幼虫（SHIROTSUKA and YANO, 2012）、農薬散布や収穫等人間によるかく乱は、ハダニを群れごと滅ぼすことが多い。このように群れが頻繁に滅びる状況で暮らす動物にとっては、一般的に、個体の数よりも群れの数の方が大事になる（LEVINS, 1969）。ステルス性が低いカブリダニは、ハダニの卵などを捕食してハダニの個体数を減らすことは間違いないが、その一方でハダニの雌成虫を取り逃がす。ハダニは雌成虫 1 匹からでも新たな群れを作ることができるので、ステルス性が低いカブリダニはハダニの群れを増やす種をばら撒いていることになる。すなわち、その一帯のハダニが存続するのを助けている可能性があるのだ。ハダニが持続的に栄えると都合がよいのは、ハダニを餌とするカブリダニも同じである。チリのようにハダニの間近で気付かれずに多くの卵や肉を搾取するカブリダニもいれば、ケナガのようにハダニをあえて「放牧」して将来に備えるカブリダニもいるのかもしれない（OTSUKI and YANO, 2019）。

おわりに

今回調べた個体群については、カブリダニのステルス性の高さは一貫してチリ＞ミヤコ＞ケナガの順位だった（図-8）。カブリダニのステルス性は、ハダニの生物的防

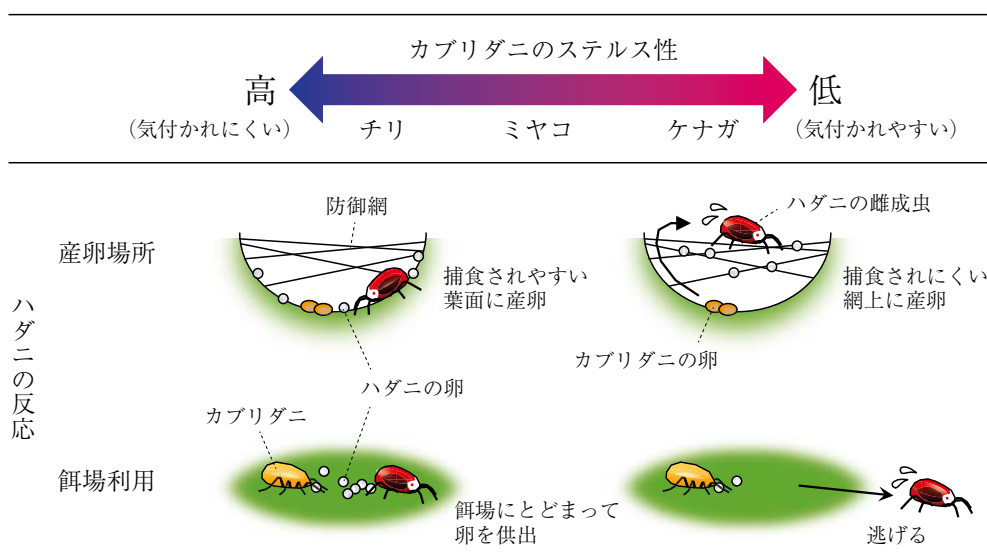


図-8 カブリダニのステルス性とハダニの反応まとめ

除に用いるカブリダニの種や個体群の有効性を測る目安として使えるかもしれない。今回の結果は、商品化されているチリとミヤコのステルス性が高いという、関係者を安堵させるものだったが、これは必然かもしれない。この2種が商品化された経緯が圃場での経験的な有効性に基づくのなら、そこにはカブリダニのステルス性が反映されているに違いないからだ。

ケナガのようにステルス性が低いカブリダニの取り扱いには注意が必要だろう。ハダニの発生初期や低密度時に彼らが「活躍」してしまうと、先述のようにハダニを撒き散らし、作物への被害をかえって拡げる恐れがある(OTSUKI and YANO, 2014 a ; 2014 c)。ステルス性が低いカブリダニが役立つためには、彼らが網から追い出したハダニを代わりに討ち取ってくれる役回りが必要である。これを担うのが、網の中にいるハダニは攻撃できないが網外に出たハダニを捕食する、ジェネラリストのカブリダニやアリ等の広食性捕食者だ(OTSUKI and YANO, 2014 a ; 2014 b ; 大槻・矢野, 2014)。ハダニの網に侵入するカブリダニと、網外で待つ無数の広食性捕食者との協力によって、ハダニの大発生が抑えられていると筆者らは考えている。しかし、その恩恵を実感するのは難しい。警察や予防接種、静電気防止パッド等を考えればわかるが、抑止力が効いているときは何も起きないからである。捕食者によるハダニの抑止力も、それが失われて痛い目に遭ってはじめて実感できる(GERSON and COHEN, 1989)。大切なことは目に見えないのだ。

引用文献

- 1) BERNSTEIN, C. (1984): *Oecologia* **61**: 134~142.
- 2) BOWLER, D. E. et al. (2013): *J. Zool.* **289**: 52~59.
- 3) COPPING, L. G. (ed) (2001): *The BioPesticide Manual*, 2nd edn, British Crop Protection Council, Surrey, 528 pp.
- 4) EHARA, S. (1999): *Spec. Div.* **4**: 63~141.
- 5) FURUICHI, H. et al. (2005): *Appl. Entomol. Zool.* **40**: 675~678.
- 6) GERSON, U. and E. COHEN (1989): *Exp. Appl. Acarol.* **6**: 29~46.
- 7) GOTOH, T. et al. (2006): *ibid.* **40**: 189~204.
- 8) HAMAMURA, T. (1986): *Bull. Natl. Res. Inst. Tea* **21**: 121~201.
- 9) HUSSEY, N. W. and L. BRAVENBOER (1971): *Control of pests in glasshouse culture by the introduction of natural enemies*, In: HUFFAKER, C. B. (ed) *Biological Control*, Springer, Boston, MA, USA, p.195~216.
- 10) JANSSEN, A. and M. W. SABELIS (1992): *Exp. Appl. Acarol.* **14**: 233~250.
- 11) ——— et al. (1998): *ibid.* **22**: 497~521.
- 12) LEMOS, F. et al. (2010): *ibid.* **52**: 1~10.
- 13) LEVINS, R. (1969): *Bull. Entomol. Soc. Am.* **15**: 237~240.
- 14) MCMURTRY, J. A. and B. A. CROFT (1997): *Annu. Rev. Entomol.* **42**: 291~321.
- 15) 中川靖造 (1997): 海軍技術研究所, 光人社 NF 文庫, 東京, 363 pp.
- 16) OKU, K. and S. YANO (2007): *Ann. Entomol. Soc. Am.* **100**: 69~72.
- 17) ——— et al. (2004): *J. Ethol.* **22**: 109~112.
- 18) OTSUKI, H. and S. YANO (2014 a): *Exp. Appl. Acarol.* **64**: 265~275.
- 19) ——— . ——— (2014 b): *Entomol. Exp. Appl.* **151**: 27~33.
- 20) ——— . ——— (2014 c): *Naturwissenschaften* **101**: 513~516.
- 21) ——— . ——— (2017): *Ethology* **123**: 453~459.
- 22) ——— . ——— (2019): *Biol. Control* **136** (in press).
- 23) 大槻初音・矢野修一 (2014): *植物防疫* **68**: 549~552.
- 24) SAITO, Y. (1983): *Acarologia* **24**: 377~391.
- 25) SHIROTSUKA, K. and S. YANO (2012): *Exp. Appl. Acarol.* **56**: 355~364.
- 26) STRONG, W. B. et al. (1997): *Environ. Entomol.* **26**: 859~865.
- 27) TOLLRIAN, R. and C. D. HARVELL (1999): *The Ecology and Evolution of Inducible Defenses*, PUP, Princeton, NJ, USA.
- 28) WICKLER, W. (1968): *Mimicry in plants and animals*. MHE, New York, NY, USA.
- 29) YANO, S. (2008): *Ann. Entomol. Soc. Am.* **101**: 247~252.

研究 報告

滋賀県における斑点米カメムシ類の水田および水田畦畔での発生消長

龍谷大学 農学部 ひ ぐち ひろ や
樋 口 博 也

はじめに

小島・内田（1974）は、1971～72年に滋賀県湖西地方の早期栽培米の水田で、捕虫網によるすくい取り調査を行い、斑点米被害を引き起こすカメムシ種は、ホソハリカメムシ *Cletus punctiger* (Dallas) とトゲシラホシカメムシ *Eysarcoris aeneus* (Scopoli) であると報告している。長谷川ら（1979 a）は、1974～78年の調査で、ホソハリカメムシ、トゲシラホシカメムシ、クモヘリカメムシ *Leptocoris chinensis* Dallas が滋賀県で斑点米被害を引き起こす主要種であると考えている。さらに、1989～99年に滋賀県病害虫防除所が行った斑点米カメムシ類の生息密度と発生地点率の調査結果から田中（2000）は、斑点米カメムシ類はホソハリカメムシ、トゲシラホシカメムシ、クモヘリカメムシにアカスジカスミカメ *Stenotus rubrovittatus* (Matsumura)、アカヒゲホソミドリカスミカメ *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy) を加えた5種に変化していることを指摘している。

このように、斑点米被害を引き起こすカメムシ種は、変遷していると考えられる。そこで、2016年から3年間、滋賀県の湖西地区と湖南地区の水田とその畦畔で、斑点米カメムシの種と発生の推移を調査したのでその結果をここに報告する。

本調査を進めるにあたりご協力をいただいた、滋賀県大津・南部農業農村振興事務所 西田阿斗氏、ユキオズファーム 西村幸雄氏、JA レーク大津 田中章吾氏、水口一平氏、龍谷大学農学部資源生物科学科 磯見祐輔氏、野中大輝氏、山内稜平氏に厚くお礼申し上げます。

I 水田および畦畔での発生消長

調査は、2016～18年に滋賀県大津市南小松、南比良（湖西地区）、石居（湖南地区）の水田で行った（図-1）。調査場所、調査年、イネ品種、早晚性、栽培面積、移植日、出穂期、収穫日を表-1に示した。水田内の40～50%のイネ株が出穂した日を、その水田の出穂期とした。大津



図-1 調査を行った水田の位置

表-1 調査を行った水田の耕種概要

調査場所	調査年	品種	早晚性	栽培面積	移植日	出穂期 ¹⁾	収穫日
大津市南小松	2016	みずかがみ	早生	30 a	5月6日	7月19日	8月22日
	2017				5月3日	7月16日	8月21日
	2018				4月29日	7月17日	8月21日
大津市南比良	2017	みずかがみ	早生	24 a	5月3日	7月16日	8月21日
大津市石居 ²⁾	2017	日本晴	中生	14 a	5月16日	8月9日	9月24日

¹⁾ 出穂期は、水田内の40～50%のイネ株が出穂した日を、その水田の出穂期とした。

²⁾ 大津市石居のみ、8月25日に殺虫剤（クロチアニジン粉剤 DL）を散布した。

Seasonal Prevalence of Occurrence of Rice Bugs Causing Pecky Rice in Paddy Fields and Levees in Shiga Prefecture. By Hiroya HIGUCHI

（キーワード：斑点米，ホソハリカメムシ，クモヘリカメムシ，イネカメムシ，水田，すくい取り，発生消長）

市石居の水田のみ、8月25日にカメムシ類、ウンカ・ヨコバイ類に対して殺虫剤（クロチアニジン粉剤DL）を散布したが、その他の水田はイネの生育期間中殺虫剤の散布は行わなかった。

調査は、捕虫網（直径36 cm、柄90 cm）を用いて行った。水田では、中央部2箇所では捕虫網20回振りを行った。また、水田の長辺部の畦畔で、捕虫網40回振りを行った。調査間隔は原則として7日としたが、降雨、強風等により調査ができなかった場合には調査日を変更した。また、水田内および畦畔においてイネ科植物が出穂していた場合には種を同定した。

1 滋賀県大津市南小松

滋賀県大津市南小松では、3年とも早生品種‘みずかがみ’を栽培した同一水田で調査を行った。

（1）2016年

水田内でのすくい取り調査で、7月5日、10日にホソハリカメムシ成虫が1頭捕獲された（図-2）。7月19日出穂期の調査では10頭、28日には12頭が捕獲されたが、それ以降捕獲数は減少した。ホソハリカメムシの幼虫は、捕獲されなかった。8月中旬以降、クモヘリカメムシの成虫と幼虫が捕獲された。この時期、水田内にヒエ類（イヌビエ、タイヌビエ）がところどころに出穂して

いた。

畦畔では、8月上旬からホソハリカメムシ、クモヘリカメムシの成虫と幼虫が捕獲された。ヒエ類が8月下旬から出穂した。

（2）2017年

出穂期は7月16日であり、水田内では19日の調査でクモヘリカメムシの成虫が40頭、24日の調査で20頭捕獲されたが、以降捕獲される成虫数は少なく推移した（図-3）。また、8月2日以降幼虫が連続的に捕獲された。ホソハリカメムシ成虫は、7月19日に6頭、24日に3頭捕獲されたが、以降捕獲されず、8月21日に成虫が4頭、幼虫が1頭捕獲された。

畦畔では、8月2日と9日にクモヘリカメムシ幼虫が19頭、17頭捕獲されたが、ホソハリカメムシ成・幼虫、クモヘリカメムシ成虫の捕獲数は少なく推移した。

水田内、畦畔ともイネ科植物の出穂は認められなかった。

（3）2018年

7月17日が出穂期であり、7月17日にホソハリカメムシ成虫が3頭、24日に7頭、31日に2頭捕獲され、幼虫は8月7日に5頭、14日に6頭捕獲された（図-4）。クモヘリカメムシは、8月14日に成虫が1頭、8月7日

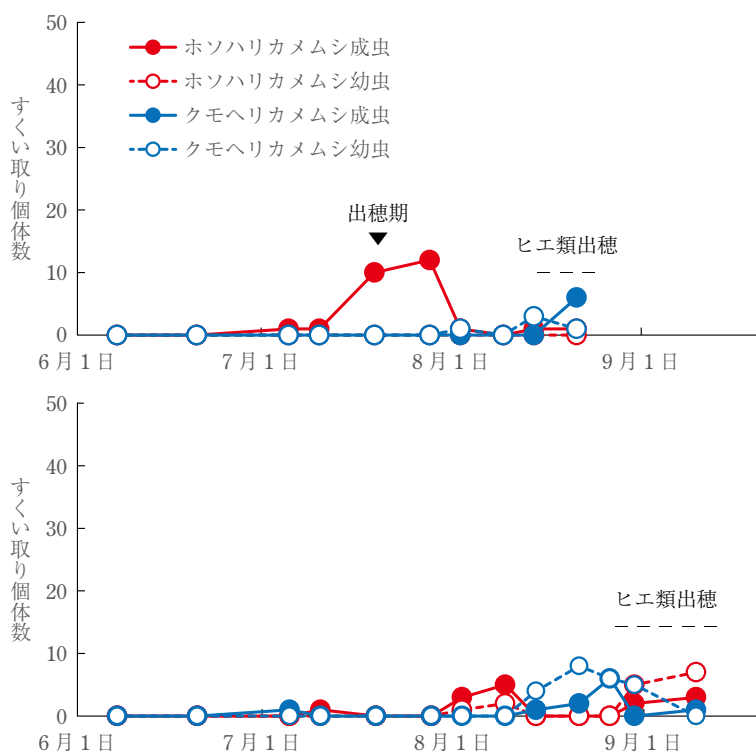


図-2 大津市南小松の‘みずかがみ’を栽培した水田および畦畔において、すくい取り調査で捕獲された斑点米カメムシ種の成・幼虫数の推移（2016年）
注）すくい取り個体数は、水田内（上図）および畦畔（下図）で、捕虫網40回振りでは捕獲された個体数を示した。

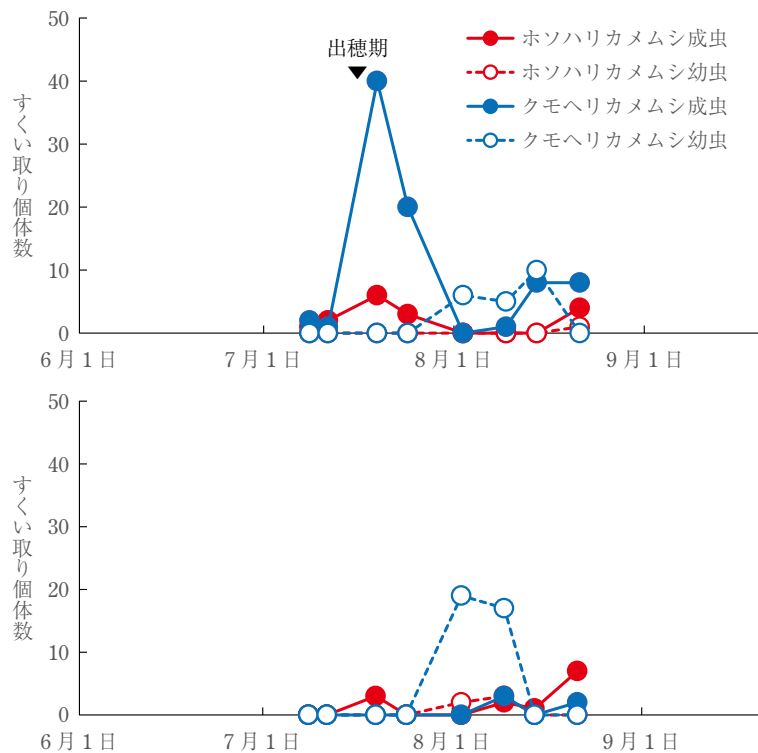


図-3 大津市南小松の‘みずかがみ’を栽培した水田および畦畔において、すくい取り調査で捕獲された斑点米カメムシ種の成・幼虫数の推移（2017年）
注）すくい取り個体数は、水田内（上図）および畦畔（下図）で、捕虫網40回振りで捕獲された個体数を示した。

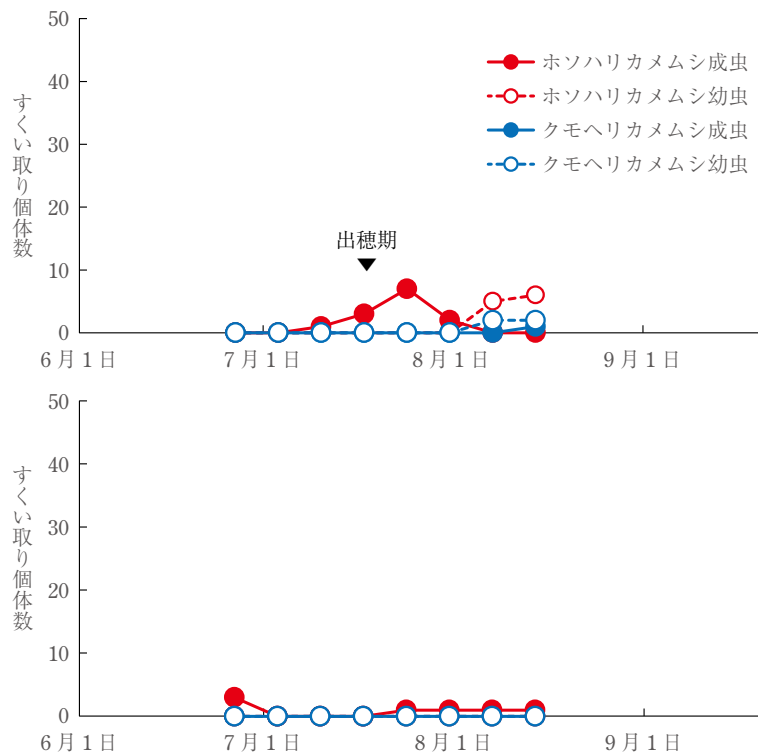


図-4 大津市南小松の‘みずかがみ’を栽培した水田および畦畔において、すくい取り調査で捕獲された斑点米カメムシ種の成・幼虫数の推移（2018年）
注）すくい取り個体数は、水田内（上図）および畦畔（下図）で、捕虫網40回振りで捕獲された個体数を示した。

と14日にそれぞれ幼虫が2頭捕獲された。

畦畔では、ホソハリカメムシ成虫が6月26日に3頭、7月24日、31日、8月7日、14日の調査でそれぞれ1頭捕獲されただけであった。

水田内、畦畔ともイネ科植物の出穂は認められなかった。

2 滋賀県大津市南比良

2017年、南比良の早生品種‘みずかがみ’が栽培された調査水田の出穂期は7月16日であった。7月8日の最初の調査で24頭のクモヘリカメムシ成虫が捕獲され、出穂期以降の7月19日の調査では66頭、24日の調査では16頭の成虫が捕獲された(図-5)。8月2日の調査では成虫は捕獲されず、77頭の幼虫が捕獲された。8月9日の調査では51頭の幼虫が、14日の調査では幼虫が18頭、成虫が20頭捕獲された。21日の調査では、成虫の捕獲数が11頭であった。ホソハリカメムシは、出穂期後の7月19日に10頭成虫が捕獲され、8月9日以降幼虫が捕獲された。水田内でイネ科植物の出穂は認められなかった。

畦畔では7月中旬から8月2日に草刈りが行われるまで、イヌビエとオヒシバが出穂していた。その間、ホソハリカメムシ成虫とクモヘリカメムシの成・幼虫が捕獲されたが、その捕獲数は10頭以下であった。

水田内で捕獲されたホソハリカメムシとクモヘリカメムシの雌と幼虫の推移を図-6に示した。ホソハリカメムシ雌は、7月19日に4頭、24日に1頭捕獲された。8月9日の調査では、1・2齢幼虫が3頭、3・4齢幼虫が1頭、14日、21日の調査では5齢幼虫がそれぞれ1頭、8頭捕獲された。また、8月14日と21日には雌が捕獲された。クモヘリカメムシは7月19日に雌が28頭、24日には10頭捕獲された。8月2日には1・2齢幼虫が43頭、3・4齢幼虫が32頭、9日には3・4齢幼虫が31頭、5齢幼虫が20頭捕獲された。また、8月14日には5齢幼虫が18頭、雌が13頭、21日には雌が5頭捕獲された。これらのことから、ホソハリカメムシ、クモヘリカメムシともにイネの出穂期に飛来侵入した雌が産下した卵からふ化した幼虫が、水田内で成虫になると考えられる。

3 滋賀県大津市石居

2017年、石居の中生品種‘日本晴’の調査水田の出穂期は8月9日であり、その日に11頭のイネカメムシ成虫が、14日には成虫8頭と幼虫42頭が捕獲された(図-7)。8月21日、28日、9月4日に幼虫がそれぞれ20頭、13頭、16頭捕獲された。クモヘリカメムシ成虫は、8月9日に4頭、14日に26頭捕獲され、幼虫は8月21日に2頭、28日に14頭、9月4日に11頭捕獲された。ホソハリカメムシは、成虫が7月11日、19日、24日に

それぞれ1頭捕獲され、幼虫は捕獲されなかった。水田内でイネ科植物の出穂は認められなかった。

畦畔では、9月中旬からオヒシバとメヒシバが出穂し、クモヘリカメムシの成虫と幼虫が捕獲された。

クモヘリカメムシとイネカメムシについて、雌と幼虫の水田内での捕獲消長を図-8に示した。クモヘリカメムシ雌は、8月9日に3頭、14日に15頭捕獲された。8月21日には1・2齢幼虫が2頭、28日には1・2齢幼虫が4頭、3・4齢幼虫が9頭、5齢幼虫が1頭、9月4日には、3・4齢幼虫が6頭、5齢幼虫が5頭捕獲され、11日には雌が2頭捕獲された。イネカメムシについては、8月9日に雌が9頭、14日に7頭捕獲された。同じく14日には1・2齢幼虫が12頭、3・4齢幼虫が30頭、21日には3・4齢幼虫が15頭、5齢幼虫が4頭、28日には3・4齢幼虫が5頭、5齢幼虫が7頭捕獲された。9月4日には、雌が5頭捕獲された。イネカメムシ、クモヘリカメムシともに出穂期に水田に侵入した雌が産下した卵に起因する幼虫が、成虫にまでなっていると考えられる。

4 まとめ

2016年から3年間、琵琶湖の西に位置する大津市南小松と南比良の2箇所、南に位置する石居1箇所の水田で捕虫網によるすくい取りを行った結果、ホソハリカメムシ、クモヘリカメムシ、イネカメムシが斑点米被害を引き起こす主要なカメムシ類であることが明らかとなった。これら3種のカメムシの成虫は、イネが出穂すると水田内に飛来侵入するが(図-2, 3, 4, 5, 7)、その後成虫の個体数は減少傾向を示す。また、水田内ですくい取られた幼虫は、経時的に齢期が進み、5齢幼虫が捕獲される時期になると成虫も捕獲される(図-6, 8)。したがって、出穂期に水田に飛来侵入した雌は産卵を行い、卵からふ化した幼虫は水田内で新成虫になると考えられる。

水田内でイネ科植物が出穂すると、成虫の侵入を助長することになると考えられるが(図-2)、成虫の水田への侵入の契機となるのはあくまでもイネの出穂である。また、畦畔においてイネ科植物が出穂すると、成虫、幼虫ともに発生が確認された(図-2, 5, 7)。しかし、畦畔でイネ科植物が出穂していても、イネが出穂すると水田内に沢山のクモヘリカメムシ成虫が集まることから(図-5)、飛翔能力の高いカメムシ類では、畦畔のイネ科植物の出穂状況と水田内の成虫個体数の関係はあまりないと考えられる。

湖西地区である南小松と南比良の水田でのすくい取りでは、ホソハリカメムシとクモヘリカメムシが捕獲された(図-2, 3, 4, 5)。ホソハリカメムシの場合、出穂期ころに捕獲された成虫はいずれの水田でも10頭前後であ

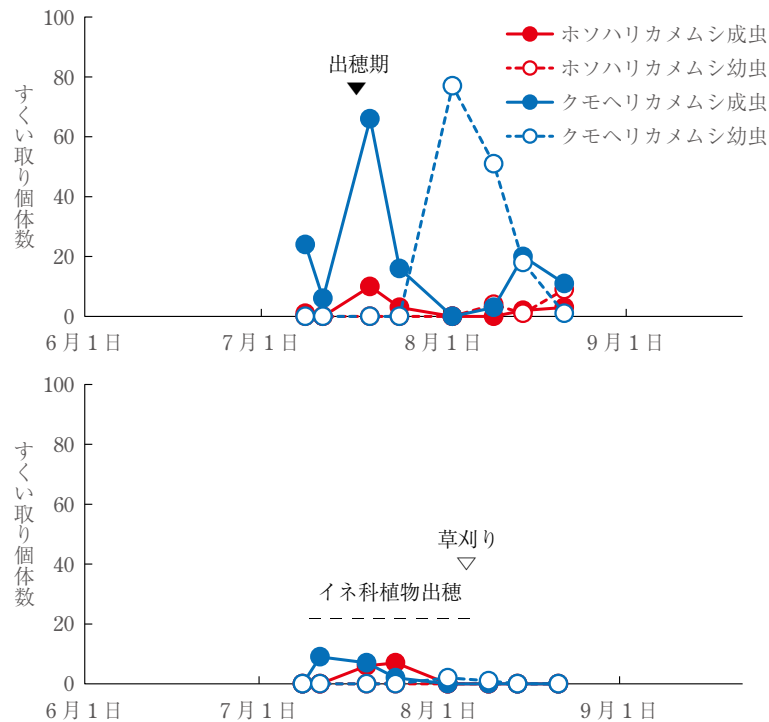


図-5 大津市南比良の‘みずかがみ’を栽培した水田および畦畔において、すくい取り調査で捕獲された斑点米カメムシ種の成・幼虫数の推移（2017年）
 注）すくい取り個体数は、水田内（上図）および畦畔（下図）で、捕虫網40回振りで捕獲された個体数を示した。

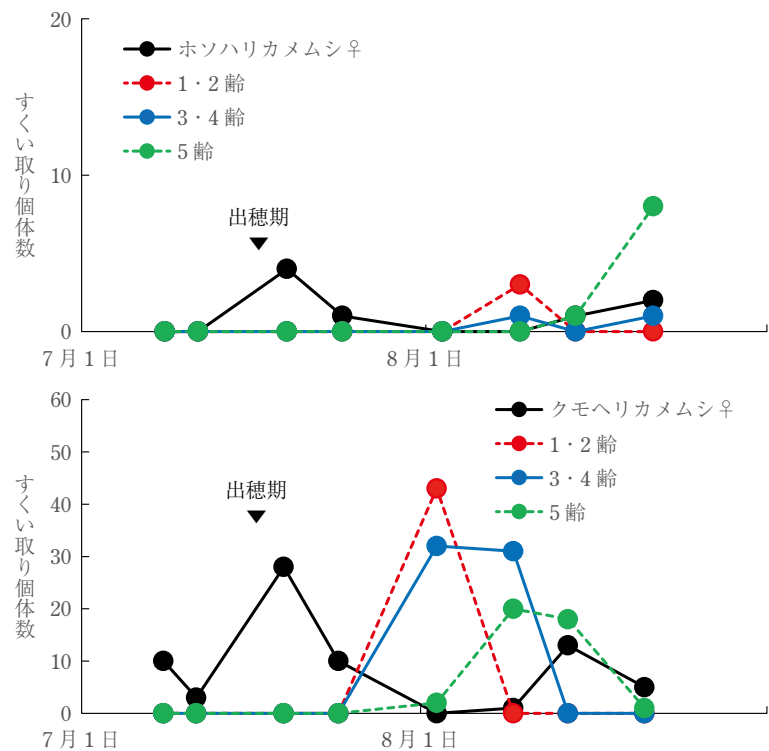


図-6 大津市南比良の‘みずかがみ’を栽培した水田において、すくい取り調査で捕獲されたホソハリカメムシとクモヘリカメムシの雌数と幼虫数の推移（2017年）
 注）図-5のすくい取り個体数を、雌数と、幼虫数は1・2 齢，3・4 齢，5 齢に分けて示した。

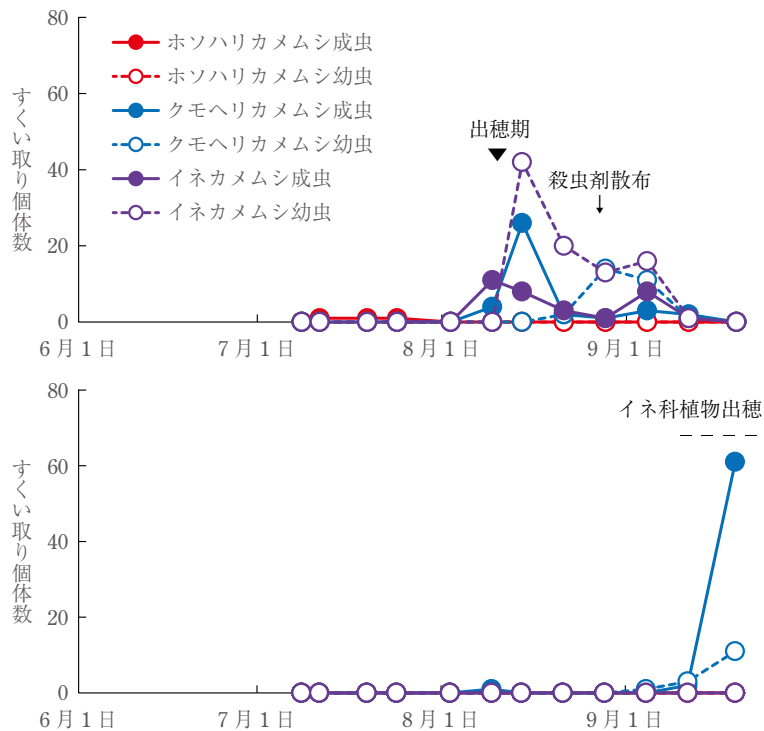


図-7 大津市石居の‘日本晴’を栽培した水田および畦畔において、すくい取り調査で捕獲された斑点米カメムシ種の成・幼虫数の推移（2017年）
 注）すくい取り個体数は、水田内（上図）および畦畔（下図）で、捕虫網40回振りで捕獲された個体数を示した。

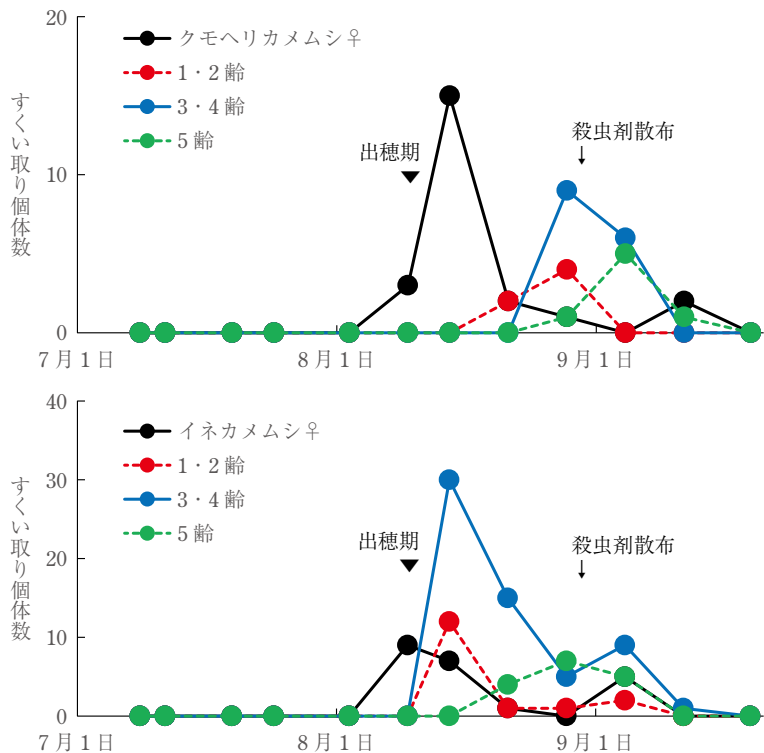


図-8 大津市石居の‘日本晴’を栽培した水田において、すくい取り調査で捕獲されたクモヘリカメムシとイネカメムシの雌数と幼虫数の推移（2017年）
 注）図-7のすくい取り個体数を、雌数と、幼虫数は1・2齢、3・4齢、5齢に分けて示した。

った。これに対し、クモヘリカメムシは、2017 年のみ出穂期に捕獲される成虫数が非常に多くなった(図-3, 5)。

湖南地区の石居では、ホソハリカメムシとクモヘリカメムシに加えて、湖西地区の水田では全く捕獲されなかったイネカメムシが捕獲された(図-7)。南小松、南比良で調査を行った水田のイネ品種は早生品種‘みずかがみ’であるのに対し、石居では中生品種の‘日本晴’であった。この品種の違い、出穂期の早晩性が発生するカメムシ種の違いにあらわれた可能性は否定できない。しかし、2017 年に南小松の‘日本晴’で行ったすくい取り調査で、8 月 2 日が出穂期であったにもかかわらず、イネカメムシ成虫は9月上旬に4頭捕獲されただけであった。これに対し、同じく 2017 年に石居の‘みずかがみ’では出穂期に成虫が19頭捕獲された(データ省略)。これらのことを考慮すると、イネカメムシの水田での発生の違いは、品種や品種の早晩性の違いではなく、地域による違いではないかと考えられる。

滋賀県湖西・湖南地区の水田で調査したかぎり、ホソハリカメムシは常発し、クモヘリカメムシは年により発生状況は異なり、イネカメムシの発生には地域性があるのではないかと考えられる。

II 被害調査

被害調査は、2017 年に大津市南小松と南比良のすくい取り調査を行った‘みずかがみ’が栽培された水田で行った。収穫日は8月21日であり、その前の17日に、水田の中央部から200穂を穂首から刈り取った。刈り取った穂は室内で乾燥した後、脱穀、籾摺りを行い、玄米とその中でカメムシ類の吸汁により斑点米となっている粒を数えた。

南小松の‘みずかがみ’が栽培された水田での調査では、玄米13,820粒のうち、33粒が斑点米であり、斑点米率は0.24%であった(表-2)。南比良では、玄米12,844粒のうち、499粒が斑点米で、斑点米率は3.89%であった。

被害調査を行った2017年は水田内でクモヘリカメムシの発生が多い年であり(図-3, 5)、このクモヘリカメムシの発生が斑点米率に影響していると考えられる。南小松の‘みずかがみ’を栽培した水田は、7月16日が出

穂期であり19日の調査でクモヘリカメムシ成虫が40頭、24日の調査では20頭、8月14日の調査では幼虫が10頭すくい取られている(図-3)。これに対し、南比良では、出穂期7月16日より前の7月8日にクモヘリカメムシ成虫が24頭すくい取られ、出穂期後の19日には66頭、24日には16頭、8月2日には幼虫が77頭、9日には51頭すくい取られた(図-5)。南小松に比べ南比良で、成虫、幼虫ともにクモヘリカメムシの個体数が多かったことが原因で、南比良で斑点米率が高くなったと考えられる。

おわりに

2016年から3年間、滋賀県の湖西地区と湖南地区の水田で捕虫網によるすくい取りを行い、斑点米カメムシの発消生長を調査した。斑点米を引き起こすカメムシは、ホソハリカメムシ、クモヘリカメムシ、イネカメムシの3種であり、ホソハリカメムシは常発し、クモヘリカメムシは年により発生状況は異なり、イネカメムシは発生に地域性があると考えられた。また、これらのカメムシの成虫はイネの出穂期を起点に水田に飛来侵入し、雌は産卵も行い、次世代の幼虫と新成虫が水田内で発生していることも明らかになった。

ホソハリカメムシは、滋賀県内に広く生息し(長谷川ら, 1979 a), 水田にはイネが出穂すると成虫が飛来し、イネの穂を吸汁するとともに産卵も行い、次世代幼虫も発生することが報告されている(長谷川ら, 1979 b)。今回の調査結果は、これらの報告と一致する。

クモヘリカメムシは、南小松における3年間の水田での調査で、2017年に発生が多く(図-3)、南比良(図-5)、石居(図-7)でも発生が多かった。長谷川ら(1979 a)は、クモヘリカメムシの滋賀県での発生は、山間や谷間の水田で認められるが、水田での生息密度はホソハリカメムシより低いと考えている。また、湯浅ら(2003)は、2001年に滋賀県湖東地区の水田で行ったすくい取り調査で、発生は認めているが捕獲頭数は少ないことを報告している。これらの報告から考えると、2017年に見られたクモヘリカメムシの水田における多発生は、突発的なものである可能性もあり、また、滋賀県で増加傾向にある可能性も否定できない。発生が多い水田では、斑点

表-2 ‘みずかがみ’を栽培した調査水田の斑点米率

調査場所	調査年	品種	玄米粒数	斑点米数	斑点米率 (%)
大津市南小松	2017	みずかがみ	13,820	33	0.24
大津市南比良			12,844	499	3.89

斑点米率の調査は、2017年に大津市南小松と南比良のすくい取り調査を行った‘みずかがみ’が栽培された水田で行った。

米被害も甚大になることから（表-2）、今後の発生動向に注意する必要がある。

イネカメムシは、1950年代までイネに斑点米被害を引き起こす重要害虫であったが、1960年代以降その発生は減少傾向となっている（大内，1964）。減少した要因として、戦後の強力な有機合成殺虫剤の使用、発生地域の水稻栽培の全面早期化等があげられ、全面早期化は幼虫や新成虫の餌不足を引き起こしていると考えられる（高井ら，1975）。小島・内田（1974）、長谷川ら（1979a）は、1970年代前半に滋賀県で行った調査で、水田周辺で認められる斑点米カメムシとしてイネカメムシをあげている。しかし、2000年以降、滋賀県での斑点米カメムシの調査に関する報告でイネカメムシについて記載したものは見当たらない（田中，2000；湯浅・中野，2001；寺本，2003；湯浅ら，2003）。一方、2000年以降、茨城県、三重県、京都府、山口県等で本種の発生が増加傾向にあることが報告されており（樋口，2019）、今回、2017年に行った湖南地区石居の水田での調査でも、出穂期以降イネカメムシ成虫の発生と次世代幼虫、成虫の発生が確認された（図-7）。イネカメムシの発生生態には不明な点が多く、報告例も少ない。しかし、イネカメムシ1頭当たりの加害量はホソハリカメムシより大きいということが報告されている（小島・内田，1974）。滋賀県ではまだ局所的に発生している状況だと考えられるが、今後の発生状況を注視するとともに、生活史に関す

る特性なども明らかにしていく必要がある。

今回、湖西・湖南地区の水田で行った調査で、トゲシラホシカメムシ、カスミカメムシ類のアカヒゲホソミドリカスミカメ、アカスジカスミカメの発生は少なかった（データ略）。

トゲシラホシカメムシは、畦畔で高密度になり水稻が出穂すると水田に侵入すると考えられ（小島・内田，1974）、水田畦畔では密度が高くて、水田内では密度が低い例も報告されている（長谷川ら，1979a）。今回の調査では、水田畦畔でのすくい取りも行っているが、トゲシラホシカメムシはほとんど捕獲されなかった。また、滋賀県で1992年ころから発生が見られ、急激に発生量が増加傾向にあるカスミカメムシ類についても（田中，2000）、その発生動向は、年、地域により変化する可能性は非常に高いと考えられ、これらの斑点米カメムシについても発生状況について注意する必要がある。

引用文献

- 1) 長谷川美克ら（1979a）：滋賀農試験研報 21：27～32.
- 2) ————ら（1979b）：同上 21：33～38.
- 3) 樋口博也（2019）：植物防疫 73(6)：392～395.
- 4) 小島秀治郎・内田康雄（1974）：滋賀農試研報 16：34～41.
- 5) 大内 実（1964）：Rostria 10：41～42.
- 6) 高井 昭ら（1975）：茨城農試研報 16：43～58.
- 7) 田中 豊（2000）：関西病虫研報 42：37～38.
- 8) 寺本憲之（2003）：滋賀農総セ農試研報 43：47～70.
- 9) 湯浅和宏・中野 学（2001）：関西病虫研報 43：61～62.
- 10) ————ら（2003）：滋賀農総セ農試研報 43：71～88.

登録が失効した農薬（2019.12.1～12.31）

掲載は、**種類名**，登録番号：**商品名**（製造者又は輸入者）登録失効年月日。

「殺虫剤」

● BPMC 乳剤

23358：協友バッサ乳剤（協友アグリ）19/12/11

● ビリミホスメチル乳剤

21914：日農アクテリック乳剤（日本農薬）19/12/23

「殺菌剤」

● フサライド・フルトラニル粉剤

19245：モンラブ F 粉剤 DL（日本農薬）19/12/23

● フェノキサニル水和剤

20529：アチーブフロアブル（日本農薬）19/12/23

● フェノキサニル・フルトラニル粉剤

20531：アチーブモンカット F 粉剤 DL（日本農薬）

19/12/23

● フェノキサニル粒剤

20660：アチーブ粒剤 7（日本農薬）19/12/23

● アゾキシストロビン・フェノキサニル粉剤

22177：アミスターアチーブ粉剤 DL（日本農薬）19/12/23

（25 ページに続く）



バレイショのそうか病対策のための 土壌酸性簡易診断手法

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

くぼ てる ひで お
久保寺 秀 夫

はじめに

バレイショのそうか病は放線菌による土壌病害で、発病すると塊茎表面に病斑が発生し商品価値を大きく損なう（図-1）。そうか病は酸性土壌で発生が抑制されるため、バレイショ畑（特に輪作を行っていない場合）の土壌は、石灰の不施用などによって酸性に傾いている場合が多い。しかし土壌の酸性が強くなりすぎると生育障害が発生するため、バレイショ畑では病害抑制と生育障害回避を両立させる適正な土壌酸性の維持が重要である。

I 土壌の酸性について

土壌の酸性は雨量と密接な関係を持つ。雨水は空気中の二酸化炭素を溶解し酸性を示すため、雨量が多い地域では土壌中の塩基が溶脱され、土壌は酸性に傾く。日本は国土のすべてが湿潤気候なので土壌は酸性化する傾向にあり、アルカリ性の土壌は南西諸島に見られる泥灰岩が母材の陸成未熟土（現地名「ジャーガル」）や琉球石灰岩上で生成した暗赤色土（現地名「島尻マーシ」）といったカルシウムに富む特殊土壌に限られる。降雨の影響に加えて、農耕地では硫酸など生理的酸性肥料が施用

された場合に土壌の酸性化が促進される。特に茶は酸性土壌を好み、旨みを増すために窒素の多施用が行われるため、茶園の土壌は強酸性を示す場合が多い。

土壌を構成する粘土や腐植は基本的に負（マイナス）の荷電を持ち、カルシウムやマグネシウムといった塩基はこの負荷電に保持されている。溶脱によりカルシウムなどが減少すると、その代わりに土壌中の鉱物から生成したアルミニウムイオンが負荷電に保持されるようになる。アルミニウムイオンは溶液中では酸としてふるまう。また植物や微生物に対する毒性を持ち、酸性土壌における作物生育阻害やそうか病の抑制効果の主因は酸性そのものではなくアルミニウムイオンである。つまり農耕地土壌の管理を考えるうえで、アルミニウムイオンは土壌酸性の本質と言える。

II 交換酸度 y_1 とその代替手法 pH (KCl)

土壌のアルミニウムイオン量の評価方法として、塩化カリウム (KCl) 溶液によって抽出されるアルミニウムを滴定で測定する「交換酸度 y_1 」が用いられてきた。 y_1 はそうか病の抑制（志賀・鈴木, 2005）や作物の生育阻害（SAIGUSA et al., 1980）と密接な関係を持ち、そうか病対策のうえで優れた指標である。しかし y_1 の測定には化学分析の技術と器具、劇物、多大な時間と労力を要する（図-2）ため、現場で利用しにくいことが問題となっていた。

筆者らは、土壌の塩化カリウム抽出液の pH である「pH (KCl)」と y_1 の間に極めて密接な関係（図-3）があることを明らかにした（久保寺ら, 2014）。これは、バレイショ畑の土壌酸性の指標として y_1 の代わりに pH (KCl) を使用できる可能性を示唆している。pH (KCl) の測定は y_1 に比べてはるかに簡易であり、分析機器は pH 計だけでよく、劇物も不要である（図-2）。

そこで、pH (KCl) を指標とした土壌酸性管理技術を実用化するため、①化学分析を専門としない者による測定や、畑での現場測定も行えるように pH (KCl) 測定法の徹底的な簡易化、② pH (KCl) とそうか病発病度の関係を解明し、pH (KCl) 基準値など土壌酸性管理の考え方の

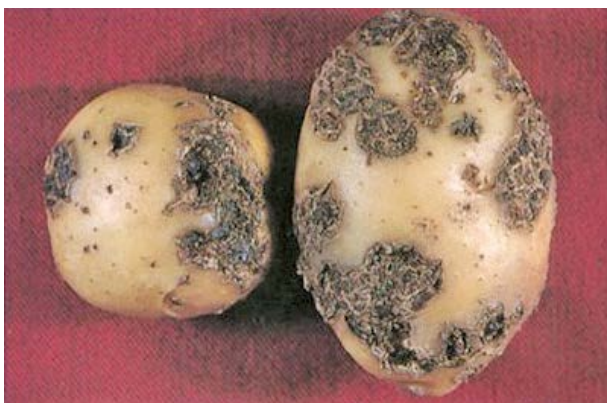


図-1 そうか病に罹病したバレイショ
(長崎県農林技術開発センター提供)

A Simple and Rapid Method of Soil Acidity Measurement for the Control of Potato Scab. By Hideo KUBOTERA
(キーワード: バレイショ, そうか病, 土壌酸性, pH, 簡易診断)

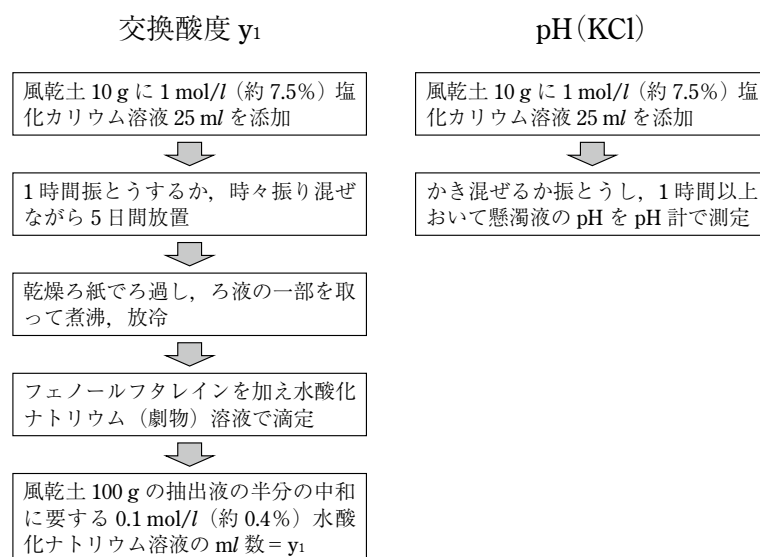
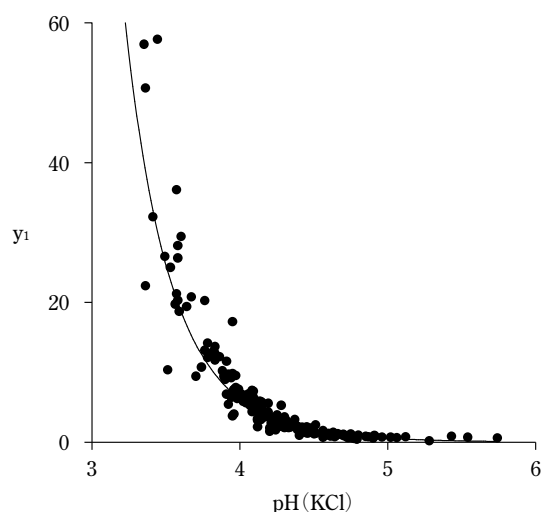
図-2 交換酸度 y_1 (左) と pH(KCl) (右) の測定法図-3 土壌の pH(KCl) と交換酸度 y_1 の密接な関係

図-4 収穫作業と同時に行った土壌 pH(KCl) の現場測定 (長崎県雲仙市)

提示を行った。本稿ではその成果の概要を紹介したい。

III pH(KCl) 測定法の徹底的な簡易化

土壌の pH は、土と抽出液を 1:2.5 の割合で混合し 1 時間以上おいた後の懸濁液で測定する。土壌診断で広く用いられるのは純水を抽出液に用いた pH(H_2O)で、バレイショでの診断基準値は 5.5~6.0 程度だが後述のようにこれを下回る (酸性が強い) 畑も多い。pH(KCl) は抽出液に y_1 測定と同じ 1 mol l^{-1} (約 7.5%) の KCl 溶液を使って測定する。土壌の負荷電に保持されているアルミニウムイオンがカリウムと交換されて液中に遊離し、酸としてふるまうため pH(KCl) は pH(H_2O) に比べて 0.5~1 程度低い (酸性側) 値が出る。

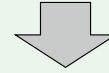
pH(KCl) の測定はもともと化学分析としては簡単な方

法だが、測定操作をさらに徹底的に簡易化した (アバウトに行った) 場合の測定精度を調べた。その結果、土壌や KCl 溶液の量、濃度、待ち時間等は正式な実験法から多少ずれても測定値にあまり影響せず、操作を大雑把に手早く行っても問題ないことがわかった (表-1)。また pH(KCl) は土壌を風乾して 2 mm 以下に篩別した試料を測定するのが定法だが、圃場で採取した生土をそのまま測定 (図-4) しても風乾細土と同じ値が得られた。一方、塩化カリウム溶液の温度は測定値に比較的影響するため、測定時の温度は 15℃ から 35℃ の範囲に保つ必要がある。これらの結果を踏まえた簡易測定法 (図-5) で得られる値は、実験室での精確な測定値 ± 0.1 以内におさまる (図-6)。

表-1 pH (KCl) の測定で許容される条件^{a)}の範囲と簡易測定手順

	定法	簡易法 ^{b)} (許容範囲)
供試土壌	風乾細土	風乾細土か生土
固液比	1:2.5	1:1.5~1:5
KCl 溶液濃度	1 mol/l	0.7~1.3 mol/l
KCl 溶液の pH	7.0 に調整 ^{c)}	調整しない
混合から測定までの時間	60 分以上	10 分以上
溶液の温度	25℃ ^{d)}	15~35℃ ^{e)}
pH 計の機種	理化学用	理化学用が望ましい ^{f)}
希釈, 洗浄用の水	実験用脱塩水	薬局販売の精製水

生土または風乾土と約 1 mol/l KCl 溶液^{g)}をねじふた付き容器に固液比およそ 1:2.5 で採取



手で 20 秒間振り混ぜ、10 分後以降に pH 測定

^{a)} 定法 ± 0.1 以内の測定値を得るための条件.

^{b)} 使用する器具は調理用の秤や計量カップ、焼酎飲み切りペットボトル等家庭用品で十分である.

^{c)} 実験書によってはこの指示があり、pH 調整のため劇物の水酸化カリウムが必要になる.

^{d)} 実験法には決まりがないが、実験室の室温は通常この程度.

^{e)} 測定値への影響が比較的大きいため注意が必要.

^{f)} 一般向けの安価な機種の場合は小数二桁表示のものをを選び、室内で正確に較正して測定する.

^{g)} 通販で購入できる 3.3 mol/l KCl 溶液 500 ml (比較電極内部液として販売) と精製水 1,150 ml を混合する.

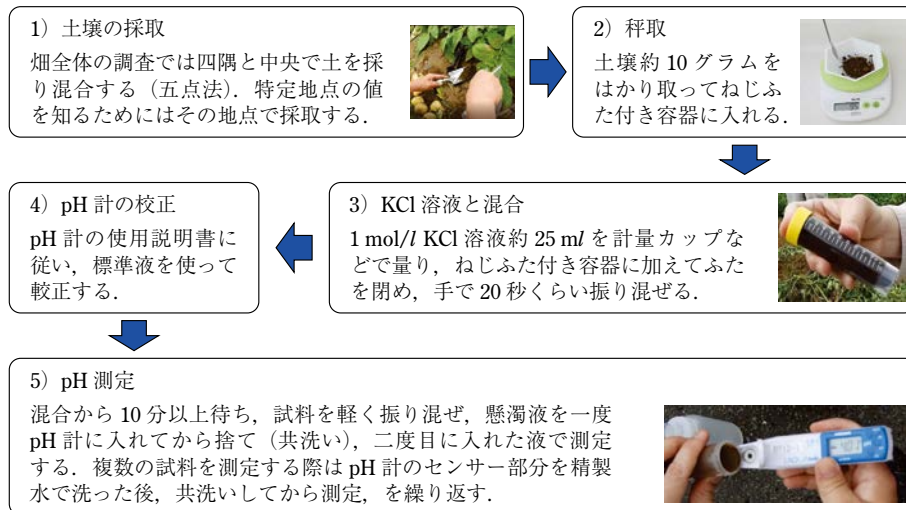


図-5 土壌の pH (KCl) を現場で簡易測定する場合の手順

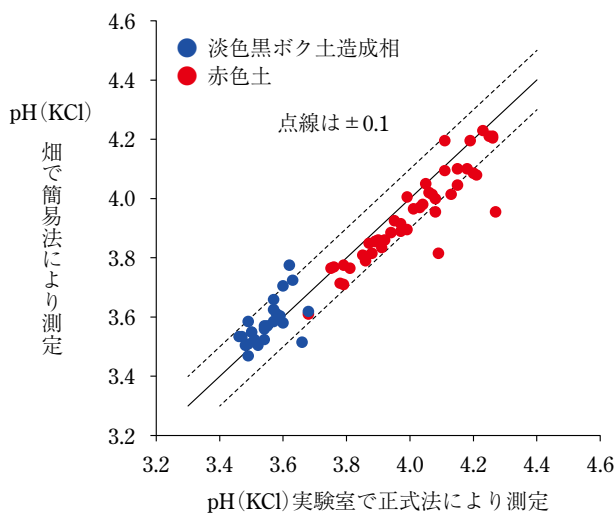


図-6 正式測定法と簡易測定法の pH (KCl) 値の比較

農業改良普及センターや土壌分析機関がこの方法を採用した場合、測定に要する時間と労力を大幅に軽減できる。また使用する器具や試薬はすべて通信販売などで購入でき、生産者が自らこの簡易法を用いて土壌の酸性を測定することも可能である。pH 計は、精度や使いやすさの面で理化学用の携帯型 (通信販売で 2 万数千円) が望ましいが、室内でいいいに測定する場合は熱帯魚飼育などの用途で販売されている一般向け機種 (数千円) も使用できる。この場合は必ず電極を液にひたして測るタイプで (地面に突き刺して測るタイプは不可)、またデジタルで小数二桁まで表示される機種を選ぶ。pH 計さえ準備すれば、他の消耗品などに要する費用は測定 1 点当たり 50 円程度である。KCl 溶液は比較電極用 3.3 mol l^{-1} の 500 ml ビンを 2 千円程度で通販で購入でき、これを薬局で販売されている精製水 (500 ml ビンが 100 円程度) 1,150 ml

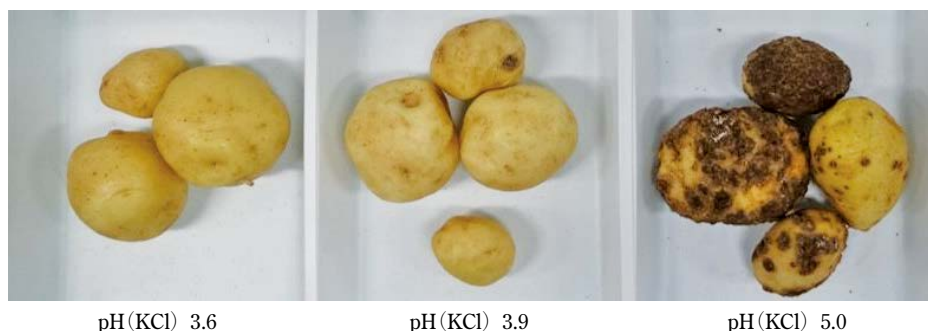


図-7 pH(KCl)とそうか病発病の関係 (鹿児島県農業開発総合センター提供)

で希釈して用いる。試料の秤取に使う秤や紙皿、計量カップ等は台所用品でよく、抽出に使うねじふた付き容器は焼酎の飲みきりペットボトルなどでも代用できる。

IV そうか病対策のための土壤酸性管理

pH(KCl)とそうか病の発病度には密接な関係が見られ、pH(KCl)が高くなると発病が促進された(図-7)。現地調査や栽培試験の結果を踏まえ、長崎県と鹿児島県のバレイショ産地(後述の大隅地域を除く)ではpH(KCl)の基準値として3.8ないし4.0の値が示された。pH(KCl)が基準値より低い(酸性が強い)場合は、石灰などアルカリ性の資材を施用し酸性を弱める対策が求められる。基準値より高い(酸性が弱い)場合は、アルカリ資材の施用を控えてpHが自然に下がるのを待つことが基本だが、硫酸第一鉄など酸性の資材を使ってpH(KCl)を下げる方法もある。

北海道十勝地域のように輪作にバレイショを組み込んでいる産地では、後作への影響の面から土壤の酸性をあまり強めることはできない。また鹿児島県大隅地域などに分布する、火山灰を母材とし腐植に富むアロフェン質黒ボク土は一般に酸性があまり強くならず、pH(H₂O)が下がった場合でもアルミニウムイオンの増加(pH(KCl)の低下、y₁の上昇)は生じにくい。さらに、そうか病菌の菌種別に見ると *Streptomyces scabiei* と *S. turgidiscabies* は pH(KCl)の低下により発病が抑制されたが、*S. acidiscabies* は pH(KCl)が4以下でも高い発病度を示した(白尾ら, 2018)。これらの作型、土壌、菌種に対しては、耐病性品種の導入や生育初期のかん水等土壤酸性以外の対策が必要である。ただしこれらの場合も、土壌が極端な酸性またはアルカリ性に傾いていないかの判断にはpH(KCl)簡易測定を利用できる。

日本の農耕地は前述のように、雨の多さや化学肥料の施用により土壌が酸性化しやすい条件にある。特に九州のバレイショ産地では、そうか病を警戒して石灰や堆肥等土壌pHを上げる資材の使用が避けられることが多

く、多雨気候の影響もありpH(KCl)で3.0前後など極端に酸性化した土壌が散見される。このような強酸性化は作物の生育に悪影響を及ぼすだけでなく、土壌の骨格である粘土鉱物の変質につながる恐れがある。pH(KCl)簡易測定法を適正な土壤酸性管理に活用していただき、バレイショの安定生産と土壌の健全性維持の一助としていただければ幸いである。

おわりに

以上は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「バレイショのそうか病対策のための土壌酸度の簡易評価手法の確立と現場導入」の成果である。この研究課題は農研機構と北海道・長崎県・鹿児島県の公設農業試験研究機関と普及組織および十勝農業協同組合連合会が担当し、バレイショ産地の生産者や普及指導担当者等多くの方々の協力のもと実施された。

測定や土壌管理についてさらに詳しく述べた技術マニュアル(農研機構, 2018)や、成果を簡潔にまとめた普及成果情報(久保寺ら, 2018)を農研機構のWebサイトに掲載している。技術マニュアルには、一筆の畑の中でのpH(KCl)のばらつきの様子、pH(KCl)とy₁の精密な換算法などの参考情報も盛り込まれている。また現場でのpH(KCl)測定の様子を「ジャガイモそうか病pH測定法」の題でYouTubeで公開している。

引用文献

- 1) 久保寺秀夫ら (2014): 土肥誌 85: 48~51.
- 2) ————ら (2018): バレイショのそうか病対策のための土壌酸性の簡易迅速診断手法, 普及成果情報, https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/4th_laboratory/karc/2017/17_086.html
- 3) 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 (2018): バレイショ畑の土壌酸性管理のためのpH(KCl)簡易測定法(技術マニュアル), 農研機構, つくば, 12 pp.
- 4) SAIGUSA, M. et al. (1980): Soil Sci. 130: 242~250.
- 5) 志賀弘行・鈴木慶次郎 (2005): 植物防疫 59: 215~217.
- 6) 白尾 吏ら (2018): ジャガイモそうか病の菌種別の土壌pH(KCl)と発病との関係, 研究成果情報, http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/karc/prefectural_results/files/29_8_04.pdf



アブラナ科野菜根こぶ病における 省スペースで実施可能な生物検定法

宮城県農業・園芸総合研究所

いたばし 板橋 建・大坂 正明・瀬尾 直美*・
おおば 大場 淳司・千葉 直樹

はじめに

アブラナ科野菜の根こぶ病は、絶対寄生菌である *Plasmodiophora brassicae* によって引き起こされる土壤病害であり、キャベツやハクサイ、ブロッコリー等の生産において大きな問題となっている。本病は土壤病害であることから、発病した場合に栽培期間中の対処は難しい。このことから、作付け前に圃場における根こぶ病の発病リスクを推定し、対策を講じる必要がある。

現場レベルにおいて作付け前の段階で発病リスクを推定するためには、前作での栽培期間中において、晴天時の根こぶ病によるしおれ程度や生育不揃い等の地上部の状況を観察することや、栽培後の根部観察による発病程度の調査が一つの指標となる。一方で、輪作後などで前作の発病程度が不明な場合には、それを補うために生物検定法が利用される。生物検定法は結果を得るまでに期間がかかるが、栽培前に容易に発病リスクを推定できる手法である。また、生物検定法は根こぶ病の発生状況を直接確認することから、指導機関や生産現場において直感的にも捉えやすいと考えられる。根こぶ病の生物検定法については、簡易な方法としてセルトレイ底面給液法が考案されており(吉本・前田, 2001)、少量の土壤で多検体を省力的に検定することができる。しかしながら、筆者らが根こぶ病対策の現地試験を実施するにあたり、農業改良普及センターにおいてもセルトレイ底面給液法による生物検定を実施できないかと相談したところ、実験温室などを有していないため実施場所の確保が難しく、数点程度でも省スペースで実施できる方法がないかとの要望をいただいた。そこで本稿では、このようなケースでも比較的容易に実施できる根こぶ病生物検定法について検討し、ペットボトルを加工した検定装置による

生物検定方法を考案したので紹介したい。

I 検定装置の概要と特徴

本稿で紹介する手法(以下「本法」という。)は、セルトレイ底面給液法の原理にならい、主にサンプル数が少ない場合に室内などの省スペースで実施することと、検定の際に農業資材を使用せずに比較的手に入りやすい物品で実施できることを念頭において考案した。そのため、実施環境としては育苗施設などの栽培施設のみならず、室内においては小型の人工気象器、季節や環境によっては日当たりのよい室内の窓際などで実施できることを考慮していることが特徴として挙げられる。

II 検定装置の材料および作製方法

使用する材料および検定装置の作製方法は以下の通りである(図-1)。なお、装置の作製や土壤の調製に要する道具等は除いている。

1 材料

(1) よく洗浄した容量 500 ml 程度のペットボトル。ペットボトルの形状等については、図-1A のように持ち手部分に面があるものが使用しやすい。柔らかいものや上部と下部で同サイズのものは、加工が難しいこと、設置した際に不安定であることから避ける。

(2) 30 cm 角のガーゼ 2 枚。1 枚は底面給水用として用い、もう 1 枚は土の落下防止用として使用する。

2 装置の作製および検定の手順

装置の作製および土壤の充てんは図-1 の通りである。検定は作製した装置を用いて検定植物を育苗する要領で行う。

(1) ペットボトルの上部 1/3 程度の位置を目安とし、プラスチック用のこぎりなどで切断する。

(2) ガーゼ 2 枚のうち、1 枚はひも状にして中央で結び、もう 1 枚は 5 cm 角程度に折りたたむ(図-1B)。1 枚目のガーゼを結ぶ際、結び目を堅くすると結び目が小さくなり設置した際にペットボトルの口から抜けるため、緩めに結ぶ。

Space-Saving Bioassay Methods for Clubroot Disease in Crucifers.
By Takeru ITABASHI, Masaaki OSAKA, Naomi SEO, Atsushi OBA and Naoki CHIBA

(キーワード: アブラナ科, 根こぶ病, 発病リスク, 生物検定)

*現所属: 宮城県産業技術総合センター



図-1 生物検定装置の作製手順

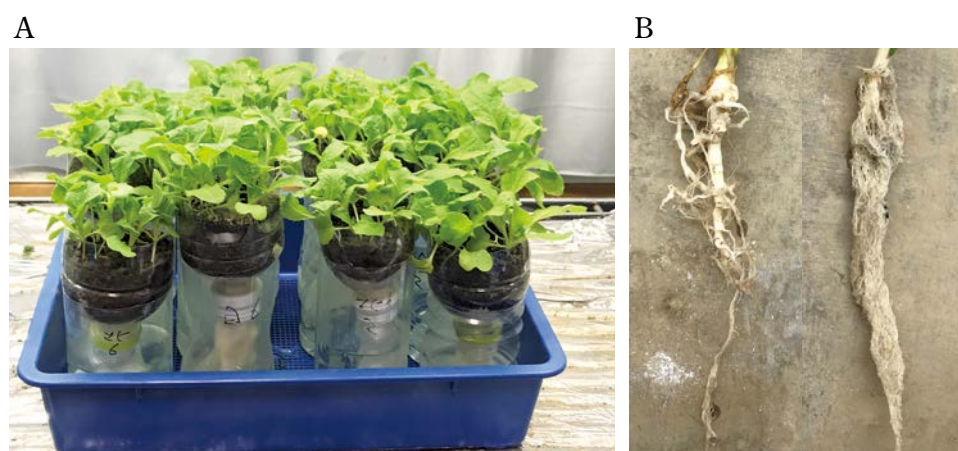


図-2 本法による生物検定の実施状況と発病状況

A: 本法での播種 30 日後の生育状況.

B: 根こぶ病の発生状況 左個体 根こぶあり, 右個体 根こぶなし.

(25℃ 16 時間照明下で実施)

(3) 切ったペットボトルの上部を逆さにしてペットボトル下部に乗せる。

(4) 中央を結んだガーゼの両端をペットボトル上部の内側から口に通し, 結び目が口に引っかかるように設置する。

(5) 5 cm 角に折りたたんだガーゼを④の上に敷き, 土を入れた際に土が下に落ちないようにする。

(6) 検定土 (砕土してよく混合した後, 5 mm 目合

いのふるいを通したもの) を 3~5 cm 程度の深さになるように充てんする。ペットボトルの下部を水受けとして底面給水する。水位は土壌の位置よりも下にする。

(7) 検定植物を播種し, 軽く覆土する。装置は温度や光条件等作物の育苗に準じた環境に設置する。給水は土が充てんされている上部を持ち上げ, 水受けとしたペットボトル下部に行く。発芽後 10 株に整理し, 播種 30 日から 40 日後に苗をペットボトルから取り出して根を

よく洗い、根こぶ病の発生の有無を調査する（図-2）。

3 実施するうえでのポイント

本法はペットボトルを加工した資材を用いて植物を発芽させ、栽培を行うことで根こぶ病の発生を確認する方法である。このことから、植物の生育に適した環境を整えることがポイントとなる。以下にいくつか注意点などを記すが、光や温度等の環境の確認のため、検定実施予定場所で栽培の予備試験を実施しておくことを推奨する。

（1）粒子が細かく気相が少ない土では、発芽不良や発根が不十分となりやすい。そのため、1~2 mm 程度のふるいである程度微粒を除くなど、一定程度の気相を確保するようにする。同様の観点から、土を充てんした後上から土を押しつぶさないようにする。

（2）土壌の肥料成分が少ない場合、生育不良となり判定が難しくなることがある。このことから、最初の給水で液肥を用いるなどの工夫が必要となる。ただし、液肥を入れた場合には水受け部に藻などの微生物の増殖が見られることがあるため、これらが著しくなる前に定期的に水の入れ替えを行う。

（3）短日条件下では根こぶ病の発生が抑制される（池上，1992）。このことから、短日条件下では補光し、長日条件下での試験環境を確保する。

（4）水管理は、発芽から本葉が展開するまでは十分に給水するようにする。それ以降は発根を促すため水位をやや低めに設定し、水が切れない程度で管理する。給水や水の入れ替え等の水管理の際、土が入ったペットボトル上部を持ち上げるため、片手が塞がることから、ペットボトル上部の一時仮置き場とするために余分にペットボトル下部を準備しておくとし操作しやすい。

（5）使用した器具を再利用する場合、よく洗浄し、ハイターなどで殺菌してから使用する。廃棄する場合はよく洗浄し、ペットボトルと同様に各自治体の定める方法により廃棄する。

III セルトレイ底面給液法との比較

本装置を用いた生物検定法の有効性を確認するため、上記 II 章の装置を用いた根こぶ病の生物検定と、既報のセルトレイ底面給液法を実施し、発病の有無と発病程度について比較した。

1 材料および方法

（1）供試土および試験区の設定

供試土には、園芸培土（ニッピ園芸培土 1 号：日本肥糧株式会社）および宮城県農業・園芸総合研究所内の露地圃場の土壌をオートクレーブ滅菌し、5 mm 目合いのふるいに通したものをを用いた。これらの土に、根こぶ病

に対して登録のある 2 粉剤（粉剤 A および粉剤 B）を土 1 kg 当たり 300 mg 添加し混和したもの、てんろ石灰（ミネックス株式会社）で pH7.5 程度に矯正したものを準備した。すなわち、2 種類の土（園芸培土区および圃場土壌区）で各 4 区（無処理区、粉剤 A 区、粉剤 B 区およびてんろ石灰区）の合計 8 区を設けた。

（2）汚染土の調製

汚染土の調製は、（独）農業技術研究機構東北農業研究センター 編（2003）に従った。接種用根こぶ病菌休眠胞子は、宮城県農業・園芸総合研究所内で発生したキャベツ由来の根こぶ病罹病根から調製した。（1）で作製した各処理区の土に乾土 1 g 当たり根こぶ病菌休眠胞子密度がそれぞれ 1×10^3 , 1×10^4 , 1×10^5 , 1×10^6 となるように接種して根こぶ病菌汚染土を調製し、以降の実験に供試した。

（3）発病調査

本法とセルトレイ底面給液法の資材を設置し、各汚染土を充てんした後、検定植物としてハクサイ（品種：‘無双’）を播種した。給水は、圃場由来の土を用いた区では最初の給水でハイポネックス原液（ハイポネックスジャパン）の 1,000 倍溶液を用い、以降の給水には水道水を用いた。園芸培土の区では最初の給水から水道水を用いた。各区の供試株数は、本法では 1 装置 10 株、セルトレイ底面給液法では 1 セル当たり 5 株として 5 セル（合計 25 株）とした。検定植物を播種後、25℃、16 時間日長（蛍光灯照明）の室内環境下に設置し、適宜給水などの管理を行った。播種 30 日後、根を洗浄して発病の有無を調査するとともに発病の程度を観察し、0 から 3 の指数（0：根こぶなし、1：側根に根こぶあり、2：主根の 50% 未満に根こぶあり、3：主根の 50% 以上に根こぶあり）に分類した。発病程度から発病度（ Σ （発病程度別株数 × 指数）/（調査株数 × 3）× 100）を算出し、発病度から DRC（Dose-Response Curve）（MURAKAMI et al., 2002 a）を作成して本法とセルトレイ底面給液法とを比較した。

2 実施結果の比較

本法とセルトレイ底面給液法による発病株数を表-1 に、作成した DRC を図-3 にそれぞれ示した。無処理区ではどちらの検定手法でも菌密度が 1×10^3 個/g 乾土から発病が認められ、菌密度の上昇に伴い発病株数が多くなった（表-1）。発病度について見た場合も、菌密度の上昇に伴い発病度が高くなった（図-3A, B）。DRC の傾きについてみると、園芸培土区では両手法ともほぼ同様の傾向を示したが（図-3A）、圃場土壌区ではセルトレイ底面給液法でやや傾きが大きかった（図-3B）。次に粉剤 A 区、粉剤 B 区およびてんろ石灰区では、無処理区と

表-1 各試験区および菌密度における本法とセルトレイ底面給液法による根こぶ病発病株数

手法	使用土	菌密度 (個/g 乾土)	土壌処理			
			無処理	粉剤 A	粉剤 B	てんろ石灰
本法	園芸培土	1×10^3	2/10 ^z	0/10	0/10	0/10
		1×10^4	10/10	0/10	4/10	1/10
		1×10^5	10/10	0/10	3/10	5/10
		1×10^6	10/10	1/10	8/10	4/10
	圃場土壌	1×10^3	1/10	0/10	0/10	0/10
		1×10^4	2/10	0/10	0/10	0/10
		1×10^5	4/10	0/10	1/10	0/10
		1×10^6	7/10	0/10	3/10	0/10
セルトレイ 底面給液法	園芸培土	1×10^3	3/25	1/25	1/25	0/25
		1×10^4	11/25	2/25	2/25	1/25
		1×10^5	25/25	1/25	3/25	3/25
		1×10^6	25/25	4/25	16/25	5/25
	圃場土壌	1×10^3	1/25	0/25	0/25	0/25
		1×10^4	19/25	1/25	1/25	0/25
		1×10^5	19/25	2/25	3/25	1/25
		1×10^6	25/25	2/25	7/25	1/25

^z 発病株数/調査株数.

比較して発病が顕著に抑制されたが^z、菌密度の高い区ではその効果が低下する場合も認められた。また、粉剤 B およびてんろ石灰区では土の種類による差が両手法で見られ、園芸培土区のほうが圃場土壌区よりも発病株数が多い傾向が見られた（表-1）。これら粉剤などの処理がある区の DRC についてみると、それぞれの土で無処理区と比較して発病度は低く推移し、これらの処理が根こぶ病の発病を抑制する傾向が認められた（図-3C~H）。これらのことから、本法はセルトレイ底面給液法と同様の発病傾向を示すと考えられた。

お わ り に

一度根こぶ病により大きな被害を経験した生産者の中には、予防のために毎作粉剤の土壌混和を行い、根こぶ病のリスクが低い圃場においても保険として農薬を使用している例が見受けられる。逆に、一度根こぶ病が治まったため対策をせずに栽培したところ根こぶ病が再発することや、新たにアブラナ科野菜の生産に取り組み始めた生産者が特に根こぶ病の対策を行わずに連作したところ、数年後に急に根こぶ病による被害を受ける例も見受けられる。これらのことは、生産者の利益の最大化に向けて克服すべき問題である。根こぶ病の発病要因については、これまで数多くの研究がなされている。病原である休眠胞子の密度が高くなると防除対策の効果が劣り、発病リスクが高くなること、発病リスクを左右する要因として、品種の抵抗性と菌のレースとの組合せ、土壌化学性や物

理性等の環境要因等、複数の要因が関与することが知られている（岩間ら，1994；田中ら，1998；MURAKAMI et al., 2002 a；2002 b；村上ら，2004 a；2004 b）。近年、根こぶ病をはじめとした作付け後の防除が難しい土壌病害の対策については、「健康診断に基づく土壌病害管理（ヘソディム）」の考え方が提唱され、根こぶ病についても事例が記載されたマニュアルが作成されている（（独）農業環境技術研究所 編，2013）。ヘソディムは、前作の発病度や生物検定の結果と、土壌中の病原菌密度や土壌の物理化学性等の発病に関与する要因を調査して根こぶ病の発病リスクを推定し、根こぶ病に対して過大・過小とにならないような対策を講じることで生産者の利益を最大化することを目指すものであり、今なお研究機関などで診断・対策・評価の繰り返しによる精度の向上が進んでいる。また、最近では前作の発病程度などの問診を添えて土壌を送付することで根こぶ病の発病ポテンシャル診断を行う民間受託サービスもあり、根こぶ病に対する診断・対策ツールも整いつつある。これらのことから、作付け前の発病リスクの推定は根こぶ病対策として重要であり、生物検定法は指導機関や現場段階でも発病リスクを推定できる手法として重要であると考えられる。本稿に記載した方法は、そのような生物検定を省スペースで少し環境を整える程度で室内でも実施できる手法として考案したものである。実験温室をもたない指導機関や、生産現場、特に育苗施設に汚染源となり得る圃場の土壌を持ち込みたくないという場合などに実施できる手

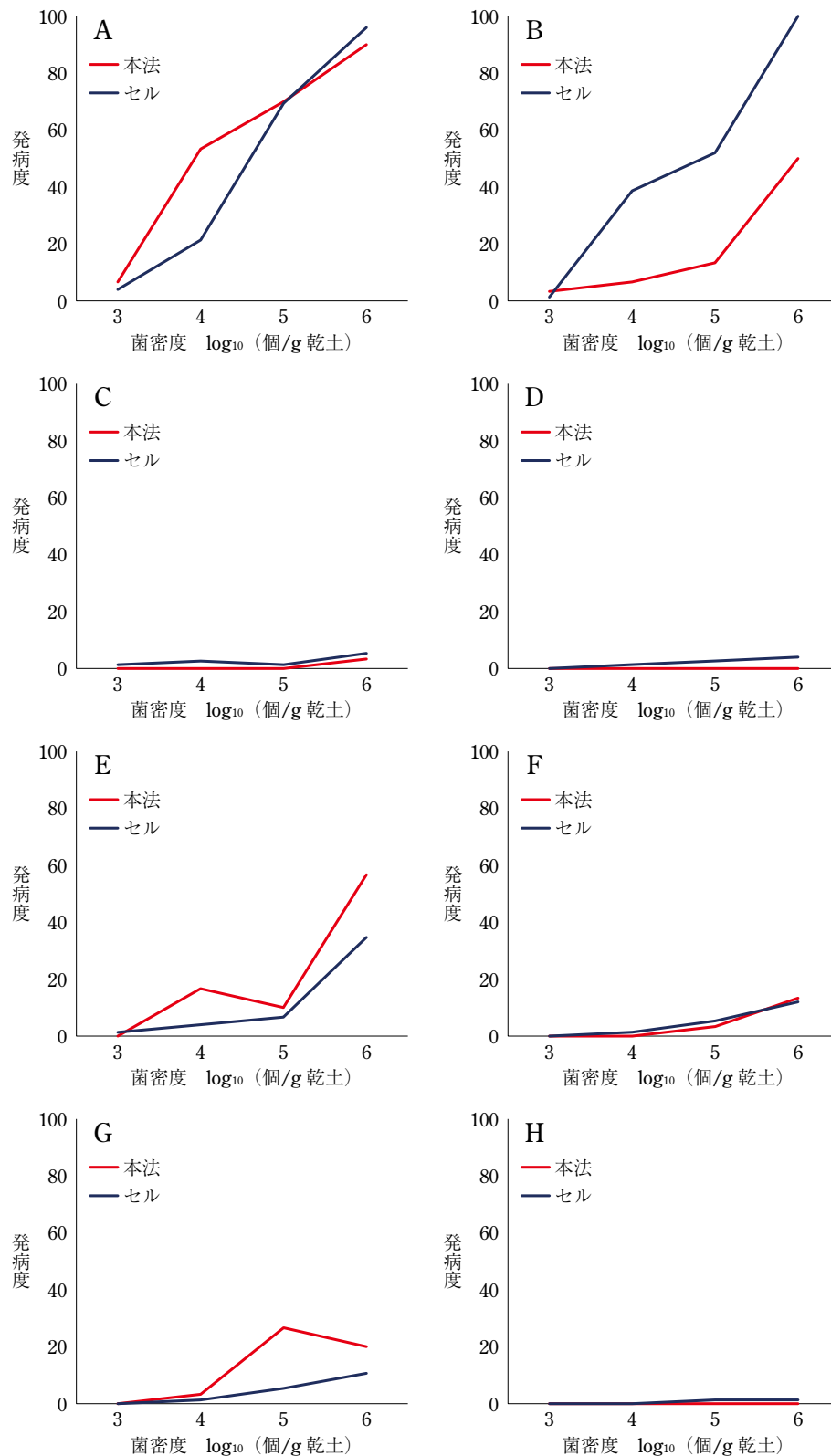


図-3 各試験区における本法およびセルトレイ底面給液法の Dose-Response Curve の比較
 A: 無処理区園芸培土, B: 無処理区圃場土壌, C: 粉剤 A 園芸培土, D: 粉剤 A 圃場土壌,
 E: 粉剤 B 園芸培土, F: 粉剤 B 圃場土壌, G: てんろ石灰園芸培土, H: てんろ石灰圃場土壌.
 * 凡例の「セル」はセルトレイ底面給液法を示す.

法として本法が活用されれば幸いである。

引用文献

- 1) 独立行政法人農業技術研究機構東北農業研究センター 編 (2003): アブラナ科野菜根こぶ病総合防除マニュアル, 38 pp.
- 2) 独立研究開発法人農業環境技術研究所 編 (2013): 健康診断に基づく土壌病害管理 ヘソディム 指導者向けマニュアル, 122 pp.
- 3) 池上八郎 (1992): 土と微生物 **39**: 1~10.
- 4) 岩間秀矩ら (1994): 土壌の物理性 **70**: 29~36.
- 5) MURAKAMI, H. et al. (2002 a): Soil Sci. Plant Nutr. **48**(3): 421~427.
- 6) ——— et al. (2002 b): ibid. **48**(5): 685~691.
- 7) 村上圭一ら (2004 a): 日本土壌肥料学会誌 **75**(3): 339~345.
- 8) ———ら (2004 b): 同上 **75**(4): 453~457.
- 9) 田中秀平ら (1998): 九州病害虫研究会報 **44**: 15~19.
- 10) 吉本 均・前田和也 (2001): 和歌山県農林水産総合技術センター研究報告 **2**: 143~148.

(登録が失効した農薬 15 ページからの続き)

「殺虫殺菌剤」

- クロチアニジン・ピロキロン粒剤
22110: コラトップダントツ 1 キロ粒剤 (協友アグリ) 19/12/11
- クロチアニジン・メトキシフェノジド・トリシクラゾール・バリダマイシン・フェリムゾン粉剤
22657: キクゾー粉剤 DL (協友アグリ) 19/12/11
- ブプロフェジン・イソプロチオラン・フラメトピル粒剤
19391: フジワンアプロードリンバー粒剤 (日本農薬) 19/12/23
- エトフェンプロックス・フェノキサニル・フルトラニル粉剤
20532: アチーブモンカットトレボン F 粉剤 DL (日本農薬) 19/12/23
- エトフェンプロックス・フェノキサニル粉剤
20544: アチーブトレボン粉剤 DL (日本農薬) 19/12/23
- ブプロフェジン・フェノキサニル・フルトラニル粉剤
20663: アチーブアプロードモンカット F 粉剤 DL (日本農薬) 19/12/23
- ジノテフラン・フェノキサニル粉剤
21024: アチーブスタークル粉剤 DL (日本農薬) 19/12/23
- カルタップ・ブプロフェジン・フルトラニル粒剤
22444: アプロードパダンモンカット粒剤 (日本農薬) 19/12/23
- ジノテフラン・チアジニル粒剤
22545: 日農アプライスタークル粒剤 (日本農薬) 19/12/23
- クロラントラニリプロール・ジノテフラン・チアジニル粒剤
22994: ブイゲットフェルテラスタークル L 粒剤 (日本農薬) 19/12/23

「除草剤」

- シメトリン・ACN・MCPB 粒剤
15482: モゲブロン粒剤 (アグロ カネショウ) 19/12/12

●ベンディメタリン・リニュロン乳剤

- 17906: デュボンカイトック乳剤 (TKI JAPAN) 19/12/17
- ベンディメタリン・リニュロン粉粒剤
18415: デュボン カイトック細粒剤 F (TKI JAPAN) 19/12/17
- ベンチオカーブ・ベンディメタリン・リニュロン乳剤
18608: デュボンクリアター乳剤 (TKI JAPAN) 19/12/17
- ベンチオカーブ・ベンディメタリン・リニュロン粉粒剤
18861: デュボンクリアター細粒剤 F (TKI JAPAN) 19/12/17
- ジメテナミド・リニュロン乳剤
19718: デュボンエコトップ乳剤 (TKI JAPAN) 19/12/17
- ジメテナミド・リニュロン粒剤
21455: デュボンエコトップ粒剤 (TKI JAPAN) 19/12/17
- アラクロール・リニュロン粒剤
22049: デュボンラクサー粒剤 (TKI JAPAN) 19/12/17
- クミルロン・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン水和剤
22589: ドウジガードフロアブル (丸紅) 19/12/18
- クミルロン・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン水和剤
22592: ドウジガード L フロアブル (丸紅) 19/12/18
- クミルロン・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン粒剤
22859: ドウジガード 1 キロ粒剤 51 (丸紅) 19/12/18
- クミルロン・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン粒剤
22862: ドウジガード 1 キロ粒剤 75 (丸紅) 19/12/18
- ピリミスルファン・メフェナセット剤
23143: ムソウジャンボ (日本農薬) 19/12/23

「殺鼠剤」

- クマリン系粒剤
9152: 固型チューモア 1 号 (タニサケ) 19/12/17



トマトの新発生害虫トマトウロコタマバエ *Lasioptera yoichiensis* の発生生態

北海道立総合研究機構 中央農業試験場 さいとう みき はしもと なおき
齊藤 美樹・橋本 直樹

はじめに

北海道の日本海側に位置する余市郡余市町ではトマト（大玉トマト、中玉トマト、ミニトマト）の生産が盛んであり、2016年度の作付面積は65 ha、生産量は3,970 tに達し、全国市町村の中でも上位の収穫量を誇る。2010年8月に本町のハウス栽培大玉トマトにおいて、摘心や側枝（わき芽）切除等の管理作業により生じた傷口が褐色または黒褐色に変色して亀裂が入る症状が発生し、変色が主茎にまで到達して枯死に至る株も認められた。さらに、2012年には果実でも果頂部や萼基部が黒褐色に変色する症状が発生した。いずれも被害部位にはウロコタマバエ属 *Lasioptera* の一種トマトウロコタマバエの幼虫が確認された（橋本ら，2018）（図-1a）。ウロコタマバエ類はこれまでトマトの害虫として認識されてこなかったが、近年になってギリシャやトルコでもトマトおよびキュウリの茎および果実に寄生して内部を黒変させるウロコタマバエ属が新たに発生している（MANI, 1973；GAGNÉ, 1994；PERDIKIS et al., 2011；BÜYÜKÖZTÜRK et al., 2016）。湯川らは本属の形態観察や遺伝子配列の解析を行い、日本とギリシャにおける発生種は別種であり、そ

れぞれ新種であることを確認した（YUKAWA et al., 2019）。日本での発生種は *Lasioptera yoichiensis*、ギリシャの種は *L. tomaticola* と命名された。トマトに寄生する別種のウロコタマバエ属の発生が離れた地域でほぼ同時期に起こった理由や、*L. yoichiensis* の日本への侵入経路、移動性等は未解明であるが、本種の発生地域は徐々に拡大しており、2019年現在、余市町に隣接する2市町でも被害が確認されている。本種の多発は果実被害による減収やさらなる発生地域拡大につながる可能性もあるため対策が急がれるが、成虫（図-1b）は体長1.8 mm程度と微小であり、圃場内での肉眼観察は困難である。本種に対する防除法を構築するうえで発生生態の解明は重要と考えられるため、被害症状、生活環、寄主範囲、産卵生態等について研究を行ったので紹介する。

I 発生生態

1 被害症状

2010年にトマトウロコタマバエによる被害を初めて確認した余市町の生産者を含む5生産者のトマトハウス（大玉トマト、中玉トマト、ミニトマトのいずれかを栽培）において、2012および2013年に被害症状を調査した（橋本ら，2018）。主茎頂の摘心、摘葉、側枝の切除、茎の誘引等トマトの一般的な管理作業による物理的な損傷部分や、生育に伴って自然に発生した亀裂部分において、茎や葉柄の表面が褐色または黒褐色に変色する症状が認められた（図-2a）。このような部位は内部も黒く変色しており、一部は変色が髓部まで達していた。主茎に近い場所で切除された側枝に症状が発生した場合、主茎内まで黒変が達する例が多かった（図-2b）。主茎が激しく黒変した場合、当該部位より上位部分が枯死する事例も認められた。なお、ミニトマトでは、果房基部に生じた亀裂部の被害により、果房全体が枯死する事例が見られた（図-2c）。

大玉トマトでは、果実においても果頂部（図-2d）や萼基部に、茎葉の被害部位と類似した黒褐色の変色が認められた。これらの部位では内部組織も黒く変色していた。また、黒変部分周辺の果皮に着色不良を伴う場合も

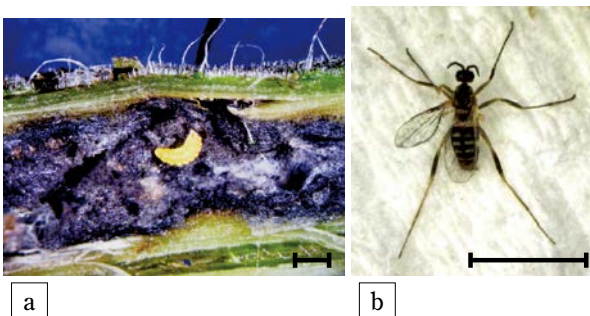


図-1 トマトウロコタマバエ幼虫および成虫
a)被害茎髓部の黒変と幼虫。b)成虫。図中のバーは2 mm。図の一部は日本応用動物昆虫学会誌より転載。

Ecological Aspect of a New Insect Pest of Tomato, *Lasioptera yoichiensis* (Diptera: Cecidomyiidae). By Miki SAITO and Naoki HASHIMOTO

（キーワード：トマトウロコタマバエ，トマト，ミニトマト，耕種の防除）

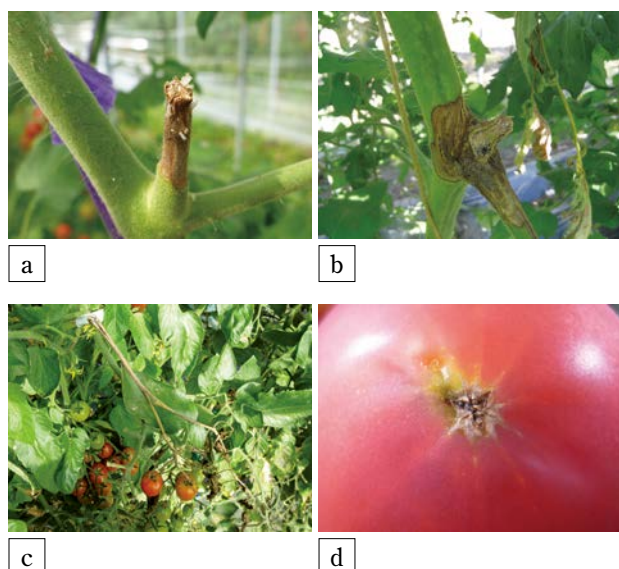


図-2 トマトウロコタマバエによるトマトの被害

a)側枝の黒変（側枝は黒変が主茎に到達しないよう、基部から遠い場所で切断している）、b)主茎まで達した側枝の黒変、c)ミニトマト果房の枯死、d)果頂部の黒変。図の一部は日本応用動物昆虫学会誌より転載。

あった。トマトの生理障害が原因で発生する“チャック果（萼周辺部から果頂部にかけて果皮にコルク化した細いすじが生じた果実）”でも、果皮が裂けた部分に変色と幼虫の寄生が認められた。一方、果実の裂けなどが少ないミニトマトでは、果実本体にこれらの症状は認められなかった。以上より、本種の被害は植物体の傷口部分と密接な関係があることが示された。

また、茎葉や果実の黒変内部には橙黄色の幼虫が認められた（図-1a）。本属の雌成虫は産卵管に釣り針状の構造をもち（BISSETT and BORKENT, 1988）、これにより糸状菌の胞子を運搬して産卵と同時に植え付けることが知られている（湯川・巢瀬, 1996）。余市町周辺で発生している種の加害部位にも黒色の糸状菌の発生が見られることから、本種成虫も植物体の傷口に産卵すると同時に糸状菌を植え付け、幼虫はこの糸状菌を餌として利用していると推察された。なお、加害部位からは *Alternaria* 属菌が分離されたが、タマバエ幼虫の加害がかなり進んだ段階で分離を行ったことから、本菌は成虫の胞子運搬による真の共生菌ではなく、二次感染あるいはそれ以上の続発感染をした菌である可能性も否定できない。これまでに *Asphondylia* 属や *Lasioptera* 属のタマバエでは *Sphaeropsis* 属, *Macrophoma* 属, *Cladesporium* 属菌等が共生菌として知られている（湯川・巢瀬, 1996）。今後、これらのグループに属する菌が本種の真の共生菌である可能性も視野に入れ、感染初期の側枝から菌を再分離する必要があるだろう。

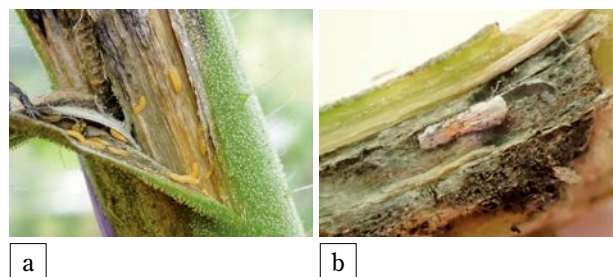


図-3 トマトに寄生するトマトウロコタマバエの幼虫および繭
a)表皮下の幼虫、b)表皮下の繭。図の一部は日本応用動物昆虫学会誌より転載。

2 生活環

橋本ら（2018）は 2012 年 9 月と 2013 年 6 月上旬～10 月上旬の毎月 1 回、前述のトマトハウスから変色や損傷の見られる茎や葉、果実を採取し、解体して観察した。茎の被害部位の表皮の裏側や髓部、果実の被害部には、いずれの調査時期においても最大長 2 mm 程度のトマトウロコタマバエ幼虫が複数個体寄生していた（図-3a）。また、表皮直下には長さ 3 mm 程度の白色長卵形の繭も確認された（図-3b）。6～8 月上旬の調査では繭内には幼虫または蛹が認められた。また、変色部位の表面には蛹殻の露出が認められるものもあった。一方、9～10 月には繭内には幼虫だけが認められ、蛹化した個体はいなかった。6 月ころには 1 ハウス内に数株程度の寄生密度であったが、8 月中旬以降にはほぼすべての株の側枝で幼虫が確認された。

2012 年の栽培が終了した 10 月下旬に、圃場から抜き取られて野外に山積みに放置されていた茎葉残渣から被害茎 13 本を採取して解体したところ、各被害部位には平均で 7.4 頭と多数の 3 齢幼虫が認められた。このうち 80.2% が営繭済みであったが、蛹化個体は見られなかった。放置されている茎葉残渣をそのまま積雪下で越冬させ、融雪後の 4 月に再び採取して観察したところ、営繭した 3 齢幼虫の生存が認められた。これらの幼虫を室温条件下で飼育したところほぼすべてが羽化したことから、本種は北海道の野外において幼虫で越冬していることが示された。

2014 年には羽化トラップを用いて野外での成虫初発時期を調査した（齊藤ら, 2019）。余市町の積雪下で越冬した茎葉残渣を 4 月 18 日に採取し、北海道総合研究機構花・野菜技術センター（滝川市）内に設置した小型羽化トラップ（縦 16 cm × 横 16 cm × 高さ 30 cm ; Mini Soil Emergence Trap, MegaView Science Co., Ltd.）内に入れて 4 月 20 日～6 月 26 日の間ほぼ毎日成虫羽化数を調査した。また、余市町の生産者の敷地内にも大型羽化トラ

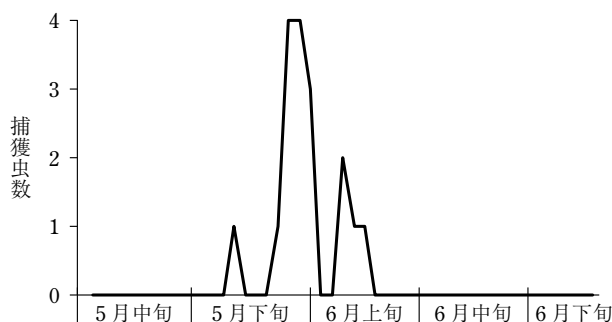


図-4 余市町の野外に放置されたトマト茎葉残渣内で越冬したトマトウロコタマバエの羽化時期 (2014 年)
花・野菜技術センターに設置した羽化トラップで調査した。

ップ (縦 110 cm × 横 110 cm × 高さ 110 cm ; Amphibious Emergence Trap, MegaView Science Co., Ltd.) を設置して同じ場所の茎葉残渣を入れ, 5 月 13 日～6 月 10 日の間およそ 1 週間間隔で調査した。花・野菜技術センターに設置した羽化トラップでは 5 月 24 日に初めて成虫が確認された (齊藤ら, 2019) (図-4)。羽化のピークは 5 月 30 日であり, 最終日は 6 月 5 日であった。余市町に設置した羽化トラップでも 5 月 28 日～6 月 3 日の間のみ成虫の羽化が確認された。

なお, 2014～16 年の余市町トマトハウスにおける最も早い被害の報告はそれぞれ 6 月 10 日, 6 月 20 日, 6 月 17 日であったことから, 本種の越冬世代は非常に限られた期間に羽化し, 羽化直後にトマトハウス内に侵入するものと考えられた。

3 寄主範囲

トマト以外のナス科作物や, ウリ科作物に対するトマトウロコタマバエの寄生性を調査した (齊藤ら, 2019)。2016 年に余市町のトマトハウス (品種‘桃太郎あきな’) の出入り口付近に, ピーマン (品種‘さらら’), ナス (品種‘中長ナス’), キュウリ (品種‘エクセレント 353’) を各 4 株定植した。8 月 16 日にトマトを含む各作物の若い茎や側枝を剪定して傷を付け, 9 月 8 日に回収して内部に寄生する幼虫数を調査した。トマトの側枝では 15 本のうち 11 本で計 63 頭の寄生が確認された (寄生率 73%)。ピーマンおよびキュウリでは幼虫の寄生は確認されなかったが, ナスでは調査した 17 本の茎のうち 1 本で幼虫 3 頭の寄生が確認され (寄生率 6%), それらはすべて老齢に達していた。以上より, トマトウロコタマバエは, トマトだけでなくナスにもごく低率ながら寄生することが示された。しかし, トマトへの寄生率が顕著に高かったことから, トマト以外のナス科作物や野外で自生するナス科植物が本種の増殖源や主要な越冬源になっている可能性は低いと考えられた。

日本において, ウロコタマバエ属のタマバエは 25 種 (未同定種 12 種を含む) が知られており, 寄主として 15 科の植物が記録されているが, 本種以外にナス科植物への寄生は報告されていない (YUKAWA et al., 2014)。また, 本属は世界中で 128 種が知られるが, 属全体を通してナス科植物に寄生する種はまれであり, 日本での本種の発生確認に先立ってギリシャで報告されたトマト加害種 *L. tomatocola* (PERDIKIS et al., 2011) を含む 3 種にとどまっている (GAGNE and JASCHHOF, 2014)。ギリシャでの発生種も, 本研究での観察と同様に, 寄生部位に表面の褐変や内部の黒変を引き起こすことが確認されている。しかし, ギリシャでの発生種は, トマトだけでなくキュウリにも寄生すると報告されているが (PERDIKIS et al., 2011), 日本では本種の多発地域でもキュウリへの寄生は全く認められていない。また, 前節で示した生活環境の研究によって, 本種は温暖なギリシャと比較して非常に寒冷な北海道においても野外で越冬できる種であることが示された。また, 形態観察や遺伝子配列の解析により, 両国における発生種は別種で, それぞれ新種であることが明らかになっている。トマトという古くから栽培されている一般的な作物において, 地理的に大きく離れた国ではほぼ同時に, 類似した害虫が新たに発生したことは非常に興味深い。トマトウロコタマバエは海外のいまだ本種の顕在化していない地域から侵入した可能性も否定できない。本種の起源については今後の解明が待たれる。

4 成虫捕捉の試み

前述の通り本種成虫は体長約 1.8 mm とごく微小で, 肉眼で観察するのが困難である。幼虫の寄生による茎の被害が発生してからでないと本種の発生に気づかないことから, 粘着トラップを用いた成虫の捕捉を試みた (橋本ら, 2018)。2013 年 6～8 月に, 余市町の大玉トマトハウス (3 月定植) において, 側窓側の畦の直上およそ 180 cm の高さに青色および黄色の粘着トラップ (350 mm × 50 mm) 各 3 枚をおおよそ 10 m 間隔で設置した。7 月 12 日には被害株率は 35%, 8 月 29 日にはほとんどの株で被害が認められたにもかかわらず, 調査期間を通していずれの粘着トラップにも成虫は捕捉されなかった。粘着トラップはタマバエ成虫の誘引効果が低いと考えられた。

そこで, 2016 年 7 月に吸引式捕虫器 (捕虫器・屋内用 (ファン式) SURE MC-8200, 石崎電機株式会社) を 2 台設置し, 飛翔中の成虫の捕獲を試みた (齊藤ら, 2019)。いずれもハウス (約 6 m × 40 m, 品種‘桃太郎あきな’, 定植 7 月 10 日ころ) 入り口付近に, 吸引部分が畝から 150 cm 程度の高さになるよう天井から吊り下

げた。発生の有無だけでなく、成虫の行動時間も把握できるように、1台は昼間（6:00～18:00）に、もう1台は夜間（18:00～6:00）に吸引するようタイマーを設定し、捕獲された成虫数を調査した。なお、試験開始直後、捕虫器に付属のUV誘虫ランプを点灯していたが、チョウ目など大量の昆虫が捕獲されて調査の支障となったため、昼間、夜間ともに不点灯とした。捕虫器には8月16日にはじめて成虫の捕獲が確認され、その後は継続して複数個体が捕獲された。捕獲が確認されたのは昼間に吸引設定した捕虫器のみであり、夜間に吸引設定した捕虫器では全く確認できなかった。

さらに、吸引された虫の回収時や別の試験実施時にもトマト株周辺を観察したところ、8月22日の昼間に、側枝切断面において成虫の産卵行動を観察した。以上より、本種成虫は昼間に活動および産卵をすることが明らかにになった。

II 現地での対策の現状と問題点

1 現地での対策

トマトの栽培管理方法として、側枝は伸び始めの茎が細い時期に除去するのが一般的であるが、本種の発生している地域では、管理作業の手が回らなかったり、暑い日は作業を控えるなどの理由で側枝除去が遅れ、側枝がかなり太くなってから切除することが多い。本種の寄生は茎葉や果実の損傷部と密接に関係することが示唆されたため、筆者らは、傷口が大きくなる栽培管理方法が続けられ、本種に適した環境が提供されることで徐々に密度が増加し、近年になって一気に被害が顕在化したのではないかと推測した。さらに、本種発生地域のトマト生産者は本種幼虫による茎や葉柄の食害自体よりも、糸状菌の感染による主茎の枯死を大きな問題として捉えている。そのため生産者は側枝切除時に、通常よりも長く側枝を切り残す（図-2a）ことで、寄生があっても主茎まで黒変が到達しにくくする対策を取っており、本種の発生を特に大きな問題と捉えていないようであった。しかし、この対策では根本的な解決とはならず、さらに密度を増やしてしまい果実被害の多発や他産地への分布拡大につながるおそれがある。

2 側枝切断時の天候と幼虫数の関係

栽培管理が本種の増殖に与える影響について考察するために以下の試験を行った（齊藤ら，2019）。2016年8月25～26日に余市町のトマトハウスにおいて生育程度が同等のトマト側枝を経時的に10本ずつ切断した。切断した日時と天候は、8月25日（晴天，平均気温23.4℃，降水量0mm）の12:00および18:00，翌26日（雨天，

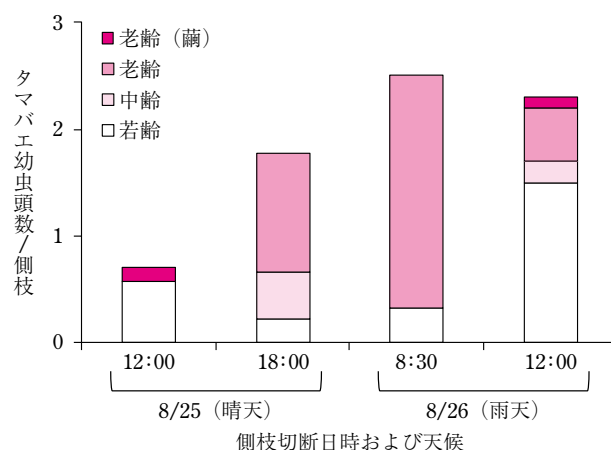


図-5 側枝切断時の時間帯および天候とトマトウロコタマバエ幼虫寄生頭数の関係（2016年）
8/25の19:00以降は曇天であった。

平均気温18.8℃，降水量4.5mm）の8:30および12:00である。なお、25日の19:00以降は曇天であった。9月8日にこれらの側枝を回収して寄生幼虫数を齢別に調査した。前節の吸引捕虫器を用いた調査や圃場での産卵行動の観察から、本種は昼間に産卵すると考えられたが、晴天の12:00に切断した側枝では、翌日の雨天の12:00に切断した側枝に比較して幼虫寄生数が大幅に少なかった（図-5）。一方で、晴天時の夕方に側枝を切断した場合では雨天時の切断と寄生頭数がほぼ同等であった。本種は夜間には産卵しないと推察されることから、側枝切断面は少なくとも翌日まで産卵に適した状態が継続したものと考えられた。一般的に夜間は湿度が上昇しやすいのに加え、試験を実施した日の夜間は曇りであったことから、切断面は乾燥せず湿潤状態を保っていた可能性が高く、切断時の環境条件が産卵数に影響する可能性が示唆された。以上より、側枝の傷口部分が乾燥して産卵に不適な状態にならないければ、長期間本種に産卵され、密度を増加させてしまう危険性があると考えられる。

おわりに

以上の調査を行った2012～16年のほとんどの年で、6月中旬ごろの被害発生初期のトマトウロコタマバエの寄生率はごく低かったにもかかわらず、8月中旬ごろにはほぼすべての株で側枝に幼虫が確認された。2015年の現地圃場での調査において、7月下旬ごろに産み付けられた本種の卵はおおよそ28日間で成虫になることが確認されている（岩崎，未発表）。また、5月下旬～6月上旬に越冬世代が羽化してからすぐに次世代の幼虫による被害が確認されたこと、8月下旬に切断した側枝にも年内に羽化する老齢幼虫の寄生が確認されたこと等から、本

種は少なくとも年3回以上発生し、世代を重ねるごとに密度が増加すると推測された。7月下旬～8月上旬までは吸引捕虫器で成虫を捕獲できなかったが、8月中旬からは継続して捕獲できるようになったことも、この推測の裏付けの一つになると考えられた。このため、未発生地域においてわずかでも本種の侵入を許せば、すぐに問題となるレベルまで密度が高まる危険性がある。2019年現在、本種の発生が確認されているのは余市町と周辺2市町の一部地域のみであるが、本種の高密度化は発生地域のさらなる拡大にもつながるおそれがある。側枝を長く残して切断する対策により、現時点では収量に直結するような実質的な被害がないとはいえ、この方法はいわば本種を飼育しているようなものである。発生量によっては果実での被害多発も懸念されることから、発生が一部地域に限られている間に根本的な対策を講じ本種の根絶を目指す必要がある。野外に放置された茎葉残渣が翌年の発生源になることが明らかになったため、まずは茎葉残渣を適切に処理して地域全体で徐々に密度を下げる必要がある。また、産卵を防ぐため、側枝切除を早めに、天気のよい日に行うなど基本技術の励行が求められる。また、本研究において成虫の行動パターンがある程度解明されたことから、今後、効率よく本種をコントロールするために、成虫をターゲットにした防除方法についても検討するべきである。

近年、様々な害虫に効果を示す選択性の低い農薬に代わり、選択性の高い農薬が開発されるようになり（深見, 1972；桐谷・笹波, 1973）、狙った害虫種をピンポイントに防除できるようになった。しかし反面、各種作物に

おいてこれまでほとんど問題にならなかったマイナー害虫による被害が盛んに報告されるようになってきている（荒川, 2008；木村, 2008；中牟田ら, 2010）。2016年度に本種発生地域における生産履歴を聞き取りしたところ、ほとんどの生産者が選択性の高い剤を使用していたことから、本種の出現も前述したマイナー害虫顕在化の一事例に含まれると考えている。今後、本種に対し効果的な剤を探索するだけでなく、選択性の低い剤を必要最低限だけ防除暦に組み込むことも含め、生産者単位、地域単位で実施できる防除法を検討し、本種の早期根絶を目指したい。

引用文献

- 1) 荒川昭弘 (2008): 今月の農業 52: 120～123.
- 2) BISSETT, J. and A. BORKENT (1988): Coevolution of fungi with plants and animals (PIROZYNSKI and HAWKSWORTH eds.), Academic Press, New York, p.203～225.
- 3) BÜYÜKÖZTÜRK, H. D. et al. (2016): Derim 33: 211～220.
- 4) 深見順一 (1972): 化学と生物 10: 506～517.
- 5) GAGNE, R. J. and M. JASCHHOF (2014): https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/80420580/Gagne_2014_World_Cecidomyiidae_Catalog_3rd_Edition.pdf
- 6) 橋本直樹ら (2018): 応動昆 62: 193～197.
- 7) 木村佳子 (2008): 北日本病虫研報 59: 195～198.
- 8) 桐谷圭治・笹波隆文 (1973): 化学と生物 1: 518～526.
- 9) 中牟田 潔ら (2010): 植物防疫 64: 779～781.
- 10) PERDIKIS, D. et al. (2011): Bull. OEPP/EPPO Bull. 41: 442～444.
- 11) 齊藤美樹ら (2019): 道総研農試集報 103: 1～6.
- 12) 湯川淳一・巢瀬 司 (1996): 日本原色虫えい図鑑 (湯川純一・榎田 長 編), 全国農村教育協会, 東京, p.399～404.
- 13) YUKAWA, J. et al. (2014): ESAKIA 54: 1～15.
- 14) ——— et al. (2019): <https://doi.org/10.1007/s13355-019-00662-w>



最近明らかになった薬用作物の糸状菌病

新潟食糧農業大学食料産業学部 佐藤 豊 三
法政大学生命科学部 佐藤 豊 三

はじめに

いわゆる生薬は古くから利用されてきたが、近年、徐々にその作用機作が明らかにされるにしたがい保険医療にも漢方薬エキス製剤として取り入れられつつある。我が国では一部の品目を除いてその原料となる薬用作物（植物）を輸入に頼ってきた。最近、一大生産地の中国では経済発展に伴う需要の拡大から生薬の原料が不足し、輸入価格が高騰している。一方、薬用植物の中には野生株を採取して加工しているものもある。例えばカンゾウは地下茎を利用するため、乱獲により資源枯渇や環境破壊が問題になっている。栽培化も進められているが、野生株では目立たなかった病害が顕在化している。

このような状況から、我が国では生薬原料の自給と中山間地の農業収益向上を目指し、厚生労働省と農林水産省が薬用作物（植物）の国内栽培を振興するための施策や研究プロジェクトを進めている。この中で筆者らはオタネ（チョウセン）ニンジン、カンゾウ、シャクヤク、トウキ、ミシマサイコの5品目について糸状菌病を調査してきた。ここでは最近明らかになった新規病害の概要を解説し、診断・防除の参考に供する。

I オタネニンジン（チョウセンニンジン）

1 灰色かび病（病原菌：*Botrytis cinerea*）

全国の栽培地で発生している。主として茎のほか、花梗や葉にも発生する。4月下旬ころから、萌芽まもない柔らかい茎の地際部付近に淡褐色の腐敗斑が生じ、しだいに拡大して褐色でややへこんだ細長い病斑となる。その後、病斑部から上は萎れて枯れる。稚苗ではつぼ枯れることもある。葉では葉縁や傷口から淡褐色水浸状で半円形または類円形の病斑が広がり、融合して暗色となり葉枯れになることもある（図-1；佐藤ら，2018 b）。

New Diseases of Medicinal Plants Recently Found in Japan.
By Toyozo SATO and Yuuri HIROOKA

（キーワード：オタネ（チョウセン）ニンジン、カンゾウ、シャクヤク、トウキ、ミシマサイコ）



図-1 オタネニンジン灰色かび病，葉の病斑（福岡貴寿氏原図）



図-2 オタネニンジン灰色かび病，茎・葉柄上の分生子

降雨時など湿度の高いときに、病斑上に灰褐色のかびが大量に生じ（図-2）、黒褐色～黒色の菌核が見られることもある。葉での発病は6～7月の梅雨期が最も激しい。栽培年数が長くなるほど発生が多くなる傾向がある。春先に降雨が多く土壌が過湿になりやすい年に多発する。病原菌は主に菌核で越冬する。

2 苗腐病（病原菌：*Pythium myriotylum*）

茨城県で初めて発生が確認された。ペーパーポット苗が急激に萎凋し腐敗・枯死する（図-3）。細根は腐敗・脱落し、脱落痕は橙黄色を帯びて内部に無隔壁菌糸が見られる（佐藤ら，2018 b）。病原菌は国内で30種以上の植物に根腐系の病害を起こすことが知られている（日本



図-3 オタネニンジン苗腐病，細根の脱落



図-4 ウラルカンゾウ斑点病

植物病理学会，2019)。同菌は高温を好み生育が非常に速く，ハウスや温室で育苗すると発生しやすい。

II カンゾウ

1 斑点病 (病原菌: *Xenodidymella* sp. [*Phoma* sp.])

北海道から初めて発生が報告されたが，最近，京都府でも発生が確認された。ウラルカンゾウおよびスペインカンゾウの小葉に長径数 mm の暗色病斑が，葉柄や茎にも長径約 1 mm の斑点が生じる。小葉では斑点が古くなると中央から破れ，病斑の多い葉から早期落葉が起きる (図-4；菊池ら，2016)。病原菌は病斑上で分生子殻を形成し，水媒性の分生子粘塊を噴出する。

2 株枯病 (病原菌: *Fusarium solani* 種複合体の1種)

北海道で発生が確認されたが，ストロン苗で増殖する栽培地では発生しうる。ウラルカンゾウに発生する。植え付け期から落葉期にかけて苗や生長期の地際部が暗色に腐敗し上部が萎れて葉枯れが生じ倒伏・枯死，あるいは立枯れに至る (図-5)。増殖用に切り分け苗箱に並べた根茎をバーミキュライトで覆い室温に保つ催芽処理では，維管束部から褐変腐敗が進行して，白いカビが生じ芽が出ない (図-6，7；佐藤ら，2018 a, c)。同じ苗箱で芽が出たストロンを植えても育たず欠株になるものが多い。本病は土壌伝染性病害であり，病原菌に感染し



図-5 カンゾウ株枯病，生育期の立枯れ



図-6 カンゾウ株枯病，増殖用ストロンの腐敗



図-7 カンゾウ株枯病，腐敗ストロン上のカビ

た増殖用ストロンが第一次伝染源となる。病原菌は多細胞の鎌形大分生子、単細胞の楕円形小分生子および1～数細胞の垂球形厚壁胞子を形成し、腐敗ストロン片上の白いカビは小分生子柄と小分生子を密生した気中菌糸である。

3 灰色かび病（病原菌：*Botrytis cinerea*）

北海道で発生が確認されたが、密植圃場や除草の遅れがちな所では発生しうる。はじめ茎の中ほどに水浸状の病斑が生じ、のちに淡褐色となる。病斑が茎の周囲を覆うと上部が萎れ黄化して枯れる。多湿条件で淡褐色ないし灰白色粉状のカビが病斑上に生じる（図-8；佐藤ら，2018 d）。これは病原菌の分生子柄と分生子で、その分生子が風雨などにより飛ばされ周囲の健全な茎に感染する。密植や雑草の繁茂によりうっぺいした場所で20℃前後の気温と多湿条件が重なると発生しやすい。本病は生理的な原因で植物が衰弱し、あるいは強風などで茎葉が傷んだときに激発しやすい。春の雨が多い年に発生が顕著である。

4 さび病（病原菌：*Uromyces glycyrrhizae*）

千葉県で初めて発生が確認された。ウラルカンゾウの葉に発生する。初夏、葉表にはじめ直径数mmの退色斑が生じ、葉裏に褐色ないし暗褐色または黒色の小粉塊が現れる（図-9）。斑点はしだいに増えて融合・拡大し、斑点の多い小葉は褐色に枯れて早期に落葉する。この褐色の斑点はサビキン類の夏胞子堆で、黒色の斑点は冬胞子堆であり、葉表にも少数形成される。本病は最近、国内のウラルカンゾウで見つかったが（佐藤ら，2019 a）、中国や北米等海外ではスペインカンゾウをはじめ多くのカンゾウ属植物に発生することが報告されている。病原



図-8 カンゾウ灰色かび病

菌は絶対寄生性であり、北米では同属植物上で精子世代も確認されることから同種寄生種と考えられ、中間宿主は知られていない。葉表の退色斑は小さく周縁部が不明瞭で目立たないため、異常落葉するまで見逃されやすい。定期的に葉裏を観察することが早期診断につながる。

5 葉枯病（病原菌：*Diaporthe* sp.）

鹿児島県で初めて発生が確認された。ウラルカンゾウの葉にはじめ小斑点が現れ、拡大して水浸状ないし褐色の病斑となり、のちに葉枯れに至る。病斑上には黒色の分生子殻が多数形成される（図-10；箕島ら，2019）。病原菌は病斑上で分生子殻から無色、単細胞、楕円形～円筒形の分生子を形成する。シナニッケイの葉にも同様の斑点を形成するところから、多犯性と考えられる。

III シ ャ ク ヤ ク

1 株枯病（病原菌：*Lasiodiplodia* sp.）

鹿児島県で初めて発生が確認された。盛夏に2年生株



図-9 カンゾウさび病，夏・冬胞子堆



図-10 カンゾウ葉枯病

の生育が停滞し始め、茎や葉柄が褐変～黒変して細くくびれ、次第に病斑が拡大して葉の萎れや葉枯れが生じ、最終的に地上部全体が立枯れ状態になる（図-11）。病斑部には目立った標徴（病原菌の子実体）は観察されない。分離される病原菌は分生子殻内に灰褐色の屈曲した分生子を形成し、未記載種とされている（石橋ら，2019）。同菌の最適生育温度が30℃付近であること、および鹿児島県以外には見られないことから暖地に発生する病害と考えられる。

2 茎枯病（病原菌：*Botryosphaeria* sp.）

富山県で初めて発生が確認された。夏から秋口にかけて2、3年生株の茎や葉柄基部が褐変して立枯れ、あるいは倒伏する。被害茎と葉柄の地際内部や直下の地際根が褐変腐敗し空洞化する場合もある（図-12；佐藤ら，2019 b）。上述の株枯病や白絹病とは異なり株全体は枯れない。また、外見的に立枯病や菌核病に似るが、本病は病



図-11 シャクヤク株枯病



図-12 シャクヤク茎枯病

斑表面や葉柄内部に黒い菌核や葉柄の地際部に灰色～淡褐色粉状の胞子を作らない点で区別できる。罹病茎や葉柄上では子実体は見られないが、分離菌株は分生子殻内に単細胞で無色の紡錘形～長楕円形分生子を形成する。

IV ト ウ キ

1 斑点病（病原菌：*Didymella* sp.）

夏以降に多い斑点・葉枯性の病害で、全国的に発生している。はじめ下位葉に灰褐色の小斑点が現れ、次第に拡大し灰黒色の中央部と灰褐色ないし淡褐色の周縁部から成る大型斑点となり、周囲が黄化する。細い葉の裂片に斑点が生じると先端側が淡褐色に枯死し、葉枯れ症状を呈することもある（図-13；川部ら，2016）。多湿条件で病斑内に小黒点状の分生子殻が形成される。ホウキにも発生しトウキよりも濃色の病斑が形成される。地下部に同じ *Didymella* 属菌による根腐病が起きるが、斑点病菌とは種が異なる（利根川ら，2019）。病原菌は培地上で分生子殻を形成し、鮭肉色の分生子粘塊を噴出する。

2 立枯病（病原菌：狭義 *Fusarium solani*, *F. falciforme* 近縁種）

最初北海道で見つかったが、その後岩手、富山、奈良、佐賀の各県でも確認された。病原菌が多犯性の広域分布種であるところから、国内のどこでも発生しうる。2年生株の生育初期～後期にかけて、萎凋あるいは全体の退色と下位葉からの葉枯れを経て立枯れに至る（図-14；椎葉ら，2019）。萎凋株の葉柄の基部は黒褐色に腐敗して倒伏する。主根と側根はともに表皮が黒変し、主根の内部は淡褐色に軟化腐敗するが、側根は中心部が褐変する（図-15）。病徴から本病は台湾で報告されたトウキの Root and basal rot（CHERN et al., 2010）と同じ病害と考え



図-13 トウキ斑点病



図-14 トウキ立枯病，立枯れ



図-15 トウキ立枯病，側根の内部褐変

られる。病原菌の形態はカンゾウ株枯病を参照のこと。

3 ベと病（病原菌：*Plasmopara* sp.）

国内では1970年代から北海道で発生が確認されている。葉脈に囲まれた黄色角斑が現れ、葉裏に灰色霜状のカビが生じる（図-16）。このカビは病原菌の分生子柄と分生子である。病原菌は同じセリ科の薬用作物であるセンキュウにも寄生し、センキュウべと病の多発した圃場に隣接するトウキ圃場で発病が見られる（栢森ら，2019）。病原菌は先端で二股分岐する分生子柄の先端にひとつずつ卵形～広楕円形の分生子を形成する。

V ミシマサイコ

1 根朽病（病原菌：*Didymella* sp.）

以前より全国的に発生している。主根が地際部から暗褐色ないし黒色に腐敗する。はじめ主根地際部の片側が暗褐色に変色し、次第に褐変が根の全周を覆い、下に向かって腐敗が進行する。腐敗部は粗面、あるいは亀裂が入る。病勢が進むと腐敗部が黒くなり、支根にも腐敗が広がる（図-17；廣岡ら，2019）。病原菌は培地上で分生子殻を形成し、大量の小さな単細胞分生子を含む粘液を逸出する。地上部の被害は顕著ではないため、早期診断が難しい。

2 根腐病（狭義 *Fusarium solani*）

初め茨城県で、次いで奈良県において発生が確認され



図-16 トウキべと病（栢森美如氏原図）



図-17 ミシマサイコ根朽病（飯田修氏原図）



図-18 ミシマサイコ根腐病

た。はじめ地際部や根が褐変し、徐々に褐変部が上下に進展し、のちに根腐れと立枯れに至る（図-18；椎葉ら，2019）。立枯株の根は崩壊しており、引き抜くと地際部でちぎれ、わずかに残る主根は繊維質を残して褐変腐敗

している。病原菌の形態はカンゾウ株枯病を参照のこと。上記の根朽病と症状が類似しているほか、地上部の被害が顕著ではないことから、早期診断が難しい。

おわりに

以上、主要5品目の薬用作物（植物）について最近4年間で新たに明らかになった14の糸状菌病害を概説した。収益率の高いオタネニンジンや草花としても利用されるシャクヤクでは、以前から比較的多くの糸状菌病害（15～20件）が記録されており（日本植物病理学会，2019），出尽くしたように思われたが，筆者らの集中的な調査により生産地で新たな病害が被害を及ぼしていることが明らかとなった。一方，試験栽培を含めてこれまで一部地域で生産され，現在栽培地の拡大を図ろうとしているカンゾウ類やトウキ，ミシマサイコでは，病害調査が遅れており，予想以上に多くの新規病害が見いだされた。特にカンゾウ類は元々乾燥地に自生するため，国内で健全に栽培するためには，排水のよい適地を選ぶ必要がある。

病害調査には医薬基盤研薬用植物資源研究センターを

はじめ，各道府県や関係企業の方々にお世話になった。貴重な写真をお借りした方々とともにこれらの皆様に厚く御礼申し上げる。本稿に載せた情報は農林水産省委託プロジェクト研究「薬用作物の国内生産の拡大に向けた技術の開発」およびAMEDの課題番号JP18ak0101105の中で得られたものである。

引用文献

- 1) CHERN, L. L. et al. (2010): Pl. Dis. **94**: 1164.
- 2) 廣岡裕吏ら (2019): 日植病報 **85**: 54～55.
- 3) 石橋 望ら (2019): 同上 **85**: 228.
- 4) 栢森美如ら (2019): 同上 **85**: 256.
- 5) 川部眞登ら (2016): 同上 **82**: 231～232.
- 6) 菊池健太郎ら (2016): 同上 **82**: 233.
- 7) 箕島綾華ら (2019): 同上 **85**: 227～228.
- 8) 日本植物病理学会 (2019): 日本植物病名目録 2019 年 9 月版, 日本植物病理学会, 東京, 2123 pp. <https://www.ppsj.org/mokuroku.html>
- 9) 佐藤豊三ら (2018 a): 日植病報 **84**: 42.
- 10) ———ら (2018 b): 同上 **84**: 209.
- 11) ———ら (2018 c): 関東病虫研報 **65**: 61～64.
- 12) ———ら (2018 d): 同上 **65**: 146.
- 13) ———ら (2019 a): 日植病報 **85**: 55.
- 14) ———ら (2019 b): 同上 **85**: 226～227.
- 15) 椎葉駿輔ら (2019): 同上 **85**: 224.
- 16) 利根川千枝ら (2019): 同上 **85**: 54.

新しく登録された農薬 (2019.12.1～12.31)

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

「殺虫剤」

●フルキサメタミド水和剤

24311：イザナミフロアブル（日産緑化）19/12/18

フルキサメタミド：10.0%

芝：スジキリヨトウ，シバツトガ，タマナヤガ，コガネムシ類幼虫：発生初期

「殺菌剤」

●ペンフルフェン水和剤

24312：エバーゴルシード FS（バイエル）19/12/18

ペンフルフェン：44.6%

芝：紋枯病：は種前（浸種前）

芝：紋枯病：は種前（浸種後）

「除草剤」

●トリアファモン・フェンキノトリオン水和剤

24313：プライオリティフロアブル（クミアイ化学）

19/12/18

トリアファモン：0.95%

フェンキノトリオン：5.7%

移植水稻：一年生雑草，多年生イネ科雑草，マツバイ，ホタルイ，ウリカワ，ミズガヤツリ，ヘラオモダカ，ヒルムシロ，セリ，オモダカ，クログワイ，コウキヤガラ，アオミドロ・藻類による表層はく離

直播水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ウリカワ，ミズガヤツリ，ヘラオモダカ，ヒルムシロ，セリ，アオミドロ・藻類による表層はく離



樹木の葉を侵す白藻病の発生と研究の現状

元島根県林業技術センター 周 藤 靖 雄
島根大学教育学部 おお 谷 修 司

はじめに

白藻病の病原藻である *Cephaleuros* 属は緑藻門 (Chlorophyta), アオサ藻綱 (Ulvophyceae), スミレモ目 (Trentepholiales), スミレモ科 (Trentepholiaceae) に所属する。本属は *C. virescens* Kunze ex E. M. Fries をタイプ種として設立され (FRIES, 1829), GUIRY and GUIRY (2019) によると現在 19 種が登録されている。本属藻はおもに熱帯と亜熱帯に広く分布して, 多種の樹木の葉, 時に緑枝や果実にも寄生する (PRINTZ, 1939; JOUBERT and RIJKENBERG, 1971; THOMPSON and WUJEK, 1997)。インドでは古くから茶園での被害が問題になってきた (CUNNINGHAM, 1879; MANN and HUTCHINSON, 1907; PONMURUGAN et al., 2010; RAMYA et al., 2013)。ほかに柑橘類, コショウ, カカオ, ナツメグ, ギネアアブラヤシ, バニラ等の特用作物や果樹に成長不良, 品質劣化等の被害を与えてきた (JOUBERT and RIJKENBERG, 1971)。我が国においても本属藻の 1 種 *C. virescens* による病害がチャ, 柑橘類を含む各種常緑広葉樹に発生することは古くから知られており (西田, 1914; 鶴田, 1914; MOLISCH, 1926), 近年ではおもに緑化樹木で問題になり, 葉面に成長する藻体とその美観を損じる (小林, 1977; 周藤, 1988; 周藤, 2001)。また, 花木・切枝栽培地において本病の発生が商品価値を減じる (周藤ら, 2019)。

本病が我が国の特に西南地域において普遍的な病害であるにもかかわらず, ほとんど研究が行われていない。そこで, 病原藻の種を再検討してその宿主について調査した (SUTO and OHTANI, 2009)。ついで, 各種の培養特性と染色体数 (SUTO and OHTANI, 2011 a), 接種試験による病原藻の病原性 (周藤・大谷, 2011 c) および病原藻の季節的進展状態とその伝染様式 (SUTO and OHTANI, 2013) を検討した。さらに, 本病原藻と共生して生じる

アオバゴケについてその種とその発生実態を調査した (SUTO and OHTANI, 2011 b)。本稿ではこれらの結果をまとめ, またその後の新しい調査・試験結果も含めて報告する。なお, 本病原藻についての国際的な研究の経過と概要は BROOKS et al. (2015) によってまとめられている。

なお, 本病の病名については, 鶴田 (1914) が病原藻 *C. virescens* の藻体が「終期に及び灰白色と変ずる」ことから「白藻病」と命名した。しかし, 藻体が古くなくても白色化せずに脱落するものや幼若な藻体でも白色化することもあるので, 診断の際には注意を要する。また, 後述するように我が国に分布する *Cephaleuros* 属として筆者らは 5 種を同定したが, これまでこれらはすべて *C. virescens* として扱われていた可能性がある。そこで, 本稿では *Cephaleuros* 属の種すべてに侵された病害を一括して白藻病と呼び記述する。

I 病原藻の種と宿主

前述したように我が国では古くから各種樹木上に生じる本属藻を *C. virescens* として報告されてきた。その後も江塚・木伏 (1956) は 34 種の樹木上の藻を, また SUÉMATU (1962) はシダ植物 2 種と木本植物 59 種上の藻を *C. virescens* として報告している。「日本植物病名目録」(日本植物病理学会, 2019) では *C. virescens* の宿主として 57 の樹種・類 (属) が挙げられている。

筆者らは 2001 年来おもに島根県において, またできうる限り他の都府県においても本病に侵された各種樹木の葉の標本を採集して現在約 1,762 点を保管している。それら新鮮な標本の葉上藻について, 藻体や病斑の外観を肉眼, ルーペおよび実体顕微鏡によって観察した。ついで, 藻体をカミソリの刃によって剥ぎ取り, また横断切片を作成して, 藻の糸状体・生殖器官の形態と葉組織の病変を光学顕微鏡によって観察した。その結果, これらは形態が明らかに異なる次の 5 種に分けられ, うち 3 種は新種として登録・記載した (SUTO and OHTANI, 2009)。

- 1) *Cephaleuros aucubae* Y. Suto and S. Ohtani (新種)
- 2) *Cephaleuros biolophus* Thompson and Wujek

Present Status of the Incidence and Researches on Algal Leaf Spot in Japan. By Yasuo SUTO and Shuji OHTANI

(キーワード: 白藻病, *Cephaleuros* 属, 藻種, 宿主, 培養, 接種試験, 伝染, アオバゴケ)

3) *Cephaleuros japonicus* Y. Suto and S. Ohtani (新種)

4) *Cephaleuros microcellularis* Y. Suto and S. Ohtani (新種)

5) *Cephaleuros virescens* Kunze ex E. M. Fries

C. aucubae, *C. japonicus*, *C. microcellularis* および *C. virescens* の4種では藻体は葉表の角皮下に生じるが, *C.*

aucubae と *C. japonicus* では葉裏の角皮下にも生じることがある。*C. aucubae* の藻体は径1~4 mm, 薄層または隆起した粒状。糸状体の細胞は円筒形~不規則形で単細胞列または束状で拡大する (図-1a, 2a)。*C. japonicus* の藻体はほぼ円形, 径3~18 mm, 糸状体は房になって放射状に拡大するが, 房間に大きな隙間があり縁辺は細

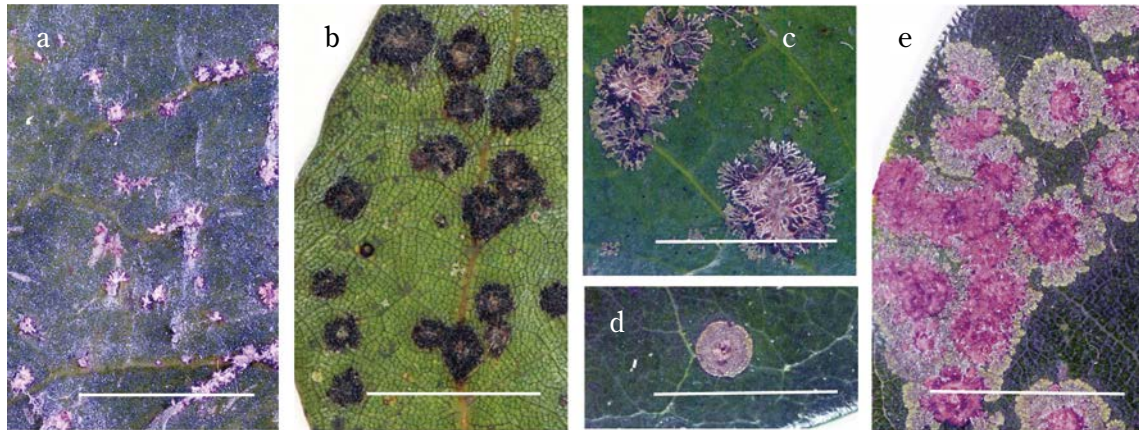


図-1 葉上に生じる白藻病藻各種の藻体と病斑

a: *Cephaleuros aucubae* の藻体 (アオキ上). b: *C. biolophus* による病斑 (ウバメガシ上). c: *C. japonicus* の藻体 (ヤブツバキ上). d: *C. microcellularis* の藻体 (クロキ上). e: *C. virescens* の藻体 (タブノキ上). bar = 1 cm.

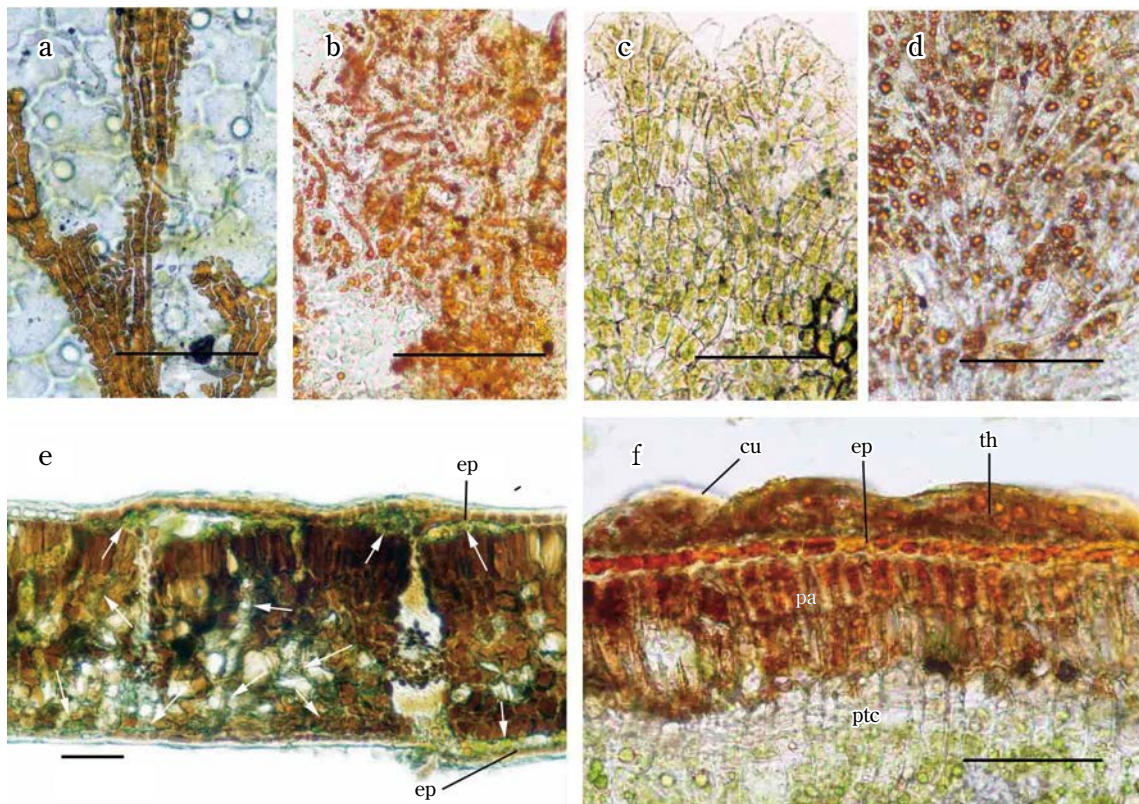


図-2 各種白病藻の角皮下における糸状体の成長 (a~d) と発病部位の葉断面 (e, f)

a: *Cephaleuros aucubae* (アオキ上). b: *C. japonicus* (ヤブツバキ上). c: *C. microcellularis* (クロキ上). d: *C. virescens* (タブノキ上). e: *C. biolophus* に侵されたスダジイ, 矢印: 藻の糸状体, ep: 表皮細胞層. f: *C. japonicus* に侵されたヤブツバキ, th: 藻体, cu: 角皮, ep: 表皮細胞層, pa: 柵状組織, ptc: 木栓防衛層. bar = 100 μm.

く分裂する。糸状体の細胞は短円筒形～不規則形、不規則に二又分枝をして中心部では偽柔組織を作るが縁辺部では単細胞列で拡大する（図-1c, 2b, f）。*C. microcellularis* の藻体は円形、径 3～5 mm、糸状体の細胞は短円筒形、規則的に二又分枝をして密な偽柔組織を作る（図-1d, 2c）。*C. virescens* の藻体は円形、径 1～8 mm。糸状体は房になって放射状に拡大するが、房間の隙間は小さく、縁辺は鈍鋸歯状または全縁。糸状体の細胞は長円筒形で大径、規則的に二又分枝をして偽柔組織を作る（図-1e, 2d）。なお、*C. japonicus* と *C. virescens* の古い藻体では、中心部の破壊古い藻体の周囲に新しい藻体が輪状に拡大することがある（図-1c, d）。これら 4 種では藻体から直立する刺毛と呼ばれる細長いまたは短小の糸状物を形成する。また、繁殖器官については、配偶子のうは葉表の角皮下に粒状に形成され、また遊走子のう柄は葉表面に立ち上がり、遊走子のうはその先端に輪状に形成される（図-3a, b, d）。

一方、*C. biolophus* では円形、径 3～5 mm、紫褐色の病斑を生じ、また多くの場合その葉裏側にも同様な病斑が生じる。藻体は角皮下に拡大するのはまれでもおもに表皮細胞下に拡大して葉肉組織内に伸長して葉裏面の表皮細胞層下に至り拡大する（図-2e）。刺毛は葉表に少数形成されることがある。配偶子のうは葉表の表皮細胞層下に形成され、遊走子の柄は葉裏面に立ち上がり、遊走子のうはその先端と側方に形成される（図-3c）。

これらの種の遺伝的特性を確認するために、各種の糸状体細胞の染色体数を調査した。後述する BBM または CA 寒天培地上で培養した培養初期の藻体について GODWARD (1948) の方法で染色した。その結果、*C. aucubae* : 染色体数 $n=22$, *C. biolophus* : $n=34$, *C. japonicus* : $n=18$, *C.*

microcellularis : $n=12$, *C. virescens* : $n=24$ と種間が明確に区別された (SUTO and OHTANI, 2011 a)。

これらの種の宿主は表-1 に示したが、21 科 32 属に所属する 51 種（変種、亜種を含む）である。ほとんどが常緑広葉樹であり、常緑針葉樹は 1 種、また落葉広葉樹は 5 種に過ぎない。*Cephaleuros* の各種はそれぞれ限られた樹木に寄生、または多くの樹種に寄生するが寄生頻度が高い樹種があることが注目された。すなわち、*C. aucubae* はアオキに限って寄生を認めた。*C. biolophus* はおもにブナ科の樹木に生じスダジイとウバメガシで多発した。*C. japonicus* は多樹種に寄生したがクロキ、ヤブツバキ、ヒサカキおよびサカキで多発した。*C. microcellularis* はおもにクロキに寄生したが、まれにタブノキにも生じた。*C. virescens* は多樹種に寄生したが、タブノキとタイサンボクで多発した。同一の樹種が 2 種または 3 種の *Cephaleuros* 属藻に侵される場合があり、1 採集地または 1 葉上でも異なる種の藻が観察されることがあった。特に、クロキでは *C. microcellularis* が *C. japonicus* が生じた葉に混生していることが多かった。標本採集木での発病葉数の割合や 1 葉に生じる藻体または病斑の密度から発生の激しさをみると、*C. biolophus*, *C. japonicus* および *C. virescens* ではそれらが多発する樹種では発生程度が激しい傾向があった。一方、*C. aucubae* のアオキでの、また *C. microcellularis* のクロキとタブノキでの発生程度は軽微であった。

また、周藤ら (2019) は東京都の伊豆・小笠原諸島での調査では、*C. biolophus*, *C. japonicus* および *C. virescens* の分布を認めたが、藻の種による宿主の相違は本土側の調査結果 (SUTO and OHTANI, 2009) とほぼ一致した。

なお、正田ら (2014) は沖縄県においてヤブツバキ上

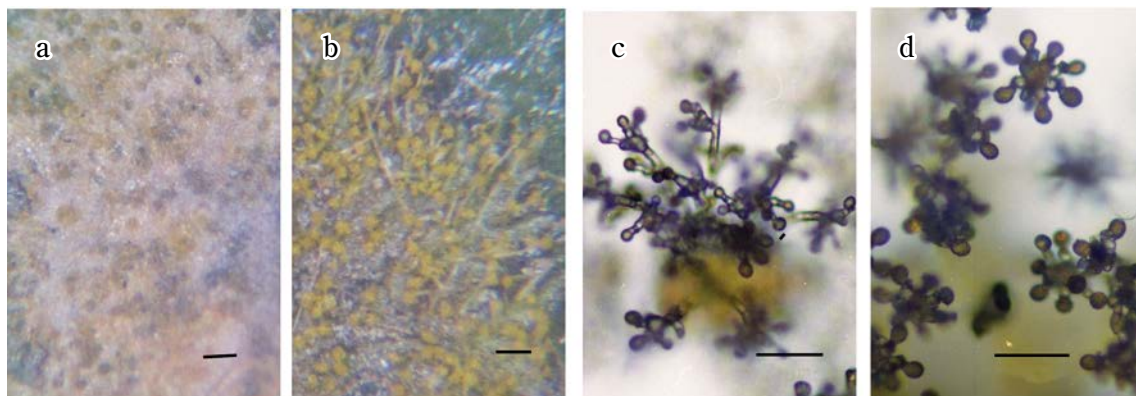


図-3 白藻病藻の生殖器官

a : 配偶子のう（粒状の隆起）—*Cephaleuros virescens*. b : 遊走子のう（柄の頂端に黄色の球体）—*C. virescens*. c : *C. biolophus* の遊走子のう形成、柄の頂端と側方に生じる. d : *C. japonicus* の遊走子のう形成、柄の頂端にのみ生じる. a・b の bar = 100 μ m. c・d の bar = 10 μ m.

表-1 *Cephaleuros* 属各種の宿主

藻種	宿主の樹種 (採集標本数)
<i>C. aucubae</i>	アオキ (92)
<i>C. biolophus</i>	アラカシ (3), ウバメガシ (92), ウラジログシ (5), シラカシ (1), スダジイ (117), マテバジイ (10)
<i>C. japonicus</i>	アセビ (1), イヌツゲ (1), イヌマキ (1), ウグイスカグラ (1), オオバイボタ (1), クロガネモチ (2), クロキ (321), ゲッケイジュ (1), サカキ (63), サザンカ (11), シヤシヤンボ (11), セイヨウヒイラギ (1), ソヨゴ (8), タブノキ (10), チャ (19), ツタ (1), ヤブツバキ (309), ネズミモチ (2), ヒサカキ (140), モチノキ (2), モッコク (1), ヤブニツケイ (1), ユキツバキ (1)
<i>C. microcellularis</i>	クロキ (154), タブノキ (16)
<i>C. virescens</i>	アカギ (2), アマミアラカシ (1), アラカシ (8), イスノキ (2), イタビカズラ (14), イヌビワ (2), ウラジログシ (2), オオバイボタ (1), オガタマノキ (1), オキナワテイカズラ (1), クスノハカエデ (1), クロキ (4), クロガネモチ (1), コシアブラ (1), サンゴジュ (5), シヤクナゲ (1), シラカシ (7), スダジイ (1), ソヨゴ (2), タイサンボク (191), タカオカエデ (5), タブノキ (201), ヤブツバキ (3), チャ (10), チョウジカズラ (1), トウネズミモチ (1), ネズミモチ (6), ヒメユズリハ (8), ホソバタブ (1), ホソバタイサンボク (1), マテバジイ (3), ヤツデ (2), ユズリハ (2)

ヤマモモ (31) 上藻は *C. biolophus* とした (SUTO and OHTANI, 2009) が要再検討, タラヨウ (8) 上藻は種調査中. 採集数は計 1,776 点. ただし, 1 標本に 2~3 種が寄生したのもあるので, 各樹種での採集数の合計はこの値より大きい. 赤字は採集標本数 50 点以上.

に *C. minimus* Karsten を, また中原-坪田ら (2016) は沖縄県においてハイノキ属植物上に *C. parasiticus* Karsten を採集したと報告しているが, それらの詳細な形態などは記されていない. また, 日本各地で採集した *Cephaleuros* 属藻の分子系統学的研究が中原-坪田ら (2016; 2018) によって行われている.

II 白藻病藻の培養

採集した発病葉から藻体を切り取り, また配偶子のうや遊走子のうを無菌水の水滴中に入れて配偶子や遊走子を放出・発芽させて, これらから本藻を分離して培養した. 培地としては淡水藻類の培養によく用いられる 2 種類の合成培地—BBM 培地 (Bold's basal medium, BISCHOFF and BOLD, 1963) と CA 培地 (ICHIMURA and WATANABE, 1974) を寒天培地として用いた. 菌類による汚染を抑止するために分離の際に使用する培地に殺菌剤を添加することを考え, ペノミル剤を培地に添加してその効果を検討した. その結果, 糸状菌によってはその成長を抑制できにくい場合もあったが, 多くは 5 ppm の低濃度でも効果的に抑制することがわかった. 一方, ペノミル剤を 20 ppm 以上の高濃度で添加すると藻体の成長が抑制されるため, 添加濃度は 10 ppm 以下にすることがよいと考えた. 筆者らは実際の分離の際にはペノミル剤 10 ppm とストレプトマイシン 50 ppm を添加した BBM 培地または CA 培地 (後述) を用い, 無菌の状態で藻体が得ら

れたならば, これを殺菌剤無添加の培地に移植して保存し, また各種実験に用いた. 径 35 mm のペトリ皿にこれらの培地を分注して, 20℃, 白色蛍光灯照射, 12:12 時間の明暗周期で分離・培養した.

いずれの種とも藻体のコロニーは淡黄ないし黄緑色の綿毛状を呈して, ほぼ円形に拡大した. 藻体の糸状体はいずれの種とも単細胞列で放射状に伸長した. 培地上では葉上の角皮下で見られる偽柔組織の形成は認めなかった. 培地上で種によってコロニーの大きさは異なり, *C. virescens* で最も大きく (CA 培地上 8 週後で径 8.8~11.4 mm), ついで *C. aucubae* で大きく (7.7~8 mm), *C. microcellularis* で最も小さく (3.9~6.8 mm), *C. biolophus* と *C. japonicus* では藻株によって大きさに差があった (3.9~8.5 mm) (図-4). また, 種によって糸状体の分枝角度, 糸状体細胞の形と大きさに差異があった. いずれの藻株とも培養藻体には配偶子のうと遊走子のうの形成は認めなかった. なお, いずれの株においても培養中の藻体には糸状体が球形に膨らむのが観察されて配偶子のうかと疑われたが, この球体からの配偶子形成は認めなかった (SUTO and OHTANI, 2011 a). CHOWDARY (1969) は無機合成培地にインドール酢酸, インドール酪酸またはインドールプロピオン酸を添加して *C. virescens* の遊走子のうを, インドールを添加して配偶子のうと遊走子のうを形成させたと報告したが, それらの器官は図示されておらず, また配偶子や遊走子の形成については記し

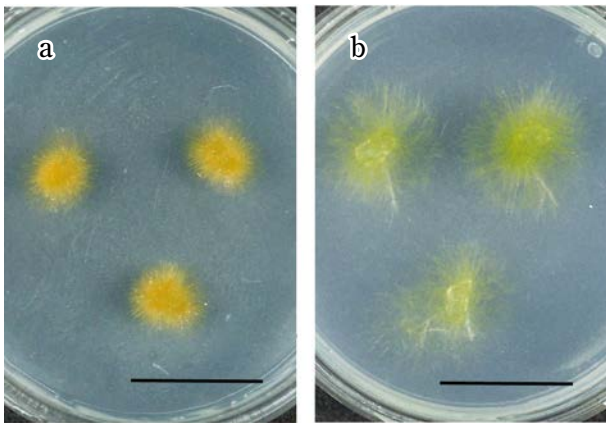


図-4 白藻病藻の培養コロニー（CA 寒天培地上、植付け 8 週後）
a : *Cephaluros japonicus*. b : *C. virescens*. bar = 1 cm.

ていない。

培地上での藻体成長に及ぼす温度の影響については、5 種とも 10℃ または 15℃ から 30℃ または 35℃ まで成長が認められた。25℃ で最も成長が良好である株が多く、ついで 20℃ と 30℃ で良好であった。また、培地の pH の影響については、供試した *C. aucubae* を除く 4 種では設定した pH3.1～8.7 の範囲で成長が認められ、pH6.2～8 の範囲で成長が良好であった。

III 白藻病藻の接種試験

本属藻を各種樹木の葉に人工接種して病原性を確認し、また宿主の感受性を検討することは病害の特性を知るために必要である。しかし、*Cephaluros* 属については、*C. virescens* の接種試験が WOLF (1930) と CHOWDARY and JOSE (1979) によって行われたが、藻体の形成を認めていない。

筆者らは培養した藻体を用い、7 樹種の 3～7 年生苗木について、培養コロニーを当年葉と前年葉の葉表と葉裏に貼り付ける方法、また培養コロニー破砕片けん濁液を葉に噴霧または塗布する方法で接種した。接種は野外でのおもな感染時期と考える 6 月中旬～7 月上旬に行った。

その結果、種ごとに発病樹種を見ると、*C. aucubae* ではアオキに、*C. biolophus* はウバメガシに、*C. japonicus* ではクロキ、タブノキ、チャおよびヤブツバキに、*C. microcellularis* ではクロキとタブノキに、*C. virescens* ではタブノキ、チャおよびヤブツバキに藻体が生じた。これらは自然発病で見られる樹種と同一であり、寄生頻度が高くまた激しく発生する樹種が含まれているが、自然発病が見られない樹種では接種試験においても発病を認めなかった。このように自然発病と同様の宿主選択性が

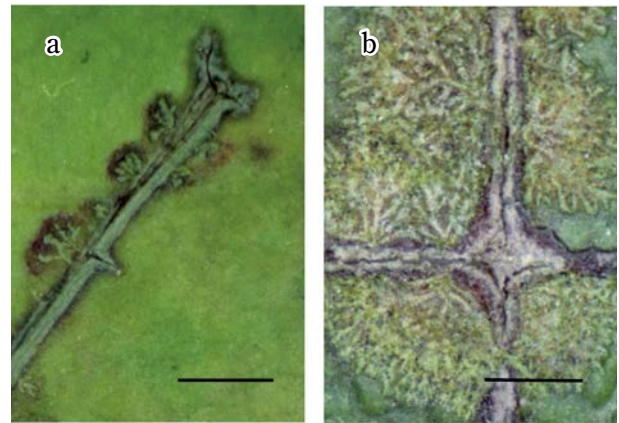


図-5 白藻病藻の付傷接種による発病葉

a : チャへの *Cephaluros japonicus* の接種により生じた藻体。
b : タブノキへの *C. virescens* の接種により生じた藻体。
bar = 1 mm.

示された。多くの接種では無傷接種に比べて有傷接種で藻体が高率に発生した。藻体は切傷では傷に沿って、こすり傷では傷を起点に進展した（図-5）。しかし、野外での観察では、藻体は普通傷とは無関係に生じる。接種した各藻種の発病葉に生じた藻体や病斑の外観と微細構造の特徴は、各種の自然発病葉に見られる場合と一致した。また、藻体上に配偶子のうや遊走子のうを認める接種発病葉もあった（周藤・大谷，2011 c）。

接種葉上での藻体発生はいずれの試験でも接種当年の 10 月上旬から認めて、潜伏期間は最短 3 か月であり、藻体は翌年 4 月以降に拡大した。このことは後述する自然状態での発病と進展の時期と一致した。本病の感染は病葉上に形成された配偶子や遊走子が接種源になって起こると推察される。したがって、今後はこれらを接種源として用いて接種試験を行うことが望まれる。

IV 白藻病の伝染

鳥根県松江市において本病原藻の伝染環を調査した。生殖器官である配偶子のう遊走子のうは 2・3 年生葉上に拡大した藻体上に形成され、成熟した配偶子のうや遊走子のうを水に漬けると配偶子や遊走子を放出する（図-6）。配偶子の放出は *C. microcellularis* では 3 月下旬～5 月下旬、*C. aucubae*、*C. biolophus*、*C. japonicus* および *C. virescens* の 4 種では 4 月下旬～7 月下旬であった。遊走子の放出は *C. biolophus*、*C. japonicus* および *C. virescens* では 5 月中旬～8 月上旬であったが、*C. aucubae* と *C. microcellularis* では遊走子のう形成は少数のため確認できなかった。新しい小形の藻体や病斑の発生は 1・2 年生葉上に 8 月上旬、多くは 10 月から認められ、配偶子・遊走子による感染ののち 2～5 か月を経て発病した。そ

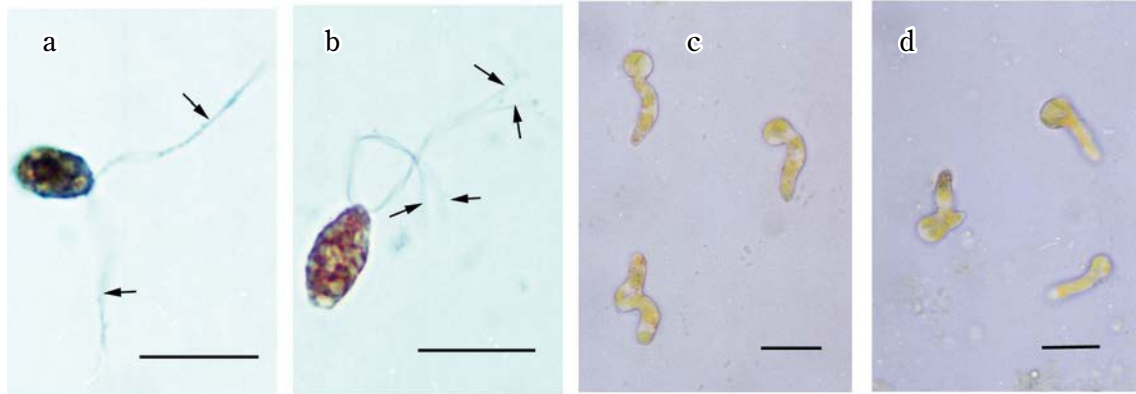


図-6 白藻病藻 (*Cephaleuros japonicus*) の配偶子, 遊走子とその発芽

a: 配偶子 (矢印: ペン毛 2 本). b: 遊走子 (ペン毛 4 本) (a, b はサフラニン O により染色).
c: 配偶子の発芽. d: 遊走子の発芽. bar = 10 μ m.

これらの藻体や病斑越冬後の4~10月に拡大した。このように松江市では1年に1サイクルを経過した (SUTO and OHTANI, 2013) が, こうした伝染や発病の時期は地域によって異なるを考える。

筆者らが問題としているのは配偶子の行動である。配偶子は接合して接合子を作り, これが発芽することが予想される。CUNNINGHAM (1879), また KARSTEN (1891) および末松 (1951) は *C. virescens* の配偶子の接合を認めたが, その発芽については記していない。また, THOMPSON and WUJEK (1997) は *C. solutus* Karsten と *C. virescens* で配偶子の接合を観察したが, それらは分解したと報じている。一方, 筆者らが繰り返し行った実験では配偶子の接合はまったく観察されなく, 遊走子と同様に発芽して藻体に成長することが確認された (図-6) (SUTO and OHTANI, 2011 a)。この事実からは配偶子と言われてきたものはもはや「配偶子」とは言えないのではないかと考えるが, 今後検討を要する。同じくスミレモ科に所属する他属の藻において, 本観察結果と同様に配偶子と言われていたものが接合せずに発芽して新しい藻体に成長することが知られている。すなわち, RINDI and GUIRY (2002) はアイルランド産の *Trentepohlia* の3種と *Printzina* の1種について同様の現象を観察した。

一方, THOMPSON and WUJEK (1997) は *Cephaleuros* の配偶子は配偶子のう内または外で接合して dwarf plant を作り meiosporangiate-lateral (= sporophyte plant) を生成する。そしてこの meiosporangia は4ペン毛の meispore を形成すると報告している。しかし, 筆者らはこのような現象を観察していない。

配偶子や遊走子の行動については次のような特性が観察される。①配偶子のうや遊走子のうが形成された藻体からの配偶子や遊走子の放出は反復する。すなわち, 配

偶子のうや遊走子のうの成熟は一斉に起こるものではなく, 実験室内では試料を湿室に置くとう放出を反復することができる。②配偶子や遊走子の放出は水に浸かった状態で起こるが, 他のなんらかの物理的刺激が必要である。すなわち, 水滴中にある配偶子のうや遊走子のうを動かす操作が必要である。③配偶子のうを水浸すると多数の球形, 無ペン毛の細胞が放出され, それらは短時間のうちに破壊する。④放出された配偶子や遊走子はペン毛を激しく揺らしながら遊泳するが, 次第にその動きは鈍くなり, 形態は紡錘形から球形になり, ペン毛を落として休止する。そして発芽管をだして発芽をする。しかし, 放出後短時間で休止して破壊する試料もある (SUTO and OHTANI, 2013)。これらの行動にはその藻体の活性や環境条件が関与していると考えるが, 今後詳しい検討が必要である。

V 病原藻の地衣化

アオバゴケ (*Strigula smaragdula* Fr. 異名: *S. elegans* (Fée) Müll. Arg.) は白藻病藻を共生藻とする地衣類として知られている (SANTESSON, 1952; LÜCKING, 2008)。筆者らは現在までに本地衣を19樹種の葉上で229点の標本を採集した。うち99標本では葉表はアオバゴケによって占有されたが, 残る130標本では地衣化されない *Cephaleuros* の藻体も観察された。本種はアオキ, ヤブツバキ, タブノキおよびクロキの葉上で多く採集され, また *C. aucubae*, *C. japonicus*, *C. microcellularis* および *C. virescens* で地衣化を認めた。我が国における本種の報告を見ると, 吉村 (1974) が本州と九州に分布すると記したのが最初である。その後, 原田ら (1998) と THOR et al. (2000) の採集報告がある。

本種の地衣体は葉表面の角皮下に緑色の層として生

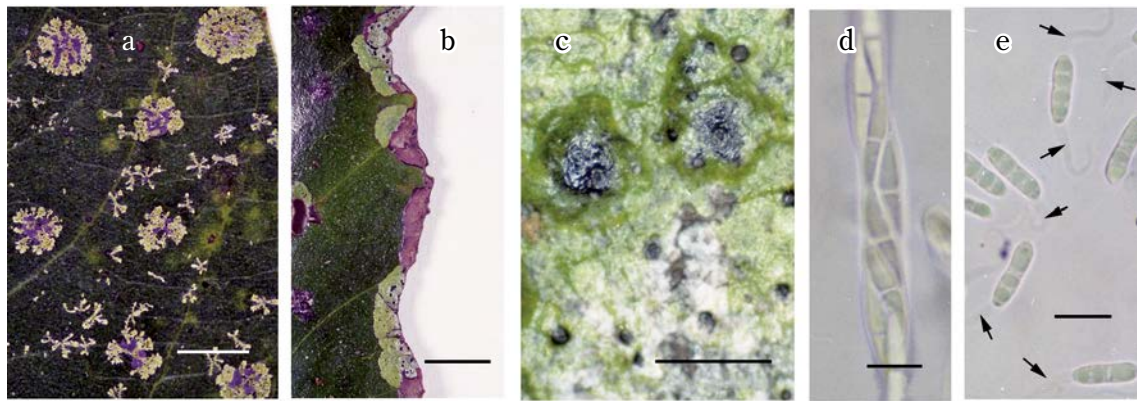


図-7 アオブゴケ (*Strigula smaragdula* complex)

a: タイプ (1) の地衣体 (タブノキ上). b: 昆虫の食痕に生じるタイプ (2) の地衣体 (ヤブツバキ上).
c: 地衣体上に生じる被子器 (大形黒粒) と粉子器 (小形黒粒). d: 子のう内の子のう胞子. e: タイプ (2) の粉子 (矢印: 両端に生じる付属糸状粘液). a・b の bar = 1 cm. c の bar = 1 mm. d・e の bar = 10 μ m.

じ、半球形、径 0.2~0.5 mm の被子器、また球形、径 40~170 μ m の粉子器をいずれも黒色粒点として形成する。採集した標本はその地衣体と粉子器の形態から 3 タイプに分けられた。地衣体については、タイプ (1): 健全な葉表に生じ、円形、艶があり、黄緑色~緑色。タイプ (2): 昆虫の食痕または他の原因によってついた傷に沿って生じ、著しく艶があり、暗緑色。タイプ (3): 健全な葉面に生じ、不規則な円形、灰緑色。粉子については、タイプ (2) は (1) より若干小さくタイプ (3) は最も小さい。タイプ (1) の粉子はその先端に、まれに両端に球形の粘液を付着し、タイプ (2) はその両端に付属糸状の粘液を付着するが、タイプ (3) は粘液を付着しない。なお、タイプ (1) とタイプ (2) は同一の試料や葉上にしばしば混在するが、タイプ (3) は他のタイプとの混在を認めない。これらを一括して *S. smaragdula* complex として扱うことにした (図-7) (SUTO and OHTANI, 2011 b)。

アオブゴケが生じた場合、白藻病藻ではその成長が抑制され、また生殖器官の形成を認めない。このことから、本地衣菌は共生菌ではなく白藻病藻に寄生するもの、すなわち藻の病原であるとする報告がある (CHAPMAN and GOOD, 1983; WARD, 1884; MANN and HUTCHINSON, 1907; THIRUMALACHAR, 1945)。

VI 今後の課題—発生環境と防除

樹勢の減退が本病の発病を促進させると古くから主張されてきた (JOUBERT and RIJKENBERG, 1971; 伊藤, 1973; 小林, 1983; BROOKS et al., 2015)。JOUBERT and RIJKENBERG (1971) はおもに茶園や果樹園での発病を促進する環境条件をまとめているが、それらはつぎのものである—排

水不良、栄養不足、他の病害虫の発生、適正でない剪定、密植。日照と発病の関係については、我が国では日当たりが悪く陰湿な場合に発病が激しいことが指摘されてきた (伊藤, 1973; 小林, 1983)。これらの環境条件との発病との関係については、被害現地での詳しい調査とともに対比する環境条件の設定下での発病程度の比較試験、またその環境が発病に与える生理・生態的影響の追及が必要である。

本病は前年に発病した葉 (前年葉) 上に生じた藻体上に形成された配偶子のうや遊走子のうが島根県松江市では 4~8 月に形成され、それらから配偶子や遊走子が放出されて伝染する。そして新たな藻体は 10 月から発生し、越冬して翌年の伝染源となる。したがって、これら配偶子のうや遊走子のうが形成される以前の 4 月までに、発病葉 (前年葉) を除去・焼却して発病を予防することができると考える。発病現地での実証試験が望まれる。

薬剤防除についてはインドの茶園では古くから銅剤の散布が推奨されてきた (MANN and HUTCHINSON, 1907; WOLF, 1930; JOUBERT and RIJKENBERG, 1971)。近年では浸透性殺菌剤であるカルベンダジム剤やヘキサコナゾール剤を有効とする報告がある (RAMAYA et al., 2013)。我が国においても、本病の発生が多く見られる切枝生産圃場のサカキ、ヒサカキ、また花木・常緑広葉樹を対象とした農薬登録と薬剤防除法の確立が急がれる。

本稿をご校閲いただいた法政大学植物医科学センター堀江博道博士に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) BISCHOFF, H. W. and H. C. BOLD (1963): University of Texas

- Publication No.6318, Texas, p.1~95.
- 2) BROOKS, F. et al. (2015): Plant Dis. **99**: 740~753.
 - 3) CHAPMAN, R. L. and B. H. GOOD (1983): Algal symbiosis: A continuum of interaction strategies. (in Goff, L. J. ed.), Cambridge Univ. Press, London, p.173~204.
 - 4) CHOWDARY, Y. B. K. (1969): Indian J. Microbiol. **3**: 153~158.
 - 5) ————— and G. JOSE (1979): Phykos **18**: 1~9.
 - 6) CUNNINGHAM, D. D. (1879): Trans. Linn. Soc. London, Bot. 2nd Ser. **1**: 301~316.
 - 7) 江塚昭典・木伏秀夫 (1956): 茶業技術研究 **15**: 11~12.
 - 8) FRIES, E. (1829): Systema Mycologicum **3**, Gryphiswaldae, Greifswald, p.327.
 - 9) GODWARD, M. B. E. (1984): Nature **161**: 203.
 - 10) GUIRY, M. D. and G. M. GUIRY (2019): AlgaeBase, World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway, Retrieved on 24 May 2019 from <http://www.algaebase.org/>
 - 11) 原田 浩ら (1998): 千葉生物誌 **48**: 159~163.
 - 12) ICHIMURA, T. and M. WATANABE (1974): Mem. Natn. Sci. Mus. Tokyo **7**: 89~102.
 - 13) 伊藤一雄 (1973): 白藻病 庭木・花木の病害と害虫 (藍野裕久ら 共著), 誠文堂新光社, 東京, p.311.
 - 14) JOUBERT, J. J. and F. H. J. RIJKENBERG (1971): Ann. Rev. Phytopathol. **6**: 45~64.
 - 15) KARSTEN, G. (1891): Annu. Jard. Bot. Buitenzorg **10**: 1~66.
 - 16) 小林享夫 (1983): 新版緑化樹木の病害虫 (上) 病害とその防除, 日本林業技術協会, 東京, p.68.
 - 17) LÜCKING, R. (2008): Follicolous lichenized fungi. Flora Neotropica Monograph **103**: 1~866.
 - 18) MANN, H. H. and C. M. HUTCHINSON (1907): Mem. Dept. Agr. India Bot. Ser. **1**: 1~33.
 - 19) MOLISCH, H. (1926): Sci. Rep. Tohoku Imperial Univ., Biology **1**: 111~117.
 - 20) 中原・坪田美保ら (2016): 藻類 **64**: 77 (講要).
 - 21) —————ら (2018): 同上 **66**: 90 (講要).
 - 22) 日本植物病理学会 (2019): 日本植物病名目録 (2019年4月版), <https://www.ppsj.org/mokuroku.html>
 - 23) 西田藤次 (1914): 新編柑橘病害と予防法, 嵩山堂, 東京, p.169~174.
 - 24) PONMURUGAN, P. et al. (2010): J. Phycol. **46**: 1017~1023.
 - 25) PRINTZ, H. (1939): Nytt Mag., Naturvidenskaberne **80**: 137~210.
 - 26) RAMYA, M. et al. (2013): Crop Prot. **44**: 66~74.
 - 27) RINDI, F. and M. D. GUIRY (2002): J. Phycol. **38**: 39~54.
 - 28) SANTESSON, R. (1952): Symb. Bot. Upsal. **12**: 1~599.
 - 29) 正田いづみら (2014): 藻類 **62**: 66 (講要).
 - 30) 末松四郎 (1951): 和歌山大学芸研究, 自然科学 **2**: 59~63.
 - 31) SUEMATU, S. (1962): Bull. Lib. Arts Coll. Wakayama Univ. Nat. Sci. **12**: 15~52.
 - 32) 周藤靖雄 (1988): ツバキ・サザンカ白藻病, 庭木・花木・林木の病害 (小林享夫 編著), 養賢堂, 東京, p.108.
 - 33) ————— (2001): 白藻病, 花と緑の病害図鑑 (堀江博道ら 編), 全国農村教育協会, 東京, p.358.
 - 34) SUTO, Y. and S. OHTANI (2009): Phycologia **48**: 213~236.
 - 35) ————— (2011 a): Phycol. Res. **59**: 42~51.
 - 36) ————— (2011 b): Lichenology **10**(1): 1~13.
 - 37) 周藤靖雄・大谷修司 (2011 c): 藻類 **59**: 131~138.
 - 38) SUTO, Y. and S. OHTANI (2013): Phycol. Res. **61**: 105~115.
 - 39) 周藤靖雄ら (2019): 関東東山病虫研報 **66**: 39~45.
 - 40) THIRUMALACHAR, M. J. (1945): Proc. Indian Acad. Sci. **B 22**: 374~377.
 - 41) THOMPSON, R. H. and D. WUJEK (1997): *Trentepohliales: Cephaleuros, Phycopeltis, and Stomatochroon*, Morphology, Taxonomy, and Ecology, Science Publishers, Enfield, 149 pp.
 - 42) THOR, et al. (2000): Symb. Bot. Upsal. **32**(3): 1~72.
 - 43) 鶴田章逸 (1914): 病虫害雑 1: 162~166.
 - 44) WARD, H. M. (1884): Trans. Linn. Soc. Lond on Bot. Ser. **2**, **2**: 87~119.
 - 45) WOLF, F. A. (1930): J. Elisha Mitchell Sci. Soc. **45**: 187~205.
 - 46) 吉村 庸 (1974): 原色日本地衣植物図鑑, 保育社, 大阪, p.266.

農林水産省プレスリリース (2019.12.10~2020.1.14)

農林水産省プレスリリースから, 病害虫関連の情報を紹介します。
<http://www.maff.go.jp/j/press> の後にそれぞれ該当のアドレスを追加してご覧下さい。

- ◆「令和元年度第2回生物多様性影響評価検討会総合検討会」の開催及び一般傍聴について (19/12/13)
 (maff.go.jp の後)/docs/press/191213.html
- ◆国際植物防疫年 2020 オフィシャルサポーターの募集 (19/12/13) /syouan/keneki/191213.html
- ◆ベトナム向け日本産りんご生果実の新たな植物検疫条件での輸出解禁について~産地が取り組みやすい条件での輸出が可能となります~ (19/12/13) /syouan/syokubo/191213.html
- ◆農林水産技術会議事務局研究資金事業等に係る事業・公募説明会の開催について (19/12/20) (maff.go.jp の後)/docs/press/191220.html
- ◆「2019年農業技術10大ニュース」の選定について (19/12/24) (maff.go.jp の後)/docs/press/191224.html

植物防疫講座

病害編-25

Cladosporium 属菌による病害の発生生態と防除

—キュウリ黒星病を例に—

岩手県農業研究センター **いわ だて やす や**
岩 舘 康 哉

はじめに

Cladosporium 属菌は、土壌や植物残渣等主に腐生菌として自然環境に広く分布しており、植物病原菌以外にも多い。空气中に浮遊胞子としても存在する常在菌であり、人家でも発生し、パンなどの食品に発生する黒カビや、浴室のタイルの目地に発生した黒色のシミとしてよく見られる。本属菌は、空中飛散する真菌としての検出頻度が高く、成人ぜんそくの主要真菌アレルゲンの一つとされ(秋山, 2000)、医学的にも重要である。植物の葉面からも高頻度で分離され、分生子を飛散してまん延する。野菜類における植物病原菌としては、*Cladosporium cucumerinum* によるキュウリ黒星病、*C. allii-cepae* によるタマネギ黄斑病等が重要である。本稿では、まず *Cladosporium* 属菌の大まかな分類について述べる。次いで野菜類における主要な *Cladosporium* 病害としてキュウリ黒星病を取り上げ、その病徴と被害、発生生態および防除法について述べたい。

I Cladosporium 属菌の分類

Cladosporium 属菌は、子囊菌門(Ascomycota)クロイボタケ綱(Dothideomycetes)カプノジウム目(Capnodi-ales)クラドスポリウム科(Cladosporiaceae)に属する。一般に、PDA培地での菌叢は暗緑色からオリーブ色、裏面は黒褐色から暗緑色を呈する。*Cladosporium* 属菌の形態は堀江(2006)によると以下の通りである。菌糸は隔壁を持ち暗緑色～暗褐色。分生子柄は単性または叢生、直立またはやや曲がり、頂部で反復分枝し、先端部に小柄を生じる。分生子は全出芽・シンボジオ型に形成され、青白色～暗褐色、円筒形～紡錘形、表面は平滑または全面にいぼ状突起を持ち、横隔壁により1～4室、

多くは2室、長く連鎖する。大型の分生子を形成する種では単生。各器官の形態、分生子の隔壁数、表面のいぼの有無、気中菌糸の特徴等により種が類別される。

本属は、これまでに多数の種が報告されてきたが、BENSCH et al. (2012) は、近縁種を含めた計 993 種について形態観察と分子系統解析に基づいて詳細に調査し、*Cladosporium* 属菌を 169 種に整理することを提案している。国内で報告されている植物病害のうち、BENSCH et al. (2012) の分類に基づく *Cladosporium* 属菌(*Davidiella* 属菌の不完全世代に該当するもの)によるものとして、キュウリ黒星病(*C. cucumerinum*)のほか、ブドウ褐点病・カンキツすす斑病(*C. cladosporioides*)、タマネギ黄斑病(*C. allii-cepae*)、サトイモ汚斑病(*C. colocasiae*)やハウレンソウ斑点病(*C. variabile* [syn. *Heterosporium variabile*])等が挙げられる。

Cladosporium 近縁属としては、果樹に黒星病を引き起こす *Venturia* 属菌およびその不完全世代である *Fusicladium* 属菌が植物病原菌として重要である。具体的には、リンゴ黒星病(*Venturia inaequalis*)、セイヨウナシ黒星病(*V. pirina*)、ナシ黒星病(*V. nashicola*)やカキ黒星病(*Fusicladium levieri*)等が挙げられる。また、トマト葉かび病は、当初 *Cladosporium fulvum* という名が与えられたが、形態的特徴の違いなどから、*Cladosporium* 属から独立させ、1属1種の *Fulvia fulvum* が提唱されている(CIFERRI, 1954; 飯田・須志田, 2019)。

II キュウリ黒星病 (*C. cucumerinum*)

野菜類に発生する *Cladosporium* 属菌の病害のうち、我が国において農業上重要な病害の一つとして、キュウリ黒星病が挙げられる。キュウリ黒星病は低温性の病害であるため、低温期の施設栽培のほか、露地夏秋キュウリにおいて問題となる。国内では、1954年に全国的な大発生となり、本州、四国、九州におよぶ広範な地域に大きな被害をもたらした(本橋ら, 1954)。本病は低温多湿条件下で発生が多くなるため、定植時期が低温期と

Ecology and Control of Cucumber Scab Caused by *Cladosporium cucumerinum*. By Yasuya IWADATE

(キーワード: *Cladosporium* 属菌, *Cladosporium cucumerinum*, キュウリ, 黒星病)

なる東北地方の露地夏秋キュウリでは現在も重点防除病害の一つである。東北地方の露地夏秋キュウリの場合、定植直後の6月上旬から6月下旬ごろにかけてと、8月中旬以降の気温が低下してくる時期に発生が多い。また、育苗期や定植直後に発生すると、芯止まりが発生するなど、生育初期の発生はその後の栽培に与える影響が大きい。

本病に関しては、米国において抵抗性品種である‘Maine No. 2’が育成されて以降、この‘Maine No. 2’に由来する単一の優性抵抗性遺伝子を持つ抵抗性品種が多数作出されてきた (PARK and HAVEY, 2004)。本病の発生が品種によって相当差異があるのは古くから認められてきたことであるが (本橋ら, 1954)、国内品種の本病抵抗性に関する情報は乏しく、生産者が抵抗性品種を選択できる状況にない。筆者は岩手県内の主要品種について本病抵抗性を検討したが、実用的な抵抗性を有するものは見当たらなかった (岩館, 2013)。現在主流のブルームレス台木栽培では、自根栽培に比べて、うどんこ病や褐斑病に罹病しやすくなることが知られている (狭間ら, 1993; SAKATA et al., 2006)。しかし、黒星病に関しては、ブルーム台木、ブルームレス台木のいずれに接ぎ木した場合でも、穂木における本病発生への影響はほとんどないようである (岩館, 2013)。

キュウリ黒星病菌 (*C. cucumerinum*) の分生子の形態は小川 (1995) によると以下の通りである。分生子は分生子柄上に鎖状に着生し、紡錘形あるいはレモン形で、うすいオリーブ色を呈し、単胞あるいは一つの隔膜を有する (図-1)。単胞のものが多く、大きさは $4.6\sim 16.4\times 5.7\sim 22.5\mu\text{m}$ である。なお、キュウリ黒星病菌の国内確認種は *C. cucumerinum* のみとされるが、イスラエルでは *C. tenuissimum* による果実の発病が報告されている (BATT, 2004)。

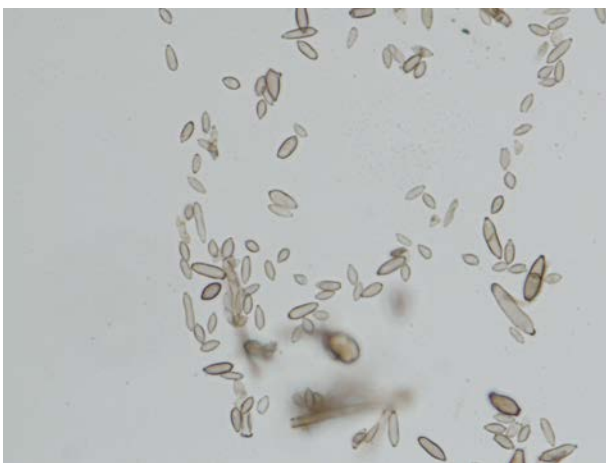


図-1 キュウリ黒星病菌の分生子

III キュウリ黒星病の病徴と被害

本病は主に生長点に近い葉、茎、幼果等に発生する (図-2A)。育苗期や定植直後に発生すると、生長点が枯死し、芯止まりとなる (図-2B)。芯止まりとならなかった場合でも株全体が萎縮し、その後の生育が遅延する場合もある。葉では、黄褐色から暗緑色の斑点ができ、やがて穴があく (図-2C)。発病葉は生長に伴ってゆがみ、奇形となる。感染・発病時期が葉の展開中であった場合は、葉全体に黄褐色のまばらな斑点病斑を形成することもある (図-2D)。茎では、はじめ暗緑色の斑点ができ (図-2E)、その後黄褐色のくぼんだ紡錘形の病斑となり、ヤニを生じる (図-2F)。果実には円形、暗褐色のくぼんだ病斑が形成され (図-2G)、茎の病斑と同様にヤニを生じる (図-2H)。適湿条件下で数日経過すると果実病斑部の表面には暗緑色の菌叢を生じる (図-2I)。

定植直後など、生育初期に発病した場合、キュウリの生育が著しく阻害されるとともに、収穫時期以降に発生してくる果実病斑と相まって、被害は大きい。果実病斑が多発生した場合は、ほとんど出荷できなくなることもある。潜伏期間が2日程度と極めて短いことから、ひとたび発生すると薬剤で防除しきれずに栽培継続を断念する事例もある。

IV キュウリ黒星病の発生生態

C. cucumerinum は、主としてキュウリに感染するが、日本植物病名目録データベースで検索すると、メロン、マクワウリ、カボチャ、シロウリにおいて同一病原菌による黒星病が報告されている。そのほか、病名としては未提案であるものの、スイカ、カンピョウ、ヒョウタン、ユウガオにおける発病の観察記録が残されている (池野, 1951; 本橋ら, 1954)。また、林・遠藤 (1975) は、キュウリより分離した黒星病菌を用いた接種試験の結果、キュウリ、スイカ等のほかにトウガン、ニガウリでの発病を認めた一方で、ヘチマでは全く発病しないなど、発病程度はウリ科植物の種類によって著しく異なるとしている。

病原菌は被害茎葉のほか、キュウリネット、支柱等の資材に付着して越冬し、伝染源となる。また、種子伝染の可能性も指摘されている (高梨・岩田, 1957)。本病の発病適温は 17°C 程度と低いため、気温が低く、降雨の続く環境条件は本菌に好適である (高梨・岩田, 1964)。病原菌の侵入適温は $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ と発病適温より高く、潜伏期間は 24°C で48時間程度と極めて短い。低温条件ではキュウリの抵抗力が低下するため、低温多湿下

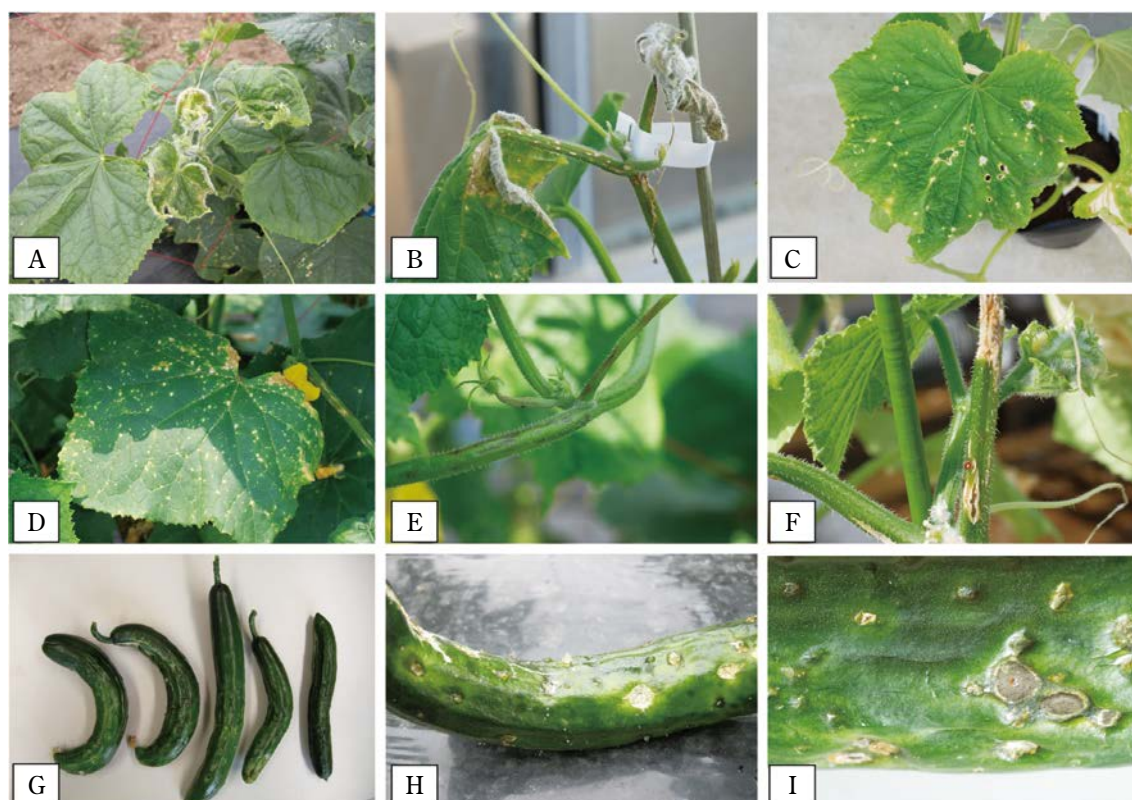


図-2 キュウリ黒星病の病徴

A：生長点の病徴（発病初期）。B：生長点の枯死（芯止まり）。C・D：葉の病斑。
E：茎、幼果の病斑（暗緑色，発病初期）。F：茎の病斑（黄褐色，紡錘形）とヤニ。
G：発病果。H：果実病斑とヤニ。I：果実病斑上に形成された暗緑色の菌叢。

で被害が大きくなりやすい。本病の病勢進展は気象条件に大きく左右される。年次によっては葉の発病がほとんど確認されないにもかかわらず、果実病斑だけが多発することもある。また、葉の病斑が増加してくる前に主茎の生長点が発病し、芯止まりとなることもある。

V キュウリ黒星病の防除法

現在のところ、国内品種における本病抵抗性に関する情報は乏しいため、生産者が抵抗性品種を選択して栽培することは困難である。このため、耕種的防除と薬剤防除を主体とした対策を講じる。

病原菌は、被害残渣や資材に付着した巻きひげ等で越冬する。そのため、発病株は適切に処分し、残渣が圃場に残らないようにする。伝染源対策として、キュウリネットなどの被害茎葉などが付着しやすい資材はできる限り再利用しない。また、支柱などの資材は巻きひげなどの残渣は除去し、よく洗浄する。本病については、種子伝染の可能性も指摘されているため、消毒済み種子を購入するか、無消毒種子の場合は、必ず種子消毒を実施する。

東北地方の露地夏秋キュウリの場合、生育初期に多発

すると被害が大きくなりやすく、栽培後半まで薬剤防除が必要となるので、計画的な予防散布が重要である。これまでに筆者が実施した薬剤防除試験結果（岩館，2011）および岩手県農作物病害虫・雑草防除指針（2019）をもとに、本病に対する各種薬剤の防除効果を表-1にとりまとめた。表-1を参考に、定植後から発病初期まではマンゼブ水和剤、TPN水和剤（およびTPN混合剤）等の保護殺菌剤を主体に予防散布を実施する。本病の潜伏期間は2日程度と短く、生長点部分や若い葉が感染しやすいので、散布の際は、生長点などの先端部にも薬液が十分にかかるようにていねいに散布する。古くから本病防除剤として活用されてきたチオファネートメチル水和剤は、耐性菌が優占している場合があるので（岩館・吉田，2011）、同剤の防除効果が認められない場合は他剤を選択する。栽培中に本病の発生を認めた場合は、ただちに本病に効果の高い薬剤を散布するとともに、5～7日間隔での薬剤散布を繰り返す。本病の防除は予防散布が基本であるが、発病確認後の散布となる場合は、治療効果の高いアゾキシストロビン混合剤、ジフェノコナゾール剤を選択する。なお、QoI殺菌剤やDMI殺菌剤を

表-1 各種薬剤のキュウリ黒星病に対する防除効果 (2019 年度岩手県病害虫・雑草防除指針より抜粋・改変)

種類名	(商品名)	系統名	FRAC コード	希釈倍数	黒星病に 対する効果※
マンゼブ水和剤	(ジマンダイセン水和剤)	ジチオカーバメート	M3	600 倍	◎
マンゼブ水和剤	(ベンコゼブ水和剤)	ジチオカーバメート	M3	600 倍	◎
ペンチオピラド・TPN 水和剤	(ベジセイバー)	SDHI + クロロニトリル	7 + M5	1,000 倍	◎
アゾキシストロビン・TPN 水和剤	(アミスターオブティフロアブル)	QoI 殺菌剤 + クロロニトリル	11 + M5	1,000 倍	◎
イミノクタジナルベシル酸塩・ ピリベンカルブ水和剤	(ファンベル顆粒水和剤)	ビスグアニジン + QoI 殺菌剤	M7 + 11	1,000 倍	◎
ジフェノコナゾール水和剤	(スコア顆粒水和剤)	DMI 殺菌剤	3	2,000 倍	◎
TPN 水和剤	(ダコニール 1000)	クロロニトリル	M5	1,000 倍	○
トリフルミゾール水和剤	(トリフミン水和剤)	DMI 殺菌剤	3	3,000 倍	○
イミノクタジナルベシル酸塩水和剤	(バルクートフロアブル)	ビスグアニジン	M7	2,000 倍	△
イミノクタジン酢酸塩・銅水和剤	(ベフドー水和剤)	ビスグアニジン + 無機化合物	M7 + M1	500 倍	△
チオファネートメチル水和剤	(トップジン M 水和剤)	MBC 殺菌剤	1	1,500 倍	△～◎

※黒星病に対する効果 ◎：優れる ○：有効 △：劣る。
チオファネートメチル剤は、耐性菌の発生が確認されている。

使用する場合は、耐性菌の発生を回避するため、連用と
ならないように十分注意する。露地夏秋キュウリの場
合、梅雨明け後の盛夏期には病勢進展がいったん停滞す
るが、発病圃場では秋雨時期に再び発病が増加するの
で、盛夏期も定期的に薬剤散布を実施し、秋期の発生を
抑制する。

お わ り に

C. cucumerinum によるキュウリ黒星病は、東北地方
の露地夏秋キュウリにおいて散発的に被害が発生し問題
となっている。本病に効果の高い薬剤は複数あるものの
(表-1)、今後は薬剤防除における耐性菌リスク管理が重
要になると思われる。現在のところ、本病に関して耐性
菌の発生が問題となっているのは MBC 殺菌剤に限られ
ているが、QoI 剤、SDHI 剤の耐性菌発達事例も報告さ
れている(石井, 2014)。また、近縁種のリンゴ黒星病で
は、MBC 殺菌剤のほか、QoI 殺菌剤、DMI 殺菌剤の感
受性低下が問題となっている(雪田, 2017)。QoI 殺菌
剤や DMI 殺菌剤は本病に対して効果が高く防除体系構
築のうえで重要な薬剤である。耐性菌を生じさせないよ

うにマンゼブ剤、TPN 剤等の多作用点阻害剤を活用した
予防散布に重点を置いた防除体系の構築が重要である。

引 用 文 献

- 1) 秋山一男 (2000): 真菌誌 **41**: 149～155.
- 2) BATT, Y. A. (2004): Eur. J. Plant Pathol. **110**: 1003～1009.
- 3) BENSCH, K. et al. (2012): Stud. Mycol. **72**: 1～401.
- 4) CIFERRI, R. (1954): Atti Ist. Bot. Lab. Critt. Univ. Pavia, Ser.5,
10: 237～251.
- 5) 林 重昭・遠藤忠光 (1975): 北日本病虫研報 **26**: 48.
- 6) 狭間 渉ら (1993): 日植病報 **59**: 243～248.
- 7) 堀江博道 (2006): カラー版植物病原アトラス (米山ら 編),
ソフトサイエンス社, 東京, p.222.
- 8) 飯田祐一郎・須志田浩稔 (2019): 植物防疫 **73**: 716～720.
- 9) 池野早苗 (1951): 植物防疫 **5**: 340～341.
- 10) 石井英夫 (2014): 日植病報 **80**: 289 (講要).
- 11) 岩館康哉 (2011): EBC 研究会誌 **7**: 7～17.
- 12) ———・吉田雅紀 (2011): 北日本病虫研報 **62**: 59～64.
- 13) ——— (2013): 同上 **64**: 72～75.
- 14) 岩手県農作物病害虫・雑草防除指針 (2019): p. 病害虫 77～78.
- 15) 本橋精一ら (1954): 植物防疫 **8**: 431～435.
- 16) 小川 正 (1995): 作物病原菌研究技法の基礎—分離・培養・
接種— (大畑ら 編), 日本植物防疫協会, 東京, p.159～160.
- 17) PARK, Y. H. and M. J. HAVEY (2004): HortScience. **39**: 163～164.
- 18) SAKATA, Y. et al. (2006): J. Japan. Soc. Hort. Sci. **75**: 135～140.
- 19) 高梨和雄・岩田吉人 (1957): 関東病虫研報 **4**: 38.
- 20) ——— (1964): 植物防疫 **18**: 139～143.
- 21) 雪田金助 (2017): 北日本病虫研報 **68**: 102～107.

植物防疫講座

虫害編-24

野菜のコガネムシ類の発生生態と防除

鹿児島県農業開発総合センター大島支場 はやし かわ しゅう じ
林 川 修 二

はじめに

コガネムシ類はコウチュウ目 (Coleoptera) のコガネムシ科 (Scarabaeidae) に属する昆虫で、幼虫は土壤中に生息し、植物の根や塊茎等を摂食する土壌害虫である。近年では促成ピーマンで被害が発生するなど、多くの農作物で被害が問題となっている。特に根菜類などでは表皮部の食害により商品性が著しく低下し、それ以外の作物では根の切断に伴う生育不良や欠株等により収量に影響する。さらに成虫も多くの植物の葉などを摂食するため問題となる。被害が各地で増大し、問題化したのは1960年代後半であり(西垣, 1977)、現在もなお被害は大きく、防除が困難な重要害虫である。農作物の害虫として59種、野菜ではスジコガネ亜科 Rutelinae のアオドウガネ *Anomala albopilosa* (Hope)、サクラコガネ *A. daimiana* Harold、スジコガネ *A. testaceipes* (Motschulsky)、ツヤコガネ *A. lucens* Ballion、ドウガネブイブイ *A. cuprea* (Hope)、ヒメコガネ *A. rufocuprea* Motschulsky、コイチャコガネ *Adoretus tenuimaculatus* Waterhouse、セマダラコガネ *Blitopertha orientalis* (Waterhouse)、マメコガネ *Popillia japonica* Newman およびコフキコガネ亜科 Melolonthinae のオオクロコガネ *Holotrichia parallela* (Motschulsky)、アカビロウドコガネ *Maladera castanea* (Arrow)、ヒメビロウドコガネ *M. orientalis* (Motschulsky)、ビロウドコガネ *M. japonica* (Motschulsky) の13種の記録がある(表-1; 農林有害動物・昆虫名鑑増補改訂版, 2006)。鹿児島県ではコガネムシ類の被害は主幹作物であるサツマイモで大きいことから、クロチアニン粒剤を用いた植付時機械化一工程技術を開発し、普及している。ここでは優占種であったアオドウガネを中心に得られた知見を含め、コガネムシ類の発生生態や防除対策等について紹介する。

表-1 コガネムシ類 13 種の加害作物

種名	作物名
アオドウガネ	サトイモ、イチゴ、サツマイモ、ピーマン
サクラコガネ	サツマイモ
スジコガネ	インゲンマメ、エンドウ、ソラマメ、ウリ類、ジャガイモ
ツヤコガネ	インゲンマメ、エンドウ、ソラマメ、ジャガイモ
ドウガネブイブイ	インゲンマメ、エンドウ、ソラマメ、アカザ科野菜、トウガラシ、ピーマン、ウリ類、アブラナ科野菜、ゴボウ、レタス、シソ、フダンソウ、ホウレンソウ、サトイモ、シヨウガ、イチゴ、サツマイモ
ヒメコガネ	インゲンマメ、トウガラシ、ピーマン、ウリ類、アブラナ科野菜、ゴボウ、サトイモ、イチゴ、ジャガイモ、サツマイモ
コイチャコガネ	インゲンマメ
セマダラコガネ	サツマイモ
マメコガネ	インゲンマメ、エンドウ、ソラマメ、イチゴ、サツマイモ
オオクロコガネ	インゲンマメ、サトイモ、サツマイモ
アカビロウドコガネ	インゲンマメ、アブラナ科野菜、ゴボウ、ナガイモ、ヤマノイモ、イチゴ、サツマイモ
ヒメビロウドコガネ	インゲンマメ、イチゴ、ジャガイモ
ビロウドコガネ	アブラナ科野菜、サツマイモ

農林有害動物・昆虫名鑑増補改訂版(2006)に記載のある作物を示す。なお、アオドウガネのピーマンは記載がないが、発生を認めたので追記。

I 被害

サツマイモ栽培ではアオドウガネ幼虫の1齢は土壤中の有機物を主に摂食し、2齢以降に塊根を摂食するようになり、発達した大あご(大腮)で塊根の表面や根を切り加害する。食害痕は種によって形状が多少異なり(図-1)、表面は粗いため土壌が詰まりやすい。促成ピーマン栽培(定植:8月下旬~9月)での被害は、11月ころから葉の下垂や生育が遅延する株が増加し、掘り起こすとコガネムシ類幼虫と根の切断が認められる。ピーマ

Ecology and Management of Scarab Beetles Occurring in Vegetable Fields. By Shuji HAYASHIKAWA

(キーワード: アオドウガネ, サツマイモ, 土壌害虫, 幼虫分布, 粒剤処理)

ンの生育は2月ころから回復傾向となるが収量が低下し、4月ころからは羽化成虫が果実を加害する。

II 発生生態

1 産卵習性

コガネムシ類はほとんどが年1回の発生で、本県での誘殺灯による成虫の発生盛期は種(図-2)により異なるが、全体の誘殺期間は主に6~9月である。羽化した成虫は餌となる植物へ移動し、そこで摂食、交尾して生殖機能を発達させた後に畑地や草地に飛来し土中に潜って産卵する。潜土の深さはヒメコガネでは5~10 cm(大内, 1980)、ドウガネブイブイは耕盤近くまで潜行しながら1粒ずつバラバラに産卵する(稲生・高井, 1984)。

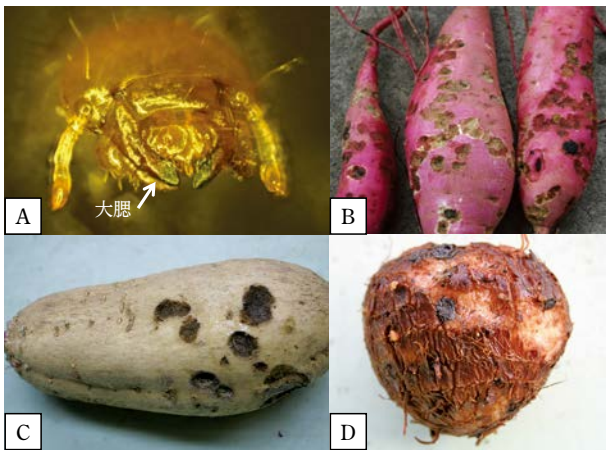


図-1 コガネムシ類の幼虫頭部と食害痕

A: ヒメコガネ 2 齢幼虫の頭部, B: サツマイモの食害痕 (アオドウガネ), C: サツマイモの食害痕 (オオクロコガネ), D: サトイモの食害痕 (アオドウガネ)。

アオドウガネも実験では耕盤のある 60 cm 程度まで産卵した(林川ら, 2017)。産卵は腐植や水分を適当に含んだ軽しような埴壤土に多く(沢・田村, 1953)、乾燥した土壌および硬度の高い土壌では少ない(斉藤ら, 1990)。なお、アオドウガネの産卵数は1雌当たり35~160粒程度である。

2 幼虫発育

アオドウガネ幼虫は脱皮を繰り返し、3 齢を経て蛹になり、成虫となる。3 齢は摂食期(体色は乳白色)と非摂食期(体色が輝黄色となるため、黄熟期とも言われる)に区別される(法橋・長嶺, 1978)。発育零点は13℃で、有効積算温度は卵が200日度、1 齢が324日度、2 齢が420日度である(長嶺, 1978)。3 齢の白色幼虫の黄色化は加温により促進されるが、黄熟期は加温によって長引き、低温処理した後に加温すると短縮される(法橋・長嶺, 1978)。成虫の発生が増加する8月上旬に採卵して飼育した個体は、露地条件では9月上旬までに2 齢になり、10月上旬から3 齢となり越冬した。翌年の4月下旬から3 齢黄熟期に入り、6月下旬までに蛹化し、6月上旬から羽化した(山下ら, 1998)。促成ピーマンの定植期となる9月上旬に採卵し、25℃恒温条件で飼育した後に9月下旬からハウス内(最低気温を18℃で管理)に移した個体は10月中旬には2 齢、11月上旬に3 齢となり、1月下旬には3 齢黄熟期に発育したが、露地圃場に移した個体は発育が停止し2 齢で越冬した(表-2)。ハウス内では地温(地表面下15~20 cm)が発育零点以上で推移するため、冬期間も幼虫は発育する(図-3; 林川ら, 2017)。

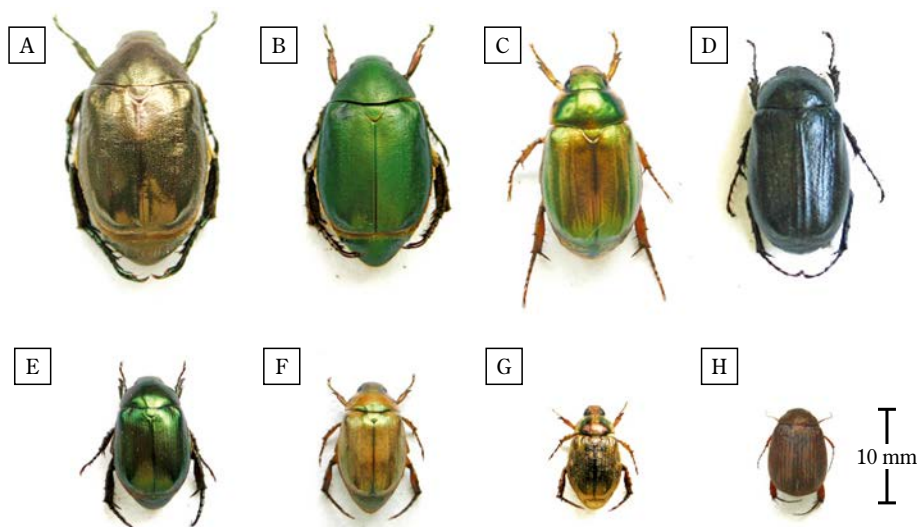


図-2 誘殺灯で採集されるコガネムシ類(鹿児島県鹿屋市)

A: ドウガネブイブイ, B: アオドウガネ, C: サクラコガネ, D: クロコガネ, E: ヒメコガネ, F: ヒメサクラコガネ, G: セマダラコガネ, H: ビロウドコガネ類。

表-2 促成ピーマン栽培ハウス内圃場および露地圃場の土中に埋設した飼育用器内のアオドウガネ幼虫の発育推移（2013～14年）

埋設場所	齢期	調査月日							
		9/26	10/23	11/18	12/9	1/6	1/31	2/25	3/20
ハウス内	1 齢	100	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2 齢	0.0	66.7	70.0	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	3 齢（白色）	0.0	0.0	30.0	88.9	100	77.8	11.1	11.1
	3 齢（黄色）	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.2	88.9	88.9
露地	1 齢	100	37.5	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2 齢	0.0	62.5	87.5	100	100	100	100	100
	3 齢（白色）	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3 齢（黄色）	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

林川ら（2017）を一部改編。表中の数値は構成比（％）を示す。

調査地点：鹿児島県志布志市。2013年9月2日～26日までは25℃設定恒温器内で保管し、27日に埋設。ハウス内は促成ピーマン栽培ハウス内圃場（最低気温18℃で管理）、露地は露地圃場を示す。

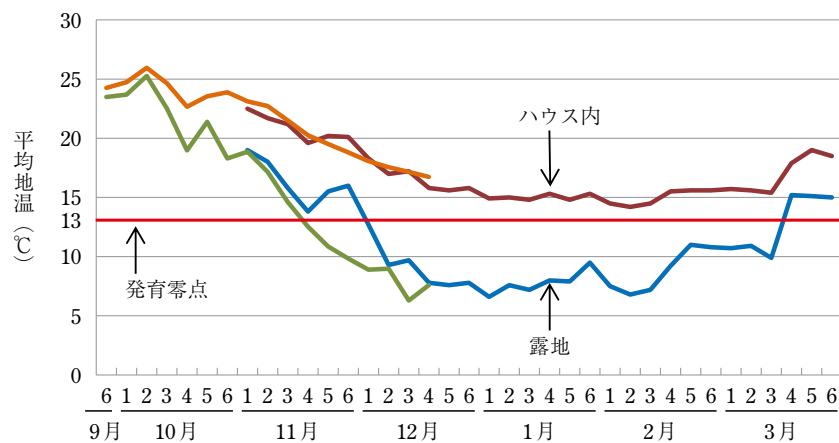


図-3 アオドウガネ幼虫の飼育容器を埋設した場所の地温の推移（鹿児島県志布志市）
林川ら（2017）を一部改編。オレンジ（2013年）、エンジ（2014～15年）は促成ピーマン栽培ハウス内圃場の地温、グリーン（2013年）、ブルー（2014～15年）は露地圃場の地温を示す。測定位置は地表面下15～20cmで、グラフは半月ごとの平均値を示す。

3 幼虫の移動能力および畦内分布

コガネムシ幼虫の移動能力は高く、ドウガネブイブイでは活動に周期性は認められず、昼夜の別なく活発に活動する（上田ら，1991）。幼虫の移動距離は室内試験では1時間当たり平均10～15cm，野外のサツマイモ圃場では3週間で13～17mと大きい（松井，1991）。アオドウガネの卵をサツマイモ栽培での産卵場所と考えられる畦裾（地表面下3～5cm）に接種すると産卵後15～21日の採集幼虫はすべて1齢で、ほとんどが畦裾付近に分布したが、畦内中央部でも認められ、1齢期に畦内に侵入することが明らかとなった。また、そのほとんどが地表面から耕盤までの中下層に多く分布し（図-4）、自然発生した幼虫の分布も齢期にかかわらず、同様であった（林川ら，2013）。

III 簡易識別

幼虫は発達した3対の胸脚があるが腹脚はなく、静止すると体をC字体にわん曲する。肉眼ではコガネムシ類幼虫の種を判別することは困難で、成虫まで飼育するとかかなりの時間と労力を要する。幼虫の腹部末端（尾節）腹面に特徴のある刺毛域（ラスター）があり、その刺毛の配列は種類によって特徴があるため、実体顕微鏡下で簡易的な種の判定に利用できる（図-5）。澤田（1967）が、圃場にみられるコガネムシ類35種について幼虫識別の図解検索を報告しているので、識別に際し参考にされたい。

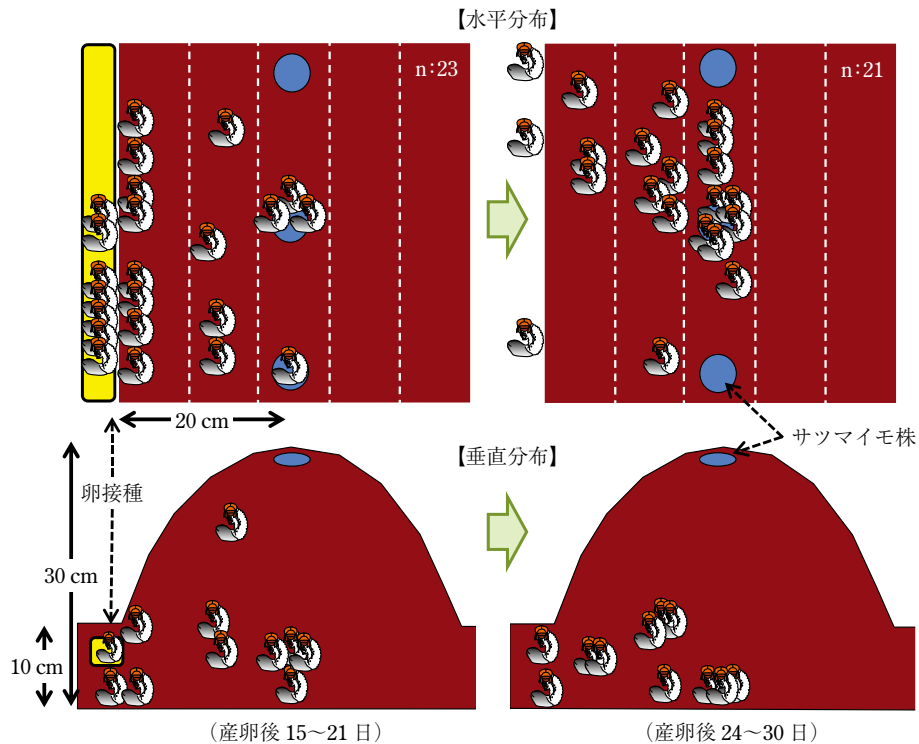


図-4 アオドウガネ 1 齢幼虫のサツマイモ栽培畦内分布 (卵接種)

2009 年 8 月 12~18 日に産卵された卵を 8 月 18 日に畦裾 (地表面下 3~5 cm) へ 100 粒埋設し, 9 月 2 日, 11 日に畦内の幼虫分布を各調査. サツマイモの株間は 30 cm. 黄色部は卵の埋設位置を示す.

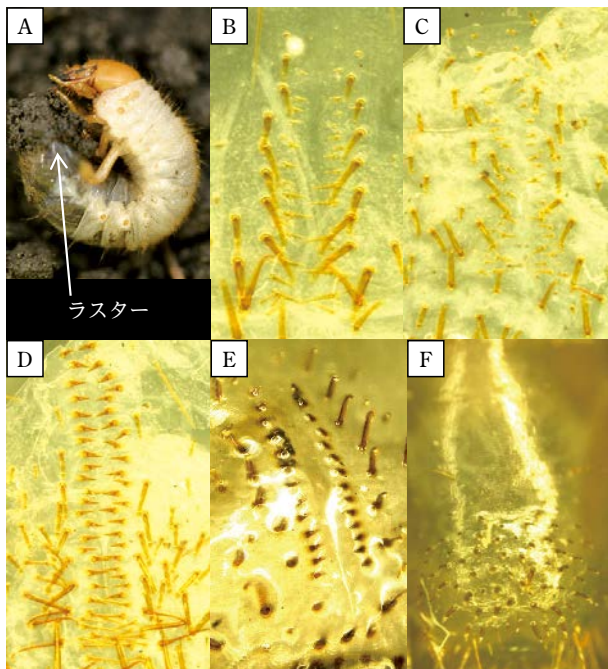


図-5 コガネムシ類幼虫のラスター

A: アオドウガネ (3 齢), B: アオドウガネ (1 齢), C: ドウガネブイブイ (1 齢), D: ヒメコガネ (3 齢), E: セマダラコガネ (3 齢), F: オオクロコガネ (2 齢).

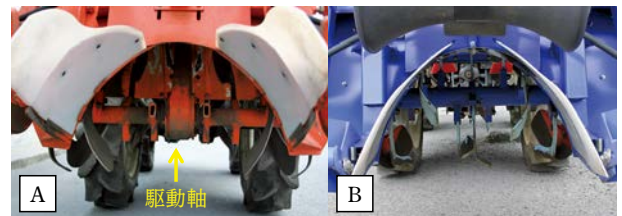


図-6 駆動軸の位置が異なる畦立マルチャ

A: センタードライブマルチャ, B: サイドドライブマルチャ.

IV 防 除 対 策

1 化学的防除

サツマイモ栽培ではコガネムシ類幼虫に対して粒剤の畦立時土壌混和处理が一般的である。薬剤の畦内分布を把握するために, 小粒大豆を作条処理と全面処理し, マルチャで畦立てするといずれも畦中央から上部に集中した (松井, 1993)。また, 着色肥料を作条処理 (処理幅 10 cm) し, 駆動軸がロータリー中央にあるセンタードライブマルチャ (CD マルチャ) とロータリー側面にあるサイドドライブマルチャ (SD マルチャ) (図-6) でそれぞれ畦立てを行うと CD マルチャではほぼ混和されおらず, SD マルチャでは垂直方向への混和が認められた。肥料・農薬を畦内に均等に混和するには SD マル

チャもしくは類似の構造となる2畦マルチャが適し、処理幅は畦底部相当が望ましいことが示唆された(馬門ら, 2012)。このように粒剤の処理では処理方法や使用マルチャにより畦内の薬剤分布が異なる。コガネムシ類幼虫は畦の中下層に多く分布するため、薬剤の畦内分布が防除効果に及ぼす影響は大きいと考えられる。

2 生物的防除

コガネムシ類の天敵資材として昆虫病原性線虫(スタイナーネマ・クシダイ *Steinernema kushidai*, スタイナーネマ・カーボカプサエ *S. carpocapsae*) が実用化されているが、殺虫性は温度や湿度といった環境条件の影響を受ける。土着天敵としては黒きょう病菌 *Metarhizium anisopliae* やボーベリア属菌(ボーベリア・バシアーナ(白きょう病菌) *Beauveria bassiana*, ボーベリア・ブロンニアティ *B. brongniartii*) が知られる(天敵大事典, 2004)。沖縄県では石垣島でヒメハラナガツチバチ *Campsomeris annulata* がアオドウガネ3齢幼虫に対して場所によっては40~50%の寄生率を示すことが確認されている(長嶺, 1978)。しかし、これらの現地での防除利用事例は極めて少ないのが実態である。

おわりに

コガネムシ類以外にも土壌害虫としてはハリガネムシ

類、ゾウムシ類、ハムシ類等多く存在し、有効な登録薬剤も少なく生態的にも不明な点が多いため、いずれも防除が困難である。また、有効薬剤があっても、処理方法やトラクター等の使用機械等により防除効果が影響されることが考えられる。このため、害虫の生態に応じた薬剤処理技術の開発が必要であり、本県では機械部門との共同研究が進められている。本稿がコガネムシ類幼虫防除の参考になれば幸いである。

引用文献

- 1) 馬門克明ら (2012): 農業生産技術管理学会誌 19 (別冊1): 64~65.
- 2) 林川修二ら (2013): 鹿児島農総セ研報 7: 39~46.
- 3) ——— (2017): 九病虫研報 63: 96~101.
- 4) 法橋信彦・長嶺将昭 (1978): 植物防疫 32: 267~272.
- 5) 稲生 稔・高井 昭 (1984): 同上 38: 395~398.
- 6) 松井武彦 (1991): 関東病虫研報 38: 221~222.
- 7) ——— (1993): 植物防疫 47: 94~97.
- 8) 長嶺将昭 (1978): 今月の農業(7): 109~115.
- 9) 西垣定治郎 (1977): 植物防疫 31: 435~440.
- 10) 日本応用動物昆虫学会 (2006): 農林有害動物・昆虫名鑑 増補改訂版, 日本植物防疫協会, 東京: 138~159.
- 11) 大内義久 (1980): 植物防疫 34: 413~418.
- 12) 斉藤浩一ら (1990): 関東病虫研報 37: 179~180.
- 13) 沢 良三・田村市太郎 (1953): 茨城農試臨時報告 213 pp.
- 14) 澤田玄正 (1967): 植物防疫 21: 293~296.
- 15) 天敵大辞典 (2004): 農文協, 東京, p.147~159, p.187~197.
- 16) 上田康郎ら (1991): 関東病虫研報 38: 223~224.
- 17) 山下琢也ら (1998): 九病虫研報 44: 67~71.

発生予察情報・特殊報 (2019.11.29~12.31)

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

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

- キャベツ：トビイロシワアリ(神奈川県：初) 11/29
- ホウレンソウ：クロテンコナカイガラムシ(奈良県：初) 12/3
- モモ：クビアカツヤカミキリ(和歌山県) 12/2
- ばれいしょ：ミツユビナミハダニ(愛媛県：初) 12/2
- オリーブ：オリーブ立枯病(広島県：初) 12/5
- キュウリ：トマト黄化えそウイルス(TSWV)(福島県：初) 12/10

- ネギ：ネギハモグリバエ別系統(滋賀県：初) 12/11
- ネギ：ネギハモグリバエ別系統(大阪府：初) 12/17
- キュウリ：キュウリ黄化えそ病(東京都：初) 12/19
- ナシ：コスカシバ(山口県：初) 12/20
- シクラメン：キク茎えそウイルス(CSNV)(福岡県：初) 12/24
- ネギ：ネギハモグリバエ別系統(愛知県：初) 12/25

植 物
防 疫
講 座

農薬編-23

細胞膜のステロール生合成阻害剤

シンジェンタジャパン株式会社 ^{う が じん} 宇賀神 ^{つとむ はやし} 勉・林 ^{けいすけ} 敬介

はじめに

本稿では、Crop Life International 傘下の FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) による作用機構で G に分類される細胞膜のステロール生合成阻害剤について解説する (表-1) (農薬工業会, 2019)。

ステロールは生物の細胞膜の重要な構成成分の一つである。動物のステロール類の主成分はコレステロールで、糸状菌におけるそれはエルゴステロールである。これらのステロールはリン脂質二重層の間に存在し、細胞膜の強度や物質の膜透過性に関与する。糸状菌におけるエルゴステロールは、酢酸を原料に、アセチル CoA,

表-1 細胞膜のステロール生合成を阻害する殺菌剤の作用機構分類 (農薬工業会, 2019 を一部改変)

作用機構	作用点	グループ名	化学グループ名	有効成分名	耐性菌リスク	FRAC コード
G: 細胞膜のステロール生合成	G1: ステロール生合成の C14 位の脱メチル化酵素	DMI 殺菌剤 (脱メチル化阻害剤) (SBI: クラス I)	ピペラジン	トリホリン	中 グループ内で耐性差が大きい。複数の病原菌において耐性が発生している。DMI 間で交差耐性が発生しているとみなしたほうがよい。DMI と他の SBI は交差しない。	3
			ピリミジン	フェナリモル		
			イミダゾール	オキシボコナゾールフマル酸塩		
				ベフラズエート		
				プロクロラズ		
				トリフルミゾール		
			トリアゾール	シプロコナゾール		
				ジフェノコナゾール		
				フェンブコナゾール		
				ヘキサコナゾール		
				イミベンコナゾール		
				イブコナゾール		
				メトコナゾール		
				ミクロブタニル		
				プロピコナゾール		
				シメコナゾール		
				テブコナゾール		
				テトラコナゾール		
	G3: ステロール生合成の C4 位脱メチル化における 3-ケト還元酵素	KRI 殺菌剤 (ケト還元阻害剤) (SBI: クラス III)	ヒドロキシアニリド	フェンヘキサミド	低~中	17
			アミノピラゾリノン	フェンピラザミン		
	G4: ステロール生合成のスクワレンエポキシダーゼ	(SBI: クラス IV)	チオカーバメート	ビリブチカルブ	耐性菌未発生	18

Sterol Biosynthesis Inhibitors. By Tsutomu UGAJIN and Keisuke HAYASHI

(キーワード: 細胞膜ステロール生合成, 殺菌剤, エルゴステロール生合成阻害剤, SBI, EBI, 作用機構, 薬剤抵抗性)

メバロン酸、スクワレン、ラノステロールを経て生合成され、その代謝系内で複数の阻害部位に作用する薬剤を総称してステロール生合成阻害剤 (Sterol Biosynthesis Inhibitor, SBI 剤) もしくはエルゴステロール生合成阻害剤 (Ergosterol Biosynthesis Inhibitor, EBI 剤) と呼ばれる (図-1)。ただし、すべての糸状菌においてエルゴステロールが主要なステロールではないので、作用機構 G に含まれる薬剤を総称する場合は SBI 剤の使用が適切とされる。

SBI 剤はステロールを細胞膜成分としない細菌類、卵菌類を除き、子囊菌、担子菌等幅広い糸状菌に対して抗菌活性を示すことが確認されている。さらに予防、治療効果を併せ持ち、浸透移行性および残効性を示す化合物もある。また、殺菌剤耐性の発達が一般に比較的遅いことが特徴である。化合物としては多様性に富み、現在の農業用殺菌剤として国内登録を有する SBI 剤の作用点は G1, G3 および G4 の三つのグループに分類される (表-1)。なお、G2 については国内にて農業登録を有す

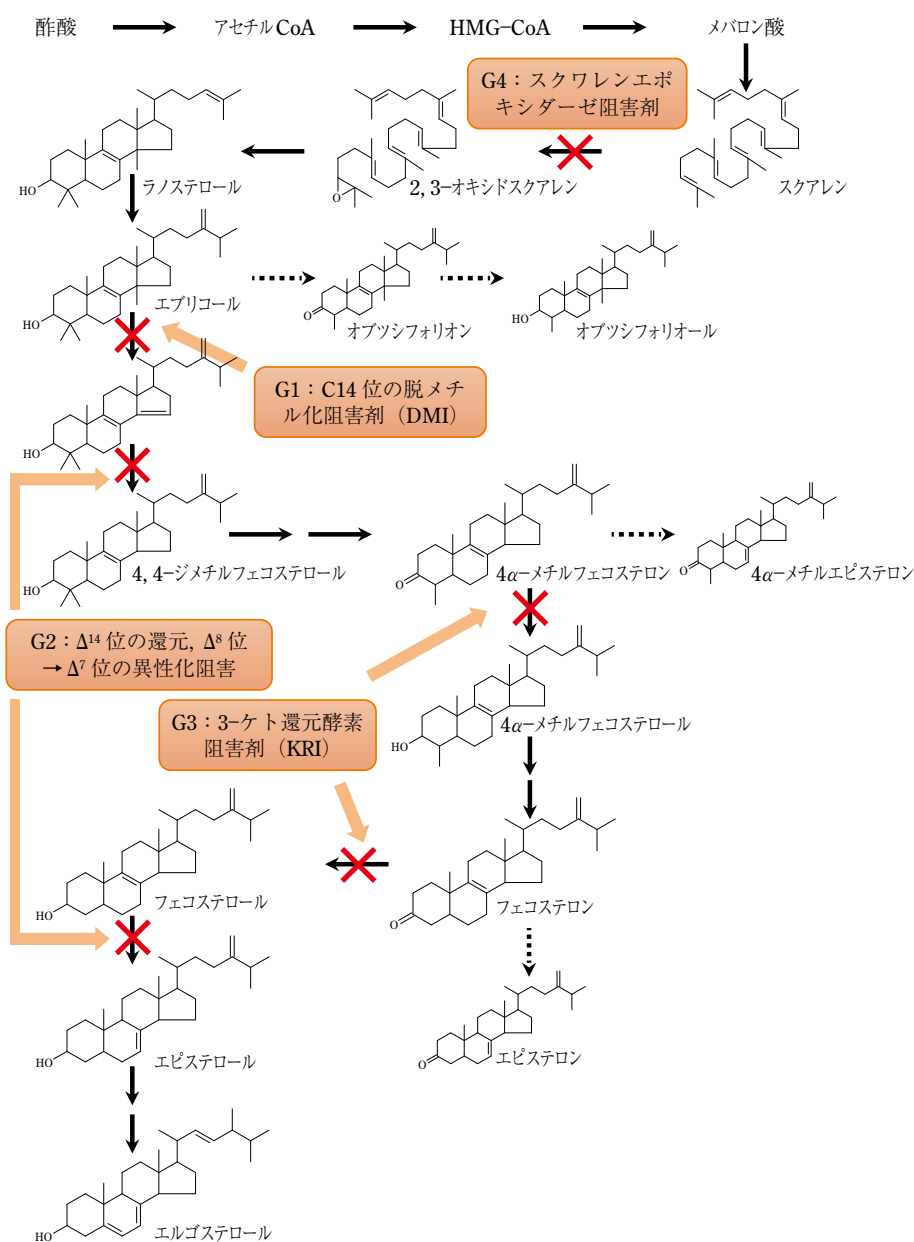


図-1 エルゴステロール生合成経路およびステロール生合成阻害剤の阻害部位

→ 通常のエルゴステロール生合成経路。

..... ステロール生合成阻害剤によって誘導される生合成経路。

✗ ステロール生合成阻害剤の阻害部位。

VANDEN BOSSCHE, H. et al. (1994), LEROUX, P. et al. (2002), DEBIEU, D. et al. (2001) を参考に作図。

る薬剤はない。本稿では国内に登録を有するこれらのグループについて焦点をあてたい。

I 開発の歴史

糸状菌のステロール生合成阻害作用を示す化合物として初めて報告されたのはトリアリモールである (BROWN and HALL, 1971)。トリアリモールの化学構造が動物のコレステロール低下剤トリパラノールに似ていることに注目して研究が進められ、トリアリモールのコムギうどんこ病菌に対する作用を調べたところ、薬剤処理された植物葉上で分生子の発芽や吸器形成は正常であったが、その後の菌糸伸長が止まることが報告された。さらにトウモロコシ黒穂病菌に対してトリアリモールがステロールの代謝異常を誘導し、エルゴステロールの生合成を阻害することが見いだされた (RAGSDALE and SISLER, 1972)。

その後、ピペラジン系のトリホリンが登場し、日本で最初に SBI 剤として開発され、1977 年に農薬登録を取得した。トリホリンは前出のトリアリモールと同様の作用を示し、抗菌スペクトルもトリアリモールと類似していることから、その機構について詳しく研究された。トリアリモールに対して耐性を示す菌株はトリホリンに対しても耐性であること、またトリホリンがアカパンカビに対してステロールの代謝異常を誘導し、エルゴステロールの生合成を阻害することを確認し、トリホリンやトリアリモールがステロール生合成における C14 位の脱メチル化を阻害し、エルゴステロールの生合成を抑えることが確認された (SHERALD et al., 1973; SHERALD and SISLER, 1975)。

その後、バイエル社よりトリアゾール系のトリアジメホンが 1983 年に日本において登録された。1980 年代以降多くの SBI 剤が開発され現在でも新たな化合物が開発されている。STENZEL and VORS (2019) によると、2015 年データでは SBI 剤が殺菌剤市場の約 30% を占めている。現在、国内において農薬登録を有する SBI 剤は 20 剤以上存在し、その大半の薬剤はトリアゾール系に属する。

II 作用機構

SBI 剤は幅広い抗菌スペクトルを有する化合物である。これらの化合物は、病原菌の分生子発芽は阻害しないが、菌糸伸長を阻害するのが特徴である。特に SBI 剤で処理された菌糸は、分岐が多くなり、細胞の膨潤や細胞壁の厚化等形態的な変化が認められる (KATO et al., 1974)。SBI 剤は、ステロール生合成における C14 位の脱メチル化酵素、C4 位脱メチル化における 3-ケト還元酵素およびスクワレンエポキシダーゼが主な作用点とな

ることが確認されている (図-1)。

1 ステロール生合成の C14 位の脱メチル化酵素阻害

G1 に分類される化合物群はステロール脱メチル化阻害剤 (Demethylation Inhibitor, DMI 剤) とも呼ばれる。ステロール生合成阻害剤の中では、DMI 剤が最も多くを占め、日本では 18 の有効成分が登録、販売されている (表-1)。化学グループとしてピペラジン、ピリミジン、イミダゾールおよびトリアゾール系化合物が含まれるが、大半がトリアゾール系化合物である (図-2)。

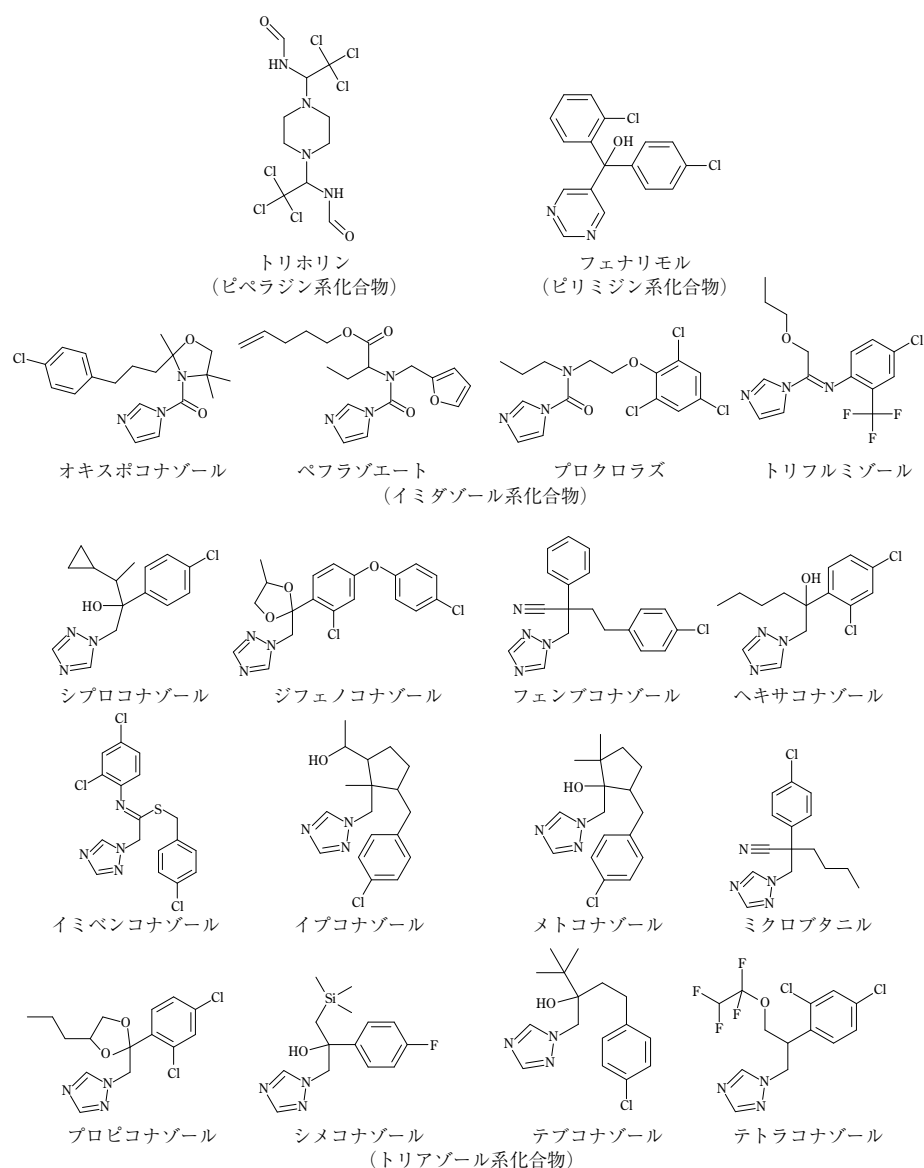
これらの化合物は糸状菌のステロール生合成におけるラノステロールの 14 位脱メチル化酵素反応を阻害し、その結果として菌体内に 14 メチルステロールが蓄積し、菌糸伸長を阻害する (図-1)。ラノステロールの 14 位脱メチル化酵素反応はシトクロム P450 である CYP51 によって酸化的に起こるが、トリアゾール系などの化合物は、CYP51 の活性中心であるポルフィリン環のヘム鉄原子と配位結合することによって酵素活性を阻害すると考えられている。また、本酵素は植物体内におけるステロール生合成のほか、リグニン類やフラボノイド類等の二次代謝系にも関与する。さらには、ジベレリン生合成経路において小胞体膜上の ent-カウレンから ent-カウレン酸への変換を阻害する作用も示す。その結果、本グループの薬剤には植物体の伸長抑制といった植物成長調節剤として作用を示す場合もあり、パクロブトラゾールやウニコナゾール-P が広く知られている。

2 ステロール生合成の C4 位脱メチル化における 3-ケト還元酵素阻害

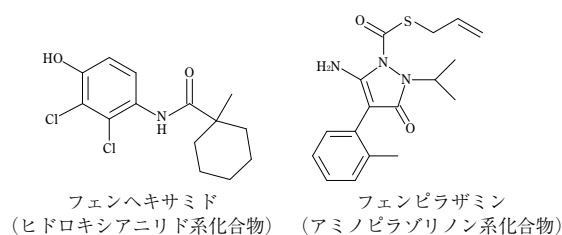
G3 に分類される化合物群は、糸状菌のステロール生合成における 3-ケト還元酵素を阻害し、KRI 殺菌剤またはケト還元阻害剤 (3-keto-steroid Reductase Inhibitor) と呼ばれる (図-1)。フェンヘキサミドおよびフェンピラザミンが登録、販売されている (表-1)。本化合物処理により、4- α -メチルフェコステロン、フェコステロンの異常蓄積が観察され、3-ケト還元酵素を直接阻害することで抗菌活性を示すことが確認されている (岩橋ら, 2013)。3-ケト還元酵素は、4- α -メチルフェコステロンから 4- α -メチルフェコステロールおよびフェコステロンからフェコステロールの反応過程において、C3 位におけるケトン基 (=O) をヒドロキシル基 (-OH) へと還元させる酵素である。

3 ステロール生合成のスクワレンエポキシダーゼ阻害

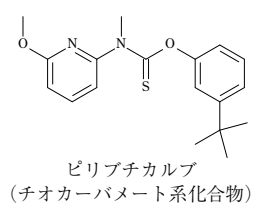
G4 に分類される本化合物は、糸状菌のステロール生合成のスクアレンから 2,3-オキシドスクアレンに至るエポキシ化を阻害する (図-1)。



SBI クラス I：ステロール合成の C14 位の脱メチル化酵素阻害剤 (DMI 殺菌剤)



SBI クラス III：ステロール合成の C4 位の脱メチル化における 3-ケト還元酵素阻害剤 (KRI 殺菌剤)



SBI クラス IV：ステロール合成のスクワレンエポキシダーゼ阻害剤

図-2 ステロール合成阻害を作用点とする化学グループ別化学構造

III 作用特性

一般論として、本系統の薬剤には浸透移行性を有する化合物も多く含まれており、病原菌の植物体への侵入を防ぐ予防効果と既に侵入した病原菌の菌糸伸長を阻害し、病斑拡大および二次感染源となる病斑上の分生子形成を阻止する治療効果を併せもつ。さらに残効性も併せて備えている化合物もあるため、病原菌の新たな侵入による発病も抑えることができる。

1 ステロール生合成のC14位の脱メチル化酵素阻害

ピペラジン系化合物で唯一の剤であるトリホリンは、ムギ類のさび病やうどんこ病、りんごやなしの黒星病に防除効果を有する。根部に薬剤を処理すると、速やかに吸収され茎葉部に移行する性質がある (Ost et al., 1971)。

ピリミジン系化合物には国内登録を有するフェナリモルがある。果樹や果菜類などのうどんこ病、りんごやなしなどのうどんこ病の他、黒星病や赤星病に活性を示す。

イミダゾール系化合物では、国内の農薬登録はないものの、イマザリルが世界的で最初に開発され、カンキツ類などの貯蔵病害として重要な *Penicillium* 属菌の収穫後の防除に広く使用されている。日本では、収穫前までに使用される農業生産資材は農薬として、収穫後に使用される薬剤および食品に使用されるものは食品添加物として管理されるため、イマザリルは、現在、食品添加物として認可されている。イマザリルは浸透移行性が高いものの、難分解性で残留が高いことが特徴とされる。プロクロラズは水稻分野において種粒への浸透性が優れ、浸種前に種子処理することでイネばか苗病、いもち病、ごま葉枯病防除に使用されるほか、散布剤としてコムギ眼紋病に対して農薬登録を有する。一方、DMI 剤における他の系統と異なり、さび病に活性を示さない。トリフルミゾールは、各種作物のうどんこ病、トマトの葉かび病、すすかび病、りんごやなしの黒星病や赤星病等に農薬登録を有する。さらには水稻の種子処理剤としても利用されていたが、耐性菌の問題で現在ではベフラゾエートやイブコナゾールを成分とした混合剤が水稻の種子処理剤として利用されている。

トリアゾール系化合物の主要なターゲットはムギ類、果樹、野菜、芝、花卉の茎葉散布剤および水稻への種子処理といった幅広い作物や適用によって病害防除を可能としている。プロピコナゾールは幅広い抗菌スペクトルを有し (URECH et al., 1979)、ムギ類の赤かび病仕上げ防除剤として現在でも使用されている。なお、前述の植物成長調整剤であるパクロブトラゾールやウニコナゾール-P はこのトリアゾール系に含まれる。

2 ステロール生合成のC4位脱メチル化における3-ケト還元酵素阻害

本系統の薬剤は、DMI 剤に比べて一般的に抗菌スペクトルが狭い。フェンピラザミンは灰色かび病および菌核病に対して、高い予防効果を有する。浸透性および浸透移行性に優れるため作物の内部に侵入した病原菌にも高い効果を発揮する。フェンヘキサミドは灰色かび病および灰星病などに有効で、優れた予防効果と長い残効性を有する。

3 ステロール生合成のスクワレンエポキシダーゼ阻害

医療用抗真菌剤としてアリルアミン系やチオカーバメート系の薬剤が実用化されているが、農業用としてはチオカーバメート系のピリブチカルブのみが農薬登録を有する。ピリブチカルブは芝におけるリゾクトニア病害や菌核病等に効果を示す殺菌剤である。一方、一年生や多年生のイネ科雑草に効果を示す除草剤としても知られている。なお、現在までに耐性菌の報告はない。医療用のアリルアミン系薬剤としては、広範の糸状菌に対して有効なテルビナフィンおよびナフチフェンが知られている。テルビナフェンは局所および経口使用され、ナフチフェンは局所使用に制限されている (STENZEL and VORS, 2019)。

IV 耐性菌の現状と耐性菌メカニズム

1 DMI 剤耐性菌

DMI 剤はその抗菌スペクトルの広さから上市され 40 年以上経過した現在においてもコメ、ムギ、野菜類、果樹類、茶等幅広い作物において使用されている (表-2)。しかしながら、国内ではウリ類のうどんこ病において DMI 剤耐性菌が報告されて以来、ムギ類赤かび病、テンサイ褐斑病、イチゴうどんこ病、トマト葉かび病、ナスすすかび病、リンゴ黒星病、ナシ黒星病、キク白さび病において耐性菌が報告されている (稲田, 2018)。

DMI 剤の薬剤耐性機構としては、① DMI 剤の作用点タンパク質であるステロール脱メチル化酵素遺伝子 *CYP51* の点突然変異によるアミノ酸置換、薬剤結合量の低下、② *CYP51* 遺伝子上流域における挿入配列の存在とこれによる *CYP51* 遺伝子およびステロール脱メチル化酵素の過剰発現、③細胞膜に存在する ABC (ATP-Binding Cassette) トランスポーターなどの活性化による DMI 剤の細胞外への排出の関与 (石井, 2007)、が指摘されている。

CYP51 遺伝子の点突然変異において高頻度で変異が報告されている置換は Y136F、Y134F および Y137F である。これらは海外においてコムギやオオムギのうどん

表-2 DMI 剤スペクトル (スコア顆粒水和剤の登録内容より引用)

作物名	病害名	学名
りんご	黒星病	<i>Venturia inaequalis</i>
	赤星病	<i>Gymnosporangium yamadae</i>
	斑点落葉病	<i>Alternaria mali</i>
	うどんこ病	<i>Podosphaera leucotricha</i>
	黒点病	<i>Mycosphaerella pomi</i>
	モニリア病	<i>Monilinia mali</i>
	褐斑病	<i>Diplocarpon mali</i>
なし	黒星病	<i>Venturia nashicola</i>
	赤星病	<i>Gymnosporangium asiaticum</i>
	輪紋病	<i>Botryosphaeria berengeriana</i> f. sp. <i>pyricola</i>
	黒斑病	<i>Alternaria kikuchiana</i>
かき	うどんこ病	<i>Phyllactinia kakicola</i>
	炭疽病	<i>Colletotrichum horii</i>
	落葉病	角斑落葉病： <i>Cercospora kaki</i> , 円星落葉病： <i>Mycosphaerella nawae</i>
おうとう	灰星病	<i>Monilinia fructicola</i> , <i>Monilinia fructigena</i> , <i>Monilinia laxa</i>
もも	灰星病	<i>Monilinia fructicola</i> , <i>Monilinia fructigena</i>
	黒星病	<i>Cladosporium carpophilum</i>
ネクタリン	灰星病	<i>Monilinia fructicola</i> , <i>Monilinia fructigena</i>
	黒星病	<i>Cladosporium carpophilum</i>
すもも	灰星病	<i>Monilinia fructicola</i> , <i>Monilinia fructigena</i>
あんず	灰星病	<i>Monilinia fructicola</i> , <i>Monilinia fructigena</i> , <i>Monilinia laxa</i>
うめ	黒星病	<i>Cladosporium carpophilum</i>
	すす斑病	<i>Peltaster</i> sp.
びわ	灰斑病	<i>Neopestalotiopsis</i> spp.
マルメロ	ごま色斑点病	<i>Diplocarpon mespili</i>
メロン	つる枯病	<i>Didymella bryoniae</i>
	うどんこ病	<i>Sphaerotheca fuliginea</i>
すいか	つる枯病	<i>Didymella bryoniae</i>
	うどんこ病	<i>Sphaerotheca fuliginea</i>
	炭疽病	<i>Colletotrichum nymphaeae</i> , <i>Colletotrichum orbiculare</i>
トマト	葉かび病	<i>Passalora fulva</i>
	すすかび病	<i>Pseudocercospora fuligena</i>
きゅうり	うどんこ病	<i>Golovinomyces cucurbitacearum</i> , <i>Leveillula taurica</i> , <i>Podosphaera xanthii</i>
	黒星病	<i>Cladosporium cucumerinum</i>
かぼちゃ	うどんこ病	<i>Oidium citrulli</i> , <i>Oidium</i> [subgen. <i>reticuloidium</i>] sp., <i>Podosphaera xanthii</i>
いちご	うどんこ病	<i>Podosphaera aphanis</i> var. <i>aphanis</i>
ピーマン	うどんこ病	<i>Leveillula taurica</i>
なす	うどんこ病	<i>Erysiphe cichoracearum</i> , <i>Leveillula taurica</i> , <i>Podosphaera xanthii</i>
	すすかび病	<i>Mycovellosiella nattrassii</i>
セルリー	斑点病	<i>Cercospora apii</i>
アスパラガス	斑点病	<i>Stemphylium herbarum</i>
しょうが	白星病	<i>Phyllosticta zingiberis</i>
パセリ	うどんこ病	<i>Erysiphe heraclei</i>
茶	炭疽病	<i>Discula theae-sinensis</i>
	もち病	<i>Exobasidium vexans</i>
	網もち病	<i>Exobasidium reticulatum</i>
	褐色円星病	<i>Pseudocercospora ocellata</i> , <i>Cercospora chaeae</i>

こ病菌、コムギ葉枯病菌およびムギ類赤さび病菌にて報告がある。コムギうどんこ病菌、テンサイ褐斑病菌、ダイズさび病菌ではその他のアミノ酸置換も報告されている。テンサイ褐斑病菌では、CYP51 の過剰発現も報告されている (COOLS, 2013)。さらに *Mycosphaerella* 属における耐性菌からは CYP51 遺伝子の Y459 や G460 のアミノ酸欠失による変異も確認されている (表-3)。しかしながら、DMI 剤耐性とこれらすべてのアミノ酸置換との関連性は明確にはなっていない。

カンキツ緑かび病菌、リンゴ黒星病菌、コムギ葉枯病菌、テンサイ褐斑病菌、ダイズさび病菌、ムギ類赤さび病菌等では CYP51 遺伝子およびステロール脱メチル化酵素の過剰発現による DMI 剤耐性菌が報告されている。カンキツ緑かび病においては 126 bp の反復配列もしくは 199 bp の挿入配列、りんご黒星病においては 553 bp の挿入配列、核果類灰星病においては 65 bp の反復配列、灰色かび病においては 1.3 kbp のレトロトランスポゾン配列が CYP51 遺伝子上流域に存在することによる過剰発現が確認されている。CYP51 遺伝子およびステロール脱メチル化酵素の過剰発現による耐性はすべての DMI 剤に対して耐性を示すが、遺伝子変異によるそれと比べるとその程度は低いとされる (ZIOGAS and MALANDRAKIS, 2015)。

また、ABC (ATP-Binding Cassette) トランスポーターによる DMI 剤の細胞外への排出が殺菌剤の感受性に

関与することが明らかになっている。ABC トランスポーターは糸状菌や他の真核生物において広く存在する細胞膜上の膜タンパク質であり、生物が有する本来の目的は、細胞などを有害物質から保護するための排出機構と考えられる。本トランスポーターの構造的な特徴として、6 回膜貫通領域とヌクレオチド結合領域を有する。ヌクレオチド結合領域に ATP が結合し、ATP 依存的に細胞外へ有害な化合物が排出される。しかしながらその基質特異性は低く、DMI 剤をはじめ多くの薬剤が細胞外に排出されることで殺菌剤の感受性低下に関与すると考えられている (HAHN and LEROCH, 2015)。

本系統の薬剤における培地を用いた感受性室内検定法はマニュアル化されているが、耐性菌を供試した場合では、その継代培養や保存中に耐性程度が低下し、必ずしも圃場結果と一致しないことが明らかになっている (石井, 1998 ; 2007)。ナシ黒星病においては DMI 剤の生物検定法を改めて確立し、耐性菌評価を行っている (菊原, 2016)。

一般的に、病原菌が薬剤に耐性を示した場合、同系統の薬剤に対して直ちに交差耐性を示すことが多いが、DMI 剤の場合は感受性低下が徐々に進行し、その程度は薬剤間によって大きく異なることがある。しかしながらこれらの現象が確認された場合においても、すでに交差耐性が発生していると考えて差し支えない (日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会, 2017)。代表的な例とし

表-3 DMI 剤耐性菌と報告された CYP51 のアミノ酸変異部位 (ZIOGAS and MALANDRAKIS, 2015 の表を一部抜粋・改変)

作物	病名	病原菌名	アミノ酸置換/欠失部位	参考文献
オオムギ	うどんこ病	<i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>hordei</i>	Y136F, K147Q	DEYLE et al. (1998) ; WYAND and BROWN (2005)
コムギ	うどんこ病	<i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	Y136F, S79T, K175N	KUCK and MEHL (2004) ; WYAND and BROWN (2005)
テンサイ	褐斑病	<i>Cercospora beticola</i>	E297K, I330T, P384S	NIKOU et al. (2009)
ブドウ	うどんこ病	<i>Erysiphe necator</i>	Y136F	DEYLE et al. (1997)
核果類	灰星病	<i>Monilinia fructicola</i>	Y136F	CHEN et al. (2012)
バナナ	ブラックシガトカ病	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Y136F, A313G, A381G, Y461D, G462A, Y463D/H/N	CANAS-GUTIERREZ et al. (2009) ; CHONG et al. (2011)
コムギ	葉枯病	<i>Mycosphaerella graminicola</i>	L50S, D107 V, D134G, V136A, V136C/G, Y137F, M145L, N178S, S188N, S208T, N284H, H303Y, A311G, G312A, A379G, I381 V, A410T, G412A, Y459C, Y459D/N/S/P, G460D, Y461D/H/S, ΔY459, ΔG460, V490L, G510C, N513K, S524T	COOLS and FRAAIJE (2012)
ダイズ	さび病	<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	Y131F, Y131H, K142R, F120L, I145F, I475T	SCHMITZ et al. (2014)
ムギ類	赤さび病	<i>Puccinia triticea</i>	Y134F	STAMMLER et al. (2009)

て、ナシ黒星病菌に対してフェナリモルおよびヘキサコナゾールの防除効果が低下した耐性菌に対して 2007 年に有効であったジフェノコナゾールが 2015 年の試験において感受性低下が進行した事例が報告されている（菊原ら, 2018）。このような観点から、DMI 剤の使用については注意が必要であり、継続的な感受性モニタリングを実施し、そこから得られた感受性低下菌株については、その剤別の確認が必要と考えられる。

2 3-ケト還元阻害剤耐性菌

3-ケト還元阻害剤である KRI 剤にはフェンヘキサミドおよびフェンピラザミンがある。本系統の薬剤においては、灰色かび病菌に対するフェンヘキサミドの耐性菌が報告されており、高度耐性菌は 3-ケト還元酵素におけるアミノ酸置換が耐性に関与していることが確認されている。さらに近年、灰色かび病は、*Botrytis cinerea* および *B. pseudocinerea* の複合体によって引き起こされることが示されている。特に、*B. pseudocinerea* はフェンヘキサミドに耐性を示し、それはシトクロム P450 の CYP684 による解毒作用によって引き起こされると考えられているが、その機能はわかっていない。また、フェンヘキサミドに対して感受性低下を示す多剤耐性菌が灰色かび病菌やコムギ眼紋病菌でも検出されてきており、さらなる研究成果が待たれる（DEBIEU and LEROUX, 2015）。

おわりに

上市から 40 年以上経った現在においても幅広い病害、作物に対して SBI 剤は使用されている。また、残効性や浸透移行性、浸達性による予防、治療効果のある茎葉散布剤、種子処理剤として幅広い適用が可能で、その優れた特性からさらなる活用が期待される系統の薬剤である。一方、DMI 剤の耐性菌リスクは「中」、ケト還元阻害剤では「低～中」であり、いずれのグループにおいて

も耐性菌の発生が報告されている。農業現場の作物保護において大きく貢献している SBI 剤をより長く使用し続けるために、FRAC や JFRAC のガイドラインに従った適切な使用が必要であり、本系統の薬剤の特性を理解したうえで、関係各所における積極的な指導、情報共有をされることを望む。最後に本稿を執筆するにあたり、ご協力いただいた、シンジェンタジャパン株式会社研究開発本部、平田哲也氏、中島嘉秀氏に感謝を申し上げる。

引用文献

- 1) BROWN, I. F. and H. R. HALL (1971): *Phytopathology* **61**: 886.
- 2) COOLS, H. J. et al. (2013): *Plant Pathology* **62**: 36~42.
- 3) DEBIEU, D. and P. LEROUX (2015): *Fungicide Resistance in Plant Pathogens*, Springer, Tokyo, p.217~231.
- 4) DEBIEU, D. et al. (2001): *Pest Manag. Sci.* **57**: 1060~1067.
- 5) HAHN, M. and M. LEROCH (2015): *Fungicide Resistance in Plant Pathogens*, Springer, Tokyo, p.233~248.
- 6) 稲田 稔 (2018): *植物防疫* **72**: 379~385.
- 7) 石井英夫 (1998): 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル, 日本植物病理学会, 東京, p.66~72.
- 8) ——— (2007): *植物防疫* **61**: 407~409.
- 9) 岩橋福松ら (2013): *日植病報* **79**: 198.
- 10) KATO, T. et al. (1974): *Agr. Biol. Chem.* **38**: 2377~2384.
- 11) 菊原賢次 (2016): 第 26 回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講要: 64~74.
- 12) ———ら (2018): *九病虫研会報* **64**: 1~6.
- 13) LEROUX, P. et al. (2002): *Pest Manag. Sci.* **58**: 876~888.
- 14) 日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会 (2017): ウェブサイト, <http://www.taiseikin.jp/>
- 15) 農薬工業会 (2019): ウェブサイト, <https://www.jcpa.or.jp/>
- 16) OST, W. et al. (1971): *Pestic. Sci.* **2**: 219.
- 17) RAGSDALE, N. N. and H. D. SISLER (1972): *Biochem. Biophys. Res. Commun* **46**: 2048~2053.
- 18) SHERALD, J. L. and H. D. SISLER (1975): *Pestic. Biochem. Physiol.* **5**: 477~488.
- 19) ——— et al. (1973): *Pestic. Sci.* **4**: 719~727.
- 20) STENZEL, K. and J. P. VORS (2019): *Modern Crop Protection Compounds 3rd edn*, Wiley, Weinheim, p.797~844.
- 21) URECH, P. A. et al. (1979): *Proc. British Crop Protection Conference*, p.508~515.
- 22) VANDEN BOSSCHE, H. et al. (1994): *Trends Microbiol.* **2**: 393~400.
- 23) ZIOGAS, B. N. and A. A. MALANDRAKIS (2015): *Fungicide Resistance in Plant Pathogens*, Springer, Tokyo, p.199~216.

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 野菜花き研究部門 病害虫・機能解析研究領域 虫害ユニット

野菜花き研究部門病害虫・機能解析研究領域虫害ユニットは、津市安濃町の当部門安濃野菜研究拠点で、アザミウマやコナジラミ等の微小害虫等を主な研究対象として、化学的、物理的、生物的、耕種的な防除技術の開発およびシーズ技術の研究等に取り組んでいます。

化学的防除では、殺虫剤に対する抵抗性発達の対策が喫緊の課題です。そこで、ネギアザミウマを材料として効果的な薬剤ローテーションの方法を検証するとともに、感受性の回復メカニズムとして抵抗性系統の適応度コストの解明に取り組んでいます。

物理的防除技術としては、光と音に注目しています。実は近年、赤色光を植物に照射するとアザミウマ類が近づかないという特性が発見されました。薬剤抵抗性が問題となるアザミウマ類を赤色光で防除できれば、薬剤抵抗性の発達が回避される可能性があります。そこで、赤色光の特性を防除技術として利用するため、アザミウマ類に及ぼす赤色光の影響を実験的に検証しました。実験ではアザミウマ類の発育を抑制したり、植物から離脱させたりする効果は確認されませんでした。アザミウマ類の植物への定着行動を阻止することが確認されました^(注1)。今後、生理学的なアプローチによりアザミウマ類の行動制御機構の解明に取り組み、技術の裏付けを補強することが必要であると考えています。

音も害虫防除に使えそうです。もともと触覚のバーチャルリアリティのために開発された音圧や振動を自在に操る仕組みを、害虫防除に応用するというアイデアです。装置が発生する音をタバココナジラミに向けて照射すると、成虫が葉から離脱したり、長時間の照射によって産卵が抑制されたりする現象が確認されました。他の害虫種でも最適な照射条件を検討して、適用できる害虫



カボチャの訪花昆虫相調査

種を増やすことができれば、栽培施設内でのモニタリングや粘着トラップと組合せた防除の効率化等、様々な場面での利用が期待されます。

生物的防除の主な取り組みとして、ネギを加害するネギハモグリバエに寄生する土着の寄生蜂に注目し、種構成を調べています。ネギハモグリバエを含むハモグリバエ類に寄生する寄生蜂には7種ほどが圃場で確認されたので、蜜源となる植物やネギを加害しないハモグリバエ類を発生させる植物をネギに隣接して植栽するなど、天敵の利活用技術の開発に取り組んでいます。

害虫防除とは別に、果菜類の訪花昆虫にも注目しています。果菜類の花粉媒介昆虫類については、施設で利用されているミツバチやマルハナバチを除いてほとんど知られていません。そこで、カボチャなどのウリ科果菜類の花を訪れる昆虫類の種構成や有効な花粉媒介種を解明するための調査と、それらをモニタリングするための手法の開発を共同研究機関とともに実施しています^(注2)。本州以南で栽培されるカボチャは、主産地の北海道よりも早く出荷できるよう作付けされるため、開花の時期が早まっています。そのため、梅雨時期の雨や低温のため天然の花粉媒介昆虫類による受粉効率が低く、人工授粉が欠かせません。主要な花粉媒介昆虫類を特定し、それらを効果的に操作して受粉効率を向上させることにより、授粉作業の省力化に貢献できると期待されます。

(虫害ユニット長 豊島真吾)



ネギアザミウマとタバココナジラミ

〒514-2392 三重県津市安濃町草生 360
TEL 050-3533-4623

注1：本研究は内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「次世代農林水産業創造技術」（管理法人：農研機構生研支援センター）によって実施されました。

注2：本研究は農水委託プロジェクト「花粉媒介昆虫」によって実施しています。

研究室紹介

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 病虫部

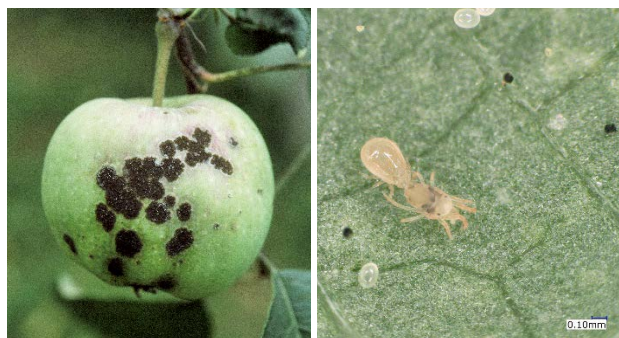
明治8年に青森県で初めてりんごが植栽され、順調に栽培面積を拡大させたのもつかの間、明治35年ころから病害虫の多発により、大面積を抱える農家の経営は難しくなりました。試験研究機関の創設が求められたことから、農事試験場に明治36年には害虫係、明治44年には植物病理係が設けられ、りんごの病害虫研究が始まりました。大正6年には苹果部（大正15年に園芸部に改称）が発足、昭和6年には青森県苹果試験場として独立、昭和25年には青森県りんご試験場に改称、さらに平成21年4月には県の組織から離れて地方独立行政法人の現体制に生まれ変わりました。

病虫部の大きな業務の一つに、りんご病害虫の防除技術を体系化した「りんご病害虫防除暦」の作成があります。様々な病害虫の生態を解明し、新しい防除技術の研究で得られた成果を、100年以上もの間、防除暦に反映して毎年更新し続けてきました。防除暦は現場においては効率的な防除に利用され、日本一のりんご産業を支えています。

以下に近年の研究内容や成果について紹介します。

【病害】

平成28～30年にかけ、黒星病が多発し大きな問題となりました。生物検定、培地検定、遺伝子検定の結果、春季の基幹防除剤であったDMI剤および夏季の基幹防除剤であったQoI剤に対して耐性菌が発生していたことが明らかになりました。りんご病害虫防除暦からはこれらの剤を削除し、開花期前後にSDHI剤およびAP剤を採用、夏季にはキャブタン剤を主体とした防除体系に



リンゴ黒星病

ナミハダニを捕食する
ケナガカブリダニ



薬剤防除試験

変更しました。令和元年は、少雨で経過したこともあり、過去3年に比較して発生が少なく経過しましたが、収束に至ったわけではなく、今後も注意が必要です。現在、農研機構果樹茶業研究部門や長野県・秋田県のりんご主産県と共同研究を行っており、新規系統薬剤の検索や防除体系の確立に取り組んでいます。

【虫害】

りんごではナミハダニとリンゴハダニが防除対象となっていますが、現在はナミハダニが優占しています。また、一般防除園では見ることがなくなっていたオウトウハダニが、近年、散見されています。ハダニ類は薬剤抵抗性が最も発達しやすい害虫のため、優占しているナミハダニを主体にモニタリング調査を継続し、その結果を防除暦に反映しています。

最近、一般防除園でもカブリダニ類が見られるようになり、これまで悪影響が強いといわれていた各種殺虫剤に対する抵抗性が示唆されています。今後は、カブリダニ類の生態を解明するとともに、薬剤感受性の解明、一般防除園における利用に関する研究に取り組む予定です。その他、早い時期の気門封鎖型殺ダニ剤が、初期のナミハダニ密度抑制に有効であることが示唆されており、今後、使用方法を検討する予定になっています。

その他、モモシクイガや近年発生が目立っているうどんこ病、褐斑病等の各種病害虫についても生態解明や薬剤の効果に関する研究を進めています。また、日本植物防疫協会から新農薬実用化試験を受託し、新しい農薬の実用化にも取り組んでいます。

これからも、生産現場に寄り添った成果を出すべく、研究を続けていきます。

（病虫部長 木村佳子）

■訂正

1月号目次に誤りがありました。

特集6題目

新型色彩捕虫シート→新しい色彩捕虫シート
訂正してお詫びいたします。

学会だより

○日本農薬学会第45回大会

日時：2020年3月8日（日）～10日（火）

3月8日：総会、学会賞授賞式、受賞講演、特別講演、シンポジウム

場所：松下IMPホール

〒540-6302 大阪市中央区城見1-3-7

懇親会、受賞祝賀会

場所：ホテルニューオータニ大阪2階I、II

（松下IMPホールより徒歩3分）

3月9日：一般講演、ランチョンセミナー

3月10日：シンポジウム、ランチョンセミナー

場所：大阪府立大学中百舌鳥キャンパス
共通講義棟B3棟

〒599-8531 堺市中区学園町1-1

お問い合わせ・連絡先

日本農薬学会第45回大会組織委員会

〒599-8531 大阪府堺市中区学園町1-1

大阪府立大学大学院生命環境科学研究科

委員長 太田 大策

事務局 岡澤 敦司

TEL：072-254-7341

E-mail：okazawa@plant.osakafu-u.ac.jp

○第4回日本生物防除協議会シンポジウム

日時：2020年2月21日（金）11:00～17:00

場所：東京都江戸東京博物館

広告掲載会社一覧（掲載順）

BASF ジャパン(株)……………アクサー
日産化学(株)……………グレーシア
バイエルクロップサイエンス(株)……………カウントダウン
石原バイオサイエンス(株)……………ケンジャ
農薬工業会……………SDGs
日本農薬(株)……………フェニックス
日本曹達(株)……………ピシロック
サンケイ化学(株)……………主要品目
三井化学アグロ(株)……………主要品目
アグロカネショウ(株)……………主要品目

〒130-0015 東京都墨田区横綱1-4-1

TEL：03-3626-9974

参加費：3,000円（講演要旨代として）

詳細および参加申し込みは下記をご覧ください。

<http://www.biocontrol.jp/04symposium.html>

○第73回北日本病害虫研究発表会

日時：2020年2月20日（木）9:00

～2月21日（金）12:00

場所：秋田ビューホテル

〒010-0001 秋田県秋田市中通2-6-1

TEL：018-832-1111

問い合わせ先

秋田県農業試験場 生産環境部 病害虫担当内

第73回北日本病害虫研究発表会開催事務局

〒010-1231 秋田県秋田市雄和相川字源八沢34-1

TEL：018-881-3327 FAX：018-881-3320

次号予告

次号2020年3月号の主な予定記事は次のとおりです。

ナミハダニ個体群構造の遺伝的解析による殺ダニ剤感受性低下個体群の分布要因の推定 羽田 厚

DNA塩基配列を用いたハダニ類の種の識別と系統関係の推定 松田朋子ら

千葉県南房総地域におけるチャバネアオカメムシの発生量予測とメタアナリシスを用いたビワ二重果実袋の被害抑制効果の評価 清水 健

国内市販品種からのトマト葉かび病菌レース検定用固定系統の作出 窪田昌春

イチゴにおけるチバクロバネキノコバエの被害詳細 小林政文

ナス果実の小陥没症とナス褐色斑点病の関係 岩館康哉

2019年に多発したトビイロウンカによる被害の状況とその要因 真田幸代

国際植物防疫年2020に向けて 消費・安全局植物防疫課
植物防疫講座 病害編 *Fusarium* 属菌の生態・病原性・実験方法と、分類に関する近年の状況 外側正之

植物防疫講座 虫害編 野菜のオオタバコガ類 八瀬順也

植物防疫講座 農薬編 アセチルコリンエステラーゼ阻害剤 林 直孝

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 Q_o部位に作用する殺菌剤 荒木智史ら

研究室紹介：農研機構 野菜花き研究部門 病害ユニット 中保一浩

鹿児島県農業開発総合センター 茶業部 松比良邦彦

植物防疫

第74巻 2020年1月25日印刷

第2号 2020年2月1日発行

（通算878号）

2020年

2月号

（毎月1回1日発行）

編集発行人 早川 泰弘

印刷所 三美印刷（株）

東京都荒川区西日暮里5-9-8

定価965円

本体877円

2020年分購読料

前払11,000円、後払11,580円

（送料サービス、消費税込み）

——発行所——

〒114-0015 東京都北区中里2丁目28番10号

一般社団法人 日本植物防疫協会

電話（03）5980-2181（代）

FAX（03）5980-6753（支援事業部）

振替 00110-7-177867番

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

チョウ目害虫防除に！



殺虫剤

フェニックス®

顆粒水和剤

フロアブル



70以上の作物に登録
幅広く使えて、効きめが長く続く！



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

- 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。



日本農薬株式会社

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

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

ピシロック® フロアブル



🔒 新規有効成分ピカルブトラゾクス配合！(FRACコード U 17)

🔒 収穫前日まで使える！(はくさいは収穫3日前まで)

【登録作物】

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



HPはこちらから



日本曹達株式会社

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



®は日本曹達(株)の登録商標

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



SANKEI
ECO PRODUCTS



植物油脂パワー！
サンクリスタル乳剤



チョウ目害虫退治の生物農薬！
サンケイ
サブリーナフロアブル



植物保護薬！
サンケイ
ジーファイン水和剤



硫黄の力でうどんこ病防除！
サンケイ
グムラス



安定した銅の効果！
サンボルドー



キュウリ・カボチャのうどんこ病に！
ハッパ乳剤



硫黄と銅の強力タッグ！
園芸ボルドー



サンケイ化学株式会社

本 社 〒891-0122 鹿児島県鹿児島市南栄二丁目9番地
東 京 本 社 〒110-0005 東京都台東区上野7-6-11

☎(099) 268-7588
☎(03) 3845-7951

明日の「農」を支える力でありたい。

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

殺虫剤

三井薬匠 **アルバリン**® 顆粒水溶剤・粒剤
粉剤DL・箱粒剤

トレボンスター® フロアブル
粉剤DL

コロマイト® 水和剤
乳剤

スタークル® 顆粒水溶剤

トレボン® 乳剤・EW・MC・粉剤DL
粒剤・エアー・スカイMC

ミルベノック® 乳剤

スタークルメイト® 1キロH粒剤
液剤10

アズキ® 乳剤

キックオフ® 顆粒水和剤

殺菌剤・殺虫殺菌剤・土壌消毒剤

アフエット® フロアブル

フルーツセイバー

モンガリット® 1キロ粒剤
粒剤

タチガレン® 粉剤
液剤

サンブラス® 粒剤

サントリプル® 箱粒剤

三井薬匠 **クロールピクリン**

ベジセイバー®

ネビジン® 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**®

ヒカート® フロアブル

ネビリュウ®

テーク® 水和剤

タチガレファイト® 液剤

トリプルキック® 箱粒剤

ツインキック® 箱
粒剤

サンスパイク® 箱
粒剤

除草剤

アールタイプ® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

キクンジャベ® Z 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

サンバード® 粒剤

草枯らし MIC®

セカンドショット® SジャンボMX

シェイデン® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

イネキング® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

ワイドアタック™ SC

アトカラ® SジャンボMX

トドメMF® 1キロ粒剤・乳剤

アルファプロ® 1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L
フロアブルH/L

フォローアップ® 1キロ粒剤



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



三井化学アグロ株式会社

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

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
<https://www.agrokanesho.co.jp>

■製品のお問い合わせ

アグロ カネショウ(株) お客様相談係

04-2944-1117

