

植物防疫

Plant Protection

5

2020
VOL.74



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



生産者と消費者の暮らしを豊かにし、
今、そして未来の進歩を実現することが私たちの使命です。

園芸用殺菌剤

ゾーベック™ エニベル™

ゾーベック™ エンカンティア™

ジマンダイセン™

グリーンダイセン™ M

ラリー™

インダー™

コサイド® 3000

土壌くん蒸剤

テロン™

旭D-D

園芸用殺虫剤

トランスフォーム™
Isoclast™ active

ダブルシューター™

スピノエース™

ランネート™

ファルコン™

ファルコンエース™

デリゲート™

水稲用除草剤

クリンチャー™

ワイドアタック™

水稲用殺虫剤

エクシード™
Isoclast™ active

ゼロカウント™

水稲用殺菌剤

ビーム™

ビーム™ エイト

水稲用殺虫殺菌剤

ビーム™ エイト エクシード™
Isoclast™ active

速く効く。
あの害虫にも効く。
だから、
収量に差がつく。

*2

*1

効きの速さ

有効成分が直接
害虫に作用するから、
作物が食べられる前に
駆除できる。

対象害虫の 幅広さ

チョウ目害虫や
アザミウマなど
幅広い害虫^{*1}に効く。

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

野菜・
茶用
殺虫剤

グレーシア[®] 乳剤



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

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



お客様窓口

TEL.03-4463-8271
(9:00~17:30 土日祝日除く)

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



 日産化学株式会社

かんきつ 開花期の
そうか病・灰色かび病・黒点病を
同時防除できる。



ナティーボ®

フロアブル

収穫期の黒点病防除にも、
収穫前日まで使えます。

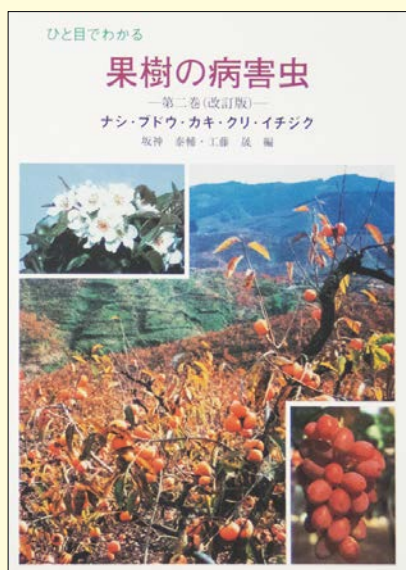
●使用前にはラベルをよく読んで下さい。●ラベルの記載以外には使用しないで下さい。●本剤は小児の手の届く所には置かないで下さい。® ナティーボはバイエルグループの登録商標

バイエル クロップサイエンス株式会社

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

お客様相談室 ☎0120-575-078 9:00~12:00、13:00~17:00
土・日・祝日を除く

ひと目でわかる 果樹の病害虫



第二巻 (改訂第二版)

ナシ・ブドウ・
カキ・クリ・イチジク

お待たせ
しました!

25 病害虫を追加

ナシ赤衣病、銀葉病、ブドウ斑点細菌病など 11 病害

ナシヒメボクトウ、フタモンマダラメイガなど 14 害虫

3月10日発売開始

今なら第二巻と同時購入で

第一巻、第三巻を 50%off!

ご好評につき期間延長

2020年5月末まで

シリーズ好評 第一巻 (改訂第二版) ミカン・ビワ・キウイ他

発売中!

第三巻 (改訂第二版) リンゴ・モモ・ウメ他

本体：8,200円(予価)+消費税 送料サービス

一般社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部

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

目 次

巻 頭 言

侵略的外来昆虫に思うこと	田付 貞洋	1
--------------	-------	---

総 説

福島県におけるモモせん孔細菌病の総合的な防除対策	七海 隆之	2
チャノホソガの効率的な防除に向けて	上室 剛	8

薬剤抵抗性研究の最前線

野外個体群の長期の薬剤感受性データと人為選択個体群を用いたトビイロウンカの ネオニコチノイド系殺虫剤に対する交差抵抗性の解析	藤井 智久	13
---	-------	----

研究報告

佐賀県のアスパラガス圃場におけるミカンキイロアザミウマの優占的発生	成富 毅誌	17
ナミハダニ黄緑型に対する時刻の概念と気門封鎖型農薬の殺卵活性を利用した薬剤防除方法	堀川 英則	21

調査報告

残留農薬等のリスクコミュニケーション手法の確立と評価	穂山 浩・鈴木美成・浅井麻弓・佐藤惣一郎・井上小夕貴・ 中村小津枝・牛尾昌史・佐藤 清・高木 彩・杉浦淳吉	26
----------------------------	--	----

トピックス

特定外来生物クビアカツヤカミキリの被害分布と防除：対策におけるちょっとしたコツ	加賀谷 悦子	35
フルトラニル耐性白絹病菌の発生および簡易検定法の開発	松本翔太・祖田嘉教・田中啓二郎	39

日植防シンポジウム

近年の異常気象の実態と予測されている変化	高槻 靖	43
----------------------	------	----

植物防疫講座

病害編-28 <i>Cercospora</i> 属とその類縁菌による病害の発生生態と防除	中島 千晴	49
病害編-29 花き類病害の発生と防除	佐藤 衛	53
農薬編-27 シグナル伝達を阻害する殺菌剤—フェニルピロール・ジカルボキシイミド—	中野 孝明	57

研究室紹介

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 西日本農業研究センター 生産環境研究領域 虫害管理グループ	三浦 一芸	61
熊本県農業研究センター 生産環境研究所 病害虫研究室	古家 忠	62

農林水産省プレスリリース (2020.3.7~2020.4.2)	63
新しく登録された農薬 (2020.3.1~3.31)	7, 12, 34, 42
登録が失効した農薬 (2020.3.1~3.31)	63
発生予察情報・特殊報 (2020.3.1~3.31)	63

【表紙写真】

上段左：クビアカツヤカミキリが食入した樹木の排出されたフラス（木屑と糞）
上段右：クビアカツヤカミキリ成虫
下段左：モモせん孔細菌病の発病果実
下段右：キク白さび病の発病葉

ビジョン活動と持続可能な 開発目標(SDGs)の連携

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

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

ご関心のある方は是非当会ホームページをご覧ください。



スマホからもアクセス!

ビジョン活動とSDGsとの関連付け

ビジョン活動では、農薬の役割について正しい理解を促進・共有しています。

農薬の役割は



「農作物の収量・品質の確保」

⇒ 飢餓に終止符を打ち、
持続可能な農業を推進



「その結果として緑を守る」

⇒ 農耕地面積の拡大を防ぎ、
緑の豊かさを守る



「農業の効率化・安定化」

⇒ 農業の効率化に貢献し、
農業の成長産業化を促進



「カビ毒リスクの低減」

⇒ すべての人に健康と福祉を
提供

その他にも



「新たな製品や技術の創出」

⇒ 産業と技術革新の基盤をつくる
ことにつながる



「スチュワードシップ活動である
農業者への安全対策活動」

⇒ 作る責任・使う責任につながる



「消費者への広報活動」と
「国際化活動」

⇒ パートナースhipにつながる

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



巻頭言

侵略的外来昆虫に思うこと

公益財団法人 報農会 **た** **つき** **さだ** **ひろ**
田 **付** **貞** **洋**



新型コロナウイルスの猛威が全国に及んでついに「国難」といわれ、グローバルな拡大はパンデミックの様相すら呈する深刻な状況のなかでこの原稿を書いている。ワクチンはもちろん有効な治療薬もいまだないうえに、無症状の感染者からも人に移ることやいったん陰性になった人が再び陽性に転ずる等、類まれな感染力が不気味である。今は感染機会を減らすことが唯一有効な対策のようだ。確かな情報の共有に基づく国民全体の努力により難局を切り抜けて、拙文が世に出るころには終息していることを切に祈る。

ウイルス拡散に立ち向かう様々な動きは、スケール、重大性、対象の違いはあるが、侵略的外来昆虫の対策にも通じるところがある。どちらも人によって持ち込まれる新奇な厄災であることや、早期発見・早期対策が重要で一度拡散してしまうと対策が困難かつ高コストになること等類似点があるからだ。そんなことから、私自身がかわってきた、アルゼンチンアリとクビアカツヤカミキリに、この2、3年メディアを賑わせているヒアリを加えた3種の特定外来生物を例に対策の現状と今後をまとめてみた。

侵略的外来アリーアルゼンチンアリとヒアリ

アルゼンチンアリの原産地南米から世界各地への侵入の歴史は古く、1世紀半を超える。日本では四半世紀前に広島県で発見されたとき、すでに市街地に生息地が広がっていたので、早期発見ができなかったケースになる。侵入地で異常増殖し、生態系かく乱、農業被害、建物への侵入等多様な被害をもたらす。現在では西日本から関東の広範囲に生息地が知られ、市街地に多発域が広がっている場合は根絶が難しい。本種は侵略的外来アリの中でも格段に増殖力が大きく、しかも貨物などに便乗して他所へ運ばれる機会が多い。上述のように多発してから気づくことが多いのはヒアリと異なり毒針をもたないことが一因かもしれない。有効な対策はスーパーコロニーが広がる地域全体を対象にしたベイト剤による一斉防除で、これを辛抱強く繰り返すことで生息密度の低下、生息範囲の縮小も可能だが、それには自治体のリードと住民の理解と協力が必須だろう。

いっぽう、同じ南米原産のヒアリはかねてから侵入が警戒されていたが、じっさいに侵入が確認されたのは3年前の兵庫県だった。その後各地の港湾などで次々と見

つかって「殺人アリ上陸」と大騒ぎになったが、早期発見・早期対策が可能な段階にある。コンテナなどで侵入が確認されるたびに適切な処置がなされて定着・拡散は防がれてきたが、昨年9月になり東京港青海埠頭で多数の女王と巣が見つかり、定着の恐れが一気に高まった。今冬もベイト剤による防除が継続されているとのことと、まもなく実施される生息調査の結果が注目される。本種には毒針を使った集団攻撃があり、致死率は低いもののアナフィラキシーショックにより死に至ることもあるので警戒感が特に強い。本種の拡散はアルゼンチンアリほどスピーディーではなく、米国以外への侵入は今世紀に入ってからである。ただし日本への侵入の機会はこの数年明らかに増加しており、侵入・定着への厳重警戒が今後いっそう重要になる。つい先日、環境省の専門家会議で決まったというヒアリ探知犬の育成にも期待がかかる。

クビアカツヤカミキリ

花見のおもな対象であるソメイヨシノが枯死する甚大な被害で急速に知れ渡った中国原産とされる外来種で、関東北部、中部、近畿、四国で生息範囲が拡大しつつある。サクラ類以外にウメ、モモ、アンズ等バラ科果樹の被害も広がり、農業害虫としても重要になっている。加害ステージの幼虫は樹幹や枝に潜孔するため防除手段に限られるが、成虫も含めた総合的な防除体系構築を目指す森林総研主導のプロジェクトに各地の試験研究機関、大学、民間企業が参加して活動が鋭意進行中である。すでに有望な成果がいくつも得られていて今後の進展が期待される。

おわりに

侵略的外来種が存在する原因は導入した人間にある。われわれはまずその責任を自認し謙虚でありたい。対策の基本は相手をよく知ること。種の正確な同定と生態の把握（できれば原産地のもの）は不可欠だ。そのうえで正しい情報を関係者はもとより、一般に広く開示して関心を持ってもらうことが重要だ。それにより協力関係のネットワークが構築できれば、早期発見・早期対策に始まる防除対策が有効に機能するだろう。上に挙げたクビアカツヤカミキリのプロジェクトはこの意味でもうまく進められている事例だと思う。



福島県におけるモモせん孔細菌病の総合的な防除対策

福島県農業総合センター果樹研究所 なな七 うみ海 たか隆 ゆき之

はじめに

福島県の2019年におけるモモの栽培面積は1,790 ha、収穫量が27,000 tと全国第2位であり（農林水産省, 2019 a ; 2019 b）、2012年以降は東南アジアへの輸出量も増加している等、モモは本県の重要な園芸品目となっている。

モモには灰星病やホモプシス腐敗病等の重要病害があ

るが、その一つとしてせん孔細菌病が挙げられる。本病は *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* を主病原とする雨媒伝染性の難防除病害であり、枝（1年枝、新梢）、新梢葉および果実に発生するが（図-1a～d）、果実で発生した場合には商品価値が著しく低下するために減収を招き、大きな問題となる。近年では、本県を含め全国的に本病の発生が多い状況にあり、モモの生産者にとって深刻な問題となっている。



図-1a 1年枝での発生（春型枝病斑）



図-1b 新梢での発生（夏型枝病斑）



図-1c 新梢葉での発生



図-1d 果実での発生

Integrated Control of Bacterial Spot on Peach in Fukushima Prefecture. By Takayuki NANAUMI
（キーワード：モモ，せん孔細菌病，防除対策）

本病の国内での発生は古くから確認されているが（鉾塚，1919），現在でも卓効を示す農薬が少なく，耐病性品種もないため，化学的防除に加えて耕種的防除を組み入れた総合的な防除対策が不可欠となる。

本稿では本県における防除対策（図-2）とこれまでの試験研究で得られた知見，現地圃場での総合的な防除対策の実証事例について紹介する。

なお，本稿の一部は既に報告したため（七海・柳沼，2017 a；2017 b；七海ら，2019），詳細はこれらを参照されたい。

I 耕 種 的 防 除

1 罹病部位の剪除

本病の防除対策の基本は病原細菌の密度を低く保つことであるが，罹病部位の剪除は菌密度を確実に低減させることができるため，徹底して実施する必要がある。特に一次伝染源である春型枝病斑は本病の発生に大きく影響することから（高梨，1980；落合，2003），病斑の早期発見と剪除の徹底が極めて重要である。

本県では春型枝病斑が開花前（4月上旬ころ）～7月

下旬ころまで発生するため（七海ら，2019），当該期間に病斑剪除を複数回実施して防除効果を検証したところ，病斑剪除区では発病果率が無剪除区の1/3程度に減少し，明確な防除効果が認められた（表-1）。

春型枝病斑は比較的長い期間に亘って発生するために複数回の剪除が必要になることや展葉に伴って病斑の発見が困難となること等から，生産現場での病斑の剪除の徹底は困難となる場合が多い。しかし，本試験の結果から春型枝病斑の剪除実施の重要性が改めて確認されたものと考えられる。

また，春型枝病斑は同一の枝に時間差で発生する事例が確認され（七海ら，2019），病斑を剪除した枝でも再度病斑が発生する可能性が示唆された。そのため，根拠が曖昧であったこれまでの剪除方法（病斑の4～5芽下で剪除）を見直し，現在では病斑を発見した際は「罹病枝を可能な限り基部まで切り戻す」よう指導方法を変更している。

さらに，落花20日後（5月中旬ころ）ころになると春型枝病斑の周囲の新梢葉や果実に集団的な発病（ツボ状発病）が見られるようになるが（図-3），これらは二次伝

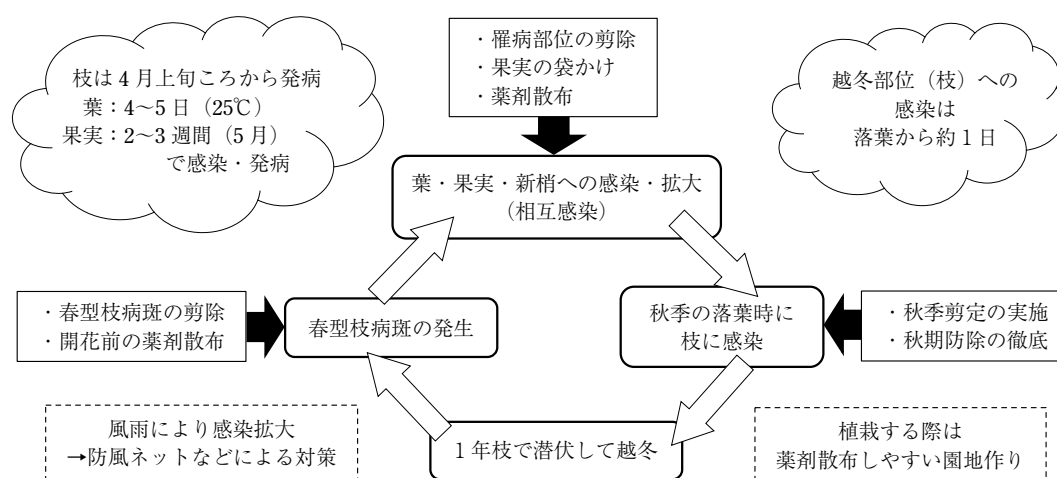


図-2 モモせん孔細菌病の生活環と防除対策（福島県農作物病害虫防除指針を一部改変）

表-1 春型枝病斑の剪除によるモモせん孔細菌病の防除効果（2017～18年）

試験実施年	試験区	1年枝調査（4～7月累計）			果実調査（8月下旬）		
		調査枝数	発病枝数	発病枝率（%）	調査果数	発病果数	発病果率（%）
2017	春型枝病斑剪除区	808	23	2.8	571	67	11.7
	春型枝病斑無剪除区	1,115	37	3.3	482	159	33.0
2018	春型枝病斑剪除区	1,106	22	2.0	334	6	1.8
	春型枝病斑無剪除区	1,361	38	2.8	734	48	6.5

注）品種‘ゆうぞら’（無袋栽培），両試験区とも現地慣行の薬剤防除を実施。
調査数は3主枝の合計値。

染源になるため、早期に発見して剪除する必要がある。

2 果実の袋かけ

果実の袋かけは、実害となる果実発病の防止に有効な対策である（表-2）。本県でのモモ栽培は無袋栽培が主流であるが、常発圃場や本病の多発が予想される場合は仕上げ摘果後に速やかに袋かけをすることを推奨している。

なお、春型枝病斑の発生が多い場合や新梢葉での発病が早期から見られる場合等の病原細菌の初期密度が高い

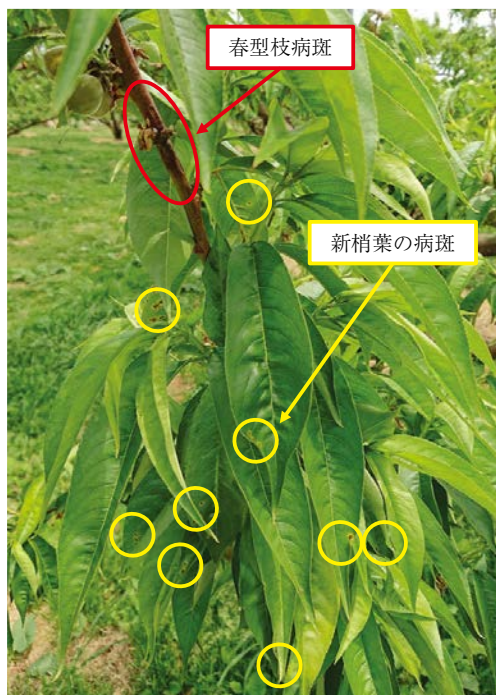


図-3 春型枝病斑の周囲での集団的な発病（ツボ状発病）

条件では、袋かけ実施時に見かけ上健全な果実にも既に病原細菌が潜在感染しており、処理後に袋内で発病する果実が多くなる可能性が高いため（表-3）、有袋栽培でも生育初期からの防除対策の徹底が必須となる。

3 防風対策

風当たりの強い圃場では病原細菌の気孔侵入が促されることに加えて、風すれによる傷が病原細菌の侵入口になるために本病の発生が多くなることから、防風垣や防風ネットによる防風対策も重要な対策である（高梨，1980；森本ら，2010）。

本県でも防風ネットによる本病の発生低減効果を確認しているものの、導入にはコストがかかる等の理由により防風ネットの設置は進んでいなかったが、近年ではモモ産業の復興と持続的な発展を目指した「ふくしま桃の郷づくりプロジェクト」の推進効果もあり、導入面積は漸増傾向にある。

4 簡易雨よけ

ブドウでは雨よけ栽培によって晩腐病や黒とう病、べと病等の雨媒伝染性病害の発生が抑制されることが明らかになっている（富田ら，2000；2007）。一方、モモでは収穫期の前進と高品質化を目的としたトンネルハウス栽培に関する研究は行われているが（春崎・岩谷，2009）、病害防除を目的とした研究事例はないため、簡易雨よけハウス（図-4）の設置による本病の防除効果について検証した。

簡易雨よけハウスの被覆期間は、前年9月上旬～当年8月下旬（冬期を除く）までとし、生育期間中には無機

表-2 果実の袋かけによるモモせん孔細菌病の防除効果（2017～18年）

試験実施年	試験区	1年枝調査（4～7月累計）			果実調査（8月下旬）		
		調査枝数	発病枝数	発病枝率（%）	調査果数	発病果数	発病果率（%）
2017	有袋区	1,661	35	2.1	812	25	3.1
	無袋区	1,365	42	3.1	888	198	22.3
2018	有袋区	2,076	45	2.2	1,291	28	2.2
	無袋区	2,838	39	1.4	864	39	4.5

注）品種‘ゆうぞら’を供試し、袋かけを2017年は5月30日（除袋は8月9日）、2018年は5月25日（除袋は8月2日）に実施。調査数は6主枝の合計値。

表-3 果実の袋かけによるモモせん孔細菌病の防除効果（2016年）

1年枝調査（3～5月累計）			有袋果実調査（8月3日）			無袋果実調査（8月3日）		
調査枝数	発病枝数	発病枝率（%）	調査果数	発病果数	発病果率（%）	調査果数	発病果数	発病果率（%）
3,972	734	18.5	916	186	20.3	1,267	286	22.6

注）品種‘ゆうぞら’を供試し、同一樹内で果実袋のかけ分け試験を実施。袋かけ実施日は5月24～25日（除袋は8月3日）。調査数は8樹の合計値。

表-4 簡易雨除け処理によるモモせん孔細菌病の防除効果

試験区	新梢葉調査 (被覆開始 14 日後) (2015 年 9 月 18 日)			1 年枝調査 (2016 年 3～8 月累計)			新梢葉調査 (2016 年 8 月 24 日)			果実調査 (2016 年 8 月 22 日)		
	調査 葉数	発病 葉数	発病葉率 (%)	調査 枝数	発病 枝数	発病枝率 (%)	調査 葉数	発病 葉数	発病葉率 (%)	調査 果数	発病 果数	発病果率 (%)
簡易雨よけ処理区	774	580	74.9	1,005	6	0.6	1,026	6	0.6	768	6	0.8
無処理区	886	321	36.2	1,106	123	11.1	1,067	423	39.6	643	408	63.5

注) 品種‘ゆうぞら’(無袋栽培)。簡易雨除けハウスの被覆期間は、2015 年 9 月 4 日～12 月 14 日および 2016 年 3 月 30 日～8 月 29 日。両試験区とも試験期間中は春型枝病斑の剪除は実施したが、無機銅剤および抗生物質剤は散布しなかった。調査数は 3 樹の合計値。

表-5 モモせん孔細菌病に対する秋期防除の効果 (2007 年)

試験区	散布日 (2006 年)			2006 年 9 月 15 日	2007 年 5 月 7 日
	9 月 15 日	9 月 29 日	10 月 12 日	発病葉率 (%)	発病枝率 (%)
2 回散布区	*	*		9.6	1.3
3 回散布区	*	*	*	10.3	0
無散布区				16.9	5.4

注) 品種‘あかつき’。*は銅水和剤 1,000 倍 (クレフノン 100 倍加用) を散布したことを示す。発病率は 3～4 樹の平均値。



図-4 簡易雨よけハウスの設置状況 (2016 年)

銅剤と抗生物質剤を使用しなかった。簡易雨よけ処理区では 2015 年 9 月の発病葉率が 74.9% の甚発生条件であったが、2016 年の発病枝率、収穫期の発病葉率、発病果率のいずれも 1% 未満と極めて発生が少なく、高い防除効果が認められた (表-4)。

このことから、本病に対する簡易雨よけ処理の有効性が明らかになり、本県では 2019 年より現地圃場において被害の大きい晩生品種を対象に、簡易雨よけ処理の現地実証を行っている。

II 生育期の防除

本病は細菌性病害であるため、化学的防除は無機銅剤

と抗生物質剤が基幹防除薬剤となるが、モモは開花期以降に無機銅剤を使用すると著しい葉害が生じるため、薬剤散布は①一次伝染源である春型枝病斑から周囲への病原細菌の感染防止を目的とした開花前の無機銅剤の散布、②開花期以降の抗生物質剤を中心としたローテーション散布、を実施している。

しかし、本病に対する薬剤の防除効果は十分ではなく、発病程度が高くなると防除効果が著しく低下することも報告されている (森本ら, 2006)。さらに、実害となる果実発病には春型枝病斑の影響が大きいことが示唆されており (七海・柳沼, 2017b)、その低減には幼果期の感染防止が重要であることから (高梨, 1980; 落合, 2003)、被害軽減のためには先に述べた耕種的防除を組み入れた総合的な防除対策を生育初期から徹底する必要がある。

III 秋 期 防 除

病原細菌は 9 月ころから落葉痕や皮目から新梢に感染して潜伏越冬し、翌年の春期に一次伝染源である春型枝病斑を形成する (高梨, 1980)。そのため、無機銅剤による秋期防除の実施によって翌年の春型枝病斑の発生を抑制することは重要であり (表-5)、本県では 9 月上旬からおおむね 2 週間間隔で 3 回実施している。

また、秋期防除の実施時期には徒長枝が多く発生していることから、本県では防除の実施前に秋季剪定を行い、不要な徒長枝を整理することで薬液の到達性を高

表-6 実証圃場および対照圃場におけるモモせん孔細菌病の発生状況（福島市，2018年）

圃場	1年枝調査			新梢葉調査 (7月19日)			果実調査（無袋） (7月19日)			果実調査（有袋） (7月19日)		
	調査 枝数	発病 枝数	発病枝率 (%)	調査 葉数	発病 葉数	発病葉率 (%)	調査 果数	発病 果数	発病果率 (%)	調査 果数	発病 果数	発病果率 (%)
実証圃場	5,106	6	0.1	751	0	0	916	0	0	837	0	0
対照圃場	4,454	49	1.1	656	64	9.8	1,383	5	0.4	—	—	—

注) 品種‘あかつき’。袋かけは6月1日に実施。調査数は3樹の合計値。
実証圃場での発病枝率は4～6月の累計値，対照圃場では6月25日の調査値。

表-7 実証圃場および対照圃場におけるモモせん孔細菌病の発生状況（桑折町，2018年）

圃場	1年枝調査			新梢葉調査 (7月19日)			果実調査（無袋） (7月19日)			果実調査（有袋） (7月19日)		
	調査 枝数	発病 枝数	発病枝率 (%)	調査 葉数	発病 葉数	発病葉率 (%)	調査 果数	発病 果数	発病果率 (%)	調査 果数	発病 果数	発病果率 (%)
実証圃場	2,473	195	7.9	1,073	37	3.4	456	15	3.3	658	4	0.6
対照圃場	4,108	100	2.4	904	135	14.9	1,467	44	3.0	—	—	—

注) 品種‘あかつき’。袋かけは5月28日に実施。調査数は3樹の合計値。
実証圃場での発病枝率は4～6月の累計値，対照圃場では6月25日の調査値。

め，散布ムラをなくすよう指導している。

IV 総合的な防除対策の現地実証

本県のモモ主産地である県北部の福島市および桑折町の本病常発圃場において，同一園主の異なる圃場をそれぞれ実証圃場，対照圃場として総合的な防除対策の実証試験を行った。

実証圃場には防風ネットを1～3面に設置し，春型枝病斑の徹底剪除と早期の袋かけを実施した。一方，対照圃場には防風ネットを設置せず，春型枝病斑の剪除は園主による通常管理とし，袋かけは実施しなかった。また，薬剤散布は両圃場とも園主による現地慣行の防除とした。

その結果，福島市，桑折町ともに対照圃場と比較して，新梢葉での発生が実証圃場で顕著に少なかった（表-6～7）。果実での発生は，福島市では実証圃場，対照圃場ともに発生が少なかったが（表-6），桑折町の実証圃場における有袋果実では発病果率が1%未満となり（表-7），総合的な防除対策の効果が認められた。

おわりに

本稿では，本病に対する総合的な防除対策の重要性について示した。本県では注意喚起用のチラシの全戸配布や先述の「ふくしま桃の郷づくりプロジェクト」においてこれまでの試験研究結果を基に作成した対策マニュアル（図-5）の公開を行っており（<https://www.pref.fuku>



図-5 モモせん孔細菌病対策マニュアル

shima.lg.jp/sec/36035c/kajushinkou.html)，地域ぐるみで総合的な防除対策を推進している。

本県では1973年から本病の試験研究に取り組み，1990年に現在の防除体系を確立したが，更なる発生生態の解明や新規防除薬剤の登録拡大等，被害をより減少させるための技術開発に向けた試験研究を今後も継続していく必要がある。

なお，本稿で紹介した試験の一部は農林水産省の農林



チャノホソガの効率的な防除に向けて

鹿児島県農業開発総合センター茶業部

かみ
上

むろ
室

たけし
剛*

はじめに

チャノホソガ *Caloptilia theivora* (Walsingham) (図-1) は、老齢幼虫がチャの新葉を三角形に巻葉する（以下、三角巻葉、さんかくけんよう）（南川・植田，1960）（図-2）。三角巻葉を含む新芽から製造された茶は、巻葉内に排出された虫糞（図-3）の影響で浸出液が赤みを帯び、製品の品質を落とすこと（小泊，1975）から、本種はチャの重要害虫となっている。本種はこれまで室内飼育が困難で、発育ステージが揃った虫を十分に準備できなかったため（上室，2017）、交尾や産卵に関する基礎的な生態はもちろん、薬剤ごとの高い殺虫活性を示す発育ステージが不明であり、薬剤感受性検定法も未確立であった。そのため、本種に対するこれまでの防除時期は一律に新芽の0.5～1葉期で、本種の生態や各種薬剤の特徴を十分に踏まえておらず、結果として三角巻葉の形成を防ぐことのみが目的となっていた。しかし近年、チャ葉の寿命を延ばし、餌を交換することなく本種を葉縁巻葉期（幼虫の生育に伴い葉の縁を巻く時期）まで飼育する方法が開発され（坂巻ら，2011）、本種の室内における累代飼育が可能となった（上室，2017）。これに伴い本種の交尾・産卵行動など生態の一部や卵から成虫までの各発育ステージにおける各種薬剤の効果、鹿児島県内の各地域個体群の薬剤感受性等が明らかになり、これらの知見を基に各種薬剤の特徴を踏まえた効率的な防除時期、各地域の実情に合った薬剤の選択が可能となり、また、将来的な生物的防除や物理的防除につながる知見を得ることができた。本稿では、その概略を紹介する。内容の詳細については上室（2019）を参考にされたい。なお、本内容の一部は地域戦略プロジェクト「一番茶の海外輸出を可能とする病虫害防除体系の構築と実証」（2016～2018）として実施した。



図-1 チャノホソガ成虫



図-2 チャノホソガ老齢幼虫により三角形に巻葉された三角葉巻



図-3 三角巻葉内の老齢幼虫 右上の丸い粒が虫糞。

Study of Efficient Control for the Tea Leafroller, *Caloptilia theivora* (Walsingham). By Takeshi KAMIMURO

（キーワード：チャノホソガ，チャ，殺虫剤，薬剤感受性，防除）

*現所属：鹿児島県農業開発総合センター大隅支場

I チャノホソガの発育と交尾・産卵行動

チャノホソガを 24℃ で室内飼育し、各発育ステージの所要日数を調べた結果、卵から羽化までの総発育日数は 26.6～28.1 日であった（上室ら，2018）。また、雄は雌より 1.5 日早く羽化し雄性先熟であることが示唆された（上室ら，2018）。次に、本種成虫の交尾・産卵行動を調査した。羽化当日、雄はほとんど交尾しなかったが、雌は交尾可能であった。このことから、雄は雌より先に羽化することで、雌の羽化と同時に交尾できる体制を整えるという繁殖戦略をとっている可能性が示唆された。次に、成虫の交尾頻度が寿命や産卵数に及ぼす影響を調査したところ、未交尾の雌雄は既交尾の雌雄より寿命が有意に長かった（表-1，2）（上室ら，2018）。ただし、雌雄とも 16 日齢以降は交尾能力が低下した。また、雌雄ともに複数回の交尾が可能であり、雌は複数回の交尾で産卵数が増加した（表-1，2）（上室ら，2018）。さらに、

8 月の自然採光の条件下で雌は 20～24 時の間に産卵することが明らかになった。これらの結果は、雄が複数回交尾する場合本種の性フェロモンによる大量誘殺は実施困難であることを示したほか、交信攪乱法を行う際の期間や光源を用いた物理的防除法を行う場合の点灯時間などに参考になると考えられる。今後は、本種雌のコーリング行動などの配偶行動や交尾場所、およびその時間帯に関する詳細な調査も必要と考えられる。

II チャノホソガの異なる発育ステージにおける各種殺虫剤の効果

チャノホソガの発育順に卵期、潜葉前期、潜葉後期、葉縁巻葉期における各種殺虫剤の効果を室内試験において検討した。その結果、殺虫剤により効果を発揮する発育ステージが異なり、その効果にも差異があることが明らかになった（図-4）。すなわち、IGR 系の殺虫剤は卵期処理において殺卵およびふ化後幼虫に対する殺虫効果

表-1 チャノホソガ雌成虫の交尾頻度が生存や産卵数に及ぼす影響

雌の交尾組合せ	n ^{注1)}	生存日数 ^{注2)} (日, 平均 ± SE)	総産卵数 ^{注2)} (平均 ± SE)	日当たり産卵数 ^{注3)} (平均 ± SE)		保有精包数 ^{注4)}		
						1	2	3
雌生涯未交尾区	20	33.2 ± 2.0 a	0.0 a	—	N.S.	—	—	—
1 日ペア飼育区 ^{注5)}	17	19.2 ± 1.3 b	161.6 ± 19.6 b	9.3 ± 1.2		17	0	0
継続ペア飼育区 ^{注6)}	18	20.8 ± 0.8 b	195.5 ± 15.6 c	9.6 ± 0.8		2	16	0 *

注 1) 供試数（2 日齢の雌成虫を供試）。

注 2) 異なる小文字は有意差あり（生存日数：Tukey-Kramer test, $p < 0.05$, 総産卵数：GLM 後, Holm の補正, $p < 0.05$ ）。

注 3) N.S. は試験区間に有意差がないことを示す（Welch's t -test, $p > 0.05$ ）。

注 4) アスタリスク（*）は試験区間に有意差あり（Mann-Whitney's U test, $p < 0.05$ ）。

注 5) 2 日齢の未交尾の雄を試験の初日のみペア飼育した。

注 6) 2～4 日齢の未交尾の雄を雌が死亡するまで 3 日おきに取り替えた。

注 7) 本表は上室ら（2018）を改変した。

表-2 チャノホソガ雄成虫の交尾頻度が生存や交尾能力に及ぼす影響

雄の交尾組合せ	n ^{注1)}	生存日数 ^{注2)} (日, 平均 ± SE)	受精させた雌数 ^{注3)} (平均 ± SE) (Min - Max)
雄生涯未交尾区	23	33.8 ± 2.1 a	—
雄雌 1 : 1 区 ^{注4)}	22	13.5 ± 0.6 b	3.0 ± 0.3 (0～5)
雄雌 1 : 3 区 ^{注4)}	22	12.0 ± 0.7 b	3.9 ± 0.3 (1～7) *

注 1) 供試数（2 日齢の雄成虫を供試）。

注 2) 異なる小文字は有意差あり（Tukey-Kramer test, $p < 0.05$ ）。

注 3) アスタリスク（*）は試験区間に有意差あり（Mann-Whitney's U test, $p < 0.05$ ）。

注 4) 2～4 日齢の未交尾の雌を雄が死亡するまで 1 日おきに取り替えた。

注 5) 本表は上室ら（2018）を改変した。

薬剤系統	チャノホソガの発育ステージ			
	卵期	潜葉前期	潜葉後期	葉縁巻葉期
IGR	効果あり		効果低い	効果あり
ピレスロイド・ピレトリン		効果あり		
有機リン		効果低い		
アベルメクチン		効果あり		
ネオニコチノイド	効果あり	効果低い		
ネライストキシン		効果あり		
スピノシン		効果あり		
ジアミド		効果あり		
METI		効果低い		
BT (サブリナ除く)		効果低い		効果あり

図-4 チャノホソガの各発育ステージに対する各種薬剤の効果の概略

があり、潜葉前期処理においても殺虫効果が認められた。ネオニコチノイド系の殺虫剤は殺卵効果が高く、ピレスロイド・ピレトリン、アベルメクチン、スピノシン、ネライストキシンおよびジアミドの各系統の殺虫剤は試験をしたすべての発育ステージで効果が高かった。BT 剤と一部の IGR 剤の殺虫剤は、葉縁巻葉期に処理すると、三角巻葉は形成されるものの、三角巻葉内で幼虫を死亡させ、緑茶品質を悪化させる原因となる虫糞の堆積を抑制した。さらに、供試した BT 剤のうち、サブリーナ®フロアブルのみが、殺卵効果と潜葉前期および後期処理で潜葉期幼虫に対する殺虫効果を示した。一方、供試した有機リンと METI の両系統の殺虫剤はすべての発育ステージで効果が低かった。本種に対しては、チャの新芽が生育する時期に年間 2～4 回の防除が行われている。薬剤抵抗性の獲得を回避するためには種々の系統の殺虫剤を体系的に使用することが求められ、本試験結果は薬剤選択の際に参考になると考えられる。また、降雨などで生育前半の薬剤散布適期を逃した場合は、生育後半のステージにも効果があることが明らかになったジアミド系やスピノシン系等の殺虫剤を後日散布することで、一定の防除効果が期待されることが明らかとなっ

た。また、ピレトリンや BT 剤の効果的な使用時期が明らかになったことは、有機栽培や国内とは残留農薬基準が異なり使用薬剤が制限される輸出用茶の栽培においても利用可能な知見と考えられた。

III チャノホソガの IGR 剤に対する薬剤抵抗性

鹿児島県内各地の茶園においてチャノホソガに対するベンゾイル尿素系 IGR 剤の防除効果を検討した。その結果、鹿児島県薩摩半島南部の南薩地域では防除効果が低いことが明らかになった（上室ら，2017）。次に、県内各地の地域個体群について感受性検定を行った結果、南薩地域個体群ではフルフェノクスロンに対する LC₅₀ 値が 21.5～57.0 ppm（抵抗性比 239～356 倍）を示し、感受性低下が確認された（表-3）（上室ら，2017）。その原因は当該地域で他の害虫を含めた防除に本剤を約 10 年以上連用したことにあると推測された。なお、南薩地域以外の個体群ではベンゾイル尿素系 IGR 剤の効果は高かった。一方、ジアシルヒドラジン系 IGR 剤のメトキシフェノジド、および非 IGR 剤であるネオニコチノイド系のジノテフランとジアミド系のクロラントラニリプロールは県内のいずれの地域の個体群も感受性が高か

表-3 鹿児島県各地域から採集したチャノホソガ個体群の薬剤感受性

殺虫剤の 作用分類	殺虫剤名	個体群		卵期処理					潜葉前期処理				
		市町名	地域名	n ^{注2)}	LC ₅₀ (ppm)	95%信頼限界 LC ₅₀ (ppm)	傾き	RR ^{注3)}	n ^{注2)}	LC ₅₀ (ppm)	95%信頼限界 LC ₅₀ (ppm)	傾き	RR ^{注3)}
IGR	フルフェノクスロン (×4,000; 25 ppm) ^{注1)}	枕崎市	国見町	218	21.48	11.74～33.79	1.09	238.67	115	24.01	12.53～45.73	1.14	150.06
			まかや町			NT ^{注4)}			134	57.01	38.52～78.77	2.08	356.31
		南九州市	知覧	229	1.22	0.33～2.23	0.89	13.56	211	1.46	0.83～2.11	1.83	9.13
			錦江町	300	0.02	0.01～0.02	1.61	0.22	216	0.05	0.02～0.09	0.81	0.31
			鹿屋市	293	0.01	0.01～0.02	1.06	0.11	249	0.06	0.03～0.09	1.04	0.38
			屋久島町	310	0.06	0.03～0.09	0.89	0.67	237	0.12	0.04～0.22	0.77	0.75
			楠川	289	0.09	0.05～0.15	0.88	—	280	0.16	0.08～0.27	0.85	—
ネオニコチノイド	ジノテフラン (×2,000; 100 ppm) ^{注1)}	枕崎市	国見町	159	13.85	9.68～21.69	2.06	3.13					
			まかや町	177	5.95	3.10～8.89	1.40	1.34					
		南九州市	知覧	130	14.26	11.24～18.00	3.53	3.22			— ^{注5)}		
			安房	183	6.92	4.60～9.68	1.85	1.56					
			楠川	170	4.43	2.32～6.29	1.93	—					
ジアミド	クロラントラニリプロール (×4,000; 25 ppm) ^{注1)}	枕崎市	国見町	323	0.05	0.03～0.08	1.30	1.00	342	0.22	0.14～0.34	1.04	1.22
			まかや町			NT ^{注4)}			209	0.12	0.08～0.18	1.71	0.67
		南九州市	知覧	182	0.07	0.05～0.12	1.15	1.40	231	0.20	0.11～0.39	0.75	1.11
			錦江町	224	0.01	0.00～0.05	0.70	0.20			NT ^{注4)}		
			鹿屋市	209	0.01	0.01～0.02	1.97	0.20			NT ^{注4)}		
			安房	291	0.03	0.02～0.05	1.15	0.60	146	0.13	0.08～0.19	1.71	0.72
			楠川	282	0.05	0.03～0.08	1.04	—	244	0.18	0.11～0.27	1.32	—

注1) 常用濃度。

注2) 供試個体数（対照（蒸留水）処理を含む）。

注3) 抵抗性比＝各地域個体群の LC₅₀ 値/楠川地域個体群（感受性個体群）の LC₅₀ 値。

注4) NT：試験なし。

注5) ジノテフランは、潜葉前期以降のステージには効果が低いこと（上室ら，2016）から卵期処理のみとした。

注6) 本表は上室ら（2017）を改変した。

表-4 各種殺虫剤を局所施用したチャノホソガ成虫の半数致死濃度

殺虫剤名	性別	供試した濃度段階 ^{注1)}	LD ₅₀ (ng/moth)	95%信頼限界 LD ₅₀ (ng/moth)	傾き	χ^2 value ^{注2)}	LD ₅₀ (μ g/g body weight)
クロラントラニリプロール	♀	6	2.7	1.0~4.8	2.53	6.64	0.9
	♂	7	2.8	1.6~4.5	3.12	6.64	1.4
シアントラニリプロール	♀	8	2.4	0.7~5.1	1.27	11.34	0.8
	♂	9	3.9	2.1~7.0	1.53	13.28	1.9
スピネトラム	♀	7	0.9	0.4~4.9	2.01	6.64	0.3
	♂	7	1.2	0.7~2.2	2.15	9.21	0.6
ジノテフラン	♀	1	> 3,960				
	♂	1	> 3,960				

注1) 濃度段階には対照（アセトン）を含む。各段階と対照は20頭を供試した。対照はすべて生存していた。

注2) プロビット死亡率直線はデータと適合していることを示す ($p < 0.05$)。

注3) 本表は KAMIMURO et al. (2019) を改変した。

った。これらの結果は、鹿児島県内各地域茶園の防除暦を作成する際に重要な知見となった。また、殺虫剤抵抗性の可能性を予測することは、後手に回らない抵抗性対策を構築することにもつながる（山本，1998）。その一つに殺虫剤の効果が低い時点における感受性を把握することは重要であり（BRENT, 1986），今回明らかになったジアミド系のクロラントラニリプロールの非常に低いLC₅₀値は、今後本剤に対する本種の感受性動向を比較するうえで指標となる重要な知見と考えられた。

IV 茶園におけるチャノホソガに対するBT剤などの効果

茶園におけるチャノホソガに対して、ドライフロアブル型のBT剤商品名：エスマルク®DFの散布適期は、チャの新芽の生育ステージでは3葉期であることが明らかになった（上室ら，2019）。また、フロアブルタイプのBT剤である商品名：サブリナ®フロアブルは、チャの新芽の生育ステージでは0.5葉期または3葉期のいずれの葉期の散布でも効果を示し（上室，2019），散布適期幅が広いことが示唆された。

V チャノホソガ成虫に対する各種殺虫剤の効果

チャノホソガ成虫に対して、殺虫剤の局所施用による直接処理の影響を調べた。さらに、茶葉などに付着した殺虫剤成分が間接的に本種成虫の生存や産卵数およびその次世代の卵のふ化率やふ化幼虫の生存等に及ぼす影響をドライフィルム法と葉片浸漬法を組合せた方法により調査した。局所施用法によりクロラントラニリプロール、シアントラニリプロール、スピネトラムのLD₅₀値は非常に低い値を示し、これらの殺虫剤は本種成虫に対して

接触毒が強いことが明らかになった（表-4）（KAMIMURO et al., 2019）。シアントラニリプロールおよびスピネトラムの2剤は、成虫の生存に影響しない低濃度でも産卵数を抑制することがわかった（KAMIMURO et al., 2019）。また、クロラントラニリプロール、シアントラニリプロール、フルベンジアミド、スピネトラム、スピノサド、アバメクチン、エマメクチン安息香酸塩、サブリナ®フロアブルおよび脂肪酸グリセリドは、茶葉および飼育容器に付着した殺虫剤成分が未交尾雌雄成虫に対して間接的に殺虫効果と交尾阻害効果を示し、雌成虫には産卵抑制効果も示した（KAMIMURO et al., 2019）。これらの殺虫剤は既交尾の雌成虫に対しても殺虫効果と産卵抑制効果が認められた（KAMIMURO et al., 2019）。一般にチョウ目害虫の防除は殺虫剤の効果を引き出すため若齢幼虫期に行うことが多い（例えば、中村・玉木（1983）；早田（1998））が、今回の結果からチャノホソガの防除に利用されている殺虫剤の一部は、成虫の生存や産卵数、および次世代の卵のふ化率低下等に影響し、個体群の抑制に貢献している可能性が示唆された。

おわりに

今回紹介した内容は、チャノホソガを防除する際、本種の生態や各種殺虫剤の特性を踏まえた殺虫剤の選択や使用方法を検討する際に参考となる情報であり、今後、本種の殺虫剤に対する感受性動向を把握するうえでも重要である。また、本種に対して効果を示す新規殺虫剤を選抜する際にも重要な知見である。さらに、本種の交尾行動などの知見は、今後、検討される可能性が高い性フェロモンによる交信攪乱法など化学的防除法に頼らない防除法にも利用可能と考えられる。本研究で明らかにな

った多くの知見がチャノホソガの効率的かつ実践的な防除にさらに活用されることを期待したい。

引用文献

- 1) BRENT, K. J. (1986): Pesticide Resistance: Strategies and Tactics for Management, National Academy Press, Washington, D.C., p.298~312.
- 2) 上室 剛ら (2016): 応動昆 60: 111~118.
- 2) ——— (2017): 植物防疫 71: 595~600.
- 3) ———ら (2017): 応動昆 61: 99~107.
- 4) ———ら (2018): 同上 62: 115~121.
- 5) ——— (2019): 千葉大学大学院園芸学研究科 千大院園博乙第農 32 号.
- 6) KAMIMURO, T. et al. (2019): Appl. Entomol. Zool. 54: 377~387.
- 7) 小泊重洋 (1975): 茶研報 42: 25~30.
- 8) 南川仁博・植田熊治 (1960): 茶研報 16: 17~22.
- 9) 中村和雄・玉木佳男 (1983): 性フェロモンと害虫防除, 古今書院, 東京, 202 pp.
- 10) 坂巻祥孝ら (2011): 蝶と蛾 62: 51~55.
- 11) 早田栄一郎 (1998): 九病虫研会報 44: 64~66.
- 12) 山本敦司 (1998): 植物防疫 52: 215~218.

(新しく登録された農薬 7 ページからの続き)

オクラ: アブラムシ類, カメムシ類, ハスモンヨトウ: 収穫前日まで

つるむらさき: ヨトウムシ: 収穫 7 日前まで

食用亜麻: ヨトウガ: 収穫 7 日前まで

茶: チャノカクモンハマキ, チャノミドリヒメヨコバイ, チャノホソガ, チャノキイロアザミウマ: 摘採 14 日前まで

花き類・観葉植物 (はぼたんを除く): アブラムシ類, カメムシ類, ハマキムシ類, ヨトウムシ類: 発生初期
はぼたん: アブラムシ類, カメムシ類, ハマキムシ類, ヨトウムシ類, アオムシ: 発生初期

樹木類 (くちなしを除く): アブラムシ類, ケムシ類, シャクトリムシ類, アザミウマ類: 発生初期
くちなし: アブラムシ類, ケムシ類, シャクトリムシ類, アザミウマ類: 発生初期

●スピノサド・フィプロニル粒剤

24365: ホクコープリンススピノ粒剤 6 (北興化学)

20/3/25

スピノサド: 0.75%

フィプロニル: 0.60%

稲 (箱育苗): イネドロオイムシ: は種前

稲 (箱育苗): イネツトムシ, イネドロオイムシ, イネミズゾウムシ, ウンカ類, ニカメイチュウ, フタオビコヤガ, イナゴ類: は種時 (覆土前) ~ 移植当日

稲 (箱育苗): イネヒメハモグリバエ: は種時 (覆土前)

●フルピリミン粒剤

24366: ホクコーリディア箱粒剤 (北興化学) 20/3/25

フルピリミン: 2.0%

稲 (箱育苗): イネドロオイムシ, イネミズゾウムシ, ウンカ類, ツマグロヨコバイ, ニカメイチュウ, イナゴ類, フタオビコヤガ: 移植 3 日前~移植当日

「殺菌剤」

●ジクロベンチアゾクス粒剤

24368: ブーン箱粒剤 (クミアイ化学) 20/3/31

ジクロベンチアゾクス: 2.0%

稲 (箱育苗): いもち病, 白葉枯病, もみ枯細菌病: は種時 (覆土前) ~ 移植当日

稲 (箱育苗): いもち病, 白葉枯病, もみ枯細菌病: は種前

「殺虫殺菌剤」

●フルピリミン・プロベナゾール粒剤

24367: ホクコー Dr. オリゼリディア箱粒剤 (北興化学) 20/3/25

フルピリミン: 2.0%

プロベナゾール: 24.0%

稲 (箱育苗): いもち病, イネドロオイムシ, イネミズゾウムシ, ウンカ類, ツマグロヨコバイ, ニカメイチュウ, フタオビコヤガ, イナゴ類: 移植 3 日前~移植当日

「除草剤」

●グリホサートイソプロピルアミン塩液剤

24358: カレター (イノチオプラントケア) 20/3/11

グリホサートイソプロピルアミン塩: 41.0%

果樹類 (かんぎつ, パイナップルを除く): 一年生雑草, 多年生雑草

かんぎつ: 一年生雑草, 多年生雑草

だいず: 一年生雑草

えだまめ: 一年生雑草

小麦: 多年生イネ科雑草, 一年生雑草

麦類 (小麦を除く): 一年生雑草

かんしょ: 一年生雑草

だいこん: 一年生雑草

はつかだいこん: 一年生雑草

キャベツ: 一年生雑草

とうがらし類: 一年生雑草

にんじん: 一年生雑草

ピーマン: 一年生雑草

アスパラガス: 一年生雑草

オリーブ (葉): 一年生雑草

きゅうり: 一年生雑草

しゃくやく (薬用): 一年生雑草

たまねぎ: 一年生雑草

たらのぎ: 一年生雑草

トマト: 一年生雑草

なす: 一年生雑草

びわ (葉): 一年生雑草

ほうれんそう: 一年生雑草

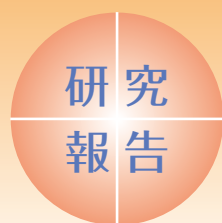
レタス: 一年生雑草

薬用にんじん: 一年生雑草

野菜類 (えだまめ, キャベツ, はつかだいこん, だいこん, とうがらし類, にんじん, ピーマン, ねぎ, たまねぎ, アスパラガス, オリーブ (葉), きゅうり, しゃくやく (薬用), たらのぎ, トマト, なす, びわ (葉), ほうれんそう, レタス, 薬用にんじんを除く): 一年生雑草

ねぎ: 一年生雑草

(34 ページに続く)



薬剤抵抗性研究の最前線

野外個体群の長期の薬剤感受性データと 人為選択個体群を用いたトビイロウンカの ネオニコチノイド系殺虫剤に対する交差抵抗性の解析

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
九州沖縄農業研究センター

ふじ 井 とも ひさ
藤 井 智 久

はじめに

トビイロウンカは西日本地域における水稻の最重要害虫であり、イネの収穫間際に「坪枯れ」を引き起こし、水稻生産に大きな被害を引き起こす。2013年にはトビイロウンカによる被害額は西日本全体で105億円にのぼっており、2019年にも大きな被害が発生した。

トビイロウンカは周年発生するベトナム北中部から、春先に中国南部へ移動して数世代を経過する。その後、梅雨前線に向かって南西側から吹く強い気流に乗り、中国南部から九州を中心とした西日本地域へと飛来する。日本の水田で増殖したトビイロウンカはしばしば大きな被害をもたらすが、冬にイネがなくなる日本では越冬できずに死滅する。また、日本から中国南部やベトナム北部への戻りの移動は普通は起こらない。このような長距離移動性を持つトビイロウンカは、飛来源で薬剤抵抗性を発達させてから、日本へ飛来するため、飛来源のベトナム北部や中国南部で、日本と同じ薬剤を多用して抵抗性が発達すれば、その薬剤の防除効果は日本でも得られなくなる。このため、トビイロウンカの薬剤抵抗性管理の際には、日本だけでなく飛来源の中国南部やベトナム北部との国際的な情報交換や協力が必要となる。

日本におけるトビイロウンカの防除は、一般的に、育苗箱施用薬剤と本田散布剤の二つを組合せて行われている。しかし、一度、トビイロウンカが特定の薬剤に対して抵抗性を発達させれば、その薬剤のみならず、同様の作用機構を持つ他の薬剤に対して抵抗性を発達させる（交差抵抗性の発達）可能性がある。このため、特定の薬剤に大きく依存したウンカの防除体系には、その薬剤と同様の作用機構を持つ他の薬剤に対する交差抵抗性が

発達して使用できる薬剤が限定されることなど、トビイロウンカの防除をより困難にするリスクがある。本稿では、トビイロウンカのイミダクロプリド抵抗性の発達に伴うネオニコチノイド系殺虫剤のチアメトキサム、クロチアニジン、ジノテフラン、ニテンピラムに対する交差抵抗性の発達程度についての解析結果を紹介する。

I トビイロウンカのネオニコチノイド系殺虫剤 に対する感受性の推移

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（以下、農研機構）九州沖縄農業研究センターは、2005年から毎年、トビイロウンカの飛来世代における薬剤感受性モニタリングを実施してきた。ネオニコチノイド系殺虫剤のイミダクロプリドの飛来世代における半数致死薬量（LD₅₀値）は、2006～11年には5～50.0 μg/gに上昇し（MATSUMURA et al., 2008 ; 2014）、さらに2013～17年には100.0～280.0 μg/gまで上昇した（図-1, FUJII et al., 2020）。このように、トビイロウンカのイミダクロプリド抵抗性の発達程度は年々増加している。このような中、他のネオニコチノイド系殺虫剤のうち、チアメトキサムとクロチアニジンのLD₅₀値は、2005～12年までは0.3～5.0 μg/gであったが、2013～17年には、4.0～17.0 μg/gと高くなった。一方で、2005～12年におけるジノテフランのLD₅₀値は0.3～1.0 μg/g前後であり、ニテンピラムのLD₅₀値も0.2～0.9 μg/gであった。2013～17年におけるこの2剤のLD₅₀値は0.8～2.0 μg/gであり、LD₅₀値の顕著な変化は見られなかった（図-1, FUJII et al., 2020）。

以上の2005～17年の薬剤感受性データから、トビイロウンカはネオニコチノイド剤のうちイミダクロプリド剤に対して抵抗性を著しく発達させたこと、同じネオニコチノイド剤のチアメトキサムとクロチアニジンに対しても、2013年以降には抵抗性の発達が見られたこと、一方で、2017年までジノテフランとニテンピラムについては明らかな抵抗性の発達は見られないことが明らかになった。

Analysis of Cross Resistance to Neonicotinoid Insecticides using Long-term Insecticide Susceptibility Data in Field Populations and Successive Imidacloprid-resistant Strains in the Brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. By Tomohisa FUJII

（キーワード：長距離移動性，微量局所施用法，半数致死薬量（LD₅₀値），交差抵抗性）

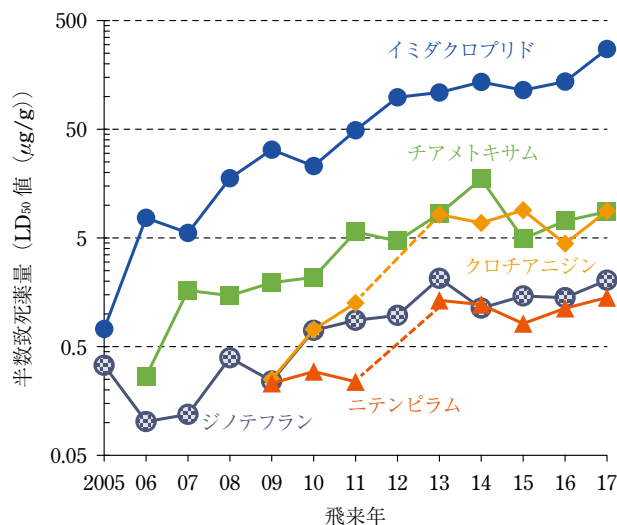


図-1 トビイロウンカの日本飛来個体群における 2005～17 年までのネオニコチノイド系殺虫剤の半数致死薬量 (LD₅₀ 値) の推移
ポイントの形状と色は異なるネオニコチノイド系殺虫剤を示す。

中国やベトナムの研究者による先行研究では、トビイロウンカの野外個体群におけるネオニコチノイド系殺虫剤に対する感受性推移を葉鞘浸漬法により半数致死濃度 (LC₅₀ 値) を算出して、モニタリングしている。中国においては、2012～14 年の野外個体群において、イミダクロプリドとチアメトキサムの抵抗性比 (野外個体群の LC₅₀ 値/感受性系統の LC₅₀ 値で算出した値) が年々高くなり、高い相関を示していた (ZHANG et al., 2016)。ベトナムにおいても、2015～17 年の野外個体群からイミダクロプリドとジノテフランの LC₅₀ 値との間に相関がある一方、イミダクロプリドとニテンピラムの間の相関は低いことが報告されている (KHOA et al., 2017)。これらの研究は、トビイロウンカのイミダクロプリド抵抗性の発達に伴い、チアメトキサム抵抗性も発達する、つまり、交差抵抗性が発達したことを示唆している。一方で、ジノテフランについては、イミダクロプリド抵抗性の発達に伴う感受性の変化は小さく、交差抵抗性が弱いもしくは発達していないことが示唆された。

しかし、これらの先行研究の課題として、3～5 年という短い期間の薬剤感受性データの変動のみで抵抗性発達の推移を論議していること (変化がたまたまだった可能性)、野外個体群を用いた関連性を解析するだけでは因果関係を証明することはできないことなどが挙げられる。そこで、本研究では、長期間にわたる野外個体群データを用いてネオニコチノイド系殺虫剤の関連性を明らかにした。さらに、イミダクロプリド抵抗性発達がその他の薬剤にも抵抗性を発達させるかどうか (交差抵抗性

が見られるかどうか) の因果関係を明らかにするために、薬剤選択系統を用いた実験的検証を行ったので以下に解説する。

II 2005～17 年までの野外個体群におけるネオニコチノイド系殺虫剤に対する感受性の推移

農研機構九州沖縄農業研究センターには、MATSUMURA et al. (2008 ; 2014 ; 2018) と OTUKA et al. (2012) で公表済み、および一部未発表のネオニコチノイド系殺虫剤に対するトビイロウンカの薬剤感受性データが、日本採集個体群では 2005～17 年まで、中国採集個体群では 2006～10 年まで、ベトナム採集個体群では 2006～11 年まで揃っている。これらのデータを用いた解析から、野外個体群におけるイミダクロプリドの LD₅₀ 値の上昇に伴い、チアメトキサム、クロチアニジン、ジノテフラン、ニテンピラムの LD₅₀ 値も高くなるか否かを明らかにした (FUJII et al., 2020)。ただし、殺虫剤間でデータ点数が異なり、解析に耐えられる十分なデータ数を確保するため、日本と中国、ベトナム採集個体群を一つのデータセットに組合せた。これらのデータを概観すると、2006～08 年の東アジア個体群 (日本と中国) におけるイミダクロプリドの LD₅₀ 値は 4.3～29.40 μg/g、ベトナム北部の LD₅₀ 値は 2.14～36.06 μg/g、一方で、ベトナム南部の LD₅₀ 値は 12.29～177.32 μg/g であった (MATSUMURA et al., 2018)。つまり、ベトナム南部個体群のイミダクロプリドの LD₅₀ 値は東アジアとベトナム北部個体群の LD₅₀ 値よりも高く、イミダクロプリドに対する感受性は地域個体群間で大きな差が確認された。そこで、各個体群におけるネオニコチノイド系殺虫剤各剤の LD₅₀ 値に対して、イミダクロプリドの LD₅₀ 値を固定効果に、薬剤感受性の個体群間差 (東アジア、ベトナム北部、南部) をランダム効果にしたモデル式を作り、線形混合モデル (Linear Mixed Model : LMM) を用いて解析した。

モデル解析の結果から、トビイロウンカ野外個体群のチアメトキサムとクロチアニジンの LD₅₀ 値に対する固定効果の傾きの値は 0.68, 1.09 で統計的に有意であり (表-1), グラフから見ても、チアメトキサムとクロチアニジンのデータの傾きは大きかった (図-2A, 2B)。ジノテフランとニテンピラムの LD₅₀ 値に対する固定効果の傾きの値は 0.44, 0.49 で有意であった (表-1) が、チアメトキサムとクロチアニジンに比べれば、データの傾きは緩かった (図-2C, 2D)。

これらの結果から、トビイロウンカの野外個体群では、イミダクロプリド抵抗性の発達が、チアメトキサムとク

ロチアニジン抵抗性の発達程度に強くかわり、一方、ジノテフランとニテンピラムに対する抵抗性の発達にはそれほど強くは関わっていないことが示唆された。

III イミダクロプリド選抜系統における ネオニコチノイド系殺虫剤に対する感受性

野外個体群のデータ解析から得られた相関のみから、

表-1 イミダクロプリドの半数致死薬量 (LD₅₀ 値) の上昇に伴う
ネオニコチノイド系殺虫剤の半数致死薬量の上昇との関連性
を線形混合モデルで解析した結果

	チアマト キサム	クロチア ニジン	ジノテ フラン	ニテン ピラム
固定効果 ^{a)}				
切片	-0.74	-1.73	-0.89	-1.16
傾き	0.68	1.09	0.44	0.49
P 値 ^{b)}	***	***	***	**
ランダム効果 ^{c)}				
切片	0.17	4.63E-06	3.21E-05	4.97E-02
残差	0.30	0.32	0.33	0.24

a) イミダクロプリドの LD₅₀ 値。

b) *** : $P < 0.001$, ** : $P < 0.01$.

c) 名義変数: ベトナム南部と北部, 東アジア (日本と中国) 個体群。

イミダクロプリド抵抗性発達に伴うネオニコチノイド系殺虫剤に対する交差抵抗性発達の有無を直接的に示すことは難しい。そのため、イミダクロプリドによる人為選抜系統を作出し、その系統を用いた薬剤感受性の解析から、野外個体群の解析結果と同様の現象が見られるか否かを確認する必要がある。そこで、SANADA-MORIMURA et al. (2019) が作出したトビイロウンカのイミダクロプリド選抜系統 2 系統とそれらの対照系統 2 系統を用いて以下の実験を行った。なお、トビイロウンカのイミダクロプリド選抜系統の作出方法については真田 (2019) を参照されたい。

イミダクロプリドの選抜効果が十分に得られてきたフィリピン個体群の選択 22 世代とベトナム個体群の選択 28 世代目の系統を用いて、ネオニコチノイド系殺虫剤 5 剤に対する感受性検定を行い、イミダクロプリド選抜系統と対照系統との間で各剤の LD₅₀ 値を比較した (Fujii et al., 2020)。その結果、フィリピンとベトナム個体群から作出した選抜系統におけるイミダクロプリドの LD₅₀ 値は対照系統に比べて 4.7~9.0 倍と有意に高く、実験で用いた世代においても薬剤選抜の効果が十分に得られていた (図-3)。両個体群のイミダクロプリド選抜系統におけるチアマトキサムの LD₅₀ 値は対照系統に比

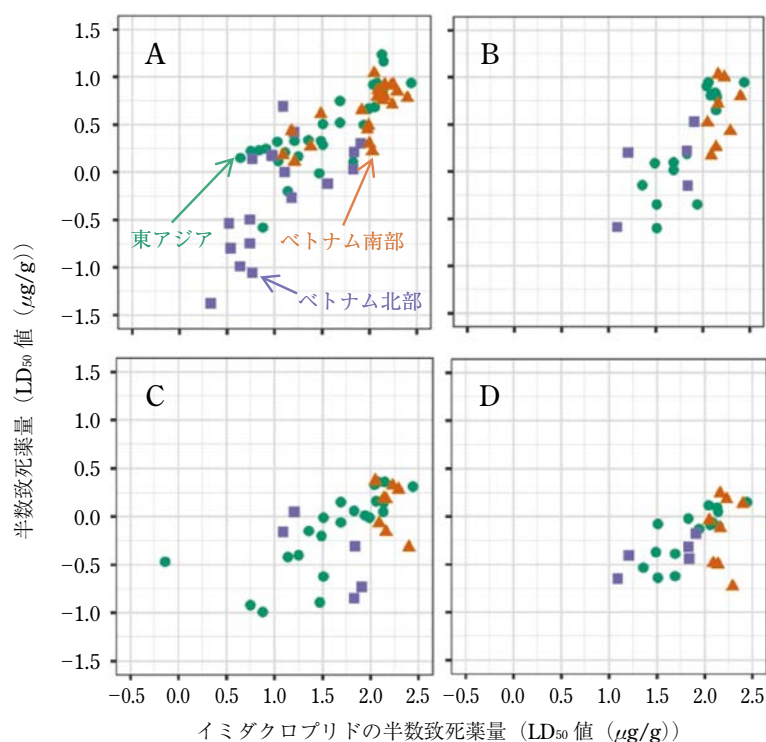


図-2 イミダクロプリドの半数致死薬量 (LD₅₀ 値) の上昇に伴うネオニコチノイド系殺虫剤の半数致死薬量の上昇との関連性

ポイントの形状と色は東アジア, ベトナム北部と南部個体群を、縦軸はネオニコチノイド系殺虫剤 4 剤 (A: チアマトキサム, B: クロチアニジン, C: ジノテフラン, D: ニテンピラム), 横軸はイミダクロプリドの LD₅₀ 値を対数変換した値を示す。

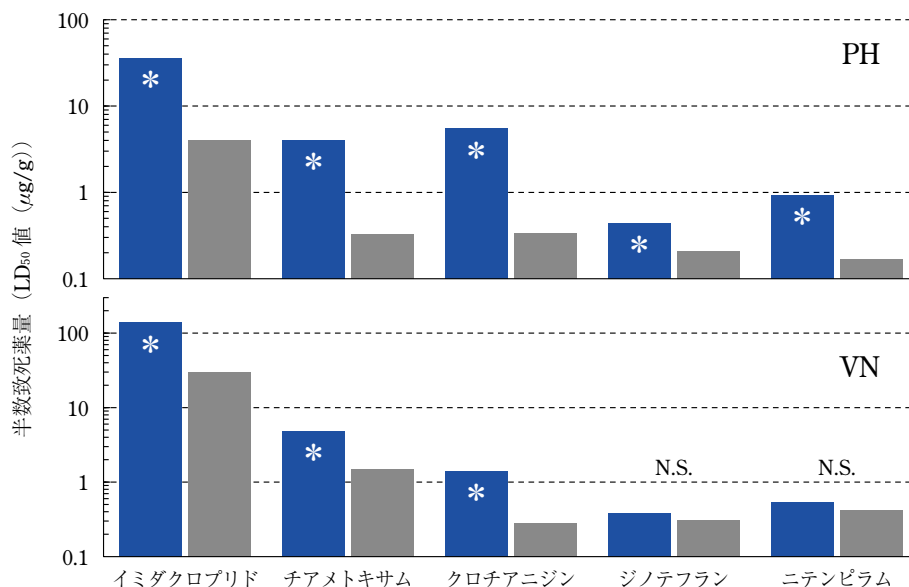


図-3 イミダクロプリド選抜系統と対照系統におけるネオニコチノイド系殺虫剤 5 剤の半数致死薬量 (LD₅₀ 値) 棒グラフの青はイミダクロプリド選抜系統を、濃灰色は対照系統を示す。グラフ内の PH はフィリピン個体群、VN はベトナム個体群を、アスタリスクは尤度比検定の結果 ($P < 0.05$) および、N.S. は有意差なしを示す。

べて 3.3~12.7 倍と有意に高かった (図-3)。クロチアニジンに対する LD₅₀ 値も同様に、選抜系統のほうが対照系統より 5.0~14.7 倍と有意に高かった (図-3)。

一方、ジノテフランとニテンピラムの感受性は、フィリピンとベトナムから作出した系統間で異なった。フィリピン個体群から作出した選抜系統のジノテフランとニテンピラムに対する LD₅₀ 値は、いずれも対照系統よりも有意に高かったものの、LD₅₀ 値そのものはジノテフランで 0.44 μg/g、ニテンピラムで 0.93 μg/g と低い値で、感受性の大きな変化は見られなかった (図-3)。一方、ベトナム個体群から作出した選抜系統では、ジノテフラン、ニテンピラムともに、選抜系統と対照系統との間には有意差は見られなかった (図-3)。

以上の結果から、トビイロウンカがイミダクロプリド抵抗性を発達させることによって、チアメトキシサムとクロチアニジンに対しても交差抵抗性が発達すること、一方で、ジノテフランとニテンピラムに対しては交差抵抗性の発達程度は極めて低いことが明らかになった。この結果は、野外個体群のデータ (図-1) と一致しており、イミダクロプリド抵抗性の発達に伴って、ネオニコチノイド系殺虫剤の抵抗性の程度が強く関係する薬剤と、そうでない薬剤が存在するという現象を実験的に確かめることができた。

おわりに

本研究から、長期にわたる薬剤感受性モニタリングデータを使った解析と、イミダクロプリド選抜系統を用いたネオニコチノイド系殺虫剤に対する感受性レベルの比較解析が、交差抵抗性の発達を確認する有効なアプローチであることを示された。このようなアプローチによって野外で抵抗性が未発達の薬剤について人為選抜系統を作出できれば、薬剤抵抗性の原因遺伝子、抵抗性の遺伝様式、同じ作用機構の薬剤に対する交差抵抗性、抵抗性発達に伴う生活史形質に対する適応コスト等を明らかにできると考えられる。これらの知見は、農業害虫、とりわけ移動性ウンカ類の薬剤抵抗性の発達を遅延させるための薬剤抵抗性管理方策構築において重要な情報になるものと考えられる。

引用文献

- 1) FUJII, T. et al. (2020): Pest Manag Sci. **76**: 480~486.
- 2) KHOA, D. et al. (2017): PLoS ONE **13**: e0204962.
- 3) MATSUMURA, M. et al. (2008): Pest Manag Sci. **64**: 1115~1121.
- 4) ——— et al. (2014): ibid. **70**: 615~622.
- 5) ——— et al. (2018): ibid. **74**: 456~464.
- 6) OTUKA, A. et al. (2012): Appl Entomol Zool. **47**: 263~271.
- 7) SANADA-MORIMURA, S. et al. (2019): Pest Manag Sci. **775**: 2271~2277.
- 8) 真田幸代 (2019): 植物防疫 **73**: 474~477.
- 9) ZHANG, X. et al. (2016): Pestic Biochem Phys. **132**: 13~20.

 研究
報告

佐賀県のアスパラガス圃場における ミカンキイロアザミウマの優占的発生

 佐賀県農業試験研究センター なり成 どみ富 たけ毅 し誌

はじめに

ミカンキイロアザミウマ *Frankliniella occidentalis* (Pergande) は、1990年に国内で初確認され（福田ら、1991）、佐賀県では1994年に侵入が確認された（佐賀県病害虫防除所、1994）。本種は果樹・野菜・花き類等多くの作物を加害するほか、トマト黄化えそウイルス（Tomato spotted wilt virus, TSWV）などの媒介虫としても重要性が高く、近年も薬剤感受性の低下などに関する多数の報告がある（岡崎ら、2014；猪苗代ら、2018；井村、2018）。

一方、アスパラガス（*Asparagus officinalis* L.）における本種の発生や被害に関する知見はほとんどない。井上ら（2008）は、長崎県内のアスパラガスに寄生するアザミウマ種を同定した際に、一部地域で本種の発生を認めたものの、それらは圃場内に他種と混在する形で低率に確認されたものであり、優占種はネギアザミウマとされた。

このような中、近年、佐賀県のアスパラガス圃場において本種が優占的に発生し、栽培期間をとおして被害を及ぼす事例が認められたため、その概要を報告する。

I 佐賀県における発生状況

佐賀県におけるアスパラガスは、雨除けハウスによる半促成長期どり栽培（池内、1998）が広く普及している。これは、2月ころからビニル被覆により保温したハウス内で萌芽する若茎（春芽）を5月ころまで収穫した後、一部の地上茎を親茎として立茎し、それらの脇から萌芽してくる若茎（夏芽）を10月ころまで収穫する栽培法である。露地栽培で春芽のみを収穫する作型に比べて多収・高収益である一方、アザミウマ類による被害が顕在化しやすいことが問題となってきた。

佐賀県のアスパラガス圃場におけるアザミウマ類の発生種について詳細な報告はないものの、佐賀県農業技術

防除センターが行う発生予察調査などから、県内の優占種はネギアザミウマであると認知されてきた。また、長崎県と同様に、佐賀県内の一部地域で少なくとも2003年ころにはミカンキイロアザミウマの発生を確認していたものの、当時は調査圃場のごく一部でネギアザミウマおよびヒラズハナアザミウマとともに混在して認められた程度で、特段の被害を及ぼしてはいなかった。ところが近年、当該地域の農家や普及指導員から「他の地域よりもアザミウマが非常に問題だ」という声が多く寄せられるようになった。類縁種の発生も疑われたため、後に佐賀県農業技術防除センターが門司植物防疫所伊万里出張所に同定を依頼したところ、問題となっているのはミカンキイロアザミウマであることが判明した。2019年時点でまだ詳細な調査はできていないものの、本種の発生圃場は少なくとも5圃場確認しており、当該地域内でもさらに限定された区域にスポット的に発生している可能性もある。

II 被害状況

ミカンキイロアザミウマによる被害は、収穫物である若茎の食害と、出荷物への混入被害が最も大きく、親茎では、擬葉が加害されてかすり状に白化し、同化能力の低下を引き起こす等、加害の様相はネギアザミウマと類似している。ただし、被害度についての比較データはないものの、立茎中の親茎に対する加害により新葉が奇形となったり（図-1）、春芽を集中加害して褐変させるなど（図-2）、一般的にネギアザミウマではほとんど認められない重度の被害も確認している。

III 圃場内の優占種調査

ミカンキイロアザミウマの発生を認めた圃場におけるアザミウマ類の優占種を、黄色粘着板（製品名：ホリバー、アリスタライフサイエンス社）により調査した（青色を用いなかったのは、別試験の都合でコナジラミ類を同時調査していたためである）。すなわち、2018年3月5日から10月25日まで、粘着板をハウス内および周辺野外（10m圏内）の地上1.5m付近に2枚ずつ設置し、

Dominant Occurrence of *Frankliniella occidentalis* in Asparagus Fields in Saga Prefecture. By Takeshi NARIDOMI

（キーワード：ミカンキイロアザミウマ、アスパラガス、発生消長、薬剤感受性、佐賀県）



図-1 ミカンキイロアザミウマの加害により奇形となった追加立茎中の親茎（2018年7月11日撮影）



図-2 ミカンキイロアザミウマが多数寄生したアスパラガスの若茎先端部（2019年2月12日撮影）

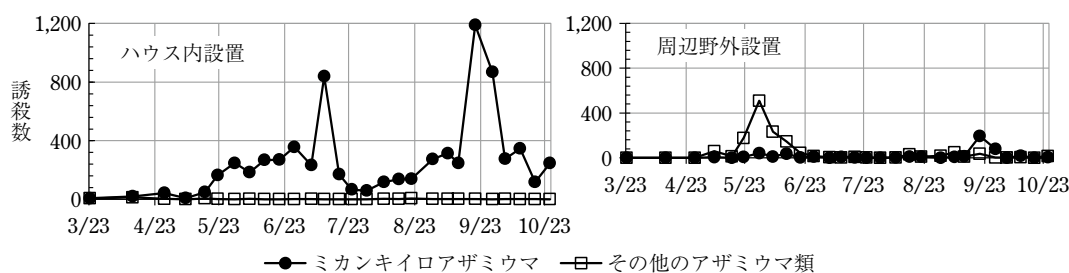


図-3 黄色粘着板へのアザミウマ類の誘殺数の推移（2018年）

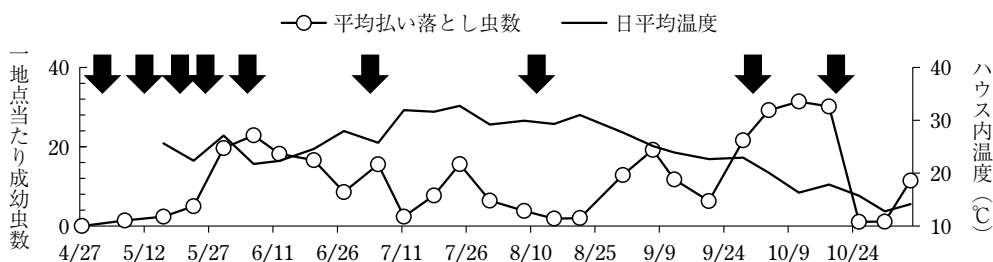


図-4 ミカンキイロアザミウマ成幼虫の平均払い落とし虫数およびハウス内温度の推移

注1) 図上部の下矢印は、アザミウマ類を対象とした薬剤防除が行われたことを示す。

注2) ハウス内温度は、ハイグロクロン（KNラボラトリーズ社製）の記録センサー上に日除けを施し、圃場中央部の地上1m付近に設置して計測した1時間ごとの測定値を日平均した。

5～10日間隔で交換した。誘殺個体を実体顕微鏡下で観察し、形態的特徴からミカンキイロアザミウマを同定し、他種（虫体の欠損などによる識別不能個体を含む）と区別して計数した。その結果、ハウス内における本種の誘殺はトラップ設置直後から認められ、5月下旬ころに増加し、7月上旬および9月下旬の2回ピークを示した（図-3）。また、ハウス内では本種以外のアザミウマ類の誘殺がほとんど認められなかったことから、本種はアスパラガスの栽培期間をとおして圃場内に優占する可能性が示唆された。それと対照的に、周辺野外に設置したトラップでは本種以外の誘殺が多く、特に5月下旬から6月上旬にネギアザミウマを中心としたアザミウマ類

が多く誘殺された。なお、9月下旬に周辺野外で認められる本種の誘殺は、ハウス内の増殖個体が周辺へ移出したものと推定される。興味深いことに、本種の発生が認められない圃場では、通常5月下旬から6月上旬にかけてネギアザミウマがハウス内に大量飛来し、そのまま定着して被害を及ぼすのに対し、調査した圃場では当該時期においてもハウス内での優占種の変動は起こらなかった。その要因としては、本種とネギアザミウマの薬剤感受性の違いにより、ネギアザミウマが防除圧で淘汰されたか、もしくは何らかの種間競争的作用により、ネギアザミウマより先に寄生していた本種がネギアザミウマの増殖を抑制した可能性が考えられる。

トラップ調査と併せて、払い落とし法によるアスパラガス親茎（擬葉）における本種の寄生状況も調査した。その結果、本種は4月27日には認められなかったが、5月7日の調査以降増加し、平均1頭/地点以上で推移した（図-4）。発生は5月下旬から急増して6月上旬に1度目のピークを示し、7～8月にいったん減少した後に再び増加し、10月上旬にさらに増加した。この消長の傾向は、本種の発育適温の上限を30℃程度と考察している片山（1997）の報告とおおむね一致する。

IV ハウス内での越冬確認

ミカンキイロアザミウマの越冬ならびに次作の発生源を推定するため、栽培期間終了後も粘着板による調査を継続した。その結果、11月上旬以降のハウス周辺野外では誘殺がほとんど認められなかったのに対し、ハウス内では2月下旬まで継続的に誘殺された（図-5）。また、2月12日にハウス内の被覆ビニルとの境界付近の雑草類（ヤエムグラ、オランダミミナグサ等）を見取り調査したところ、成幼虫の寄生を多数確認した。

以上のことから、本種はアスパラガスの収穫終了後

も、ハウス内で残存するアスパラガス地上茎や雑草類に寄生して越冬し、翌年の発生源となることが明らかとなった。なお、I章で述べたように、半促成長期どり栽培では、ハウス内から地上部の植物体が完全になくなる期間がわずか1か月程度（翌年1月の親茎刈り取りから2月の保温開始による春芽の萌芽まで）しかないことも、本種のハウス内越冬を助長していると考えられる。そのため、本種のハウス内越冬をいかに防ぐかが、防除対策の重要なポイントと考えられる。

V 薬剤感受性検定試験

ガラス管を用いた薬剤の虫体浸漬および経口処理により、本種の感受性検定を行った。供試個体は、2018年5月に県内の施設アスパラガス圃場から採集し、ソラマメ催芽種子を用いた村井（1998）の方法により累代飼育した2個体群である。薬剤処理当日、直径3cm、高さ5cm、底面に125μm目合いのメッシュ網を張り付けたガラス管へ雌成虫を9～12頭収容し、上部をパラフィンで覆って検定に供試した。虫体浸漬処理は、ガラス管内に供試薬剤を注入することにより行い、経口処理は、餌

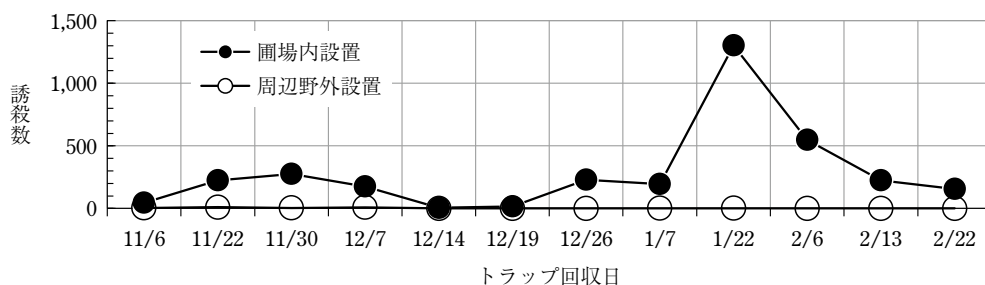


図-5 栽培期間終了後のミカンキイロアザミウマの誘殺数の推移（2018～19年）

表-1 各種薬剤に対するミカンキイロアザミウマ個体群の感受性（2018年）

供試薬剤（一般名）	IRAC Code	供試濃度	処理 72 時間後の補正死亡率（％）					
			虫体浸漬処理		経口処理		虫体浸漬 + 経口処理	
			個体群 A	個体群 B	個体群 A	個体群 B	個体群 A	個体群 B
メソミル水和剤	1A	1,000	100	100	90	100	100	100
PAP 乳剤	1B	1,000	100	100	100	100	100	100
アクリナトリン水和剤	3A	1,000	13	13	0	6	0	13
ジノテフラン水溶剤	4A	2,000	7	17	3	3	11	0
スピノサド水和剤	5	5,000	10	48	34	80	89	76
エマメクチン安息香酸塩乳剤	6	2,000	40	17	64	94	100	100
ピリフルキナゾン水和剤	9B	4,000	0	10	14	3	0	7
クロルフェナピル水和剤	13	2,000	37	59	4	3	96	53
チオシクロラム水和剤	14	1,500	90	83	100	97	100	100
トルフェンピラド水和剤	21	2,000	100	100	4	0	100	100
フロニカミド水和剤	29	2,000	3	23	0	0	0	33
ピリダリル水和剤	un	1,000	100	100	12	77	100	100
フロメトキン水和剤	未設定	2,000	100	100	67	73	100	100

としてパラフィルム上に滴下した 10% ショ糖液に供試薬剤を希釈することにより行った。薬剤処理後は、25℃・16L-8D 条件下に置き、72 時間後に供試虫の生死を判別して補正死虫率 (ABBOTT, 1925) を算出した。

その結果、供試した 13 剤のうち 7 剤 (メソミル水和剤、PAP 乳剤、エマメクチン安息香酸塩乳剤、チオシクラム水和剤、トルフェンピラド水和剤、ピリダリル水和剤、フロメトキン水和剤) が比較的高い死虫率を示した (表-1)。アクリナトリン水和剤、ジノテフラン水溶剤、スピノサド水和剤、フロニカミド水和剤の死虫率が低い事例は、検定方法が異なるものの既報 (岡崎ら, 2014; 猪苗代ら, 2018; 井村, 2018) とおおむね一致した。なお、死虫率が高かった供試薬剤のうち、2020 年 2 月時点でアスパラガスのアザミウマ類またはネギアザミウマで登録のある剤は、チオシクラム水和剤 (製品名: リーフガード顆粒水和剤)、トルフェンピラド水和剤 (製品名: ハチハチフロアブル)、ピリダリル水和剤 (製品名: プレオフロアブル) の 3 剤である。

お わ り に

本種のアスパラガスにおける生態は不明な点が多く、

防除対策のためには解明すべき点が多い。過去の発生経過から類推するに、ネギアザミウマ優占圃場へ本種の生息域が徐々に拡大する懸念もある。本誌への投稿をきっかけに、何らかの防除対策につながるご指摘・ご助言等を賜うことができれば幸いである。

最後に、現地調査にご協力くださる農家の皆様をはじめ、本種を同定いただいた門司植物防疫所伊万里出張所のご担当者様、佐賀県内の植防関係者に、誌面を借りて厚く御礼を申し上げます。

引 用 文 献

- 1) ABBOTT, W. S. (1925): J. Econ. Entomol. **18**: 265~267.
- 2) 福田 寛ら (1991): 関東病虫研報 **38**: 231~233.
- 3) 池内隆夫 (1998): 農業技術大系野菜編 **8**(2), p.基 + 267~273.
- 4) 井村岳男 (2018): 関西病虫研報 **60**: 137~138.
- 5) 猪苗代翔太ら (2018): 北日本病虫研報 **69**: 168~172.
- 6) 井上勝広ら (2008): 園芸学研究 **7**(3): 413~418.
- 7) 片山晴喜 (1997): 応動昆 **41**: 225~231.
- 8) 村井 保 (1998): 植物防疫 **52**: 186~188.
- 9) 岡崎真一郎ら (2014): 九病虫研会報 **60**: 79~83.
- 10) 佐賀県病害虫防除所 (1994): 平成 6 年度病害虫発生予察特殊報第 2 号 (10 月 28 日).

研究 報告

ナミハダニ黄緑型に対する時刻の概念と気門封鎖型農薬の殺卵活性を利用した薬剤防除方法

愛知県農業総合試験場 ほり堀 かわ川 ひで英 のり則

はじめに

ハダニ類は、アブラムシ類やアザミウマ類と並ぶ農業の重要な微小害虫であり、そのうちナミハダニ黄緑型 (*Tetranychus utricae*) (以下、ナミハダニ) は広範囲の宿主を有し、イチゴなど様々な栽培作物において、重要害虫に位置付けられている。愛知県のイチゴは、作付面積と出荷量がともに全国6位の重要な施設園芸作物であり (農林水産省, 2017), ナミハダニに対する被害軽減の取り組みも進んできている。例えば、苗に対する高濃度炭酸ガス施用による防除方法や、バンカーシート® (石原産業株式会社) による天敵を利用した防除方法が開発され、化学合成農薬を使用しない技術の進化がめざましい。しかし、イチゴの長い栽培期間を通じて、ナミハダニによる被害を許容水準以下に保つために、化学合成農薬の散布による防除は必要な技術であり、生産現場からは、散布に用いる有効な薬剤の選定と散布技術の進展が求められている。

薬剤感受性の観点において、ナミハダニの発育速度が速く、年間の経過世代が多いこと (江原・真梶, 1993) から、化学合成農薬に対する感受性の低下を招き易いことが広く知られている (井上, 1989)。愛知県でも既に石川・江口 (2014) により、県内各地域から採取したナミハダニにおいて、シエノピラフェンフロアブル、シフルメトフェンフロアブルの感受性の低下が報告されていることから、他の薬剤に対する感受性の低下が懸念されている。ナミハダニの薬剤感受性は一日 (24時間) のうち、その処理時刻に応じて変動するという日周リズムを有することがジコホール (商品名: ケルセン)、ジクロロボス (※両剤とも本国では農薬登録が失効し、使用することはできない) などで明らかにされている (POLCIK et al., 1964; FISHER, 1967)。また、同じ節足動物である

カイコガ (*Bombyx mori*) 幼虫においても、薬剤の種類によって感受性の日周リズムのパターンに差があることが報告されている (EGI and SAKAMOTO, 2016)。この薬剤感受性の日周リズムを利用して、感受性の高い時刻に散布し、低い時刻での散布を避けることは、防除上、生産者にとって有益であると考えた。

この一方、農薬には節足動物の気門を封鎖して殺虫効果をもたらす薬剤の一群があり、それらを気門封鎖型農薬と呼んでいる。気門封鎖型農薬は、ナミハダニ虫体そのものに対する殺虫効果以外に産卵行動の忌避効果や病原菌に対する防除効果等様々な副次的効果を持っており、それらの効果の解明と活用について期待が寄せられている。近年、調合油 (サフラワー油および綿実油) 乳剤において、ナミハダニ由来の糸と油脂が物理的に硬化することでふ化阻害による殺卵効果が得られることが明らかとなった (高田ら, 2017)。ほかにも還元澱粉糖化物液剤などでふ化阻害に関する有益な報告があり (宮田・増田, 2006)、気門封鎖型農薬によるふ化阻害効果が注目されている。しかし、マシン油乳剤などのいわゆる鉱物油を主成分とする気門封鎖型農薬でふ化阻害効果を検証した事例は少なかった。また、気門封鎖型農薬は、一般的に残効性を有しないが、その分、化学合成農薬に比べて感受性の低下リスクが小さく、土壌残留や河川流出への環境リスクが小さいため、今後も基幹的な防除薬剤としての活用が期待できる。そのため、ふ化阻害効果

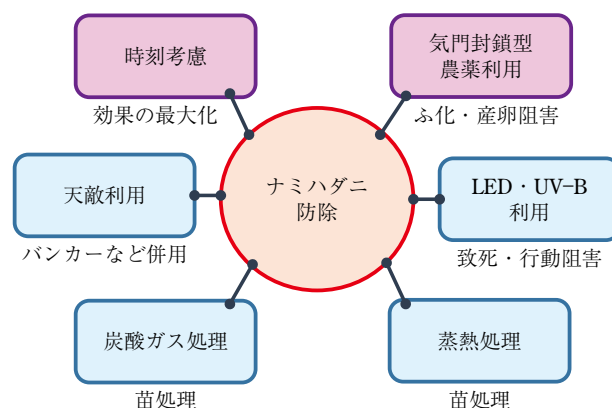


図-1 ナミハダニに対して提案されている新しい防除方法

Chemical Control Method Using the Concept of Time and Egg Killing of Acaricides for Control of the Two-Spotted Spider Mite (Green Form). By Hidenori HORIKAWA

(キーワード: ナミハダニ, 時刻, 薬剤感受性, 気門封鎖型農薬, ふ化阻害効果)

の解明は有効な薬剤の選定に寄与しうると考えた。

そこで、愛知県農業総合試験場では生産現場からの試験要望を受け、イチゴ圃場で採取したナミハダニを用いて、処理時刻が雌成虫の薬剤感受性に及ぼす影響と、マシン油乳剤を含む気門封鎖型農薬によるふ化阻害効果の二つについて、これまでと異なった視点からナミハダニの防除技術の開発に向けた試験を行ったので紹介したい(図-1)。

I 異なる処理時刻における各種ダニ剤に対する感受性の比較

愛知県農業総合試験場(長久手市)の施設イチゴ圃場で採取し、長日条件下(16時間日長)、25℃でインゲンマメにて継代飼育したナミハダニ黄緑型雌成虫を用いた。処理時刻は、表-1の供試薬剤ごとに、朝を想定して明期開始2時間後処理区(以下、「02L」)、昼過ぎから夕方前までを想定して、明期開始10時間後処理区(以下、「10L」)、真夜中を想定して暗期処理区(以下、「D」)の合計3試験区を設定した。暗期処理区は全暗条件(0L-24D)で24時間以上経過させた個体に薬剤処理を行った。

処理方法は、シャーレに蒸留水を含ませた脱脂綿を敷き、その上にインゲンマメ初生葉を直径20mmに切り抜いたリーフディスク(以下、ディスク)を葉裏が表となるよう静置した。その後、望月(1998)の方法により各ディスク当たり10頭のナミハダニ雌成虫を放飼し、所定濃度の薬液を散布量が2mg/cm²となるようディスクごとに処理した。処理後、暗期処理は全暗条件、それ以外は処理前と同様の明暗条件で継続管理し、処理2日後(48時間経過後)に死亡個体数(A)と生存個体数(B)を計数し、死虫率(A/(A+B)×100)を算出した。試験は2015~16年にかけて各区3反復で実施した。

図-2に示した結果のとおり、エマメクチン安息香酸塩乳剤、アセキノシルフロアブルでの死虫率が明期開始後2時間処理区で暗期処理区と比較して有意に低かった。ミルベメクチン乳剤、還元澱粉糖化物液剤でも死虫率が明期開始後2時間処理区で他の2処理区に比べて低い傾向が見られた。エマメクチン安息香酸塩乳剤、ミルベメクチン乳剤は、いずれの処理区においても死虫率が約75%以上であり、効果が高かった。反対に、シエノピラフェンフロアブル、シフルメトフェンフロアブルでは、明期開始後2時間処理区の死亡率について他の2処理区よりもやや高い傾向にあった。しかし、両2剤において3反復平均の死虫率が50%を超える処理区はなかった。ビフェナゼートフロアブル、硫黄については、各処理区間で差はなかったが、ビフェナゼートフロアブルはいずれの処理区および反復においても、100%の死虫率となり、供試薬剤の中で最も効果が高かった。なお、すべての処理薬剤において明期開始後10時間処理区と暗所条件との間で死虫率に有意差はなかった。

このことから、供試薬剤は、朝(明期開始後2時間処理区)に効果の高まる薬剤群と朝に効果が低下する薬剤群、いずれにも属さない薬剤群の三つの群に傾向が分かれた。

ジクロロボス、ケルセンでの試験では、14時間日長において明期開始後1時間処理から明期開始後7時間処理にかけて(朝から昼にかけて)、大きく感受性が低下したと報告されている(POLCIK et al., 1964; FISHER, 1967)。

ナミハダニは、前眼と後眼を光受容体とする光周性の存在が示されているため(後藤・遠藤, 2015)、その代謝系には、種々の日周リズムを有することを示唆している。そして、朝に効果が高まる、または低下することの原因として、朝は特に他の時刻と比較して虫体内の代謝系の動向が大きく異なっている可能性が考えられる。時

表-1 異なる処理時刻における各種ダニ剤の感受性比較試験に用いた供試薬剤一覧

有効成分名	供試薬剤名	使用倍数	系統名	IRACコード※
エマメクチン安息香酸塩 ミルベメクチン	アフーム乳剤 コロマイト乳剤	2,000倍 1,000倍	マクロライド	6
アセキノシル	カネマイトフロアブル	2,000倍	その他	20B
ビフェナゼート	ダニ太郎	1,000倍	その他	20D
シエノピラフェン シフルメトフェン	スターマイトフロアブル ダニサラバフロアブル	1,000倍 1,000倍	ベータケトニトリル誘導体	25A
硫黄	クムラス	400倍	無機硫黄	UN
還元澱粉糖化物	エコビタ液剤	100倍	天然物由来	記載なし

※ IRACコードは2019年6月現在で参照した。「UN」は作用機構が不明あるいは不明確な剤を意味する。堀川ら(2019)より一部改編。

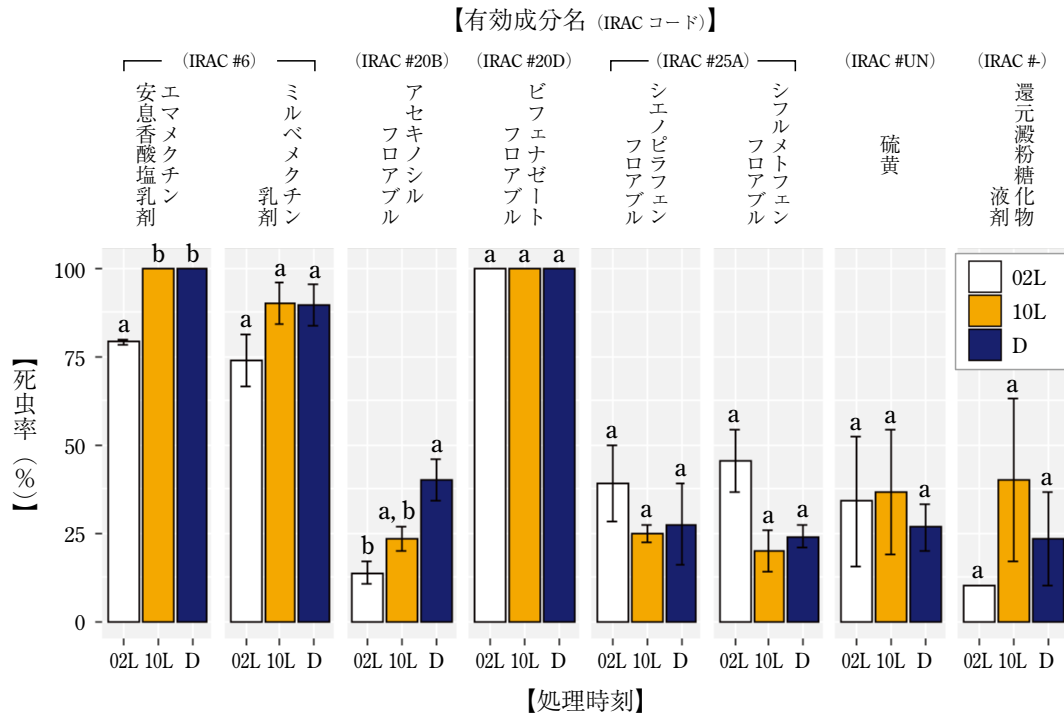


図-2 異なる処理時刻における各種ダニ剤によるナミハダニ黄緑型雌成虫の死虫率 (%)

※処理時刻の 02L は明期開始後 2 時間処理区, 10L は, 明期開始後 10 時間処理, D は暗期処理区を示す。エラーバーは, 3 反復の標準誤差を示す。図中のアルファベットは, 各処理区の処理時刻ごと死虫率を角変換後, Tukey-HSD 検定により同符号間で処理時刻間に有意差がないことを示す ($P < 0.05$)。堀川ら (2019) から一部改編。

間生物学の概念を提唱したレンベール (2001) は, 哺乳動物における研究からある作用因に対して, それが化学的なものであれ, 物理的なものであれ, 生体には抵抗性が最も低下する時点 (抵抗性最低時) が存在すると説いている。ナミハダニなどの節足動物でも各薬剤の (抵抗性最低時) を有しているものと推測でき, 対象生物の日周リズムを鑑みて, 最も効果的な時刻で薬剤を処理することは重要である。

また, 今回の試験で同一系統 (IRAC#6, IRAC#25A) の薬剤間において処理時刻ごとの効果の違いの現れ方が同じ傾向が見られたため, 系統によって, 処理時刻による効果の違いを推測できる可能性がある。一方でその例外もあり, アセキノシルフロアブル (IRAC#20B) とビフェナゼートフロアブル (IRAC#20D) で, 全体的な死虫率と処理時刻ごとの効果が異なった。これがわずかな系統の違い (B と D) で生じる差であるのか, その原因は不明である。

II 気門封鎖型農薬によるふ化阻害効果

I 章とは別の県内の施設イチゴ圃場で採取したナミハダニ黄緑型を I 章と同様の条件でインゲンマメにて継代飼育し, 試験に用いた。なお, 気門封鎖型農薬と比較す

るため, 化学合成農薬であるエトキサゾールフロアブルを供試薬剤に含めた。

試験は, I 章と同様にインゲンマメ初生葉を切り抜いたディスク 1 枚ずつに, 雌成虫 5 頭を放飼し, 16 時間日長, 25℃ 条件下で 24 時間産卵させた。産卵確認後, 雌成虫を除去し, 表-2 の各供試薬剤を蒸留水にて所定濃度に希釈し, 散布量が 2 mg/cm^2 となるよう散布した。なお, 対照区として, 蒸留水を散布する区 (DW) を設定した。処理時刻は, 明期開始後 10 時間にて散布した。散布後は引き続き 25℃, 16 時間日長で静置し, 散布後 7 日目に計 3 枚のディスク上のふ化幼虫数 (C) と未ふ化の卵数 (D) を実体顕微鏡下で計数し, ふ化率 ($C/(C+D) \times 100$) を算出した。試験は 2018 年に各 3 反復で計 3 回実施した。なお, 未ふ化の卵はいずれの処理区も薬剤処理後 10 日目以降 14 日程度経過すると, 溶解, または萎むなどして死亡が確認された (図-3)。したがって, 対照区でのふ化率が 100% に近づく 10 日程度まで静置すると, 薬剤処理によって死亡した卵が崩壊・消滅するなどして計測が困難になるため, 対照区で 60~80% 程度のふ化率となる薬剤処理後 7 日目に評価を行った。

供試薬剤ごとに 3 枚のディスク合計で平均 52.9 個の産卵数を得た。計 3 回の試験の平均ふ化率は, 高度精製

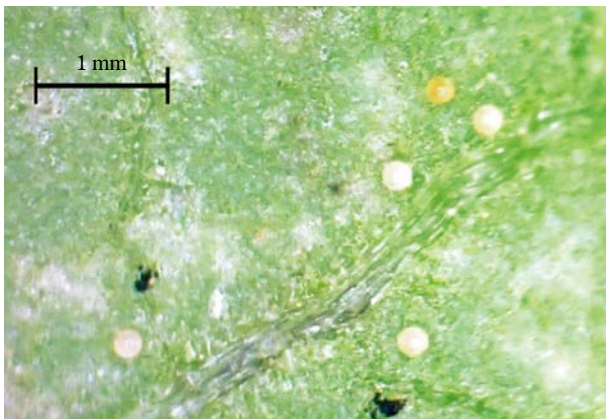


図-3 高度精製マシン油乳剤の処理後7日目の卵の状況
※処理後7日目以降に観察したところ、ふ化せずに萎む、または溶解した。スケールバーは、1 mm.

マシン油乳剤で2.9%，マシン油乳剤で12.0%となり，無処理区（蒸留水）の76.8%と比較して，大きくふ化を抑制した（図-4）。

それらに次いで，なたね油では17.5%，脂肪酸グリセリド乳剤は41.6%，調合油乳剤は41.7%となり，ふ化阻害効果が認められた。

一方で，プロピレングリコールモノ脂肪酸エステル乳剤では56.3%，ヒドロキシプロピルデンプン液剤は72.8%，エトキサゾールフロアブルは76.5%と，これら3剤は対照区のふ化率と差は認められなかった。

これら結果について，高度精製マシン油乳剤（100倍）とマシン油乳剤（200）の希釈倍数が比較的小さいため，他の植物油を主成分とする気門封鎖型農薬に比べて油膜

表-2 気門封鎖型農薬によるふ化阻害効果の試験に用いた薬剤一覧

有効成分名	供試薬剤名	使用倍数	IRAC コード※
高度製剤マシン油	トモノール S	100 倍	記載なし
マシン油	ハーベストオイル	200 倍	
なたね油	ハッパ乳剤	200 倍	
調合油（サフラワー油および綿実油）	サフオイル乳剤	300 倍	
脂肪酸グリセリド	サンクリスタル乳剤	300 倍	
プロピレングリコールモノ脂肪酸エステル	アカリタッチ乳剤	1,000 倍	
ヒドロキシプロピルデンプン	粘着くん液剤	100 倍	
エトキサゾール	バロックフロアブル	2,000 倍	10B

※ IRAC コードは2019年6月現在で参照した。堀川ら（2019）より一部改編。

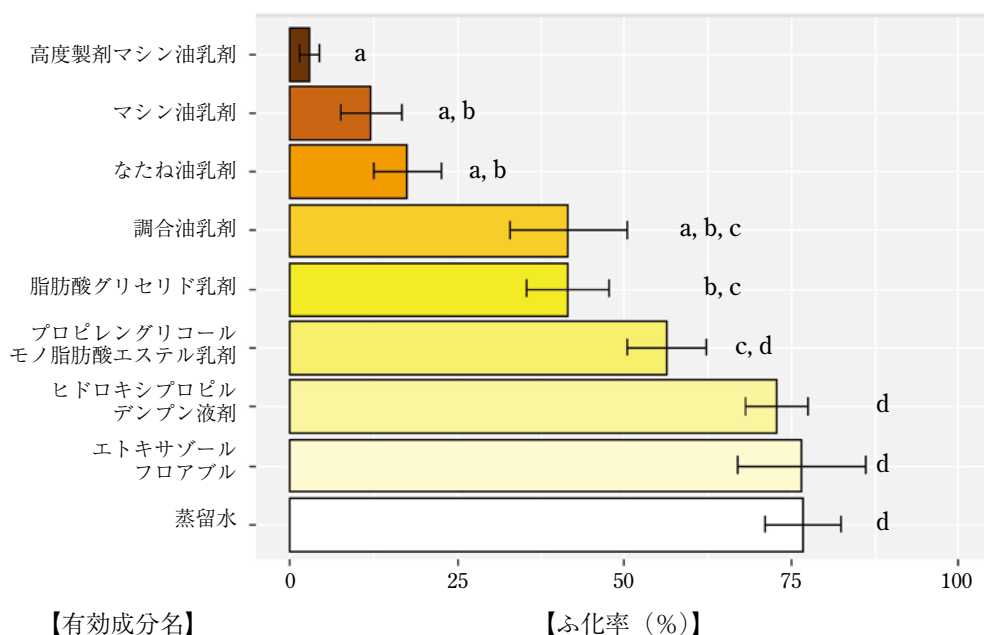


図-4 各種気門封鎖型農薬処理後のナミハダニ黄緑型の卵のふ化率 (%)
※3回の試験のふ化率の平均値を示す。エラーバーは、3回の試験の標準誤差を示す。
図中のアルファベットは、各区のふ化率を角変換後、Tukey-HSD 検定により同符号間で有意差がないことを示す ($P < 0.05$)。堀川ら（2019）から一部改編。

が強く形成されて、ふ化阻害効果が相対的に高まった可能性がある。しかし、処理時の成分濃度が高いものについては、対象作物の気孔や水孔を閉塞することも考えられており（関根，2016），作物の呼吸阻害を招いて薬害を助長する恐れがあることを注意しなければならない。

お わ り に

農薬を散布するタイミングは、気温が低い朝や露地の場合には風雨を避けて選ぶことが一般的である。このほか、作業への負担、薬害の発生を考慮して決める必要がある。しかし、選択の余地があるならば、感受性が低下する時刻での散布は回避し、感受性の高い時刻（抵抗性最低時）に作用するような「時機」を狙って散布することも貴重な1回の散布の効果を最大化するための重要な要素である。特に、スマート農業技術の発展が進む今日にあっては、人が通常では実施しにくい時間帯の散布作業をロボットが担うことも十分に考えられる。今後は、各薬剤の持つ効果を最大限に発揮するため、温湿度や照度を考慮した薬害の発生予測も踏まえた有効な散布「時機」を追求することも重要な研究分野になると思われる。

気門封鎖型農薬の副次的効果は、本稿で紹介したふ化沿阻害効果以外にも、各種作物のうどんこ病の抑制効果やコナジラミ類の忌避効果等様々な効果の解明が進んできており、大変魅力的である。これら効果は、薬剤ごとに処理濃度や温湿度、加用する展着剤の種類、処理時刻、日照条件等影響を受けると考えられるので、その多次元的な解析を通じて現場で活用できる研究成果を期待していきたい。

引 用 文 献

- 1) EGI, Y. and K. SAKAMOTO (2016): Biol. Rhy. Res. **47**: 247~252.
- 2) 江原昭三・真梶徳純 (1993): 原色日本植物ダニ図鑑全国, 農村教育協会, 東京, p.112~113.
- 3) FISHER, R. W. (1967): The Can. Entomol. **99**: 281~284.
- 4) 後藤慎介・遠藤 淳 (2015): 比較生理生化学 **32**: 109~117.
- 5) 堀川英則ら (2019): 関西病虫研報 **61**: 61~68.
- 6) 井上 晃 (1989): 植物防疫 **43**: 367~371.
- 7) 石川博司・江口敏弥 (2014): 関西病虫研報 **56**: 139~143.
- 8) 望月雅俊 (1998): 植物防疫 **52**: 96~98.
- 9) 宮田将秀・増田俊雄 (2006): 北日本病虫研報 **57**: 182~184.
- 10) 農林水産統計 (2017): 農林水産省.
- 11) POLICK, B. et al. (1964): Science **145**: 405~406.
- 12) レンベール (2001): 松岡芳隆・松岡慶子訳, 時間生物学とは何か, 白水社, 東京, p.117~120.
- 13) 関根崇行 (2016): 北日本病虫研報 **67**: 178~181.
- 14) 高田愛弓ら (2017): 第61回応動昆大会: 108 (講要).

 調査
報告

残留農薬等のリスクコミュニケーション 手法の確立と評価

国立医薬品食品衛生研究所食品部

世田谷区世田谷保健所

品川区保健所

一般財団法人 残留農薬研究所

千葉工業大学社会システム科学部

慶應義塾大学文学部

 あきやま ひろし すずき よしなり あさい まゆみ
 穂山 浩・鈴木 美成・浅井 麻弓

 さとう そういちろう いのうえ こゆき
 佐藤 惣一郎・井上 小夕貴

 なかむら こづえ うしお まさし
 中村 小津枝・牛尾 昌史

 さ と う きよし
 佐 藤 清

 たか ぎ あや
 高 木 彩

 すぎ うら じゅん きち
 杉 浦 淳 吉

はじめに

食品の安全性を確保するためには、食品の安全を脅かす可能性のある危害要因を特定するとともに、ヒトの健康に与える影響を評価するリスク評価が行われ、次にこのリスク評価結果を基に、これらリスクを低減するための措置をとるリスク管理が行われる。さらに、このすべての過程においては、リスクについて生産者、消費者、行政等間での情報・意見交換するリスクコミュニケーションが行われる。このようなリスク評価、リスク管理、リスクコミュニケーションの三つの要素からなる食品の安全性の確保の方策は、リスクアナリシスと称されている（AKIYAMA, 2017）。

我が国の残留農薬等のリスク評価は、内閣府食品安全委員会で行われ、リスク管理は、農薬取締法の管轄機関である農林水産省、食品衛生法の管轄機関である厚生労働省で行われる。リスクコミュニケーションは、食品安全委員会、農林水産省、厚生労働省、消費者庁のすべての機関で各々の観点から行われているが、残留農薬、動物用医薬品および飼料添加物は、各省の法律にまたがるため、総合的な観点から残留農薬等のリスクコミュニケーションを行うことは容易ではない。

リスクコミュニケーションはリスクについて正しい理解を深めることを目的に行う。かつては、リスクコミュニケーションを説得のツールと捉えて科学的説明を主体

としていたために、リスクコミュニケーターとして自然科学の研究者が説明するのが適していると考えられていたこともある。しかしながら、リスクコミュニケーションは社会科学や心理学の要素があることから、自然科学の研究者には、技術を習得しないと適切に意見交換できない場合があり（National Research Council, 1989；木下, 2016）、参加者の議論への参加と対話を成立させることは難しいと考えられている。これまでリスクコミュニケーションを支援する手法は試みられているが（矢守ら, 2005；吉川, 2012；KIKKAWA, 2018）、社会科学の研究者と自然科学研究者の共同で行う検討は少ないと考えられる。

残留農薬のリスクに関しては、2003年の食品衛生法改正によりポジティブリスト制度の導入後、国際動向や新たな知見等も踏まえ、専門家の意見を聴きつつ科学的な評価が行われているが、一般消費者および食品等の専門家に対して、農薬の必要性、残留基準の必要性、残留基準設定の考え方、残留基準の監視方法等について理解が行き届いていないのが現状である。

筆者らは、社会科学研究者と共同で、一般消費者への残留農薬等に対する正しい知識を普及啓発するために、残留農薬等のリスクコミュニケーション手法（リスコミ手法）の確立（TAKAGI et al., 2019）を検討し、世田谷区と品川区で同様のリスクコミュニケーションを行った。事前と事後のアンケート調査から、世田谷区と品川区と異なった方法でリスコミ手法の評価を行った。

本研究で、ご協力いただいた世田谷区世田谷保健所、品川区保健所の皆様に深謝する。また、貴重な資料をご提供いただいた一般社団法人 日本植物防疫協会の宮井俊一氏および藤田俊一氏に深謝する。

Development and Evaluation of Risk Communication for Pesticide Residues. By Hiroshi AKIYAMA, Yoshinari SUZUKI, Mayumi ASAI, Soichiro SATO, Koyuki INOUE, Kozue NAKAMURA, Masashi USHIO, Kiyoshi SATO, Aya TAKAGI and Junkichi SUGIURA

（キーワード：リスクコミュニケーション、食品、残留農薬、消費者、安全性）

調査データの統計解析は、R (ver. 3.4.0). を使用した。問 1 と問 2 の事前と事後のアンケートの分布変化の解析に関しては Fisher の正確確率検定を行った。また、相互関係の解析では、説明変数に問 1 の三つの質問を残留農薬に対する知識と仮定して、従属変数に問 2 の回答として logistic 回帰分析による解析を行った。有意水準 0.05 未満を統計的有意と判断した。

1 世田谷区の検討の事前と事後の分布比較

アンケート回答のあった参加者の年齢、性別、職業を図-2 に示す。参加者の年齢は 20 歳未満 0 名 (0%)、20 歳代 2 名 (4%)、30 歳代 1 名 (2%)、40 歳代 5 名 (10%)、50 歳代 8 名 (18%)、60 歳代 14 名 (28%)、70 歳以上 18 名 (36%)、不明 2 名 (4%) の合計 50 名であった。

50 名の性別は、女性が 33 名 (66%)、男性が 16 名 (32%)、不明が 1 名 (2%) であった。

リスク手法の有効性を評価するために、事前と事後のアンケートの分布変化を解析した。問 1-1、問 1-2、問 1-3 に関する事前と事後のアンケートの分布とオッズ比を図-3 と表-1、図-4 と表-2、図-5 と表-3 に示す。Fisher の正確確率検定を行ったところ、問 1-1 ($p < 0.05$)、問 1-2 ($p < 0.05$)、問 2 ($p < 0.001$) に関しては、事前事後で有意な差が認められた。問 1-3 に関しては、事前事後で有意な差が認められなかった ($p = 0.4408$)。

問 1-1 の「無農薬の野菜や果物を買いたい」に関して

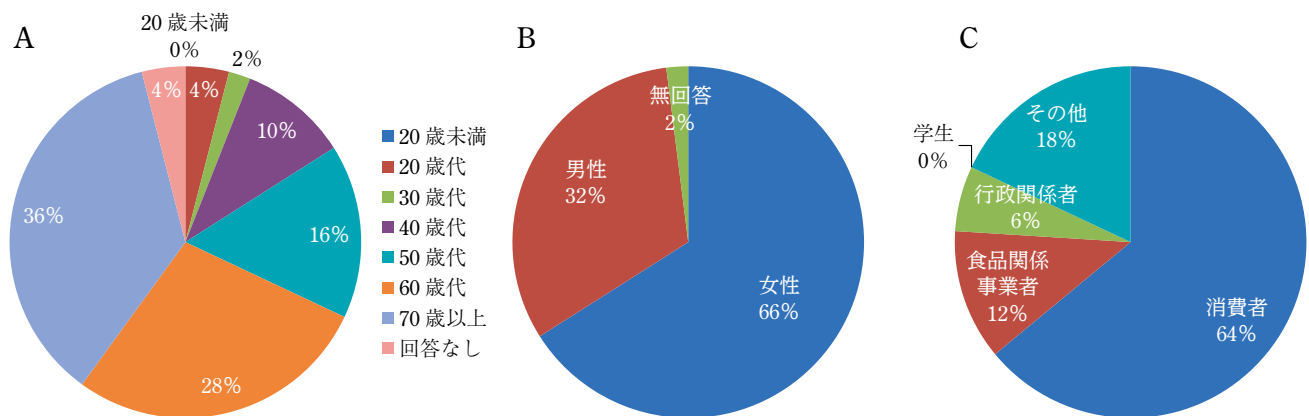


図-2 世田谷区での検討における参加者の年齢 (A)、性別 (B) および職業 (C) の割合

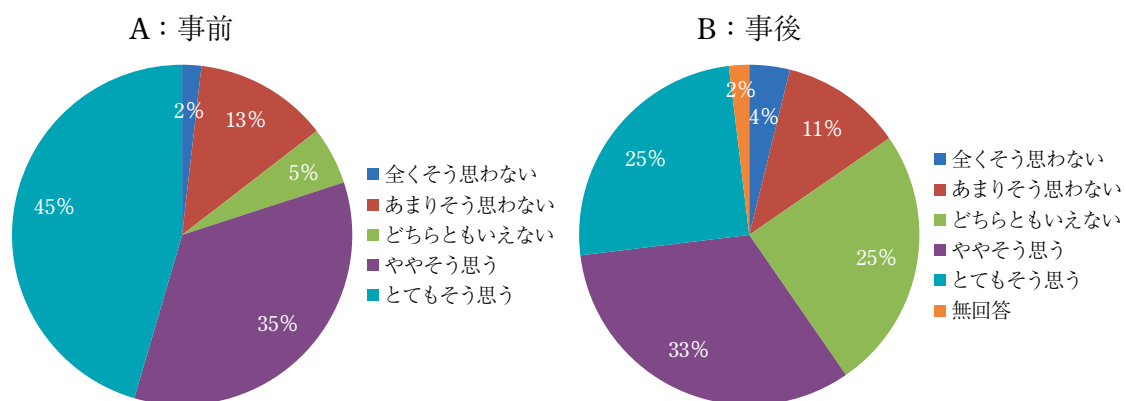


図-3 問 1-1「無農薬の野菜や果物を買いたい」に関する事前 (A) および事後 (B) のアンケート結果

表-1 問 1-1「無農薬の野菜や果物を買いたい」に関するアンケートの事前に対する事後のオッズ比

	オッズ比 (事後/事前)
全くそう思わない	2.04
あまりそう思わない	0.83
どちらともいえない	6.33
ややそう思う	0.91
とてもそう思う	0.41

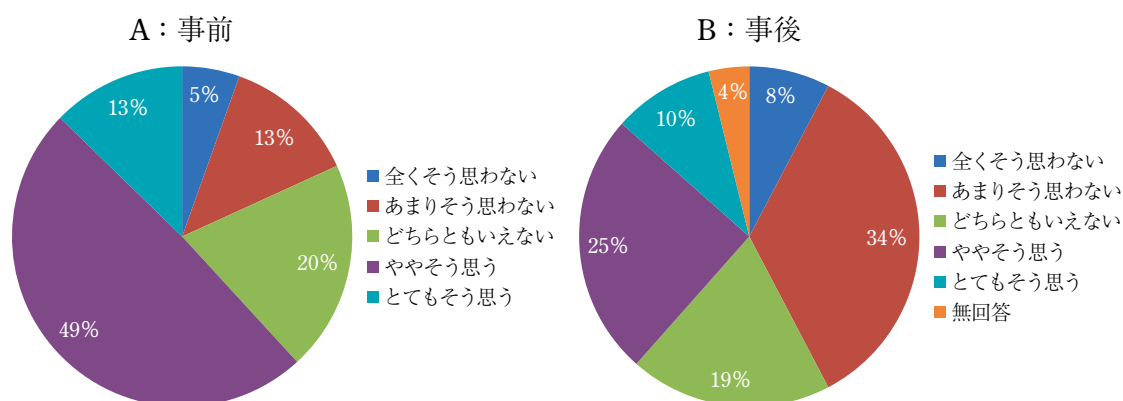


図-4 問 1-2 の「少しでも農薬に残留している農作物を食べると健康に悪影響がある。」に関する事前 (A) および事後 (B) のアンケート結果

表-2 問 1-2 の「少しでも農薬に残留している農作物を食べると健康に悪影響がある。」に関するアンケートの事前に対する事後のオッズ比

	オッズ比 (事後/事前)
全くそう思わない	1.63
あまりそう思わない	3.45
どちらともいえない	0.94
ややそう思う	0.35
とてもそう思う	0.74

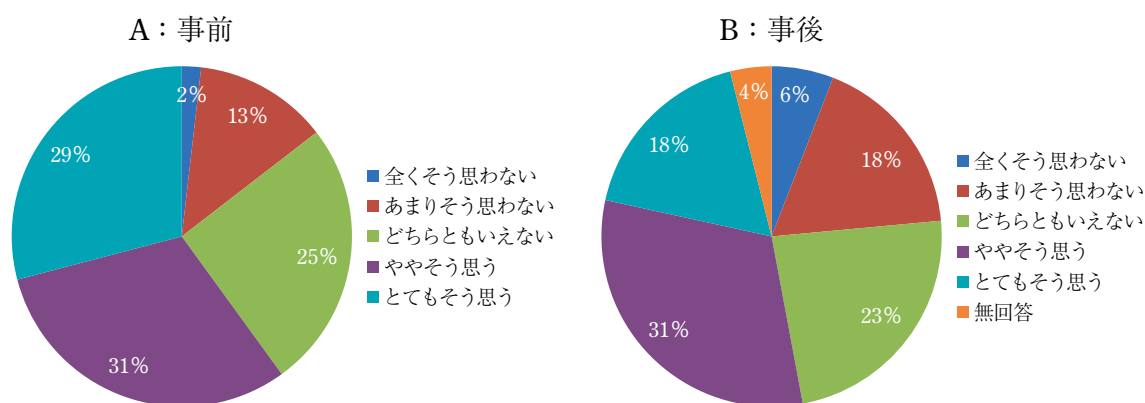


図-5 問 1-3 の「国内産より外国産の農作物のほうがより多く農薬が残留している。」に関する事前 (A) および事後 (B) のアンケート結果の割合

表-3 問 1-3 の「国内産より外国産の農作物のほうがより多く農薬が残留している。」に関するアンケートの事前に対する事後のオッズ比

	オッズ比 (事後/事前)
全くそう思わない	3.13
あまりそう思わない	1.47
どちらともいえない	0.90
ややそう思う	1.00
とてもそう思う	0.54

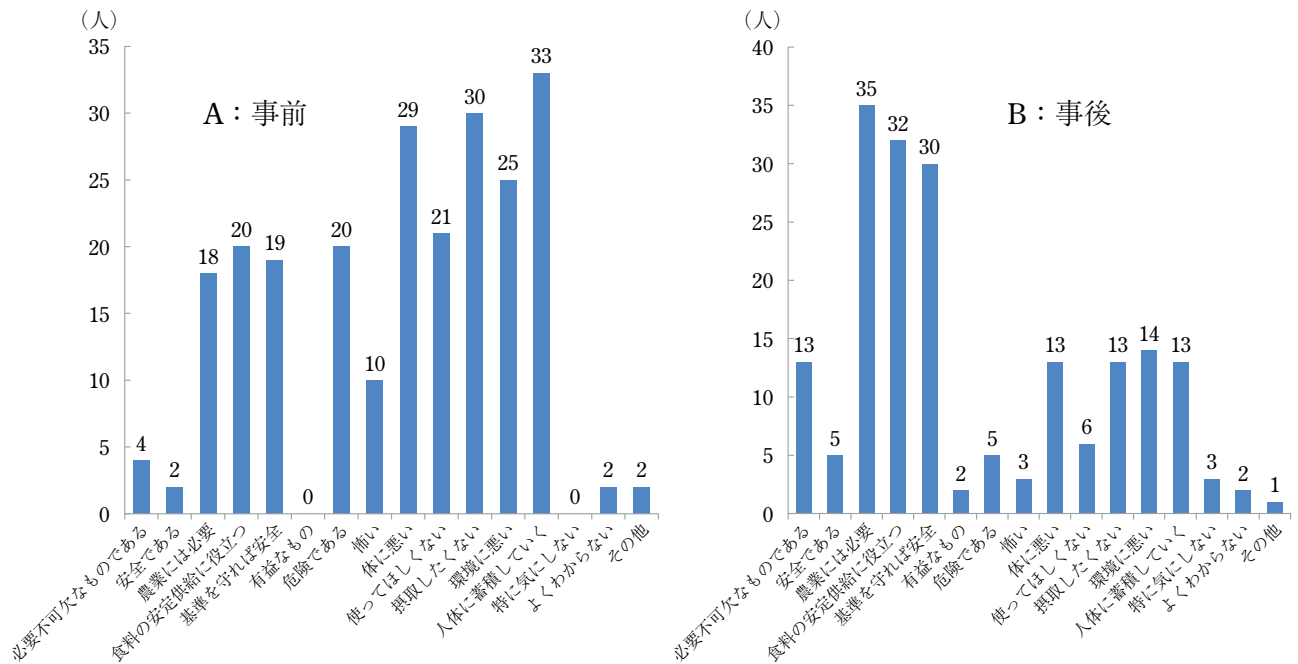


図-6 問2の残留農薬のイメージについての事前（A）と事後（B）の変化

は、図-3に示すように、事前は「とてもそう思う」(45%)、「ややそう思う」(35%)で、80%の方が無農薬の野菜や果物を買いたいと感じていたが、事後は「とてもそう思う」(25%)、「ややそう思う」(33%)となり、無農薬の野菜や果物を買いたいと感じる方が58%になり減少した。一方、同じ問に関して、事前は、「どちらともいえない」が5%であったが、事後では「どちらともいえない」が25%に増加した（オッズ比6.33、表-1）。事後は事前に比べて残留農薬に対するリスク認知の弱い方が多くなったことが示唆された。

問1-2の「少しでも農薬に残留している農作物を食べると健康に悪影響がある。」に関しては、図-4が示すように、事前は「とてもそう思う」(13%)、「ややそう思う」(49%)となり、62%の方が少しでも農薬に残留している農作物を食べると健康に悪影響があると感じていたが、事後は「とてもそう思う」(10%)、「ややそう思う」(25%)となり、両方で35%となり事前に比べて減少した。一方、同じ問に関して事前は「あまりそう思わない」が13%であったが、事後では「あまりそう思わない」が34%に増加した（オッズ比3.45、表-2）。したがって残留農薬に関しての不安が緩和された方の増加が示唆された。

問1-3「国内産より外国産の農作物のほうがより多く農薬が残留している。」に関しては、事前事後で有意な差が認められなかったが、「全くそう思わない」のオッズ比が3.13であり、一方、「とてもそう思う」のオッズ

表-4 問2の残留農薬のイメージに関するアンケートの事前に対する事後のオッズ比

	オッズ比（事後/事前）
必要不可欠なものである	4.25
安全である	2.82
農業には必要	4.23
食料の安定供給に役立つ	2.80
基準を守れば安全	2.58
有益なもの	NA
危険である	0.0031
怖い	0.28
体に悪い	0.30
使って欲しくない	0.21
摂取したくない	0.28
環境に悪い	2.24
人体に蓄積していく	0.22
特に気にしない	NA
よくわからない	0.94

NA ; not analyzed.

比が0.54であった。問2の残留農薬のイメージについての事前と事後の変化とオッズ比を図-6と表-4に各々示す。

「必要不可欠なものである」に関しては、事前では4人が「はい」と解答したが、事後は13人が「はい」と解答し、有意な差があった（ $p < 0.05$ ）（オッズ比4.25）。「農業には必要」に関して「はい」と解答した人数は、事前は18人、事後は35人であり、事前に比べて事後は

有意に多かった ($p < 0.01$) (オッズ比 4.23)。「基準を守れば安全」に関して「はい」と解答した人数は、事前は 19 人、事後は 30 人であり、事後に有意な増加があった ($p < 0.05$) (オッズ比 2.58)。

「危険である」に関して「はい」と解答した人数は、事前は 20 人、事後は 5 人であり、事後が事前に比べて有意に少なかった ($p < 0.01$) (オッズ比 0.0031)。「使ってほしくない」に関して「はい」と解答した人数は、事前は 21 人、事後は 6 人であり、事後は事前に比べて有意に少なかった ($p < 0.01$) (オッズ比 0.21)。「摂取したくない」に関して「はい」と解答した人数は、事前は 30 人、事後は 13 人であり、事後は事前に比べて有意に少なかった ($p < 0.01$) (オッズ比 0.28)。以上のことから、検討したリスク手法は、農薬のイメージに関してネガティブイメージを持たれた方が減少し、ポジティブイメージを持たれた方が増加する効果が示唆された (表-4)。

2 世田谷区の検討の相互関係の解析

問 1 の回答と問 2 の回答の相互関係における事前と事後の変化を logistic 回帰により解析した。事前は、問 1-3 の「国内産より外国産の農作物のほうがより多く農薬が残留している」に対して「とてもそう思う」と回答した人ほど、農薬は「必要不可欠である」に有意に「いいえ」と回答する傾向があった ($p = 0.0414$)。しかしながら、事後はこのような傾向が認められなくなった ($p = 0.939$)。農薬に対する正しい理解が進むことで、農薬の必要性に対する認知が増加したと示唆された。事前で、問 1-1 の「無農薬の野菜や果物を買いたい」に対して「全くそう思わない」と回答するほど、農薬は「基準を守れば安全」との質問に「はい」と答える人が有意に多いことが示唆された ($p = 0.0097$)。これはリスク認知とリスクへの態度・行動が一致していることを示していると思われた。

事後には、問 1-2 の「少しでも農薬に残留している農作物を食べると健康に悪影響がある」に対して「全くそう思わない」と回答するほど、農薬は「基準を守れば安全」との質問に「はい」と答える人が有意に多いことを示唆した ($p = 0.0092$)。同様の傾向は事前でも確認できるが、有意ではない ($p = 0.0548$)。したがって事後には、リスクに対する正しい理解が促進されたと示唆された。

農薬は「危険である」に対する回答の Logistic 回帰の切片の値は事前 (-5.77) より事後 (-14.5) のほうが低いことから、講演と質疑を聴いたことで全体的には農薬は「危険である」に「はい」と答える人が減少する傾向が後示された。

事後に問 1-1 「無農薬の野菜や果物を買いたい」に対

して「とてもそう思う」と回答している人ほど、農薬を「使って欲しくない」に対して「はい」と答える傾向にあった ($p = 0.0817$)。事前には有意でなかった結果 ($p = 0.7315$) を踏まえると、誤った情報を元に既にリスクに対する行動・態度に表れている人は、講演内容を十分に理解せず、詳しい情報に触れることで、わからないものはリスクがあるものとして、無条件に避けたいと考えてしまう傾向があることが、有意ではないが、考えられた。この結果は、講演を聴くことで、一部の聴衆には間違った方向にリスク認知が増幅される可能性を示している。しかしながら、切片の値は事前 (-4.37) から事後 (-8.03) と下がっていることから、全体としては農薬使用に対する理解は増加しているといえる。

以上のことから、事前に比べて事後に農薬のリスクについておおむね理解が進むことが示唆された。しかしながら、一部の問 1 と問 2 の相互関係の変化の解析から、農薬のリスク認知に対する行動・態度が表れている人の中には、講演や質疑を聴くことで、詳しい情報に触れることでわからないものはリスクがあると考えてしまう方もいることが示唆された。したがって、講演内容や質疑応答に関して改善の必要性が望まれた。

III 品川区で行った検討

2019 年 7 月 11 日に品川区保健所において、令和元年度品川区第一回区民向け講演会「ちゃんと知りたい農薬のこと～食品に残留する農薬の安全性について～」と題し、講義、質疑形式の残留農薬に関するリスクコミュニケーションを開催した。品川区の検討では世田谷区の検討と異なり、個人個人の意識の変化を解析するために、参加者には、アンケート用紙を 1 枚配布し、事前に年齢、性別等および個人差要因に関する質問を表に、事後は裏にリスク手法の有効性を確認するための質問を行った。事前アンケートでは、実験参加者の個人差要因として、(1)「手続き的公正さの認知」:「行政は環境や食品のリスクの情報を十分に提供している。」、(2)「政策に関する議論への参加意欲」:「食品のリスクについて、市民が議論する場があれば、自分から積極的に参加したい。」、(3)「残留農薬に対する事前リスク認知」:「残留農薬は危険である。」、(4)「残留農薬に対する事前態度 1」:「少しでも農薬が残留している農産物を食べると健康に悪影響がある。」、(5)「残留農薬に対する事前態度 2」:「食品を通して農薬を取り込むと体内に蓄積される。」の五つの要因を測定した。すべての設問で 1 全くそう思わない、2 あまりそう思わない、3 どちらともいえない、4 ややそう思う、5 とてもそう思う、の 5 選択

肢から一つを選択する間で行った。

事後アンケートでは、リスコミ手法の有効性を確認するために、(5)「食品の安全性への関心度」:「残留農薬の説明を聞いて、食品の安全性について関心がもてますか?」、(6)「残留農薬に対する理解度」:「残留農薬の安全性について理解できましたか?」、(7)「残留農薬のベネフィット認知の理解度」:「農薬は食品の生産にとって有益であることは理解できましたか?」に対して、(5)は「1:全く関心がもてなかった, 2:あまり関心がもてなかった, 3:どちらともいえない, 4:やや関心が持てた, 5:かなり関心が持てた」、(6)および(7)は「1:全く理解できなかった, 2:あまり理解できなかった, 3:どちらともいえない, 4:やや理解できた, 5:かなり理解できた」の5件法で測定し、分析時には得点が高いほど関心度や理解度が高いように得点化した。

調査データの統計解析は、R (ver. 3.4.0). を使用した。リスコミ手法の有効性（理解度と関心度）と個人差要因の関連性については、スピアマンの順位相関分析と重回帰分析を用いて検討した。重回帰分析においては、すべての変数を標準化したのちに解析した。また、個人差要因の回答に関しては、記述統計量として平均値（Mean, 以下 M = と記載）と標準偏差（Standard Deviation, 以下 SD = と記載）を算出するとともに t 検定を実施し、理論的中央値（提示した回答選択肢の中での中央値）との差の検討を行った。有意水準 0.05 未満を統計的有意と判断した。

1 品川区の検討の事前と事後の分布比較

アンケート回答のあった参加者の年齢および性別を図-7に示す。参加者の年齢は30歳未満0名(0%)、30歳代12名(20%)、40歳代7名(12%)、50歳代5名(8.5%)、60歳代11名(18.6%)、70歳以上24名(40.6%)、の合計59名であった。59名の性別は、女性が42名(71.2%)、男性が17名(28.8%)であった。

2 事後の理解度と関心度

食品安全への関心度 ($M = 4.42$, $SD = 0.76$)、残留農薬への理解度 ($M = 4.22$, $SD = 0.72$)、ベネフィット認知の理解度 ($M = 4.24$, $SD = 0.83$) といずれも評価は高い数値であり、リスコミ手法が有効であることを示された。

3 事前の個人差要因

本研究でとりあげる五つの個人差要因において、事前測定した個人差の傾向を把握するために、各個人差要因の平均値と標準偏差を算出した。その際に各個人差要因の平均値の大小を評価するために、各個人差要因と平均値と理論的中央値(各要因の特定範囲における中央値)との間に有意差があるかを確認するために、 t 検定により検討した。

残留農薬に対する事前のリスク認知については、理論的中央値が3であるのに対して平均値は ($M = 4.21$, $SD = 0.90$) であり、理論的中央値よりは有意に高かった ($p < 0.001$)。残留農薬への事前態度1の平均値は $M = 3.71$ ($SD = 1.00$)、残留農薬への事前態度2の平均値は $M = 4.02$ ($SD = 0.85$) であり、食品はできるだけ残留農薬の少ないものがよいという態度に対しては、理論的中央値に比べて有意に肯定的であった ($p < 0.001$)。手続きの公正さの認知に関しては、理論的中央値より有意に低い評価がなされていた ($M = 2.37$, $SD = 0.98$, $p < 0.001$)。政策議論への参加意欲に関しては、理論的中央値に比べて有意に高く評価されたものの平均値自体の値は高くはなかった ($M = 3.30$, $SD = 0.99$, $p < 0.05$)。

4 事前の個人差要因間の関連

次に、有効性の指標との関連を検討するに先立ち、五つの個人差要因間においてどのような関連が認められるのかを確認するために、相関分析の結果を表-5に示す。表-5では、分析した各2変数間の相関係数を行と列が交差する箇所に記載した。まず、事前態度1および事前

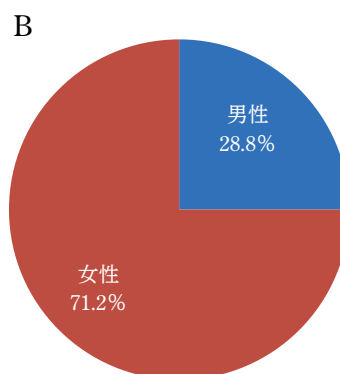
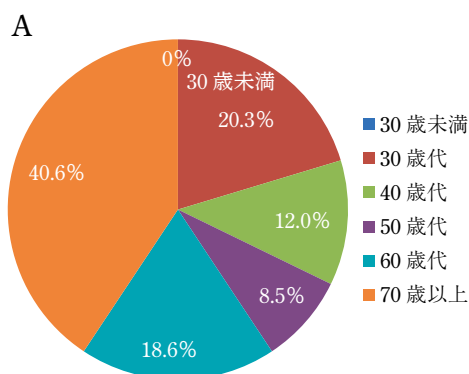


図-7 品川区での検討における参加者の年齢 (A) および性別 (B) の割合

表-5 事前の個人差要因間の相関分析

	手続きの公正さの 認知	政策に関する議論 への参加意欲	残留農薬に対する 事前リスク認知	残留農薬に対する 事前態度 1	残留農薬に対する 事前態度 2
手続きの公正さの 認知	—				
政策に関する議論 への参加意欲	−0.076				
残留農薬に対する 事前リスク認知	−0.165	0.147	—		
残留農薬に対する 事前態度 1	0.044	−0.215	0.591***	—	
残留農薬に対する 事前態度 2	−0.199	−0.209	0.521***	0.621***	—

*** $p < 0.001$.

表-6 リスコミ手法の事後の関心度，理解度およびベネフィット認知度に関する相関分析と重回帰分析

	目的変数					
	事後の食品の安全性への関心度		事後の残留農薬に対する理解度		残留農薬のベネフィット認知	
	標準偏回帰係数 (β)	相関係数 (r)	標準偏回帰係数 (β)	相関係数 (r)	標準偏回帰係数 (β)	相関係数 (r)
手続きの公正さの 認知	0.163	−0.04	0.200	0.07	0.282	0.15
政策に関する議論 への参加意欲	0.080	0.08	0.198	0.22 [†]	0.053	0.15
残留農薬に対する 事前リスク認知	0.046	0.01	0.074	−0.12	−0.103	−0.26 [†]
残留農薬に対する 事前態度 1	−0.424 [†]	−0.14	−0.490*	−0.30*	−0.481*	−0.33*
残留農薬に対する 事前態度 2	0.351	0.03	0.210	−0.21	0.280	−0.19
決定係数 (R^2 値)	0.099		0.187 [†]		0.201 [†]	

[†] $p < 0.10$, * $p < 0.05$.

態度 2 と事前リスク認知の間には有意な相関が確認され ($p < 0.001$)，残留農薬のリスク認知が高い人ほど食品中の残留農薬にマイナスのイメージな態度を示しており，本研究で予測していた関連性が認められた。また，有意ではないが事前態度で食品中の残留農薬にマイナスのイメージな態度を示す人ほど，政策議論への参加意欲は低く，負の相関関係の傾向が示された（政策議論への参加意欲と事前態度 1 の相関係数 $r = -0.215$ ($p = 0.108$)，政策議論への参加意欲と事前態度 2 の相関係数 $r = -0.209$ ($p = 0.123$))。

5 事後の理解度と関心度と個人差要因との関連

事前の各個人差要因と事後の食品の安全性に対する関心度，残留農薬への理解度およびベネフィット認知度と

各個人差要因の相関分析を実施した結果（相関係数 (r ）と，リスコミ手法の有効性に関する指標（関心度，理解度，ベネフィット認知）を目的変数，五つの個人差要因を説明変数とした重回帰分析を実施した結果（標準偏回帰係数 (β)) を表-6 に示す。重回帰分析では，説明変数として投入したその他の個人差要因の影響を統制した場合に，個々の各個人差要因がどの程度リスコミ手法の有効性に影響を及ぼしていたのかを把握するために行った。本研究では相関分析に合わせて重回帰分析を実施し検討することとした。

重回帰分析では事前態度で食品中の残留農薬を否定的に考える人ほど，事後の残留農薬に対する理解度およびベネフィット認知度が高くなることが示された ($p <$

0.05)。相関分析でも同様のことが示された。

各事前の説明変数と目的変数との相関では、有意ではないが政策に関する議論への参加意欲が高いほど、リスクコミ手法事後の残留農薬の理解度が高くなる傾向があった。また、残留農薬に対する事前リスクがないと考える人ほど、事後にベネフィット認知度が高くなるという関連性の傾向が示唆された。

お わ り に

世田谷区の検討では、同じ問題を事前と事後にそれぞれ匿名で行ったため、全体の数の変化をわかりやすく解析することができた。リスクコミ手法は、残留農薬の安全性に関して理解が深まる効果を有することが示された。また、農薬のイメージに関してネガティブイメージを持たれた方が減少し、ポジティブイメージを持たれた方が増加する効果を示すことが示唆された (AKIYAMA et al., 2019)。しかしながら、個人個人に対応づけることができていないため個人個人の意識変化を解析することはできなかった (TAKAGI et al., 2019)。品川区での検討では、事前を表、事後を裏の1枚のアンケート用紙で行った。個人個人を紐づけして対応した解析ができ、個人個人の意識の変化を正確に比較解析できたと考えられる (TAKAGI et al., 2019)。しかしながら、相関分析では、2変数間の関連性を検討するにあたって、該当の要因以外の個人差

要因の影響を排除することができないと考えられた。また、事前と事後を結びつけようとするプロセスで、個人が特定できる可能性が高まるという倫理上のリスクの問題があることから、参加者に個人が特定されるのではないかという疑いをもたれ、率直な意見を回答せずに建前上の意見を回答するということが生じる可能性もあり、実際のリスクコミュニケーションの場面では困難を要する。今後も倫理上のリスクを配慮しながらアンケート調査を工夫して正確なアンケート方法を検討したい。

引 用 文 献

- 1) AKIYAMA, H. (2017): Regulatory Science in Professional Education, YAKUGAKU ZASSHI, 137: 447~452.
- 2) ——— et al. (2019): Jpn. J. Food Chem. Safety. 26: 141~146.
- 3) KIKKAWA, T. (2018): Food Hygiene and Safety Science. 59: J2~J5.
- 4) 吉川肇子 (2012): リスク・コミュニケーション・トレーニング ゲームによる体験型研修のスズメ, ナカニシヤ出版, 京都, 175 pp. (ISBN: 978-4779506970)
- 5) 木下富雄 (2016): リスク・コミュニケーションの思想と技術: 共考と信頼の技法, ナカニシヤ出版, 京都, 242 pp.
- 6) National Research Council (1989): Improving risk communication, National Academy Press, Washington, D.C., 352 pp.
- 7) TAKAGI, A. et al. (2019): Jpn. J. Food Chem. Safety. 26: 119~124.
- 8) 矢守克也ら (2005): 防災ゲームで学ぶリスク・コミュニケーション クロスロードへの招待, ナカニシヤ出版, 京都, 175 pp.

(新しく登録された農薬 12 ページからの続き)

さとうきび (春植え): 一年生雑草, 多年生雑草

水田作物 (水稲を除く): 一年生雑草

移植水稲: 一年生雑草

直播水稲: 一年生雑草

水田作物 (水田刈跡): 一年生雑草, 多年生雑草

水田作物 (水田畦畔): 一年生雑草, 多年生雑草

水田作物, 畑作物 (休耕田): 一年生雑草

茶: 一年生雑草

樹木類: 一年生雑草

樹木等: 一年生雑草, 多年生雑草, スギナ

林木: ススキ, ササ類, クズ等の多年生雑草, 落葉雑草, 雑木, クズ, 竹類

畑作物: 竹類

樹木等: 落葉雑草, 雑木, 雑草

● グルホシネート液剤

24359: バスタ AL (BASF ジャパン) 20/3/11

グルホシネート: 0.10%

だいず: 一年生雑草

えだまめ: 一年生雑草

さやいんげん: 一年生雑草

さやえんどう: 一年生雑草

実えんどう: 一年生雑草

たけのこ: 一年生雑草

茶: 一年生雑草

花き類・観葉植物: 一年生雑草

樹木類: 一年生雑草

樹木等: 一年生雑草, 多年生雑草

桑: 一年生雑草

かんきつ: 一年生雑草, 多年生雑草

りんご: 一年生雑草, 多年生雑草

びわ: 一年生雑草, 多年生雑草

キウイフルーツ: 一年生雑草, 多年生雑草

ぶどう: 一年生雑草, 多年生雑草

なし: 一年生雑草, 多年生雑草

おうとう: 一年生雑草, 多年生雑草

かき: 一年生雑草, 多年生雑草

もも: 一年生雑草, 多年生雑草

小粒核果類: 一年生雑草, 多年生雑草

ネクタリン: 一年生雑草, 多年生雑草

いちじく: 一年生雑草

くり: 一年生雑草, 多年生雑草

キャベツ: 一年生雑草

はくさい: 一年生雑草

きゅうり: 一年生雑草

なす: 一年生雑草

(42 ページに続く)



特定外来生物クビアカツヤカミキリの被害分布と防除：対策におけるちょっとしたコツ

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 ^{か が や えつ こ}加 賀 谷 悦 子

はじめに

クビアカツヤカミキリ *Aromia bungii* (図-1) の日本への侵入が確認されたのは2011年であり(安達, 2017), 今年でちょうど発生が10年目を迎える。本種幼虫はバラ科樹木の樹皮下を食害し, 被害木は時には枯死に至る。被害木はサクラ(ソメイヨシノ) *Cerasus* × *yedoensis* ‘Somei-yoshino’ の本数が最も多いが, 果樹ではモモ *Prunus persica* の被害が深刻である。ウメ *Prunus mume* の被害木も各地で散見される。2018年1月に特定外来生物に指定され, 各地で駆除活動が進められている。成虫は6~7月に出現する。体長約2~4 cmの大型のカミキリムシで全体は艶のある黒色を示し, 前胸背板のみ赤色である。

侵入当初から, 被害地では被害を封じ込めるための活動が開始されたが, 外来種には施用可能な農薬が少なく, 被害木を伐採し, 人の手で成虫や幼虫を捕殺するこ

とから本種防除活動は始まった。その後, 研究の進展や農薬の登録に伴い, 今では多くの手法を防除に用いることができるようになった。今なお, 特効薬的な「これさえしておけば大丈夫」という手法は開発されていないが, 被害地ごとの状況に対応した防除法を実践することにより, 本種の密度を低下させることに成功した場所も多く, それらの手法を各地で実践することで今後被害の封じ込めが進むことが期待される。本稿ではまず, 全国におけるクビアカツヤカミキリの被害分布と発生拡大の経緯を示す。被害がいつどこで始まり, どのような経過をたどってきたのかを知ることは, 今後の対策を各地で考える際に不可欠である。続いて, 防除法の概要を整理し, 防除を成功に導くためのちょっとした「コツ」を紹介する。この小文が被害地で本種防除を実践する人, 樹木管理を指導・実施する人に参考になることを願う。

本クビアカツヤカミキリの研究は, 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」の支援を受けて課題名「サクラ・モモ・ウメ等バラ科樹木を加害する外来種クビアカツヤカミキリの防除法(30023C)」において行っている。

I クビアカツヤカミキリの被害分布と発生経緯

クビアカツヤカミキリが最初に国内で採集されたのは, 2011年埼玉県深谷市であり(安達, 2017), 被害発生は2012年に愛知県海部地方で初めて確認された(愛知県, 2013)。現在では, 樹木被害が認められるのが群馬県, 栃木県, 埼玉県, 茨城県, 東京都, 愛知県, 三重県, 大阪府, 奈良県, 和歌山県, 徳島県の11都府県に及んでいる(図-2)。都道府県単位での被害地数が大きく増えたのは, 2015年に4都府県で新たに既存の被害地からの遠隔地で発見されたときと, 昨年, 2019年に近隣の被害地から分布拡大により新たに4県で被害が発見されたときである。2015年以降は遠隔地での被害は発生していないことから, 生じてしまった被害を拡げずに封じ込めていくことが, 本種対策の現在の重要な課題となっている。



図-1 クビアカツヤカミキリ成虫

Red Necked Longhorn Beetle *Aromia bungii* Damaged Areas in Japan and Rosaceae Tree Protection Methods: Tips for Controlling.
By Etsuko SHODA-KAGAYA

(キーワード: 外来種, 穿孔性害虫, バラ科樹木)

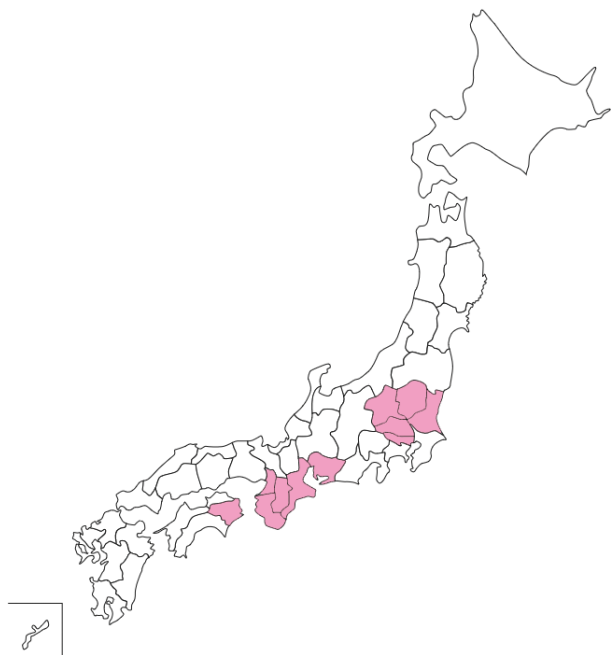


図-2 クビアカツヤカミキリ *Aromia bungii* の被害発生都府県 (2019年現在)

本種の被害は国内で6ブロックに発生地が大別される(岩田, 2018)。ブロック(1)は北関東であり、群馬、埼玉、栃木、茨城の各県にまたがる日本で最大の被害地域である。2019年には群馬県で3,561本(群馬県, 2019)、栃木県で948本(栃木県環境森林部自然環境課・農政部経営技術課, 2019)の被害木が確認された。被害本数が多いのみならず、このブロックでは被害の拡散速度も高く、毎年、未被害だった市町村等自治体への侵入が報告されている。ブロック(2)は埼玉県南部であり、街路樹や庭木の被害が多い。捕獲される成虫数は防除活動により低減していったものの、分布地周縁部への逸出が問題となっている。本ブロックは東京都北部に隣接しており、都県境を越える被害発生を警戒している。ブロック(3)は東京都多摩地方であり、被害は継続しているものの、被害密度は比較的低く保たれている。ここでも周縁部への逸出には悩まされている。ブロック(4)は愛知県海部地方、三重県県北部であり、全国で最初に樹木被害が発見された地点を含む。初発地の海部地域は、被害エリアが狭いため根絶が期待されていたが、2019年には名古屋市内南部(名古屋市, 2019)や三重県北部(三重県, 2019)への拡散が生じてしまった。ブロック(5)は大阪府、奈良県であり、拡散傾向が顕著であり、分布域内における寄主木の被害割合も上昇している。ブロック(6)は徳島県内であり、モモの果樹被害が多く、園地で問題となっている。

被害地ごとで問題となっている樹種に偏りがあり、栃

木や徳島ではモモの果樹害虫としての側面が強い一方、群馬や埼玉ではサクラの被害が多く問題となっている。茨城ではハナモモで最初に被害が見つかった。

どの被害ブロックにおいても、樹木の管理主体の違いが対応を難しくしている。当該自治体の管理地では即座の防除が実施できても、民有地においては所有者が防除の必要性を理解して実施しなければならない。地域全体での駆除活動を行うためには、“本種被害は、発生初期が最も効率よく対策が可能である”という認識を、地域住民を含めて深めていくことが必要であり、これによって地域全体での迅速な対応が進められる。そのために研修会や広報活動が大きな役割を担っている。

筆者は関東在住であるため、ブロック(1)～(3)を中心に被害状況を観察してきた。その中で被害進展の「勢い」が各ブロックで異なるように感じている。すなわちブロック(1)では被害拡大が急速であった一方、ブロック(3)では、被害がよく見られるのはいまだに限られた場所にとどまっている。それぞれ、高密度になってしまってから発見と低密度で発見できたところと、被害が発見されたときの状況に違いがあるものの、それ以外の要因も被害進展の違いにかかわっているのかどうか、今後検証が必要である。

II クビアカツヤカミキリの防除法

一物理・化学・生物の各手法について

クビアカツヤカミキリの防除法は、物理的、化学的、生物的防除に区分される。確実に駆除を行えるのは物理的防除である被害木の伐倒駆除である。今なお、駆除の確実性で伐倒に勝るものはない。ただ、クビアカツヤカミキリの被害木には大径のサクラが多く、数本切るだけでも百万円単位の予算を必要とすることがあり、実施が容易でない現場は多い。果樹園での被害発生時には、周囲に被害を拡げない意識の高い園地で積極的に伐倒駆除が実施されている。環境省は伐倒駆除の実施については、外来生物法で禁止される特定外来生物の運搬ではないとし、積極的な実施を呼び掛けている(環境省, 2019)。クビアカツヤカミキリの排糞孔から千枚通しやノミで外樹皮をめくって坑道をたどり、幼虫を刺殺する方法も物理的防除に含まれる(図-3)。その際は樹幹に傷をつけてしまうため、腐朽が生じないように実施箇所には癒合促進剤のチオファネートメチル剤(商品名: トップジン M ペースト)を塗布するのがよい。成虫の脱出は樹幹下部からのことが多いため、拡散防止のために樹木の根元からおよそ胸高まで網を巻き付けて内部に羽化した成虫を閉じ込める方法もある。



図-3 樹皮下に生息していたクビアカツヤカミキリの幼虫

化学的防除手法である農薬施用については、樹幹内の幼虫を駆除するか、羽化脱出した成虫を対象とするのかで、方法が大別される。樹木内の幼虫を駆除するための農薬には、2通りの施用方法があり、幼虫がフラスを排出する排糞孔から薬剤を注入するものと、樹幹下部に等間隔に開けた穴に注入して樹幹全体で殺虫するものがある。本稿では前者をスプレー剤駆除、後者を樹幹注入と呼ぶ。スプレー剤駆除は簡便である一方、被害が進展してしまった木では防除の成功率が大きく下がると感じている。樹皮下に坑道が入り組み空間が大きくなってしまうと、フラスを排出している幼虫に十分量の薬剤がなかなか到達しないようだ。スプレー剤以外にも登録のある農薬はあるが、主にペルメトリンエアゾール剤（商品名：キンチョールE）とフェンプロパトリンエアゾール剤（商品名：ロビンフッド）が用いられており、キンチョールEはサクラへの適用のみである一方、ロビンフッドは果樹にも適用がある。樹幹注入は被害木中の幼虫を一網打尽にするのに好適である。地際に注入した薬剤が上方へと移行するに従い、摂食中の幼虫を駆除していく。特殊な部位への加害以外には、おおむね高い駆除率を示している（砂村ら，2020）。樹幹注入の薬剤コストはスプレー剤駆除を大きく上回ってしまうが、作業手順が定まっており、木の太さと本数でコストが見積りしやすいため、発注を出しやすい特徴を有する。成虫を駆除するには樹幹全体に薬剤を散布する。1本ずついねいに処理することが必要なので手間ではあるが、高密度化した被害地での抑制には不可欠である。直接成虫に薬液が接触して駆除するのみでなく、残効性のある薬剤には飛来してきた個体から樹木を守る効果も期待される。樹種ごとに用いることのできる農薬が異なるため、使用薬剤を選定するにはその一覧をまとめた松浦（2019）、舟

木（2019）が参考になる。

本種を対象に現在登録がされている生物農薬は、ボーベリア プロンニアティ製剤である商品名：バイオリサ™カミキリスリムと、スタイナーネマ カーボカプサエ剤の商品名：バイオセーフであり、それぞれ成虫と幼虫を防除対象としている。バイオリサ™カミキリスリムは成虫の脱出時期の直前に、食樹の樹幹下部に巻き付けて施用する。成虫がその剤に接触すると感染し、10日ほどで死亡することが期待される。バイオセーフは排糞孔から注入して、幼虫に線虫を寄生させることで死亡させる。クビアカツヤカミキリの生物防除の試みは、まだ小地域内での試験的な施用となっており、その有効性の検証は今後の課題となっている。

III 防除の「コツ」

にべもない言い方になってしまうが、本種の地域内での抑え込みに最も有効なのは、早期発見・早期駆除である。被害初期の樹木での幼虫駆除は、フラスが何箇所も排出されているような被害後何年も経過している樹木での駆除よりも明らかに容易である。サクラを例にとると、樹幹内の水分通道が保持されている間に発見できれば、薬剤の樹幹注入により高い駆除率が期待される（砂村ら，2020）。その後排糞孔からのフラス排出が続く箇所にはスプレー剤駆除を施して、排糞孔からのフラスが排出されなくなったら、伐倒駆除に近い効果を得ることが可能であろう。フラス排出が薬剤を施用しても止まらない箇所は、筆者は千枚通しを用いて、掘り取りによる物理的防除を実践している。ただ、掘り取りはフラスの排出箇所から離れて幼虫が生息していることがあるため、発見できずに作業を終えることもしばしばある。掘り取りを行っていると、千枚通しにも、掘り取りやすい物とそうでないものがあると感じる。握りのしっかりした、太めのものだと、金属部分が樹皮を剥がすときに力をかけても曲がらないので、使い勝手がよい。被害を早期に発見できれば上記のような手間を全木にかけることができるので、地域のバラ科樹木を見守れる目の多さが、防除の成否を左右すると言える。このような多くの手段を用いた防除を実施できないと判断したら、伐倒駆除を躊躇せず進めるべきである。

個体群密度が上昇して被害範囲が拡大してしまったら、薬剤による成虫駆除も実施することが望ましい。成虫の出現直後から複数回、樹幹に薬剤を散布するのがよいと考えているが、薬剤の残効性の評価を進めたり野外における効果を評価したりして、最適な施用時期と頻度を示していく必要が今後あるだろう。散布する際には地



図-4 クビアカツヤカミキリの拡散防止のために網を巻いたソメイヨシノ

際から手の届く上部まで、また、本種は幹のくぼみを好む傾向があるので、そういった薬剤を散布しづらいところにもていねいに施用する必要がある。夏季の調査で幼虫が内部にいると推定された木には、翌春に網を巻き付けて成虫の脱出後の拡散を防ぐ取り組みも実施すべきである。網を巻くときは、上部は隙間なく木に沿わせて、下方は緩やかに広げてスカート状に設置する（図-4）。木の全体に隙間なく網に沿わせると、成虫が木と網の間で体を固定させて網を食い破りやすくなるためである。成虫の脱出期は網を巻いた木に成虫発生がないかをこまめに監視し、発見した成虫は捕殺する必要がある。網の中で雌雄が交尾産卵してしまうと、網をかけた木の衰弱の原因となってしまう。成虫密度を薬剤散布と捕殺で大幅に低下させられたら、その後の対策は先述の単木ごとの徹底的な駆除の実施となる。木に網がかかった状態では幼虫駆除が実施できないため、8月中旬に成虫の脱出が終了したら網を巻いた木では網をはずして、フラス排出部位で幼虫駆除を進める。

防除のコツは、しっかりと見張る、使える手立てをすべて使う、被害の進んだ木は伐ると、あまり新しみのないまどめになってしまった。初期に被害を見つけてはていねいに防除を進める、その営みの先で地域内の根絶が可能となるのだろう。

おわりに

折しも、本稿の執筆時は新型コロナウイルス Covid-19 のパンデミックが宣言され、世界的に脅威の侵入や拡散への関心の中にある。クビアカツヤカミキリも中国原産の可能性が高く、日本のほかにはイタリアとドイツに侵入し被害をもたらした一方、英国と米国のワシントン州では検疫で発見され水際防除された。Covid-19 については、クビアカツヤカミキリの侵入先で被害が米国で最初に甚大な被害が生じたのがワシントン州だったことなど、不思議な符合が認められるが、その意味合いの科学的な検証は難しいだろう。ただ確かなこととして、これらの問題はグローバル化の負の側面に対して、行政が対策を打ち出して、市民の協力と科学のサポートで乗り越えていこうとしていることが共通している。そして、地域における専門家の重要性が指摘されるところも同じである。本種対策の専門家には、樹木医や行政の専門員等を含むが、必要な資格があるわけではない。本種防除の最新知見を学び、現場に足しげく通うことで、だれでも専門家になりうる。多くのクビアカツヤカミキリ問題に関心を寄せる方が、フラスの探索や対策検討のコーディネーションにおいて専門家となり、各地の被害の沈静化の鍵となってくれることを心から期待している。

引用文献

- 1) 愛知県 (2013): 平成 25 年度病害虫発生予察特殊報 2 号, <https://www.pref.aichi.jp/byogaichu/2013/tokusyuhou/tokusyuhou2402.pdf>
- 2) 安達辰男 (2017): 寄せ蛾記 167: 29~30.
- 3) 舟木勇樹 (2019): 植物防疫 73: 413~419.
- 4) 群馬県 (2019): クビアカツヤカミキリの被害状況について (自然環境課), https://www.pref.gunma.jp/houdou/e24g_00055.html
- 5) 岩田隆太郎 (2018): 森林防疫 67(6): 7~34.
- 6) 環境省 (2019): 「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律の規制に係る運用 (クビアカツヤカミキリの運搬及び保管) について」(施行通知).
- 7) 松浦邦明 (2019): 林業と薬剤 230: 11~19.
- 8) 三重県 (2019): 病害虫防除技術情報第 6 号.
- 9) 名古屋市 (2019): 市内で初めて確認された特定外来生物「クビアカツヤカミキリ」に係る緊急調査について, <http://www.city.nagoya.jp/kankyo/cmsfiles/contents/0000119/119683/190731kamikirikekka.pdf>
- 10) 砂村栄力ら (2020): 日本環境動物昆虫学会誌 26: 印刷中.
- 11) 栃木県環境森林部自然環境課・農政部経営技術課 (2019): 令和元年度特定外来生物クビアカツヤカミキリの被害状況等について, <http://www.pref.tochigi.lg.jp/d04/seibututayousei/documents/190930kubiakahigai.pdf>



フルトラニル耐性白絹病菌の発生 および簡易検定法の開発

大分県農林水産研究指導センター 農業研究部 **まつ 松 本 翔 太**
大分県立農業大学校 **そ 祖 田 嘉 教**
大分県豊肥振興局 **た 田 中 けい じ 二 郎**

はじめに

大分県は九州最大の根深ネギの産地である。根深ネギは1965年ごろから県北地域の干拓地を中心に周年生産されており、夏秋作は中山間でも生産されている。近年、県北地域では *Sclerotium rolsii* による白絹病が増加傾向にあり、生育停滞や、収量や品質の低下が問題となっている。本病防除のため生産現場ではフルトラニル粒剤などが使用されているが、2012年ごろから一部地域で防除効果が低下していると考えられる事例が散見されるようになった。そのため、根深ネギから白絹病菌を採集し、フルトラニルに対する感受性を検討した。その結果、フルトラニル耐性白絹病菌が検出された(松本ら, 2019)。ここでは、耐性菌を検出するまでの過程と生産現場でも利用できる簡易検定法について記載した。

I 菌株の採集

2013~18年にかけて県北地域を中心に31圃場から175菌株を採集した。採集した菌核を70%エタノールに5秒、1%次亜塩素酸ナトリウム溶液に1分浸漬し、滅菌水で洗浄した後素寒天培地で培養し、単菌糸を分離して菌株を得た。菌株はPSA斜面培地で保存した。

II 感受性検定

保存した白絹病菌をPDA培地で前培養し、伸長した菌叢を直径4mmのコルクボーラーで打ち抜き、菌叢ディスクを作成した。フルトラニルをそれぞれ、0, 3, 200 ppm となるように加用したPDA培地に菌叢ディスクを置床し、25℃で3日間培養後に伸長した菌糸の長さを計測した。培地の調製には、市販のフルトラニル水和

剤(商品名: モンカットフロアブル 40)を用いた。

その結果、フルトラニルをネギ白絹病防除の常用濃度の200 ppm となるよう加用した培地で明らかな菌糸伸長が認められる菌株があった(図-1)。フルトラニル200 ppm の培地上で1 cm 程度菌糸が伸長した菌株を感受性低下菌と判断した。一方、200 ppm では菌糸が伸長せず、3 ppm でもほとんど菌糸の伸長が認められなかった菌株を感受性菌と判定した(図-1)。31圃場175菌株の感受性を検定した結果、9圃場由来の36菌株で感受性が低下していた(表-1)。感受性の低下が認められたのは、一部地域由来の菌株のみであった。

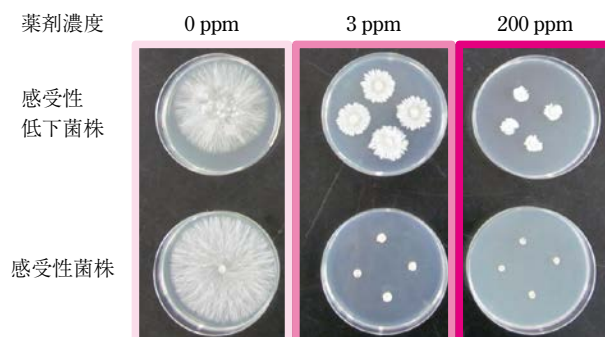


図-1 感受性検定結果

上段: フルトラニル感受性低下菌, 下段: フルトラニル感受性菌.
左からフルトラニル加用濃度 0, 3, 200 ppm.

表-1 フルトラニル感受性検定結果

採集年度	採集圃場数	採集菌株数	感受性低下菌株由来圃場数	感受性低下菌株数
2013	6	6	4	4
2015	4	13	0	0
2016	8	76	1	8
2017	8	46	2	12
2018	5	34	2	12
合計	31	175	9	36

Occurrence of Flutolanil Resistant *Sclerotium rolsii* and Development of Simple Test Method. By Shota MATSUMOTO, Yoshinori SODA and Keijiro TANAKA

(キーワード: 白絹病菌, フルトラニル, 耐性菌, 簡易検定)

III 50%生育阻止濃度 (EC₅₀ 値) の測定

白絹病菌の薬剤感受性検定の手法は確立されておらず、気中菌糸の伸長もあることから、最小生育阻止濃度 (MIC 値) ではなく、EC₅₀ 値を用いて感受性の評価を試みた。供試菌株は 2016 年に採集した感受性低下菌株 8 株と感受性菌株 7 株、2008 年に静岡県野生のフジバカマから分離されたフルトラニルの防除圧を受けていないと推測される菌株 1 株 (MAFF 241227) を用いた。各菌株は PDA 培地で前培養したものを、直径 4 mm の菌叢ディスクに調製して用いた。EC₅₀ 値の測定にも感受性検定と同様に薬剤を加用した PDA 培地を用いた。これらの培地に菌叢ディスクを置床して、25℃で 2 日間培養した。2 日後に伸びた菌糸の長さを計測し、EC₅₀ 値を算出した。EC₅₀ 値の算出には四つの菌叢ディスクの平均を用いた。

その結果、感受性低下菌株の EC₅₀ 値は 1.32 から 2.01 ppm となり、感受性菌株では 0.06 ppm 以下となった (表-2)。野生フジバカマ由来の菌株は 0.05 ppm となり、感受性菌株と同等であった。EC₅₀ 値の中央値は感受性低下菌株で 1.5 ppm 程度となり、感受性菌株は 0.05 ppm 程度となった。感受性低下菌株は感受性菌株や野生菌株と比較して、約 30 倍 EC₅₀ 値が高い結果となった。

IV 生 物 検 定

感受性の低下が認められた菌株について、実際の防除効果を検討するため、生物検定を行った。

試験には 7.5 cm ポットにネギを播種し室内で栽培したネギ苗を供試した。供試菌株には 2016 年に採集した感受性低下菌株 3 株と感受性菌株 3 株を用いた。各菌株をふすま・バーミキュライト培地 (ふすま:バーミキュライト:水=1:1:3) で培養した。培養した菌糸を培

表-2 各菌株の EC₅₀ 値

感受性低下菌株		感受性菌株	
菌株番号	EC ₅₀ 値 (ppm)	菌株番号	EC ₅₀ 値 (ppm)
R1	1.36	S1	0.05
R2	1.52	S2	0.06
R3	1.32	S3	0.06
R4	1.79	S4	0.05
R5	1.76	S5	0.04
R6	1.47	S6	0.06
R7	2.01	S7	0.06
R8	1.32	MAFF241227	0.05

地ごと約 5 g、ネギの脇に置いて接種した。試験区は薬散区と無処理区を設置し、薬散区にはフルトラニル水和剤をネギ白絹病防除の常用濃度である 200 ppm に調製した薬液を 2.5 ml/株散布した。散布は接種直後に 1 回、その 1 週間後と 2 週間後の計 3 回行った。発病指数から発病度を求め、防除価を算出した。発病指数は 0 が発病なし、1 が菌糸を認める、2 が菌核を認めるとした。

その結果、最終散布 13 日後の無処理区の発病度は感受性低下菌株で 37.5、感受性菌株で 41.7 となった (表-3)。一方、薬散区は感受性菌株では発病が認められず防除価が 100 であったのに対して、感受性低下菌株では発病度 29.2 となり、防除価 22.2 となった (表-3)。感受性低下菌株での防除価は感受性菌株よりも低くなった。

このように、生物検定で薬剤の耐性が確認されたため、これまで感受性低下菌としていたものは耐性菌と判断した。

V 簡 易 検 定 法

耐性菌が確認されたのは一部の圃場であり、耐性菌が発見された圃場から感受性菌も確認されることも多いため、圃場ごとに耐性菌の占める割合は異なっていると考えられる。感受性菌に対する、フルトラニルの防除効果は高いため、圃場ごとの耐性菌の割合を見極めることは薬剤を選定するうえで重要な情報である。そのため、生産現場でも利用可能な簡易な検定法が必要である。このことをふまえフルトラニルをネギ白絹病防除の常用濃度

表-3 フルトラニルの最終散布 13 日後

試験区	菌株名	調査株数	発病株率 (%)	発病度	防除価
感受性低下菌株	R5	4	25	12.5	
	R6	4	25	25	
	R8	4	50	50	
	平均値		33.3	29.2	22.2
感受性菌株	R5	4	25	25	
	R6	4	50	37.5	
	R8	4	50	50	
	平均値		41.7	37.5	
感受性菌核	S1	4	0	0	
	S2	4	0	0	
	S4	4	0	0	
	平均値		0	0	100
感受性菌糸	S1	4	75	75	
	S2	4	25	25	
	S4	4	25	25	
	平均値		41.7	41.7	

である 200 ppm 加用した PDA 培地を用いて、耐性菌か感受性菌を見分ける簡易検定法を紹介する。

白絹病菌は培地上での菌糸伸長が速く、雑菌が混入してもそれらより速く菌糸が伸長するため、無菌操作をしなくても短期間であれば菌糸伸長量を測定できる。そのため、無菌操作で調整した培地を持ち運べば、クリーンベンチなどの設備がない生産現場でも簡易に検定できる。フルトラニルを 200 ppm となるように加用した PDA 培地は以下の通り作成した。蒸留水 900 ml に PDA 粉末 (Difco™ Potato Dextrose Ager) 39 g を添加し、高圧蒸気滅菌した後、60℃ほどに冷ましてから、市販のフルトラニル 20% 水和剤を 200 倍に希釈した薬液を 100 ml 添加し、スターラーで攪拌した。調製した培地を直径 9 cm のプラスチックシャーレに 10 ml ずつ分注した。薬液は滅菌せずに用いた。培地および薬液はクリーンベンチ内で調製した。

検定手順は以下の通り。作業はホコリが少ない室内で行う。まず、圃場内から場所の偏りがないよう白絹病の罹病株 10 株程度選び菌核を採集する。菌核を 70% エタノールで洗い砂や土を落とし、滅菌水ですすいでろ紙に置いて水気をとる。その後あらかじめ菌核を置く場所を底に記入したシャーレに菌核を置く (図-2)。このときに対照として、感受性がわかっている耐性菌と感受性菌も一緒に置き、検定が成立しているかどうかを確認する。感受性菌株および耐性菌株は農業生物資源遺伝バンクから取得できる (MAFF 246795, MAFF 246796)。菌核を置く間隔は 2 cm 程度あれば検定できるため、1 圃場分でも 1 枚のシャーレで検定できる。白絹病の発生が多い夏時期であれば室温下 2~3 日後の菌糸伸長量で

検定できるが、気温が低い時期は 25℃ で 2~3 日後の菌糸伸長量で検定する (図-3)。培地のフルトラニル濃度は高めに設定しているため、感受性菌では菌糸伸長は認められない。菌糸が伸長すれば耐性菌と判断してよいと考えているが、その程度は対照として置床した耐性菌の菌糸伸長程度と比較して判断する。

おわりに

今回の大分県における事例は一部地域でのみ発見されたもので、県内に広く分布するものではない。耐性菌が発見された地域は栽培上の都合から粒剤を用いた白絹病防除が主流であるが、ネギで利用できる粒剤は種類が少ないため、フルトラニルの使用頻度が高くなり耐性が発達したものと考えられる。

FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) は、耐性菌の発生リスクを菌そのもののリスクと薬剤の作用機作によるリスクを組合せて判断している (FRAC, 2019)。それによると、白絹病菌の耐性リスクは低いと評価されているため、他地域で耐性が発達するリスクは低いものと考えられる。一方、フルトラニルが属する SDHI 剤は開発の時期から 3 世代に分類されており (HIROOKA and ISHII, 2013; 富田・山下, 2019)、フルトラニルよりも後に開発され、病害スペクトラムが拡大した第 3 世代の SDHI 剤では、ボスカリド耐性キュウリ褐斑病菌 (MIYAMOTO et al., 2009) など、国内外で数種の病原菌で耐性菌の発生報告が続いている。FRAC では現在 SDHI 剤を一つのコードで管理しているが、第 3 世代 SDHI 剤の耐性発達リスクは比較的高いため、SDHI 剤の耐性発達リスクは



図-2 検定培地に置床した菌核

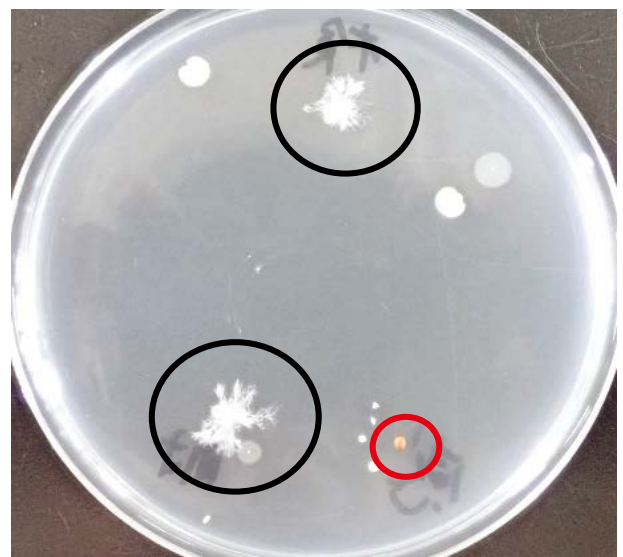


図-3 簡易検定結果

黒で囲った菌株は耐性菌、赤で囲った菌株は感受性菌。細菌の混入が認められるが、検定に大きな影響はない。

フルトラニルを含めて中～高と判断されている (FRAC, 2020)。しかし, 1985 年の上市以来, 水稻, 畑作, 野菜類での使用でフルトラニルの耐性発達は報告されていないため, 2012 年まではフルトラニルの耐性発達リスクは低いと評価されていた。フルトラニル耐性白絹病菌の発見は, 耐性発達のリスクが低いとされていた菌と剤の組合せでも耐性が発達した事例である。そのため, 耐性菌発生のリスク評価も重要ではあるが, リスクが低いとされているものについても作用性の異なる薬剤とのローテーション推奨など対策していく必要があることを示している。

今後は前述した簡易検定法を活用し耐性菌リスク管理を行っていききたい。耐性菌が発見された地域では, 耐性

菌占有率によってフルトラニルの使用頻度を決定するなどの対策が必要と考えられる。フルトラニル耐性菌占有率の年次変動や薬剤の影響などは把握できておらず, 定期的なモニタリングによる対策が必要である。

引用文献

- 1) FRAC (2019): FRAC Pathogen Risk List 2019, (<https://www.frac.info/knowledge-database/downloads>)
- 2) — (2020): FRAC Code List 2020, (<https://www.frac.info/knowledge-database/downloads>)
- 3) HIROOKA, T. and H. ISHII (2013): Journal of General Plant Pathology **79**: 390~401.
- 4) 松本翔太 (2019): 日植病報 **85**: 251 (講要).
- 5) MIYAMOTO, T. et al. (2009): Plant Pathology **58**: 1144~1151.
- 6) 富田啓文・山下真生 (2019): 植物防疫 **73**: 523~530.

(新しく登録された農薬 34 ページからの続き)

ピーマン: 一年生雑草
 とうがらし類: 一年生雑草
 トマト: 一年生雑草
 ミニトマト: 一年生雑草
 いちご: 一年生雑草
 すいか: 一年生雑草
 ねぎ: 一年生雑草
 たまねぎ: 一年生雑草
 ブロッコリー: 一年生雑草
 ズッキーニ: 一年生雑草
 だいこん: 一年生雑草
 ほうれんそう: 一年生雑草
 メロン: 一年生雑草
 レタス: 一年生雑草
 非結球レタス: 一年生雑草
 かぼちゃ: 一年生雑草
 ごぼう: 一年生雑草
 にんじん: 一年生雑草
 アスパラガス: 一年生雑草
 さといも: 一年生雑草
 やまのいも: 一年生雑草
 かんしょ: 一年生雑草
 こんにゃく: 一年生雑草
 ばれいしょ: 一年生雑草
 豆類 (種実, ただし, だいずを除く): 一年生雑草
 ●ピラゾスルフロンエチル・ピリフタリド・プレチラクロール・メソトリオン粒剤
 24361: アピログロウ MX エアー粒剤 (日産化学) 20/3/25
 ピラゾスルフロンエチル: 0.75%
 ピリフタリド: 3.75%
 プレチラクロール: 11.25%
 メソトリオン: 2.25%
 移植水稻: 一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ, ヘラオモダカ, ヒルムシロ, セリ, オモダカ, クログワイ, アオミドロ・藻類による表層はく離

直播水稻: 一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ, ヒルムシロ, セリ
 ●ピラクロニル・フルセトスルフロン・メソトリオン粒剤
 24362: フルパワー MX500 グラム FG (石原バイオ) 20/3/25
 ピラクロニル: 4.0%
 フルセトスルフロン: 0.40%
 メソトリオン: 1.8%
 移植水稻: 一年生雑草, 多年生広葉雑草, エゾノサヤヌカグサ, アオミドロ・藻類による表層はく離
 直播水稻: 一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ, セリ
 ●イプフェンカルバゾン・プロモブチド・ベンスルフロンメチル水和剤
 24363: ウィニングランフロアブル (北興産業) 20/3/25
 イプフェンカルバゾン: 5.0%
 プロモブチド: 18.0%
 ベンスルフロンメチル: 1.4%
 移植水稻: 一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ヘラオモダカ, ミズガヤツリ, ウリカワ, クログワイ, オモダカ, シズイ, ヒルムシロ, セリ, アオミドロ・藻類による表層はく離
 直播水稻: 一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ヘラオモダカ, ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ, セリ
 ●イプフェンカルバゾン・プロモブチド・ベンスルフロンメチル粒剤
 24364: ウィニングランジャンボ (北興産業) 20/3/25
 イプフェンカルバゾン: 5.0%
 プロモブチド: 18.0%
 ベンスルフロンメチル: 1.5%
 移植水稻: 一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ヘラオモダカ, ミズガヤツリ, ウリカワ, オモダカ, クログワイ, シズイ, ヒルムシロ, セリ, アオミドロ・藻類による表層はく離
 直播水稻: 一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ, セリ

【日植防シンポジウムから】

近年の異常気象の実態と予測されている変化

気象庁 地球環境・海洋部 気候情報課 異常気象情報センター

たか
高

つき
槐

やすし
靖

はじめに

2018年の夏、日本は記録的な猛暑となった。埼玉県熊谷市では国内観測史上最高の41.1℃を観測し、6～9月の猛暑日となった地点数の合計はこれまで最も多かった2010年を大幅に超え、全国で熱中症により救急搬送された人数の合計は2010年以降で最も多くなった。このような猛暑のみならず、寒波、大雨や干ばつ等、世界各地で起きた極端な気象現象や気象災害は、頻繁にニュースで取り上げられている。本稿では、このような極端な気象現象の現在の状況や地球温暖化との関係、そして将来に予測されている変化について紹介する。

I 異常気象とは

一般に、「異常気象」という用語は、過去に経験した現象から大きく外れた現象を指して用いられている。気象庁では原則として、統計のため「ある場所、ある時期

において、30年に1回以下のまれな頻度で発生する現象」を異常気象の基準としている。2018年夏の日本の猛暑に限らず、毎年世界各地で異常気象や気象災害が発生している。図-1で見ると、2019年には異常高温が世界各地で何度も発生し、ヨーロッパ北部から中部では6～7月に起きた熱波によって各国の最高気温の記録を更新したところもあった。

このような異常気象はなぜ起こるのだろうか。気象庁では、社会経済に大きな影響を与える異常気象が発生した場合に、大学・研究機関等の専門家の協力のもと「異常気象分析検討会」を開催して異常気象に関する最新の科学的知見に基づく分析検討を行い、その発生要因に関する見解を迅速に公表している。例えば、2018年夏の記録的な高温については、太平洋高気圧と上層のチベット高気圧がともに日本付近に張り出し続けたことが要因で、上層の亜熱帯ジェット気流が、強弱を繰り返しつつ北に大きく蛇行し続けたことと、フィリピン付近の積雲

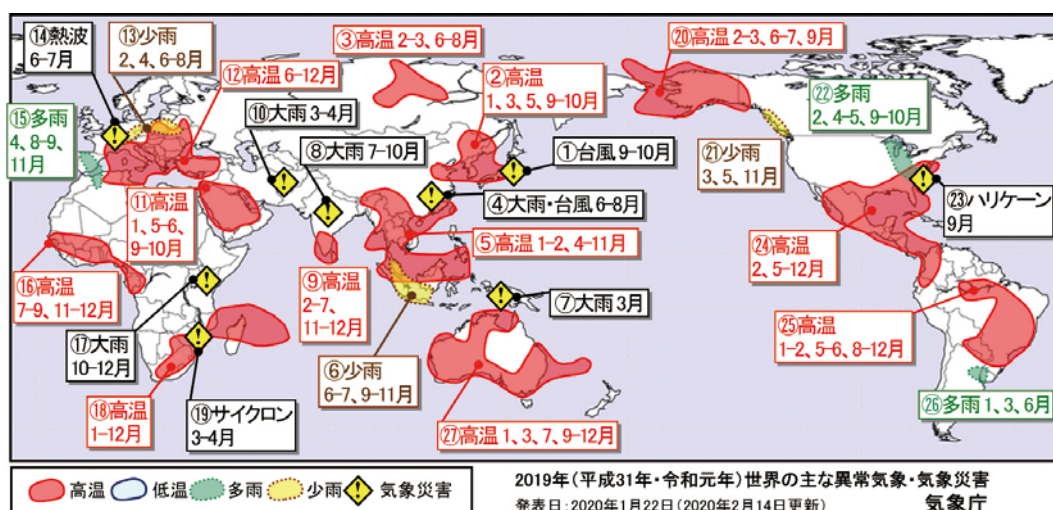


図-1 2019年の主な異常気象・気象災害の分布図

気象庁ホームページ「世界の年ごとの異常気象」(<https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/monitor/annual/>)より転載。

Global Warming and Extreme Climate Events — Recent Status and Future Projection. By Yasushi TAKATSUKI
(キーワード: 異常気象, 地球温暖化, 将来予測)

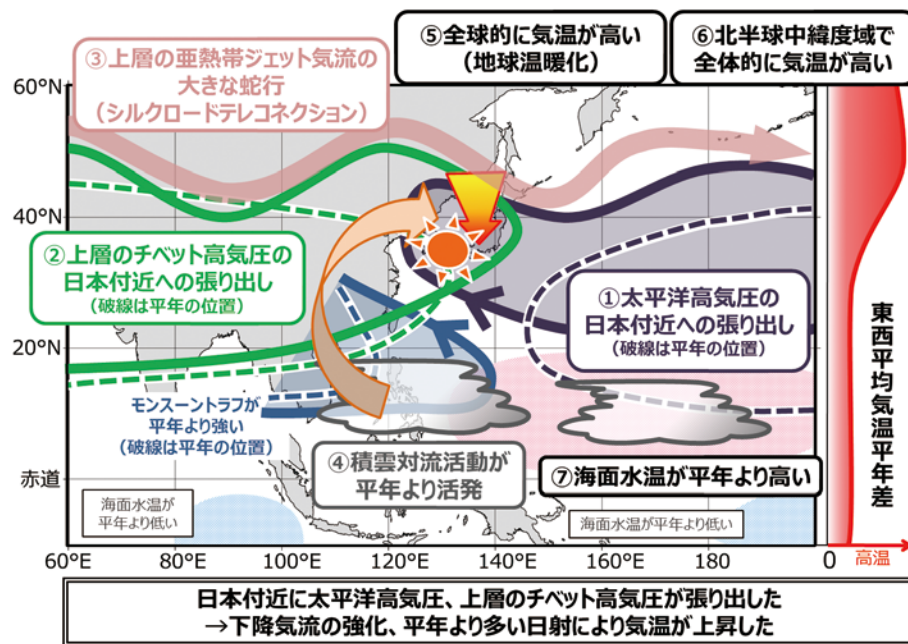


図-2 2018年7月中旬以降の記録的な高温をもたらした大規模な大気の流れ
 気象庁報道発表資料「平成30年7月豪雨」及び7月中旬以降の記録的な高温の特徴と要因について（<https://www.jma.go.jp/jma/press/1808/10c/h30goukouon20180810.html>）より転載。

対流活動が平年より活発だったことが影響した、等と評価された（図-2）。

この例のように、個々の異常気象を分析すると、多くの場合、上空の偏西風（ジェット気流）が通常と異なって南北に蛇行した状態が続いたり、熱帯地域の対流活動（積乱雲の活動）の影響が遠い場所に伝わる等、地球の大気と海洋に見られる自然のゆらぎが一方に大きく振れたときに、平年と比べて著しい高温や低温、多雨や少雨が現れる。大気は、海洋および地表面等と相互に影響を及ぼしながら変動していることから、これらを相互に関連する一つの系（システム）として捉えて「気候システム」と呼んでいる。前述のような自然のゆらぎは、気候システムにもともと備わった性質である。そして、30年以上の期間で見ればどの地点でも1回くらいは「異常気象」が起こりうるものなのである。

II 近年の異常気象の実態

とはいえ、豪雨による災害や猛暑による熱中症等のニュースを耳にすると、最近になって異常気象が増えているのではないかと印象を持つ人も少なくないであろう。観測結果をもとに近年の異常気象の実態を確認してみたい。

都市化の影響が比較的小さく、長期間の観測が行われている気象官署の中から、地域的に偏りなく分布するよう選出した13地点のデータによると、猛暑日（日最高

気温が35℃以上）や熱帯夜（日最低気温が25℃以上）の年間日数は年ごとに大きく変動しながらも長期的に増加しており（図-3）、1910年からの30年間で直近の30年間で比べると、約80年間のあいだに猛暑日は約2.9倍、熱帯夜は約2.6倍に増加した。一方、冬日（日最低気温0℃未満）の年間日数については長期的に減少している。また、100年以上の長期にわたって観測値の均質性が維持されている気象官署51地点のデータを用いて、降水の長期的な変化を見ると、一年間の総降水量には長期的な変化は見られないが、雨の降った日の年間日数は長期的に減少している。一方で、日降水量100mm以上の年間日数は長期的に増加しており、1900年からの30年間で、直近の30年間で比較すると、約90年で約1.4倍に増加している（図-4）。日本の年降水量にはトレンドは見られないことから、雨はまとまって降ることが多くなったともいえる。さらに、気象庁のアメダスデータ（約1,300地点）を使って、過去約40年間の局地的に短時間に降る強い雨の変化傾向を見ると、滝のように降る雨（1時間降水量50mm以上）の年間発生回数は長期的に増加しており、1975年からの10年間で直近の10年間で比較すると、約1.4倍に増加していることがわかる（図-5）。このように、極端な高温や大雨等の極端現象の頻度は近年明らかに変化している。

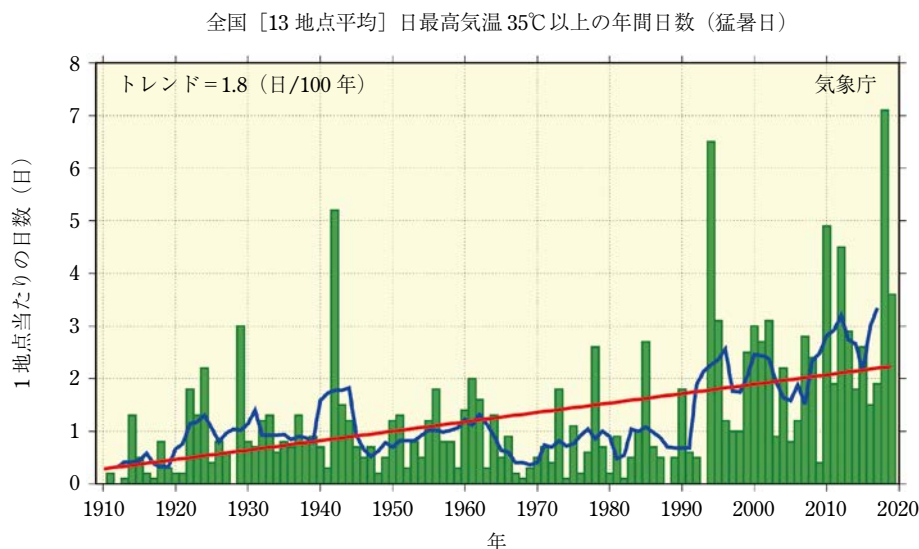


図-3 猛暑日（日最高気温 35℃ 以上）の年間日数の経年変化（1910～2019 年）
棒グラフ（緑）は気象官署 13 地点での各年の年間日数の合計を有効地点数の合計で割った値（1 地点当たりの年間日数）、折線（青）は 5 年移動平均値、直線（赤）は長期変化傾向を示す。

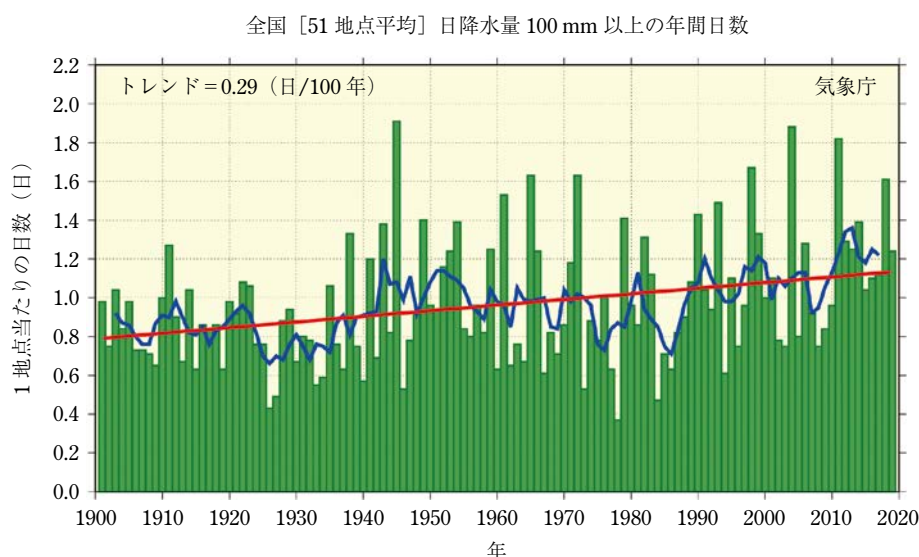


図-4 日降水量 100 mm 以上の年間日数の経年変化（1901～2019 年）
棒グラフ（緑）は気象官署 51 地点での各年の年間日数の合計を有効地点数の合計で割った値（1 地点当たりの年間日数）、折線（青）は 5 年移動平均値、直線（赤）は長期変化傾向を示す。

III 地球温暖化との関係

このような極端な高温や大雨等の極端現象の頻度の変化は、地球温暖化と関係があるのだろうか。まず、地球温暖化の実態について確認しよう。陸上の観測点や海上の船舶による観測をもとに世界の平均気温を評価すると、年ごとに変動しながらも長期的に上昇している（図-6）。2019 年は統計を開始した 1891 年以降で 2 番目に高く、最近の 2015～19 年までの 5 年間で上位 5 番目までを占めることになった。このような長期的な気温の

上昇傾向に対して、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は「気候システムの温暖化には疑う余地がなく」、「人間による影響が 20 世紀半ば以降に観測された温暖化の支配的な原因であった可能性が極めて高い」と評価している（IPCC, 2013）。

気候システムに大きな変化がなければ、システムが極端に揺らいだ結果として起こる気候の極端現象の発生頻度も変化はないだろうが、地球温暖化が進むなど気候システムの特徴が変化した場合、揺らぎの状況も変化する。例えば、気温の極端現象については、気温の上昇と

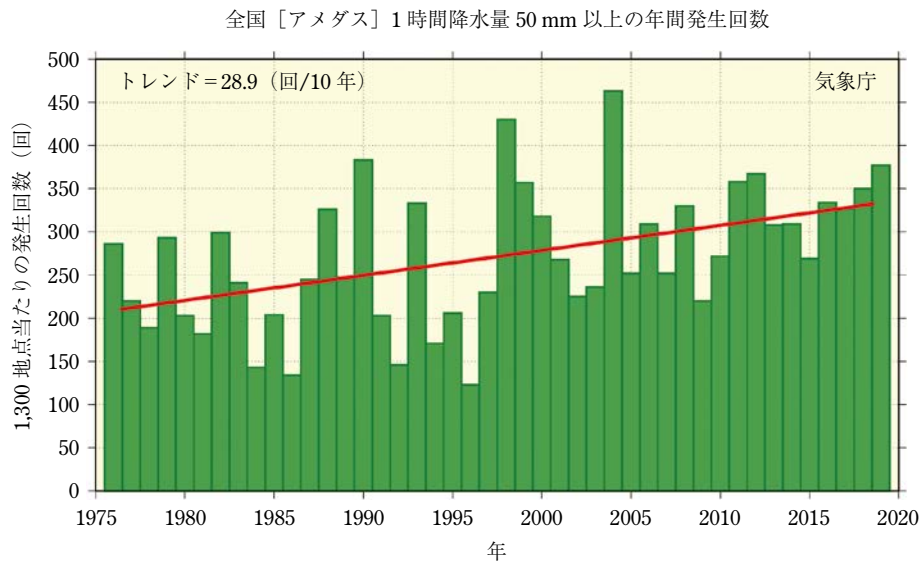


図-5 1時間降水量 50 mm 以上の年間発生回数の経年変化（1976～2019 年）
棒グラフ（緑）は各年の年間発生回数（全国のアメダスによる観測回数を現在の地点数の概数である 1,300 地点あたりに換算した値）、直線（赤）は長期変化傾向を示す。

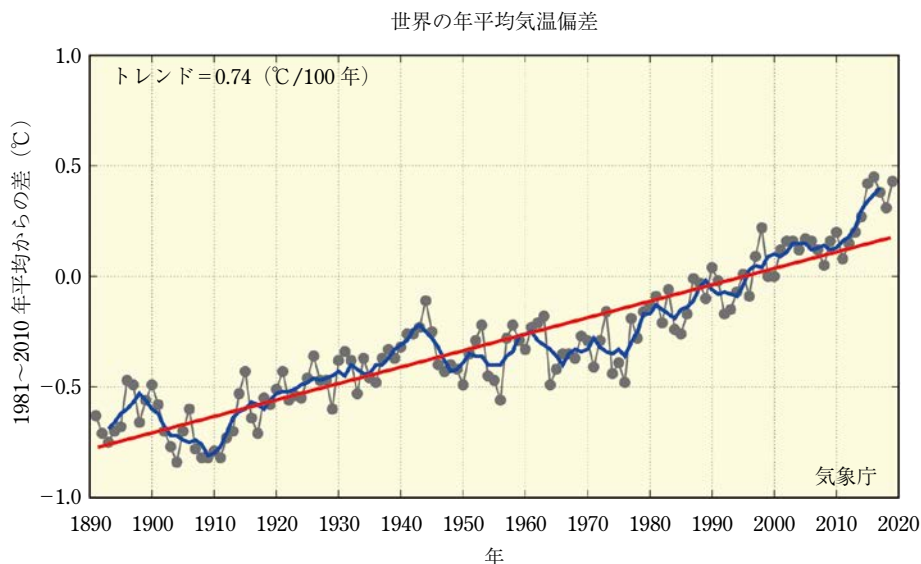


図-6 世界の年平均気温偏差の経年変化（1891～2019 年）
細線（黒）は各年の基準値からの偏差、太線（青）は偏差の 5 年移動平均値、直線（赤）は長期変化傾向を示す。基準値は 1981～2010 年の 30 年平均値。

ともに極端に暑い日の頻度は増え、極端に寒い日の頻度は減少することになる。また、気温が上昇すると、大気中に含みうる水蒸気量も増大する。地球温暖化が進んでも相対湿度はあまり変わらないと考えられているため、水蒸気量の増加に応じて強い降雨の頻度は増加する一方、降雨の頻度は減少すると考えられる。これらの変化傾向は観測結果とよく整合している。

さて、異常気象は自然の変動のゆらぎが一方に大きく振れたときに起こるものなので、一つ一つの異常気象現象について、地球温暖化がその原因であるかを観測デー

タから判断することは、データが少なすぎて難しい。しかし、最近は気候モデルを用いた大量の実験（のべ 6000 年間分など）を行って、特定の異常気象の発生確率が、人間活動によってどれだけ変わったかを確率的に推定することができるようになってきた。これをイベント・アトリビューションと呼んでいる。例えば、2018 年夏の高温を対象に気象研究所が実施した研究によると、地球温暖化が進んでいる現実的な状況のもとでは 2018 年 7 月のような猛暑の発生確率は約 20% と見積もられたのに対し、もし二酸化炭素などの人為的排出がな

くて地球温暖化が起きていなかったならばほぼ0%であった、と評価された（図-7）。つまり、地球温暖化がなければ2018年夏の高温はほぼ起こらなかったともいえる。なお、この手法は、個々の異常気象ごとに評価を行う必要があることには留意が必要である。

IV 将来の予測

将来の気候の予測は、物理法則に従って地球の大気な

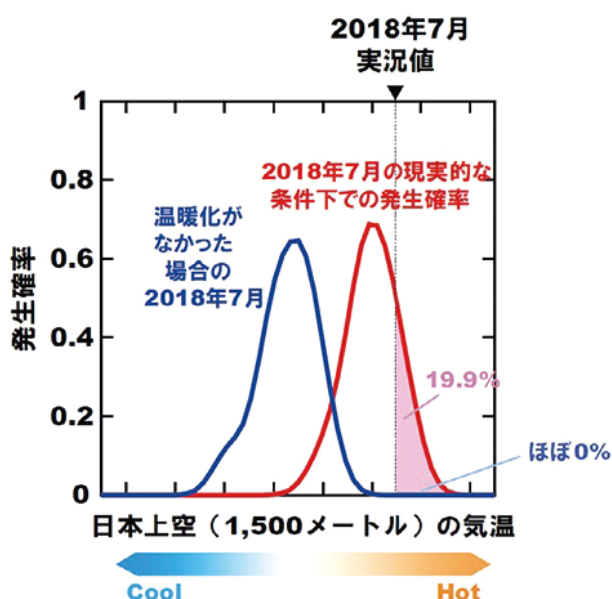


図-7 2018年7月の日本上空の気温の発生確率
2018年7月の日本上空1,500m付近の気温の確率密度分布。赤線は現実の条件下におけるモデル実験、青線は地球温暖化が起こらなかった想定でのモデル実験。
気象業務はいま 2019 (<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/hakusho/2019/index2.html#toc-045>) より転載。

どの状態を再現する「気候モデル」と、気候の状態を変える大きな要因である二酸化炭素の濃度などの将来変化に関するシナリオを用いて行われる。気候モデルは原理的には日々の天気予報を行うモデルと同じであるが、特定の日の天気を予報するのではなく、「平均的な気候の状態」の変化を予測する点が異なる。

世界の平均気温は、現状を上回るような地球温暖化に対する緩和策（温室効果ガスの排出削減など）を行わない場合（RCP8.5 シナリオと呼ばれる）、21 世紀末には1986～2005 年平均と比べて2.6～4.8℃上昇すると予測されている（IPCC, 2013）。一方、厳しい緩和策がなされた場合には、世界平均気温の上昇は0.3～1.7℃の上昇にとどまる（図-8）。日本の年平均気温は、RCP8.5 シナリオに基づく予測によると20 世紀末と比べて21 世紀末までに全国平均で約4.5℃上昇すると予測され、地域的には緯度が高い地域ほど上昇幅が大きくなっている（予測は気象庁（2017）に基づく。以下同じ。）。日最高気温や日最低気温も上昇すると予測されていることから、猛暑日や熱帯夜も全国的に増加すると予測されている。このため、夏には熱中症のリスクがさらに増大することになる。一方、冬日、真冬日は全国的に減少すると予測されている。とはいえ、寒い日がなくなるわけではないことには留意が必要である。

日本の年降水量については、増減傾向が異なる地域が多く、また年々変動の幅も大きいことから、ほぼ全国的に有意な変化傾向は見られないが、大雨や短時間強雨の発生回数については有意な変化が予測されている。例えば、日降水量が200 mm 以上の大雨の年間回数は、ほぼ

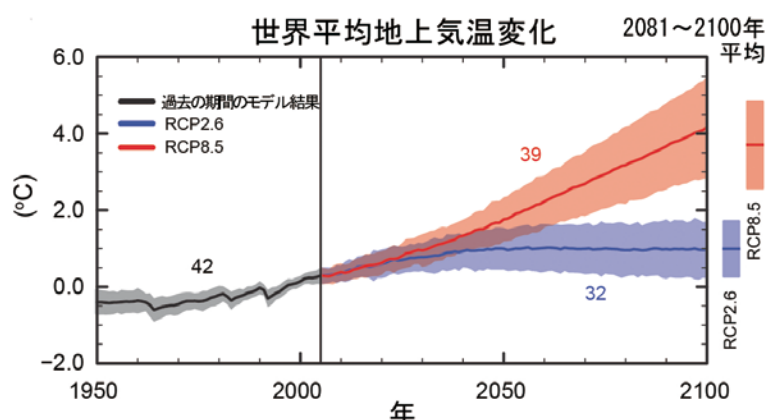


図-8 世界平均の地上気温の変化の予測
1986～2005 年平均に対する変化。予測と不確実性の幅（陰影）の時系列を、RCP2.6（青；厳しい緩和策がなされた場合）と RCP8.5（赤；現状を上回るような温暖化対策を行わない場合）のシナリオについて示した。黒と灰色の陰影は、復元された過去の強制力を用いてモデルにより再現した過去の推移である。グラフの右端に2081～2100 年の平均値と不確実性の幅を示している。IPCC（2013）より一部編集のうえで転載。

すべての地域で有意に増加し、全国平均では 20 世紀末の 2 倍以上となると予測されている。また、滝のように降る雨（1 時間降水量が 50 mm 以上）の発生回数もすべての地域で有意に増加し、全国平均で 2 倍以上となると予測されている。また、年最大日降水量は、ほぼ全国的に有意に増加し、ほとんどの地域で将来変化量が現在気候の年々変動の幅よりも大きいことから、現在ではほとんど観測されないような年最大日降水量が例年のように出現することを意味している。

日本の降雪については、年降雪量は、北海道内陸の一部地域を除いて全国的に有意に減少すると予測されている。また、降雪期間の始まりは遅くなり、終わりが早まるため、降雪期間としても短くなると予測されている。このような変化は積雪量も変化させ、また融雪の時期の変化も考えると、融雪期の河川流出量や流出時期の変化をもたらすことになり、水資源の観点でも様々な影響が起りうるだろう。予測結果を見ると、厳冬期には、20 世紀末と同程度の降雪量となる年も見られる。これは、温暖化しても厳冬期の気温が 0℃ を下回る場所では、温暖化によって水蒸気が増えた分だけ、降雪量が増えるためと考えられる。

現在から十年程度先の予測については、現在の温室効果ガスの排出状況などを考えると世界の平均気温はさらに上昇すると予測される。一方、特定の年の状況については、年々から十年規模の自然変動の幅が大きいことから、予測することは非常に困難である。このような数年から十年規模の気候予測は、現在の最先端の研究課題の一つとなっている。

おわりに

近年、世界の平均気温が高い年が続いており、極端な高温や大雨等の頻度も増加していることが明瞭になりつつある。さらに、今後も地球温暖化が進行し、暑い日や大雨の発生頻度はさらに増加すると予測されている。このような中、緩和策への取り組みのみならず、すでに起きつつある地球温暖化による影響に対して損害を和らげ、回避し、または有益な機会を活かそうとする地球温暖化への適応策が重要となっている。これには災害を防ぐためのインフラの整備を進めるなどの取り組みはもちろん、気象注意報や警報、天気予報等様々な気象情報を踏まえて個々人の適切な対応に結びつけようとする、ソフト面での対応も重要である。

気象庁では、日頃の防災対策からインフラ整備といった長期的な対策にまで役立つよう、様々な期間を対象として天気予報や気象警報、季節予報を発表するほか、地球温暖化の影響評価や適応策の検討に資するよう地球温暖化予測情報を公開し、その格子点データも利用できるようにしている。ぜひこれらの気象情報を活用いただきたい。

引用文献

- 1) IPCC (2013): 第 5 次評価報告書 第一作業部会報告書 政策決定者向け要約 (気象庁訳), (https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/ipcc_ar5_wg1_spm_jpn.pdf)
- 2) 気象庁 (2017): 地球温暖化予測情報第 9 巻, (<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GWP/index.html>)

植	物	
	防	疫
講	座	

病害編-28

Cercospora 属とその類縁菌による病害の発生生態と防除

三重大学大学院生物資源学研究科 なか しま ち はる
中 島 千 晴

はじめに

Cercospora 属とその類縁属菌は、主に葉に褐色の斑点性病斑を形成する子のう菌で、ミコスファエレラ科に所属する菌群が *Cercospora* 属に代表される形態的特徴を共有することからこのように呼ばれる。通常はアナモルフ時代が標徴として現れ、観察されることが多い。世界中から報告があるが、日本だけでも農作物、林木、野生植物に 400 を超える病名が登録されている（日本植物病理学会, 2020）。また病名は提案されていないもののシダ植物から裸子植物、被子植物まで幅広く宿主として利用している。病斑は主に葉に形成されるため、病名としては角斑病、褐斑病、斑点病等が用いられる。また種子に感染する例としては *Cercospora kikuchii* によるダイズ紫斑病（図-1A）が知られる。

標徴は形成された病斑上に分生子柄と分生子からなる白色、褐色、灰緑色等の分生子塊を形成する。この分生子塊が叢生するさまから、すすかび病の名称をもつ病害も多い。完全時代は“mycosphaerella-like”であるが、日本ではほとんど観察されることはない。

代表的な病害としてはテンサイ褐斑病（図-1B）が挙げられる。*Cercospora beticola* によるこの病害は世界のテンサイ産地で被害が大きく、重要な病害となっている。このほかには *C. apii* によるセルリー/ミツバ斑点病（図-1C）、*C. nicotianae* によるタバコ白星病（図-1D）、*C. citrullina* によるウリ類の斑点病（図-1E）、*C. lactucae-sativae* によるレタス（チシャ）の褐斑病（図-1F）があり、いずれも健全部との境が明瞭な斑点を形成するのが特徴である。*Pseudocercospora* 属の病害としては、やはり関連属菌である *Fulvia fulva* によるトマト葉かび病（図-2C）に対する抵抗性系統の導入で顕在化した *Pseudocercospora fuligena* によるトマトすすかび病（図-2D）、*P. fijiensis* によるバナナシガトガ病（図-2F）、*P.*

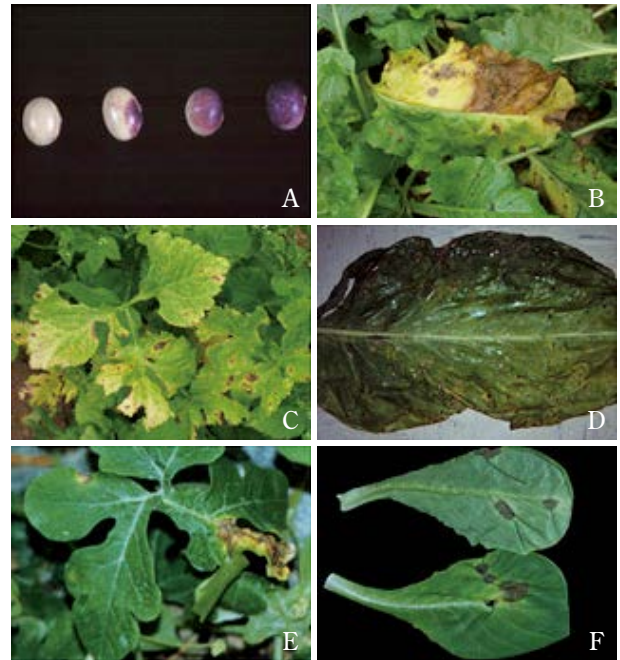


図-1 *Cercospora* 属菌による病害

A: ダイズ紫斑病, B: テンサイ褐斑病, C: ミツバ斑点病, D: タバコ白星病, E: ウリ類斑点病, 図はスイカ, F: レタス褐斑病.

pini-densiflorae によるマツ葉枯病等がある。これ以外の類縁属菌として *Pseudocercospora capsellae* (Syn. *Neopseudocercospora capsellae*) によるアブラナ科作物の白斑病（図-2A）、*Passalora sequoiae* によるスギ赤枯病/溝腐病（図-2B）等が挙げられる。

I 病原菌の形態と分類

Cercospora 属とその類縁属菌は、テレオモルフ時代がかつては *Mycosphaerella* 属菌とされていたが、命名規約の改定により、各アナモルフ属が正名として扱われる。病斑上に形成される針状から倒棍棒状の分生子を用いて、容易に単孢子分離が可能である。発芽率は大変によく新鮮なサンプルであればほぼ 100% 発芽する。*Cercospora* 属および *Pseudocercospora* 属菌の場合、発芽可能温度は 10~35℃、至適温度は 25℃ 付近、水素イオン濃

Diseases Caused by the Species of *Cercospora* and Its Allied Genera. By Chiharu NAKASHIMA

(キーワード: *Fulvia*, *Pseudocercospora*, 形態, 分類, 病徴)

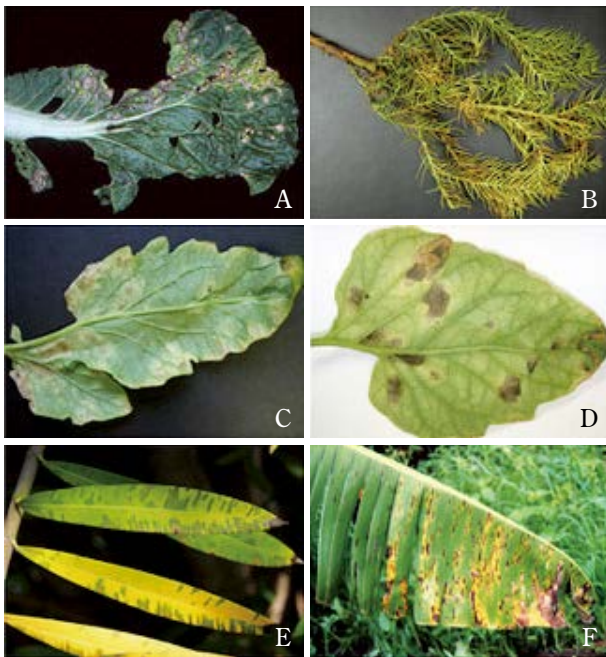


図-2 *Cercospora* 属の類縁属菌による病害

A: ハクサイ白斑病, B: スギ赤枯病, C: トマト葉かび病, D: トマトすすかび病, E: キョウチクトウ雲紋病, F: パナシガトガ病.

度は pH3~9 で発芽が可能で pH7~10 で生育がよい, 湿度は 100% で最もよく発芽するが, 水中では発芽率が下がることもある。至適条件では, 2 時間後には発芽を開始する。培養は容易で栄養が豊富な培地では菌叢の生育が旺盛であるが, 生育は比較的遅く, 4 週間で 1~2 cm 生育し, その後生育を停止するものも多い。培地上での分生子柄, 分生子の形成はまれで, 宿主の葉を加えたり, V8 寒天培地, オートミール寒天培地を用いたり, 紫外線の照射, 付傷等の工夫が必要である。長期保存は適当な培地に培養後, 菌叢ディスクを 10% グリセロール溶液に入れ, -80°C で管理するか, 試験管で 1 か月ほど培養後, シリコン製ダブルキャップに交換し, 室温で保管するとよい。

形態観察は病斑部の切片を作成し顕微鏡下で観察する。菌体(図-3)は葉の両面もしくは裏面に形成される。大型の細胞からなる数細胞もしくは $100\mu\text{m}$ になる子座を気孔下もしくは表皮下に形成し, そこから分生子柄を単生もしくは叢生する。分生子柄は分生子形成細胞を兼ね, 真っ直ぐないし湾曲する。分生子形成細胞は, 全出芽型に分生子を形成し, それによりジグザグに伸長(シンボジオ)もしくは貫生しながら伸長(パーカーレント)する。分生子が離脱した痕が肥厚(*Cercospora* 属(図-3A), *Cercospora* 属(図-3B), *Fulvia* 属(図-3C), *Passalora* 属(図-3D, E)等)ないし肥厚しない(*Pse-*

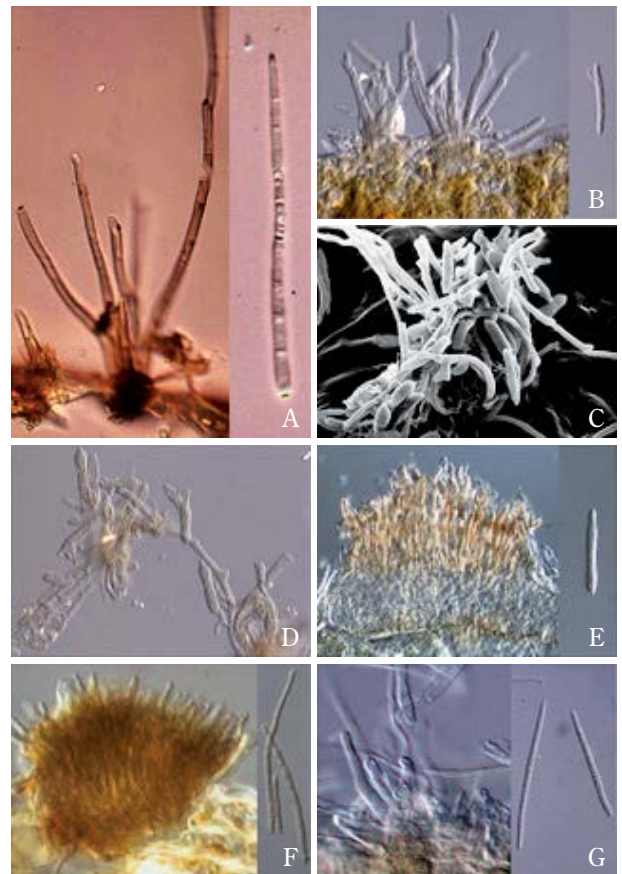


図-3 主要な *Cercospora* 属とその類縁属菌の形態

A: 狭義 *Cercospora* 属, 分生子形成細胞の分生子離脱痕および分生子基部が着色し肥厚している (*Cercospora apii*), B: *Cercospora* 属, 菌体は無色で分生子形成細胞の分生子離脱痕および分生子基部が着色せず肥厚している (*Cercospora virgaureae*), C: *Fulvia* 属, 連鎖する分生子の先端が屈曲する (*Fulvia fulva*), D: 広義 *Passalora* 属, 病斑上を遊走する菌糸から短い分生子柄が形成され分生子を形成する (*Mycovellosiella nattrassii*), E: 広義 *Passalora* 属, 分生子柄が分生子をシンボジオ型に形成することでジグザグ状に屈曲し分生子形成細胞の分生子離脱痕および分生子基部が肥厚 (*Fusoidiella anethi* = *Passalora puncta*), F: *Pseudocercospora* 属, 分生子柄が分生子をシンボジオ型もしくはパーカーレント型に形成するが分生子形成細胞の分生子離脱痕および分生子基部は肥厚しない (*Pseudocercospora* sp.), G: *Pseudocercospora* 属, 無色の分生子形成細胞の分生子離脱痕および分生子基部は肥厚しない (*Neopseudocercospora capsellae* = *Pseudocercospora capsellae*).

udocercospora 属(図-3F), *Pseudocercospora* 属(図-3G))といった特徴により属レベルの重要な形質も観察できる。分生子は多くが単生し, 針状~倒棍棒状であるが, *Fulvia* 属のように分生子の連鎖により先端部が屈曲するものがある。前出のトマトすすかび病と葉かび病もしばしば病斑では誤診されるが, 胞子を掻き取り顕微鏡下で観察すると前者が倒棍棒状の分生子であるのに対して, 後者が連鎖し円筒形の分生子と先端部が屈曲する分

生子を持つことから容易に区別できる。大きさは数十 μm から 100 μm ほどで、幅は 2~5 μm ほどである。属レベルの類別はこれらの形態形質の組合せにより行われる。近年では *Passalora* 属の再検討が進み関連属菌として 94 属が知られるが、それらの定義は本稿では扱わないので、日本産としてよく見られる属については既報の論文・解説（中島, 2002 a ; 2002 b ; 2008）を参照されたい。また最新の各属の概念については BRAUN et al. (2013) および VIDEIRA et al. (2017) を参照されたい。

種概念は、かつては一つの宿主植物属もしくは数種の植物に対し 1 種とされ、同一宿主上での形態的特徴が異なれば、別の種名を与えてきた。そのため、世界では 5,000 種を超える種名が *Cercospora* 属とその類縁属菌に与えられることになった (CROUS and BRAUN, 2003)。これは、*Cercospora* 属とその類縁属菌の接種試験の結果、宿主が限定されたということが前提となっている。

一方で、近年のこれらの属レベルでの包括的な分子系統解析の結果が示されている (VIDEIRA et al., 2017)。これは rDNA LSU, ITS と *rpb2* の結合データを用いたもので、主要な各属が明瞭に認識されている。また ITS 領域による BLAST 検索などによっても属レベルでの同定は可能で、信頼に足る配列が相同性において上位に上がってくる場合には、その属に所属するとして構わない。各属内の種レベルでは多遺伝子領域の結合配列により *Cercospora* 属 (GROENEWALD et al., 2013 : ITS, *act*, *cal*, *his H3*, *tef-1a*), *Pseudocercospora* 属 (CROUS et al., 2013 : LSU, ITS, *act*, *tef-1a* ; NAKASHIMA et al., 2016 : ITS, *act*, *tef-1a*, *rpb2*) の多数の種を評価した分子系統樹が提示されている。その結果、*Pseudocercospora* 属ではこれまでの前提通り、宿主植物と密接に関連し、1 種が宿主属を超えて感染している例はほぼなく、これまでの種の認識が支持され、*rpb2* 領域が種を認識するうえでの鍵となる遺伝子座であることがわかった (NAKASHIMA et al., 2016)。しかしながら *Cercospora* 属菌の場合、分子系統樹の中で 1 種と認識されるものが、宿主として複数の属ないし科に属する宿主を含んでいて、相互に病原性を有した (GROENEWALD et al., 2013)。また、科、属を超えた病原性を示すが、同じ属内の別種の植物には病原性を示さない例も見られ (未発表)、これまで宿主範囲が狭いとされた一因と思われる。すなわち、狭義 *Cercospora* 属菌の一部は、多犯性であり、宿主植物からの種同定は慎重に行われるべきで、これまでの宿主を異にするごとに種名を与える、もしくは宿主だけを根拠に既知の種と同定することはできないことを示している。また、現時点では種を認識するうえで鍵となる有力な遺伝子座は見いださ

れていないため、宿主上の形態と分子系統樹上の位置を考慮しながら同定をすることとなる。

II 発生生態

Cercospora 属とその類縁属菌による病害は、上述の生育条件で示す通り、寒帯から熱帯まで幅広く発生し、幅広い環境下で観察される。おなじ *Cercospora* 属とその類縁属菌の種であっても、種により生育適温や湿度条件が異なるため、発生状況が違ってくる。トマトすすかび病は比較的高温を好むため一般に夏期に発生が多く、気温が下がるにつれてトマト葉かび病が増加する。また、加温施設栽培では、同一施設内でも場所、気温、湿度、加温のタイミングによってこの 2 種の病害の発生状況が異なることも知られる。主に草本の農作物を宿主とする *Cercospora* 属菌および *Pseudocercospora* 属菌の場合、分生子による接種後 7~10 日で初期病徴を再現し、14 日後には原病徴を再現して病斑上に分生子塊を噴出させる。この分生子は湿度を持った風により分散するため、栽培施設内ではミスト灌水や水耕パネルの洗浄作業などでも伝搬していると思われる。木本植物を宿主とする *Pseudocercospora* 属菌の場合、接種 2~3 週間で初期病徴を再現し、4 週後には原病徴を再現し、分生子塊を噴出させる。野外での発消長は、2~5 月ころまでに新葉に病斑を形成し、分生子を飛散させて伝染源となる。それらが早期落葉するといったん、目に見える罹病葉は少なくなる。その後、8~12 月にかけて再び病斑を伴う葉が目立つようになり、分生子を分散させる。その後、罹病葉は落葉するが、病斑上の分生子柄と分生子は発芽能を残したまま越冬する。その後、落葉上の分生子は脱落するものの 2 月ころより再び新しい分生子を形成し、樹上の新葉に感染して病斑を形成、分生子を形成するようになる (NAKASHIMA and KOBAYASHI, 1997 ; YANO et al., 2015)。

上述のような風媒伝染に加え、*Cercospora kikuchii* によるダイズ紫斑病 (図-1A) は種子伝染することが知られる。罹病葉上の病斑部に形成された分生子は、風媒により莢に感染し、種皮に特徴的な紫斑を生じさせる。種皮に菌糸の状態で存在する病原菌は植物の発芽の際に、子葉や胚軸へ感染し、再び地上部にて病斑を形成、分生子を分散して伝染源となるとともに、莢に感染し紫斑粒として次世代へと引き継がれてしまう (MATSUMOTO and TOMOYASU, 1925)。

III 病徴

代表的な病徴は褐斑であるが、その種類は様々で、主に葉の両面に形成され葉脈に区切られた角斑、多角斑、

葉脈に限定されない褐斑，円斑，中心部が白色から灰白色となる白星，白斑，条斑等もよく見られる。葉表面においては明瞭な病斑を形成せずに，主に葉裏面に褐変する病斑が形成され，大量の分生子柄と分生子が標徴として観察される「すすかび」や，雲紋といった病徴（図-2D，E）もある。これは，気孔から噴出し表面を遊走する菌糸や，気孔下の子座から分生子柄と分生子が大量に形成されたものである。

IV 防 除 対 策

Cercospora 属とその類縁属菌は，宿主との関係が密接で，宿主範囲は比較的狭い。しかしながら，絶対寄生菌ではなく，腐生生活が可能で，特別な越冬形態をとることなく分生子の形で越冬が可能である。前述の発生生態とともに考えると，伝染環を断ち切るため，健全種苗の利用，罹病植物・病害残渣の処理，肥培管理等基本的な耕種的防除と圃場衛生の徹底が他の病害と同じく重要となる。抵抗性系統の利用については，トマト葉かび病においてレースに対応する非病原性/病原性遺伝子と抵抗性遺伝子の解明が進み（Iida et al., 2015），抵抗性系統の導入が進んでいる。一方で新レースの出現により，病害の発生は続いている。

蔬菜・果菜類の褐斑病，すすかび病および樹木類の斑点症（シュードサーコスボラ菌）等に対して，様々な農薬が登録されていて，ベノミル，チオファネートメチル，ジエトフェンカルブ，ボスカリド，アゾキシストロビン，トリフルミゾール，硫酸銅，銅水和剤，マンゼブ，キャプタン，TPN 等があるが，関係機関・団体の指導を受けて使用されたい。薬剤耐性菌は多く発生していて，ベンゾイミダゾール，DMI，QoI，SDHI 等の代表的なグループに耐性菌が生じており，代表的な病害としてはテンサイ褐斑病，トマト葉かび病，トマトすすかび病，ナスすすかび病等が挙げられる。トマトすすかび病は葉かび病抵抗性系統の導入により，近年になって顕在化してきた病害であるが，我々の調査では，既にベンゾイミダゾール耐性を有する系統が多く見いだされている。これは，これまでに葉かび病防除のために散布された薬剤により抵抗性の変異系統が選択されてしまったことを示し

ているのであろう。

お わ り に

Cercospora 属とその類縁属菌による病害は，世界でも重大な被害を生み続けている。テンサイ褐斑病やスギ赤枯病，造林地におけるユーカリの斑点性病害などで，さらにはバナナのシガトガ病は防除をしない場合には50%以上収量が減少するとして4～5日に一回は予防的に薬剤散布が行われている。また，病害として重要な位置を占めながら宿主範囲さえ具体的に明らかにされていないなど課題も多い。

トマト葉かび病抵抗性系統の導入はトマトすすかび病を顕在化させた。この顕在化の過程は，突然侵入してきたというものではなかった。多くの現場で，葉かび病抵抗性系統を導入したにもかかわらず，病害が抑えられないという報告を基に検鏡するとすすかび病であることがわかったり，我々のサンプル送付依頼で改めて検鏡するとすすかび病であったという事例もあった。これまでの種の定義が植物病理学上は大変理解しやすいものであったが，今後は分子系統，宿主上の形態，病原性を組合せた適切な分類体系の構築と診断基準の提示が，これらの糸状菌による病害の適切な防除の第一歩となるであろう。

引 用 文 献

- 1) BRAUN, U. et al. (2013): IMA Fungus 4: 265～345.
- 2) CROUS, P. W. and U. BRAUN (2003): *Mycosphaerella* and its anamorphs: 1. Names published in *Cercospora* and *Passalora*, CBS Biodiversity Series No. 1., Westerdijk Fungal Biodiversity Institute, the Netherlands, 571 pp.
- 3) ——— et al. (2013): Stud. Mycol. 75: 37～114.
- 4) GROENEWALD, J. Z. et al. (2013): ibid. 75: 115～170.
- 5) IIDA, Y. et al. (2015): PLoS One 10(4): e0123271.
- 6) MATUMOTO, T. and R. TOMOYASU (1925): 日植病報 1(6): 1～14, 1 plate.
- 7) 中島千晴 (2002 a): 森林防疫 51: 122～132.
- 8) ——— (2002 b): 同上 51: 147～156.
- 9) ——— (2008): 同上 57: 256～263.
- 10) NAKASHIMA, C. and T. KOBAYASHI (1997): 日植病報 63: 309～315.
- 11) ——— et al. (2016): Mycol. Progr. 15: 1093～1117.
- 12) 日本植物病理学会 (2020): 日本植物病名目録 (2020年1月版), <https://www.ppsj.org/pdf/mokuroku/mokuroku202001.pdf>
- 13) VIDEIRA, S. I. R. et al. (2017): Stud. Mycol. 87: 257～421.
- 14) YANO, T. et al. (2015): Acta Hort. 1096: 389～396.

植 物 防 疫 講 座

病害編-29

花き類病害の発生と防除

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
遺伝資源センター

佐

藤

まもる
衛

はじめに

花きは種類・品種が多く、作付け時期や栽培方法も多様であることから、発生する病害は極めて多い。また、新しい種類・品種が次々と開発・導入されることから、既知の病原体（病原微生物）であっても種類・品種によって病徴や標徴がちがうことが多く、診断がむずかしいのが現状である。さらには、花きに発生する病害は野菜の病害と共通のものも多いため、花きだけでなく周辺の野菜や作物の病害発生にも気を配る必要がある。花き類の病害については、インターネット版日本植物病害大事典（全国農村教育協会）、花き病害図鑑（農研機構野菜花き研究部門）、ルーラル電子図書館 病害虫・雑草・鳥獣害（一般社団法人農山漁村文化協会）等が参考となる。また、病原体の情報については、日本植物病名データベース（農研機構農業生物資源ジーンバンク）が参考となるので、一度ご覧いただきたい。

I 病原体と主な病気

花きにおいては、花はもちろん葉も鑑賞の対象になることから、病害の防除レベルは高く設定されることとなる。

病原体は、主に、糸状菌類（かび）、細菌類、ウイルス・ウイロイド等に分けられる。また、表-1には、花き類の病害数を記載した。花き類（野草・草花）では、病害数が多いことがわかるのではないだろうか。

糸状菌に感染した場合には、植物の全身または一部が水分を失って萎凋～枯死したり、葉や花等に特徴的な形と色の斑点を形成したり、病原菌の進展・増殖に伴った腐敗、生育不良等がひきおこされる。

細菌は、気孔などの開口部や傷口等から侵入・感染する。植物の全身または一部が水分を失って萎凋～枯死、腐敗～軟腐、小さな斑点～水浸状の病斑の形成、変色等がひきおこされる。

ウイルス・ウイロイドについては、昆虫によって媒介

されたり、接触で伝搬されるものが多い。萎縮～わい化、葉色の変化、生育の異常～奇形、え死などがひきおこされる。

II 診断

的確な防除対策を立てるには正しい診断が不可欠となる。診断をまちがうと、どんなに高価な薬剤を使っても効果的な防除はできなくなってしまう。診断は、圃場全体～植物全体を見て行う。例えば、褐変したキクの葉1枚では、診断はむずかしい。葉そのものに問題があるのか、茎～根に問題があるため葉に症状がでているのか判断が難しいからである。また、病気以外に、農薬などによる薬害や栽培環境による生理障害等様々な要因によっても葉は褐変することがあるため、株全体を見て総合的に判断しなければならない。

診断は病害防除の出発点でもあり、病名を特定することだけでなく、病気の発生した原因を推測することができ、次作の防除対策にも役立つこととなる。また、農林水産省や病害虫防除所等の公的機関が発する発生予察情報も参考とする。

III おもな防除方法

経済的に実施可能な手段を、低コスト、多収、安全、省資源等に配慮しながら、総合的に勘案し、被害を経済的許容水準におさえようとする総合防除の考え方が、病害防除の基本として重視されている。それには、耕種の防除法、物理的防除法、化学的防除法および生物的防除法を組合せたシステムを考えていかなければならない（表-2）。

特に、耕種の防除は病害防除の基本技術である。また、化学的防除で使用する農薬は最も効果的で重要な防除方法ではあるが、生態系の保全、低コスト、安全重視等のため、適正かつ効率的な使用に努めることが重要である。

1 土壌病害の防除法

土壌伝染性の病害が原因の場合には、土壌消毒が有効な防除方法である。発生してからでは防除は困難なため、植え付け前の防除が基本となり、農薬や熱による土壌消

表-1 花き類の病害数 (2020 年 1 月 31 日現在)*

植物 (宿主)	病原				合計
	糸状菌	細菌	ウイルス・ ウイロイド	その他	
キク	30	5	5**	6	46
カーネーション	26**	4	3**	4**	37
バラ類	32**	2	2**	3	39
トルコギキョウ	16	3	11	0	30
シクラメン	10	3	3**	3	19
野草・草花 計***	1,661	192	237	366	2,456
(参考)					
食用作物 計***	559	99	111	127	896
果 樹 計***	977	92	71	194	1,329
野 菜 計***	905	186	166	157	1,409

*日本植物病名データベースより.

**要検討の病害, 病名未提案 等 含む.

***計については, 病害の重複もカウントしているため, 合計値は必ずしも一致しない.

表-2 病害のおもな防除法

防除法	防除法の内容
耕種的防除法	抵抗性品種・抵抗性台木の利用, 輪作, 田畑輪換, 施肥改善, 基盤整備, 土壌改良, 作期の移動, 栽培法の改善等
物理的防除法	温湯浸漬・乾熱処理による種子消毒, 太陽・温湯・蒸気等の熱を利用した土壌消毒, 土壌還元消毒, UV-B 照射による病害虫の抑制, 雨よけ栽培, ハウス内の除湿や気温の制御等
化学的防除法	主体は化学農薬による防除
生物的防除法	主体は生物農薬による防除 (拮抗微生物の利用, 非病原性菌株の利用, 弱毒ウイルスの利用等)

毒が行われる。これに, 耕種的防除 (土壌改良, 抵抗性品種の利用等) を組合せるとより効果的に防除できる。

2 地上部から感染する病害の防除法

地上部から感染する病害が原因の場合は, 診断によって病原体が明らかであればそれに対応した農薬を使うことができる。耕種的防除, 物理的防除, 生物的防除を組合せることも効果的である。

3 ウイルス・ウイロイドの防除法

ウイルス・ウイロイドが原因の場合は, ウイルス・ウイロイドそのものには農薬は効かないため, 病株の抜き取り, 媒介虫の侵入防止, 農薬 (殺虫剤) の使用, 農機具の消毒・洗浄が有効である。生物的防除を組合せることも効果的である。

IV 代表的な病害と防除

花きの代表的な病害の症状の特徴と防除方法を以下に示す。

1 キク

(1) 白さび病: 糸状菌による地上部病害であり, 葉, 茎, 総苞に発生する。葉では乳白色の小斑点が黄色

味を運びながら直径 2~3 mm の大きさとなる。葉裏には盛り上がった粉状の小斑点を形成する (図-1)。保菌した苗での持ち込みが多いため, 発病していない親株から採穂する。罹病葉は早めに摘み取る。ハウス栽培では過湿にならないように注意する。

(2) わい化病: ウイロイドによる病害であり, 葉の退緑・小型化, 節間の短縮等が主な病徴である。開花期に背丈が正常株の半分程度にしかならないものもある。採花・刈り込み時に, 手指やハサミを通じて伝染する可能性があるため, 注意が必要である。また, 発病していない親株から採穂し, ウイロイドに感染していない苗を使用する。

2 カーネーション

(1) 萎凋細菌病: 細菌による土壌病害であり, 地上部が急速に萎凋し数日のうちに枯死に至ることが多い (図-2)。根部が褐変し, 根量も減少する。罹病部を切断し, 水につけると白い菌泥が切断面からにじみ出る。定植後暑い夏を迎える作型で発生しやすい。汚染されていない土壌を用いる, 土壌消毒を行うことで, 本病の防除に努める。現在流通するほとんどの品種は本病に抵抗性



図-1 キク白さび病



図-2 カーネーション萎凋細菌病



図-3 バラうどんこ病



図-4 トルコギキョウ立枯病

はないが、近年、農研機構花き研究所（現在は野菜花き研究部門）により抵抗性品種が作出された。

（２） ウイルス病：いくつかのウイルスが関与するとされ、いずれのウイルスもアブラムシにより伝搬される。単独のウイルス感染では、葉身にわずかに不定形斑紋またはかすれ症状を起こすか無病徴のことが多い。花に斑入りを生ずる品種もある。本病の防除には、健全株を親株とし、発病株は抜き取り、焼却または埋設することが重要である。

３ バラ

（１） うどんこ病：糸状菌による地上部病害であり、茎、葉、蕾に発生する。うどんこ（小麦粉）をふりかけたように白い斑点を生じる。若い柔らかい組織で発生しやすいが、激発すると植物全体にまで広がる（図-3）。若い葉の縁が巻いたり、花首が曲がることもある。本病の防除には、施設では夜間の暖房と昼間の換気を徹底し、被害茎葉は速やかに取り除く。発病は品種間差異が大きい。

（２） 黒星病：糸状菌による地上部病害であり、葉に、初めは淡褐色から紫黒色状の小さなしみ状の斑点が現れ、次第に拡大する。しばしば不規則に融合して大型～不整形の病斑となる。露地栽培で多発生しやすい。また、展開中の若葉が侵されやすい。萌芽から枝の伸長期に薬剤防除を行い、防除に努める。

４ トルコギキョウ

（１） 根腐病：糸状菌による土壌病害であり、育苗中に発生した場合は、初め数株が生気を失って萎凋し、次第に周辺へと広がる。症状が激しいと葉が白色となり、立枯れとなる。定植後に発生した場合は、日中に株全体が急激に生気を失って青枯れ症状となり、萎凋・枯死する。細根は先端部から淡褐色に腐敗する。定植前に土壌



図-5 シクラメン萎凋病

消毒を行う、発病株は早期に除去することで、防除に努める。

(2) 立枯病：糸状菌による土壌病害であり、根や茎に発生する。定植後から開花期まで症状が見られる。生育が劣り、葉が黄化、萎凋し、重症となった場合は枯死に至る。病勢が急に進展する場合は、青枯れ状態となることがある(図-4)。維管束が褐変し、根は腐敗する。定植前に土壌消毒することで、防除に努める。

5 シクラメン

(1) 灰色かび病：糸状菌による地上部病害であり、葉身、葉柄、花卉、花梗に発生する。花卉では初めは水浸状の小斑点を生じ、やがて淡褐色に軟化し、腐敗する。葉柄や花梗では暗紫色の凹んだ病斑ができ、葉身では暗緑色で水浸状の病斑が拡大する。多湿では罹病部に淡灰褐色のかびを形成する。本菌は、花きだけでなく、多くの野菜・果樹にも感染する。多湿で発生しやすいことから、過繁茂とならないよう管理し、換気を行うなどをして湿度を低下させるよう心がける。被害残渣などは、圃場外に持ち出す。

(2) 萎凋病：糸状菌による土壌病害であり、最初は株の片側の葉が下部から黄化し、やがて株全体に症状が現れる。症状の軽い株では、一部の葉だけが枯死し、葉数の少ない貧弱な株になる(図-5)。土壌伝染するため、汚染されていない健全な用土を用いる。また、発病株は早期に処分する。

おわりに

農薬についての最新情報は、農薬登録情報提供システム(独立行政法人農林水産消費安全技術センター)のウェブサイトなどから入手できる。このほか、JPP-NET(一般社団法人日本植物防疫協会)では、総合的な病害虫雑草防除情報が提供されている。このように、様々なウェブサイトで紹介されている花き病害の症状や防除方法等を、有効に活用して診断・防除に務めていただきたい。しかしながら、これだけでは、診断に迷うことが多々あるため、まずは、各都道府県をはじめとする普及センター、病害虫防除所、研究センター(呼称は都道府県により異なる)等に相談いただくことが重要である。

参 考 URL

- 1) 独立行政法人農林水産消費安全技術センター：農薬登録情報提供システム, <http://www.acis.famic.go.jp/searchF/vtllm001.html>
- 2) 一般社団法人日本植物防疫協会：JPP-NET, <http://web1.jppn.ne.jp/member/>
- 3) 一般社団法人農山漁村文化協会：ルーラル電子図書館 病害虫・雑草・鳥獣害, <https://lib.ruralnet.or.jp/boujo/>
- 4) 農研機構農業生物資源データベース：日本植物病名データベース, http://www.gene.affrc.go.jp/databases-micro_pl_diseases.php
- 5) 農研機構野菜花き研究部門：花き病害図鑑, <http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/nivfs/kakibyoo/index.html>
- 6) 全国農村教育協会：インターネット版日本植物病害大事典, <https://www.boujo.net/jiten-byogai>

植物防疫講座

農薬編-27

シグナル伝達を阻害する殺菌剤

ーフェニルピロール・ジカルボキシイミドー

住友化学株式会社 なか 中 の 野 たか 孝 あき 明

はじめに

菌類、植物および動物を含むあらゆる生物は生活環境から様々な物理化学的ストレスを受けている。あらゆる生物は、これらの物理化学的ストレスに適切に応答するシステムを備えることで環境変化に適応し生命活動を維持している。数ある物理化学的ストレスの一つである浸透圧変化は、細胞外浸透圧の急激な変化によるストレスであり、あらゆる生物にとって生命活動を維持する際の大きな問題である。多くの生物は浸透圧ストレスに適応するため、浸透圧応答性シグナル伝達機構を有している。本機構は、モデル生物である出芽酵母や分裂酵母において詳細な研究が進められて以降、アカパンカビとともに植物病原糸状菌の研究も進められた。その後、本機構のかく乱により、植物病原糸状菌の植物への感染が抑制されることが明らかとなり、殺菌剤の作用点となりうることを示唆された。

既に、浸透圧応答性シグナル伝達機構を標的とした殺菌剤が開発されている。フェニルピロール系殺菌剤が作

用点コード E2, FRAC コード 12 に分類されており、ジカルボキシイミド系殺菌剤が作用点コード E3, FRAC コード 2 に分類されている (表-1)。本稿では、浸透圧応答性シグナル伝達機構に作用するフェニルピロール系殺菌剤およびジカルボキシイミド系殺菌剤について解説する。

I 開発の経緯

フェニルピロール系殺菌剤は、シュードモナス属細菌 (*Pseudomonas pyrrrocinia*) が産生する抗菌性物質ピロールニトリンをリード化合物として開発された農業用殺菌剤である。ピロールニトリンは、広範な殺菌スペクトラムを有しており、土壤中で安定であるが、光分解を受けやすい化合物である。Ciba-Geigy AG (現 Syngenta AG) により農薬として十分な殺菌効果と光分解に対する安定性を備えた化合物の探索が開始され、フェンピクロニルが発見された。フェンピクロニルは、ムギ類やマメ類等幅広い作物の種子伝染性病害に対する種子消毒剤として諸外国で上市された。その後、さらに化合物の探索が行

表-1 シグナル伝達系を阻害する殺菌剤の作用機構分類

作用機構	作用点とコード	化学名グループ	有効成分名	農薬名 (国内)	耐性リスク	FRAC コード
E: シグナル伝達	E1: シグナル伝達 (作用機構不明)	アリルオキシキノリン	キノキシフェン	ー	中	13
		キナゾリノン	プロキナジド	ー		
	E2: 浸透圧シグナル伝達における MAP・ヒスチジンキナーゼ (<i>os-2, HOG1</i>)	フェニルピロール	フェンピクロニル	ー	低～中	12
			フルジオキサニル	セイビアア		
	E3: 浸透圧シグナル伝達における MAP・ヒスチジンキナーゼ (<i>os-1, Dap1</i>)	ジカルボキシイミド	クロゾリネート	ー	中～高	2
			ジメタクロン	ー		
			イプロジオン	ロブラール		
			プロシミドン	スミレックス		
			ピンクロゾリン	ー		

ー: 日本国内での登録なし。

Fungicides Acting on Signal Transduction. By Takaaki NAKANO
(キーワード: フェニルピロール, ジカルボキシイミド, 浸透圧ストレス, 浸透圧応答性シグナル, ヒスチジンキナーゼ)

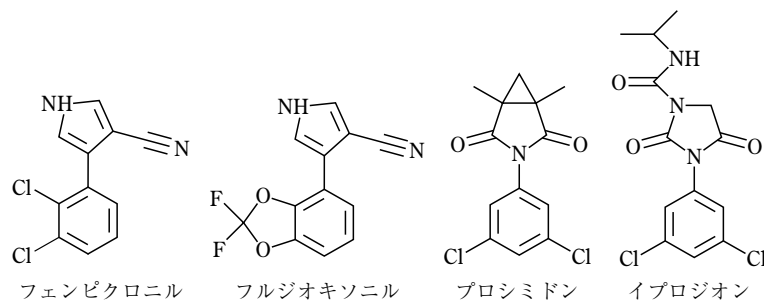


図-1 浸透圧応答性シグナル伝達を阻害する殺菌剤

われ、種子消毒剤のみではなく、茎葉散布剤として実用性のある化合物として、1984年にフルジオキシニルが発見された。フルジオキシニルは、1996年に国内登録を取得し、水稲および豆類の種子消毒剤および各種野菜類の茎葉散布剤として使用されている。

ジカルボキシイミド系殺菌剤は、プロシミドンやイプロジオンが国内登録を取得している。1960年代に除草剤の探索研究のために合成した一連のカーバメート誘導体の中にイネごま葉枯病菌やインゲンマメ菌核病菌等に効力を示す化合物が存在していた。農薬として十分な実用効果および作物への薬害回避等を目的に探索研究が行われ、住友化学によってプロシミドンが発見された。プロシミドンは、1977年に諸外国で上市され、1981年に国内登録を取得し、果樹類および野菜類への茎葉散布剤として使用されている（農薬工業会，2019）。現在、登録されている農薬およびフェンピクロニルの化学構造を図-1に示す。

II 植物病原糸状菌の浸透圧応答性シグナル伝達機構

植物病原糸状菌の浸透圧応答性シグナル伝達機構は、灰色かび病菌やトウモロコシごま葉枯病菌、アルタナリア属菌等で研究が進められており、グループIIIヒスチジinkinナーゼが浸透圧センサーの役割を担うことが明らかとなっている。浸透圧応答は、浸透圧ストレスシグナルがグループIIIヒスチジinkinナーゼを介して下流のHOG1型MAPキナーゼカスケードへと渡されることで調節されるが、灰色かび病菌やトウモロコシごま葉枯病菌のHOG1型MAP（Mitogen Activated Protein）キナーゼ遺伝子破壊株は、グループIIIヒスチジinkinナーゼ遺伝子突然変異株ほど急激な浸透圧変化による影響を受けない、すなわち強い浸透圧感受性を示さないことから、HOG1型MAPキナーゼカスケードが一筋ではないことが示唆されていた（SEG MÜLLER et al., 2007）。トウモロコシごま葉枯病菌で、浸透圧応答性シグナル伝達機構

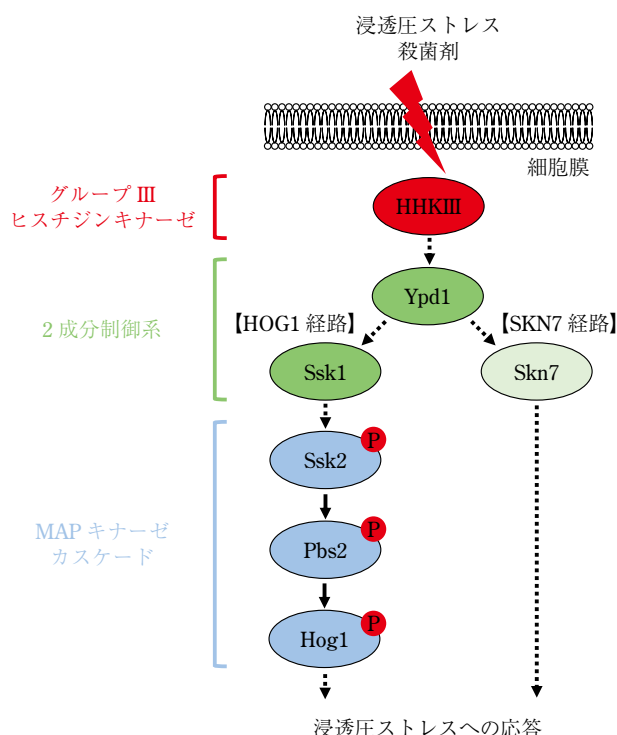


図-2 植物病原糸状菌の浸透圧応答性シグナル伝達経路モデル
KILANI, J. and S. FILLINGER (2016): Front. Microbiol. 7: 2014
に記載の図を改編。

関連遺伝子破壊株の作出が行われ、浸透圧感受性を調べたところ、SSK1 SKN7の二重遺伝子破壊株は強い浸透圧感受性を示した。また、種々の浸透圧応答性シグナル伝達機構関連遺伝子破壊株を用いてMAPキナーゼであるHOG1のリン酸化を調べたところ、SKN7遺伝子破壊株では、リン酸化が認められたものの、SSK1遺伝子破壊株では、リン酸化は認められなかった。これらの結果から、植物病原糸状菌の浸透圧応答性シグナル伝達機構は、HOG1型MAPキナーゼ経路およびSKN7経路の2経路から構成される2成分制御系であることが明らかとなっている（IZUMITSU et al., 2007）（図-2）。

III 浸透圧応答性シグナル伝達を阻害する殺菌剤の作用機構

植物病原糸状菌にフェニルピロール系殺菌剤およびジカルボキシイミド系殺菌剤を処理した場合、浸透圧ストレスにさらされたときと同様に、浸透圧応答性シグナル伝達機構の構成成分であるグループ III ヒスチジンキナーゼを介した HOG1 型 MAP キナーゼ経路および SKN7 経路が活性化されると考えられている (IZUMITSU et al., 2007)。すなわち、フェニルピロール系殺菌剤およびジカルボキシイミド系殺菌剤存在下では、グループ III ヒスチジンキナーゼを介した下流の HOG1 型 MAP キナーゼ経路および SKN7 経路が異常に活性化され (KOJIMA et al., 2004 ; YOSHIMI et al., 2005 ; HAGIWARA et al., 2007)、その結果、植物病原糸状菌に殺菌活性を示すことが考えられる。

フェニルピロール系殺菌剤およびジカルボキシイミド系殺菌剤の直接的なターゲットは、グループ III ヒスチジンキナーゼである可能性を示唆する報告がある。その内容は、グループ III ヒスチジンキナーゼを保有していない出芽酵母は、フェニルピロール系殺菌剤およびジカルボキシイミド系殺菌剤に対し感受性を示さないものの、イネいもち病菌のグループ III ヒスチジンキナーゼを出芽酵母に導入すると、両者に対し感受性を示すようになるというものである (MOTOYAMA et al., 2005)。この結果は、両者が、グループ III ヒスチジンキナーゼに直接作用する可能性を示唆している (MOTOYAMA et al., 2005)。

また、ヒスチジンキナーゼは、活性酸素種、一酸化窒素またはアルデヒド性ストレス等々の反応性ストレス分子に特異的に応答するセンサーキナーゼとして機能する場合があることも報告されている (HANCOCK et al., 2006 ; WONG et al., 2015)。植物病原糸状菌の HOG1 型 MAP キナーゼ経路および SKN7 経路を支配するヒスチジンキナーゼが反応性ストレス分子の増加に応答するセンサーキナーゼとして機能する場合、フェニルピロール系殺菌剤およびジカルボキシイミド系殺菌剤存在下では、これらの反応性ストレス分子の誘導によりその作用を発揮する可能性が考えられる。

IV 作用特性

フェニルピロール系殺菌剤であるフルジオキシニル (商品名：セイビアーフロアブル 20) は、果樹、花き類や野菜類の灰色かび病や菌核病等の防除に幅広く使用されている。病害が発生する前から散布することで最も高い効果を示し、長期間の残効性能や優れた耐雨性能によ

り、安定した効力を発揮するとされている。植物病原糸状菌に対する作用性としては、胞子発芽阻害作用、菌糸伸長阻害作用、病斑形成阻害作用および胞子形成阻害作用を有していることが明らかとなっている (Syngenta AG., 2020)。

ジカルボキシイミド系殺菌剤であるプロシミドン (商品名：スミレックス水和剤) は、果樹、花き類や野菜類の灰色かび病、菌核病、灰星病やウリ類つる枯病等で幅広く使用されている。本剤も適用病害が発生する前から散布することで最も高い効果を示し、長期間の残効性や優れた耐雨性により、安定した効力を発揮するとされている。また、植物体への浸透移行性を有しているため、植物組織内へ侵入した植物病原糸状菌にも効果を示し、薬剤付着のない植物体組織へも薬剤が到達するため、幅広い散布タイミングに適用可能である。植物病原糸状菌に対する作用性としては、胞子発芽阻害作用、菌糸伸長阻害作用、病斑形成阻害作用および胞子形成阻害作用を有していることが明らかとなっている (HISADA et al., 1983)。

ジカルボキシイミド系殺菌剤であるイプロジオン (商品名：ロブラール水和剤) は、果樹、花き類および野菜類の灰色かび病、菌核病、灰星病やウリ類つる枯病等で幅広く使用されている。適用病害が発生する前から散布することで最も高い効果を示し、長期間の残効性能や優れた耐雨性により、安定した効力を示すとされている (Bayer Cropscience, 2020)。

V 耐性菌の現状と研究

今日まで、フェニルピロール系殺菌剤の研究室内における耐性菌 (室内耐性菌) 研究は、灰色かび病菌やアルタナリア属菌で多数報告されており、当該殺菌剤に対し高度耐性を示す室内耐性菌の存在が明らかとなっている (OCHIAI et al., 2001 ; ZHANG et al., 2002)。しかし、これら室内耐性菌は、宿主植物への病原性が低下もしくは欠損する形質を示し、自然環境中でこのような形質を有している耐性菌が検出されるかは不明であった。フェニルピロール系殺菌剤が上市されて以降、自然環境中から当該殺菌剤に対する耐性菌が検出されたものの、主にアルタナリア属菌 (AVENOT et al., 2005 ; IACOMI-VASILESCU et al., 2008) の報告であった。近年、中国において灰色かび病菌のフルジオキシニル耐性菌が低い率で圃場から検出され、本菌に関する宿主植物への病原性に関する研究が行われた (REN et al., 2016)。その結果、圃場で検出された耐性菌は、室内耐性菌と同様に病原性が低下していた。病原性が低下した耐性菌が圃場でどのように選抜され、また自然環境中で生存し続けるのか不明であるが、世界

的には、フルジオキシニルは灰色かび病菌に対し高い効果を維持しており、フルジオキシニルに対し特異的に抵抗性を示す耐性菌は、多数存在しているわけではない。(WALKER et al., 2013 ; FILLINGER and WALKER, 2016)

ジカルボキシイミド系殺菌剤の耐性菌は、当該系統の化合物が上市されてまもなく国内外の圃場から灰色かび病菌やアルタナリア属菌等で分離された。これら耐性菌の中には、ジカルボキシイミド系殺菌剤に対し高度耐性を示すものも含まれていた。その後の研究でフェニルピロール系殺菌剤の耐性菌と同様にジカルボキシイミド系殺菌剤においても室内耐性菌が多数報告され、容易に室内耐性菌が得られることがわかった。これらの室内耐性菌は、フェニルピロール系殺菌剤にも交叉耐性を示し、浸透圧感受性を示すことが見いだされた。これらの結果より、フェニルピロール系殺菌剤およびジカルボキシイミド系殺菌剤は、共通の作用機構を持つと考えられるようになった。

耐性菌発生のメカニズム、すなわちターゲットタンパク質を明らかにするため、菌類で浸透圧応答性シグナル伝達機構の構成成分をターゲットとして、様々な変異体が作出されている (OCHIAI et al., 2001 ; AVENOT et al., 2005 ; MOTOYAMA et al., 2005 ; VIAUD et al., 2006 ; FURUKAWA et al., 2012 ; BRANDHORST et al., 2019)。しかし、いずれの研究においてもフェニルピロール系やジカルボキシイミド系殺菌剤に対し耐性を示す結果ではあるが、本機構の複雑なシグナル伝達経路によって、薬剤が直接作用するターゲットタンパク質はいまだ明らかにされていない。

おわりに

分裂酵母や植物病原糸状菌等様々な研究材料を用いた作用機構解析により、開発当初は不明であったフェニルピロール系殺菌剤およびジカルボキシイミド系殺菌剤の作用機構が浸透圧応答性シグナル伝達機構の阻害であることが明らかとなった。本機構は、植物病原糸状菌に広く保存されており、基本的な部分では共通性が高いと考

えられる一方で、多様性があることも明らかとなっている。これらの多様性は、それぞれの生物種が多様な生活環境下で生存していくために獲得したと考えられる。

フェニルピロール系殺菌剤およびジカルボキシイミド系殺菌剤は、上市されて以降、国内外で幅広い作物および植物病原糸状菌に対し、長年使用されている。主要な適用病害である灰色かび病菌や菌核病菌は多犯性であり、ひとたび発生すると周囲の作物も含めて甚大な被害を及ぼす可能性がある。両系統の殺菌剤が、これら病害を長年防除し、人口増加に伴う食糧問題の解決や農業生産物の品質向上等へ果たしてきた役割は大きい。

引用文献

- 1) AVENOT, H. et al. (2005) : *Curr. Genet.* **47** : 234~243.
- 2) Bayer Cropscience (2020) : ウェブサイト, <https://cropscience.bayer.jp/ja/home/>
- 3) BRANDHORST, T. T. et al. (2019) : *Nature Com.* **9** : 5047.
- 4) FILLINGER, H. and A-S. WALKER (2016) : *Botrytis – the Fungus, the Pathogen and its Management in Agricultural Systems.*
- 5) FURUKAWA, K. et al. (2012) : *FEBS Letters* **586** : 2417~2422.
- 6) HAGIWARA, D. et al. (2007) : *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **71** (3) : 844~847.
- 7) HANCOCK, J. et al. (2006) : *Journal of Experimental Botany* **57** : 1711~1718.
- 8) HISADA, Y. et al. (1983) : 日本農業学会誌 **8** : 243~255.
- 9) IACOMI-VASILESCU, B. et al. (2008) : *Plant Pathology* **57** : 937~947.
- 10) IZUMITSU, K. et al. (2007) : *Eukaryotic Cell* **6** : 171~181.
- 11) KILANI, J. and S. FILLINGER (2016) : *Front. Microbiol.* **7** : 2014.
- 12) KOJIMA, K. et al. (2004) : *Molecular Microbiology* **53** : 1785~1796.
- 13) MOTOYAMA, T. et al. (2005) : *Fungal Genetics and Biology* **42** : 200~212.
- 14) 農薬工業会 (2020) : ウェブサイト, <https://www.jcpa.or.jp/>
- 15) OCHIAI, N. et al. (2001) : *Pest Manag. Sci.* **57** : 437~442.
- 16) REN, W. et al. (2016) : *Plant Dis.* **100** : 1414~1423.
- 17) SEGMÜLLER, N. et al. (2007) : *Eukaryotic Cell* **6** : 211~221.
- 18) Syngenta AG (2020) : ウェブサイト, <https://www.cp.syngenta.co.jp/cp/>
- 19) VIAUD, M. et al. (2006) : *MPMI.* **19** : 1042~1050.
- 20) WALKER, A-S. et al. (2013) : *Pest Manag. Sci.* **69** : 667~678.
- 21) WONG, J. et al. (2015) : *Cell Host & Microbe* **18** : 38~48.
- 22) YOSHIMI, A. et al. (2005) : *Eukaryotic Cell* **4** : 1820~1828.
- 23) ZHANG, Y. et al. (2002) : *Applied and Environmental Microbiology* **68** : 532~538.

研究室紹介

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 西日本農業研究センター 生産環境研究領域 虫害管理グループ

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 西日本農業研究センターは、広島県福山市にあります。福山市は広島県の一番東側にあり岡山県に接しています。その中の生産環境領域 虫害管理グループは現在4名の研究員と3名の非常勤職員が所属しています。当グループ（前身も含む）では生物機能などを利用した環境に優しい害虫防除法の開発および現場への導入などの研究を進めてきました。1975年には前身の中国農業試験場虫害研究室がオンシツコナジラミ天敵寄生蜂のオンシツヤコバチをイギリスから我が国で初めて輸入し導入を試みています。また、同様に過去には微生物農薬の大量生産などを研究していました。以下、現在当グループで行っている主な研究内容を紹介します。

生物農薬開発

昔からアブラムシの天敵としてナミテントウが重要であることは知られていました。ナミテントウはアブラムシをたくさん食べてくれることと人為的に大量増殖しやすいからです。一番の問題は成虫が光の方向にすぐに飛んでいくことでした。いろいろな企業とナミテントウの利用法を検討しましたが、上手くいきませんでした。そこで、ナミテントウの飛ばない系統を育種することにしました（図-1）。この飛ばないナミテントウは遺伝子組み換え技術は使用していません。また、もともと野外に存在している飛ばないという性質をもたす遺伝子を持つ個体を選抜することによって育成したため、環境への悪影響はありません。いろいろな組織とともに飛ばないナミテントウの製剤を農薬登録しました。その結果、現在飛ばないナミテントウ製剤（商品名「テントップ」）は、株式会社アグリセクトで販売しています。

コナガは化学農薬で簡単に死なない典型的なアブラナ科野菜の大害虫です。卵寄生蜂メアカタマゴバチはコナガを自然界でよく食べている重要な天敵です（図-2）。メアカタマゴバチはコナガの卵に自分の子供を産みます。幼虫は中身を食べ尽くし成虫となり、また新しいコナガの卵を探します。そこで、メアカタマゴバチを大量に飼育して人為的に放飼を行い、コナガの密度を抑えるということを確認しました。

土着天敵を活用する害虫管理技術

生物農薬は販売という形態を取っている以上コストがかかります。本研究ではそこら辺に存在している「タダ」の天敵を利用する方法を検討しています。当グループではインセクトリープランツ（天敵温存植物）を中心に行っています。インセクトリープランツは、土着天敵の飛来、土着・市販天敵の定着、増殖などを助ける植物です。これまでにインセクトリープランツを導入することにより土着天敵が定着・増殖促進効果を認めています。そ



図-1 飛ばないナミテントウ成虫

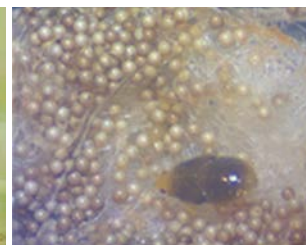


図-3 ブラインシュリンプ卵を吸汁しているタイリクヒメハナカメムシ



図-2 卵寄生蜂メアカタマゴバチ成虫（体長約0.5mm）

れらの基礎データを基に農家の方々が簡単に効果的に利用する方法を研究しています。

害虫・天敵の同定・識別技術

害虫と天敵は微小でよく似ていることがほとんどです。間違えて同定・識別をしたならば農薬の効き方が違ってきます。例えば、タバココナジラミやネギアザミウマ等はたくさんの系統が知られていますが、それぞれ農薬の効果が異なります。そのため、適した同定・識別をしなければ無駄な農薬を使うことになります。そこで形態的にわかりにくいのでDNAやAI技術を利用した同定・識別技術を研究開発しています。また、同様な技術を利用して捕食性天敵が何を食べているかも明らかにしてきました。捕食性天敵がどのような害虫を食べているかをデータベース化すれば現場でどの天敵が存在したらどのような害虫に効果があるかが理解可能となります。

代替餌の開発

土着天敵や生物農薬の定着・増殖促進のための代替餌の選択およびその利用法を検討しています。今まで主に利用されていたのはスジコナマダラメイガというガの卵です。しかし、このガの卵は非常に高くコストがかかります。そこで、金魚などの餌である安価なブラインシュリンプを利用できないか検討してきました。その結果、タバコカスミカメ、ヒメハナカメムシやナミテントウ等の天敵でブラインシュリンプが代替餌として利用可能であり、定着が促進することがわかってきました（図-3）。これによりターゲットとする害虫の密度が低いまたは害虫がいなくてもブラインシュリンプを設置することにより天敵の密度が安定して維持可能となると考えられます。

（グループ長 三浦一芸）

研究室紹介

熊本県農業研究センター 生産環境研究所 病害虫研究室

熊本県では、米、野菜、果樹、畜産をはじめ、多彩な農産物が栽培されている。平成30年（2018年）の農業産出額は3,406億円で全国第6位であり、そのうち耕種部門（米、野菜、果実等）が全体の約65%を占めている。

熊本県農業研究センターは、八つの農業研究機関を統合し、平成元年度に発足した。病害虫研究室は、平成15年度の組織再編により農産園芸研究所病虫部と病害虫防除所が統合され、現在の生産環境研究所病害虫研究室となった。病害虫研究室は、水稻・野菜・花き類の病害虫防除に関する試験研究を行う病虫研究係と病害虫防除所の業務を担う予察指導係から成っている。

病虫研究係は、トマト黄化葉巻病等の虫媒伝染性ウイルス病、トルコギキョウ斑点病等の新奇病害虫、コナガ等の薬剤抵抗性病害虫について発生生態の解明および防除対策の確立や環境に優しい防除技術の開発に取り組んでいる。また、予察指導係は、主要農作物の病害虫発生予察、トビイロウンカ、タバココナジラミ等の薬剤感受性検定、病害虫診断等を行うとともにミバエ類など特殊病害虫の侵入警戒調査などの植物検疫業務を行っている。

病害虫研究室の特色のある取り組みの一つとしてタバココナジラミが媒介する虫媒伝染性ウイルス病に関する試験研究と発生予察がある。ここでは、トマト黄化葉巻病の対策に関する各係の取り組みの概要について紹介する。

1 病虫研究係

トマト黄化葉巻病は、病原ウイルスTYLCVの感染により引き起こされるウイルス病で、熊本県では平成11年（1999年）に発生が確認された。トマトの生産量が全国第1位の本県にとってこの新奇ウイルス病の発生は脅威であり、病虫研究係（当時は農産園芸研究所病虫部）ではTYLCVの生態解明と媒介虫としてのタバココナジラミバイオタイプBの防除技術の開発に取り組んだ。その結果、TYLCVの伝染環と媒介虫タバココナジラミバイオタイプBの発生生態の解明および防虫ネット被覆や粒剤の育苗期処理等を組合せた防除技術を開発した。これらの技術は、本県において「入れない・増やさない・出さない」のスローガンとともに体系化し、生産現場では個別ハウス対策とともにTYLCVの伝染環を断



トマト黄化葉巻病

つために産地ごとにトマトの作付けがない期間を設けること等の対策が地域一体となって取り組まれている。また、平成17年（2005年）にタバココナジラミバイオタイプQの発生が確認されてからは、本種に対する有効薬剤の探索とともに薬剤の特性（殺成虫・幼虫効果とTYLCV媒介抑制効果）の評価を行い、前述の防除体系に加えて薬剤の特性に応じた処理時期を組合せた防除体系を確立した。

2 予察指導係

トマト黄化葉巻病の発生予察として取り組んでいる業務には、定点調査圃場における発病株率調査と平成17年（2005年）から行っているタバココナジラミのTYLCV保毒状況調査がある。保毒状況は、トマト主要産地において定植前に黄色粘着トラップでタバココナジラミを捕獲し、PCRでTYLCV保毒の有無を検定した後、病害虫発生予察技術情報として発表している。また、毎年4月、「県緊急病害虫防除対策会議専門部会及び地域緊急病害虫防除対策会議合同会議」において、トマト黄化葉巻病の発生に関係した要因を解析し、検討を経た後、本年度重点的に取り組むべき対策を発表している。さらに、令和元年度（2019年度）は、タバココナジラミバイオタイプQの薬剤感受性検定を行い、病害虫発生予察技術情報として発表した。

以上のような両係の連携した取り組みは、CCYVによるウリ類退緑黄化病対策でも同様である。今後も、試験研究と発生予察が本県農産物の生産安定に寄与できるよう取り組んでいきたい。

（室長 古家 忠）

農林水産省プレスリリース (2020.3.7～2020.4.2)

農林水産省プレスリリースから、病害虫関連の情報を紹介します。

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

- ◆「農業資材審議会農薬分科会（第21回）」の開催について（20/3/10）
/syouan/nouyaku/200310.html
- ◆「農業分野におけるAI・データに関する契約ガイドライン」の策定について～農業分野のノウハウの保護とデータ活用促進のために～（20/3/12）
/shokuan/chizai/200312.html

ドライン」の策定について～農業分野のノウハウの保護とデータ活用促進のために～（20/3/12）
/shokuan/chizai/200312.html

登録が失効した農薬 (2020.3.1～3.31)

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

「殺虫剤」

- シアントラニリプロール水和剤
23566：バズ顆粒水和剤（クミアイ化学工業）20/3/25
- クロチアニジン水和剤
22367：住友化学ダントツ EX フロアブル（レインボー薬品）20/3/31
- MEP 粉剤
22649：ホクサンスミチオン粉剤2DL（ホクサン）20/3/31
- CYAP 粉剤
22679：ホクサンサイアノックス粉剤（ホクサン）20/3/31
- エトフェンプロックス・MEP 粉剤
22754：ホクサンスミチオントレボン粉剤DL（ホクサン）20/3/31
- エトフェンプロックス・MEP 乳剤
22755：ホクサンスミチオントレボン乳剤（ホクサン）20/3/31

「殺虫殺菌剤」

- エトフェンプロックス・フサライド水和剤
18086：ラブサイドトレボンフロアブル（ホクサン）20/3/31

「除草剤」

- ベスロジン粒剤
21272：家庭園芸用バナフィン粒剤2.5（北興産業）20/3/5
- オキサジアルギル・プロモブチド・ベンゾフェナップ水和剤
22208：パディクリンフロアブル（ホクサン）20/3/31
- ピラゾレート・フェントラザミド・ベンフレセート粒剤
22252：チャンスタイム1キロ粒剤（ホクサン）20/3/31
- ピラゾレート・フェントラザミド・ベンフレセート水和剤
22284：チャンスタイムフロアブル（ホクサン）20/3/31
- プレチラクロール・ベンゾビスクロン水和剤
22368：ホクサンクサコントフロアブル（ホクサン）20/3/31
- オキサジアルギル粒剤
22753：ホクサンキルクサ1キロ粒剤（ホクサン）20/3/31
- オキサジアルギル・プロモブチド・ベンゾフェナップ粒剤
22756：ホクサンパパール1キロ粒剤（ホクサン）20/3/31

「その他」

- ダイアモルア剤
22764：信越コナガコン（信越化学工業）20/3/3

発生予察情報・特殊報 (2020.3.1～3.31)

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。**発生物種：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。

- スモモ：スモモミハバチ（仮称）（山口県：初）3/16
- ナス：クロテンコナカイガラムシ（長崎県：初）3/17
- ネギ：ネギハモグリバエ（別系統）（兵庫県：初）3/18

- モンステラ：モンステラさび病（仮称）（沖縄県：初）3/19
- チャ：ヒサカキワタフキコナジラミ（京都府：初）3/27

■訂正

第74巻4号に誤りがありました。

258頁 次号予告

誤：中島千春

正：中島千晴

訂正してお詫びいたします。

学会だより

○第8回アジア植物病理学会（ACPP2020）の中止について

本年9月につくば国際会議場で開催を予定しておりました第8回アジア植物病理学会は、新型コロナウイルスの世界規模での感染拡大に伴い、大会が「中止」となりました。

○日本菌学会第64回大会（大阪大会）中止のお知らせ

2020年6月19日（金）～21日（日）に開催される予定であった日本菌学会第64回大会（大阪大会）は中止となりました。大阪大会の中止に伴い、6月19日（金）に予定されていた理事会や総会（代議員会）など各種委員会の代替開催方法については、現在調整中です。また、発表要旨提出済み、参加費用支払い済みの皆様の発表の取り扱いや、受賞講演、講演要旨集、各種費用の返金などについての詳細は調整中です。なお、これに伴い、大会期間中に開催予定であった写真展につきましても中止となります。

広告掲載会社一覧（掲載順）

ダウ・アグロサイエンス日本(株)……主要品目
日産化学(株)……………グレーシア
バイエルクロップサイエンス(株)…ナティーボ
農薬工業会……………SDGs
日本曹達(株)……………ピシロック
日本農薬(株)……………パレード
サンケイ化学(株)……………主要品目
石原バイオサイエンス(株)…ネマトリンエース
クミアイ化学工業(株)…ピラキサル混合剤

○第40回農薬製剤・施用法シンポジウムの開催延期について

2020年10月15日（木）～16日（金）に開催予定の第40回農薬製剤・施用法シンポジウムは、新型コロナウイルス拡散の影響のため、2021年に延期することになりました。

○関西病虫害研究会第102回大会（京都大会）の見なし開催について

2020年5月28日（木）に開催予定の関西病虫害研究会第102回大会は、新型コロナウイルスの感染拡大防止のため、見なし開催となりました。総会につきましては、資料をメール（一部郵送）でお送りし、メール総会として開催します。

次号予告

次号2020年6号の主な予定記事は次のとおりです。

耕起によるヒメトビウンカ越冬虫の防除効果 吉田和弘ら
黄化葉巻病耐病性トマト品種におけるトマト黄化葉巻ウイルスの動態 岡田 亮
トマト灰色かび病菌の主要殺菌剤に対する耐性菌の発生動向 川上 拓ら
草食性コガネムシにおける近縁種間のギルド内捕食：アオドウガネが増え、在来コガネムシが減った理由にせまる 笠井 敦
日植防シンポジウムから：気候変動が我が国の病虫害発生様相にどのような影響を及ぼすか 山村光司
近年我が国で新たに発生が確認された病虫害と今後警戒すべき病虫害 古畑 徹

植物防疫講座 病害編：Verticillium 属菌による病害の発生生態と防除 宇佐見俊行
植物防疫講座 虫害編：ダイズのチョウ目害虫（ウコンノメイガ、マメシンクイガ）の発生生態と防除 渋谷和樹ら
植物防疫講座 農薬編：核酸合成を阻害する殺菌剤—フェニルアミド殺菌剤・芳香族ヘテロ環・カルボン酸— 赤野史岳
研究室紹介：横浜植物防疫所調査研究部企画調整担当 金武智也
愛知県農業総合試験場 環境基盤研究部 病虫害研究室 松崎聖史

植物防疫

2020年
5月号

（毎月1回1日発行）

第74巻 2020年4月25日印刷
第5号 2020年5月1日発行
（通算881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5-9-8

定価965円
本体877円

2020年分購読料
前払11,000円、後払11,580円
（送料サービス、消費税込み）

——発行所——

〒114-0015 東京都北区中里2丁目28番10号
一般社団法人 日本植物防疫協会
電話 (03) 5980-2181（代）
FAX (03) 5980-6753（支援事業部）
振替 00110-7-177867番

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

べと病、疫病、白さび病を ピシッとロック!

農林水産省登録 第23952号

殺菌剤

ピカルブトラゾクス水和剤

ピシロック® フロアブル



【登録作物】

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



HPIはこちらから

新規有効成分ピカルブトラゾクス配合!(FRACコード U 17)

収穫前日まで使える!(はくさいは収穫3日前まで)



日本曹達株式会社

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



®は日本曹達(株)の登録商標

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

新登場

豊かな収穫へ行進!!
野菜用殺菌剤

パレード20® フロアブル



(写真はイメージです)

菌核病、灰色かび病、
うどんこ病など

**葉菜・果菜の幅広い病害に高い効果を発揮!!
適用作物への薬害リスクが極めて低い!**

●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ところには置かないでください。

果樹用に
パレード15
もあります!



日本農薬株式会社



SANKEI
ECO PRODUCTS



植物油脂パワー！
サンクリスタル乳剤



チョウ目害虫退治の生物農薬！
サンケイ
サブリーナフロアブル



植物保護薬！
サンケイ
ジーファイン水和剤



硫黄の力でうどんこ病防除！
サンケイ
グムラス



安定した銅の効果！
サンボルドー



キュウリ・カボチャのうどんこ病に！
ハッパ乳剤



硫黄と銅の強力タッグ！
園芸ボルドー



サンケイ化学株式会社

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

☎(099) 268-7588
☎(03) 3845-7951

殺線虫剤

農林水産省登録
第 20265 号

ネマトリン[®]エース

有効成分：ホスチアゼート……1.5% 人畜毒性：普通物（毒劇物に該当しないものを指している通称）
Ⓢは登録商標

粒剤

センチュウ
退治に
この一手!!

作物をしっかりとガード

特長

- 散布後すぐには種、定植ができる。
- 強力な運動阻害効果と殺センチュウ効果をあわせもつ。
- 浸透移行性を有するため、地上部害虫にも副次効果を発揮。（ばれいしょ、なす、いちご）
- 土壌タイプ、地温、土壌 pH の影響をほとんど受けない。

線虫の被害



ネコブセンチュウ
最も重要な線虫で、多発すると
収量を激減させる



ネコブセンチュウ
による被害
(メロンの根部)



ネコブセンチュウ
による被害
(かんしょ)



ネグサレセンチュウ
による被害
(ダイコン)



ジャガイモシスト
センチュウ
(雌センチュウ)

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



石原産業株式会社



石原バイオサイエンス株式会社

〒102-0071 東京都千代田区富士見2丁目10番2号



アンコール[®]

フルスロットル[®]

セクサロンパティートTM

新規有効成分配合

ピラキサルトTM

抵抗性

ウンカに
効き目抜群

powered by PYRAXALTTM

powered by CYAZYPYR[®]
ACTIVE INGREDIENT

powered by RYNAXYPYR[®]
ACTIVE INGREDIENT



™が付記された表示は、デュポン・ダウ・アクロサイエンスもしくはバイオニアならびにこれらの関連会社または各所有者の商標です。
CYAZYPYR[®]、RYNAXYPYR[®]、パティート[®]は、FMO Corporation または、その米国およびその他の国の子会社・関連会社の登録商標です。
フルスロットル[®]、アンコール[®]はクミアイ化学工業(株)の登録商標

