

## 横浜植物防疫協会からのお知らせ

各 位

横浜植物防疫協会  
045-201-2378

お知らせ第27号を送信します。

### 【植物防疫所病害虫情報 No.122 の掲載について】

植物防疫所ホームページに「植物防疫所病害虫情報 No. 122 が掲載されましたのでお知らせします。今回の「植物防疫所病害虫情報 No.122」には、以下の内容が掲載されています。一部について参考までに別添として添付しました。

全頁について又は過去の掲載記事については、以下の URL から閲覧できますのでご覧下さい。

植物防疫所病害虫情報 No.122 に掲載されている内容

- ・ AI を活用した病害虫識別技術の開発と今後の展望
- ・ 病害虫の同定に係る技術情報—ハダニ科編— (2)
- ・ サトイモ疫病防除に関する共同研究の成果
- ・ 最近話題となっている病害虫  
アフリカシロナヨトウ 学名 : *Spodoptera exempta* (Walker)
- ・ 各地の取り組み —福井県における植物防疫業務—
- ・ 2019 年に輸入検疫で発見された主な重要病害虫
- ・ ポジティブリスト対象病害虫の解説 — *Tomato leaf curl New Delhi virus* —

植物防疫所病害虫情報が掲載されている URL

<http://www.maff.go.jp/pps/j/guidance/pestinfo/index.html>

以上

# 植物防疫所 病害虫情報

No.122

2020・11・15

## AI を活用した病害虫識別技術の開発と今後の展望

農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター  
環境情報基盤研究領域農業空間情報解析ユニット長 岩崎 巨典

### ■はじめに

病害虫の迅速な識別は、営農における適切な防除のために必要であるとともに、植物防疫上も重要である。そのため、ICT (Information and Communication Technology: 情報通信技術) を活用した病害虫診断の効率化が強く求められている。こうしたなか、農林水産省人工知能未来農業創造プロジェクト「AI を活用した病害虫診断技術の開発」が2017年に開始され、筆者らの所属するコンソーシアムにより、5年で人工知能(以下、AI) を活用した病害虫診断を可能とするためのプロジェクト研究を進めている。本プロジェクトでは、以下の3つを達成目標とした。

1. 主要野菜で発生する重要病害虫による時系列被害の電子画像取得とデータベースの構築
2. データベース化した電子画像を利用し、病害虫識別を実現する高精度 AI の開発
3. AI を用いて生産現場で使用可能な高精度病害虫識別アプリの開発

さらに本プロジェクトでは、広く AI を用いた病害虫診断技術の普及に貢献するために、構築した病害虫被害画像データベース(以下、病害虫被害画像 DB) については改変や再配布さらには商業利用も可能なオープンデータとして、病害虫識別 AI については学習のためのプログラムを商業利用可能なオープンソースソフトウェアとして、公開することとした。

これにより、病害虫被害画像 DB はデータ活用型農業の基盤情報としての利用が、病害虫識別 AI については他の作物への応用が期待される。本稿では、プロジェクトの現在までの開発の概要と今後の展望について紹介する。

### ■主要野菜類を対象とした病害虫被害画像 DB の構築

AI にも様々な技術があるが、本プロジェクトでは深層学習の一つである畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional Neural Networks, CNN) を用いることとした。CNN は特に画像の分類に広く使われ、高精度の識別が可能であるが、学習には大量の画像が必要である。そこで多種多

様な学習用画像を収集するため、日本各地の24府県で、トマト、イチゴ、キュウリ、ナスを対象として、約80種(品目間の重複あり)の病害虫被害画像の収集を実施した。画像の収集にあたっては、単離、同定した病原菌や害虫を用いて接種試験を行うことで、高品質の画像データを収集した。収集した画像には、撮影対象となった作物や病害虫名、撮影部位などAIの学習のために必要となる情報を付与した。さらに、収集した被害画像を蓄積、管理するための病害虫被害画像 DB を構築し、作業の効率化を図った。2020年9月までに、約30万枚の画像が収集され、AI学習に供されている。

### ■病害虫識別AIの構築とアプリケーションの開発

前述のように収集、構築した病害虫被害画像 DB を用いて、病害虫識別を行う AI (以下、識別器) の開発を進めている。識別器の開発にあたっては、病害と虫害で被害の様態、識別すべき対象が異なるため、個別のモデル開発を行った。

プロジェクト開始当初に開発したキュウリの病害の識別器では、7種のウイルス病とべと病、そして健全体の8クラスについてそれぞれ約1,000枚の画像を用いて識別器を構築した。構築した識別器の識別感度は、全体で93.6%と高い識別精度を示した (Fujita *et al.*, 2018)。

このように CNN では高い識別精度を示すが、これが「正しく」病害を識別できているとは限らない。図1に、Grad-CAM (Gradient-weighted Class Activation Mapping) という技術によって、学習済の AI が分類の際に画像のどこに注目しているか可視化した例を示す。

これは識別感度99.6%のべと病の識別器での注目領域を示したもので、赤や黄色が分類にあたり着目した部分である(青→緑→黄→赤の順に注目度が高いことを示す)。このように、べと病の病徴だけでなく背景やキュウリの茎にも注目していることがうかがえる。これは過学習と呼ばれる現象で、AI が対象とする病害虫の特徴でなく、映り込んでいる背景等の、無関係な特徴を学習してしまったものである。言い換え

ば、ハウスAでべと病の被害画像を撮影した場合に、べと病の病徴でなく、ハウスAの特徴を学習してしまった状態である。そのため、異なる条件、例えばハウスBで撮影された画像の識別精度は低下する。

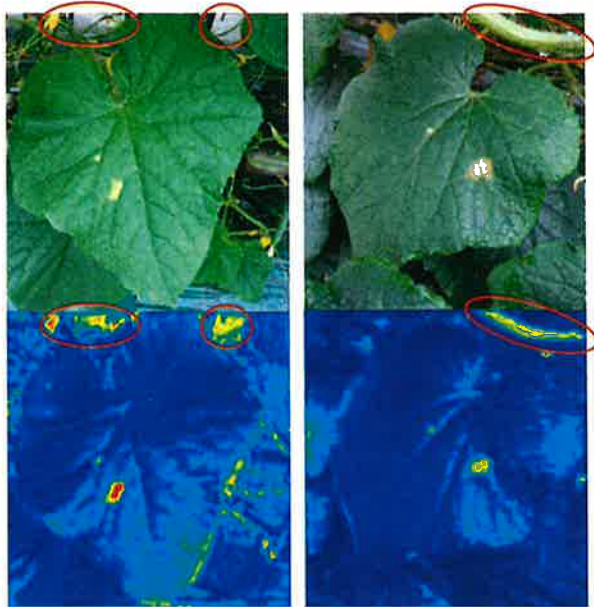


図1 CNNによる分類  
(注目領域の可視化結果。赤丸で示した背景や茎にも注目している事がうかがえる。)

本プロジェクトでは、識別モデルの改良と、多様な学習データの収集を進めることにより、どのような状態であっても80%以上の識別感度を示す、頑健性の高い識別器の構築を進めている。

### ■病害虫識別アプリケーションの開発と検証

主に一般農業者向けに、病害虫識別アプリケーションの開発を行っている。アプリの開発にあたっては必要最低限の機能を実装するとともに、直感的な操作が可能なユーザーインターフェイスを構築することとした。図2にプロトタイプ



図2 プロトタイプアプリケーションの画面  
左: 初期画面、右: 識別例

プリの初期画面と識別結果を示す。

初期画面は大きなアイコン、文字、背景色を使うことにより、明瞭に機能を区別でき、利用したい機能が直感的に理解できるようにした(図2左)。診断結果については、単独の結果を示すのではなく、確率の高いものから候補が表示される。また、参考となる被害画像例や、防除に使用できる農薬等の情報も表示される予定である。

今年度からは、開発した識別器とアプリを用いて、現地ほ場等での検証作業を行っている。一般農業者や普及指導員にアプリを試験的に使ってもらい、使用感や改善点等について意見を求めるとともに、現場に近い環境での識別精度について検証を進めている。その際、図3に示すように識別器がどこに注目したかを示すWebサイトを併用し、AIが病害虫の特徴に注目した識別を行っているのか確認することで、「正しい識別」を行えているのかも、検証している。

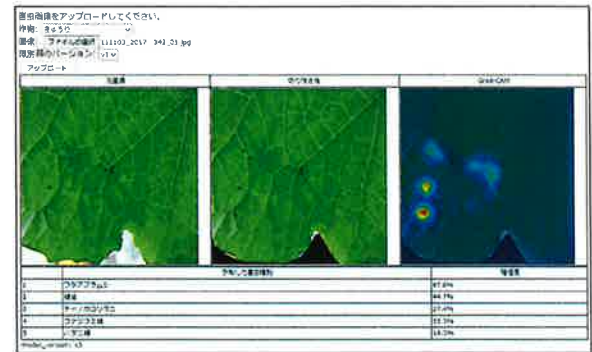


図3 病害虫識別用Webサイトでの注目箇所の表示

### ■今後の展望

本プロジェクトで利用した深層学習では、学習用データの収集が最も重要である。これまで、参画機関の専門家による画像収集を行うことで高品質の学習データを収集した。一方で、専門家による収集のため、対象とする作物、病害虫の数が限定されるという問題があった。そこで2019年度からは、内閣府の官民研究開発投資拡大プログラム(略称PRISM:プリズム)の予算により、一般農業者からの画像収集も可能となる仕組みの構築を進めている。同じくPRISMの課題として、AIによる病害虫識別機能を農業データ連携基盤(WAGRI)から提供する準備も進めている。

今後、識別に供された画像を学習用の画像としても利用することにより、対象となる品目や病害虫の拡大、識別器の精度と頑健性の向上が進むことが期待される。

### 参考文献:

Fujita, E., Uga, H., Kagiwada, S., Iyatomi, H. (2018): A practical plant diagnosis system for field leaf images and feature visualization, *Int. J. Eng. Technol.*, 7(4): 49-54.

## 病害虫の同定に係る技術情報

### —ハダニ科編 (2) —

#### ■はじめに

日本産ハダニ科は農林害虫とされる種が占める割合が高く、「原色植物ダニ検索図鑑」(江原・後藤, 2009)では害虫以外も含めて 17 属 90 種が掲載されているが、ほぼ同時期に刊行された「農林有害動物・昆虫名鑑増補改訂版」(日本応用動物昆虫学会, 2006)ではその約 80% の 15 属 70 種が掲載されている。本号では多くの農作物の重要害虫であるナミハダニが属する *Tetranychus* 属をとりあげ、形態について解説する。

#### ■ハダニ科の形態・用語

ダニ類の付属肢は体の前方から 1 対の鋏角、1 対の触肢及び 4 対の脚から成るが、ハダニ科の大きな特徴は左右の鋏角が融合して一体となった担針体となり口針をもつことである(図 1)。

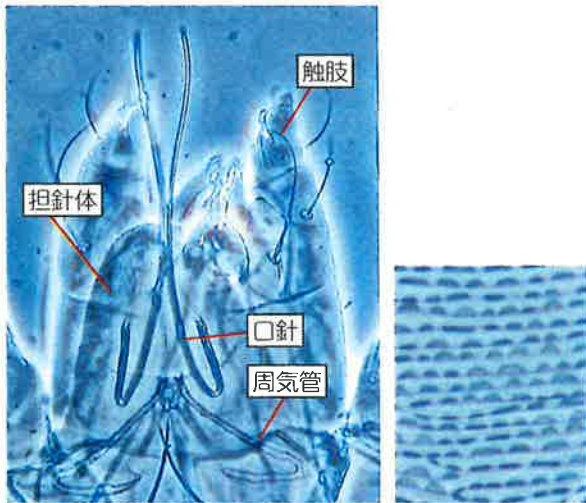


図 1 担針体及び口針  
(ミツユビナミハダニ)

図 2 葉状構造  
(ナミハダニ)

次に本稿で使用する用語を簡略に説明する。

- ・葉状構造(図 2)：胴部の皮膚条線にある半円形～三角形の葉状片。休眠雌では本構造を欠く。
- ・側肛毛(図 3A, B 赤矢印)：肛門の両側から後方にある 1 対、または、2 対の毛。

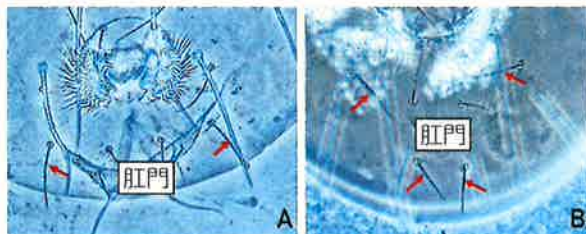


図 3 側肛毛

A: *Tetranychus* 属 (ナミハダニ)、B: *Eotetranychus* 属

- ・爪間体(図 4A,B,C 円内)：脚のふ節(末梢の節)の先端にある歩行器官の一部。1 対の爪(多くの属で粘毛に変形している。)の間にあり、毛状、爪状等がある(黄矢印は爪状突起)。欠く属もある。

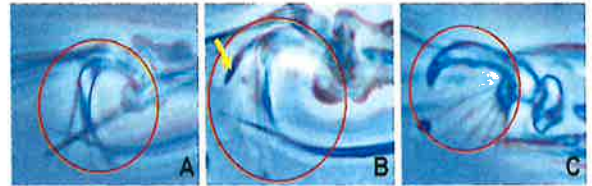


図 4 爪間体

A: *Tetranychus* 属 (アシノウハダニ)、B: *Tetranychus* 属 (ナングクナミハダニ)、C: *Oligonychus* 属

- ・二重毛(図 5)：1 本の太く長い毛と 1 本の細く短い毛から成る 1 組の毛。第 1 脚ふ節に 2 組、第 2 脚ふ節に 1 組ある。

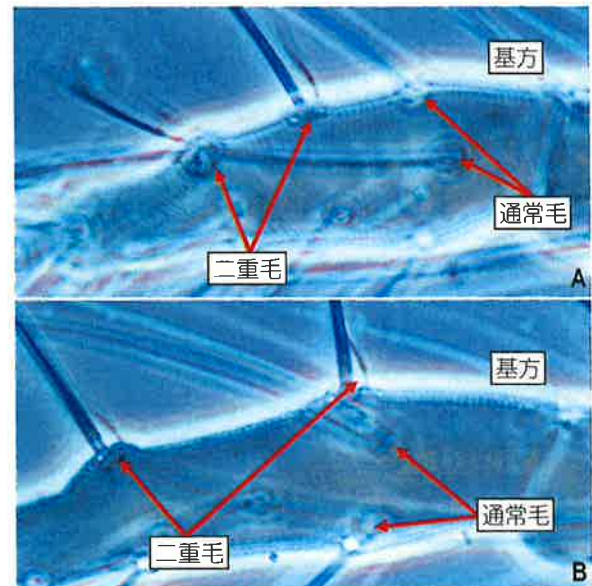
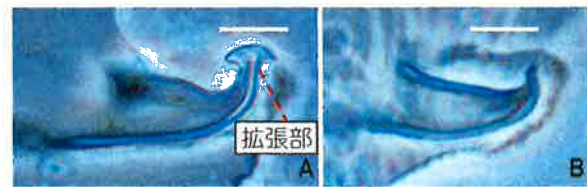


図 5 第 1 脚ふ節の二重毛の配置

A: ナミハダニ、B: アシノウハダニ

- ・挿入器(図 6)：雄の生殖器官の一部。末端の広がった部分を拡張部という。種で形状が一定していることから同定に利用される。



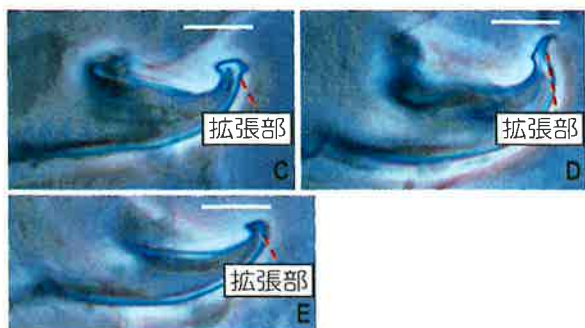


図 6 挿入器【スケールは 5μm】

A: カンザワハダニ、B: ミヤラナミハダニ、C: ナミハダニ、D: ミツユビナミハダニ、E: アシノワハダニ

### ■ *Tetranychus* 属の形態的特徴

雌の形態について説明する。

後胴体背面正中域の皮膚条線は、全部又は大部分が横走する。周気管の末端部はU字形(図 1)。側肛毛は 1 対 (図 3)。爪間体は通常下方を向く 3 対の毛状 (図 4A)、正中背部に爪状突起がある場合がある (図 4B)。第 1 脚ふ節の 2 組の二重毛は広く離れる (図 5)。

形態の似ている他属とは、*Eotetranychus* 属は側肛毛が 2 対であること (図 3B)、*Oligonychus* 属は爪間体が 1 本の爪状で基部に微細な毛をそなえること (図 4C) で見分けることができる。

### ■ 種の解説

国内で確認されている *Tetranychus* 属は 13 種とされる (江原・後藤, 2009) が、そのうち特に農業現場で見られることが多い多食性の 5 種を紹介する。いずれの種も後胴体背面中央 (図 7A 赤枠) で縦走する皮膚条線及び横走する皮膚条線によりひし形を形成する (図 7B)。

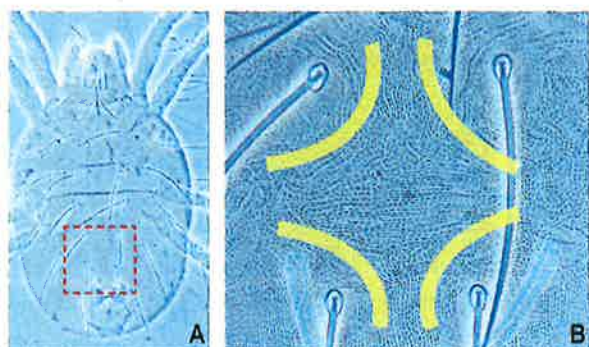


図 7 A: ナミハダニの背面

B: 後胴体背面中央の皮膚条線の様子 (黄色の線)

また、第 1 脚ふ節の二重毛の配置によって次のとおり二分される。

1. 第 1 脚ふ節の 2 組の二重毛の間隔は比較的近く、基方の二重毛よりさらに基方に通常毛がある (図 5A)。

#### (1) *Tetranychus kanzawai* カンザワハダニ

雌：葉状構造は胸部背面にあるが、腹面では欠く。爪間体の正中背面の爪状突起は欠くか微小。

雄：挿入器の拡張部は大きく、ほぼ半円形で後端は尖り、長さは約 4μm (図 6A)。

#### (2) *Tetranychus piercei* ミヤラナミハダニ

雌：葉状構造は胸部背面にあり、腹面では第 4 脚基節間周辺にある。爪間体の正中背面の爪状突起は欠くか微小。

雄：挿入器の末端はほとんど拡張せず、末端は尖る (図 6B)。

#### (3) *Tetranychus urticae* ナミハダニ

雌：葉状構造は胸部背面にあるが、腹面では欠く。爪間体の正中背面の爪状突起を欠く。

雄：挿入器の拡張部は凸状で、前端と後端で同程度の角をなし、長さは約 2.6μm (図 6C)。

2. 第 1 脚ふ節の 2 組の二重毛間は広く離れ、基方の二重毛は基方の通常毛とほぼ同一線上にある (図 5B)。

#### (1) *Tetranychus evansi* ミツユビナミハダニ

雌：葉状構造は胸部背面にあるが、腹面では欠く。爪間体の正中背面の爪状突起は微小。

雄：挿入器の拡張部は細長く長さは約 2.6μm (図 6D)。

#### (2) *Tetranychus ludeni* アシノワハダニ

雌：胸部背面及び腹面に葉状構造がある。爪間体の正中背面の爪状突起は欠くか微小。

雄：挿入器の拡張部は微小で、前端が尖り、後端は丸い (図 6E)。

### 参考文献：

- Ehara, S. (1999) Revision of the Spider Mite Family Tetranychidae of Japan (Acari, Prostigmata). *Species Diversity*, 4: 63-141.
- 江原昭三・後藤哲雄 (2009) 原色植物ダニ検索図鑑. 全国農村教育協会 東京：349pp.
- 日本応用動物昆虫学会 (2006) 農林有害動物・昆虫名鑑増補改訂版. 日本植物防疫協会 東京：387pp.
- Seeman, O. D., & Beard, J.J. (2011) Identification of exotic pest and Australian native and naturalized species of *Tetranychus* (Acari: Tetranychidae). *Zootaxa*, 2961: 1-72.

## 最近話題となっている病害虫

沖縄県病害虫防除技術センター 予察防除総括 金城 邦夫

### アフリカシロナヨトウ

学名：*Spodoptera exempta* (Walker)

英名：African armyworm

#### ■はじめに

アフリカシロナヨトウ *Spodoptera exempta* (Walker) は、チョウ目ヤガ科 (Noctuidae) ヨトウガ亜科 (Hadeninae) に属し、アフリカからアジアの熱帯地域、オーストラリア、ハワイを含む太平洋の島々に分布する。本種を含む *Spodoptera* 属は、幼虫が多食性で、多くの野菜類、穀類、牧草類を加害する経済的に重要な害虫を含んでいる。国内では 8 種が分布し、その内「農林有害動物・昆虫名鑑 増補改訂版」(日本応用動物昆虫学会, 2006) には 4 種が掲載されているが、本種は含まれていない。国内における本種の確認は、これまで沖縄県や静岡県、熊本県、東京都(小笠原)などで成虫の採集記録がある程度の希少種であった。2010 年 8 月、沖縄県多良間島と西表島のイネ科牧草とサトウキビで初の幼虫被害が確認され(図 1)、その後鹿児島県喜界島においても同様な発生被害が見られた。さらに、2019 年 8 月に沖縄本島北部のイネ科牧草地で発生が確認された。



図 1 サトウキビにおける発生状況

いずれの発生年・地域でも、幼虫の発生密度の高密度化に伴って群生相の発生が確認され(図 2)、被害の拡大が危惧された。しかし、いずれの場合でも発生確認数ヶ月後には自然終息している。



図 2 老齢幼虫 孤独相(左)、群生相(右)  
(体長はいずれも 4 ~ 5cm)

#### ■発生・被害

アフリカでは非常に著名な害虫で、イネ科のサトウキビ、イネ、トウモロコシ、ソルガムや、マメ科のササゲなどの作物を加害することが報告されている。また、6 ~ 7 年に一度、大発生し、年によっては東南アジアまで移動するとされる。沖縄県内ではイネ科牧草(ギニアグラス、ジャイアントスターグラス、ローズグラス、ネピアグラス)とサトウキビでの被害が確認されている。

主な被害は、幼虫による食害で、特に終齢幼虫の食害量は大きい。本種が多発したほ場では、植物の葉を中肋だけ残して食べ尽くした後、armyworm(軍隊芋虫)の名のとおり大量の幼虫が地面を這って移動する場合もある(図 3)。



図 3 道路を移動する幼虫

#### ■防除対策

被害を最小限に食い止めるためには、ほ場及び周辺の見回りを行い、幼虫の早期発見・早期防除に努める。イネ科牧草地では、早期刈り取りが有効である。

#### 参考文献：

- 鹿児島県病害虫防除所 平成 22 年度特殊報第 2 号。
- 上里ら (2011) 琉球列島におけるアフリカシロナヨトウの大発生 植物防疫 65(6)365-370.
- 日本応用動物昆虫学会 (2006) 農林有害動物・昆虫名鑑 増補改訂版. 日本植物防疫協会 東京 : 387pp.
- 沖縄県病害虫防除技術センター 平成 22 年度特殊報第 1 号.
- 沖縄県病害虫防除技術センター 平成 31 年度注意報第 1 号.
- 吉松、上里 (2011) 日本で初めて害虫化したアフリカシロナヨトウとこれまでの成虫採集記録 蛾類通信 No.260 243-245.

## 2019年に輸入検疫で発見された主な重要病害虫

2019年、我が国では、貨物63.3万件、携帯品32.6万件、国際郵便物12.7万件、計108.7万件の植物類について、植物防疫所による輸入検査が行われた。その結果、これらの植物からは我が国が海外からの侵入を警戒している重要な病害虫が数多く発見されている(下表)。特に、輸入禁止対象病害虫は携帯品・郵便物として輸入さ

れる生果実から発見されることが多いため、植物防疫所では、植物類を輸入する際は、輸出国の検査証明書が必要なこと、植物防疫官による検査が必要なこと、輸入が禁止されている植物があること等、植物検疫制度について周知・啓発を行うとともに、空港等で検査を的確に行えるよう検疫探知犬を導入している。

	病害虫名	発見件数	発見植物	輸出(仕出)国・地域	輸入形態
列強国 輸入禁止 病害虫	<i>Bactrocera dorsalis</i> species complex ミカンコミバエ種群	(190件)	トウガラシ生果実、グアバ生果実、マンゴー生果実、レンブ生果実、ニホンズモモ生果実、その他生果実31種	ベトナム、フィリピン、インドネシア、タイ、バングラデシュ、その他9か国	携帯品・郵便物
	<i>Bactrocera cucurbitae</i> ウリミバエ	(13件)	ニガウリ生果実、フジメ生果実、カラスウリ属生果実、キュウリ属生果実、ササゲ生果実、その他生果実5種	フィリピン、インド、スリランカ、タイ、ネパール、ベトナム	携帯品・郵便物・貨物
	<i>Ceratitis capitata</i> チチュウカイミバエ	(1件)	イチジク生果実	イタリア	携帯品
特定 重要 病害虫	<i>Elasmopalpus lignosellus</i> モロシマダラメイガ	(12件)	アスバラガス	メキシコ、ペルー	貨物
	<i>Diabrotica undecimpunctata</i> ジュウイチホシウリハムシ	(9件)	セロリー茎葉、バセリ茎葉、ハボタン茎葉、混合野菜(加工)	米国	貨物
	<i>Lygus lineolaris</i> サビロカスミカメ	(3件)	ラズベリー生果実	メキシコ	貨物
	<i>Otiorynchus ovatus</i> イチゴクチフトロムシ	(1件)	モミ属切り花	米国	貨物
重要 病害虫 (発見 数上位 抜粋)	<i>Bactrocera latifrons</i> ナスミバエ	(133件)	トウガラシ生果実、トウガラシ属生果実、ナス属生果実	タイ、ベトナム、ネパール、マレーシア、フィリピン、その他8か国	携帯品・郵便物
	<i>Bactrocera correcta</i> セグロモミバエ	(27件)	グアバ生果実、ナツメ生果実、バンジロウ属生果実、アセロラ生果実、インドナツメ生果実、その他果実6種	カンボジア、ベトナム、タイ、中国	携帯品
	<i>Helicoverpa zea</i> アメリカタバコガ	(27件)	アスバラガス、ラズベリー生果実、インゲンマメ生果実	メキシコ、米国	貨物
	<i>Heliothis virescens</i> ニセアメリカタバコガ	(22件)	アスバラガス	メキシコ	貨物
	<i>Delia radicum</i> キャベツハナバエ	(20件)	メキャベツ茎葉、カブ、カブラタマナ茎葉、ダイコン、ハツカダイコン	オランダ、ベルギー、フランス、ドイツ	貨物
	<i>Pseudococcus calceolariae</i> ガハニコカイガラムシ	(20件)	レモン生果実、オレンジ生果実、グレープフルーツ生果実	チリ、オーストラリア、ニュージーランド	貨物
	<i>Unaspis citri</i> ニセヤノネカイガラムシ	(19件)	ライム生果実	メキシコ	貨物
	<i>Liriomyza langiei</i> (15件)		セロリー茎葉、ブロッコリー茎葉	米国	貨物
	<i>Spodoptera frugiperda</i> ツマジロクサヨトウ	(13件)	バラ属切り花、アスバラガス、アジサイ属切り花、コリアンダー茎葉、コロハ茎葉、ハツキソウ切り花	タイ、エチオピア、ケニア、メキシコ、ペルー、その他3か国	貨物
	<i>Uromyces betae</i> テンサイさび病菌	(9件)	フタンソウ属種子、カエンサイ種子、サトウダイコン種子	フランス、イタリア、米国	郵便物・貨物

## ポジティブリスト対象病害虫の解説 — Tomato leaf curl New Delhi virus —

Tomato leaf curl New Delhi virus (ToLCNDV) は、1995年にインドのトマトで Tomato leaf curl geminivirus インド株として報告された。その後、アジア、アフリカ及び欧州と分布拡大していることから、日本への侵入が懸念されている。

ToLCNDVに感染した植物の葉には、モザイク、葉巻、葉脈の膨張、萎縮等の症状が現れ、トマトやニホンカボチャでは果実の収量の低下が報告されている。本ウイルスはタバココナジラミにより持続伝搬するが種子伝染の報告はない。このため、感染を防ぐには、タバココナジラミの防除が重要である。


EU諸国では、2015年に域内でのまん延に対して注意喚起を実施し、ニュージーランドでは、バレイショの隔離検査対象病害としている。

日本では、2020年11月11日から発生国からの植物の輸入に際し、以下の植物検疫措置を要求している。なお、対象国・植物及び検疫措置に関する詳細な情報は、植物防疫所のホーム

ページを参照されたい。

- 主な対象国：アジア(インド、イラン、台湾等)、欧州(イタリア、スペイン等)、アフリカ(アルジェリア、チュニジア等)
- 主な対象植物：アオイ科(オクラ等)、ウリ科(メロン、キュウリ、ニホンカボチャ等)、セリ科(ニンジン)、ナス科(トウガラシ属、トマト、ナス、バレイショ等)等の生植物(種子及び果実を除く)
- 検疫措置：輸出国において血清学的診断法や遺伝子診断等の精密検定を行い、ToLCNDVに感染していないことを植物検疫証明書に特記する。

発行所 横浜植物防疫所  
 発行人 大友 哲也  
 編集責任者 角屋 竜雄  
 掲載 植物防疫所ホームページ  
<http://www.maff.go.jp/ppsf/guidance/pestinfo/index.html>  
 無断転載禁止



<アンケートご協力のお願ひ>  
 本誌へのご意見を上記植物防疫所のホームページからお寄せください。