

植物防疫

Plant Protection

12
2023
VOL.77



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

ナメクローン3

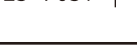
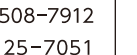
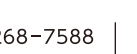
メタアルデヒド粒剤

殺虫剤分類 —

適用拡大!

非結球あぶらな科葉菜類
セルリー・アスパラガス

速効的！



サンケイ化学株式会社



製品情報・SDSは
こちらから

本 社	鹿児島県鹿児島市南栄2-9	TEL (099) 268-7588
九州北部営業所	佐賀県鳥栖市曾根崎町1154-3	TEL (050) 3508-7912
宮崎事務所	宮崎県宮崎市神宮東3-6-19	TEL (0985) 25-7051

東京本社	東京都台東区上野7-6-11	TEL (03) 3845-7951
東京営業部	埼玉県深谷市幡羅町1-13-1	TEL (048) 551-2122
大阪営業所	大阪府大阪市淀川区西中島2-14-6	TEL (06) 6305-5871



速く効く。
あの害虫にも効く。
だから、
収量に差がつく。



無処理 残葉率 0%



A剤 残葉率 20%



グレーシア乳剤 残葉率 90%

食害される前に駆除できる。*

野菜・
茶用
殺虫剤

グレーシア® 乳剤



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

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

*2 効果は害虫の発生密度や天候、栽培環境等によって異なる場合があります。

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

【試験方法】虫体浸漬、処理1時間後飼入、20時間後撮影



お客様窓口

TEL.03-4463-8271
(9:00~17:30 土日祝日除く)

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



日産化学株式会社

センチュウ防除に これゝいいね、

殺線虫剤



ビーラム®
粒 剤

ビーラム“いいね”
キャンペーン実施中!



製品詳細はこちら



●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。

®ビーラムはバイエルグループの登録商標

バイエル クロップサイエンス株式会社

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

ハダニ防除に 新たな一手!

特 長

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

農林水産省登録
第24213号

適用作物が
続々追加!



製品情報はこちらから



殺ダニ剤 アシノナピル水和剤

ダニオーテ® フロアブル



●使用前にはラベルをよく読んでください。

●ラベルの記載以外には使用しないでください。

●小児の手の届く所には置かないでください。



日本曹達株式会社

〒100-8165 東京都千代田区大手町2丁目2番1号
お問合せ (03) 3245-6178
(平日9~12時、13~17時、土日祝祭日を除く)

目次

巻頭言

工学部教育における植物病理学と植物防疫	平塚 和之	1
---------------------	-------	---

研究報告

植物体への障害を軽減するナミハダニ防除のための二酸化炭素くん蒸法	石井 直樹	2
----------------------------------	-------	---

調査報告

日本において <i>Niphe elongata</i> とされているイネカメムシの学名に関して	河野勝行・石川 忠	10
クモヘリカメムシ（カメムシ目：ホソヘリカメムシ科）に寄生するヤドリバエの種、寄生率および越冬状態	阿南 創・辰巳智哉・樋口博也	15

時事解説

最近の農薬開発の動向		
一殺菌・殺虫・殺ダニ・殺線虫剤を中心に— その1	梅津 憲治	20
韓国における農薬市場と動向	Woo Hyun・波田康弘	29

トピックス

菌寄生菌を利用したメロンうどんこ病に対する防除資材としての可能性	野々村 照雄	33
高倍率（50×）ルーペを用いたキュウリの斑点性病害の見分け方	畔柳泰典・桐野菜美子・矢尾幸世	40
チャの直がけ被覆栽培による炭疽病に対する抑制効果	市原 実・鈴木幹彦	45

新技術解説

大気中からのリンゴ黒星病菌のモニタリング：植物病原菌と大気バイオエアロゾル	小林 史尚	49
---------------------------------------	-------	----

研究室紹介

千葉県農林総合研究センター 病理昆虫研究室	塩田 あづさ	53
長崎県農林技術開発センター 果樹・茶研究部門 茶業研究室	池下 一豊	54

農林水産省プレスリリース（2023.10.1～2023.10.31）	44
新しく登録された農薬（2023.10.1～2023.10.31）	48
登録が失効した農薬（2023.10.1～2023.10.31）	9
発生予察情報・特殊報（2023.10.1～2023.10.31）	14

【表紙写真】

上段（右）：高倍率ルーペによるキュウリの3病害の診断
上段（左）：アンペロマイセス属菌が寄生したメロンうどんこ病菌分生子柄の形態変化
下段：イネカメムシとシロヘリカメムシ

**適用
拡大!**

**殺ダニ剤として
とうもろこし、きくのハダニ類で
使用できるようになりました!**

**1000倍希釈で
効かせます!**

- ◆ **果樹類と野菜類のハダニ類**を効果的に防除する**気門封鎖剤**です。
- ◆ **野菜類のアブラムシ類・コナジラミ類・うどんこ病対策**にも使えます。



**殺虫・殺ダニ剤(気門封鎖剤)
殺菌剤・展着剤**

フーモン®

フーモンは日本化学工業株式会社の登録商標です。



有効成分が害虫を
すばやく狙いうち!!

気門封鎖剤とは! ▶ 害虫の気門(空気の出入り口)をふさぐことで、窒息死させる薬剤です。

巻頭言

工学部教育における植物病理学と植物防疫

横浜国立大学大学院環境情報研究院 ひら つか かず ゆき
平 塚 和 之



本誌の名称である「植物防疫」という語感には関係各位、それぞれの思いがあると想像します。私にとっては本誌のタイトルが「出会い」であったわけですが、それは大学4年生として、農学部植物病理学研究室において卒業研究を開始し、当該研究室の図書室で本誌を手にとったのが初めてでした。当初は、随分と堅い印象を持ったのを覚えています。

それから現在に至るまで、私の勤務先所属はすべて大学でしたが、しばらくは大学院のみ担当であったため、学部生の教育には直接関与する機会はありませんでした。当時の研究室に所属する大学院生は他大学出身者のみで、多くは農学部からの進学者でした。しかし、縁あって現所属の横浜国立大学において、工学部物質工学科バイオコース（現在は理工学部化学・生命系学科バイオ教育プログラム）に所属し、工学系の学部生教育も担当することになりました。同コースの学生は標準的な工学部の化学系の物理・化学領域を中心とする基礎的科目に加えて、バイオ系の科目を学び、加えて当該分野の基礎的な実験・実習を履修します。そして、3年生の後期（秋学期）からは希望した教員の研究室に所属し、各人に与えられた研究テーマに取り組み、多くの場合、そのまま大学院に進学します。非常に広範囲なバイオサイエンス領域の研究室から所属する研究室を選ぶのですが、植物を研究対象としている教員は私のみで、ほかの教員は生化学、分子生物学、生物工学、再生医療関連等の研究を専門とし、微生物または動物を研究対象とする教員です。どの研究室に所属するかというのが、学生の進路選択において極めて重要になりますが、「研究室選び」において、植物科学、植物病理学や植物防疫といった分野が、ほかの先端バイオ研究分野と比較して十分な競争力を持ち得るのか、当初は大変心配でした。ところが、意外と学生受けは良好で、優秀な学部生が卒業研究を行う研究室として選んでくれる流れができました。その理由について、探ってみたところ、興味深いことに「植物病理学」や「植物防疫」のイメージが良いからという学生の意見がありました。

私が農学部の学生であったころ、卒業研究の研究室を選んだ理由の一つとしても、「植物病理学研究室」の語感の良さがあったことを思い出しました。しかし、これは当時の農学部農業生物学科（現在は生産・環境生物学専攻）の中でのことで、栽培学、園芸学、作物学、育種学、応用昆虫学などとの比較でした。一方、私が初めて学部生教育に携わった横浜国立大学工学部物質工学科バイオコース（2008年当時）の中では、再生医療、医工学、

腫瘍学、分子生物学、生物工学といった先端バイオサイエンスを標榜するほかの研究分野と比較して、植物を研究対象としている研究室は、「なんとも地味」で、学部生にアピールできるのか、当初はかなり心配していました。しかし、結果的には優秀な学生が志望してくれて、比較的多くの学部生・院生が集まる研究室となりました。その理由は、前述のとおり「植物病理学」や「植物防疫」の持つ語感や、研究分野としての魅力によるものであることは間違いないようです。

植物病理学は極めて広範囲な生物学の分野を包含しており、農学系はもとより、理工系の学部教育においても優れていることが指摘できると思います。具体的には、耕地生態系といったマクロな視点から、遺伝子・分子レベルの研究領域に至るまで多くの対象を包含することも、大学教育におけるこの分野の有利な点であることが挙げられます。また、遺伝子組換え植物に関する一連の事項は植物病理学分野が多く関与しますので、植物病理学を基軸にしたバイオテクノロジー関係の学部教育に好適な教育内容を展開することも可能です。さらに、植物防疫という視点で見ると農薬学と応用動物学・害虫学が加わり、教育研究対象はさらに広がります。一方、「防疫と貿易」などの切り口で、食料安全保障や物流に関する話題にも言及することができます。狭小な専門分野に収束しがちなほかの研究分野と比較して、これは大学教育のなかでも植物病理学、植物防疫が有する特徴であると思われます。

コロナ禍の影響で印象が薄いですが、2020年は国際植物防疫年2020（International Year of Plant Health 2020: IYPH2020）でした。本来ならば、同年にアジア植物病理学会が開催され、多くの関連イベントも実施される予定でしたが、残念ながら中止となりました。実は、このIYPH2020の日本語訳をどうするのか、と言うことで少し議論がありました。「植物防疫」では表現が硬く、分かり難いのでは？と言った意見があったのです。そこで、当初は「植物健康年」や「植物保護年」といった訳語が候補として検討されていたようです。

一方、吉報もあります。昨年からコミック誌においても「植物病理学」が題材として取り上げられ、「植物病理学は明日の君を願う」というタイトルで、漫画家の竹良実さんによる連載（小学館コミック）が続いています。これは、まさに僥倖であり、「植物病理学」や「植物防疫」が人口に膾炙し、大学教育においても多くの学生がこれらの分野を志望する機会となることを大いに期待しています。

（日本植物病理学会 会長）

 研究
報告

植物体への障害を軽減するナミハダニ防除のための二酸化炭素くん蒸法

 愛知県農業総合試験場 ^{いし}石 ^い井 ^{なお}直 ^き樹

はじめに

ナミハダニ *Tetranychus urticae* Koch は、イチゴをはじめ多くの作物で問題となる害虫であるが、愛知県では作付面積の多い花き類、特にキクにおいて重要害虫の一つとなっている。また、ナミハダニは薬剤抵抗性の発達もあり、防除効果の高い農薬は少なくなっている。

キクの栽培では、まず親株から挿し穂（苗）を採取するが、親株にナミハダニが寄生していると、挿し穂の定植直後からナミハダニの被害を受けることになる。現在、定植前のキク挿し穂に寄生するナミハダニの防除方法として、CO₂（二酸化炭素）くん蒸（CO₂ 濃度 40%、温度 25℃、24 時間処理）が農薬登録されている。CO₂ くん蒸は、ナミハダニ（土田ら、2011；小山田・村井、2014）、シクラメンホコリダニ（菅野ら、2016）、ミカンキイロアザミウマ（関・村井、2011）、クリシギゾウムシ（宮ノ下・今村、2009）に対し防除効果があることが報告されており、定植前のイチゴ苗に寄生するナミハダニを防除する方法として農薬登録（CO₂ 濃度 40～60%、温度 25～30℃、24 時間処理）されている。

CO₂ くん蒸処理後はカブリダニ等の天敵への影響もなく、イチゴの定植前の総合的病害管理（IPM）技術の一つとして普及が進みつつある。CO₂ くん蒸において、処理温度が高いほど防除効果は高くなり処理時間も短く済むが、キク挿し穂は高温になると温度による障害が発生するため高い温度での処理ができない（小山田・村井、2014）。また、現状ではキクの挿し穂に対する CO₂ そのものによる生長点の枯死等の障害の懸念があり普及に至っていない。そこで、キク、インゲン、イチゴを用いて植物体への CO₂ 障害を軽減し、ナミハダニに対する防除効果を低下させない CO₂ くん蒸方法（各試験目的に合わせてくん蒸条件を変えて行った）を検討した。本稿ではその成果について紹介する。

I キク挿し穂に対する CO₂ くん蒸の障害

1 キクの栽培について

愛知県では、未発根のキク挿し穂を直接圃場に定植する直挿し栽培を、多くの生産者が取り入れており、その利点としては育苗作業の省略や定植作業時間の短縮等が挙げられる。

直挿し栽培は、まず親株から 6～10 cm の挿し穂を採取し、発根や活着促進等を目的に 2～3℃ で冷蔵保存（2～4 週間程度）する。冷蔵後は水揚げを行い、圃場に定植する。発根剤や立枯病予防の殺菌剤は、適宜処理する。

2 キク挿し穂に対する CO₂ くん蒸の障害

定植前のキク（品種：‘神馬’）挿し穂に、CO₂ 濃度 40%・処理温度 25℃・くん蒸時間 24 時間（CO₂ くん蒸剤の適用表に記載されている処理方法）の処理後、直挿しを行った。しかし、CO₂ くん蒸を行った区では生育抑制や欠株が認められた（図-1）。

II CO₂ くん蒸による障害の軽減方法

1 CO₂ くん蒸方法の違いにおける障害程度

CO₂ くん蒸による障害について、冷蔵前後の処理やキク挿し穂の処理量の違いについて検討した。ガスバリア袋（XL-55、360×550 mm：富士インパルス製）にキク挿し穂を 100、200、300、400 g/袋入れ、冷蔵前および冷蔵後（いずれも冷蔵期間は 18 日間）に CO₂ くん蒸処理（CO₂ 濃度 40%・処理温度 25℃・くん蒸時間 24 時間）を行い、障害程度を比較した。開封時に袋内の CO₂ 濃度を測定すると、冷蔵前に処理した場合や袋当たりの挿し穂量が多いほど、CO₂ 濃度の増加が大きかった。その後、セルトレイに挿し芽し、障害程度を調査すると、開封時の CO₂ 濃度の増加が大きいほど障害程度が強く現れた（表-1、図-2）。障害の症状として、下位葉の黄化、褐変や生長点の枯死等が認められた（図-3）。これらのことから、キク挿し穂の CO₂ くん蒸を行う場合は、冷蔵後に行うこと、またキクの呼吸による CO₂ 濃度の増加を抑えるため 100 g/袋（4,600～5,000 cm³）以下の挿し穂量で処理することが、障害を軽減する条件の一つで

Carbon Dioxide Fumigation Method for Two-spotted Spider Mite Control that Reduces Damage to Plants. By Naoki ISHII

（キーワード：ナミハダニ、キク、二酸化炭素、気孔、光、直挿し）



図-1 CO₂ くん蒸によるキク挿し穂に対する障害
左：CO₂ くん蒸区，右：無処理区.

表-1 CO₂ くん蒸の処理時期およびキク挿し穂量の違いにおける障害程度

品種	CO ₂ 処理 時期	挿し穂量/袋	CO ₂ 濃度 (%)			定植可能率 (%)
			投入時	開封時	増減	
精の一世	冷蔵前	400 g	40	53	13	0
		300 g	40	52	12	76
		200 g	40	50	10	87
		100 g	40	45	5	95
	冷蔵後	400 g	40	48	8	69
		300 g	40	46	6	96
		200 g	40	42	2	92
		100 g	40	39	-1	100

定植可能率：(1 - 生長点の枯死や生育抑制の障害がある苗数/調査苗数) × 100.

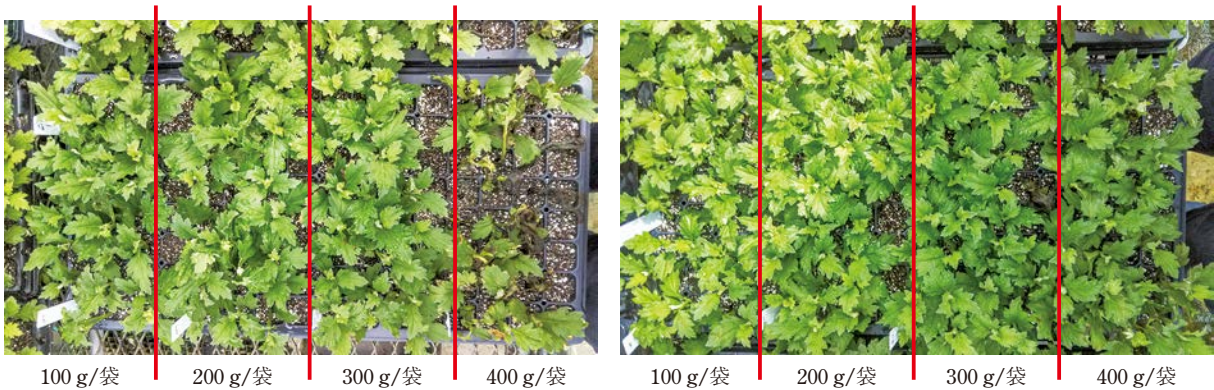


図-2 CO₂ くん蒸の処理時期およびキク挿し穂量の違いにおける障害程度
左：冷蔵前処理，右：冷蔵後処理.



図-3 CO₂ くん蒸によるキク挿し穂に対する障害
生長点の枯死.



図-4 乾燥状態の違いにおける CO₂ くん蒸による障害の違い (インゲン苗)
左: 3日間給水区, 中: 3日間無給水区, 右: 無処理区 (CO₂ くん蒸なし).

あると考えられた。

2 CO₂ くん蒸による障害に対する気孔の関与

(1) 乾燥状態における CO₂ くん蒸による障害

植物は気孔を通じて酸素 (O₂) や CO₂ が出入りしており, 乾燥状態の環境下では, 蒸散を抑えるため気孔が閉じ, 湿潤になると気孔は開く。そこで, 気孔の開閉の違いにおける CO₂ くん蒸の障害程度を比較した。インゲン苗 (農薬登録はない) を用い, 「3日間給水区」と「3日間無給水区」で, CO₂ 濃度 60%・処理温度 25℃・くん蒸時間 24 時間を行った結果, 「3日間無給水区」のほうが障害程度は軽くなった (図-4)。インゲン苗に対する障害は, くん蒸処理後数時間で認められ, 即効的に現われたことから, 活性酸素が関与している可能性が考え

られた。

(2) アブシシン酸処理時の CO₂ くん蒸による障害

植物ホルモンのアブシシン酸 (ABA) は, 気孔を閉じる作用があり (宮川・田之倉, 2011), 乾燥状態で ABA が作られ気孔を閉じ, 湿潤になると ABA は代謝分解され気孔は開く。ABA の代謝阻害剤として植物成長調節剤のウニコナゾール-P がある (斎藤ら, 2005) ABA 100 ppm とウニコナゾール-P 4 ppm をインゲン苗に灌注処理し, CO₂ くん蒸 (CO₂ 濃度 50%・処理温度 25℃・くん蒸時間 24 時間) を行ったところ, 「ABA 区」に比べ「ABA + ウニコナゾール-P 区」のほうが障害程度は軽減された (図-5)。以上のことから, 気孔を閉じることで CO₂ くん蒸の障害程度を軽減できることが示唆さ

れた。

(3) CO₂ くん蒸前の暗黒条件による障害軽減

ABA およびユニコナゾール-P はキク挿し穂に対して農薬登録がないため、現時点で CO₂ くん蒸の障害軽減を目的として使用ができない。気孔は、暗黒下や CO₂ の上昇によっても閉鎖が促進される（安藤ら、2022）。そこで、キク挿し穂を密閉した暗黒条件下に置くことで、気孔を閉鎖させ、CO₂ くん蒸の障害軽減が可能か検討した。アルミのガスバリア袋（AB350500P：三菱ガス化学）にキク挿し穂を入れ、1、3、5 時間 25℃ で静置した後に CO₂ くん蒸（CO₂ 濃度 50%・処理温度 28℃・くん蒸時間 24 時間）を行った。その結果、1 時間以上暗黒下に置くことで、障害は軽減された（図-6）。また、5 時間暗黒下に静置した区の軽減程度が大きかった。この理由として、キクの呼吸で袋内の CO₂ 濃度が上昇したことや蒸散による植物体内の水分減少が、気孔の閉鎖を促進した可能性が考えられた。ここで重要なのは、キク挿し穂に CO₂ くん蒸処理する前に光を当てないようにす

ること（気孔を開かせないこと）である。

(4) CO₂ くん蒸後の暗黒条件による障害軽減

キク挿し穂に対し、白さび病防除のために温湯処理を行う方法があるが、温湯処理後に光を当てないようにすると葉焼け症状の障害が軽減する（原田ら、2019）。この葉焼け症状は、温湯処理後に光を当てると光障害が生じ、発生した活性酸素が原因と考えられている。インゲン苗やキク挿し穂の CO₂ くん蒸処理後に発生する障害は、比較的早く発生するため、活性酸素が少なからず関与しているのではないかと考えた。そこで、CO₂ くん蒸処理後に暗黒下に置くことで障害が軽減できるか検討した。キク挿し穂を登録濃度より障害が出やすい CO₂ 濃度 45%・処理温度 28℃・くん蒸時間 24 時間の条件下で行い、処理後にビニル袋に入れ 3℃ および 10℃ で暗黒下に置き、その後セルトレイに挿し芽し、7 日後に調査した。その結果、暗黒下に 24～48 時間静置した場合に障害は軽減される傾向であった（図-7）。「10℃ 暗黒下 48 時間区」でやや障害が多くなっているが、ビニル袋内で

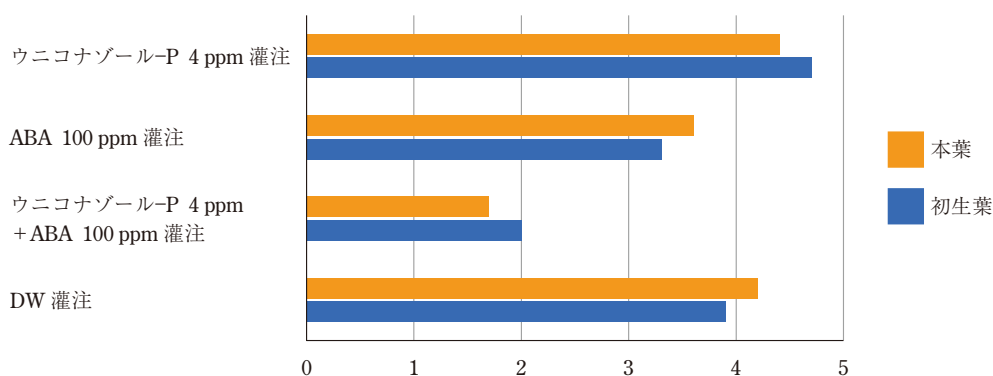


図-5 CO₂ くん蒸前の ABA + ユニコナゾール-P 処理による障害軽減（インゲン苗）
障害程度指数 0：障害なし，1：葉面積の 10% 未満に障害，2：10～30% 未満，3：30～50% 未満，4：50～80% 未満，5：80～100%。

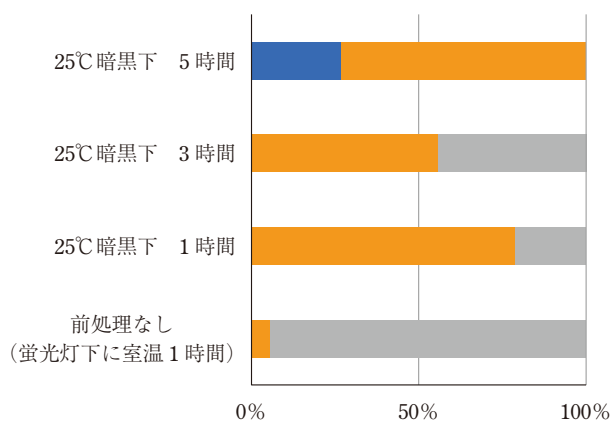


図-6 CO₂ くん蒸前の暗黒下による障害軽減（キク挿し穂）
■ 障害なし，■ 障害はあるが実用上問題なし，■ 実用上問題あり。

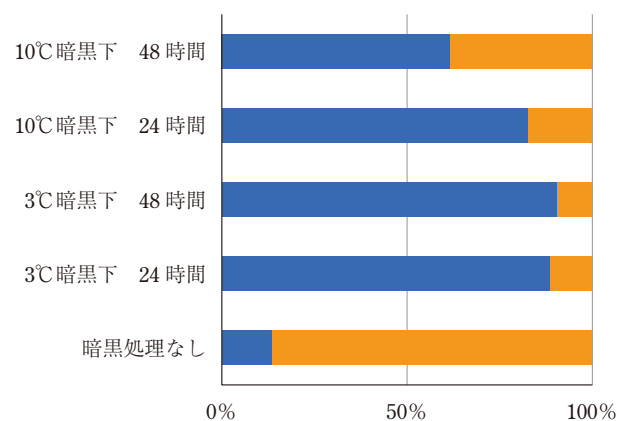


図-7 CO₂ くん蒸後の暗黒下による障害軽減（キク挿し穂）
■ 障害なし，■ 障害はあるが実用上問題なし，■ 実用上問題あり。

キクの呼吸により CO₂ 濃度が上昇したためと考えられた。なお、図では示していないが、CO₂ くん蒸後に 7 日以上暗黒下で冷蔵保存すると、障害が強くなった。

III CO₂ くん蒸前に処理した農薬の影響

1 CO₂ くん蒸前の化学農薬の影響

キク栽培では、病害虫防除を目的に化学農薬が散布されている。CO₂ くん蒸前に化学農薬を散布することにより、ナミハダニに対する防除効果に影響がないか検討した。殺ダニ剤 10 剤・殺虫剤 1 剤・殺菌剤 1 剤をナミハダニ雌成虫（2020 年 4 月、愛知県田原市のキク圃場で採集した個体群を使用，多剤抵抗性個体群）が寄生したインゲン葉片に噴霧処理した翌日に、CO₂ くん蒸した。多くの殺ダニ剤に対して抵抗性を示すナミハダニ個体群に対して、供試した化学農薬はいずれも CO₂ くん蒸の防除効果を著しく低下させる薬剤は認められなかった（表-2）。その中でもクロルフェナピル水和剤は、単用の補正死虫率 0% であったものの、クロルフェナピル水和剤 + CO₂ くん蒸 8 時間処理にすると、理論値では補正死虫率 34.7% であるのに対し、実際は 96.5% と高い死虫率を示すなど相乗効果が認められる薬剤もあった。

2 CO₂ くん蒸前の気門封鎖剤の影響

化学農薬と同じように、気門封鎖剤 6 剤についても同じ方法で試験を行ったところ、いずれの気門封鎖剤もナミハダニに対する防除効果に悪影響を及ぼす薬剤は認められず、プラスの効果が認められた（表-3）。

IV CO₂ 濃度低減時の ナミハダニに対する防除効果

1 イチゴ苗における CO₂ 濃度低減時の防除効果

イチゴ苗に適用がある CO₂ 濃度を半減し、処理時間を 24 時間から 42 または 48 時間（処理温度は 25℃）に長くした場合のナミハダニに対する防除効果を検討した。ナミハダニ（2019 年 6 月、試験場内のイチゴ圃場で採集した個体群を使用，多剤抵抗性個体群）を放飼，増殖させたイチゴ苗をガスバリア袋に入れ、CO₂ くん蒸処理を行った。処理 9 日後および 16 日後にナミハダニ成幼虫数を調査したところ、CO₂ 濃度を半減した場合でも処理時間を倍近くにすることで、適用濃度より高い防除効果が認められた（表-4）。また、調査期間中には、イチゴ苗に対する障害はいずれの試験区でも認められなかった。

2 キク挿し穂における CO₂ 濃度低減時の障害程度

ガスバリア袋にキク挿し穂を多く（50～100 g/袋）封入し、障害の出やすい条件で、適用のある CO₂ 濃度 40%・処理温度 25℃・くん蒸時間 24 時間と CO₂ 濃度 20%・処理温度 25℃・くん蒸時間 48 時間で比較した。処理後は、128 穴セルトレイに挿し芽し、3 週間後に生長点の枯死や生育抑制の有無を調査した。その結果、CO₂ 濃度を半減させ処理時間を長くしたほうが定植可能な苗が多い結果となった（表-5）。

表-2 CO₂ くん蒸処理前に散布された各種農薬のナミハダニ防除効果に対する影響（インゲン葉片）

前処理	希釈 倍数	CO ₂ 濃度	補正死虫率 (%) ^a					
			処理なし		CO ₂ 処理 8 時間		CO ₂ 処理 16 時間	
			雌成虫	次世代 ^b	雌成虫	次世代	雌成虫	次世代
シフルメトフェン水和剤	2,000 倍	40%	0.0	××	29.8 (34.7)	××	100 (89.4)	○○
ビフルブミド水和剤	4,000 倍	40%	0.0	××	26.9 (34.7)	△△	100 (89.4)	◎◎
テトラジホン乳剤	1,000 倍	40%	0.0	××	29.8 (34.7)	△△	100 (89.4)	☆●
テブフェンピラド乳剤	2,000 倍	40%	0.4	××	46.9 (35.0)	××	100 (89.4)	●◎
クロルフェナピル水和剤	2,000 倍	40%	0.0	××	96.5 (34.7)	□□	100 (89.4)	●◎
ビフェナゼート水和剤	1,500 倍	40%	69.0	××	76.1 (79.8)	××	100 (96.7)	●◎
ミルベメクチン乳剤	2,000 倍	40%	42.2	◎◎	100 (62.2)	●●	100 (93.9)	☆☆
ジェノクロル水和剤	1,000 倍	40%	53.8	☆☆☆	93.2 (69.9)	☆☆☆	100 (95.1)	☆☆☆
スピロテトラマト水和剤	2,000 倍	40%	52.5	●☆●	86.1 (69.0)	●☆●	97.8 (95.0)	☆☆☆
アセキノシル水和剤	1,500 倍	40%	78.8	☆☆	100 (86.1)	☆☆	100 (97.7)	☆☆
MEP 乳剤	1,000 倍	40%	6.7	××	43.2 (39.1)	××	100 (90.1)	◎◎
ジフェノコナゾール水和剤	2,000 倍	40%	0.0	××	26.2 (34.7)	××	100 (89.4)	○○
前処理なし		40%			34.7	△×	89.4	○○

^a: 前処理なし・CO₂ 処理なし区の死虫率に対する補正死虫率，() 内数字はコルビーの式による理論値 ($E = A + B - (A \times B) / 100$)。

^b: 雌成虫調査後，雌成虫を除去，除去 7 日後の卵の死虫率を下記にて評価。それぞれの記号は反復（2～3 反復）。

× = 死虫率 30% 未満，△ = 30% 以上 50% 未満，□ = 50% 以上 80% 未満，○ = 80% 以上 90% 未満，◎ = 90% 以上 95% 未満，● = 95% 以上 100 未満，☆ = 100%。

表-3 CO₂ くん蒸処理前に散布された各種気門封鎖剤のナミハダニ防除効果に対する影響（インゲン葉片）

前処理	希釈 倍数	CO ₂ 濃度	補正死虫率（%） ^a					
			処理なし		CO ₂ 処理 8 時間		CO ₂ 処理 16 時間	
			雌成虫	次世代 ^b	雌成虫	次世代	雌成虫	次世代
還元澱粉糖化物液剤	100 倍	40%	83.9	×××	80.7（87.5）	△△△	100（99.2）	☆☆●
ヒドロキシプロピル化リン酸 架橋デンプン液剤	100 倍	40%	55.1	×××	78.7（65.4）	□△△	97.5（97.8）	●●●
ソルビタン脂肪酸エステル乳剤	500 倍	40%	83.9	×××	90.7（87.5）	△△×	100（99.2）	●●●
脂肪酸グリセリド乳剤	300 倍	40%	69.5	×××	87.3（76.4）	□△□	100（98.5）	●●◎
マシン油乳剤※	100 倍	40%	100	●☆☆	100（100）	☆☆☆	100（100）	☆☆☆
マシン油乳剤※	200 倍	40%	40.5	△△△	97.5（54.1）	○○◎	100（97.1）	●●●
調合油乳剤	300 倍	40%	51.3	△△×	100（62.4）	□□□	100（97.6）	●●●
前処理なし		40%			22.8	△△×	95.0	○○◎

^a：前処理なし・CO₂ 処理なし区の死虫率に対する補正死虫率，（ ）内数字はコルビーの式による理論値（E = A + B - (A × B)/100）。
^b：雌成虫調査後，雌成虫を除去，除去 7 日後の卵の死虫率を下記にて評価。それぞれの記号は反復（3 反復）。
× = 死虫率 30% 未満，△ = 30% 以上 50% 未満，□ = 50% 以上 80% 未満，○ = 80% 以上 90% 未満，◎ = 90% 以上 95% 未満，
● = 95% 以上 100 未満，☆ = 100%。
※キクの登録なし。

表-4 CO₂ くん蒸処理条件の違いにおけるナミハダニに対する効果（イチゴポット苗）

CO ₂ 濃度	処理 温度・時間	処理前	処理 9 日後		処理 16 日後	
		成若幼虫数	成若幼虫数	補正密度指数	成若幼虫数	補正密度指数
30%	25℃・48 時間	156	0	0	0	0
30%	25℃・42 時間	176	0	0	0	0
20%	25℃・48 時間	203	0	0	1	0.7
20%	25℃・42 時間	226	0	0	0	0
60%	25℃・24 時間	129	26	21.6	17	19.4
40%	25℃・24 時間	166	16	10.3	59	52.2
無処理		97	91	100	66	100

表-5 CO₂ くん蒸処理条件の違いにおけるキク挿し穂に対する葉害程度

品種	処理挿し穂 総量/袋	冷蔵期間 (3℃)	CO ₂ 処理 時間・温度	CO ₂ 濃度（%）			定植可能率 （%）
				投入時	開封時	増減	
神馬	150 g	14 日	24 時間・25℃	40	45	5	27
	200 g	14 日	48 時間・25℃	20	36	16	81
	150 g	14 日	24 時間・25℃	0	4	4	100
レミダス	150 g	14 日	24 時間・25℃	40	46	6	85
	200 g	14 日	48 時間・25℃	20	36	16	97
	150 g	14 日	24 時間・25℃	0	5	5	95

定植可能率：（1 - 生長点の枯死や生育抑制の障害がある苗数/調査苗数）× 100。

3 キク挿し穂冷蔵後のナミハダニに対する防除効果

これまでの検討により，CO₂ 濃度を半減させても処理時間を長くすることで防除効果を維持し，障害も軽減できることがわかった。しかし，処理時間を長くした場合，一定期間に処理できる本数が少なくなることや挿し穂のしおれの懸念もあるため，処理時間を短くする方法を模

索した。

キク挿し穂は，定植する前に発根や活着促進等を目的に 2～3℃ で 2～4 週間程度，冷蔵保存する。この冷蔵保存により，ナミハダニの代謝等が影響を受けることによって，CO₂ が効きやすくなるのではという推測のもと，キク挿し穂の冷蔵期間別のナミハダニに対する防除効果

図-8 ナミハダニ防除における冷蔵期間別の CO₂ くん蒸試験方法 (キク挿し穂)表-6 キク挿し穂の冷蔵期間別 CO₂ 処理によるナミハダニに対する防除効果

CO ₂ 濃度	処理 温度・時間	成若幼虫数					
		7日間冷蔵後		14日間冷蔵後		28日間冷蔵後	
		CO ₂ くん蒸処理		CO ₂ くん蒸処理		CO ₂ くん蒸処理	
		処理前	14日後	処理前	14日後	処理前	14日後
25%	25℃・24時間	104.0	15.3	134.7	1.0	78.7	0
25%	25℃・28時間	133.7	12.3	127.7	0	54.3	0
20%	25℃・24時間	119.7	128.7	91.7	4.0	80.0	0.7
20%	25℃・28時間	123.0	86.0	103.3	2.7	47.7	0
0%	25℃・24時間	128.0	490.3	126.3	517.0	72.7	316.3

成若幼虫数は1区8株3反復の平均。

を比較検討した。

最初に、キク挿し穂を採取後水差しし、ナミハダニを放飼 (2020年4月、愛知県田原市のキク圃場で採集した個体群を使用、多剤抵抗性個体群)、3日間産卵させた後に、3℃で7、14、28日間冷蔵保存した。冷蔵後に、CO₂ くん蒸処理を行い、セルトレイに挿し芽し、2週間後にキク挿し穂に寄生する成幼虫数を調査した (図-8)。その結果、冷蔵期間が長いほど成幼虫数は少なくなる傾向であった。また、14日以上冷蔵することで、ナミハダニに対し十分な防除効果を示すことがわかった (表-6、ただし、ほかの個体群においても同様の結果になるか確認する必要がある)。

V ま と め

キク挿し穂に寄生するナミハダニの CO₂ くん蒸処理を行う場合のポイントとして、①14日以上冷蔵保存を行うこと、②処理前には光を当てないこと (光を当てた場合、数時間は暗黒下に置く)、③CO₂ 濃度の増加を抑えるため 100 g/袋 (4,600~5,000 cm³) 以下の挿し穂量にすること、④CO₂ くん蒸後も光をなるべく当てないようにすることが挙げられる。なお、生産現場では、キ

ク挿し穂を直挿した後は、一定期間ポリフィルムや寒冷紗等で被覆するため、光は当たりにくい状況にあると考えられる。本法により CO₂ 濃度を 40% から 20% へ半減させても、ナミハダニに対する防除効果を維持したまま障害を軽減できるものと考えられる。

お わ り に

2021年に農林水産省が策定した「みどりの食料システム戦略」では、2050年までに、化学合成農薬の使用量の50%低減 (リスク換算) を目指すこととしているが、ナミハダニをはじめ、アザミウマ類、コナジラミ類など微小害虫は、農薬に対する抵抗性が発達しやすく、防除が困難な害虫である。新規農薬の実用化も限りがある中で、天敵等を取り入れた IPM 技術がより一層必要となってきている。

イチゴでは、苗の CO₂ くん蒸処理を行うことにより、本圃へナミハダニの持ち込みを軽減することができる。また、処理後のカブリダニへの影響もなく、天敵との防除体系を構築しやすい技術となっている。

キク栽培において、イチゴのように天敵を利用した IPM 技術は、あまり取り組まれていないが、薬剤感受性

低下により防除効果の高い化学農薬が少なくなってくるなか、CO₂ くん蒸や天敵等を防除体系に取り入れた IPM 技術は、化学農薬の使用回数を減らし、薬剤抵抗性の発達を遅らせ、持続可能な花き生産としていくために、必要になってくる技術と思われる。

今回検討してきたキク挿し穂の CO₂ くん蒸は、いずれも小規模な試験であるため、実機を使用した検討を行い、実用レベルの技術としていく必要がある。今後は、天敵や防虫ネットなどを組合せ、IPM 技術の一つとし

て確立を目指していく。

引用文献

- 1) 安藤英伍ら (2022): New Phytologist **236**: 2061~2074.
- 2) 原田陽帆ら (2019): 園芸学会研究 **18**(1): 59~64.
- 3) 宮川卓也・田之倉 優 (2011): 日本結晶学会誌 **53**: 178~185.
- 4) 宮ノ下明大・今村太郎 (2009): 植物防疫 **63**: 302~306.
- 5) 小山田浩一・村井 保 (2014): 同上 **68**: 407~413.
- 6) 斎藤茂樹ら (2005): 日本植物学会年会講演要旨集 **46**: 763.
- 7) 菅野英二ら (2016): 北日本病虫研報 **67**: 173~177.
- 8) 関 昌夫・村井 保 (2011): 応動昆 **55**: 174~177.
- 9) 土田 聡ら (2011): 果樹研究所研究報告 **12**: 15~26.

登録が失効した農薬 (2023.10.1~2023.10.31)

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

「殺菌剤」

- ジメトモルフ・マンゼブ水和剤
19508：フェスティバル M 水和剤（北興化学工業株式会社）2023/10/10
- ダゾメット粉粒剤
23480：ホクコーガスタード微粒剤（北興化学工業株式会社）2023/10/10

「殺虫剤」

- DMTP 乳剤
13388：日農スプラサイド M（株式会社理研グリーン）23/10/23

● DMTP 乳剤

- 23639：スプラサイド M（株式会社理研グリーン）23/10/23

「除草剤」

- ピリブチカルブ・ブロモブチド・ベンゾフェナップ水和剤
23297：協友シーゼットフロアブル（協友アグリ株式会社）23/10/18
- イマゾスルフロン・ダイムロン・フェントラザミド・ブロモブチド粒剤
21569：ビッグシュアエース 1 キロ粒剤（バイエルクロップサイエンス株式会社）23/10/31

調査報告

日本において *Niphe elongata* とされている イネカメムシの学名に関して

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

こう
河
いし
石

の
野
かわ
川

かつ
勝

ゆき
行
ただし
忠

東京農業大学農学部

はじめに

日本において *Niphe elongata* (DALLAS, 1851) の学名で知られているイネカメムシ（カメムシ目：カメムシ上科：カメムシ科）は稲作害虫として古くから知られており（佐々木, 1899）、第二次世界大戦前まではイネクロカメムシ *Scotinophara lurida* (BURMEISTER, 1834) とともにイネを加害するカメムシ類として最も重要な種の一つであった（長谷川, 1961；HASEGAWA, 1971）。第二次世界大戦後には水稻の作付け時期が早期に拡大したが、それに呼応するように、それまで問題とされていなかったミナミアオカメムシ *Nezara viridula* (LINNAEUS, 1758) など

の多食性の種が害虫化するとともに、イネカメムシやイネクロカメムシなどのイネを好む年1化性で単食性の種は害虫として問題とされないようになった（HASEGAWA, 1971；高井ら, 1976）。そのように害虫としてほとんど忘れられていたイネカメムシであったが、近年日本各地で個体数の増加が見られ（大田ら, 2020；本田ら, 2021；安江ら, 2022）、再び害虫として注目されるようになった（石島, 2021）。そのような状況で、筆者（河野）が日本各地の害虫カメムシ類の防除研究に関わっている研究者と情報交換するなか、イネカメムシの学名について話題に上った。

現在カメムシ上科全般の同定を目的とした一般に市販

イネカメムシ



シロヘリカメムシ



写真原図：長島聖大氏（伊丹市昆虫館）

イネカメムシの頭部



シロヘリカメムシの頭部



	イネカメムシ	シロヘリカメムシ
地色	赤褐色	黄緑褐色
頭部の側葉	左右が接しない	左右が先端で接する
触角	第1, 2節は赤色	黒色の部分が多い
小楯板	側縁が緩やかに曲がる	側縁が途中で急に曲がる

図-1 イネカメムシとシロヘリカメムシの形態の比較

Raising the Issue of the Scientific Name of the Stink Bug Known as *Niphe elongata* in Japan. By Katsuyuki KOHNO and Tadashi ISHIKAWA

（キーワード：イネカメムシ，シロヘリカメムシ，分類，学名）

されている文献で最も新しいものは『日本原色カメムシ図鑑第3巻』（石川ら，2012）である。そこにはイネカメムシについて、「以前は *Lagynotomus* に含まれていたが，*Niphe* 属に所属が変更された」という記述があり，その第1巻に相当する『日本原色カメムシ図鑑』（安永ら，1993）で *Lagynotomus elongatus* とされていた学名が *Niphe elongata* に変更されている（*elongatus* の語尾 *-us* が *-a* に変わっているのは国際動物命名規約の規則による）。ところが，時代を遡って文献を調べてみると，本種の学名の変遷には複雑な経緯があり，未解決の問題も存在することが明らかになったので，ここではその経緯について解説する。なお，イネカメムシの学名について，現状では *Niphe elongata* (DALLAS, 1851) を使用することに全く問題がないことをあらかじめ申し添える。

以下本稿では，日本のイネカメムシにあてられたことのある学名の属の変遷（分類学的な変遷）と，日本のイネカメムシにあてられてきた学名の変遷（学名適用の変遷）に分けて解説する。しかしその前に，イネカメムシと同属と見なされたことがあり（DISTANT, 1899），日本においてはイネカメムシとの間で学名が取り違えられた時代もあった（松村，1901；江崎，1929）シロヘリカメムシ *Aenaria lewisi* (SCOTT, 1874) についても紹介し，まずその形態的な相違について解説する。

イネカメムシとシロヘリカメムシの外見は，前胸の側縁や前翅の前縁がいずれも白色である点などで一見似ているが，図-1 に示したように，地色，頭部の形態，触角の色彩，小楯板の形態が明瞭に異なる。*Niphe* 属および *Lagynotomus* 属のグループと *Aenaria* 属の間では頭部の中葉と側葉の長さの関係が異なるが，それをもって属を分けるか（STÅL, 1876；BERGROTH, 1906；BREDDIN, 1906）分けないか（DISTANT, 1899）も論点の一つであった。

I 分類学的な変遷

イネカメムシとシロヘリカメムシの分類学的な変遷を表-1 に示す。

日本のシロヘリカメムシを指す *lewisi* という種は，SCOTT (1974) によって日本（詳細な地名は不明）から新種として記載され，当初は *Drinostia* 属に含められた。その後まもなく，STÅL (1876) は本種のみを含めた *Aenaria* 属を新設した。現在は *Aenaria lewisi* (SCOTT, 1874) の学名で知られている。

現在日本のイネカメムシに充てられている *elongata* という種は，DALLAS (1851) によって北インド (N. India) から *Pentatoma* 属の新種として記載された。*Pentatoma* 属は多くの種を含む属であったが，STÅL (1868) はいくつもの新しい属に分割し，その一つ *Niphe* 属へ *elongata* を移した。

一方，かつて日本のイネカメムシに充てられた *assimulans* という種は，DISTANT (1883) によって，シロヘリカメムシと同じ *Aenaria* 属の新種として長崎 (Nagasaki) の標本を基に記載された。

DISTANT (1899) は，*elongata* の頭部の中葉と側葉の形態が *assimulans* と同じであることから，*elongata* を *Niphe* 属から *Aenaria* 属へ移した。したがって，*lewisi*，*elongata*，*assimulans* の3種すべてが *Aenaria* 属に含まれることになった。

これに対し，BERGROTH (1906) は，これら3種を同属として扱う DISTANT (1899) の考えを否定し，STÅL (1868) に従って *elongata* を *Aenaria* 属から *Niphe* 属へ戻すと同時に，疑問符を付けた上で *assimulans* も *Niphe* 属へ移した（“*assimulans*” と記述）。疑問符を付けた理由は明言していないものの，一般的な解釈では所属する属に問題があることを意味することから，BERGROTH (1906) は「*assimulans* の所属は *Niphe* 属でよいかかわからないが，

表-1 イネカメムシとシロヘリカメムシの分類学的な変遷

文献	イネカメムシ		シロヘリカメムシ
	<i>elongata</i>	<i>assimulans</i>	
DALLAS (1851)	<i>Pentatoma elongata</i> DALLAS	—	—
STÅL (1867)	<i>Niphe elongata</i> (DALLAS)	—	—
SCOTT (1874)	—	—	<i>Drinostia lewisi</i> SCOTT
STÅL (1876)	—	—	<i>Aenaria lewisi</i> (SCOTT)
DISTANT (1883)	—	<i>Aenaria assimulans</i> DISTANT	<i>Aenaria lewisi</i> (SCOTT)
DISTANT (1899)	<i>Aenaria elongata</i> (DALLAS)	<i>Aenaria assimulans</i> DISTANT	<i>Aenaria lewisi</i> (SCOTT)
BERGROTH (1906)	<i>Niphe elongata</i> (DALLAS)	<i>Niphe</i> ? <i>assimulans</i> (DISTANT)	<i>Aenaria lewisi</i> (SCOTT)
BREDDIN (1906)	—	<i>Lagynotomus assimulans</i> (DISTANT)	—
RIDER (2006)	<i>Niphe elongata</i> (DALLAS)	<i>Lagynotomus assimulans</i> (DISTANT)	<i>Aenaria lewisi</i> (SCOTT)

一応 *Niphe* 属に含めておく」と判断したと推察される。

その後、BREDDIN (1906) は BERGROTH (1906) の考えを支持したうえで、*assimulans* をタイプ種とする *Lagynotomus* 属を設立した。これは、*assimulans* の所属に問題ありとした BERGROTH (1906) の見解を受けて、*assimulans* は *Niphe* 属ではなく *Niphe* に近縁な新属に所属させるべきであると BREDDIN (1906) が解釈した結果であろう。しかしながら、BREDDIN (1906) は *Lagynotomus* 属を設立した際に *Niphe* 属との違いについて全く言及していない。実際に *Lagynotomus* 属 (BREDDIN, 1906) と *Niphe* 属 (STÅL, 1868) の記載文を比較してもこれら 2 属の間の違いを見いだすことはできない。

その後、ここに示した 3 種について世界的な観点からは学名の変更はないと考えられる。実際に、2006 年に出版された『旧北区カメムシ亜目カタログ第 5 巻』(RIDER, 2006) には、これら 3 種がそれぞれ別属の独立の種、*Aenaria lewisi* (SCOTT, 1874), *Lagynotomus assimulans* (DISTANT, 1883), *Niphe elongata* (DALLAS, 1851), として掲載されている。*Aenaria lewisi* についてはシロヘリカメムシを指す学名として今のところ疑いはないが、*Lagynotomus assimulans* と *Niphe elongata* についてはいずれも日本のイネカメムシにあてられた経緯があるため、RIDER (2006) は両者とも日本を分布域に含めている。以上のことから、日本のイネカメムシを指す学名には二つの候補があることになる。なお、*Lagynotomus assimulans* と *Niphe elongata* が別種なのか同種なのか (シノニムの関係にあるかどうか) について、これまでに疑問視されたり議論されたりしたことはないようである。

II 日本における学名適用の変遷

日本におけるイネカメムシとシロヘリカメムシに関する学名適用の変遷を表-2 に示す。

イネカメムシの学名が初めて日本の文献に現れたのは、帝国大学農科大学教授の佐々木忠次郎による『日本農作物虫害篇』(佐々木, 1899) であると思われる。そこには“*Oenalia assimulans* Distant”と記されているが、

属名の綴りが間違っているものの、DISTANT (1883) に基づいたものであることに疑いはない。

ところがその 2 年後、札幌農学校助教授でベルリン大学に留学中だった松村松年が、佐々木 (1899) に記されている害虫の学名について多くの指摘をする中で、イネカメムシは *Aenaria lewisi* であって *Aenaria assimulans* はシロヘリカメムシである、と指摘とした (松村, 1901)。その後、“*Aenaria scotti* Dist.” という存在しないはずの名称が使われたこともあったものの (堀・素木, 1910; 松村, 1920), この松村 (1901) の扱いは四半世紀以上続いた。ところが、九州帝国大学助教授でヨーロッパに留学中だった江崎悌三は、大英博物館のタイプ標本を検したうえで、佐々木 (1899) に対する松村の指摘 (松村, 1901) の中でイネカメムシとシロヘリカメムシの学名が取り違えられていることを指摘した (江崎, 1929)。なおその際、*Aenaria assimulans* は BREDDIN (1906) によって設立された *Lagynotomus* 属に移されていたので、イネカメムシの学名は *Lagynotomus assimulans* とされた (江崎, 1929)。さらにその翌年には、松村自身によってもシロヘリカメムシとの間の学名の取り違えが訂正された (松村, 1930)。

江崎 (1929) に基づいたイネカメムシの種名の扱いはその後四半世紀ほど続いたが、不可解なことに、江崎自身による一般向けの図鑑 (江崎, 1955) の中で、イネカメムシの学名として“*Lagynotomus elongatus* Dallas”という名称が説明なしに使用された。すなわち、なぜ *assimulans* ではなく *elongatus* を用いたのか、さらに、なぜ *elongatus* を *Niphe* 属から *Lagynotomus* 属に移したのかについて何も書かれていない。江崎はその 3 年後の 1958 年に逝去したが、それまでの間にイネカメムシの学名を変更した理由について記した資料は見つからないままである。この江崎 (1955) の後しばらく、各種文献におけるイネカメムシの学名について、*Lagynotomus elongatus* と *Lagynotomus assimulans* のいずれかがあてられ、両者が混在する状態になったが、小林 (1960) はイネカメムシにあてられた学名の一覧を示しつつ、*Lagynotomus*

表-2 日本におけるイネカメムシとシロヘリカメムシに関する学名適用の変遷

文献	イネカメムシ	シロヘリカメムシ
佐々木 忠次郎 (1899)	“ <i>Oenalia assimulans</i> Distant”	
松村 松年 (1901)	“ <i>Aenaria lewisi</i> SCOTT”	“ <i>Aenaria assimulans</i> Dist.”
江崎 悌三 (1929)	<i>Lagynotomus assimulans</i> (DISTANT)	<i>Aenaria lewisi</i> (SCOTT)
江崎 悌三 (1955)	“ <i>Lagynotomus elongatus</i> DALLAS”	“ <i>Aenaria lewisi</i> SCOTT”
小林 尚 (1960)	<i>Lagynotomus elongatus</i> (DALLAS)	<i>Aenaria lewisi</i> (SCOTT)
石川 忠ら (2012)	<i>Niphe elongata</i> (DALLAS)	<i>Aenaria lewisi</i> (SCOTT)

表-3 イネカメムシの種名の可能性

	種について	属について	有効とすべき学名
	<i>elongata</i> (-us) と <i>assimulans</i> が	<i>Niphe</i> と <i>Lagynotomus</i> が	
(A)	同種 (シノニム)	同属 (シノニム)	<i>Niphe elongata</i> (DALLAS, 1851)
(B)	同種 (シノニム)	別属	<i>Lagynotomus elongatus</i> (DALLAS, 1851)
(C)	別種	同属 (シノニム)	<i>Niphe assimulans</i> (DISTANT, 1883)
(D)	別種	別属	<i>Lagynotomus assimulans</i> (DISTANT, 1883)

elongatus をイネカメムシに適用する学名として提示した。これ以降日本では半世紀以上この学名が使用されることになった。

2012 年になって、筆者 (石川) は『日本原色カメムシ図鑑第 3 巻』(石川ら, 2012) でイネカメムシの学名を *Niphe elongata* と示した。これは、図鑑原稿の執筆時に RIDER (2006) において *elongata* (-us) の所属が *Niphe* 属であったことによる。上述のように石川ら (2012) は「*Niphe* 属に所属が変更された」と記述したが、学名が適用された歴史を紐解くと、むしろ「*Niphe* 属に所属が戻された」と記述すべきであることがわかった。さらに言えば、BERGROTH (1906) が *elongata* を *Niphe* 属に移した (戻した) 1906 年以降は、世界的な観点からは *elongata* の所属が変わっていないため、属が変わった・戻ったと言及すること自体必要なかったのかもしれない。一方で、RIDER (2006) に掲載されていた *Lagynotomus assimulans* がかつてイネカメムシにあてられていた学名であったことに筆者 (石川) は恥ずかしながら気づいていなかった。そのため、石川ら (2012) ではこの学名について言及していない。したがって、日本においても *assimulans* と *elongata* が同種なのか別種なのかについては未検討のままである。

おわりに

以上に記したように、イネカメムシの分類と学名について、これまでの検討が十分ではないことが明らかになった。種については、*elongata* (-us) と *assimulans* が同種であるか別種であるかについて、それぞれのタイプ標本を比較検討する必要がある。また、属についても *Niphe* 属と *Lagynotomus* 属を分けるのか分けないのかを検討し、それぞれの属のタイプ種 (さらにはタイプ種のタイプ標本) や *Niphe* 属の別の種も含めて比較検討する必要がある。

現状ではこれらが確定していないので、日本のイネカメムシの学名には 2×2 の 4 とおりの可能性がある (表-3)。なお、『日本原色カメムシ図鑑第 3 巻』(石川ら, 2012) では表-3 の (A) が、『旧北区カメムシ亜目カタロ

グ第 5 巻』(RIDER, 2006) では表-3 の (A) と (D) が記されている。また、BERGROTH (1906) では表-3 の (C) が記されているが疑問符 (?) 付きである。表-3 の (B) は『日本原色カメムシ図鑑』(安永ら, 1993) をはじめとして、江崎 (1955) 以降『日本原色カメムシ図鑑第 3 巻』(石川ら, 2012) が出版される前まで日本における標準であった。しかし、世界的観点から認知されていない *Lagynotomus elongatus* の名称をオンライン検索すると日本、韓国、台湾の文献でしかこの名称がヒットしないので、江崎 (1955) による扱いが日本の影響の強い地域に限られていることが伺われた。

このような状況であるが、当面は『日本原色カメムシ図鑑第 3 巻』(石川ら, 2012) に従い、イネカメムシの学名として *Niphe elongata* (DALLAS, 1851) を使用していただくのが妥当と思われる。

最後になったが、本件について調査のきっかけを作っていただいた、石本聖絵 (愛知県)、樋口博也 (龍谷大学)、東浦祥光 (山口県) の各氏をはじめとする nezara-ML のメンバ各位、オンラインでの発表の機会を与えていただいた平江雅宏氏 (農研機構)、文献調査でご配慮いただいた大島康宏氏 (三重県総合博物館)、また、シロヘリカメムシとイネカメムシの識別点が極めて鮮明なホワイタバックの写真を提供いただいた長島聖大氏 (伊丹市昆虫館) にお礼申し上げます。

引用文献

- 1) BERGROTH, E. E. (1906): Wiener Entomol. Zeit. 25: 1~12.
- 2) BREDDIN, G. (1906): ibid. 25: 245~246.
- 3) DALLAS, W. S. (1851): List of the specimens of hemipterous insects in the collection of the British Museum. Part 1. London.
- 4) DISTANT, W. L. (1883): Trans. Entomol. Soc. London 1883: 421~422, Pl. 19 Fig.4.
- 5) ——— (1899): Ann. Mag. Nat. Hist. ser.7 4: 421~445.
- 6) 江崎悌三 (1929): 昆蟲 3: 71~75.
- 7) ——— (1955): 学生版原色昆虫図鑑 [甲虫・半翅類篇]. 北隆館, 東京.
- 8) 長谷川 仁 (1961): 植物防疫 15: 143~146.
- 9) HASEGAWA, H. (1971): Tropical agriculture research series: proceedings of a symposium on tropical agriculture researches 5: 229~234.
- 10) 本田善之ら (2021): 植物防疫 75: 264~268.
- 11) 堀 健・素木得一 (1910): 農事試験場特別報告 第一号 台湾ノ害蟲ニ關スル調査. 臺灣總督府農事試験場, 臺北.

- 12) 石島 力 (2021): 植物防疫 75: 364~368.
- 13) 石川 忠ら (編) (2012): 日本原色カメムシ図鑑 第3巻. 全国農村教育協会, 東京.
- 14) 小林 尚 (1960): 応動昆 4: 11~19.
- 15) 松村松年 (1901): 動物学雑誌 (152): 189~195.
- 16) ——— (1920): 大日本害蟲全書 (前編). 六盟館, 東京.
- 17) ——— (1930): 増訂日本千蟲圖解. 第壹巻. 刀江書院, 東京.
- 18) 大田真理子ら (2020): 茨城県病害虫研究会報 59: 58~63.
- 19) RIDER, D. A. (2006): Catalogue of the Heteroptera of the Palearctic Region (Aukema, B. and Rieger, C. eds.) Volume 5 Pentatomomorpha II. pp.233~402.
- 20) 佐々木忠次郎 (1899): 日本農作物害蟲篇. 敬業社, 東京.
- 21) SCOTT, J. (1874): Ann. Mag. Nat. Hist. ser.4 14: 289~304, 360~365, 426~452.
- 22) STÅL, C. (1868): Öfvers. Kongl. Svenska Vetensk.-Akad. Förh. 24(7): 491~560.
- 23) ——— (1876): Kongl. Svenska Vetensk.-Akad. Handl. (N. F.) 14(4): 1~162.
- 24) 高井 昭ら (1976): 茨城農試研報 16: 43~58.
- 25) 安江園子ら (2022): 千葉農林総研研報 14: 45~51.
- 26) 安永智秀ら (1993): 日本原色カメムシ図鑑. 全国農村教育協会, 東京.



発生予察情報・特殊報 (2023.10.1~2023.10.31)

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

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

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| ■ハナモモ, モモ, ウメ等：モモヒメヨコバイ（静岡県：初）10/5 | 10/18 |
| ■トマトキバガ（侵入警戒トラップでの誘殺）（千葉県：初）10/6 | ■トマトキバガ（侵入警戒トラップでの誘殺）（福井県：初）10/19 |
| ■トマトキバガ（侵入警戒トラップでの誘殺）（石川県：初）10/10 | ■サツマイモ：タテスジヒメジンガサハムシ（千葉県：初）10/20 |
| ■トマトキバガ（侵入警戒トラップでの誘殺）（岐阜県：初）10/11 | ■レタス：疫病（徳島県：初）10/20 |
| ■トマトキバガ（侵入警戒トラップでの誘殺）（京都府：初）10/12 | ■トマトキバガ（侵入警戒トラップでの誘殺）（愛知県：初）10/23 |
| ■トマト：トマト黒点根腐病（島根県：初）10/13 | ■トマトキバガ（侵入警戒トラップでの誘殺）（茨城県：初）10/24 |
| ■トマトキバガ（侵入警戒トラップでの誘殺）（兵庫県：初）10/16 | ■トマトキバガ（侵入警戒トラップでの誘殺）（滋賀県：初）10/27 |
| ■サツマイモ：乾腐病（佐賀県：初）10/17 | ■トマトキバガ（侵入警戒トラップでの誘殺）（大阪府：初）10/31 |
| ■オクラ：フタテンミドリヒメヨコバイ（宮崎県：初） | |



クモヘリカメムシ（カメムシ目：ホソヘリカメムシ科）に寄生するヤドリバエの種、寄生率および越冬状態

龍谷大学農学部 ^{あなん}阿南 ^{そう}創・^{たつみ}辰巳 ^{ともや}智哉・^{ひぐち}樋口 ^{ひろや}博也

はじめに

クモヘリカメムシ *Leptocorisa chinensis* Dallas（カメムシ目：ホソヘリカメムシ科）は、イネ *Oryza sativa* Linnaeus の穂から吸汁を行い、玄米に斑点を生じさせる斑点米カメムシ類の一種である（川村，2007）。滋賀県においては斑点米カメムシ種の主要種であり（田中，2000），野外での生態（長谷川ら，1976）や管理技術（寺本，2003），放飼試験による被害状況（田中・小嶋，2003）などに関する研究が進められている。

カメムシ類の寄生性天敵として、卵寄生蜂とヤドリバエがあり（中沢・林，1984），カメムシ類の密度抑制要因としての役割は大きい（山田・宮原，1979；長谷川ら，1980；小田，1980；山田，1980）。クモヘリカメムシの卵寄生蜂については、種や寄生率（横須賀ら，1998；竹内，2007；樋口・米田，2023），寄主範囲（野田，1990）について報告がなされている。しかし、ヤドリバエについては、種と寄生率についての報告（阿南ら，2023）がなされているのみである。

ヤドリバエ科のハエは内部寄生性で、様々な分類群の昆虫に寄生する（桧垣，2003）。ハエ目の中でも最も大きな科であり、世界で約8,500種、日本国内で約500種が記録されている（中村・一木，2006）。ヤドリバエ幼虫は、寄主体内に寄生している間も寄主は生きているため、「飼い殺し寄生（koinobiont）」と呼ばれる（中村・一木，2006）。ヤドリバエの多くは植食性の昆虫に寄生することから（桧垣，2003），農作物を加害する害虫に対する天敵としての働きも大きい。

本研究では、クモヘリカメムシに寄生するヤドリバエの種と寄生率および越冬状態について調査したので、得

られた知見の概要を紹介する。

本文に先立ち、ヤドリバエを同定していただいた駒形森氏に厚くお礼申し上げる。

I クモヘリカメムシに寄生するヤドリバエの種と寄生率の推移

1 成虫に対する寄生

滋賀県大津市のイネ科植物が繁茂した休耕田で、クモヘリカメムシ成虫を捕虫網（直径36 cm，柄90 cm）を使い，2021年は6月20日から9月20日まで，2022年は6月30日から9月30日まで，各月の10日，20日，30日に採集した。

採集した成虫は雌雄に分け，それぞれ5頭を上限に飼育ケース（インセクトブリーディングディッシュ SPL-310102，外径100×40 mm，内径94.3×38.2 mm，メッシュ孔サイズ40 mm，メッシュ0.053，SPL Lifesciences）に入れ，室温，自然日長に置いた。飼育ケースに水を含ませた脱脂綿（約40×40 mm）を入れ，餌としてアワ種子（品種‘もちあわ’）約100粒を脱脂綿の上に播いた。

調査期間は20日間とし，ヤドリバエによる寄生は，幼虫の脱出と囲蛹の形成により判断した。

囲蛹は飼育ケースから取り出し，ろ紙（φ90 mm，ADVANTEC）を敷いたガラスシャーレ（FS-90B，94×22 mm，株式会社フラット）に移し，ヤドリバエが羽化するまで，25℃，16時間明期：8時間暗期（16L:8D）条件下に置いた。

2021年，2022年に野外から採集したクモヘリカメムシ成虫に寄生が確認されたのは，ヤドリバエ科の *Clairvilliops breviforceps* (van Emden)（図-1）であった。このヤドリバエは，幼虫がクモヘリカメムシ成虫から脱出し，囲蛹（図-1）を形成した。幼虫が脱出したクモヘリカメムシは死亡し，腹部先端に脱出痕（図-1）が見られた。脱出痕が認められたクモヘリカメムシの数と囲蛹の数から，クモヘリカメムシ成虫1頭から2頭以上の幼虫が脱出することはないと判断できた。

Species, Percentage Parasitism and Hibernation of Tachinid Parasitoid Parasitizing the Rice Bug, *Leptocorisa chinensis* (Hemiptera: Alydidae). By Sou ANAN, Tomoya TATSUMI and Hiroya HIGUCHI
(キーワード: クモヘリカメムシ, 斑点米, 天敵, ヤドリバエ, 寄生率, 飼い殺し寄生, 越冬)



図-1 クモヘリカメムシ成虫に寄生しているヤドリバエ *C. breviforceps*

注) 上図：成虫，中図：囲蛹，下図：矢印はクモヘリカメムシ腹部先端の幼虫脱出痕。

寄生率は調査期間を通じて低く推移し、2021年は4.7～19.3%，2022年は1.7～23.3%であった（図-2）。また、2021年に捕獲したクモヘリカメムシ雌に対する *C. breviforceps* の寄生率は12.1%，雄に対しては9.1%，2022年は、雌雄それぞれに対して10.0%，9.0%であり、クモヘリカメムシの雌雄どちらかに寄生が偏るという傾向は認められなかった。

一般にヤドリバエのカメムシ成虫に対する寄生率は低

く、ヤドリバエ科のアカヒョウタンハリバエ *Cylindromyia brassicaria* (Farbricius) のプチヒゲカメムシ *Dolycoris baccarum* (Linnaeus) に対する寄生率は15～33%である（本多，1985）。ヒラタハナバエ科のマルボシヒラタヤドリバエ *Gymnosoma rotundata* Linnaeus のオオトゲシラホシカメムシ *Eysarcoris lewisi* (Distant) に対する寄生率は5%以下（斎藤・江口，1977），シラホシカメムシ *Eysarcoris ventralis* (Westwood) に対しては20%程度（中沢・林，1984），チャバネアオカメムシ *Plautia crossota stali* Scott に対しては高く20%（小田，1980），通常2～10%程度である（山田・宮原，1979；山田，1991）。ヤドリバエは一般的に寄主範囲が広く（中村・一木，2006），寄生率の低さの原因として，寄主範囲が広いことが指摘されている（守屋ら，1993）。マルボシヒラタヤドリバエは，オオトゲシラホシカメムシ，シラホシカメムシ，チャバネアオカメムシ以外にミナミアオカメムシ *Nezara viridula* (Linnaeus) にも寄生する（桐谷・法橋，1970）。*C. breviforceps* が寄主として利用するカメムシ種はクモヘリカメムシ以外報告されていないが，寄生率の低さは，他のカメムシ種にも寄生する可能性を示唆している。

2 幼虫に対する寄生

2022年7月30日にクモヘリカメムシ5齢（終齢）幼虫70頭，9月10日に45頭，9月20日に40頭を，成虫を採集した休耕田で採集した。飼育ケースに5齢幼虫を5頭ずつ入れ，それ以外の方法は1・1の成虫に対する調査方法と同じとした。

20日間の調査期間中に，5齢幼虫あるいは羽化した成虫から脱出するヤドリバエは認められなかった。したがって，ヤドリバエはクモヘリカメムシが成虫になってから寄生することが示唆された。オオトゲシラホシカメムシ，シラホシカメムシに寄生するマルボシヒラタヤドリバエや（斎藤・江口，1977；中沢・林，1984），プチヒゲカメムシに寄生するアカヒョウタンハリバエは（本多，1985）幼虫にも寄生する。クモヘリカメムシ幼虫に対するヤドリバエの寄生の有無については，さらに調査を進める必要がある。

II 越冬成虫に対する寄生

1 越冬直前の成虫に対する寄生

2022年10月1日に，天津市のイネ科植物が繁茂した休耕田や収穫後の水田で，クモヘリカメムシ雌75頭，雄75頭を採集した。クモヘリカメムシは，成虫で越冬する（北見ら，1976；崎村・永井，1976）。滋賀県の調査では，9月下旬には雌の卵巣は発達を停止し，10月上

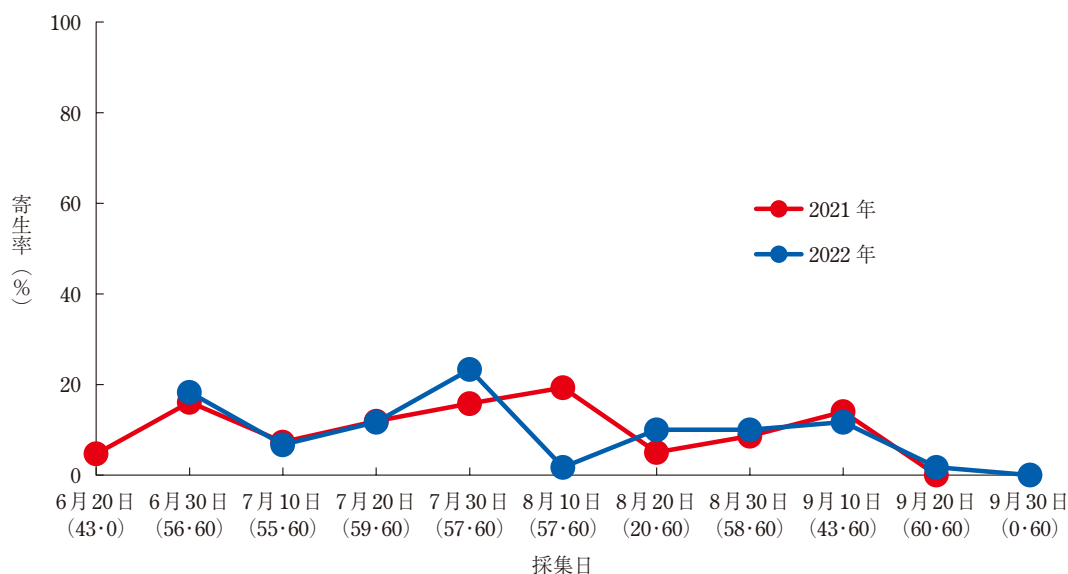


図-2 野外から採集したクモヘリカメムシ成虫に対する *C. breviforceps* の寄生率の推移

注1) 採集日の下の () 内の数字は、2021 年と 2022 年に調査したクモヘリカメムシの成虫数を示す。

注2) 阿南ら (2023) より転載。

旬には越冬場所へ移動していく (長谷川ら, 1976)。したがって、10 月 1 日に捕獲したのは越冬直前の成虫である。

飼育は 25℃, 16L:8D 条件下で行い、飼育方法は I・1 と同じとしたが、餌としてアワ種子以外に、2021 年 8 月 23 日に採取し冷凍保存しておいた水稻‘みずかがみ’の糊熟期の穂 1 本を解凍して与えた。3 日毎に飼育ケース内の囲蛹の有無とクモヘリカメムシの死亡数を調査した。ただし、調査開始 39 日後から次の調査は 43 日後であり、この調査のみ間隔は 4 日であった。餌と水を含ませた脱脂綿は、調査日にあわせて交換した。囲蛹は飼育ケースから取り出し、ろ紙を敷いたシャーレに移し、ヤドリバエが羽化するまで 25℃, 16L:8D 条件下に置いた。

越冬直前のクモヘリカメムシ成虫に寄生が確認されたのは、*C. breviforceps* のみであり、越冬するクモヘリカメムシの体内で越冬していることが明らかになった。調査したクモヘリカメムシ雌雄それぞれ 75 頭のうち、雄では 31 頭にヤドリバエが寄生していたことが確認されたが、雌では寄生が確認されたのは 13 頭であり (図-3)、寄生率は雄で 41.3%, 雌で 17.3%であった。クモヘリカメムシ雄からヤドリバエ幼虫が脱出し囲蛹となったのは、調査開始 18 日後から 76 日後であり、その間に雄の生存個体数は減少した。クモヘリカメムシ雌については、調査開始 15 日後に囲蛹が初めて確認され、最後に囲蛹が確認されたのは 178 日後であった。178 日後の調査でクモヘリカメムシ雌雄ともに 3 頭生存していたが、これらの成虫が死亡するまでにヤドリバエの囲蛹の形成

は確認されなかった。調査を開始してからヤドリバエの幼虫が寄主体内から脱出し囲蛹が確認されるまでの平均日数 (±SE) は、クモヘリカメムシ雌で 99.7 ± 12.4 日、雄で 50.3 ± 2.3 日で、雌で有意に長くなった (Welch の *t* 検定, $p < 0.01$)。

ヤドリバエが、カメムシ類の成虫の体内で越冬することは、シラホシカメムシ (中沢・林, 1984) やチャバネアオカメムシ (山田・宮原, 1979; 小田, 1980; 三代・大平, 2002) の成虫に寄生するマルボシヒラタヤドリバエでも報告されており、かなり普遍的に見られる現象であると考えられる。

マルボシヒラタヤドリバエは、オオトゲシラホシカメムシの雌に比べ雄への産卵傾向が高い (斎藤・江口, 1977)。しかし、シラホシカメムシやチャバネアオカメムシの体表に産下されているマルボシヒラタヤドリバエの卵数は、雌雄による差は認められていない (中沢・林, 1984; 守屋ら, 1993)。また、6~9 月にかけて野外で捕獲したクモヘリカメムシ雌雄に対する *C. breviforceps* の寄生率もどちらかに偏るという傾向は認められなかった (I・1)。

今回得られた越冬直前のクモヘリカメムシ雄に対する *C. breviforceps* の寄生率は 41.3% で、雌に対する寄生率 17.3% より高いという結果は、越冬に入るクモヘリカメムシの雌雄で、ヤドリバエの産卵傾向に違いがある可能性が考えられる。また、寄主の雌雄でヤドリバエ幼虫の生存率に差がある可能性も否定できない。さらに、クモヘリカメムシの雄よりも雌の体内でヤドリバエの幼虫期

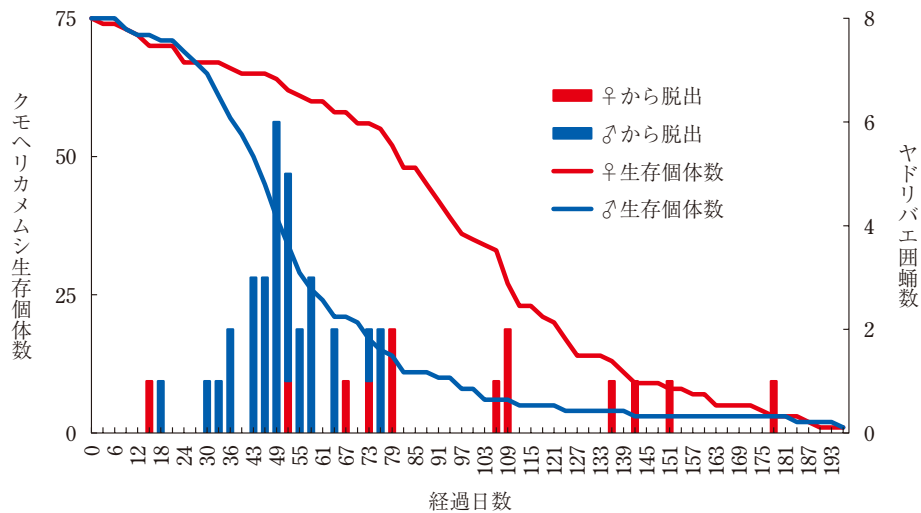


図-3 越冬直前のクモヘリカメムシ成虫の飼育条件下での生存個体数の推移と *C. breviforceps* の囲蛹数

注1) クモヘリカメムシ成虫は、2022年10月1日に採集。

注2) 飼育条件は、25℃、16L:8D。

注3) 折れ線グラフはクモヘリカメムシの生存個体数を、棒グラフは *C. breviforceps* の幼虫がクモヘリカメムシ雌雄から脱出し形成した囲蛹数を示す。



図-4 越冬後のクモヘリカメムシ成虫の腹部に寄生している *C. breviforceps* 幼虫

間が長かったため、ヤドリバエ幼虫が寄主体内から脱出する前に雌が死亡し、雌で囲蛹数が少なくなった可能性もある。これらの可能性を明らかにするためには、まず、越冬前のクモヘリカメムシの雌雄で、産下されているヤドリバエの卵数に違いがあるか否かを調査する必要がある。

越冬に入る前のクモヘリカメムシでは、ヤドリバエ幼虫が寄主体内から脱出し囲蛹を形成するまでの期間は、調査開始後15日から170日以上であった。寄主体内でヤドリバエ幼虫は、休眠状態で越冬すると考えられる。休眠から一斉に覚醒するためには、発育零点以下の低温を一定期間経験する必要がある（中筋ら、2015；後藤・上遠野、2019）。今回の調査では、10月1日にクモヘリ

カメムシを採集し、高温条件に置いたため、寄主体内のヤドリバエ幼虫は低温を経験できなかった。そのために休眠覚醒がばらつき、休眠から覚めて発育を開始する時期に個体差が生じた結果、幼虫期間にばらつきが生じたのではないかと考えられる。クモヘリカメムシ雌でヤドリバエの幼虫期間が長くなったが、この原因については不明である。今後、寄主体内でのヤドリバエ幼虫の休眠に関する機構を明らかにする必要がある。

2 越冬後の成虫に対する寄生

2023年6月20日に大津市のイネ科植物が繁茂した休耕田でクモヘリカメムシ雌44頭、雄96頭を採集した。調査方法はI・1の成虫と同じとした。また、6月24日にクモヘリカメムシ成虫133頭を採集し、腹部を解剖し

ヤドリバエ幼虫の有無を調査した。滋賀県で越冬後のクモヘリカメムシ成虫は、6月中下旬にイネ科植物に飛来し摂食、産卵を行う（長谷川ら、1976）。したがって、採集したクモヘリカメムシは、越冬後の成虫である。

雌44頭のうち4頭から、雄96頭については10頭から *C. breviforceps* の幼虫が脱出し囲蛹を形成した。寄生率は雌雄それぞれ9.1%、10.4%であり、クモヘリカメムシの雌雄どちらかに寄生が偏るということとはなかった。また、解剖を行った133頭の成虫のうち16頭の腹部においてヤドリバエの幼虫が確認できた（図-4）。

おわりに

今回の一連の調査で、クモヘリカメムシ成虫にヤドリバエ科の *C. breviforceps* が寄生していること、また、*C. breviforceps* は、クモヘリカメムシ越冬成虫の体内で越冬していることが明らかとなった。

カメムシ類の成虫がヤドリバエに寄生されると寿命が短くなり（山田・宮原、1979）、雌雄とも生存中に生殖能力が損なわれる（HIGAKI, 2003; 桧垣, 2003）。したがって、ヤドリバエは、カメムシ類の密度低下に有効に働いていると考えられる。今後、*C. breviforceps* の産卵能力や寿命、寄主探索方法、寄生様式、寄主範囲などを明らかにし、天敵としての能力を評価する必要がある。

引用文献

- 1) 阿南 創ら (2023): 関西病虫研報 65: 89~91.
- 2) 後藤哲雄・上遠野富士夫 (2019): 昆虫基礎シリーズ応用昆虫学の基礎, 一般社団法人農山漁村文化協会, 東京, 205 pp.
- 3) 長谷川美克ら (1976): 滋賀農試研報 18: 37~44.
- 4) ————ら (1980): 関西病虫研報 22: 35.
- 5) HIGAKI, M. (2003): Appl. Entomol. Zool. 38: 215~223.
- 6) 桧垣守男 (2003): 植物防疫 57: 314~319.
- 7) 樋口博也・米田洋斗 (2023): 関西病虫研報 65: 86~88.
- 8) 本多健一郎 (1985): 応動昆 29: 78~80.
- 9) 川村 満 (2007): 黒点米と斑点米—イネシンガレセンチュウ・アザミウマ類・カメムシ類—, 全国農村教育協会, 東京, 125 pp.
- 10) 桐谷圭治・法橋信彦 (1970): 農林水産技術会議事務局指定試験(病害虫) 9: 1~260.
- 11) 北見寿昭ら (1976): 関東東山病虫研報 23: 80.
- 12) 三代浩二・大平喜男 (2002): 九病虫研会報 48: 76~80.
- 13) 守屋成一ら (1993): 果樹試報 24: 73~90.
- 14) 中村 達・一木良子 (2006): 植物防疫 60: 587~590.
- 15) 中筋房夫ら (2015): 応用昆虫学の基礎, 朝倉書店, 東京, p.211.
- 16) 中沢啓一・林 英明 (1984): 広島農試報告 48: 35~48.
- 17) 野田隆志 (1990): 応動昆 34: 249~252.
- 18) 小田道宏 (1980): 植物防疫 34: 309~314.
- 19) 斎藤 隆・江口憲雄 (1977): 北日本病虫研報 28: 88.
- 20) 崎村 弘・永井清文 (1976): 九病虫研会報 22: 91~94.
- 21) 竹内博昭 (2007): 中央農研研究報告 9: 17~74.
- 22) 田中 豊 (2000): 関西病虫研報 42: 37~38.
- 23) ————・小嶋俊彦 (2003): 滋賀農総七農試研報 43: 98~107.
- 24) 寺本憲之 (2003): 同上 43: 47~70.
- 25) 山田健一 (1980): 農業および園芸 55: 37~40.
- 26) ———— (1991): 九州地区植物防疫協議会: 27~43.
- 27) ————・宮原 実 (1979): 福岡園試研報 17: 54~62.
- 28) 横須賀知之ら (1998): 関東東山病虫研報 45: 165~166.

時 事 解 説

最近の農薬開発の動向

—殺菌・殺虫・殺ダニ・殺線虫剤を中心に— その1

吉備国際大学農学部 ^{うめ}梅 ^つ津 ^{のり}憲 ^{はる}治

はじめに

歴史を遡れば人類の農薬使用は、4500年前のシュメール人による硫黄化合物を用いた害虫防除に始まる。その後、西暦1000年ごろまでの「初期の病害管理」、1000～1850年の「動植物やミネラル誘導体の利用」、1850～1940年の「無機物や産業副産物の利用」、1940～70年の「有機合成化合物の使用」を経て、それ以降の「人畜や環境に対する低リスク有機合成農薬」に至っている(UNSWORTH et al., 2019)。第二次世界大戦後、欧米において有機化学をベースとした農薬産業が勃興し、多くの有機合成農薬が世界各国で上市・使用されるようになった。その流れは、我が国にも波及し、やがて日本発の農薬が次々と生み出されるようになった。社会情勢を反映し昨今開発上市される農薬は、高い効能を有することは無論であるが、“人や環境に対する安全性が高く、低薬量で標的生物に活性を発現する農薬”に的が絞られている。

最近の農薬開発の動向については、「農薬の創製研究の動向 —安全で環境に優しい農薬開発の展開—」(梅津(監修), 2018) および「化学農薬・生物農薬およびバイオスティミュラントの創製研究動向」(梅津(監修), 2023) に詳細に取りまとめられている。また、Journal of Pesticide Science 誌に掲載されたレビュー“Development of novel pesticides in the 21st century”(UMETSU and SHIRAI, 2020) では、2007、8年以降2020年初頭までに世界で開発に供された化学農薬計106剤(殺菌剤43, 殺虫/殺ダニ剤35, 殺線虫剤6, 除草剤21, 薬害軽減剤1)について、登録・上市状況、効能や作用特性、作用機構等について概括した。さらに、同レビューに収載漏れの数剤や同レビュー掲載後の2020年10月までに新たにISOコモン名が付与された剤を含め116剤の新規農薬の創製研究について取りまとめ報告した(梅津・白井, 2022)。

Recent Trends in Agrochemical Development Focusing on Fungicides, Insecticides, Acaricides, and Nematicides. By Noriharu UMETSU

(キーワード: 農薬, 殺虫剤, 殺菌剤, 殺ダニ剤, 殺線虫剤, 開発動向)

本稿では、上記書籍やレビューをベースに最新の情報をも踏まえ2010年以降(殺ダニ剤は2007年以降)現在(2023年8月)までの10数年間における農薬(生物農薬を除く)の開発・上市状況について概括する。本稿で取り上げる農薬数は、オイルやペプチド農薬等のISOコモン名が付与されない剤を含め153(殺菌剤54, 殺虫剤/殺ダニ剤50, 殺線虫剤7, 除草剤41, 除草剤薬害軽減剤1)に達し、最新技術によるRNA農薬も含まれる。それらの多くは人に対する安全性が高く、環境に優しい。ゲノム情報に基づく創農薬研究、並びに構造活性相関やケミカルバイオロジー研究に基づく創農薬の取り組みも活発に行われているが、いまだ実用化には至った剤はない。なお、個々の剤の開発動向に関する記述は、除草剤を除く殺菌・殺虫・殺ダニ・殺線虫剤(計111剤)に焦点を当てる。また、最新剤のISOコモン名、化学構造式等については“Index of new ISO common names of pesticides”を参照されたい。文献の引用は上記の書籍やレビューを主として、最小必要限に留めた。

I 新規農薬の開発戦略

有機合成農薬が出現して以降の新規農薬の開発戦略は、(1)(超)低薬量で優れた効果を発揮する農薬の開発、(2)環境中で容易に分解し、残留性の低い農薬の開発、(3)選択毒性を有する農薬の開発、(視点が若干変わるが)(4)ペプチド農薬、RNA農薬を含む天然由来の農薬開発であった。

一つ目の戦略は、病害虫、ダニ、線虫、雑草の防除に必要なとする活性成分量の顕著な減少をもたらし、結果的に農薬の環境負荷の顕著な減少をもたらした。二つ目の戦略により作物や環境への農薬残留の顕著な減少が実現した。三つ目の戦略、すなわち人、作物、有用生物、環境生物等の非標的生物に影響を与えずに病害虫、ダニ、線虫、雑草等の標的生物のみに薬効を発現する剤の探索は、人に対する安全性が高く、環境に優しい農薬開発の有力な手立てとなった。四つ目の天然由来の農薬開発は、有史以来用いられてきた手法であり、人に対する安全性が高く環境に優しい農薬開発の一助となっている。

近年はこのような“安全で環境に優しく、低薬量で効果を発揮”という農薬開発戦略の傾向が一段と顕著になった。1930～50年代に実用に供されたDNOC（殺ダニ・除草剤）やチウラム（殺菌剤）などの農薬の単位面積当たりの施用有効成分量は、多くが1 ha 当たり1～10 kg 程度であったが、その後、年を追うごとに大幅に減少し、現在では100 g 以下、さらには10 g 以下で効果を示す薬剤も開発されるようになった。この低薬量化の流れは除草剤、特に水稻剤の分野で顕著であった。その結果、農薬の環境負荷は大幅に低減されてきた。

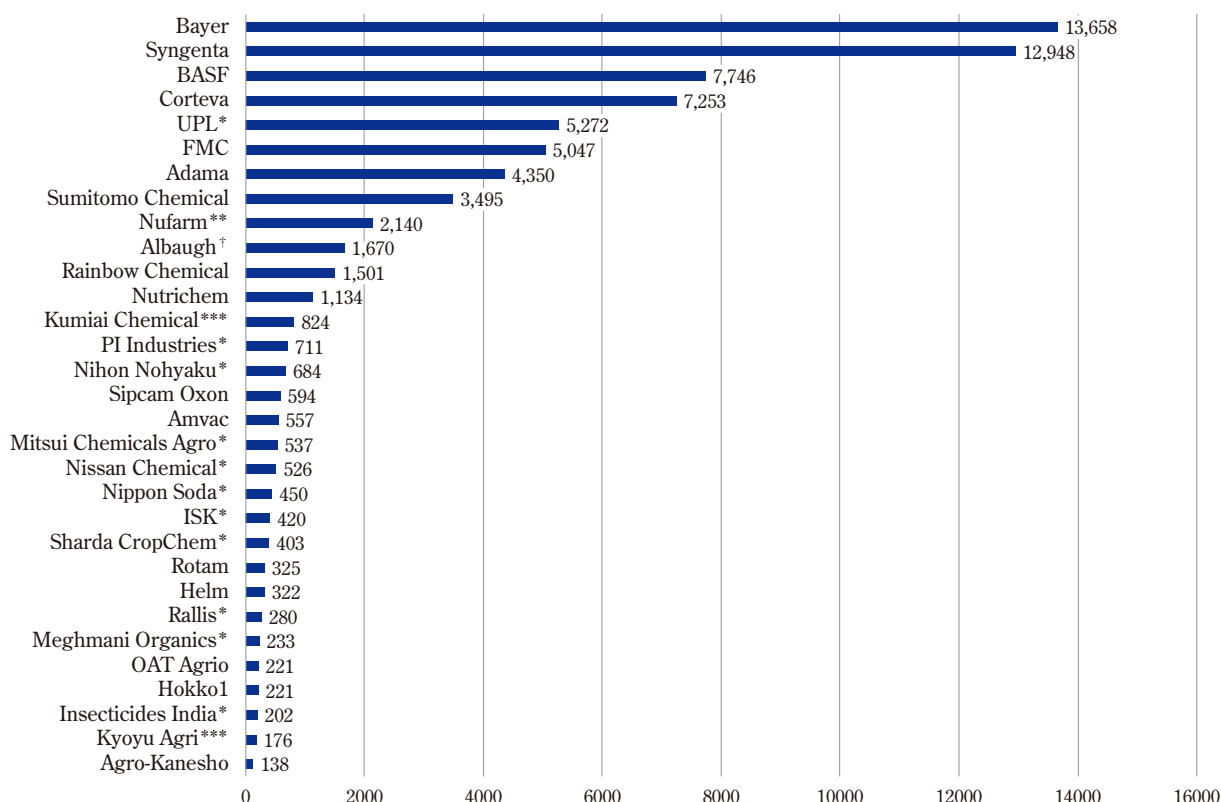
II 農薬開発を担う農薬メーカーの動向

農薬の開発を担う国内外の農薬メーカーの事業展開と売上高について触れたい。図-1 に2021年における世界の農薬メーカーの売上高を示した（AgbioInvestor, 2022）。売上高第1位はMonsanto社を買収したBayer社で136億5,800万ドル（約1兆7,700億円、1ドル＝130円換算）ある。第2位がSyngenta社（中国化工集団が買収）で、129億4,800万ドルであった。なお、Syngenta社は2020年に入り、農薬、種子、ジェネリック農薬（Adama社）および中国事業の四つの事業グループに再編され、

Syngentaグループの2019年売上高は230億ドルに達する（Sustainable Japan News, 2020）。第3位がBASF社で、第4位にDow社とDuPont社の合併により誕生したCorteva Agriscience社がランクされる。以下、Arysta LifeScience社を買収したUPL社、FMC社が続く。日本勢では、住友化学が8位にランクされ（34億9,500万ドル：4,543億円）、クミアイ化学（8億2,400万ドル）、日本農薬、三井化学アグロ（現三井化学クロップ&ライフソリューション）、日産化学、日本曹達、石原産業、OATアグリオ、北興化学等が続く。日本の農薬企業は、企業規模が比較的小さいにもかかわらず、創農薬活動は非常に活発である。最近、中国化工集団以外の中国の農薬企業（SYRICI, Shandong United Pesticide Industry社、Sinochem（Syngenta社の子会社）、KingAgroot等、表-3参照）から新規農薬の報告が数多く出されているが、本売上高ランキングにはこれらの企業名は登場しない。

III 国（地域）別・企業別農薬開発数の動向

2010年ごろまでは、新規農薬の創製活動はBayer社やSyngenta社（同社は中国化工集団の傘下に入ったが、農薬事業の本部がスイスのバーゼル市にあることから欧



*Fiscal year Apr 21 – Mar 22 / **Fiscal year Oct 20 – Sep 21 / ***Fiscal year Nov 20 – Oct 21 /

†AgbioInvestoreestimate/ 1 Fiscal year Dec 20-Nov 21（AgbioInvestorのデータを基に作図）

図-1 2021年における世界の農薬メーカーの売上高（\$m.）

米企業とみなす)等の欧米をベースとするマルチナショナル企業と日本企業が中心であったが、最近では中国企業の台頭が著しい。一般に新規農薬の創製は新規農薬候補化合物の探索研究に始まり、有望と判断された化合物のISOコモン名(一般名)取得(付与)、本格的開発活動、登録・上市へと進む。ところが、中国メーカーが新たにISOコモン名を取得した化合物の中には中国国内で登録・上市された後にISOコモン名を取得したケースが数多く確認されており、開発状況を計るうえで不透明な

部分がある。また、これらの化合物の開発行為は主に中国国内に限定され、日本や欧米での展開は見られない。

表-1に、2010年以降(殺ダニ剤は2007年以降)に日本において開発に供された農薬(殺菌、殺虫・殺ダニ、殺線虫、除草剤)数のデータを示した。住友化学が8個でトップにランクされるが、買収したMeiji Seikaファルマ分を含めると三井化学アグロ(現三井化学クロップ&ライフソリューション)がトップ(10個)となる。企業ごとに得意分野があり、例えば、住友化学は殺菌剤、

表-1 日本に拠点を置く農薬企業の開発農薬数(2010~23年)

企業名	殺菌剤	殺虫剤	殺ダニ剤	殺線虫剤	除草剤	合計	(割合)
住友化学	5	1	0	0	2	8	
クミアイ化学工業	2	0	1	0	4	7	
日本農薬	1	3	1	1	0	6	
日産化学	1	1	1	0	3	6	
石原産業	2	2	0	0	2	6	
三井化学アグロ ^a	3	1	0	0	1	5	} 10
Meiji Seika ファルマ ^b	2	3	0	0	0	5	
日本曹達	2	0	1	0	0	3	
OAT アグリオ	1	0	2	0	0	3	
日本化薬	0	1 ^c	1	0	0	1	
北興化学工業	0	0	0	0	1	1	
アグロカネショウ	1	0	0	0	0	1	
協友アグリ	0	0	0	0	1	1	
その他(大学等 ^d)	1	0	0	0	1	2	
日本合計	21	11	7	1	15	55	35.9%

注) 殺ダニ剤は2007年以降。

^a (現) 三井化学クロップ&ライフソリューション、^b 2022年1月に農薬事業を三井化学アグロに譲渡。

^c Meiji Seika ファルマとの共同開発品を含む数値、殺虫剤の合計数値からは除く。

^d D-タガトース(香川大・三井化学アグロ)、T-010(神戸大学)。

表-2 欧米、豪州、イスラエルに拠点を置く農薬企業の開発農薬数(2010*~23年)

企業名	殺菌剤	殺虫剤	殺ダニ剤	殺線虫剤	除草剤 ^a	合計	割合
Syngenta 社	5	3	0	2	4	14	} 18
Bayer 社	6	5	2	1	3	17	
Monsant 社	0	0	0	1	0	1	
BASF 社	4	2	0	0	2	8	} 13
DowAgroSciences 社	0	2	0	0	2	4	
DuPont 社	1	1	0	0	0	2	
Corteva Agriscience 社	3	2	0	1	1	7	
FMC 社	1	0	0	0	3	4	
小計(欧米マルチナショナル企業)	20	15	2	5	15	57	37.3%
Greenlight Biociences 社(米国)	0	1	0	0	0	1	
Sym-Agro 社(米国)	1	0	0	0	0	1	
Vestaron 社(米国)	0	1	0	0	0	1	
Ecospray 社(英国)	0	0	0	1	0	1	
Eden Research(英国)/Eastman Chemical 社(米国)	0	0	0	1	0	1	
Adama Makehteshim 社(イスラエル)	1	0	0	0	0	1	
Innovate Ag 社(オーストラリア)	0	1	0	0	0	1	
合計	22	18	2	7	15	64	41.8%

*殺ダニ剤は2007年以降、^a 害軽減剤、植物成長調節剤を含む。

表-3 中国企業・大学等の開発農薬数（2010～23年）

企業・大学名	殺菌剤	殺虫剤	殺ダニ剤	殺線虫剤	除草剤	合計	(割合)
Shenyang Research Institute of Chemical Industry 社 (SYRICI)	5	0	0	0	0	5	
Shenyang Sciencreat Chemicals 社	1	0	0	0	0	1	
Shandong United Pesticide Industry 社	1	0	0	1	0	2	
Siricit	1	0	0	0	0	1	
Jingbo Agrochemicals Technology 社	1	0	0	0	0	1	
East China University of Science and Technology	0	2	0	0	0	2	
China Agricultural University	0	1	0	0	0	1	
Wuhan Institute of Technology	0	1	0	0	0	1	
Chico Crop Science 社	0	1	0	0	0	1	
Sinochem	0	1	1	0	0	2	
Hailir Pesticides and Chemicals Group 社 (Hailir)	0	1	0	0	0	1	
Zhejiang Udragon Bioscience 社	0	1	1	0	0	2	
CAC Nantong Chemical 社	0	1	0	0	0	1	
KingAgroot	0	0	0	0	8	8	
Central China Normal University	1	0	0	0	1	2	
Jiangsu Agrochem Laboratory 社	0	0	0	0	1	1	
ShanDong Cynda Chemical 社	0	0	0	0	1	1	
中国合計	10	9	2	1	11	33	21.6%

日本農薬は殺虫・殺ダニ剤，クミアイ化学は除草剤に強みを発揮している。石原産業はバランス良く各種農薬を開発している。開発総数は55で，世界の総開発数の35.9%を占める。なお，2021年5月時点では日本のシェアは約40%であったが，中国勢の台頭により下落した。

表-2に，欧米のマルチナショナル企業およびその他の欧米・豪州，イスラエルに拠点を置く企業の開発数を示した。マルチナショナル企業の開発総数は57（37.3%）であり，日本同様，中国の台頭によりシェアを落としている。表-3に，中国企業・大学等の農薬開発数を示した。計33で，21.6%を占める。その他，韓国企業が1剤を開発に供している。

IV 殺菌剤の開発動向

殺菌剤開発の一般的傾向として，第一に主要3系統剤，すなわちミトコンドリア呼吸鎖電子伝達系の複合体Ⅱに作用するSDHI（Succinate Dehydrogenase Inhibitors）剤あるいは化学構造からSDHI剤と目される剤，細胞膜のステロール生合成阻害を作用機構とするDMI（Demethylation Inhibitors）剤，およびミトコンドリア呼吸鎖電子伝達系Ⅲ阻害剤（QoI：Quinone Outside Inhibitor 剤，およびQiI：Quinone Inside Inhibitor 剤）の研究開発の進展が挙げられる。

SDHI剤は，上市済みあるいは開発中の化合物数（2010年以降16剤）で，DMI剤やQoI剤に匹敵するようになったが，既存剤に対する薬剤耐性菌の報告が相次ぎ，「ポストSDHI剤」の開発が囑望されている。DMI剤は，広

範な殺菌スペクトラム，高い治療効果に加え，耐性菌の発達が比較的緩やかなことから植物病害防除において中心的な役割を果たし続けており，少ないながらも新規のDMI剤の開発が進んでいる（2010年以降の開発数4剤）。一方，複合体Ⅲの外膜に存在するキノン結合サイトに作用するQoI剤は2010年以降10剤が，また，内膜側のキノン酸化サイトに作用するQiI剤3剤が開発に供された。

二つ目の傾向は，新規作用機構を有するあるいはユニークな化学構造を有する農業用殺菌剤の開発である。ほかの傾向としては，新規の抵抗性誘導剤，天然物由来の殺菌剤およびペプチド殺菌剤の開発が挙げられる。

なお，殺菌剤全般の最新の開発動向については（小原ら，2023）を参照されたい。

1 SDHI 殺菌剤

表-4に16種のSDHI殺菌剤の化合物名・英語名，開発企業，国内登録年および主要ターゲット（備考欄）を示した。また，図-2に代表的なSDHI剤の化学構造式を示した（記載のない化学構造式については，梅津（監修），2018；2023；UMETSU and SHIRAI, 2020；梅津・白井，2022を参照）。

日本企業が開発したペンチオピラド（アフエット®フロアブル，ガイア®顆粒水和剤），イソフエタミド（ケンジャ®），ピラジフルミド（パレード®），インピルフルキサム（カナメ®フロアブル）は既に上市された。ピラプロポインは2016年度より国内開発が開始された（図-2）。イソフエタミドは野菜，果樹，芝や花き用の殺菌剤として幅広い用途に開発され，既存のSDHI剤の耐性菌にも

表-4 SDHI 剤の開発状況

化合物名	化合物英語名	開発企業	国内登録年	備 考
ペンチオピラド	penthiopyrad	三井化学アグロ ^a	2010	野菜・果樹のうどんこ病や灰色かび病を中心に広いスペクトラムを有す
イソフェタミド	isofetamid	石原産業	2017	子囊菌類, 不完全菌類, 特に灰色かび病菌, 菌核病菌に有効
ピラジフルミド	pyraziflumid	日本農業	2018	菌核病に高い防除効果。広範な分野に適用可能な汎用型殺菌剤
フルインダピル	fluindapyr	Isagro 社/FMC 社	2017*	ダイズさび病を中心に幅広い分野での開発が進んでいる
インピルフルキサム	inpyrfluxam	住友化学	2019	担子菌病害やリング黒星病, ナシ黒星病に対し高い効果を示す
ピラプロポイン	pyrapropoyne	日産化学	開発中	うどんこ病, 菌核病, 灰色かび病に効果を示す
フルキサピロキサド	fluxapyroxad	BASF 社	2013	担子菌類, 子囊菌類, 不完全菌類に広く抗菌活性を有す
ビキサフェン	bixafen	Bayer 社		麦類の茎葉散布剤
ペンフルフェン	penflufen	Bayer 社	2013	種子処理剤
フルオピラム	fluopyram	Bayer 社	2013	野菜・果樹用の茎葉処理剤およびダイズの種子処理剤
イソフルシプラム	isoflucypram	Bayer 社	2017*	化学構造から SDHI 剤と推察される
イソピラザム	isopyrazam	Syngenta 社	2017	麦類のさび病や網斑病防除の茎葉散布剤
セダキサン	sedaxane	Syngenta 社	2023	麦類, 豆類, バレイショなどの種子処理剤
ベンゾビンジフルピル	benzovindiflupyr	Syngenta 社	開発中	ダイズのさび病防除剤として最適化されている
ピジフルメトフェン	pydiflumetofen	Syngenta 社	2020	野菜・果樹等のうどんこ病, <i>Alternaria</i> 病害, コムギ葉枯病等に卓効を示す
フルベネテラム	flubeneteram	華中師範大学	2020*	Dongguan Hec Tech R&D 社 (中国) が開発中
シクロブトリフルラム	cyclobutrifluram	Syngenta 社		“殺線虫剤の項”に収載

^a: 2023 年 3 月 31 日より三井化学クロップ & ライフソリューション株式会社 (Mitsui Chemicals Crop & Life Solutions, Inc.) に社名変更。

* ISO コモン名取得年。

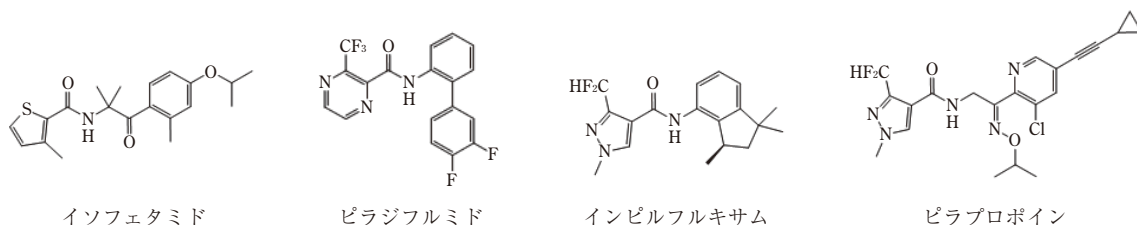


図-2 開発された代表的な SDHI 剤の化学構造

高い効果を示す。

海外の大手農薬メーカーでは、1 社で複数の SDHI 剤を有する例があるが、化合物の特性によって使用方法や対象作物を変えて薬剤の棲み分けを図っている。例えば、Syngenta 社は 4 剤の SDHI 剤を有する。そのうち、イソピラザム (Reflect[®]) とベンゾビンジフルピル (Solatenol[™]) は構造が非常に似ているが、イソピラザムは麦類のさび病や網斑病防除の茎葉散布剤、ベンゾビンジフルピルはダイズのさび病防除剤として最適化されている。また、セダキサン (Vibrance[™]) は麦類, 豆類などの種子処理剤として開発されており、国内では 2023 年に混合剤が登録された。ピジフルメトフェン (Adepidyn[™]) は野菜・果樹等のうどんこ病や *Alternaria* 病害, コムギ葉枯病に

加え、コムギ赤かび病に高い効果を有する。日本では、2020 年に小麦用にミラビス[®]フロアブルが登録・上市された。本剤はフザリウム属菌, ミクロドキウム, ニバール菌由来の赤かび病に対して極めて優れた効果を示す。

2 ミトコンドリア呼吸鎖電子伝達系の複合体 III 阻害殺菌剤

表-5 に、10 種の QoI 剤および 3 種の QiI 剤の開発状況を示した。また、図-3 に代表的な剤の化学構造式を示した。ピリベンカルブ (ファンタジスタ[®]顆粒水和剤等) は QoI 剤でありながら、ストロビルリン系殺菌剤耐性菌に対しても実用的防除効果を有す。ピコキシストロピン (Acanto[®], メジャーフロアブル) は汎用型殺菌剤である。住友化学が発明したメチルテトラブロール

表-5 QoI 剤, QiI 剤の開発状況

化合物名	化合物英語名	開発/販売企業	国内登録年	用途・効能・特徴
QoI 剤				
ピリベンカルブ	pyribencarb	ケイ・アイ研究所, クミアイ化学	2012	ベンジルカーバメート系殺菌剤で灰色かび病菌、菌核病菌に予防・治療効果を示す。ストロビルリン系殺菌剤耐性菌にも有効
ピコキシストロビン	picoxystrobin	Syngenta → DuPont に 譲渡、日本では日本農薬	2016	野菜・畑分野。べと病、菌核病、灰色かび病などの多種の病害防除に効果を発揮する汎用型のストロビルリン系殺菌剤
マンデストロビン	mandestrobin	塩野義→住友化学	2016	菌核菌に高い活性を示し、なしの黒星病、ももの灰星病、ホモブシス腐敗病などに高い防除価を示し、薬害のリスクも小さい
メチルトトラプロール	metyltetrapple	住友化学	2020	テトラゾリノン骨格を有し、既存の殺菌剤に対して抵抗性を持った病原菌にも有効。コムギ葉枯病等の病害を幅広く防除できる
*ほかに 2012 年に中国の SYRICI 社が ISO コモン名を取得した coumoxystrobin, enoxastrobin, flufenoxystrobin, triclopyricarb, fenamin-strobin および Shenyang Sciencreat Chemicals 社 (中国) の pyriminostrobin がある。これらの剤の特長、市場での住み分け、開発状況は不明。				
QiI 剤				
フェンピコキサミド	fenpicoxamid	Meiji Seika ファルマ → Corteva Agriscience 社	開発中	コムギ葉枯病などの子囊菌類やコムギさび病などの担子菌類に高い殺菌活性を示す
フロリルピコキサミド	florylpicoxamid	Corteva Agriscience 社	開発中	Neopicolinamide 殺菌剤で、フェンピコキサミドと同じ作用機構を有する QiI 剤
メタリルピコキサミド	metarylpycoxamid	Dow 社 → Corteva Agriscience 社	2021*	ダイズさび病に対する活性が向上

* ISO コモン名取得年。

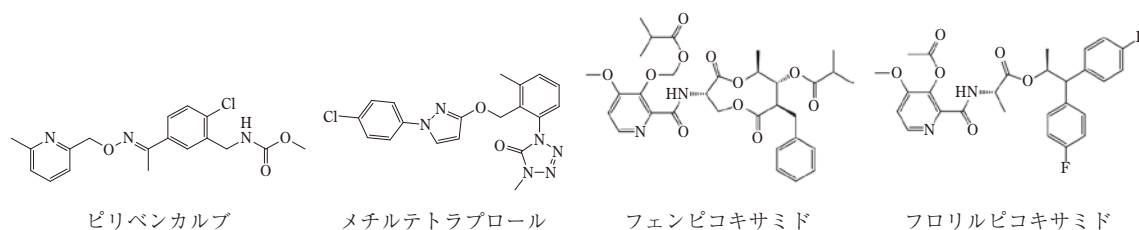


図-3 開発された代表的な QoI 剤, QiI 剤の化学構造

(ムケツフロアブル) は、交差耐性回避を目指した“構造ベース創農薬”により得られた。ファーマコフォア (標的タンパク質との相互作用において中心的役割を果たす部分構造) として、テトラゾリノン構造を有する化合物が交差耐性を示さないことを見だし、その構造改変によりメチルトトラプロールに到達した (図-3)。マンデストロビン (スクレア®フロアブル) は、薬害がなく、菌核病や果樹類黒星病等に有効である。

中国企業が 2012 年に ISO コモン名を取得した QoI 剤 6 種については、開発状況は不明である。

QiI 剤のフェンピコキサミドは、大阪市立大学の植木らにより *Streptomyces* sp. の培養液より単離された UK-2A の構造改変化合物であり、アゾール系、ストロビルリン系および SDHI 系に対する薬剤耐性菌とは交差関係にな

い (図-3)。フェンピコキサミドは、作物に散布後に作物体内で UK-2A に変換されて活性を発現する propesticide と思われる。フロリルピコキサミド (Adavelt™) は天然物の UK-2A の活性維持に必須であったラクトン環に関する構造活性相関を検証し、ファーマコフォアとして 3-ヒドロキシ-4-メトキシピコリンアミド構造が必須であることを見出すことにより得られた (図-3)。天然物から合成化合物への変換に成功した事例の一つである。メタリルピコキサミドは新規ピコリンアミド系剤であり、フェンピコキサミドのファーマコフォアを維持したうえで、アリール基がアルキル基に変換されている。ダイズさび病に対する活性が向上した化合物と推測される。

3 DMI 殺菌剤

表-6 に DMI 剤の開発状況を、図-4 には代表的剤の

表-6 DMI 剤の開発状況

化合物名	化合物英語名	開発/販売企業	国内登録年	用途・効能・特徴
メフェントリフルコナゾール	mefentrifluconazole	BASF 社	2019 (EU 登録)	ムギ類, トウモロコシ, 水稻, リンゴ等の核果類および大豆場面の病害防除がターゲット
	ipfentrifluconazole	BASF 社	2016*	コムギ葉枯れ病, リンゴ黒星病, 各種うどんこ病に有効
ピリソキサゾール	pyrisoxazole	SYRICI	2012*	灰色かび病, トマトの葉かび病に有効
フルオキシチオコナゾール	fluoxytioconazole	Corteva Agriscience 社/ Viamet Pharmaceuticals	2021*	コムギ葉枯病に対して活性を有する

* ISO コモン名取得年.

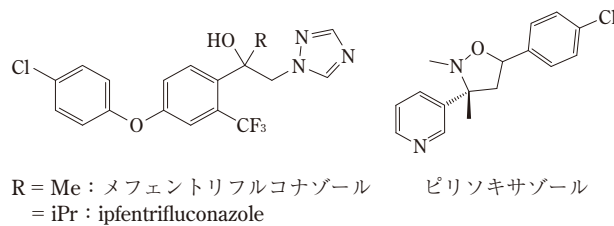


図-4 開発された代表的な DMI 剤の化学構造

化学構造式を示した。メトフェントリフルコナゾール (Revysol®) は, BASF 社が見いだした初のイソプロパノール-アゾール殺菌剤で, EU で農薬登録済である (図-4)。中国 SYRICI 社によって開発されたピリソキサゾールはピリジンタイプの DMI 剤であるが, 中国国外での開発状況は不明である (図-4)。メトフェントリフルコナゾールの構造活性相関を参考に創製されたフルオキシチオコナゾールは, 既存の DMI 剤が内分泌かく乱作用を有すると疑われている欧州でも登録可能な安全性を有する DMI 化合物と推測される。なお, 2021 年に国内登録を取得した Bayer 社のプロチオコナゾールは, ISO コモン名取得が 2002 年であるため, 本稿では新規剤に含めない。

4 新規作用機構を有するあるいは作用機構不明の殺菌剤

表-7 に 2010 年以降に上市あるいは開発中の 11 剤の状況を, 図-5 には代表的剤の化学構造式を示した。また, 表には各剤の作用機構の概要を特記した。既存の殺菌剤 (SDHI 剤, QoI 剤, Qil 剤, DMI 剤) とは異なる作用機構を有する, あるいは有すると目される剤が続々と開発されている。このことは, 既存剤に対する薬剤耐性菌の報告が相次ぐ中, 朗報である。

フルチアニル (ガッテン®) は野菜類, 花き類, 樹木類のうどんこ病に対し低薬量で治療効果と予防効果を示す。フェンピラザミン (ピクシオ®DF) は既存剤に前例のないアミノピラゾリノン骨格を有し, 果樹・蔬菜の灰色かび病, 菌核病, 灰星病に卓効を示す。ピカルブトラ

ゾクス (ナエファインフロアブル, ナエファイン粉剤等) はべと病, 疫病, ピシウム属菌など主に卵菌類由来の病害に対して優れた効力を示す。テブフロキン (トライ®フロアブル) は主にイネ用のいもち剤である。ピリオフェノン (プロパティ®フロアブル) はベンゾイルピリジン系の殺菌剤で, うどんこ病に卓越した効果を示す。オキサチアピプロリン (デュポン™ ゴーベック® エニケート®) とフルオキサピプロリンの作用機構は同一である (表-7)。日本でオキサチアピプロリンは, ばれいしょやトマトの疫病, 野菜類やぶどうのべと病を対象として販売されている。トルプロカルブ (サンブラス粒剤, ゴウケツ粒剤等) はポリケチド合成酵素阻害, 抵抗性遺伝子誘導の二つの作用機構を有し, イネいもち病や細菌病に有効である。イブフルフェノキン (キノプロール®: 有効成分名, ベスターフフロアブル, ミギワフロアブル) は, ジヒドロオロト酸デヒドロゲナーゼ (DHODH) 阻害という新規の作用機構を有し, りんご, なしなどの黒星病や晩腐病・灰星病, マメ類・果菜の灰色かび病や菌核病, およびイネいもち病やイネ稲こうじ病などに優れた効力を示す。耐性を持つ菌が出現しているリンゴ黒星病に対して, 予防効果と治療効果を併せ持つ。イブフルフェノキンと同一の作用機構を有するキノフメリンは, 果樹類, 果菜類, なたね, 水稻等における黒星病, 灰色かび病, いもち病, 炭疽病等へ効果を有する。2023 年 8 月に国内登録されたピリダクロメチルは囊菌門および担子菌門に属する広範な病原菌に高い活性を示し, ほかの既存殺菌剤と交差ししない。適用作物は, 麦, 野菜, 豆,

表-7 新規作用機構を有するあるいは作用機構不明の殺菌剤の開発状況

化合物名	化合物英語名	開発企業	国内登録年	作用機構
フルチアニル	flutianil	OAT アグリオ	2013	一次作用点は吸器
フェンピラザミン	fenpyrazamine	住友化学	2014	3-keto reductase の阻害により、病原体のエルゴステロール生合成経路を阻害
ピカルブトラゾクス	picarbutrazox	日本曹達	2017	本剤処理により菌糸が膨潤・多分岐する特徴が認められることから新規作用機構を有すると思われる
テブフロキン	tebufloquin	Meiji Seika ファルマ	2013	ミトコンドリア電子伝達系に作用する呼吸阻害と考えられる
ピリオフェノン	pyriofenone	石原産業	2013	作用機構：有糸核分裂と細胞分裂、作用点：アクチン/ミオシン/フィブリン機能の阻害
オキサチアピプロリン	oxathiapiprolin	DuPont 社：現 Corteva Agriscience 社	2016	標的蛋白質として oxysterol binding protein (OSBP) が同定されている
フルオキサピプロリン	fluoxapiprolin	Bayer 社	2018*	Oxysterol binding protein (OSBP) 阻害
トルプロカルブ	tolprocarb	三井化学アグロ	2015	ポリケチド合成酵素を阻害する (MBI-P 剤)。また、同時に <i>PR-1b</i> や <i>PBZ1</i> 等の抵抗性遺伝子を誘導する。
イプフルフェノキン	ipflufenquin	日本曹達	2020	Denovo ピリミジン生合成にかかわるジヒドロオロト酸デヒドロゲナー (dihydroorotate dehydrogenase, DHODH) 阻害
キノフメリン	quinofumelin	三井化学アグロ	開発中	DHODH 阻害
ピリダクロメチル	pyridachlometyl	住友化学	2023	チューブリン重合促進 (tubulin polymerization promoters)

* ISO コモン名取得年。

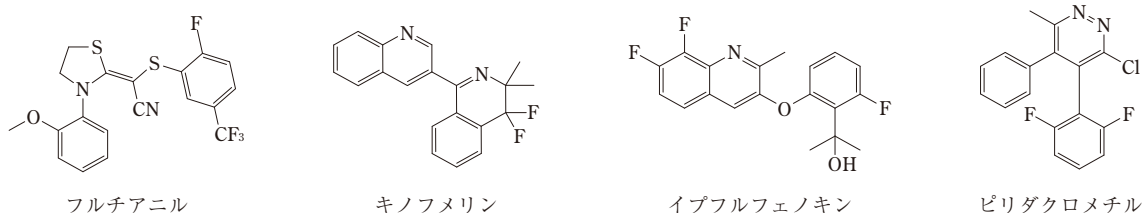


図-5 開発された代表的な新規作用機構を有するあるいは作用機構不明の主な殺菌剤の化学構造

花きである。

5 その他の殺菌剤

2010 年以降に上市あるいは開発中の抗ウイルス剤およびペプチド剤を含むその他の殺菌剤 10 剤の開発企業、国内登録年および作用機構等(備考欄)を表-8 に示した。また、図-6 に代表的な剤の化学構造式を示した。ジクロベンチアゾクス(ディザルタ™, プーン®箱粒剤)は、サッカリン誘導体の探索から創製された水稻用殺菌剤、新規の抵抗性誘導剤である。本剤は既存の抵抗性誘導剤とは異なり、サリチル酸経路の上流および下流の何れにも作用する。ジピメチロンは疫病、べと病、黒星病、輪紋病、灰色かび病に効果を示す。フルオピモミドは、疫病・べと病防除剤の fluopicolide をリード化合物として合成展開、浸透移行性を付与した剤である。トリフルオロメチルオキサジアゾール骨格を有する新規殺菌剤のフルフェノキサジアザムは、ヒストンデアセチラーゼ(HDAC) 阻害剤と思われる。これまで食品を中心に活

用されてきた希少糖の中で D-タガトースが直接的な殺菌作用を有し興味深い。各種病害に防除効果を有し、べと病やうどんこ病に特に効果がある。BLAD (ProBLAD® Verde) は現時点で唯一のペプチド殺菌剤で、分子量は 20 kDa とかなり大きい。複数の作用標的を持つため、抵抗性を生じさせにくいとされる(宮下, 2023)。これまで抗ウイルス作用を有する化学農薬は実用化されていないが、トリプトファン由来の化学構造を有する殺菌剤/抗ウイルス剤、クロロインコナジドがタバコモザイクウイルス(TMV) に効果を有することが報告された。開発の進捗状況は不明である。

協会注

本稿続きの「殺虫剤の開発動向」、「殺ダニ剤の開発動向」、「殺線虫剤の開発動向」、「おわりに」、「引用文献(上記分)」は、78 巻 1 号に掲載します。

表-8 その他の殺菌剤の開発状況

化合物名	化合物英語名	開発企業	国内登録年	備 考
ジクロベンチアゾクス	dichlobentiazox	クミアイ化学	2020	作用機構は抵抗性誘導、サリチル酸経路の上流および下流の何れにも作用
アミノピリフェン	aminopyrifen	アグロカネショウ	開発中止?	グリコシルホスファチジルイノシトール(GPI)ーアンカー生成における GWT-1 タンパク質阻害
ジピメチロン	dipymetitrone	Bayer 社	2014*	作用機構不明
D-タガトース	D-tagatose	香川大学, 三井化学アグロ, 四国総合研究所	開発中	マンノース代謝の最初のステップを阻害
フルオピモミド	fluopimomide	Shandong United Pesticide Industry 社	2017*	細胞膜や細胞壁への作用が推定される。FRAC では fluopicolide と同じグループ (code 43) に分類されている
フルフェノキサジアザム	flufenoxadiazam	BASF 社	2021*	分子内にオキサジアゾール環を有する最初の殺菌剤
フルメチルスルホルム	flumetylsulforim	Dow AgroSciences → Adama Makhteshim 社	2021*	HDAC (ヒストンデアセチラーゼ) 阻害
セボクチルアミン	seboctylamine	Siricit	2021*	新規のピリミジン系殺菌剤
	BLAD	Sym-Agro 社	2017 (米国登録)	中国において一般名 xinjunan (辛菌胺) として、既に販売されている。
クロロインコナジド	chloroinconazole	Jingbo Agrochemicals Technology 社	2020*	ProBLAD Verde (有効成分: BLAD) はマメ科ルピナス属の抽出物を有効成分とするペプチド殺菌剤
				トリプトファン由来の化学構造を有する殺菌剤/抗ウイルス剤で, TMV 感染に対し保護および治療効果を有する

* ISO コモン名取得年。

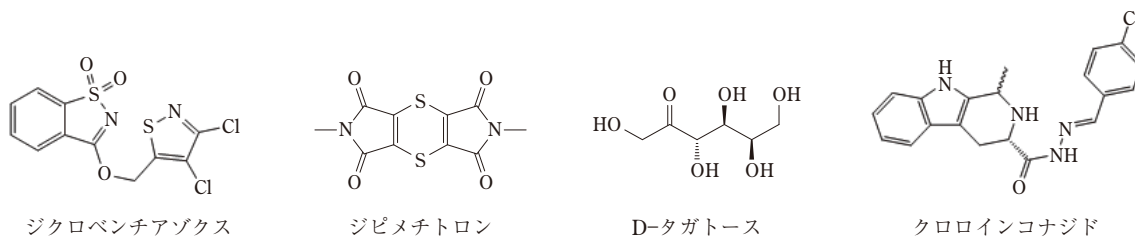


図-6 その他の主な殺菌剤および抵抗性誘導剤の化学構造

引用文献

(「はじめに」, 「新規農薬の開発戦略」, 「農薬開発を担う農薬メーカーの動向」, 「国(地域)別・企業別農薬開発数の動向」, 「殺菌剤の開発動向」における引用文献)

- 1) AgbioInvestor (2022): AgbioCrop —The Crop Protection Industry— Companies 16-30, September 2022.
- 2) Index of new ISO common names of pesticides : www.bcppesticidecompendium.org/index_new_frame.htm
- 3) 小原敏明ら (2023): 殺菌剤の研究開発の全般的動向, “化学農薬・生物農薬およびバイオスティミュラントの創製研究動向” 梅津憲治監修, シーエムシー出版, 東京.
- 4) 宮下正弘 (2023): ペプチド農薬の探索研究の動向, “化学農薬・生物農薬およびバイオスティミュラントの創製研究動向” 梅津憲治監修, シーエムシー出版, 東京.

- 5) Sustainable Japan News (2020): <https://sustainablejapan.jp/2020/06/23/syngenta-group-chemchina/5116>
- 6) 梅津憲治 (監修) (2018): 農薬の創製研究の動向 —安全で環境にいい農薬開発の展開—, シーエムシー出版, 東京.
- 7) ——— (監修) (2023): 化学農薬・生物農薬およびバイオスティミュラントの創製研究動向, シーエムシー出版, 東京.
- 8) ———・白井裕一 (2022): 新しい農薬原体・キーマン体の創製 2022, シーエムシー出版, 東京, p.333~369.
- 9) UMETSU, N. and Y. SHIRAI (2020): J. Pestic Sci. 45(2): 54~74.
- 10) UNSWORTH, J. et al. (2019): The Battelle for a Sustainable Food Supply Chapter 2 (pp.13-84) in Sustainable Agrochemistry, A Compendium of Technologies, Ed. Silvio Vaz Jr., Springer Nature, Switzerland, SBN978-3-030-1780-1, ISBN 978-3-030-17891-8 (e-book).

時 事 解 説

韓国における農薬市場と動向

バイエル クロップサイエンス株式会社 ウー ヒュン は だ やすひろ
Woo Hyun・波田 康弘

はじめに

韓国の農地面積は約 150 万 ha（2022 年）で国土の約 15% を占め、年平均約 -1.3%（2016～22 年）ずつ減少しており、今後も都市開発、農家の高齢化の影響による耕作放棄等で、年平均約 -0.9% で減少していくことが予想されている。農家人口は約 217 万人で（総人口の 4.1%）、農家の平均年齢は 65 歳を超えている。農地面積は減少傾向ではあるが、成熟市場におけるブランド作物、規模拡大、集約的な栽培、収益性の高い果樹野菜マーケットを背景に、作物生産量と商品価格は安定している。しかし、商品価格の変動要因としては気候変動、問題となる病害虫の発生、労働力不足などがあげられる。また、食の安全性を追求した高品質の商品（ハウス栽培の作物等）の需要が高くなっている。農業にとって厳しい環境が、新たなイノベーションやスマート農業を活用した集約的な農業を後押ししているともいえる（図-1, 2, 3）。

I 主要病害虫と農薬のトレンド

韓国と日本両国の気候、作物は似ており農地に発生する病害虫も大きな違いはない。近年の気候変動により水稲においては紋枯病、ニカメイチュウ、コブノメイガの発生が増加傾向である。水稲用農薬市場の成長を牽引するものとしては、水稲箱処理剤や日本同様に水田雑草の防除のためのドローン散布やラジコンボートによる散布を導入することだが、ドローン散布の登録についての柔軟性は低い現状である。つまり、地上散布と同じ薬量/ha（同じ対象作物、有効成分、散布薬量、散布時期であっても）を使用する場合でも、ドローン散布には残留試験データが必要である。

野菜・果樹においては、従前から炭疽病が主な病害であり、また、2015 年に初めて国内で確認されて以来、リンゴやナシの火傷病の被害の拡大が大きな問題になっている。また、気候変動によりアザミウマ類、ナシヒメシンクイ、等の海外からの侵入害虫や、細菌病害の発生による被害が拡大している。

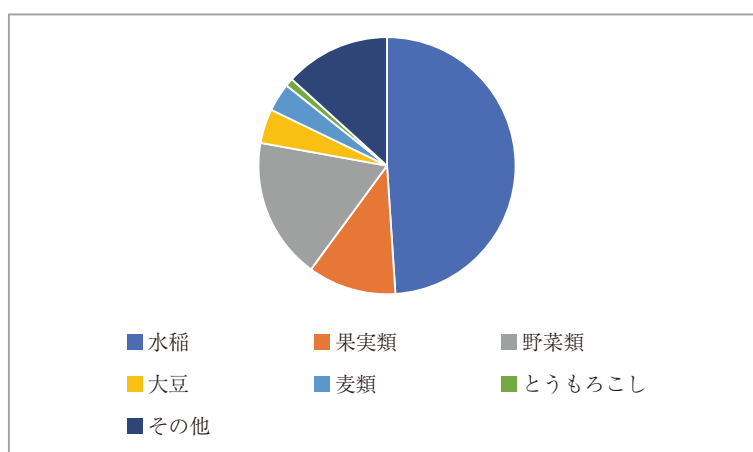


図-1 作付面積（2022 年，出典：韓国統計庁）
水稲 果実類 野菜類 大豆 麦類 とうもろこし その他

Pesticide Market and Trend in Korea. By Hyun Woo and Yasuhiro HADA

（キーワード：韓国統計庁，RDA，シタベニハゴロモ，火傷病，ラジコンボート，NACF）

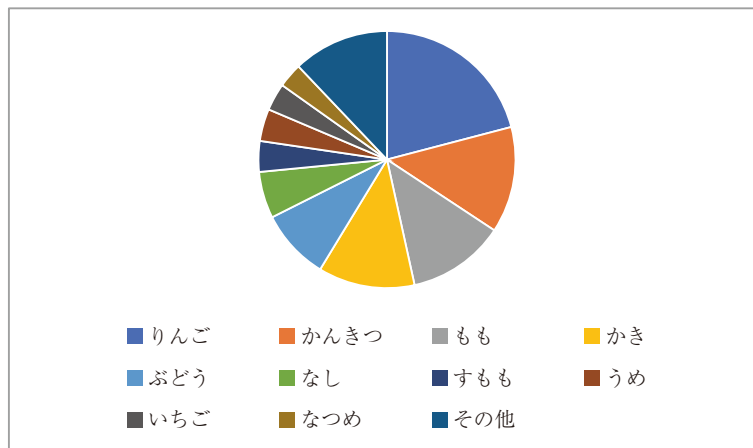


図-2 果実別作付面積（2022年，出典：韓国統計庁）

りんご かんきつ もも かき ぶどう なし すもも うめ いちご なつめ
その他.

※「いちご」はバイエル クロップサイエンス社では果実として扱う。

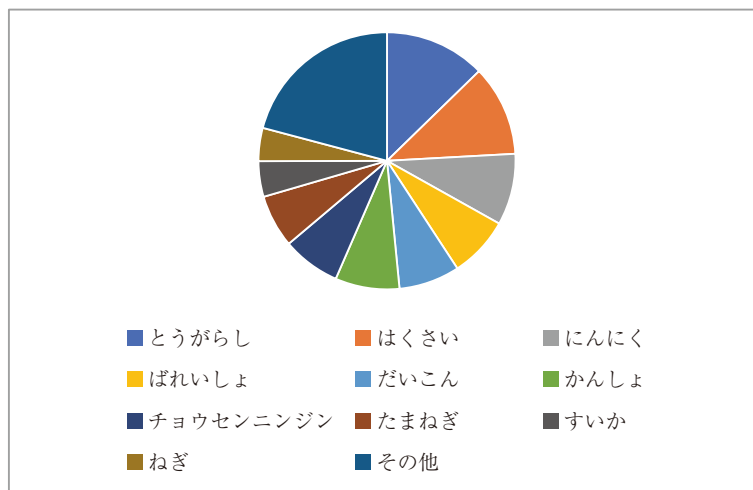


図-3 野菜別作付面積（2022年，出典：韓国統計庁）

とうがらし はくさい にんにく ばれいしょ だいこん かんしょ チョウセンニンジン たまねぎ すいか ねぎ その他.

参照元（KCPA，韓国統計庁，RDA-reports，AgroWin）.

果樹において散布水量は高密植矮（わい）化栽培の増加により，4,000 l/ha から 2,500 l/ha に減少している。政府はまた，このような変化を 2018 年に策定した作業者暴露評価のための試験ガイダンスに反映させた（図-4～8）。

II 農薬の開発および登録の傾向

労働力不足や高齢化および食の安全性を考慮したポジティブリストの導入を背景に，より低薬量で防除効果が高く，かつ環境への影響が小さい農薬開発が行われている。韓国政府は既に毒性の高い農薬を 2011 年までに禁止しており，さらにミツバチへの影響が懸念されるネオニコチノイド系農薬については，作物の追加登録等を制

限している。

韓国農村振興庁（Rural Development Administration: RDA）は，農業現場での農薬使用の不便さを解消するため，広範な作物に使用できる農薬の登録拡大に力を入れている。マイナー作物を重点に置き，農薬の暫定登録と緊急登録を拡大してきた。最新の基準を反映した作物別の農薬安全ガイドを作成し，流通を促進した。その結果，各作物で使用可能な農薬は 2017 年の 167 作物，16,349 適用から，2021 年 10 月時点で 258 作物，33,657 適用に増加した。また，RDA は後作への残留が懸念される農薬については別途基準を設け，散布用農薬のガイドブックを作成するなど，意図しない農薬のコンタミネーション（汚染）等の対策を推進している。また本年度 1 月 1 日



図-4



図-5

火傷病 (Erwinia amylovora)



図-6 ハゴロモ科の一種 Ricania



図-7 シタバニハゴロモ

図-8 アオバハゴロモ科の一種
Metcalfa pruinose

から農薬管理法が改正され、輸出用農薬の個別登録制度が導入された。

最近の輸出拡大の政策に伴い、韓国政府、農林畜産食品部 (The Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs) は 2023 年 1 月 23 日の第 4 回輸出戦略会議で「K-Food + 輸出拡大戦略」を発表した。これを受けて農業生産および輸出関連業界は農産物および農産物関連の新たな輸出額目標を約 135 億ドルに設定することを合意した。

Ⅲ 市場と流通

韓国の農薬市場は年平均成長率で +2.7% で成長している (2018~22 年)。特に果樹分野 (2022 年*339 億円, 年平均成長率 +3.9%) と野菜分野 (2022 年*375 億円, 年平均成長率 +2.4%) が市場を牽引している。水稻分野の市場規模は作付面積の減少にもかかわらず、高性能な付加価値のある農薬の開発により成長 (2022 年に約*263 億円, 年平均成長率 +1.3%) を示している。しかし韓国の全農薬市場は既に成熟期に達しており、今後 2025 年までの農薬市場全体では年平均成長率 +1.7% にとどまると予想される。

殺虫剤マーケットは作物の多様化、抵抗性問題、気候変動による新規害虫の発生等により、農薬市場全体の 39% (*435 億円) に成長した。そして線虫、細菌病および土壌病害の防除需要が増加している。したがって韓国における主要な製剤は土壌処理に関する粒剤が全体の

60% を占めている。2022 年のデータによると液剤タイプの製剤は全農薬生産量の 1/3 を占めており、作業者の安全を考慮した灌注や茎葉処理に使用されている。一方粉剤は減少傾向にある。

※為替レート 1€ = ₩1,440 = ¥146 で換算

農薬の流通は National Agricultural Cooperative Federation (NACF) (マーケットシェア 55%), 卸・小売店 (マーケットシェア 45%) に分けられる。NACF は水稻、果樹剤マーケットにおいて大きな影響力を有する。一方、卸・小売店は農薬の専門知識と技術的な普及力により、野菜マーケットで影響力を有している。国内の農薬価格および購入計画は年初の NACF との販売契約により大きく影響を受ける。

Ⅳ 農薬関連の最新トレンド

- 残留基準値に関する課題 (ポジティブリスト, インポートトレランス, 作物の多様化等) に対応する幅広い農薬登録
- 政府による補助金対象分野 (スマート農業等の新規技術) へのアプローチ
- ドローンやラジコンボートのような省力化や利便性の向上を目的とした散布技術の開発と普及
- 低薬量および生物活性の高い農薬の開発 (図-9~13)



図-9 ラジコンボート



図-10 ドローン



図-11

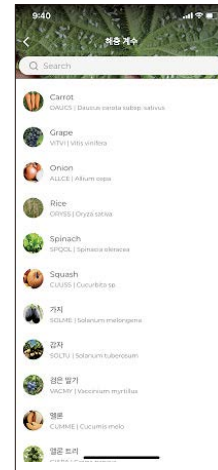


図-12



図-13

フィールドキャッチャー (AI 病害虫、雑草識別)

おわりに

近年、韓国の農薬市場は、気象変動による病害虫の発生に対する防除、消費者の志向性等に大きな影響を受けている。また新規に開発される農薬は毒性が低く、土壤中で速やかに分解される高い安全性が求められており、低薬量で高い効果を発揮し、長期残効性、高い選択性を有する最新の農薬へ転換が進んでいる。今後、韓国政府が推進する環境重視型（エコフレンドリー）の政策により、こうした農薬へのシフトは進む一方、農薬の市場拡大については減速することが予想される。

引用文献

- 1) Crop area: Statistics Korea : <https://eur03.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fkostat.go.kr%2Ffansk%2F&data=05%7C01%7C%7C0a87ff1a4d774d38ccae08dbae6ab89f%7Cfcb2b37b5da0466b9b830014b67a7c78%7C0%7C638295545620942565%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJWIjojMC4wLjAwMDAiLCJQIjoiV2luMzliLCJBTiI6IkhWwiLCJXVCi6Mn0%3D%7C3000%7C%7C%7C&sdata=2NthzCD5eAzQs2wmrLjKeQsIosjGZI90hHbU%2FBn7%2Fzc%3D&reserved=0> (2023 年 8 月 1 日参照)
- 2) Market & segment size & value: Annual report from 'Korea Crop Protection Association' : <https://eur03.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.koreacpa.org%2F&data=05%7C01%7C%7C0a87ff1a4d774d38ccae08dbae6ab89f%7Cfcb2b37b5da0466b9b830014b67a7c78%7C0%7C638295545620942565%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJWIjojMC4wLjAwMDAiLCJQIjoiV2luMzliLCJBTiI6IkhWwiLCJXVCi6Mn0%3D%7C3000%7C%7C%7C&sdata=RxPjJZG9RV86hrYZNZwQa%2BTJXg6kKjZaxEf9wbLDrbo%3D&reserved=0> (2023 年 8 月 1 日参照)
- 3) Exotic pest: Various reports and public news : <https://eur03.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.mk.co.kr%2Fnews%2Fsociety%2F10757354&data=05%7C01%7C%7C0a87ff1a4d774d38ccae08dbae6ab89f%7Cfcb2b37b5da0466b9b830014b67a7c78%7C0%7C638295545620942565%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJWIjojMC4wLjAwMDAiLCJQIjoiV2luMzliLCJBTiI6IkhWwiLCJXVCi6Mn0%3D%7C3000%7C%7C%7C&sdata=IDUzOUc%2Fsy3LjdXIMol0K7IDP5d%2BkqVU8JROQVH0cTc%3D&reserved=0> (2023 年 8 月 1 日参照)
- 4) Pesticide registration trends: Rural Development Administration (RDA) : <https://eur03.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fpsis.rda.go.kr%2Fpsis%2F&data=05%7C01%7C%7C0a87ff1a4d774d38ccae08dbae6ab89f%7Cfcb2b37b5da0466b9b830014b67a7c78%7C0%7C638295545620942565%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJWIjojMC4wLjAwMDAiLCJQIjoiV2luMzliLCJBTiI6IkhWwiLCJXVCi6Mn0%3D%7C3000%7C%7C%7C&sdata=WAogBGgc6Tqg8dcEYpvNrfv4XabPei%2FiisHA8%2FjdY%3D&reserved=0> (2023 年 8 月 1 日参照)
- 5) PLS, Automation & Agro tech.: Rural Development Administration (RDA) : <https://eur03.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.nongsaro.go.kr%2Fportal%2FportalMain.ps%3FmenuId%3DPS00001&data=05%7C01%7C%7C0a87ff1a4d774d38ccae08dbae6ab89f%7Cfcb2b37b5da0466b9b830014b67a7c78%7C0%7C638295545620942565%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJWIjojMC4wLjAwMDAiLCJQIjoiV2luMzliLCJBTiI6IkhWwiLCJXVCi6Mn0%3D%7C3000%7C%7C%7C&sdata=3KEOeiShJ11KI29T%2BYtkgg%2Bgxn014AH00lbRDXv9L1A%3D&reserved=0> (2023 年 8 月 1 日参照)
- 6) K-Food topics: press released from 'Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs' : <https://eur03.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.mafra.go.kr%2Fsites%2Fhome%2Findex.do&data=05%7C01%7C%7C0a87ff1a4d774d38ccae08dbae6ab89f%7Cfcb2b37b5da0466b9b830014b67a7c78%7C0%7C638295545620942565%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJWIjojMC4wLjAwMDAiLCJQIjoiV2luMzliLCJBTiI6IkhWwiLCJXVCi6Mn0%3D%7C3000%7C%7C%7C&sdata=HLfN%2BXwMjvdjiwFQYcfp3kaM5YI5cXBtks4cZbDY0%3D&reserved=0> (2023 年 8 月 1 日参照)



菌寄生菌を利用したメロンうどんこ病に対する防除資材としての可能性

近畿大学農学部

近畿大学アグリ技術革新研究所

の の むら てる お
野 々 村 照 雄

はじめに

うどんこ病は、多種多様な植物（農作物、雑草、樹木など）で発生が見られる身近な植物の病気である。農業分野では、本病が大発生すると良質な果実ができなくなり、かつ収穫量にも大きな影響がでるため、重要な植物病害の一つとされている。また、本病はうどんの粉を振りかけたような白い斑点（菌叢：菌糸が密集したもの）で発生することから、目視でも容易に確認できる。農作物にうどんこ病の発生が見られると、私達は市販の化学農薬（殺菌剤）を散布して防除する。しかしながら、化学農薬を頻繁に使用すると、うどんこ病菌が殺菌剤に対して耐性を獲得することが危惧される。実際に、ウリ科植物のうどんこ病菌では、ある種の殺菌剤に対して耐性を獲得したとの報告例もある（HUGGENBERGER et al., 1984 ; McGrath and Shishkoff, 2001 ; Lebeda and Sedláková, 2008）。一方、植物葉に処理された化学農薬は、（植物葉上に定着・生息している）微生物によって完全に分解されることなく残留する。そこで、これらの問題を解決するために、化学農薬のみに依存しない新たな防除法を開発していく必要がある。

自然界には、うどんこ病菌に寄生する菌（菌寄生菌）が存在している。例えば、多くの栽培植物や野生植物に生息・分布しているアンペロマイセス属菌（以下、AM）は、アカクローバー、イチゴ、リンゴ、キュウリ、メロン、ブドウ、オオムギおよびコムギなどのうどんこ病菌種に寄生する糸状菌（カビ）として知られている（Kiss, 1998 ; 2003）。海外では、うどんこ病に対する生物防除資材（微生物資材）としてAQ10®（米国）、Q-fect®（韓国）、Powderycare®（インド）、Bio-Dewcon 2.00 WP（インド）が開発されてきた（Kiss, 2003 ; Park et al., 2010 ; Siozios et al., 2015）。AMは、うどんこ病菌の菌糸へ自身の菌糸を侵入させた後、うどんこ病菌の菌糸内に分生子殻（AM

の子孫胞子を生産する器官）を形成するとともに、うどんこ病菌の菌糸を萎縮・崩壊させる（Kiss et al., 2004）。近年、Németh et al. (2021) は、トマト葉上タイプ I トリコーム細胞（毛細胞）上で生育したトマトうどんこ病菌（*Erysiphe neolycopersici*）にAMを接種し、高解像能デジタル顕微鏡（以下、デジタル顕微鏡）を用いてAMの寄生過程を観察・解析した。この知見から、今後、菌寄生菌（AM）、宿主菌（うどんこ病菌）および植物細胞間での相互作用を遺伝子レベルで解析できることが期待される。

うどんこ病菌は、菌叢内に多くの分生子柄（うどんこ病菌の子孫分生子を生産する器官）を形成する。自然界では、その分生子柄上でつくられた子孫分生子を放出・飛散させることによって、広範囲にうどんこ病が拡大していく（Aylor, 1990 ; Brown and Hovmøller, 2002 ; Nonomura et al., 2013）。このことから筆者は、1個の分生子が植物葉に感染した場合、その単一菌叢から生涯にわたりどれだけの子孫分生子が放出・飛散されるかに疑問をもった。近年、筆者の研究室で考案した静電気胞子回収装置（誘電分極した絶縁体）を用いて、メロンうどんこ病菌（*Podosphaera xanthii*）の単一菌叢から生涯放出される分生子数を計測したところ、約744時間（31日）で平均 12.6×10^4 個の分生子が放出されることを明らかにした（Suzuki et al., 2019）。そこで本稿では、上記と同じ回収システムを用いて、AMの胞子液を噴霧接種したメロンうどんこ病菌の単一菌叢から放出される子孫分生子を連続回収し、回収された分生子数を計測・解析することで、メロンうどんこ病の防除効果を定量的かつ視覚的に検証して、AMを活用した生物防除資材（BCAs : Biological Control Agents）の可能性について概説する。

I うどんこ病菌（宿主菌）とアンペロマイセス属菌（菌寄生菌）の特徴

1 メロンうどんこ病菌の分離と同定

筆者の実験温室で養液栽培したメロン（*Cucumis melo* L., 品種‘アールスフェバリット’）の本葉にうどんこ病が発生した（Takikawa et al., 2015）。そこで、罹病メロン

Use of *Ampelomyces* Strains as Biocontrol Agents against Melon Powdery Mildews. By Teruo NONOMURA

（キーワード：アンペロマイセス属菌，うどんこ病菌，菌寄生菌，静電気胞子回収装置，分生子柄，マイコパラサイト）

葉からうどんこ病菌を分離・単離した後、形態学的特徴（分生子の大きさと付着器、分生子柄および閉子のう殻の形態観察）（BRAUN and COOK, 2012）、生理学的特徴（宿主範囲の検討など）および遺伝学的特徴〔polymerase chain reaction (PCR) 法を用いたリボソーム DNA (rDNA) の内部非翻訳領域 (ITS) の遺伝子増幅とその解析〕に基づいて、分離菌株を同定・分類した。遺伝子解析では、既知の PCR プライマー S1 および S2 (HIRATA et al., 2000) を用いて、既知の PCR 条件に従い、分離菌株の rDNA-ITS を標的とした遺伝子増幅を行ったところ、455 base pairs (塩基対) に目的の PCR 増幅産物が確認された。次に、得られた PCR 増幅産物の塩基配列を決定し DNA Data Bank of Japan (DDBJ) に登録してアクセッション番号 (LC012888) を得た。また、本分離菌株の rDNA-ITS の塩基配列と DDBJ に登録されているほかのウリ科植物のうどんこ病菌分離菌株の rDNA-ITS の塩基配列と相同検索を行ったところ、*P. xanthii* (HQ316143) の塩基配列と高い相同性を示した。この結果から、本分離菌株 KMP-6N を *Podosphaera xanthii* (= *P. fuliginea*, *Sphaerotheca fuliginea*, *S. fusca*; アナモルフ: *Oidium* subgenus *Fibroidium*) Pollacci (以下、KMP-6N) と同定し (TAKIKAWA et al., 2015)、以下の実験に供試した。

2 アンペロマイセス属菌の分離と同定

自然界で生息しているオナモミのうどんこ病菌に寄生したカビ（菌寄生菌）の分生子殻をデジタル顕微鏡下で、微小ガラス針を用いて回収した後、2% 麦芽抽出物を含む Czapek-Dox 寒天 (MCzA) 培地上に植菌し、培養室内 ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) で 20 日間培養した。その後、直径 5 mm の菌叢ディスクを白金耳で切り取り、新たな MCzA 培地に植菌し、 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ で培養した (NÉMETH et al., 2021)。次に、遺伝学的特徴〔PCR 法を用いた rDNA-ITS とアクチン (*ACT*) 遺伝子の増幅とその解析〕と分子系統学的解析に基づいて、分離菌株を同定・分類した。遺伝子解析では、既知の PCR プライマー ITS1F (GARDES and BRUNS, 1993) と ITS4 (WHITE et al., 1990) および Act-1 と Act-5ra (VOIGT and WÖSTEMEYER, 2000) を用いて、既知の PCR 条件に従い、分離菌株の rDNA-ITS と *ACT* 遺伝子を標的とした遺伝子増幅を行ったところ、目的の PCR 増幅産物が確認された。次に、得られた PCR 増幅産物の塩基配列を決定し、その塩基配列を GenBank に登録してアクセッション番号 (MT644650 と MT656328) を得た。また、同配列の相同性検索の結果から、日本分離菌株 Xs-q を *Ampelomyces* sp. (以下、Xs-q) と同定した (NÉMETH et al., 2021)。一方、日本分離菌株の rDNA-ITS と *ACT* 遺伝子の塩基配列と GenBank に登録されている外国分離

菌株の rDNA-ITS と *ACT* 遺伝子の塩基配列と相同検索、そして系統解析を行ったところ、日本分離菌株は遺伝学的に異なる系統（クラスター）に属した (NÉMETH et al., 2021)。

3 アンペロマイセス属菌の形態学的・生理学的特徴

日本分離菌株 (Xs-q) の形態学的特徴（分生子殻と胞子の大きさ）と生理学的特徴（発芽率、菌糸長、菌叢面積）について検討した。まず、高湿度条件下で KMP-6N の分生子を接種して 14 日目の菌叢内に形成された Xs-q の分生子殻の大きさ（長径・短径）を計測したところ、 $54.1 \pm 6.4 \times 37.1 \pm 5.6 \mu\text{m}$ であった (図-1A)。また、分生子殻内に含まれる胞子の大きさ（長径・短径）と胞子数を計測したところ、 $6.7 \pm 0.5 \times 2.8 \pm 0.4 \mu\text{m}$ と約 1,111.6 個であった (図-1B)。次に、接種 24 時間後の胞子発芽率と 48 時間後の菌糸長を測定したところ、 $80.0 \pm 8.8\%$ と $29.6 \pm 18.1 \mu\text{m}$ であった。また、MCzA 培地上での Xs-q の生育・増殖は大変遅く、単一分生子殻の置床後 20 日目での菌叢面積は、 $263.1 \pm 68.6 \text{ mm}^2$ であった (図-1C)。一方、アカクローバー、イチゴ、オオムギおよびトマトうどんこ病菌に Xs-q を接種したところ、寄生することが確認された (NÉMETH et al., 2021)。

II メロンうどんこ病菌における アンペロマイセス属菌の寄生行動

国内外では、今まで、うどんこ病菌における AM の分生子殻形成に関する連続観察の報告例はなかった。そこで本研究では、KMP-6N (宿主菌) の菌叢に Xs-q を噴霧接種し、宿主菌の菌糸内（特に、分生子柄）における Xs-q の寄生行動（分生子殻の形成）について観察・解析した。

1 光学顕微鏡観察

KMP-6N の分生子を接種して 10 日目の菌叢に Xs-q の胞子液 (5×10^5 胞子/mL, 0.05% Tween20) を噴霧接種した。Xs-q の胞子は約 20 時間で発芽し、菌糸を伸長させた後、その菌糸はうどんこ病菌の菌糸に接触・侵入し、うどんこ病菌の菌糸内で活発に伸長した。噴霧接種後約 6 日目には、KMP-6N の分生子柄の生殖細胞内で Xs-q の分生子殻が形成され始め (図-2A, B)、約 8 日目には、Xs-q の分生子殻が肥大した (図-2C)。また、約 10 日目には、KMP-6N の分生子柄が萎縮し始め、分生子柄の先端部細胞から Xs-q の菌糸が突出した。さらに、Xs-q の分生子殻も肥大した (図-2D)。その後、約 12 日目には、KMP-6N の分生子柄は完全に萎縮・崩壊し、Xs-q の分生子殻から胞子の流出が見られた (図-2E)。このように、Xs-q は KMP-6N の分生子柄を萎縮・崩壊させることに

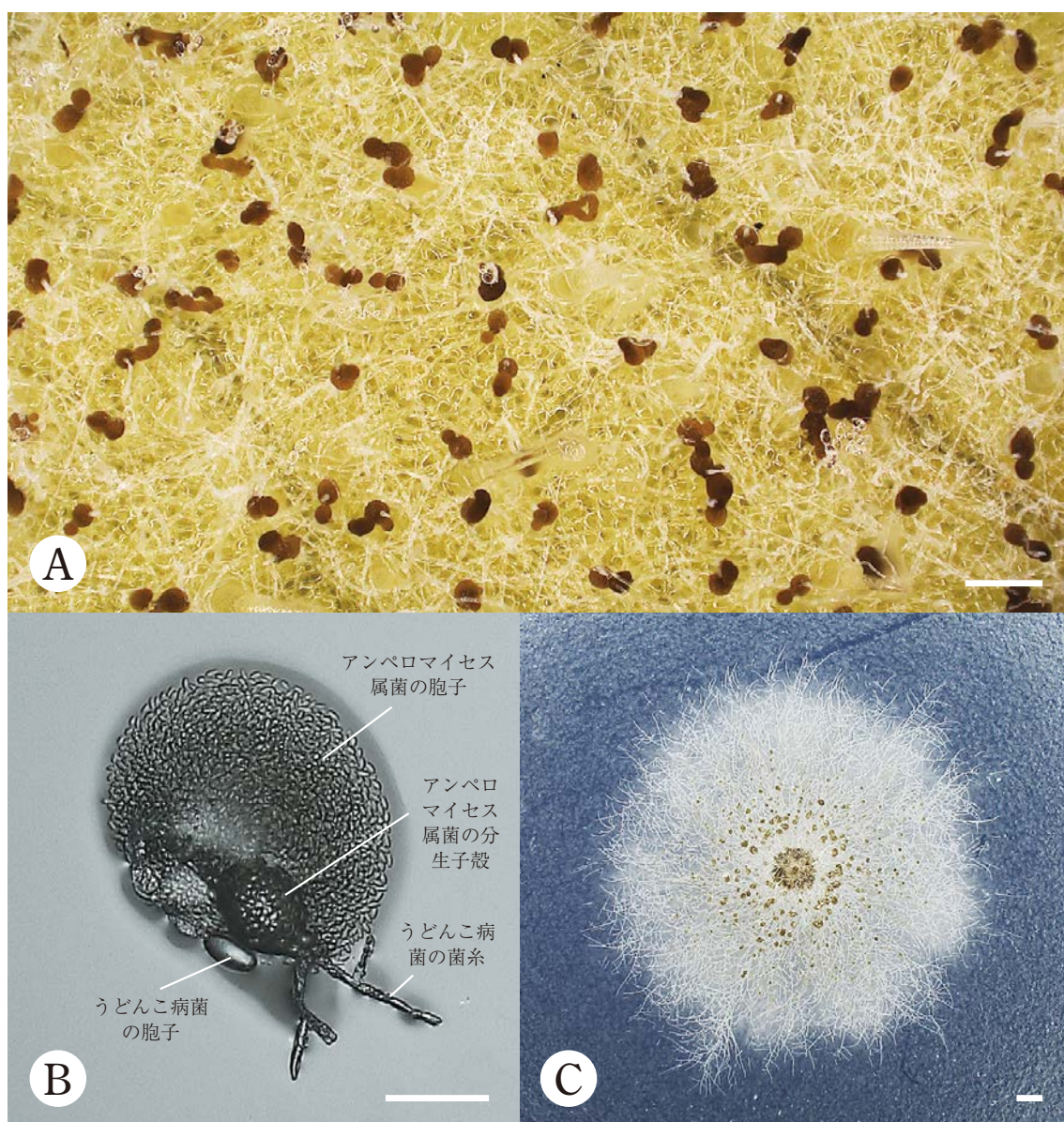


図-1 アンペロマイセス属菌 (AM) の形態

(A) メロンうどんこ病菌 (KMP-6N) の菌叢内に形成された Xs-q の分生子殻を示す。(B) Xs-q の分生子殻内から流出した孢子を示す。(C) MCzA 培地上で生育した Xs-q の菌叢 (Xs-q の単一分生子殻の置床後 10 日目) を示す。スケールバーは、150 μ m (A), 60 μ m (B), 500 μ m (C) である。

より、子孫分生子の放出・飛散を抑制していることが明らかとなった。

2 デジタル顕微鏡観察

KMP-6N の分生子を接種して 10 日目の菌叢に Xs-q の孢子液 (5×10^5 孢子/ml, 0.05% Tween20) を噴霧接種した後、デジタル顕微鏡下で KMP-6N の分生子柄を観察した。Xs-q の噴霧接種後 10 日目には、KMP-6N の分生子柄の生殖細胞部分が膨らみ、Xs-q の分生子殻が形成された (図-3A, B)。Xs-q の噴霧接種後 11 日目には、分生子柄の先端部の細胞が萎縮し始めた (図-3C)。噴霧接種後 12 日目には、分生子柄が萎縮し始めた (図-3D)。

最終的に、噴霧接種後 14 日目で分生子柄は、完全に崩壊した。その後、成熟した Xs-q の分生子殻に 10 μ l の蒸留水を人為的に滴下したところ、Xs-q の孢子が流出した (図-3E)。

III アンペロマイセス属菌を噴霧接種したメロンうどんこ病菌単一菌叢あたりの分生子放出数の測定と解析

本研究では、静電気孢子回収装置を利用し、Xs-q を噴霧接種した KMP-6N の単一菌叢から放出される子孫分生子の数を測定することで、メロンうどんこ病に対する

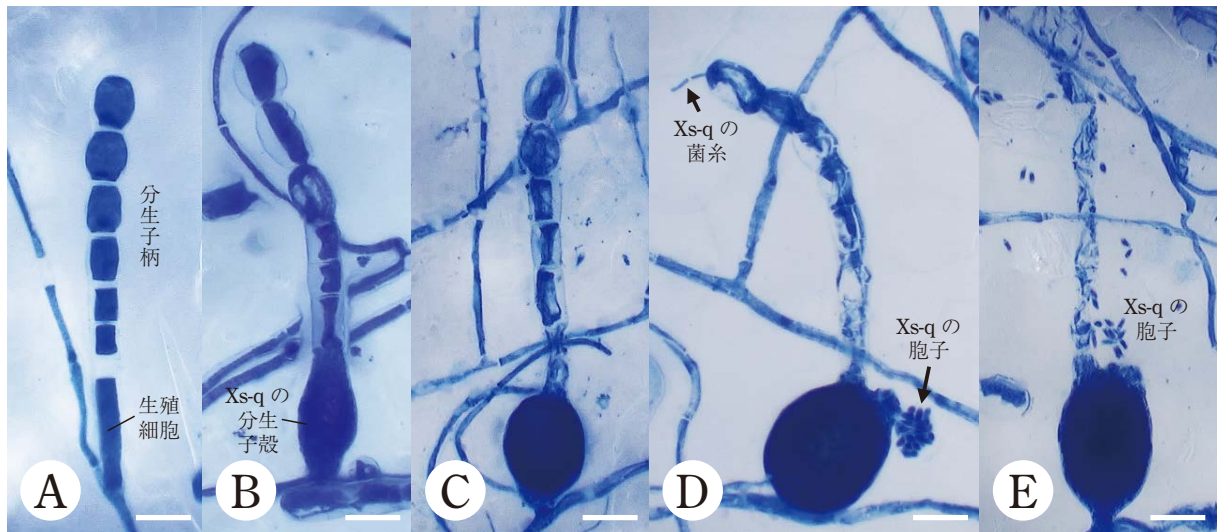


図-2 アンペロマイセス属菌 (Xs-q) が寄生したメロンうどんこ病菌 (KMP-6N) 分生子柄の形態変化

(A) KMP-6N の正常な分生子柄を示す。(B) KMP-6N 分生子柄の生殖細胞に形成され始めた Xs-q の分生子殻を示す。(C) 肥大成長した Xs-q の分生子殻を示す。(D) 成熟した Xs-q の分生子殻と、KMP-6N の分生子柄の先端細胞 (分生子となる細胞) から突出・伸長した Xs-q の菌糸を示す。(E) Xs-q の分生子殻から流出した Xs-q の胞子を示す。KMP-6N の分生子柄は、子孫分生子を放出することなく、萎縮・崩壊した。A~E は KMP-6N の分生子を接種して 10 日目の菌叢に Xs-q の胞子液を噴霧接種した後、0 日目 (A)、6 日目 (B)、8 日目 (C)、10 日目 (D) および 12 日目 (E) に生体染色し、撮影された光学顕微鏡写真を示す。スケールバーは 20 μm を示す。

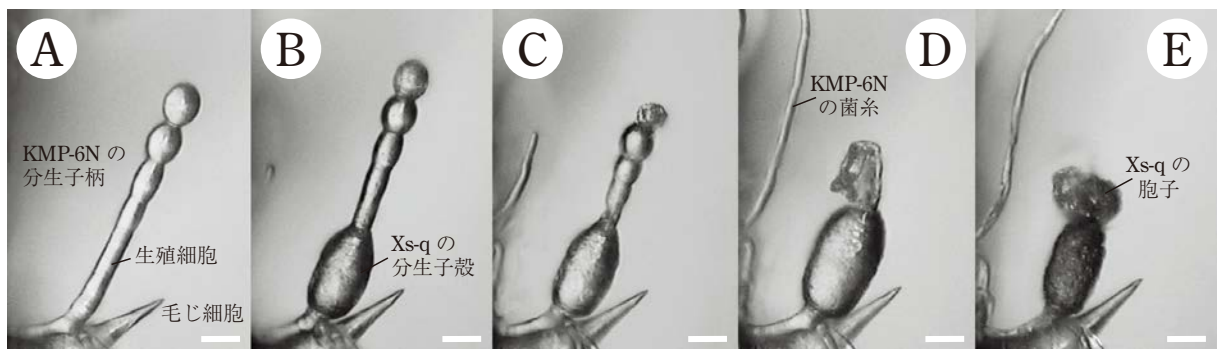


図-3 メロンうどんこ病菌 (KMP-6N) の分生子柄におけるアンペロマイセス属菌 (Xs-q) の分生子殻形成の連続観察

KMP-6N の分生子柄の生殖細胞に Xs-q の分生子殻が形成され、成熟していった。その後、蒸留水 (10 μl) の滴下によって、Xs-q の分生子殻内から胞子が流出した。KMP-6N の分生子柄は、子孫分生子を放出することなく、完全に萎縮・崩壊した。A~E は KMP-6N の分生子を接種して 10 日目の菌叢に Xs-q の胞子液を噴霧接種した後、0 日目 (A)、10 日目 (B)、11 日目 (C)、12 日目 (D) および 14 日目 (E) に撮影されたデジタル顕微鏡写真を示す。スケールバーは 20 μm を示す。

防除効果を定量的に評価・解析した。

1 供試植物

ガラスシャーレ (直径 90 mm) 内に湿らせたろ紙を敷き、ろ紙上にメロンの種子 (品種「アールスフェバリット」) を播種した後、人工気象器内 [$25 \pm 2^\circ\text{C}$, $22.2 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (光子束密度の単位)] で約 4 日間発芽させた。次に、メロン幼苗をスポンジキューブ (3 × 3 × 3 cm) にはさみ、養液 (協和株式会社, 大阪) を 20 ml 加えた円筒形のプラスチック育苗ケース (直径 3 cm, 高さ 5 cm) に挿入し、 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 40~50% の相対湿度, $59.5 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ の培養室内で 14 日間育成させた。その後、14 日苗は実

験温室内で育成され、以下の実験に供試された。

2 静電気胞子回収装置 (静電ドラム)

うどんこ病菌の分生子回収には、静電気胞子回収装置「静電ドラム」を使用した (SUZUKI et al., 2019; AYABE et al., 2022)。この「静電ドラム」の構造や機能、分生子の回収条件などの詳細については、以前、本雑誌で紹介した (野々村, 2023)。本稿の分生子回収実験では、Xs-q の胞子液を噴霧接種した KMP-6N の単一菌叢 (KMP-6N の分生子をメロン葉に接種して 5 日目、10 日目および 15 日目の菌叢) がそれぞれ使用された。捕捉・回収された KMP-6N の分生子数は、デジタル顕微鏡を用いて

計測された。

3 単一菌叢から回収された分生子数の計測

デジタル顕微鏡下で微小ガラス針を用いて KMP-6N の単一分生子をメロン葉上に接種した後、菌叢を形成させた。上記の異なる生育段階の単一菌叢全体に Xs-q の胞子液 (5 × 10⁵ 胞子/ml, 0.05% Tween20) を噴霧接種し、静電ドラムを用いて、実験温室内で一定期間、単一菌叢から KMP-6N の分生子が完全に放出されなくな

るまで連続回収を行い、回収フィルムに捕捉された分生子数を計測した。対照実験として、Xs-q の胞子液の代わりに水を噴霧接種した 5 日目の KMP-6N の単一菌叢 (Xs-q 無処理菌叢) を用いた。Xs-q 無処理菌叢からは、約 28 日間、分生子が周期的に回収された (図-4A, 表-1) が、Xs-q を噴霧接種した 5 日目と 10 日目の単一菌叢からは、それぞれ噴霧接種後 3~5 日と 7~9 日で分生子の放出が完全に停止した (図-4B と C, 表-1)。一方、Xs-q

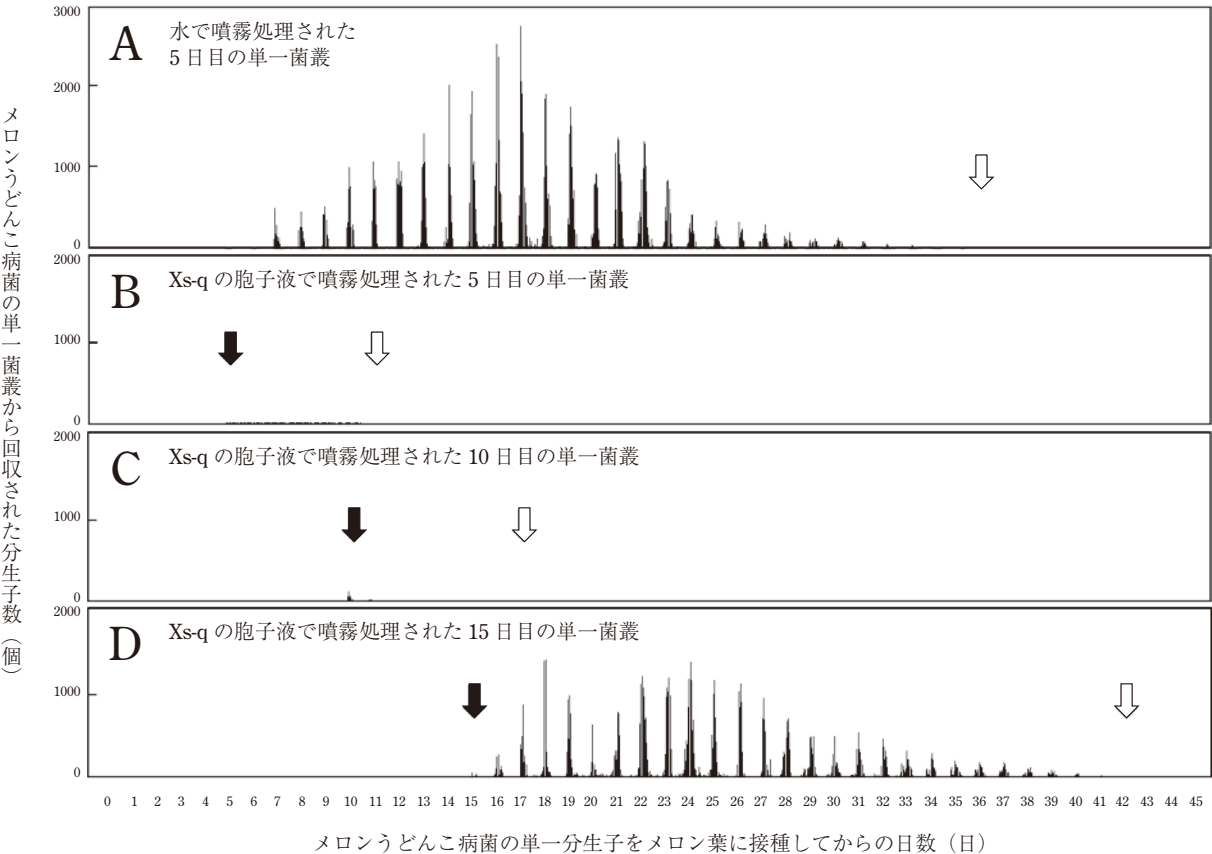


図-4 静電気胞子回収装置を用いて、Xs-q の胞子液を無噴霧または噴霧処理した KMP-6N の単一菌叢から回収された KMP-6N の分生子数の計測結果

(A) 水で噴霧処理された 5 日目の KMP-6N の単一菌叢から回収された分生子数を示し、生涯分生子放出数は 118,484 個であった。(B, C, D) Xs-q の胞子液で噴霧処理された 5 日目、10 日目、15 日目の KMP-6N の単一菌叢から回収された分生子数を示し、分生子放出数はそれぞれ 288 個、962 個、72,734 個であった。棒グラフは、1 時間ごとに回収された分生子数を示す。黒下矢印は Xs-q の胞子液を噴霧処理した日にちを示し、白下矢印は分生子回収が終了した日にちを示す。

表-1 Xs-q を噴霧処理した KMP-6N の単一菌叢から回収された分生子数と単一菌叢内で形成された正常な分生子柄数の測定

単一菌叢	AM の処理回数	分生子の放出日数 (日)		回収された全分生子数 (個) ¹⁾		単一菌叢内での正常な分生子柄数 (本)	
						Xs-q の処理前	Xs-q の処理後 ²⁾
5 日目	0	28.2 ± 2.2	a	124,761.0 ± 12,157.4	a	15.4 ± 4.0	1,409.0 ± 100.1
5 日目	1	4.6 ± 0.9	b	156.2 ± 108.3	b	12.0 ± 10.6	0
10 日目	1	8.2 ± 0.8	c	1,167.0 ± 745.9	c	752.1 ± 170.4	0
15 日目	1	24.6 ± 3.0	a	61,530.4 ± 8,785.3	d	1,130.7 ± 145.9	864.8 ± 91.2

¹⁾ 静電気胞子回収装置で回収された KMP-6N の全分生子数を示した。
²⁾ KMP-6N の正常な分生子柄数は、Xs-q の胞子液を噴霧処理し、KMP-6N の分生子放出が停止した後に測定された。異なるアルファベットは有意差を示した (p < 0.05, チューキー法)。

を噴霧接種した15日目の単一菌叢では、噴霧接種後約6日目から分生子数が再び増加し始め、噴霧接種後約24日目に停止した(図-4D, 表-1)。最終的に、単一菌叢の寿命が原因で放出される分生子数は減少した。また、メロンうどんこ病菌(KMP-6N)の分生子は昼間で回収されたが、夜間では、ほとんど回収されなかった。

4 単一菌叢内での正常な分生子柄数と菌叢面積

上記の分生子回収が終了した5日目、10日目および15日目の単一菌叢を含む植物葉片(30×30 mm)をそれぞれラクトフェノール・エタノール混合液で脱色・固定した後、アニリンブルーで生体染色し(野々村, 2023)、光学顕微鏡を用いて菌叢内に形成されたKMP-6Nの正常な分生子柄数を計測するとともに、菌叢面積について画像解析ソフト(Imariv202)を用いて測定した。その結果、正常な分生子柄の本数は、5日目と10日目で0本、15日目で約864本であった。Xs-q無処理菌叢内での正常な分生子柄の本数は、約1,409本であった(表-1)。一方、菌叢面積は、5日目、10日目および15日目でそれぞれ約0.04 cm²、0.46 cm²および1.21 cm²であった。5日目の単一菌叢にXs-qを処理しなかった場合、その菌叢面積は、約2.0 cm²であった。このことから、Xs-qをうどんこ病菌の初期菌叢に噴霧接種することで、分生子柄を完全に崩壊させるとともに、菌叢の生育を抑制できることが明らかとなった。

おわりに

メロンうどんこ病を防除するために、今まで、物理的(MUNGER, 1979)、化学的(MATHERON and PORCHAS, 2007)および生物的手法(KŘÍSTKOVÁ et al., 2002; McCREIGHT, 2003; ROMERO et al., 2007)を利用した研究が行われてきた。特に、化学農薬を使用してうどんこ病を防除する化学的手法では、薬剤耐性菌の出現が危惧される。そこで筆者は、化学農薬のみに依存しないうどんこ病の防除法を確立するため、うどんこ病菌に寄生する菌(菌寄生菌)の利用に注目した。AMの生態的特徴として、AMはうどんこ病菌種への寄生に対して特異性をもたないことから、様々なうどんこ病の防除に適用することができる(KISS et al., 2011; LEGLER et al., 2016; NÉMETH et al., 2023)。今回、国内で、筆者らが新たに分離した菌株(日本分離菌株Xs-q)は、これまで国内外で報告されてきたAMの形態や生理学的特徴と類似していた(HASHIOKA and NAKAI, 1980; RANKOVIĆ, 1997; KISS and NAKASONE, 1998; VAIDYA and THAKUR, 2005)。

筆者は、Xs-qをうどんこ病防除に利用するため、最初に、接種に使用するXs-qの孢子密度について検討した。

Gu and Ko (1997)は、AMの孢子密度が10⁶孢子/ml以上になると、自己抑制物質の産生により発芽が急速に低下することを報告した。この知見から、本研究では、Xs-qの孢子密度を5×10⁵孢子/mlに調整し、罹病葉への噴霧接種に使用した。AMは噴霧接種後15~20時間で発芽し(NÉMETH et al., 2021)、うどんこ病菌の菌糸内へ24時間以内に寄生することが報告されている(SUNDHEIM and KREKLING, 1982; SZTEJNBERG and MAZAR, 1983)。近年、NÉMETH et al. (2021)は、トマトうどんこ病菌(*E. neolycopersici*)にXs-qを寄生させ、分生子柄が崩壊する過程を示した。Xs-qによる寄生行動は、本研究で供試したメロンうどんこ病菌(KMP-6N)でも同様な結果を示した(KIMURA et al., 2023)。また、生体染色により、KMP-6N菌糸内で伸長するXs-qの菌糸を確認することができたが、一方で、KMP-6Nの分生子柄の細胞内は、明確に生体染色されていなかったことから、Xs-qはKMP-6Nの菌糸から養分を摂取し、分生子柄細胞を完全に崩壊させていることが、組織化学的根拠に基づいて明らかとされた(KIMURA et al., 2023)。

うどんこ病菌は菌叢から子孫分生子を放出・飛散させる。そこで、静電気孢子回収システムを利用して、KMP-6Nの単一菌叢にXs-qの孢子液を噴霧接種することにより、KMP-6Nの分生子の放出・飛散を抑制できるか否かを検証した。筆者は、これまでに本回収システムを利用してうどんこ病菌の単一菌叢における生涯分生子の放出数を定量的に解析してきた。KMP-6Nは生涯で約12.6×10⁴個の子孫分生子を放出することを明らかにしている(SUZUKI et al., 2019)。また、近年、イチゴうどんこ病菌(*P. aphanis* var. *aphanis* KSP-7N)は生涯(約34日間)で約7万個の子孫分生子を放出することを明らかにした(AYABE et al., 2022; 野々村, 2023)。本研究では、Xs-qの孢子液をKMP-6Nの単一菌叢に1回噴霧接種することで、5日目と10日目の菌叢から放出される分生子を抑制できたが、15日目の菌叢では抑制できなかった。一方で、今回の研究においても、先行研究(SUZUKI et al., 2019)と同様、メロンうどんこ病菌(KMP-6N)は光が当たらない夜間では、分生子放出をほとんど行わないことを確認した(KIMURA et al., 2023)。以上のことから、菌寄生菌で本病の感染拡大を防止するためには、うどんこ病菌の初期菌叢、すなわち、発生初期段階の菌叢を見つけ次第、Xs-qの孢子液を噴霧接種することが最も有効であると考えられた。また、KMP-6Nは昼間に分生子を活発に放出することから、仮に昼間にXs-qの孢子液を噴霧接種した場合、その噴霧処理によって、同時に、分生子柄上のKMP-6Nの分生子もまき散らし、さ

らに感染源を広げてしまう危険性がある。そのため、本病の感染拡大防止の観点から、Xs-qの噴霧処理は、メロンうどんこ病菌の分生子放出が見られない夜間に行うことが賢明であると考えられた。

今回、実験温室内で行ったXs-qの噴霧実験では、KMP-6N菌叢内で菌糸の萎縮・崩壊が見られ、かつKMP-6N菌叢の生育・増殖抑制効果があったものの、KMP-6N菌叢内にXs-qの分生子殻形成は確認されなかった。今まで多くの研究者が、相対湿度の高い環境条件下でAMは分生子殻を形成することを報告している(FALK et al., 1995; KISS et al., 2004; NÉMETH et al., 2023)。このことから、Xs-qの分生子殻形成が見られなかった原因として、実験温室内が低湿度であったと考えられた。

以上のことから、本研究で得られた知見は、化学農薬のみに依存しない、AMの寄生性を利用した新たなうどんこ病の防除法になることが期待される。今後は、うどんこ病菌へのAMの処理法や大量培養(胞子生産)法を確立し、さらに、生物防除資材(微生物資材)の開発に取り組んでいきたい。

引用文献

- 1) AYABE, S. et al. (2022): *Plants* **11** (3453).
- 2) AYLOR, D. E. (1990): *Annu. Rev. Phytopathol.* **28**: 73~92.
- 3) BRAUN, U. and R. T. A. COOK (2012): *Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews)*, CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, The Netherlands, p.165~167.
- 4) BROWN, J. K. M. and M. S. HOVMÖLLER (2002): *Science* **297**: 537~541.
- 5) FALK, S. P. et al. (1995): *Phytopathology* **85**: 794~800.
- 6) GARDES, M. and T. D. BRUNS (1993): *Mol. Ecol.* **2**: 113~118.
- 7) GU, Y. H. and W. H. KO (1997): *Mycol. Res.* **101**: 422~424.
- 8) HASHIOKA, Y. and Y. NAKAI (1980): *Trans. Mycol. Soc. Japan* **21**: 329~338.
- 9) HIRATA, T. et al. (2000): *Can. J. Bot.* **78**: 1521~1530.
- 10) HUGGENBERGER, F. et al. (1984): *Crop Prot.* **3**: 137~149.
- 11) KIMURA, Y. et al. (2023): *Agronomy* **13**(1204).
- 12) KISS, L. (1998): *New Phytol.* **140**: 709~714.
- 13) ——— (2003): *Pest Manag. Sci.* **59**: 475~483.
- 14) ——— et al. (2004): *Biocont. Sci. Technol.* **14**: 635~651.
- 15) ——— et al. (2011): *Mol. Ecol.* **20**: 1492~1507.
- 16) ——— and K. K. NAKASONE (1998): *Curr. Genet.* **33**: 362~367.
- 17) KRÍSTKOVÁ, E. et al. (2002): *Acta Hort.* **588**: 181~184.
- 18) LEBEDA, A. and B. SEDLÁKOVÁ (2008): *J. Plant Pathol.* **90**: S2. 142.
- 19) LEGLER, S. E. et al. (2016): *Eur. J. Plant Pathol.* **144**: 723~736.
- 20) MATHERON, M. E. and M. PORCHAS (2007): *Acta Hort.* **731**: 357~361.
- 21) McGRATH, M. T. and N. SHISHKOFF (2001): *Plant Dis.* **85**: 147~154.
- 22) McCREIGHT, J. D. (2003): *HortSci.* **38**: 591~594.
- 23) MUNGER, H. M. (1979): *CGC Report* **2**: 9~10.
- 24) NÉMETH, M. Z. et al. (2021): *PLoS ONE* **16**(5): e0251444.
- 25) ——— et al. (2023): *Agronomy* **13**(1991).
- 26) NONOMURA, T. et al. (2013): *Plant Protect. Sci.* **49**: S33~S40.
- 27) 野々村照雄 (2023): *植物防疫* **77**: 387~392.
- 28) PARK, M. J. et al. (2010): *Fungal Biol.* **114**: 235~247.
- 29) RANKOVIĆ, B. (1997): *Mycopathologia* **139**: 157~164.
- 30) ROMERO, D. et al. (2007): *Plant Pathol.* **56**: 976~986.
- 31) SIOZIOS, S. et al. (2015): *Phytopathology* **105**: 199~209.
- 32) SUNDHEIM, L. and T. KREKLING (1982): *Phytopath. Z.* **104**: 202~210.
- 33) SUZUKI, T. et al. (2019): *Australas. Plant Pathol.* **48**: 297~307.
- 34) SZTEJNBERG, A. and S. MAZAR (1983): *Phytoparasitica* **11**: 219~220.
- 35) TAKIKAWA, Y. et al. (2015): *ibid.* **43**: 517~530.
- 36) VAIDYA, S. and V. S. THAKUR (2005): *Indian. Phytopathol.* **58**: 250~251.
- 37) VOIGT, K. and J. WÖSTEMEYER (2000): *Microbiol. Res.* **155**: 179~195.
- 38) WHITE, T. J. et al. (1990): *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*, Academic Press, San Diego, USA, p.315~322.



高倍率 (50×) ルーペを用いたキュウリの斑点性病害の見分け方

岡山県農林水産総合センター 農業研究所 くろやなぎ やすのり きりの なみこ やお さちよ
 畔柳 泰典・桐野 菜美子・矢尾 幸世

はじめに

岡山県内の露地栽培キュウリでは、褐斑病、炭疽病およびべと病などの斑点性病害の発生が多い。これら病害の病徴は酷似しているため、圃場での目視診断のみでは判別が難しく、試験研究機関、病害虫防除所または農業普及指導センターの室内で、生物顕微鏡を用いて分生子等の形態を観察し、その結果に基づいて診断している(岸・我孫子, 2004)。植物病害を的確に治療・防除・予防するには、正確な診断が不可欠とされているものの(難波, 2008)、生物顕微鏡による形態観察の場合、圃場から試料を持ち帰る必要があり、診断に時間を要することで、防除対策が遅れてしまうことが想定される。スイカつる枯病やアスパラガス茎枯病などの、子のう殻や柄子殻を形成する糸状菌では、倍率 20 倍のルーペを用いて病原菌の形態を観察し、現地圃場で診断することが可能であるが(岸・我孫子, 2004)、キュウリ褐斑病、べと病は子のう殻や柄子殻を形成せず、キュウリ炭疽病の子のう殻を現地圃場で観察できることはごくまれであ

る。そこで、キュウリ褐斑病、炭疽病およびべと病の診断を現地圃場で行う、簡便な方法として、小型で操作も簡単な倍率 50 倍のルーペ(以下、高倍率ルーペ)を用いた形態観察による診断の有用性について検討したので、その内容について紹介したい。なお、詳細については岡山農研報にまとめているので(畔柳ら, 2022)、そちらをご確認いただきたい。

I 高倍率ルーペによる診断

高倍率ルーペは、倍率 50 倍の「PEAK POKET MICRO SCOPE 50× (No.2001-50)」(東海産業(株)) (以下、ペン型マイクロスコープ)を用いた(図-1)。生物顕微鏡による観察結果と比較しながら褐斑病の病斑をペン型マイクロスコープで観察すると、分生子の隔壁は確認しにくい(図-2 中段)。また、炭疽病の病斑については、黒褐色の剛毛が(図-2 中段)、さらに、べと病の病斑については、薄墨色の分生子および白色の分生子柄を含む菌糸が観察された(図-2 下段)。



図-1 ペン型マイクロスコープによる診断

Identification of Cucumber Spotted Diseases with a High Magnification (50×) Lupe. By Yasunori KUROYANAGI, Namiko KIRINO and Sachiyo YAO

(キーワード: キュウリ, 病害, 診断, ルーペ, 高倍率, 圃場)

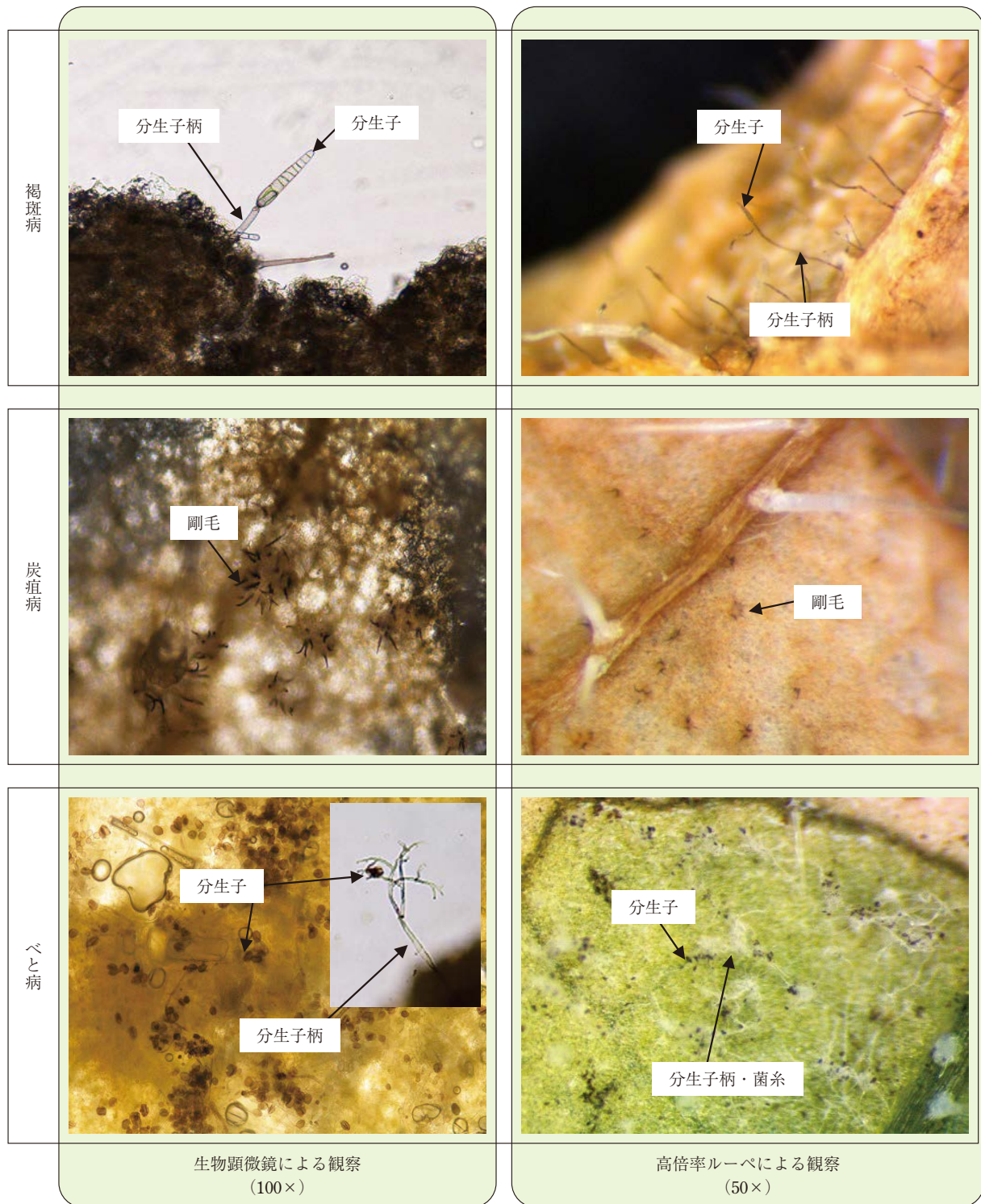


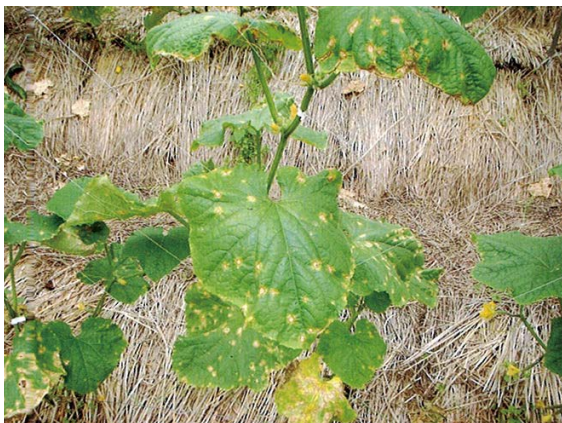
図-2 生物顕微鏡および高倍率ルーペによるキュウリの3病害の診断

次に、ペン型マイクロスコープを用いた診断方法の有用性を評価するため、キュウリ葉上に形成された褐斑病、炭疽病およびべと病の病斑について目視による診断（以下、目視診断）と比較した。診断前に「夏秋キュウリ栽培マニュアル」（津山農業改良普及センター・農業

総合センター技術普及課，2006）の病徴画像（図-3-1，図-3-2）および高倍率ルーペ使用時に観察される病原菌の画像（図-2）を示し、目視診断およびペン型マイクロスコープによる診断方法について説明した。診断に用いた病斑は、岡山農研内の露地栽培キュウリ葉から診断当



褐斑病の葉の病斑^{a)}



炭疽病の葉の病斑^{b)}



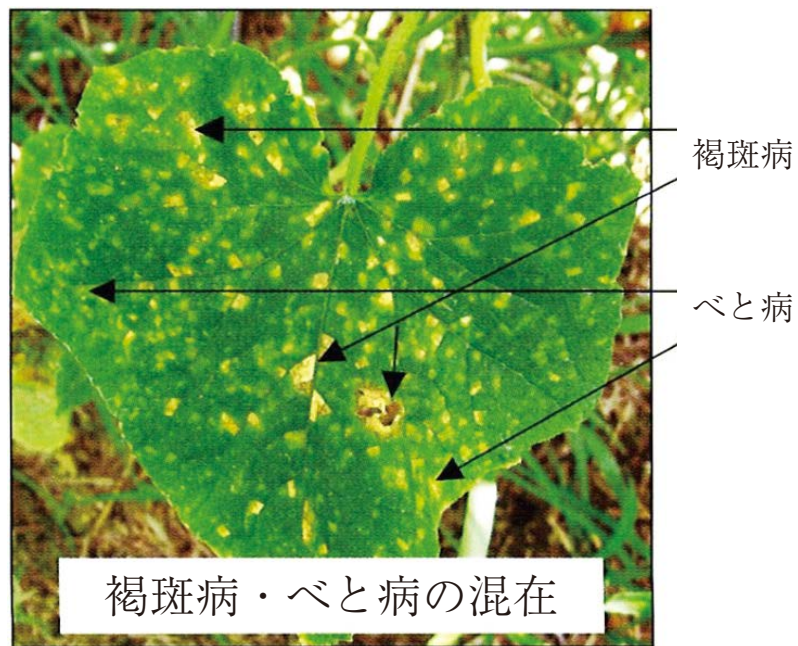
べと病の葉の病斑^{c)}

- a) 初めは葉に黄褐色の小斑点。次第に拡大して径1～3 cmの淡褐色ないし灰褐色の不整形斑となる。古い病斑は破れやすく、病斑の中央部が比較的厚く、縦に避ける。
- b) 初めは葉に黄色の小斑点。次第に拡大して淡褐色の円形的大型病斑となる。病斑中央部に黒い点々（柄子殻）が見える。病斑は古くなると中央部が破れやすく、中央部が薄くなって丸い穴が空く。
- c) 初めは黄色の小斑点。次第に黄緑色の葉脈に囲まれた角張った病斑となる。

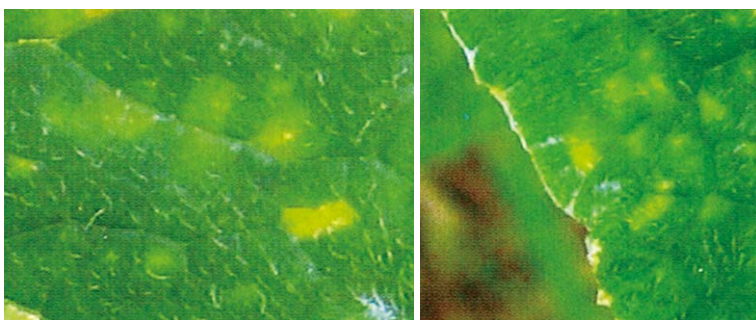
図-3-1 目視によるキュウリの3病害の診断

日に無作為に選定した。その結果、ペン型マイクロスコープを使用した場合、目視診断より正解率が高く（図-4）、高倍率ルーペによる診断は、目視による診断より正確な診断が可能であった。高倍率ルーペは倍率100倍の生物顕微鏡より倍率が低いため、病斑を観察して確

認できる形態の大きさはやや小さく見えるものの、それぞれの病害に特徴的な、褐斑病菌の分生子および分生子柄、炭疽病菌の剛毛、べと病菌の分生子および菌糸を確認できたことから、判別は可能であると考えられた（図-2）。このように、胞子の大きさや形態に特徴がある



褐斑病の葉の病斑



べと病の葉の病斑

褐斑病：病斑の拡がり葉脈に沿っていることもあるが、葉脈をこえて拡がる。周縁部が黄緑色の灰色または褐色の病斑が作られ、古くなった部分は白くなる。

べと病：葉脈に沿って病斑が拡がる。黄緑色の病斑が形成され、古くなると茶褐色～白色になる。

図-3-2 目視によるキュウリ褐斑病とべと病の見分け方

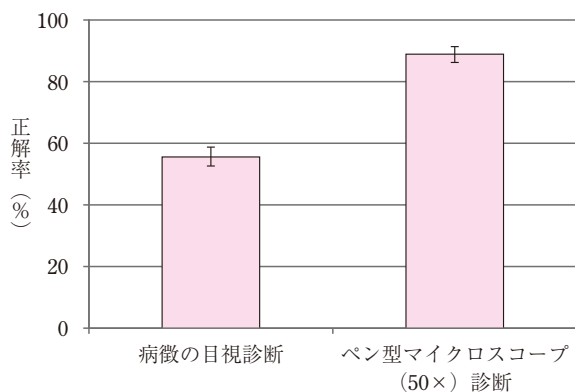


図-4 各診断方法が正解率に及ぼす影響
バーは標準誤差を示す (n = 6).

病害については、倍率が50倍であっても、形態観察による診断を行うことが可能であった。

おわりに

普及指導員や営農指導員といった栽培指導者が、現地

栽培圃場で、より正確で迅速な病害診断結果を生産者へ伝えるために、今回使用したペン型マイクロスコープのような高倍率ルーペ（50×）は有効であると考えられる。また、ペン型マイクロスコープは、ポケットに入れて持ち運べるほど小型なため、携帯が簡単であり、レンズを覗きながら先端のアクリル部分を病斑部分に押し当て、これを支点に病斑を前後に傾けてピントを合わせて観察するのみであり、準備する道具や細かい操作が少ないことから操作が簡単で、収穫や日々の管理作業の中で生産者自身が診断するといった場面での活用も期待される。

引用文献

- 1) 岸 國平・我孫子和雄 (2004): 野菜病害の見分け方 診断と防除のコツ (第2版), 全国農村教育協会, 東京, 365 pp.
- 2) 畔柳泰典ら (2022): 岡山県農業研報 13: 9~14.
- 3) 難波成任 (2008): 植物医科学 上, 養賢堂, 東京, 336 pp.
- 4) 津山農業改良普及センター・農業総合センター技術普及課 (2006): 夏秋キュウリ栽培マニュアル, 津山地域農業振興技術者連絡協議会, 岡山, 35 pp.

農林水産省プレスリリース (2023.10.1~2023.10.31)

農林水産省プレスリリースから、病害虫関連の情報を紹介します。
<https://www.maff.go.jp> 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5年度病害虫発生予報第8号」の発表について
 (23/10/11) <https://www.maff.go.jp/j/press/syouan/syokubo/231011.html>



チャの直がけ被覆栽培による炭疽病に対する抑制効果

静岡県農林技術研究所 茶業研究センター 市原 みのる*・鈴木 すすき*・幹彦*
いちはら みのる*・すずき すすき*・みきひこ 幹彦*

はじめに

近年、国内外において抹茶の需要が高まっており、静岡県では特に海外での需要拡大が見込まれる有機栽培の抹茶の生産を推進している（静岡県，2022）。抹茶の原料となるてん茶は，チャ（*Camellia sinensis* (L.) Kuntze）の新芽生育期に被覆資材により一定期間遮光して栽培された茶葉を用いて製造される。本県におけるチャの被覆栽培は，化学繊維資材を用いた直がけ被覆（茶樹の樹冠面に被覆資材を直接掛ける被覆方法，図-1）が一般的となっている（小林ら，2011）。

てん茶生産の振興のためには，被覆条件下における病害虫発生の特徴を明らかにし，被覆栽培に適した病害虫

防除技術の構築が必須である。被覆条件下では気温や光強度（小林ら，2011），紫外線強度（木村・神田，2013）等が無被覆条件下とは異なるため，病害虫の発生や被害が無被覆条件と異なる可能性がある。化学繊維資材による直がけ被覆が各種害虫の発生に及ぼす影響については評価されている（吉田ら，2020）ものの，チャ病害の発生程度に及ぼす影響は不明である。特にチャの最重要病害である炭疽病（病原菌：*Discula theae-sinensis* (I. Miyake) Moriwaki & Toy. Sato）の発生程度が，被覆の有無によってどの程度異なるのかを把握しておく必要がある。チャ炭疽病は主に二番茶期以降に発生し，チャの落葉や樹勢低下などの被害を引き起こす（図-2）。本県で最も栽培面積の大きいチャ品種「やぶきた」は本病に罹病性で



図-1 化学繊維資材を用いた直がけ被覆栽培茶園の様子（静岡県島田市）

Suppressive effects of direct tea plant covering against tea anthracnose. By Minoru ICHIHARA and Mikihiro SUZUKI

（キーワード：チャ炭疽病，*Discula theae-sinensis*，直がけ被覆栽培，銅水和剤）

*現所属：静岡県農林技術研究所



図-2 チャ炭疽病の発病葉

あり、適切な防除が必要である。

そこで筆者らは、二番茶期における直がけ被覆の有無が炭疽病の発生程度に及ぼす影響と、被覆前の銅水和剤散布が本病の発生程度に及ぼす影響を調査したので、その研究結果（市原・鈴木，2023）を報告する。

I 直がけ被覆が炭疽病の発生程度に及ぼす影響

静岡県農林技術研究所茶業研究センター内の「やぶきた」成木園において、二番茶 2.5 葉期（6 月 13 日）から 15 日後まで直がけ被覆を行った区（以下、被覆区）と無処理区を各 3 反復設け、被覆処理 15 日後（6 月 28 日）に、各処理区における炭疽病葉数を調査した。被覆資材については、静岡県内で一般的に用いられている黒色寒冷紗ダイオラッセル 85P（遮光率 85～90%）を用いた。

被覆処理 15 日後において、無処理区の発病葉数は反復によって大きく変動した（2.3～16.0 枚/m²）が、被覆区の発病葉数は反復による変動が小さく（0.4～0.7 枚/m²）、いずれも 1 枚/m² 未満に抑えられ、無処理区と比べ有意に減少した（ $p < 0.05$, 図-3）。

また、炭疽病菌を接種した条件下において、同様の試験を実施した。「やぶきた」成木園（同センター内）において、二番茶 2.5 葉期（6 月 13 日）から 25 日後まで同被覆資材を用いて直がけ被覆を行った被覆区と無処理区を各 1 反復設け、被覆処理 15 日後（6 月 28 日）と 25 日後（7 月 8 日）に、各処理区における炭疽病葉数を調査した。被覆前の 6 月 12 日に炭疽病菌の分生子懸濁液（ 1.0×10^6 /ml）を噴霧接種（15 ml/m²）した。

被覆 25 日後の 7 月 8 日においては、被覆区と無処理区ともに、6 月 28 日（被覆 15 日後）と比べ発病が増加した（図-4）。しかし、被覆 25 日後においても被覆区の

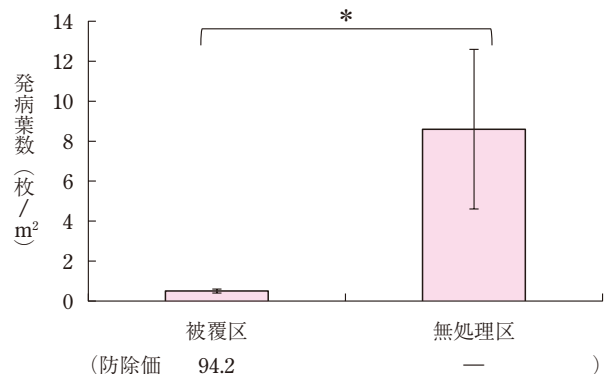


図-3 被覆区と無処理区における炭疽病発病葉数（炭疽病菌無接種条件）

- 1) 被覆区では、2019 年 6 月 13 日から 15 日後まで直がけ被覆を行った。
- 2) 発病調査は、被覆 15 日後（6 月 28 日）に行った。
- 3) グラフ下部の括弧内の数値は、防除価 $[\{(\text{無処理区の発病葉数} - \text{被覆区の発病葉数}) / \text{無処理区の発病葉数}\} \times 100]$ を示す。
- 4) 垂線は標準誤差を示す。
- 5) アスタリスクは、一元配置分散分析の結果、処理間に 5% 水準で有意差があることを示す。

防除価は 68.2 であり、無処理区よりも発病が少ない傾向にあった。

これらのことから、チャの被覆処理は炭疽病の発病を抑制する効果があると考えられる。今後は、被覆の有無により炭疽病の発生程度が異なる要因について明らかにする必要がある。

II 直がけ被覆前の銅水和剤散布が炭疽病の発生程度に及ぼす影響

「やぶきた」成木園（同センター内）において、被覆処理の有無と銅水和剤処理の有無を組合せた計 4 処理区を設けた（各 3 反復）。被覆資材についてはダイオラッ

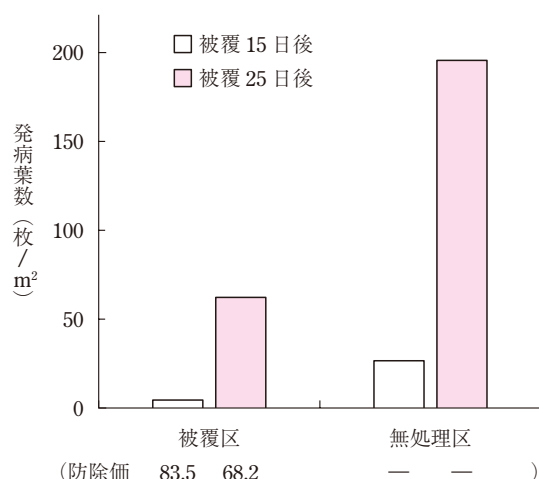


図-4 被覆区と無処理区における炭疽病発病葉数（炭疽病菌接種条件）

- 1) 被覆区では、2019 年 6 月 13 日から 25 日後まで直がけ被覆を行った。
- 2) 各処理区において、被覆前の 6 月 12 日に炭疽病菌の分生子懸濁液（ $1.0 \times 10^6/\text{ml}$ ）を噴霧接種（ $15 \text{ ml}/\text{m}^2$ ）した。
- 3) 発病調査は、被覆 15 日後（6 月 28 日）と 25 日後（7 月 8 日）に行った。
- 4) 被覆 25 日後の発病葉数は、発病調査 2 回の合計値を示した。
- 5) グラフ下部の括弧内の数値は、防除値 $[\text{=}\{(\text{無処理区の発病葉数}-\text{被覆区の発病葉数})/\text{無処理区の発病葉数}\} \times 100]$ を示す。

セル 85P を用い、二番茶 1.5 葉期（6 月 3 日）から 20 日後まで直がけ被覆を行った。銅水和剤については、二番茶萌芽期（5 月 27 日）に水酸化第二銅水和剤（有効成分含有率：46.1%）を散布（希釈倍数：1,000 倍、散布液量： $200 \text{ l}/10 \text{ a}$ ）した。被覆処理 20 日後（6 月 23 日）に、各処理区における炭疽病葉数を調査した。

その結果、炭疽病発病葉数に対して、被覆処理（ $p < 0.01$ ）および銅水和剤処理（ $p < 0.01$ ）ともに効果が認められ、交互作用は認められなかった（ $p = 0.67$ ）（表-1）。銅水和剤を散布せずに被覆した処理区の防除値は 57.0 であったのに対して、銅水和剤散布後に被覆した処理区の防除値は 91.0 と高い傾向にあった（図-5）。このことから、被覆前の萌芽期に銅水和剤を予防的に散布することにより、炭疽病を効果的に防除できると推察される。下津・野中（2021）は、無被覆の茶園において銅水和剤 5 剤をそれぞれ秋芽萌芽期～1 葉期と 3～4 葉期に 2 回処理し、炭疽病葉数を調査した結果、薬剤最終散布 28 日後における防除値は 74.1～86.6 と薬剤によってやや変動したことを報告している。そのため、今後は被覆栽培においても、銅水和剤の種類による防除効果の違いを確認する必要があるだろう。

表-1 被覆処理および銅水和剤処理の有無が炭疽病発病葉数に及ぼす影響についての二元配置分散分析結果

要因	自由度	平均平方	F 値	P 値
被覆処理	1	1.60	12.68	< 0.01
銅水和剤処理	1	5.79	45.88	< 0.01
交互作用	1	0.03	0.20	0.67

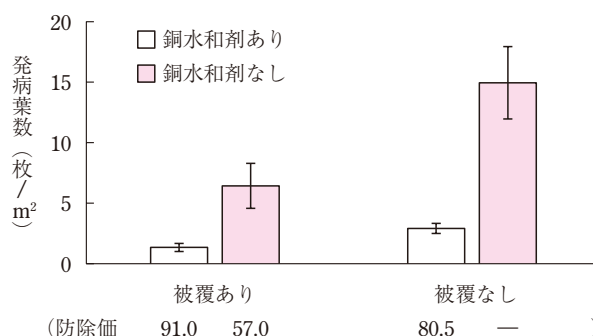


図-5 被覆処理および銅水和剤処理の有無が炭疽病発病葉数に及ぼす影響

- 1) 被覆処理については、2020 年 6 月 3 日から 20 日後まで直がけ被覆を行った。
- 2) 銅水和剤処理については、二番茶萌芽期（5 月 27 日）に水酸化第二銅水和剤を散布（希釈倍数：1,000 倍、散布液量： $200 \text{ l}/10 \text{ a}$ ）した。
- 3) 発病調査は、被覆 20 日後（6 月 23 日）に行った。
- 4) グラフ下部の括弧内の数値は、防除値 $[\text{=}\{(\text{被覆および銅水和剤無処理の発病葉数}-\text{各処理の発病葉数})/\text{被覆および銅水和剤無処理の発病葉数}\} \times 100]$ を示す。
- 5) 垂線は標準誤差を示す。

おわりに

本研究より、直がけ被覆処理が炭疽病の発病を抑制する効果があることが明らかとなった。さらに、一定の効果が認められる銅水和剤散布を被覆前に行うことにより防除効果が向上する可能性が示唆された。今後は、被覆処理による炭疽病以外の病害に対する影響を解明するとともに、各種害虫に対する影響評価の結果（吉田ら、2020）も踏まえ、被覆栽培における病害虫の総合的な防除体系を構築する必要がある。また近年では、チャの有機栽培が推進されているものの、現状では病害虫の有効な防除手段が少なく（小杉・小杉、2017）、特に問題となる炭疽病の抑制が求められている。本研究の結果から、チャの被覆栽培は炭疽病に対する耕種的防除手段の一つになり得ると考えられる。

最後に、本研究の遂行と論文執筆にあたり、有益な助言をいただいた静岡県農林技術研究所の内山徹上席研究員、静岡県立農林環境専門職大学の外側正之教授、静岡県農林技術研究所茶業研究センターの片井秀幸科長、

内山道春主任に心より感謝を申し上げます。

引用文献

- 1) 市原 実・鈴木幹彦 (2023): 関西病虫研報 **65**: 62~65.
- 2) 木村泰子・神田真帆 (2013): 茶研報 **116**: 1~13.
- 3) 小林栄人ら (2011): 同上 **111**: 39~49.
- 4) 小杉由紀夫・小杉 徹 (2017): 同上 **124**(別): 10 (講演要旨).
- 5) 下津文宏・野中壽之 (2021): 同上 **132**(別): 34 (講演要旨).
- 6) 静岡県 (2022): 静岡県茶業振興計画 (2022~2025 年), https://www.pref.shizuoka.jp/_res/projects/default_project/_page/001/027/277/chagyoushinkokeikaku2.pdf
- 7) 吉田達也ら (2020): 静岡農技研報 **13**: 21~26.

新しく登録された農薬 (2023.10.1~2023.10.31)

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

「殺菌剤」

- メフェントリフルコナゾール水和剤
24778：ベランティーフロアブル（BASF ジャパン）
2023/10/18
メフェントリフルコナゾール：34.9%
りんご：モニリヤ病，黒星病，赤星病，斑点落葉病，褐斑病，黒点病：収穫 14 日前まで
なし：うどんこ病，赤星病，黒星病，黒斑病：収穫 14 日前まで
もも：灰星病，黒星病：収穫前日まで
ネクタリン：灰星病，黒星病：収穫前日まで
おうとう：灰星病：収穫前日まで
うめ：黒星病：収穫前日まで
小麦：紅色雪腐病：根雪前
ぶどう：灰色かび病，黒とう病：収穫前日まで
- メチルテトラブロール水和剤
24789：パビンコフロアブル（BASF ジャパン）2023/10/25
メチルテトラブロール：9.7%
りんご：黒星病，黒点病，炭疽病，斑点落葉病，すす点病：収穫前日まで
茶：炭疽病，輪斑病，新梢枯死症：摘採 14 日前まで
てんさい：褐斑病：収穫前日まで
- メチルテトラブロール水和剤
24790：ピュアスターフロアブル（BASF ジャパン）
2023/10/25
メチルテトラブロール：9.7%
西洋芝（ベントグラス）：炭疽病：発病前～発病初期

「除草剤」

- テブチウロン・ヘキサジノン・DCMU 粒剤
24779：ジャスタウェイ V 粒剤（保土谷アグロテック）
24780：ネコソギブロック V 粒剤（レインボー）
2023/10/25

- テブチウロン：0.60%
ヘキサジノン：1.0%
DCMU：3.0%
樹木等：一年生及び多年生雑草，スギナ
- プロマシル・DCMU 粒剤
24781：ハイバートップ D（丸和バイオ）
24782：ネコソギトップ D 粒剤（レインボー）
2023/10/25
プロマシル：3.7%
DCMU：5.5%
樹木等：一年生及び多年生雑草
- フルポキサム・プロマシル粒剤
24783：ハイバートップ F（丸和バイオ）
24784：ネコソギトップ F 粒剤（レインボー）
2023/10/25
フルポキサム：0.25%
プロマシル：2.5%
樹木等：一年生及び多年生雑草
- プロマシル・DCMU 粒剤
24785：草取り名人 I（丸和バイオ）
24786：こっばみじん I（レインボー）
2023/10/25
プロマシル：3.5%
DCMU：25.9%
樹木等：一年生雑草，多年生広葉雑草
- プロマシル・DCMU 粒剤
24787：草取り名人 II（丸和バイオ）
24788：こっばみじん II（レインボー）
2023/10/25
プロマシル：1.2%
DCMU：1.0%
樹木等：一年生雑草，多年生広葉雑草



大気中からのリンゴ黒星病菌のモニタリング： 植物病原菌と大気バイオエアロゾル

弘前大学理工学部 小 林 史 尚

はじめに

リンゴは、日本でも主な農産物の一つであり、最近では、輸出農産物としても注目されている。2022年の都道府県別の収穫量割合は、青森県が60%、長野県が18%、岩手県が6%となっており、この3県で全国の約8割を占めている（農林水産省，2023）。青森県では、2016年にリンゴ黒星病が多発し、2017年から予防剤主体の防除が一定の成果があったものの、2018年は発生に好適な気象条件が続いたことで全県的に発生し、2016年を上回る被害となった（赤平ら，2021）。黒星病の病原菌は、糸状菌の *Venturia inaequalis* であり、胞子の飛散によって伝染を繰り返す（池上ら，1996）。黒星病の防除法としては、一次伝染源である子のう胞子の飛散防止を目的とした黒星病罹病葉の焼却や、一次および二次伝染源である子のう胞子や分生子による感染防止を目的とした農薬散布が行われてきた。黒星病はリンゴの最重要病害の一つであり、これまで世界中の研究者によって、分類学、病原学、あるいは生態学的観点に基づく様々な研究が行われてきたが、病原菌の拡散に関する知見は乏しい。

著者らは、バイオエアロゾルの観測に取り組んできた。バイオエアロゾル（bioaerosol）とは、空中を浮遊する生物粒子のことで、具体的には、花粉、真菌、細菌、ウイルスなどを含む。近年、自然環境中や大気上空のバイオエアロゾルへの関心が高まっている。すなわち、高高度の大気中に微生物が存在し、大陸間といった長距離を移動していることが明らかになってきた。例えば、黄砂と挙動をともにする黄砂バイオエアロゾルの観測から、黄砂発生源である中国タクラマカン砂漠から、黄砂沈着地である日本（石川県）に食中毒の原因となる微生物が偏西風によって長距離移動していることが明らかになっている（小林ら，2007；2010；KOBAYASHI et al., 2016 a）。また、

周りを海洋に囲まれ貧弱な生態系をもつ南極においても、大気上空のバイオエアロゾルを介して微生物が大陸間を移動していることが明らかとなっている（KOBAYASHI et al., 2016 b；2022）。

本研究では黒星病に感染したリンゴ樹の周辺の大気バイオエアロゾル観測を実施し、そのメタゲノム解析により大気中におけるリンゴ黒星病菌のモニタリングを試みたので紹介する。メタゲノム解析とは、培養という過程を経ずに環境中に存在する生物のDNAを抽出し、DNAライブラリーを作成、網羅的にDNA配列を調べる方法である。この解析法のメリットとしては、①難培養の微生物を発見できる、②環境中の生態系の全体像を明らかにできるなどが挙げられ（柿川ら，2010）、純粋培養が煩雑な黒星病菌に適用できると考えた。

I 大気バイオエアロゾルからの リンゴ黒星病菌の検出

試験は、弘前大学農学生命科学部・学内圃場内に設置した実験区において行った（40.59N, 140.47E）（図-1）。供試植物は、30 cm 径のポット植えリンゴ樹（品種：‘ぐんま名月’，3年生）9本を用いた。2020年3月上旬、実験区に供試植物9株を設置し、株元には黒星病罹病葉を敷き詰めた。黒星病の発生は当年の5月上旬から各株の展開葉に黒星病の病斑が現れ、観測終了時まで病斑は残っていた。観測システムは、滅菌済みのメンブレンフィルターユニット（Durapore 製）と、孔径 0.45 μm のメンブレンフィルター（HVLP04700，ミリポア製）、エアロゾルが付着しない導電性の高いチューブと空気吸引ポンプ（Iwaki 社製，APN-P450NAT-1）から構成され、サンプル空気を吸引ろ過することでフィルター上にバイオエアロゾルを捕集するものである。本システムは雨風に当たらないようガラス温室内に設置した（図-1）。大気吸入用のインレット（流入口）は、温室の側窓から外に伸ばして、上記リンゴ樹から約 40 cm 離して地上約 80 cm の高さに配置した。吸引ポンプの吸引流量は、メンブレンフィルターを装着した状態で 6.7 m^3/h であった。メンブレンフィルターユニットとメンブレンフィル

The Monitoring of Airborne Fungal Communities Including *Venturia inaequalis*, The Causal Fungus of Apple Scab: Plant Pathogen and Atmospheric Bioaerosol. By Fumihisa KOBAYASHI

（キーワード：リンゴ，黒星病，大気バイオエアロゾル，種組成，メタゲノム解析）

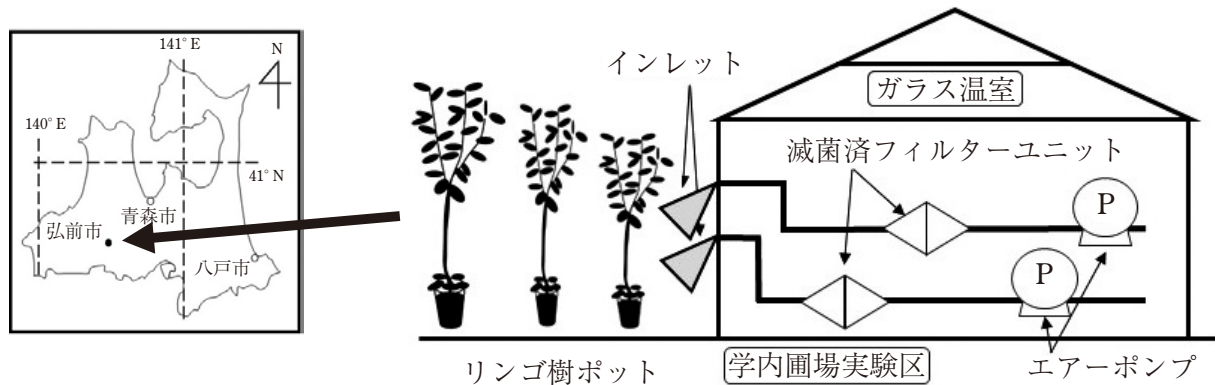


図-1 観測モニタリングの概要図

ターは1週間に1度交換した。この際、雑菌汚染を防ぐため安全キャビネット (SANYO 製, MHS-700AS6) 内で作業した。回収したメンブレンフィルターは、ガンマ線滅菌済みの 50 ml 容プラスチックチューブに入れ、冷凍保存した。試験は2反復で行った。

II リンゴ黒星病菌のメタゲノム解析

メタゲノム解析で用いる DNA は、メンブレンフィルターから直接抽出し、超並列シーケンサーを用いたアンプリコン解析を行った。アンプリコン解析とは、サンプル中にどのような菌類がどのような割合で構成しているかを明らかにする手法である。採取したサンプルから培養を介さずに直接菌類集団の DNA をまとめて抽出し、本研究の真菌類の系統学的分類の指標として用いられる ITS リボソーム RNA (rRNA) 遺伝子の配列データを解析する。メタゲノム解析法の基本は環境試料からの DNA 抽出であり、一般に様々な夾雑物を含む環境サンプルから遺伝子操作に耐え得る高純度の DNA を大量に抽出・精製することが技術的なポイントとなる (柿川ら, 2010)。本研究では回収したメンブレンフィルターから直接 DNA を抽出するため、フィルターサンプルを折りたたんで余分な水分などを十分に除去し、滅菌水で洗浄し、この洗浄液を、7,500 rpm で 10 分間の遠心分離によりマイクロ遠心チューブに集菌した。DNeasy Blood & Tissue Kit (QIAGEN 社製) を用いて DNA を回収・抽出した。さらに、DNA 抽出キット (ISOTISSUE, 日本ジーン社製)、フェノールクロロホルム抽出、エタノール沈殿によってバイオエアロゾルに含まれる DNA を精製した。ITS rRNA 遺伝子領域を増幅するため、nested-PCR を行った。1st PCR 反応は、gITS7 プライマー (ACA CTCTTTCCCTA CACGACGCTCTTCCGATCTNNNN GTGARTCATCGARTCTTTG) と ITS4 プライマー (GTG ACTGGAGTTTCAGA CGTGTGCTCTTCCGATCTNNN

NNTCCTCCGCTTATTGATTGC) を用い、1 回目 PCR 条件は 94℃ : 2 分 (94℃ : 30 秒, 50℃ : 30 秒, 72℃ : 1 分) × 30 サイクル, 72℃ : 5 分で行った。PCR 産物を AMPureXP ビーズ (BECKMAN COULTER 社製) で精製した。1st PCR で増幅・精製した DNA 2 μl を鋳型として、20 μl の反応系で 2nd PCR を実施した。PCR 反応は、Forward プライマー (AATGATACGGCGACCACC GAGATCTACACXXXXXXXXACACTCTTTCCTACAC GACGC) と Reverse プライマー (CAAGCAGAAGACGGC ATACGAGATXXXXX XXGTGACTGGAGTTTCAGACGT GTG) を用い、PCR 条件は、94℃ : 2 分 (94℃ : 30 秒, 60℃ : 30 秒, 72℃ : 1 分) × 8 サイクル, 72℃ : 30 秒とした。PCR 産物の精製は 1st PCR と同様とした。PCR には Ex Taq HS DNA polymerase (TaKaRa 社製) を用いた。超並列シーケンス解析とは、シーケンス技術 (塩基配列決定技術) の発展に伴い、これまでの単一シーケンスとは異なりランダムに切断された数千万から数億の DNA 断片の塩基配列を同時並行的に決定するという大量の DNA 情報を低価格で高速、高精度で得られる手法のことであり、遺伝学や分子生物学から臨床医学まで幅広い分野に応用されている。本研究の超並列シーケンス解析は、MiSeq Reagent Kit ver.2 (Illumina 社製) を使用し、両側から計 500 bp をシーケンスした。解析は、フォワードおよびリバースの両プライマー配列を stickle tools (ver.1.290) により完全に一致しないものを除去し、さらに Phred クオリティスコアが 20 以下のリードおよび 180 nt 以下のリードを除去した。その後、FLASH (ver.1.2.10) を用いて、ペアエンドライブラリのフォワードリードとリバースリードをそれぞれ結合した。OTU クラスタリングとキメラフィルタリングは、QIIME (ver. 1.8.0) の UCLUST を用いて 97% 同一性をもとに行った。ITS データベースは UNITE (ver.8.0) を用いた。メンブレンフィルターからの DNA 精製からアンプリコン解析

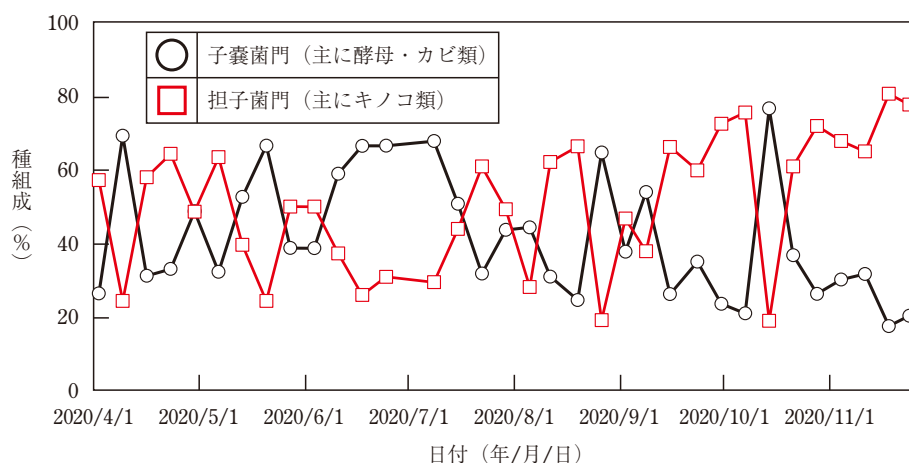
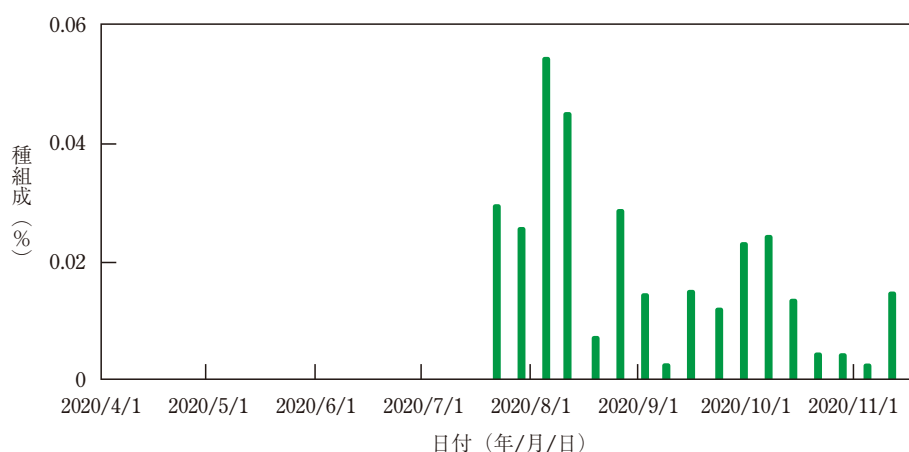


図-2 子のう菌門と担子菌門の種組成変化

図-3 リンゴ黒星病菌 (*V. inaequalis*) のモニタリング結果

は、株式会社ファスマックに委託して実施した。本分析結果の Bioproject Accession Number は、DNA Data Bank of Japan (DDBJ) に登録した (PRJDB12369)。

III 気象データ

日平均気温、日降水量と日平均風速のデータは、アメダス弘前観測所のデータを用いた。日平均相対湿度は、弘前アメダス観測要素に含まれていなかったため、国土交通省気象庁青森気象台観測要素を参照した。

IV 大気バイオエアロゾル中の真菌類の種組成変化

図-2 は、メンブレンフィルターに捕集された大気エアロゾル中の子のう菌門 (Ascomycota) と担子菌門 (Basidiomycota) の種組成の時期別変化を示す。両者の種組成割合は観測時期によってかなり増減することがわかった。例えば、4月8日の週はその前後と異なり急激に子のう菌門が増加し、10月14日の週は特異的に子のう菌門が約77%に急増した後、急減した。この原因は

不明であるが、降雨、風向、風速、気温や湿度などといった気象条件が、真菌類の増殖や大気への胞子飛散量に影響を及ぼしたことが考えられる。なお、鞭毛菌類や接合菌類は検出されなかった。

V リンゴ黒星病菌のモニタリング結果

本病原菌の生態は、罹病した落葉中に形成される偽子（のう）で越冬、1月から3月には成熟する（津川，1984；北島，1989）。子のう胞子の飛散は4月から5月上旬に起こり、開花期前後に最高に達する。子のう胞子の感染によって生じた病斑には、やがて分生子が豊富に形成され二次伝染源となる。黒星病は、一般に夏の暑い時期に一時的に病勢が弱くなり、9月になって涼しくなると再び活発化するとされている。

図-3 は、真菌類全体に占めるリンゴ黒星病菌の相対検出量の週変化を示す。リンゴ黒星病菌は、子のう胞子が飛散する4月から5月にはほとんど検出されなかった。また、二次伝染が活発化する6～7月にもピークがみら

れず、発病盛期を過ぎた8月上旬（7月30日～8月5日）、最大のピークがみられ、その後いくつかのピークが検出された。

VI 気象要因との関係

バイオエアロゾルを含むエアロゾルの分野では、気象条件とエアロゾルの舞い上がりプロセス、輸送プロセス、沈着プロセスに密接に関係があることが知られている（黒崎，2009；WILSON et al., 2015；HARA et al., 2016）。そこで本研究では、約1年間における観測からリンゴ黒星病菌の相対検出量と種々の気象条件との相関関係について検討した。表-1は、黒星病菌の種組成割合とその週における平均気温、平均降水量、平均風速と平均相対湿度の関係における相関係数と p 値を示す。黒星病菌の相対検出量と平均気温、平均風速と平均相対湿度の相関係数は、それぞれ0.516の正の相関（ $p < 0.01$ ）、0.414の正の相関（ $p < 0.05$ ）と0.443の正の相関（ $p < 0.01$ ）があることがわかった。一方、平均降水量の相関係数は0.113（ $p > 0.5$ ）と関連がみられなかった。黒星病菌の胞子の飛散は降雨により起こることが知られているが、本結果はそれと矛盾するものとなった。

今回解析で用いた気象データは、サンプリングを実施している1週間の平均値なので、温度や湿度などの季節変化のように緩やかな気候変化とは関連してくるが、降雨のようなイベント的な現象との関連性は正確に評価できなかったのかもしれない。また、降雨によって子のう胞子や分生子が飛散することに加えて、降雨によらない黒星病菌の拡散メカニズム（例えば、古くなった病斑からの菌糸を含む残さの空気中への遊離）がある可能性を示唆している。なお、本研究は単年度の調査であるので、再現性が認められるか検証する必要がある。

おわりに

以上の結果から、2020年青森県弘前市において、夏季に黒星病菌が大気中エアロゾルから検出された。本研究で実施した2020年の青森県では、防除薬剤の変更、前年の落ち葉処理の徹底や降雨前の農薬散布などによる予防作業によって、リンゴ黒星病の大発生はほとんどなかった（赤平ら，2021）ものの、同県ではDMI剤耐性菌の発生も報告されており（赤平ら，2021）、本病の大発生は今後も予断を許さない状況である。

大気バイオエアロゾル研究の観点から見ると、黄砂バ

表-1 リンゴ黒星病菌の種組成割合と気象条件の相関係数

気象条件	相関係数	p 値
平均気温	0.516	0.002
平均降水量	0.113	0.525
平均風速	0.414	0.015
平均相対湿度	0.443	0.009

イオエアロゾルや南極バイオエアロゾルによって全球規模で微生物が自由対流圏を長距離移動していることが報告されている（小林ら，2007；2010；KOBAYASHI et al., 2015；2016 a；2016 b；2022）。本研究ではバイオエアロゾルからリンゴ黒星病菌が検出されたことから、バイオエアロゾルを介して本病菌が伝播・伝染するか、今後検討する必要がある。また、植物防疫にかかわるようなバイオエアロゾルが大気を通じて国境を越えて移動している可能性が示唆され、その観測・監視方法としても注目される。

なお、本研究の弘前大学農学生命科学部・学内圃場におけるバイオエアロゾル採集には、同学部佐野輝男先生および田中和明先生のご協力・ご助力によってなしと遂げられた。ここに感謝の意を表する。フィルター交換など採集作業に関しては、理工学部自然エネルギー学科 葛西由季氏、對馬綾乃氏、仙台さと実氏、今雅道氏にお礼申し上げる。本研究の気象データは、国土交通省気象庁のデータベースを用い、超並列シーケンサーを用いたアンブリコン解析は、株式会社ファスマックによって委託分析された。この場をおかりして謝意を表する。本研究は科研費（17KT0067）の助成を受けたものである。

引用文献

- 1) 赤平知也ら（2021）：植物防疫 **75** (5) : 242～247.
- 2) HARA, K. et al. (2016) : Atmos. Environ. **127** : 1～5.
- 3) 池上八郎ら（1996）：新編 植物病原菌類解説，養賢堂，東京，p.247～250.
- 4) 柿川真紀子ら（2010）：エアロゾル研究 **25** : 29～34.
- 5) 北島 博（1989）：果樹病害各論，養賢堂，東京，581 pp.
- 6) 小林史尚ら（2007）：エアロゾル研究 **22** : 218～227.
- 7) ———ら（2010）：同上 **25** : 23～28.
- 8) KOBAYASHI, F. et al. (2015) : J. Biosci. Bioeng. **119** : 570～579.
- 9) ——— et al. (2016 a) : Air Qual. Atmos. Health **9** : 3～14.
- 10) ——— et al. (2016 b) : Polar Sci. **10** : 71～78.
- 11) ——— et al. (2022) : ibid. **32** : 100842.
- 12) 黒崎泰典（2009）：黄砂（岩坂泰信ら編），古今書院，東京，p.204.
- 13) 農林水産省（2023）：https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kazyu/
- 14) 津川 力（1984）：新編リンゴ栽培技術，養賢堂，東京，450 pp.
- 15) WILSON, T. W. et al. (2015) : Nature **525** : 234～238.

研究室紹介

千葉県農林総合研究センター 病理昆虫研究室

千葉県農林総合研究センターは明治41（1908）年に県立農事試験場として東葛飾郡中山村に設置されたのが始まりです。その後、昭和38（1963）年に千葉市大膳野町に庁舎と圃場が整備され、令和2（2020）年に新庁舎が建設されました。当センターは、本場と3研究所があり、3課、17研究室、1育成地、2分室から構成され、千葉県の農林業振興に寄与するため、農林業に係る試験研究および調査、優良品種の育成等を推進しています。

病理昆虫研究室は、室長1名、研究員5名の体制で、農作物の病害虫に対する防除技術の開発や、環境にやさしい農業を推進するために、様々な手法を駆使して総合的に病害虫を管理する試験研究を行っています。以下、現在取り組んでいる主な研究課題について紹介します。

1 次世代環境・生育センシング技術とICTを活用した栽培支援技術の開発および利用技術の確立（県単 プロジェクト研究事業）

このプロジェクト研究は、栽培部門と環境部門の研究室が参画して、環境や作物生育についての経時的なデータの収集や共有を行い、高度で精密かつ省力的な栽培・作業管理、生産管理を可能とする技術の確立を目指しています。当研究室では県内の水田で問題となっているスクミリンゴガイの対策技術として、水田の耕運前後や移植後、収穫前のUAVによる撮影画像を元に田面均平度と欠株率について現地実証を行っています。また、当センター開発のナシ防除支援ツール「梨なびアプリ」について、昨今の気候条件下での予測システムの実用性を検



暴風雨を模した強風を受けたキャベツ黒腐病の防除試験

証しています。さらに、既に開発したチャノキイロアザミウマの発生予測システム「チャノキイロなび」の機能を実証するとともに、カイガラムシ類の防除適期予測システムの構築を目指しています。

2 露地野菜における夏秋期の気候変動への対策技術の確立（県単 プロジェクト研究事業）

千葉県では、令和元年9月の台風15号（房総半島台風）により、主要な露地野菜が被害を受けて、生産量が大きく減少しました。そこで、このプロジェクト研究では、品目別に現場ですぐに活用できる暴風雨対策技術の確立に取り組んでいます。当研究室では、台風や豪雨などにより多発する細菌性病害であるネギ軟腐病およびキャベツ黒腐病について、強風や豪雨の前後に既存の薬剤を処理することによる防除効果を明らかにして、有効な対策技術の確立を目指しています。

3 新たな斑点米カメムシ類の発生生態と防除技術の確立（県単 緊急技術対策事業）

近年、県内では少なかったイネカメムシが多発する事例が増加しています。また、生育期の水稻では広域一斉防除が主体でしたが、経営規模拡大などによる多品種化や移植時期の分散化により、圃場ごとに出穂時期がばらつき、カメムシ類の防除時期が合わない問題が生じています。そこで、イネカメムシの発生生態の解明に合わせ、早晩生品種が混在する水田地帯において、粒剤タイプの薬剤やドローンなどの省力的防除技術の導入により各水田の状況に応じた効率的な防除対策について現地実証試験に取り組んでいます。

（室長 塩田あづさ）



千葉県農林総合研究センター（本場）の全景

研究室紹介

長崎県農林技術開発センター 果樹・茶研究部門 茶業研究室

長崎県農林技術開発センター果樹・茶研究部門茶業研究室は、長崎県の中央部、東彼杵郡東彼杵町（ひがしそのぎちょう）の標高 380～400 m の中山間地に設置されています。同町は県内茶生産量の 60% を占める県内一の茶産地で、近年、全国茶品評会の産地賞、農林水産大臣賞や一般消費者が選ぶ「日本茶 AWARD」での日本一（日本茶大賞）受賞等、知る人ぞ知る高品質茶の産地として徐々に知名度が向上しています。

当研究室は、1929 年（昭和 4 年）に長崎県立農事試験場茶業部として同町内三根地区に設置され、幾度かの機構改革、名称変更を経て、1975（昭和 50）年に現在の町内中尾地区に移転し、2015（平成 27）年に現在の長崎県農林技術開発センター果樹・茶研究部門茶業研究室となりました。

現在の職員体制は、室長以下、研究員 3 名、会計年度任用職員 7 名の体制です。取り組んでいる試験研究は、栽培・製茶加工や系統適応性検定、病虫害防除対策等、少ない研究員体制で分担して業務に励んでいます。以下、現在取り組んでいる主な課題について説明します。

1 茶のスマート有機栽培技術体系の開発と現地実証試験

国内外で有機栽培茶需要は増加していますが、体系化された技術がなく生産が不安定で、様々な課題があります。そこで、農研機構を中核に民間企業、大学、公設試、生産者から構成されるコンソーシアムを設立、茶園用小型管理機自動走行システム、有機質肥料の効果的な施肥技術のおよび有機茶栽培 IPM 体系開発を行うと同時に、これらの技術の現地実証試験と経営評価を行うことで、スマート有機茶栽培体系を確立、社会実装を進める研究に取り組んでいます。当研究室はコンソーシアムの一員として、県内の有機栽培茶園において、物理的防除法を用いた病虫害防除方法の確立、肥料・土壌分析結果を基にした施肥体系の実証に取り組んでいます。また、研究室場内では、有機 JAS 適合資材登録拡大に向けた防除効果に関する試験を実施しています。なお、本研究は生研支援センター「戦略的スマート農業技術等の開発・改良（JPJ011397）」の支援を受けて実施中です。

2 生産から出荷までのデータ共有によるスマート茶業と茶園管理省力機械のシェアリング

国内茶業は、従事者の高齢化、担い手不足、価格低迷、資材高騰、気候変動や茶園の分散による適期作業の遅れ等、様々な課題への対応が求められています。そこで茶産地農協の JA ながさき県央、長崎県が中心に、低コスト・省力化が可能で、データに基づいた高品質生産実施を目指した茶スマート農業技術の実証に取り組んでいます。実証内容は以下の 4 項目です。①減農薬と省力作業が可能となる「自律走行式草刈機」、②労働負荷軽減が可能となる「リモコン乗用型中切機」、③ 50 m メッシュ気象データによる「生育、防除予測システム」、④生育予測、生育情報、生産管理を一元的に管理できる「営農支援システム」。なお、本実証課題は、「スマート農業産地形成実証（事業主体：農研機構）」の支援を受けて実施中です。



図-1 自律走行式草刈機

3 認知機能の維持・改善に資する、高溶解ヘスperiジン食品の開発

長崎県、長崎県立大学、長崎大学、九州大学の 4 者で研究開発した「ミカン混合発酵茶」の効率的な生産方法の研究開発に取り組んでいます。同発酵茶に含まれる「ヘスperiジン」は高めの血圧（収縮期血圧）を下げる機能を有しており、生の茶葉と青みかんを合わせて発酵させる特許製法により、体内への吸収率を高めることに成功しました。現在、同発酵茶を原料とし生産された機能性表示食品「まるごと発酵茶」が通販で販売中です。

当研究室では、今後も生産現場で役立つような成果を提供できるように、生産者、実需者ニーズに対応した研究を行い、新たな技術開発に取り組んでいきます。

（茶業研究室長 池下一豊）

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

掲 載 規 程（抜粋）

1. 掲載記事の分野

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

2. 掲載記事の種別

本誌に掲載する記事はおおむね次の種別によります。

（1） 研究報告および総説

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

（2） 調査報告

調査を元にとりまとめ解説した研究報告に準ずる報告。

（3） 時事解説

行政の施策や世界動向等、関心度の高い時事テーマに関する解説。

（4） トピックス

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

（5） 新技術解説

新たな実験技法（圃場試験法や感受性検定法等）、調査法、防除法の紹介。

（6） その他

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

3. 掲載の決定

（1） 専門家による審査体制を設置し、本誌の目的にかなうテーマであるかどうか、科学的に適正な内容であるかどうか等について審査し、掲載の有無を決定します。

（2） 審査の結果、内容の一部修正等をお願いすることがあります。

4. 投稿・連絡先

電話：03-5980-2183 mail：genko@jppa.or.jp

一般社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部 「植物防疫」編集担当

学 会 だ よ り

○第 30 回農薬レギュラトリーサイエンス研究会開催のお知らせ

日本農薬学会が主催する第 30 回農薬レギュラトリーサイエンス研究会は下記のとおり開催いたします。

日時：12 月 18 日

開催形式：対面方式

開催場所：北とぴあ（講演会：2F つつじホール、情報交換会：15F ペガサスホール）

プログラム

テーマ：日米欧における最近の農薬行政・規制の動向について考える

1. 2023 United States EPA overview（オンライン講演）
Landis International, Inc. Ms. Lisa Setliff, and Mr. Roger Horton

2. これからの我が国の農薬行政
農林水産省 消費・安全局 農産安全管理課 農薬対策室
楠川 雅史

3. 食品衛生に関わる農薬行政・規制に関する講演：
タイトル未定
厚生労働省 健康・生活衛生局 食品基準審査課 残留
農薬等基準審査室 中村 俊輔

4. EU Regulatory update（オンライン講演）
SCC Scientific Consulting Company Dr. Dagmar

広告掲載会社一覧（掲載順）

サンケイ化学(株) …… ナメクリーン
日産化学(株) …… グレーシア
バイエルクロップサイエンス(株) …… ビーラム
日本曹達(株) …… ダニオーテ
日本化薬(株) …… フーモン
三井化学クロップ&ライフソリューション(株)
…………… 主要品目
アグロ カネショウ(株) …… 主要品目

Heibertshausen

連絡先や詳細はホームページをご確認ください。

○第 77 回北日本病害虫研究発表会開催のお知らせ

第 77 回北日本病害虫研究発表会は下記のとおり開催いたします。

日時：2 月 21～22 日

開催形式：対面方式

開催場所：トークネットホール仙台（仙台市民会館）

申し込み締切：1 月 31 日

次号予告

次号 2024 年 1 月号の主な予定記事は次のとおりです。

新年挨拶：

新年を迎えて 尾室義典

新年を迎えて 善林 薫

2023 年の病害虫の発生と防除

農林水産省 植物防疫課・農薬対策室

日植防シンポジウムから：

中山間地域における植物防疫の重要性 羽石洋平

信州伊那谷におけるスマート農業技術の導入実証 鈴木尚俊

傾斜地カンキツ栽培における無人航空機（UAV）を利用した病害虫防除と今後 増井伸一

愛知県におけるマイナー作物防除の現状と課題 藤田智美

奈良県の薬用作物における病害虫防除の現状と課題 米田健一

調合油乳剤のイチゴ苗浸漬処理における処理法の違いがナミハダニの防除効果と作業性に与える影響 伊丹春衣ら

千葉県のネギ圃場におけるネコブセンチュウ類の発生実態および緑肥を活用した防除対策 中村耕士ら

化学農薬散布が葉面上の微生物農薬成分菌の生存に与える影響 宮崎暁喜

最近の農薬開発の動向 ―殺菌・殺虫・殺ダニ・殺線虫剤を中心に― その 1 梅津憲治

トマトに黄化萎縮病を引き起こす新たなジェミニウイルス ―トマトカーリートップウイルス― 久保田健嗣

研究室紹介：

長崎県農林技術開発センター 畑作営農研究部門 中山間営農研究室 川本 旭

沖縄県農業研究センター 病虫管理技術開発班 松山隆志

植物防疫

2023 年
12 月号

（毎月 1 回 1 日発行）

第 77 巻 2023 年 11 月 25 日印刷

第 12 号 2023 年 12 月 1 日発行
（通算 924 号）

編集発行人 早川 泰弘

印刷所 三美印刷（株）
東京都荒川区西日暮里 6-28-1

定価 1,100 円

本体 1,000 円 + 税 10 %

――発行所――

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

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

「植物防疫」第 77 卷 月別 総目次

2023 年（令和 5 年）1～12 月号

1 月号

巻頭言

- 新年を迎えて……………早川泰弘… 1
新年を迎えて……………尾室義典… 2
新年を迎えて……………植原健人… 4

調査報告

- 令和 4 年の病害虫の発生と防除
農林水産省 消費・安全局 植物防疫課防疫対策室,
農産安全管理課農薬対策室…………… 5

研究報告

- ダイズ黒根腐病がしわ粒の発生に与える影響について
……………越智 直ら…16
ナスとインゲンに発生した各種病害虫のボーベリア・
バシアーナ剤による同時防除……………井村岳男…21
東京都のニホンナシ圃場におけるナミハダニの薬剤防
除体系の再構築と総合的防除対策……………飯塚 亮…28
モモせん孔細菌病に対する“春型枝病斑の早期切除技
術”の紹介……………堀川英則…35

トピックス

- 沖縄本島および宮古島で確認されたパパイヤ黒腐病の
病原細菌 *Erwinia* sp. とキャプタン水和剤の登録
……………花ヶ崎敬資…41

新技術解説

- 薬剤散布機の省力化に向けた開発の展望と実用化への
課題……………吉田隆延…47

果樹防除の基本となる「病害虫防除暦」の考え方

- 秋田県におけるりんご病害虫防除暦作成の考え方
……………舟山 健…53

2 月号

巻頭言

- 混迷する世相の中、植物保護や人材育成についての雑
感……………神頭武嗣… 1

総説

- ハダニ類に対する紫外線-B (UV-B) 照射の生物学的
効果と生物的防除の併用について……………刑部正博… 2

研究報告

- クワシロカイガラムシ雌成虫の生殖休眠に及ぼす温度
変化の影響……………武田光能…11

トピックス

- 炭疽病の病原学名変更と病原追加……………佐藤豊三ら…18
アブラナ科黒斑細菌病に関与する病原細菌種とそれら
の識別法……………井上康宏…28
Rhizorhapis suberifaciens によるレタスコルキールト
病の発生……………石山佳幸・小木曾秀紀…33
水田地帯のタマネギ新興産地で発生した育苗期の病害
……………守川俊幸ら…38

新技術解説

- ミナミキイロアザミウマの簡易飼育法および佐賀県個
体群に対する薬剤の効果……………成富毅誌…45
ツマジロクサヨトウと国内で発生する主要な広食性ヤ
ガ科の幼虫による見分け方……………肥後雄一…49

研究室紹介

- 宮崎県総合農業試験場 茶業支場……………川越洋二…54

3 月号

巻頭言

- 栽培技術の変化と病害虫防除……………門田育生… 1

特集：海外から侵入したシストセンチュウ類の防除につ いて

- ジャガイモシロシストセンチュウおよびテンサイシス
トセンチュウの確認と緊急防除
……………前田清明・前田晃輝… 2
マルチプレックス PCR 法によるジャガイモシストセ
ンチュウ類同時診断技術の改良……………酒井啓充… 6
ジャガイモシロシストセンチュウ緊急防除における密
度低減技術の効果と特徴……………伊藤賢治…11
ジャガイモシロシストセンチュウ抵抗性バレイショ品
種の開発と課題……………浅野賢治…17
土壌サンプルからのテンサイシストセンチュウ DNA
の検出と定量……………浅水恵理香ら…23
テンサイシストセンチュウに対する各種殺線虫剤の防
除効果……………金子政夫・北林 聡…27
テンサイシストセンチュウ対策としての輪作に使用可
能な作物……………岡田浩明…34

新技術解説

- 農薬の製剤・施用法の最近の動向……………辻 孝三…39

新農薬の紹介

- 新規殺菌剤キノプロール®（イプフルフェノキン）の
特長……………藤井 聡…48
新規殺虫剤インスカリス®（セフィーナ®DC）の特長

.....竹田 遼…52

4月号

巻頭言

農薬の開発とマーケティングに携わって —これから
求められるものは何だろう 明確な目標をもって臨
みたい—.....郡嶋浩志… 1

時事解説

2023 年度植物防疫事業・農薬安全対策の進め方につ
いて
農林水産省 消費・安全局 植物防疫課,
農産安全管理課 農薬対策室 2
令和 5 年度植物防疫研究課題の概要
農林水産省 農林水産技術会議事務局
研究開発官（基礎・基盤、環境）室.....10

研究報告

コナラ属・クリ混交林におけるクリシギゾウムシの寄
主利用と生活史.....檜垣守男…15
奈良県におけるキクベと病の発生状況および殺菌剤と
高温・温湯処理による防除効果
.....芳田侃大・浅野峻介…22

新技術解説

ミカンバエのマイクロサテライトマーカーの開発とそ
の利用.....日本典秀ら…27
圃場毎の土壌病害の発病ポテンシャルを診断する AI
アプリ「HeSo+」の開発吉田重信…31
ニホンナシ栽培支援システム「梨なびアプリ」の開発
と利用.....鶴岡康夫ら…36

果樹防除の基本となる「病虫害防除暦」の考え方

茨城県におけるナシ病虫害防除例作成の考え方
.....小河原孝司…44

新農薬の紹介

新規殺菌剤プロチオコナゾールの特長…内田 聡…48

研究室紹介

山形県農業総合研究センター 水田農業研究所
.....佐藤智浩…54

書評

増補改訂版 植物医科学実験マニュアル
.....富田恭範…55
世界主要農薬メーカーの動向 —2022—
.....曽根信三郎…56

5月号

巻頭言

植物防疫における栽培分野とのコラボレーションにつ

いて.....高梨祐明… 1

総説

ジャガイモ疫病菌による貯蔵塊茎腐敗の発生生態と防
除に関する最近の話題.....大澤 央… 2

研究報告

ダリアにおけるキク矮化ウイルスの感染状況と塩基
配列および感染が生育に及ぼす影響
.....浅野峻介ら… 7
JPP-NET を利用した温州ミカンのナシマルカイガラ
ムシ歩行幼虫発生時期の予測
.....後藤聖士郎・杉浦直幸…14

新技術解説

施設栽培のモモにおけるウメシロカイガラムシ歩行幼
虫の発消長および発芽直前防除.....池田亜紀…18

日植防シンポジウムから

野菜をめぐる情勢とそれを踏まえた病虫害防除への期
待.....今野 聡…23
農産物の情勢と生産における課題 —国内農業の維持
と生産振興に向けて—.....住田明子…31

果樹防除の基本となる「病虫害防除暦」の考え方

静岡県におけるカンキツ病虫害防除暦作成の考え方
.....増井伸一…36

植物防疫講座

病害編-53 モモに発生する病害の生態と防除につい
て.....七海隆之…40
虫害編-40 モモに発生する主要な害虫の生態と防除
.....内田一秀…47

6月号

巻頭言

農業者とともに考える総合的病虫害管理プログラム
.....長坂幸吉… 1

ミニ特集：病虫害防除のために有望な先端技術の紹介

植物の誘導防衛を活用した害虫防除.....上船雅義… 2
微粒子工学的技法を用いた農薬送達システムの開発
.....野村俊之… 7

研究報告

ジャガイモ黒あし病の最近の知見と防除に向けた取り
組み.....青野桂之ら…13
オオムギを間作したタマネギ圃場におけるヒラタアブ
幼虫によるアザミウマ類の捕食.....関根崇行ら…24
リンゴ園の地表性クモ類に対する下草による殺虫剤の
影響回避.....駒形泰之ら…29

トピックス

和歌山県における QoI 剤耐性ウメ黒星病の発生

.....	武田知明ら	34
果樹防除の基本となる「病害虫防除暦」の考え方		
鳥取県におけるニホンナシ病害虫防除暦作成の考え方	.....	山田高之
.....	山田高之	38
熊本県におけるカンキツ病害虫防除暦作成の考え方	.....	杉浦直幸
.....	杉浦直幸	44
植物防疫講座		
虫害編-41 オウトウに発生する主要な害虫の生態と防除	.....	伊藤慎一
.....	伊藤慎一	49

7月号

巻頭言

植物防疫に従事して	.....	鹿島哲郎
.....	鹿島哲郎	1

時事解説

植物防疫法の改正について	.....	神前悠治
.....	神前悠治	2

研究報告

滋賀県南部におけるイネカメムシ（カメムシ目：カメムシ科）の生活史	.....	鳥飼悠紀・樋口博也
.....	鳥飼悠紀・樋口博也	7
雪踏みによるコムギ雪腐病の防除と作用メカニズム	.....	下田星児
.....	下田星児	12
トマト黄化病の病徴と果実重への影響	.....	上田重文
.....	上田重文	18

トピックス

収穫後のゴボウに発生した <i>Pectobacterium carotovorum</i> による軟腐病（新称）	.....	坂本美沙
.....	坂本美沙	22
スマートフォンに装着した精子観察キットによる植物病原糸状菌の胞子観察法	.....	佐々木大介
.....	佐々木大介	26
静電気技術を用いたイチゴうどんこ病菌単一菌叢からの胞子回収と生涯胞子放出数の測定・解析	.....	野々村照雄
.....	野々村照雄	31

新技術解説

長野県におけるイネ紋枯病の簡易な被害評価指標の作成と効率的防除法	.....	中島宏和
.....	中島宏和	37

果樹防除の基本となる「病害虫防除暦」の考え方

佐賀県におけるカンキツ病害虫防除暦の考え方	.....	衛藤友紀
.....	衛藤友紀	42

病害虫の見分け方シリーズ

カブリダニ製剤と在来カブリダニ種の見分け方	.....	豊島真吾
.....	豊島真吾	49

8月号

巻頭言

果樹におけるカブリダニ利用の研究に携わって	.....	岸本英成
.....	岸本英成	1

研究報告

ヘヤカブリダニを活用した施設栽培のメロンにおける		
--------------------------	-------	--

ミナミキイロアザミウマ防除の検討

.....	吉崎涼花ら	2
青森県のリンゴ園におけるフツウカブリダニの発生状況および各種殺虫剤の影響	.....	小笠原南美ら
.....	小笠原南美ら	9
群馬県の未成熟トウモロコシにおけるナミハダニの薬剤感受性および寄主適合性	.....	横山 薫・藍澤 亨
.....	横山 薫・藍澤 亨	14
岐阜県の夏秋トマト産地における褐色輪紋病の現状について	.....	渡辺博幸ら
.....	渡辺博幸ら	19
茨城県で発生したミズナのべと病について	.....	山内智史
.....	山内智史	25
ネギハモグリバエのバイオタイプ A と B を識別するための核 DNA マーカーの開発	.....	浦入千宗ら
.....	浦入千宗ら	29
茨城県におけるネギハモグリバエ別系統の防除体系の検証	.....	佐藤信輔
.....	佐藤信輔	34

トピックス

栽培用リンドウを食害するリンドウホソハマキの分類と生態	.....	鈴木信也ら
.....	鈴木信也ら	40

新技術解説

イチジク株枯病の新たな抵抗性台本品種“励広台1号”の開発 —イヌビワとの種間交雑体からの抵抗性系統の選抜経緯を中心に—	.....	森田剛成ら
.....	森田剛成ら	46

植物防疫講座

農薬編-45 タンパク質生合成を阻害する殺菌剤	.....	柴田俊浩ら
.....	柴田俊浩ら	54

9月号

巻頭言

約3%	篠原弘亮	1
-----------	------	---

特集：ネギ黒腐菌核病の防除体系構築に向けた取り組み

ネギ黒腐菌核病の発生実態と防除対策	.....	小河原孝司
.....	小河原孝司	2
ピラジフルミド水和剤のセルトレイ灌注処理および生育期散布後の薬剤濃度推移と防除適期の推定	.....	井上 浩ら
.....	井上 浩ら	6
千葉県の秋冬ネギにおけるネギ黒腐菌核病対策	.....	中田菜々子・鐘ヶ江良彦
.....	中田菜々子・鐘ヶ江良彦	15
ネギ黒腐菌核病のヘソディム（Health checkup based Soil-borne Disease Management : HeSoDiM）	.....	伊代住浩幸
.....	伊代住浩幸	20

総説

植物の匂いを利用した減農薬栽培技術の開発	.....	有村源一郎
.....	有村源一郎	26

研究報告

静岡県における土着系統のタバコカスミカメによる施		
--------------------------	-------	--

設大玉トマトのタバココナジラミ防除体系の構築 ……………齊藤千温ら…30	炭酸カルシウム水和剤中の添加剤によるリング害虫モ モシクイガの産卵抑制効果……………風間春奈ら…36
和歌山県における露地栽培ショウガの根茎腐敗病の防 除対策……………菱池政志…41	CAPS マーカーによるクビアカツヤカミキリと他種カ ミキリムシの識別……………春山直人・栗原 隆…45

トピックス

モモヒメヨコバイの発生と現状……………三代浩二…50

植物防疫講座

病害編（物理的・耕種的防除編）-1 水稻病害におけ る物理的防除……………藤 晋一…53

研究室紹介

三重県農業研究所 紀南果樹研究室 ……鈴木孝明…57

10 月号

巻頭言

常識に囚われず柔軟に。……………勝部和則… 1

研究報告

宮城県津波被災地域における水田農業の復旧・復興に 向けた水稻病虫害研究の足跡……………加進丈二… 2
飼料用トウモロコシにおけるアワノメイガの発生消長 と有効な防除薬剤の探索…石島 力・平江雅宏… 9
気象条件に基づくトウモロコシすす紋病の発生予察法 ……………岡部郁子…14
北海道におけるコナガのジアミド系薬剤感受性低下に 対応した防除対策……………下間悠士・丸山麻理弥…19
ブームスプレーヤの噴霧高さがタマネギにおける薬液 付着とべと病の防除効果に及ぼす影響 ……………井手洋一…26
茨城県におけるキク矮化ウイルス検定の抵抗性育種 と生産現場での活用……………郷内 武…38

調査報告

わが国で薬剤抵抗性が発達した農業害虫一覧 ……………森下正彦…31

時事解説

欧州における農薬関連法規制の動向……………元場一彦…43

植物防疫講座

植物防疫講座物理的・耕種的防除編連載について ……………支援事業部…49
虫害編（物理的・耕種的防除編）-1 水稻害虫におけ る物理的・耕種的防除……………平江雅宏…50

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

究所県南果樹部……………内藤 誠…56
鹿児島県農業開発総合センター 大島支場 ……………尾川宜広…57

11 月号

巻頭言

新しい防除技術の黎明期に思うこと……………菅 康弘… 1

特集：現場における薬剤抵抗性管理

殺菌剤耐性菌管理の考え方……………鈴木啓史… 2
殺虫剤抵抗性管理を行動に移す ―薬剤抵抗性発達レ ベル指標とリスク評価―……………山本敦司… 6
兵庫県における殺菌剤耐性菌の発生要因解析と発生後 の対応……………内橋嘉一ら…11
三重県における薬剤抵抗性管理の取組および殺虫剤抵 抗性リスク評価表の防除指導への導入について ……………田中千晴ら…17
佐賀県におけるメタラキシル M 耐性タマネギべと病 菌の現況と新たな防除対策に対する取り組み ……………古田明子…24

総説

ビワ果実腐敗を防ぐ総合的防除マニュアルの作成につ いて……………小嶺正敬…30
--

研究報告

メッシュ農業気象データを用いたイネ縞葉枯病の薬剤 散布適期判定システム……………柴 卓也…34
生物農薬を活用したブロッコリー花蕾腐敗病およびキ ャベツ黒斑細菌病の防除対策 ……………石山佳幸・藤永真史…38

時事解説

世界の生物農薬ビジネスの動向について…田中栄嗣…45

植物防疫講座

虫害編（物理的・耕種的防除編）-2 水稻を加害する スクミリンゴガイの物理的・耕種的防除 ……………清水信孝…51

研究室紹介

山口県農林総合技術センター 農林業技術部 柑きつ振 興センター……………岡崎芳夫…55
佐賀県茶業試験場……………中村典義…56

12 月号

巻頭言

工学部教育における植物病理学と植物防疫 ……………平塚和之… 1

研究報告

植物体への障害を軽減するナミハダニ防除のための二

酸化炭素くん蒸法……………石井直樹…	2
調査報告	
日本において <i>Niphe elongata</i> とされているイネカメムシの学名に関して……………河野勝行・石川 忠…	10
クモヘリカメムシ(カメムシ目：ホソヘリカメムシ科)に寄生するヤドリバエの種、寄生率および越冬状態……………阿南 創ら…	15
時事解説	
最近の農薬開発の動向 一殺菌・殺虫・殺ダニ・殺線虫剤を中心に― その1 ……………梅津憲治…	20
韓国における農薬市場と動向……………Woo Hyun・波田康弘…	29
トピックス	
菌寄生菌を利用したメロンうどんこ病に対する防除資	

材としての可能性……………野々村照雄…	33
高倍率(50×)ルーペを用いたキュウリの斑点性病害の見分け方……………畔柳泰典ら…	40
チャの直がけ被覆栽培による炭疽病に対する抑制効果……………市原 実・鈴木幹彦…	45
新技術解説	
大気中からのリンゴ黒星病菌のモニタリング：植物病原菌と大気バイオエアロゾル……………小林史尚…	49
研究室紹介	
千葉県農林総合研究センター 病理昆虫研究室……………塩田あづさ…	53
長崎県農林技術開発センター 果樹・茶研究部門 茶葉研究室……………池下一豊…	54

「植物防疫」第77巻 項目別 総目次

2023 年(令和5年)1~12 月号

……………(掲載月)―総頁

植物防疫行政

2023 年度植物防疫事業・農薬安全対策の進め方について	
農林水産省 消費・安全局 植物防疫課, 農産安全管理課 農薬対策室……………	(4)―184
令和5 年度植物防疫研究課題の概要	
農林水産省 農林水産技術会議事務局 研究開発官(基礎・基盤, 環境) 室……………	(4)―192
植物防疫法の改正について……………神前悠治…	(7)―358
欧州における農薬関連法規制の動向……………元場一彦…	(10)―573

病害虫全般

令和4 年の病害虫の発生と防除	
農林水産省 消費・安全局 植物防疫課防疫対策室, 農産安全管理課 農薬対策室……………	(1)― 5
ナスとインゲンに発生した各種病害虫のボーベリア・バシアーナ剤による同時防除……………井村岳男…	(1)― 21
宮城県津波被災地域における水田農業の復旧・復興に向	

けた水稻病害虫研究の足跡……………加進丈二…	(10)―532
植物防疫講座物理的・耕種的防除編連載について……………支援事業部…	(10)―579

果樹防除の基本となる「病害虫防除暦」の考え方

秋田県におけるりんご病害虫防除暦作成の考え方……………舟山 健…	(1)― 53
茨城県におけるナシ病害虫防除例作成の考え方……………小河原孝司…	(4)―226
静岡県におけるカンキツ病害虫防除暦作成の考え方……………増井伸一…	(5)―276
鳥取県におけるニホンナシ病害虫防除暦作成の考え方……………山田高之…	(6)―336
熊本県におけるカンキツ病害虫防除暦作成の考え方……………杉浦直幸…	(6)―342
佐賀県におけるカンキツ病害虫防除暦の考え方……………衛藤友紀…	(7)―398

病 害

ダイズ黒根腐病がしわ粒の発生に与える影響について……………越智 直ら…	(1)― 16
モモせん孔細菌病に対する“春型枝病斑の早期切除技術”の紹介……………堀川英則…	(1)― 35
沖縄本島および宮古島で確認されたパパイヤ黒腐病の病原細菌 <i>Erwinia</i> sp. とキャプタン水和剤の登録……………花ヶ崎敬資…	(1)― 41
炭疽病の病原学名変更と病原追加……………佐藤豊三ら…	(2)― 76
アブラナ科黒斑細菌病に関与する病原細菌種とそれらの	

識別法……………井上康宏…(2)– 86	
<i>Rhizorhapis suberifaciens</i> によるレタスコルキールート病の発生……………石山佳幸・小木曾秀紀…(2)– 91	
水田地帯のタマネギ新興産地で発生した育苗期の病害……………守川俊幸ら…(2)– 96	
奈良県におけるキクベと病の発生状況および殺菌剤と高温・温湯処理による防除効果……………芳田侃大・浅野峻介…(4)–204	
圃場毎の土壤病害の発病ポテンシャルを診断する AI アプリ「HeSo+」の開発……………吉田重信…(4)–213	
ニホンナシ栽培支援システム「梨なびアプリ」の開発と利用……………鶴岡康夫ら…(4)–218	
ジャガイモ疫病菌による貯蔵塊茎腐敗の発生生態と防除に関する最近の話題……………大澤 央…(5)–242	
ダリアにおけるキク矮化ウイルスの感染状況と塩基配列および感染が生育に及ぼす影響……………浅野峻介ら…(5)–247	
ジャガイモ黒あし病の最近の知見と防除に向けた取り組み……………青野桂之ら…(6)–311	
和歌山県における QoI 剤耐性ウメ黒星病の発生……………武田知明ら…(6)–332	
雪踏みによるコムギ雪腐病の防除と作用メカニズム……………下田星児…(7)–368	
トマト黄化病の病徴と果実重への影響……………上田重文…(7)–374	
収穫後のゴボウに発生した <i>Pectobacterium carotovorum</i> による軟腐病（新称）……………坂本美沙…(7)–378	
スマートフォンに装着した精子観察キットによる植物病原糸状菌の胞子観察法……………佐々木大介…(7)–382	
静電気技術を用いたイチゴうどんこ病菌単一菌叢からの胞子回収と生涯胞子放出数の測定・解析……………野々村照雄…(7)–387	
長野県におけるイネ紋枯病の簡易な被害評価指標の作成と効率防除法……………中島宏和…(7)–393	
岐阜県の夏秋トマト産地における褐色輪紋病の現状について……………渡辺博幸ら…(8)–433	
茨城県で発生したミズナのべと病について……………山内智史…(8)–439	
イチジク株枯病の新たな抵抗性台木品種“励広台1号”の開発 —イヌビワとの種間交雑体からの抵抗性系統の選抜経緯を中心に—……………森田剛成ら…(8)–460	
和歌山県における露地栽培ショウガの根茎腐敗病の防除対策……………菱池政志…(9)–513	
気象条件に基づくトウモロコシすす紋病の発生予察法……………岡部郁子…(10)–544	

ブームスプレーヤの噴霧高さがタマネギにおける薬液付着とべと病の防除効果に及ぼす影響……………井手洋一…(10)–556	
茨城県におけるキク矮化ウイルス検定の抵抗性育種と生産現場での活用……………郷内 武…(10)–568	
ビワ果実腐敗を防ぐ総合防除マニュアルの作成について……………小嶺正敬…(11)–618	
生物農薬を活用したブロッコリー花蕾腐敗病およびキャベツ黒斑細菌病の防除対策……………石山佳幸・藤永真史…(11)–626	
菌寄生菌を利用したメロンうどんこ病に対する防除資材としての可能性……………野々村照雄…(12)–679	
高倍率（50×）ルーペを用いたキュウリの斑点性病害の見分け方……………畔柳泰典ら…(12)–686	
チャの直がけ被覆栽培による炭疽病に対する抑制効果……………市原 実・鈴木幹彦…(12)–691	
大気中からのリンゴ黒星病菌のモニタリング：植物病原菌と大気バイオエアロゾル……………小林史尚…(12)–695	
植物防疫講座	
病害編-53 モモに発生する病害の生態と防除について……………七海隆之…(5)–280	
病害編（物理的・耕種防除編）-1 水稻病害における物理防除……………藤 晋一…(9)–525	
特集：ネギ黒腐菌核病の防除体系構築に向けた取り組み	
ネギ黒腐菌核病の発生実態と防除対策……………小河原孝司…(9)–474	
ピラジフルミド水和剤のセルトレイ灌注処理および生育期散布後の薬剤濃度推移と防除適期の推定……………井上 浩ら…(9)–478	
千葉県の秋冬ネギにおけるネギ黒腐菌核病対策……………中田葉々子・鐘ヶ江良彦…(9)–487	
ネギ黒腐菌核病のヘソディム（Health checkup based Soil-borne Disease Management：HeSoDiM）……………伊代住浩幸…(9)–492	
特集：現場における薬剤抵抗性管理	
殺菌剤耐性菌管理の考え方……………鈴木啓史…(11)–590	
兵庫県における殺菌剤耐性菌の発生要因解析と発生後の対応……………内橋嘉一ら…(11)–599	
佐賀県におけるメタラキシル M 耐性タマネギべと病菌の現況と新たな防除対策に対する取り組み……………古田明子…(11)–612	

虫 害

東京都のニホンナシ圃場におけるナミハダニの薬剤防除体系の再構築と総合防除対策……………飯塚 亮…(1)– 28	
---	--

ハダニ類に対する紫外線-B (UV-B) 照射の生物学的効果と生物的防除の併用について…刑部正博…(2)–60	クワシロカイガラムシ雌成虫の生殖休眠に及ぼす温度変化の影響……………武田光能…(2)–69
ミナミキイロアザミウマの簡易飼育法および佐賀県個体群に対する薬剤の効果……………成富毅誌…(2)–103	ツマジロクサヨトウと国内で発生する主要な広食性ヤガ科の幼虫による見分け方……………肥後雄一…(2)–107
コナラ属・クリ混交林におけるクリシギゾウムシの寄主利用と生活史……………檜垣守男…(4)–197	ミカンバエのマイクロサテライトマーカーの開発とその利用……………日本典秀ら…(4)–209
JPP-NET を利用した温州ミカンのナシマルカイガラムシ歩行幼虫発生時期の予測……………後藤聖士郎・杉浦直幸…(5)–254	施設栽培のモモにおけるウメシロカイガラムシ歩行幼虫の発生活長および発芽直前防除…池田亜紀…(5)–258
オオムギを間作したタマネギ圃場におけるヒラタアブ幼虫によるアザミウマ類の捕食…関根崇行ら…(6)–322	リンゴ園の地表性クモ類に対する下草による殺虫剤の影響回避……………駒形泰之ら…(6)–327
滋賀県南部におけるイネカメムシ (カメムシ目: カメムシ科) の生活史……………鳥飼悠紀・樋口博也…(7)–363	カブリダニ製剤と在来カブリダニ種の見分け方……………豊島真吾…(7)–405
ヘヤカブリダニを活用した施設栽培のメロンにおけるミナミキイロアザミウマ防除の検討……………吉崎涼花ら…(8)–416	青森県のリンゴ園におけるフツウカブリダニの発生状況および各種殺虫剤の影響……………小笠原南美ら…(8)–423
群馬県の未成熟トウモロコシにおけるナミハダニの薬剤感受性および寄主適合性……………横山 薫・藍澤 亨…(8)–428	ネギハモグリバエのバイオタイプ A と B を識別するための核 DNA マーカーの開発 ……浦入千宗ら…(8)–443
茨城県におけるネギハモグリバエ別系統の防除体系の検証……………佐藤信輔…(8)–448	栽培用リンドウを食害するリンドウホソハマキの分類と生態……………鈴木信也ら…(8)–454
植物の匂いを利用した減農薬栽培技術の開発……………有村源一郎…(9)–498	静岡県における土着系統のタバコカスミカメによる施設大玉トマトのタバココナジラミ防除体系の構築……………齊藤千温ら…(9)–502
炭酸カルシウム水和剤中の添加剤によるリンゴ害虫モモ	

シンクイガの産卵抑制効果……………風間春奈ら…(9)–508	CAPS マーカーによるクビアカツヤカミキリと他種カミキリムシの識別……………春山直人・栗原 隆…(9)–517
モモヒメヨコバイの発生と現状……………三代浩二…(9)–522	飼料用トウモロコシにおけるアワノメイガの発生活長と有効な防除薬剤の探索……………石島 力・平江雅宏…(10)–539
北海道におけるコナガのジアミド系薬剤感受性低下に対応した防除対策……………下間悠士・丸山麻理弥…(10)–549	わが国で薬剤抵抗性が発達した農業害虫一覧……………森下正彦…(10)–561
メッシュ農業気象データを用いたイネ縞葉枯病の薬剤散布適期判定システム……………柴 卓也…(11)–622	植物体への障害を軽減するナミハダニ防除のための二酸化炭素くん蒸法……………石井直樹…(12)–648
日本において <i>Niphe elongata</i> とされているイネカメムシの学名に関して……………河野勝行・石川 忠…(12)–656	クモヘリカメムシ (カメムシ目: ホソヘリカメムシ科) に寄生するヤドリバエの種, 寄生率および越冬状態……………阿南 創ら…(12)–661

植物防疫講座

虫害編-40 モモに発生する主要な害虫の生態と防除……………内田一秀…(5)–287	虫害編-41 オウトウに発生する主要な害虫の生態と防除……………伊藤慎一…(6)–347
虫害編 (物理的・耕種的防除編)-1 水稻害虫における物理的・耕種的防除……………平江雅宏…(10)–580	虫害編 (物理的・耕種的防除編)-2 水稻を加害するスクミリンゴガイの物理的・耕種的防除……………清水信孝…(11)–639
ミニ特集: 病害虫防除のために有望な先端技術の紹介	植物の誘導防衛を活用した害虫防除……………上船雅義…(6)–300

特集: 現場における薬剤抵抗性管理

殺虫剤抵抗性管理を行動に移す ―薬剤抵抗性発達レベル指標とリスク評価―……………山本敦司…(11)–594	三重県における薬剤抵抗性管理の取組および殺虫剤抵抗性リスク評価表の防除指導への導入について……………田中千晴ら…(11)–605
---	--

農 薬

薬剤散布機の省力化に向けた開発の展望と実用化への課題……………吉田隆延…(1)–47	農薬の製剤・施用法の最近の動向…辻 孝三…(3)–155
新規殺菌剤キノプロール® (イブフルフェノキン) の特	

長	藤井 聡	(3)-164
新規殺虫剤インスカリス® (セフィーナ®DC) の特長	竹田 遼	(3)-168
新規殺菌剤プロチオコナゾールの特長	内田 聡	(4)-230
ミニ特集：病害虫防除のために有望な先端技術の紹介		
微粒子工学的技法を用いた農薬送達システムの開発	野村俊之	(6)-305
植物防疫講座		
農薬編-45 タンパク質合成を阻害する殺菌剤	柴田俊浩ら	(8)-468
世界の生物農薬ビジネスの動向について	田中栄嗣	(11)-633
最近の農薬開発の動向 ―殺菌・殺虫・殺ダニ・殺線虫剤を中心に― その1	梅津憲治	(12)-666
韓国における農薬市場と動向	Woo Hyun・波田康弘	(12)-675

シンポジウム

野菜をめぐる情勢とそれを踏まえた病害虫防除への期待	今野 聡	(5)-263
農産物の情勢と生産における課題 ―国内農業の維持と生産振興に向けて―	住田明子	(5)-271

挨拶

新年を迎えて	尾室義典	(1)-2
新年を迎えて	植原健人	(1)-4

巻頭言

新年を迎えて	早川泰弘	(1)-1
混迷する世相の中、植物保護や人材育成についての雑感	神頭武嗣	(2)-59
栽培技術の変化と病害虫防除	門田育生	(3)-117
農薬の開発とマーケティングに携わって ―これから求められるものは何だろう 明確な目標をもって臨みたい―	郡嶋浩志	(4)-183
植物防疫における栽培分野とのコラボレーションについて		

て	高梨祐明	(5)-241
農業者とともに考える総合的病害虫管理プログラム	長坂幸吉	(6)-299
植物防疫に従事して	鹿島哲郎	(7)-357
果樹におけるカブリダニ利用の研究に携わって	岸本英成	(8)-415
約3%	篠原弘亮	(9)-473
常識に囚われず柔軟に。	勝部和則	(10)-531
新しい防除技術の黎明期に思うこと	菅 康弘	(11)-589
工学部教育における植物病理学と植物防疫	平塚和之	(12)-647

研究室紹介

宮崎県総合農業試験場 茶業支場	川越洋二	(2)-112
山形県農業総合研究センター 水田農業研究所	佐藤智浩	(4)-236
三重県農業研究所 紀南果樹研究室	鈴木孝明	(9)-529
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 南果樹部	内藤 誠	(10)-586
鹿児島県農業開発総合センター 大島支場	尾川宜広	(10)-587
山口県農林総合技術センター 農林業技術部 柑きつ振興センター	岡崎芳夫	(11)-643
佐賀県茶業試験場	中村典義	(11)-644
千葉県農林総合研究センター 病理昆虫研究室	塩田あづさ	(12)-699
長崎県農林技術開発センター 果樹・茶研究部門 茶業研究室	池下一豊	(12)-700

書評

増補改訂版 植物医科学実験マニュアル	富田恭範	(4)-237
世界主要農薬メーカーの動向 ―2022―	曾根信三郎	(4)-238

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クロップ&ライフソリューション株式会社の技術。自然との調和を基本に、三井化学クロップ&ライフソリューション株式会社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。

®を付した商標は三井化学クロップ&ライフソリューション(株)の登録商標です。

殺虫剤

三井薬 **アルバリン**® 顆粒水溶剤・粒剤
粉剤DL・箱粒剤

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

リディア® 箱粒剤

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

プロフレア® SC

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

エミリア® フロアブル

殺菌剤・殺虫菌殺菌剤・土壌消毒剤

アフエット® フロアブル

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

ツインキック® 箱
粒剤

サンスパイク® 箱
粒剤

トライ® フロアブル

ベジセイバー®

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

三井薬 **クロールピクリン**

Dr.オリゼリディア® 箱粒剤

サンエース® 箱
粒剤

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

サンフェスタ® 箱粒剤

三井 **ソイリーン**®

オリゼメート® 1キロ粒剤
粒剤

アグレプト® 水和剤
液剤

除草剤

イネキング® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

バズ® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル・400FG

バズ® 1キロ粒剤

バズ® 1キロ粒剤

トドメMF® 1キロ粒剤
乳剤

アールタイプ® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

ウルティ® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル・400FG

リニッパーム® 1キロ粒剤

ランカロス® 1キロ粒剤

草枯らし MIC® 1キロ粒剤

バズ® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

バズ® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル・400FG

リニッパーム® ジャンボ

ランカロス® ジャンボ

バズ® 液剤

●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。



三井化学クロップ&ライフソリューション株式会社

東京都中央区日本橋 1-19-1 日本橋ダイヤビルディング

三井化学アグロ(株)はグループ内企業を再編し社名変更いたしました。

農薬適用一覧表 2023年版

絶賛発売中

2023年9月30日現在の作物・病虫害別の殺虫剤・殺菌剤、作物別の除草剤、使用目的別の植物成長調整剤について、適用情報を一覧表形式で掲載しました。

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



A4判、価格：17,600円
税込、送料サービス

一般社団法人 日本植物防疫協会

ご注文はJPPAオンラインストアより

<https://www1.enekoshop.jp/shop/jppashop/>



農薬要覧 2023

絶賛発売中



A5判、価格：11,000円
税込、送料サービス

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

掲載内容

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

一般社団法人 日本植物防疫協会

ご注文はJPPAオンラインストアより

<https://www1.enekoshop.jp/shop/jppashop/>



会場でのご参加を
お待ちしております

日本植物防疫協会 主催 シンポジウム

新規病害虫の侵入・蔓延防止を考える

2024年1月16日（火）10:00～17:30

日本教育会館「一ツ橋ホール」

会場参加またはオンライン参加（ライブ配信）

参加費
無料

プログラム

第Ⅰ部 近年侵入・蔓延した病害虫防除の取り組み

ジャガイモシロシストセンチュウ緊急防除の取り組み

農研機構 北海道農業研究センター 伊藤 賢治 氏

鹿児島県におけるサツマイモ基腐病の発生状況と防除対策の取り組み

鹿児島県農業開発総合センター 福田 健 氏

ウメ輪紋病の根絶に向けた取り組み

吉備国際大学大学院 相野 公孝 氏

鹿児島県におけるアリモドキゾウムシ（イモゾウムシ）の侵入警戒・初動対応等の取り組み

鹿児島県農政部 経営技術課 川原 秀之 氏

第Ⅱ部 侵入した病害虫防除の喫緊の取り組み

植物防疫法における病害虫の侵入・まん延防止のための取り組み

農林水産省 消費・安全局 植物防疫課 中園 浩一 氏

最近の海外飛来性害虫の課題と防除対策への取り組み

農研機構 植物防疫研究部門 真田 幸代 氏

外来カミキリムシの発生状況と防除対策への取り組み

農研機構 植物防疫研究部門 上地 奈美 氏

茨城県における侵入病害虫に対する調査・防除体制

茨城県農業総合センター 病害虫防除部 鹿島 哲郎 氏

種子伝染性病害の日本への侵入・蔓延の防止に向けて

株式会社サカタのタネ 白川 隆 氏

総合討論

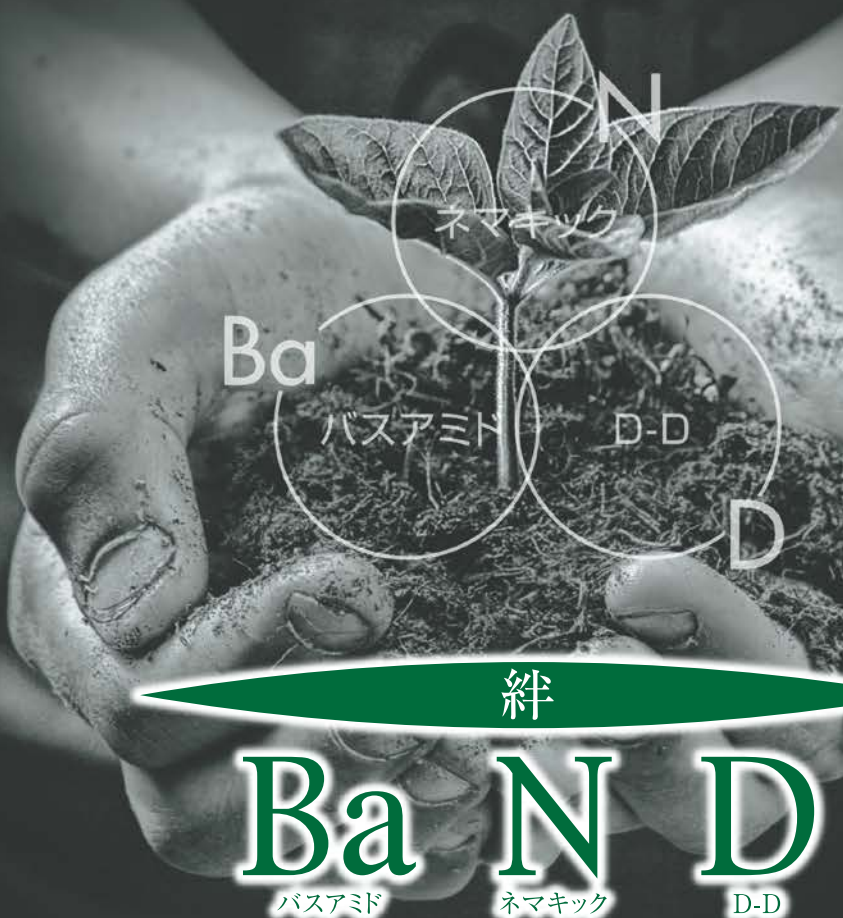
お申し込み方法

参加申込み：12月28日（木）まで

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



いい土から、いい作物。



アグロカネショウの土壌消毒剤

絆
Ba N D
バスアミド ネマキック D-D

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
東京都千代田区丸の内1-8-3
<https://www.agrokanesho.co.jp>

■製品のお問い合わせ

アグロ カネショウ(株)お客様相談窓口
0120-996099