

報告

外来害虫・病原体・雑草による作物生産被害
の現状と対策



令和5年（2023年）6月23日

日本学術会議

農学委員会

植物保護科学分科会

この報告は日本学術会議農学委員会植物保護科学分科会の審議結果をとりまとめ公表するものである。

日本学術会議農学委員会植物保護科学分科会

委員長	松本 宏	(第二部会員)	筑波大学名誉教授
副委員長	渡辺 京子	(連携会員)	玉川大学農学部教授
幹事	水口 亜樹	(連携会員)	福井県立大学生物資源学部准教授
	上田 一郎	(連携会員)	北海道大学名誉教授
	大黒 俊哉	(連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	小野 正人	(連携会員)	玉川大学学術研究所所長
	嶋田 透	(連携会員)	学習院大学理学部生命科学科教授
	西澤 洋子	(連携会員)	元国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

本報告の作成にあたり、以下の方々にご協力いただいた。

上杉 龍士	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター主任研究員
眞岡 哲夫	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構植物防疫研究部門所長
黒川 俊二	京都大学農学研究科教授
松田 一彦	近畿大学農学部教授
藤川 貴史	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構植物防疫研究部門上級研究員
松下 陽介	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構植物防疫研究部門上級研究員
前島 健作	東京大学大学院農学生命科学研究科准教授

本件の作成にあたり、以下の職員が事務を担当した。

事務	根来 恭子	参事官 (審議第一担当)
	若尾 公章	参事官 (審議第一担当) 付参事官補佐
	増田 能伸	参事官 (審議第一担当) 付審議専門職

要 旨

1 検討の背景

わが国の食料はその多くを輸入に依存しているが、頻発する異常気象や天候不順さらには国際情勢の不安定化等が要因となって、将来におけるその確保が懸念されることから、国内食料供給能力の一層の強靱化が必要である。しかし、農業の現場では地球温暖化や外国からの生鮮農産物や飼料・牧草等の輸入等に伴って、新規の害虫・病原体・雑草の外来種が国内に侵入し、作物の生育に甚大な被害を及ぼす事例が多発しており、食料生産を脅かしている。

本報告は、外来害虫・病原体・雑草による作物生産被害の現状と対策について、また、現在主要な防除手段となっている化学農薬のこれからの開発と利用のあり方についての検討結果をまとめたものである。

2 外来害虫による作物生産被害と対策

近年、輸入される植物の種類・数量は大幅に増加していることに伴い外国から害虫が侵入するリスクは従来にも増して大きくなっている。植物防疫法では、農作物や樹木等を守るため、これらに害する動植物が外国から日本に持ち込まれることを防ぐために、輸入植物検疫を行うとしている。近年の主要な外来害虫 29 種について、各害虫の移動分散生態や発見地点および分布拡大状況からカテゴライズすると、海外や南西諸島からの飛来等による「自然侵入」は 5 事例、輸入農産物や資材等への随伴による「人為侵入」は 24 事例であった。「自然侵入」であるツマジロクサヨトウとトマトキバガは、世界的に分布を拡大中の大害虫であり、「人為侵入」の外来害虫の多くは、野菜、果物、切り花等の生鮮植物に付着する害虫であった。世界の害虫種は膨大であり、その全てにおいてリスクを特定するのは困難である。今後は、輸出国に対して強い検疫措置を求めるなどの輸入植物検疫の強化、侵入後のフェーズに対応した研究協力体制による対策、動物分類学の強化を通じた害虫に対する基礎研究の充実、侵入経路の解明と経済的損失の把握などに努める必要がある。

3 外来病原体による作物生産被害と対策

外来病原体については、植物防疫法に基づきまん延した場合に有用な植物に損害を与えるおそれがある菌、細菌、ウイルス等を「検疫有害動植物」の一部として指定し、輸入される植物に対して検疫を実施するとともに、特定の植物と病害の国内での移動規制、わが国への侵入が特に警戒される動植物を対象とした侵入警戒調査が実施されている。さらに、これらが新たに国内に侵入し、農作物に大きな被害を与えるおそれがある場合には、同法に基づき発生した病害虫を一部地域に封じ込め

根絶するための緊急防除が実施される。作物に被害を及ぼす外来病原体は多岐にわたるが、近年、まん延防止を目的とした調査および防除並びに緊急防除が実施された例として、カンキツグリーンング病菌、ウメ輪紋ウイルス、ジャガイモやせいもウイロイドがある。2022年4月に植物防疫法が改正され、予防概念の明記、侵入調査事業の明確化、緊急防除の迅速化、都道府県や植物防疫官の権限強化などが盛り込まれたが、これらの実現のためには、防疫事業に携わる者の増員や新規事業に対するリカレント教育が必要となる。特に、植物防疫業務の実施主体である都道府県の病虫害防除所や公設試験研究機関、検査業務の代行機関となる団体等の人材育成については、産学官を挙げて取り組むべき喫緊の課題である。

4 外来雑草による作物生産被害と対策

外来雑草が侵入する経路としては、鑑賞目的など意図的に導入される経路と輸入物資に混入して非意図的に導入される経路がある。作物生産現場では、特に後者の経路で侵入した外来雑草が甚大な被害をもたらしてきた。作物への被害防止を目的として、2022年4月に有害植物の定義に「草」が含まれることが盛り込まれた改正植物防疫法が成立した。実際には1980年代の終わりから、多種多様な外来雑草が飼料畑を中心に侵入し、深刻な農業被害をもたらしており、1993年および1996年に行われた調査によると、草地・飼料畑を中心に15科80種におよぶ外来雑草による被害が報告されている。その後、飼料畑における外来雑草被害は続き、2013年に行われた飼料畑における外来雑草発生実態の調査では、発生程度「中」以上の飼料畑面積がアレチウリで1,905ha、ワルナスビで5,540ha、オオブタクサで6,544haにも及んでいる。これらが導入される経路として最も重要なものは、畜産用の濃厚飼料の原料となる輸入穀物への外来雑草種子の混入である。今回の植物防疫法の改正に伴い今後検疫有害植物としてどの雑草種を指定するのか、また、どのような検疫措置をとるのかなど、輸入検疫における実効性のある雑草リスク管理スキームの構築が重要である。しかし、輸入検疫で外来雑草の侵入を完全に防ぐことは困難であることから国内での早期発見・早期対策が重要となる。そのためには、モニタリング、情報蓄積、情報発信、初動対応をつなげる仕組みが必要である。

5 植物保護における農薬開発の方向性と化学農薬の利用

食の安全性と環境（生物）を保全することを目的として、農水省から「みどりの食料システム戦略（みどり戦略）」が提示された。このみどり戦略の中で、「2050年までに化学農薬の使用量を半減すること」が一つの目標に明記されているが、これはただちに化学農薬の物質量を半分にすることを意味するものではなく、問題を抱える化学農薬をヒトやその他の非標的生物に対してもより安全な低毒性の新規農薬に置換していくことを目標としたものである。化学農薬には防除効果の即効性や安定性、生産コスト、保存可能な期間が長いなど優れている面が多数ある。また、

天敵や物理的手段だけでは温暖な日本において病害虫を防除するのは困難である。化学農薬の歴史をもとに、最先端の科学技術を駆使して新たな開発を進め、化学農薬のリスク低減に取り組んでいくことが重要である。また、天敵や生物産生物質と合成化学農薬は二者択一ではなく、両者を併用して環境保全型の農業を推進していくことも望まれる。しかし、天敵に対する化学農薬の影響の有無を調べる試験はあっても、総合的病害虫管理（Integrated Pest Management (IPM)）を意識した化学農薬と非化学防除手段を併用した病害虫防除試験への対応は遅れており、人工知能を活用したデジタル解析技術の導入と分野の垣根を越えた共同研究体制の構築が必要である。

目 次

1	はじめに	1
2	外来害虫による作物生産への被害と対策	1
	(1) 外来害虫による作物生産被害の実態	1
	① カテゴリー1：リスクが明らかな害虫	2
	② カテゴリー2：リスク不明な害虫	2
	③ カテゴリー3：リスクが無視できるほど小さい害虫	2
	(2) 侵入や導入の要因	2
	(3) これまでの対策や今後とるべき方策	3
	① 輸入植物検疫の強化による対策	3
	② 侵入後のフェーズに対応した研究協力体制による対策	3
	③ 動物分類学の重要性	4
	④ 侵入経路の解明と経済的損失の試算の必要性	5
3	外来病原体による作物生産被害と対策	8
	(1) <i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i> によるカンキツグリーンング病の被害と対策	8
	(2) ジャガイモやせいもウイロイド (potato spindle tuber viroid、PSTVd) によるトマトおよびダリアの被害と対策	9
	(3) ウメ輪紋ウイルスによる被害と対策	10
	(4) 今後とるべき方策	11
4	外来雑草による作物生産被害と対策	13
	(1) 問題となる外来雑草と被害の実態	13
	(2) 導入経路	14
	(3) 解決に向けた方策	16
5	植物保護における今後の農薬開発の方向性と化学農薬の利用	20
	(1) 化学農薬の利用と問題とされる点	20
	(2) 今後の開発の方向性と利用	21
	<用語の説明>	23
	<引用文献>	27
	<参考資料>	29

1 はじめに

地球気候変動による温暖化、さらには外国からの生鮮農産物や飼料・牧草等の輸入等に伴って、新規の害虫・病原体・雑草の外来種が国内に侵入し、作物生産に甚大な被害を及ぼす事例が発生している。このような中でわが国の2020年度（令和2年度）の食料自給率はカロリーベースによる試算で依然37%に止まっており、食料や飼料は海外からの輸入に依存している状況にある。

現在も世界人口は爆発的に増え続けていることから地球規模での食料不足が懸念され、さらに、頻発する異常気象や天候不順あるいは国際情勢によって輸入が制限されれば、わが国でも食料不足に陥るリスクも想定される。そのため自足可能な食料生産を目指した国内食料供給能力の強靱化が望まれる。そのような中、温暖で湿潤なわが国においては害虫、病原体、雑草が農作物生産に大きな影響を与えており、収量や品質への影響を抑えるため様々な防除手段が講じられているが、今後は外来種の防除もより重要な課題となってくると考えられる。

一方で、カーボンニュートラルが指向され、温室効果ガス排出産業である農業においても、より環境に配慮した持続的な生産体系が求められている。このような中、植物保護科学分科会では、農業生産を脅かす外来害虫・病原体・雑草の制御のあり方について、関連学会の連合体である日本植物保護科学連合の協力を得ながら検討を進めてきた。また、いくつかの公開シンポジウム（2015年：植物保護における外来種問題を考える、2021年：グリーンリカバリーへの植物保護科学の貢献、2022年：持続的な食料保障に向けた植物保護の新技术等）でも関連の問題を取り上げると共に、植物保護科学分科会から提出した第24期学術の大型研究計画に関するマスタープラン「百寿社会を支える植物とアグリイノベーションの創出」にも反映させてきた。

本報告は、外来害虫・病原体・雑草による作物生産被害の現状と対策について、また現在、主要な防除手段となっている化学農薬のこれからの開発と利用についての検討結果をまとめたものである。

2 外来害虫による作物生産への被害と対策

近年、国際貿易が活発になり、海上・航空輸送および低温での流通管理技術の発達により日本に輸入される植物の種類・数量は大幅に増加した。それに伴い外国から害虫が侵入するリスクは従来にも増して大きくなっている。ここでは、外国から侵入して、国内で有用な植物に損害を与えた害虫（昆虫、ダニ、線虫、貝類等を含む）を「外来害虫」と定義し、近年の被害実態と現状の対策およびこれからの対策案をまとめる。

(1) 外来害虫による作物生産被害の実態

外来害虫について、近年（2000年以降）の病虫害発生予察情報（特殊報）

[1]から、新たな作物生産被害を引き起こしたと発表された 29 事例をまとめた (表 1)。植物防疫法では、農作物や樹木等を守るため、これらを害する動植物が外国から日本に持ち込まれることを防ぐために、輸入植物検疫を行うとしている。2011 年の植物防疫法施行規則改正[2]において、検疫対象はリスクのある害虫「種」を明示する方式に移行しており、この方式にもとづき、近年の特殊報で発表された主要な外来害虫を以下のカテゴリーに分類した (表 1)。

① カテゴリー 1：リスクが明らかな害虫（「種」が検疫対象）

侵入・まん延した場合の被害リスクが明白な害虫種であり、輸入植物検疫で最も警戒されてきた害虫である。本カテゴリーでは 7 事例が発表された。

② カテゴリー 2：リスク不明な害虫（「科」が暫定的検疫対象）

世界には隠れた害虫種が膨大に存在するが、害虫種の多くはリスクが不明である。したがって、暫定的に科ごとにリスクのある害虫をまとめて検疫対象としており、それが本カテゴリーの害虫である。近年、日本に侵入し、農林生産に被害を与えた外来害虫については、このカテゴリーに属するものが多数を占め、18 事例が発表された。

③ カテゴリー 3：リスクが無視できるほど小さい害虫（「種」が検疫対象から除外）

このカテゴリーの害虫種は、すでに国内に存在する等の理由で、国内に侵入しても新たな被害を与えることはないとされ、輸入検疫対象から除外されたものである。しかし、このカテゴリーに含まれる害虫種の新系統や隠蔽種（近縁の新種）が侵入し、以下の新たな被害 3 事例が発生した。したがって、このカテゴリーの害虫の侵入については、植物防疫法上はリスクが無視できるほど小さいとされるが、現実にはリスクがないとは言い切れない。

チャトゲコナジラミ[3]、チャノキイロアザミウマ・C系統[4]、ネギハモグリバエ・バイオタイプ B [5]は、このカテゴリーに属し、輸入検疫から除外されていた。ところが、これらの害虫が国内へ侵入し、農業生産に新たな被害を与えた。その後の研究により、これら害虫が今まで日本に存在しなかった外来の有害な新系統または隠蔽種であることが判明した。

(2) 侵入や導入の要因

近年の主要な外来害虫 29 種[1]について、各害虫の移動分散生態や発見地点、および分布拡大状況から、それらの侵入様式を、「自然侵入」（海外や南西諸島からの飛来等による侵入）または「人為侵入」（輸入農産物や資材等への随伴による侵入）にカテゴライズした (表 1)。「自然侵入」は 5 事例、「人為侵

入」は24事例であった。

「自然侵入」である外来害虫であるツマジロクサヨトウとトマトキバガは、世界的に分布を拡大中の大害虫であり、東アジア地域への侵入を足掛かりに、日本国内に飛来した。ただし、トマトキバガの侵入様式については、引き続き、検証が必要である[6]。ミバエ類等の南方性害虫は、南西諸島や九州への飛来リスクがあり、一度根絶した地域においても再侵入が警戒されている[7]。

「人為侵入」の外来害虫の多くは、野菜、果物、切り花等の生鮮植物に付着する害虫であった。また、サクラやモモ、ウメ等バラ科樹木に甚大な被害を与えているクビアカツヤカミキリは木製梱包材等に随伴して侵入したとされる。

(3) これまでの対策や今後とるべき方策

① 輸入植物検疫の強化による対策

農林水産省では、年々増加する輸入植物検疫に対応するために、海外の害虫について種ごとに侵入被害リスクを特定し、検疫対象の外来害虫種をリスト化（カテゴリー1リストの充実）することで、メリハリのある適確な検疫措置を目指してきた[2]。しかし、世界の害虫種は膨大であり、その全てにおいてリスクを特定するのは困難である。実際、近年においても、リストに属さない外来害虫（カテゴリー2）の侵入による被害事例が頻発している（表1）。

検疫対象外の害虫（カテゴリー3）については、植物検疫法上、水際で防ぐことはできない。しかし、検疫対象外とされた害虫種においても、先に述べたように新系統や隠蔽種の侵入によって、新たな農林生産被害が引き起こされた。検疫対象外の害虫による新被害のリスクを防ぐには、新系統や隠蔽種が多く確認されたリスクの高い分類群（コナジラミ科、アザミウマ科、ハモグリバエ科等）に関連する生鮮野菜・果実において、輸出国に対して強い検疫措置を求める必要もある。

② 侵入後のフェーズに対応した研究協力体制による対策

外来害虫は国内においては未知の害虫であるので、農家や行政は有効な対策を迅速にとることができず、被害が大きくなるケースが多い。そこで、国立研究機関（国研）や公設試験研究機関（公設試）、大学等研究機関が主導し、被害を抑えるための技術開発研究による対策が行われてきた。まず、外来害虫による新被害の可能性が判明した際には、公設試が植物防疫所と連携して害虫種を特定し、病虫害発生予察情報（特殊報）を発信して、注意喚起が行われる[1]。その後、分類学的位置づけや生態の解明、有効な防除法の確立、効果的な殺虫剤・天敵・資材の活用方法などを明らかにして、外来害

虫に対抗する。被害が深刻な事例では、農林水産省がイニシアチブをとり、研究や対策に関わる資金を拠出し、官学でコンソーシアムを組むことで、迅速な対応が行われてきた[8]。この体制によって、外来害虫の侵入段階のフェーズごとに被害を最小限に食い止めてきた。これまで行われてきた対策が非常にうまく機能していることから、今後新たな外来害虫に対抗するためには現在の体制の維持に努めることが必要である。外来害虫対策のための研究開発は以下の3段階のフェーズで行われる。

(侵入フェーズ1) 根絶・地域封じ込め期の緊急対策

外来害虫の根絶もしくは地域封じ込めを目指す。具体的には、害虫研究者等有識者を交えた対策検討会を開催し、発生範囲の特定、作物や土壌の移動制限と検査の徹底、寄主植物の植栽の自粛、作物残渣や土壌の徹底的な消毒の実施等の対策技術を提案し、時には農業生産の収益性を度外視した緊急対策を行う。「根絶」については一部外来ミバエ類等で成功した事例がある[7]。移動性の低いシストセンチュウ類などでは、継続して「地域封じ込め」対策が行われている[9]。

(侵入フェーズ2) まん延期の被害対策

多くの外来害虫は、遅かれ早かれ侵入した地域を超えてまん延して被害を拡大させる。そこで、まん延時の被害を最小限に抑える対策が取られる。国研や公設試、大学が中心となり、効果的な農薬の登録拡大や農業生産の収益性を維持しつつ外来害虫による突発的被害を抑制する防除手法の研究開発が行われる[8]。また研究成果を、分布拡大が予想される地域に広く周知することで、被害を未然に防ぐ。

(侵入フェーズ3) まん延後の防除対策

外来害虫に対する防除法が確立されれば、被害はコントロールされる。一方で、外来害虫という新規の害虫が加わったことで、農家は往々にして追加の防除対策を永続的に強いられる。例えば、施設の野菜生産現場では、オンシツコナジラミ、タバココナジラミ(新バイオタイプ)、ミナミキイロアザミウマ、ミカンキイロアザミウマ、トマトサビダニ等1970~90年代に侵入し、まん延した外来害虫への対策に苦慮し続けている[10]。これは、日本の野菜栽培の生産性低下の要因の1つとなっている。そこで、殺虫剤や天敵等防除資材を駆使して、手間と費用を抑えた革新的な技術開発研究を継続して行うことで、生産性を改善させ、外来害虫による永続的な被害に対抗している。

③ 動物分類学の重要性

外来害虫は、日本において未知の害虫であり、その正体を解明することは被害解決に向けた最初の一步である[11]。その意味で、動物分類学分野の研究と教育は大きな役割を担ってきた。ところが、日本の生物学分野における

分類学分野の重要性の認識が低く、大学や博物館などで動物分類学の教職員採用の機会が減っているとの指摘もある[12]。現状、外来害虫対策において分類学研究を担っているのは、分類学で実績を残した退職教職員や、かつての分類学研究室で教育を受けた研究者である。しかし、今のペースで分類学の学問的伝統が失われれば、外来害虫の対策に重大な悪影響が生じるだろう。今後、分類学分野の教職員採用の促進が望まれる。

④ 侵入経路の解明と経済的損失の試算の必要性

今まで、農産物の輸入自由化は、短期的な経済価値にもとづいて議論されてきた。しかし、外来害虫が国内農業生産に与えてきた長期的・永続的な経済的損失の状況を鑑みると、生鮮農産物の輸入のあり方については、外来害虫の侵入経路や被害リスクを熟考した上で議論されるべきである。

一方で、外来害虫による被害の実態は、体系的に把握されているとは言い難い。外来害虫の侵入経路に関する研究を進めるとともに、外来害虫による経済的損失額を試算することによって、生鮮農産物輸入の負の側面である外来害虫の侵入リスクの実態をさらに明らかにすることが必要である。例えば、短期的経済損失として、上記侵入フェーズ1・2における、外来害虫侵入後の突発的な生産物被害コストおよび緊急防除や焼却処分等に関する行政コスト、さらには、防除法等技術開発に要した研究コストを試算すること、中長期的な経済的損失として、侵入フェーズ3における、まん延後に外来害虫が引き起こす永続的な追加防除コストの実態を試算すること等があげられる。外来害虫の侵入経路や経済的損失の試算を通じて、外来害虫の水際対策や侵入後の防除対策における研究の重要性について国民の理解が進むことが期待される。

表 1 2000 年以降に侵入した主要な外来害虫[1]リスト（侵入様式は推定である）

外来害虫	侵入当時のカテゴリー (現在のカテゴリー)	侵入様式 (推定)	初確認	被害作物
ミツユビナミハダニ	2	人為	2001 年大阪・京都	ナス科作物
プラタナスグンバイ	2	人為	2001 年愛知	プラタナス（並木等）
アシグロハモグリバエ	2（現在 3）	人為	2001 年北海道	ナシ、ナス科・ウリ科野菜等、花卉
モトジロアザミウマ	2（現在 3）	人為	2002 年愛知	果菜類等、バラ等花卉
タバココナジラミ (バイオタイプQ)	2	人為	2004 年宮崎	トマト、ナス、キュウリ、メロン等
チャトゲコナジラミ	3	人為	2004 年京都	チャ
クロマダラソテツシジミ	2	自然	2007 年九州本土	ソテツ
チャノキイロアザミウマ (C系統)	3	人為	2008 年高知	トウガラシ属野菜、果樹、チャ等
アカオビアザミウマ	2（現在 3）	人為	2008 年高知	マンゴー、グアバ
スグリコスカシバ	2	人為	2008 年北海道	フサスグリ
ヘリキスジノメイガ	なし	自然	2008 年北海道	大豆、野菜、牧草
クハシカキガラムシ	1（現在 3）	人為	2009 年沖縄	ナス、トマト、ナシ等
ナスミバエ	1	人為（自然？）	2010 年沖縄本島	トウガラシ、ナス科野菜等
タバコノミハムシ	2（現在 3）	人為	2011 年群馬	ナス科作物
チュウゴクナシキジラミ	2	人為	2011 年佐賀	ナシ
クビアカツヤカミキリ	2	人為	2012 年愛知	バラ科果樹、サクラ
ビワキジラミ	2	人為	2012 年徳島	ビワ

ネギ初ノバエキノバエ	2	人為	2014年埼玉	ネギ、ニンジン等
ジャガイモシロシトセンチュウ	1	人為	2015年北海道	ばれいしょ
ヒサキワタキコシラミ	2	人為	2015年京都	チャ
ブルーベリータマバエ	2	人為	2015年群馬	ブルーベリー
ミカンコミバエ種群	1	自然	2015年奄美大島再侵入	ミカン、ナス科野菜
ネギハモグリバエ (バイオタイプB)	3	人為	2016年京都	ネギ、タマネギ等
マンゴ-ヒラタサビダニ	2	人為	2017年沖縄	マンゴー
テンサイシトセンチュウ	1	人為	2017年長野	アブラナ科野菜、テンサイ等
トチュウウスクモヨトウ	2	人為(自然?)	2017年長野	トチュウ(杜仲)
パパイヤコカイガラムシ	2	人為	2018年沖縄	パパイヤ等
ツマジロクサヨトウ	1	自然	2019年鹿児島	トウモロコシ、サウキビ等
トマトキバガ	1	自然	2021年熊本・宮崎	トマト等のナス科

3 外来病原体による作物生産被害と対策

わが国では、外来動植物の侵入については、外来生物による生態系等への被害（農林水産業に係る被害を含む）を防止する観点から、環境省の外来生物法で規制されている。一方、本項で取り扱う外来病原体については、農林水産省の植物防疫法に基づき、まん延した場合に有用な植物に損害を与えるおそれがある菌、細菌、ウイルス等を「検疫有害動植物」の一部として指定し、輸入される植物に対して検疫を実施するとともに、特定の植物と病害の国内での移動規制、わが国への侵入が特に警戒される動植物を対象とした侵入警戒調査が実施されている。さらに、わが国農業生産の安全と助長を図る上で支障となる特に重要な検疫有害動植物を「特定重要病害虫」（表2）として指定し、これらが新たに国内に侵入し、農作物に大きな被害を与えるおそれがある場合には、同法に基づき発生した病害虫を一部地域に封じ込め根絶するための緊急防除が実施される。緊急防除では、防除を行う区域及び期間の決定、発生した病害虫及び寄主植物の作付けの制限又は禁止、譲渡又は移動の制限、消毒、除去、廃棄等の措置が実施される。

作物に被害を及ぼす外来病原体は、菌類、細菌、ウイルス、ウイロイドなど多岐にわたるが[13]、本項では、1980年代から2010年代にかけてわが国に侵入した特定重要病害虫の内、農林水産省によるまん延防止を目的とした調査および防除並びに緊急防除が実施されたカンキツグリーンング病菌、ジャガイモやせいもウイロイド、ウメ輪紋ウイルスについて、被害と対策を以下に概説する。

(1) *Candidatus Liberibacter asiaticus* によるカンキツグリーンング病の被害と対策

カンキツグリーンング病の記録は古く、19世紀末（1894年）には早くも中国で本病害と思われるカンキツ病害の発生が知られている[14]。その後台湾やフランスの研究グループによって現地調査が進み、カンキツグリーンング病（citrus greening）や黄龍病（huanglongbing : HLB）という病名で世界中に知られるようになった。本病害はカンキツを寄主とする特定のキジラミ類によって媒介される細菌病害であり、感染カンキツに様々な症状を引き起こす。果実品質や果実形状の悪化だけでなく、着果量も減少するため経済的損失が大きい。その上、樹体そのものが衰弱し、時を経ずして枯死する。本病害はアジア、アフリカ、南北アメリカのカンキツ主生産地で発生している。本病原菌は植物師部に局在するという特徴から、一般的な農薬（銅剤、抗生剤）では防除困難である。このため、フロリダ州（アメリカのオレンジ主産地）だけで年間約1,100億円の被害となっているとの試算もある。

わが国においては、1988年に沖縄県西表島で、感染樹が初めて確認された[15]。その後1990年代に沖縄本島および鹿児島県奄美群島（与論島、沖永良部島、徳之島、喜界島）まで感染が拡大し、九州、四国、本州の国内カンキツ主

産地への侵入、定着、まん延が懸念され、本病害根絶が開始されることとなった。2007年に農林水産省の緊急防除省令によって、喜界島の本病害根絶が進められ、2012年には喜界島における根絶を達成した[15]。同時に沖縄本島ではシークワサー産地の維持を目的としてフリーエリア（本病害が発生していない地域）の拡大も進められた。その後も本病害の根絶や発生地域縮小の取り組みは奄美群島の発生地や沖縄県で続けられており、国内の発生地域の南下や縮小が着実に進んでいる[15]。なお、本病害の発生地域から、カンキツやゲッキツ（ミカンキジラミの寄主植物）の苗木やミカンキジラミそのものを地域外に持ち出すことは厳に禁止されている。

現在、本病害は有効な薬剤が無く、また現場で利用できるような予防法も治療法も無い。本病原菌はミカンキジラミによって媒介されることから、本病害の感染樹を早期発見し、早期伐採すること、媒介虫の徹底的な駆除を行うことが最適で効率的な対策である[16]。最近、海外では本病害に耐性を示すミカン科植物やその由来物質が発見されたとの報告もある。また、わが国でもカンキツの野生種等を用いた試験で耐病性素材となりうる植物種も見出されている。こうしたことから、今後本病害の耐病性品種の育種や、新規薬剤の開発が進むと予想される。並行して、発生地における感染樹の発見を更に高速化するための検出技術の開発も行われている。

(2) ジャガイモやせいもウイルス (potato spindle tuber viroid, PSTVd) によるトマトおよびダリアの被害と対策

ウイルス (Viroid) は一本鎖環状 RNA (250~400 塩基) のみからなる最小の植物病原体である[17]。ウイルスのようにタンパク質に包まれていない裸の RNA である。ウイルスはタンパク質を持たないため抗原抗体反応を用いた方法では検出できず、一般的には PCR を用いた検出によって感染の有無を診断する。ウイルスは約 30 種報告されているが、代表的なウイルスがジャガイモやせいもウイルス (potato spindle tuber viroid, PSTVd) であり、トマトに感染すると地上部の矮化や葉の退緑、ジャガイモに感染すると地上部の生育不良や塊茎の小型化などを引き起こす。これまでに北米や中国、インド、ロシア、タイ、オーストラリアなどで発生が確認されており、日本では 2008 年に福島県のトマトで初めて確認されている[18]。福島県の PSTVd は植物防疫所の対策によって根絶が確認されたが、その後、2010 年に山梨県のダリアから検出された。植物防疫所による全国のダリア産地における PSTVd の感染実態調査によって、鹿児島県から北海道までの 19 都道府県、85 地点のうち 30 地点のダリアの生産圃場から PSTVd が検出された。植物防疫所は 2010 年から PSTVd の感染を確認した施設について PSTVd の早期根絶のために、感染植物の焼却等処分と適切な防除の実施を指導するとともに、防除後も再感染がないことを確認するこ

とで PSTVd の根絶作業を実施した。その結果、ダリア産地からの PSTVd の根絶宣言は近づいており、また、現時点で日本国内において新たな PSTVd の発生報告はない。ウイロイドは一般的に収穫及び摘葉に用いる器具類（ハサミや刃物など）に付着した汁液を介して伝染する[19]。そのため主な防除対策として、作業用の器具類の有効塩素濃度 0.5%以上の次亜塩素酸ナトリウム等を使用した消毒を推奨している。他の多くの病原体と異なり、ウイロイドにはエタノール消毒は効果がないことに注意が必要である。ウイロイドは全身感染するため、ジャガイモの塊茎やダリアの球根にも感染し、それらから生じた新たな個体にも全身感染する。そのため、植物防疫所は、感染植物を根こそぎ抜き取り、栽培中の他の植物と接触しないようビニール袋等に入れて当該生産施設の外に持ち出し、地中深くへの埋却処理又は焼却処理により、可能な限り早期に処分することを指導している。

(3) ウメ輪紋ウイルスによる被害と対策

ウメ輪紋ウイルス (plum pox virus, PPV) はアブラムシ媒介によりサクラ属の果樹（モモ、プルーン、アンズ、スモモ、オウトウ、アーモンドなど）に広く感染し、果実生産に深刻な被害を及ぼす重要ウイルスである。PPV による損失額はヨーロッパを中心に年間約 500 億円に上る。PPV による病気は、1915 年頃にブルガリアのプルーンにおいて初めて確認された。発生範囲はその後拡大し、1980 年代にはヨーロッパのほぼ全域と中東で発生が認められるようになった。国際的に重要な植物検疫対象であり、各国で侵入が警戒されていたが、1990 年以降は南米、北米、アジアなど地理的に離れた地域でも発生が報告された。日本においても最も侵入が警戒される植物病原体のひとつであったが、2009 年に東京都青梅市のウメで初めて確認され、ウメ輪紋ウイルスと命名された。同年のうちに青梅市周辺（あきる野市、八王子市、日の出町、奥多摩町）に加えて、神奈川県小田原市および茨城県水戸市における発生が明らかになった。

2010 年 2 月、PPV の根絶のため植物防疫法に基づく PPV の緊急防除省令が施行され、2021 年 3 月まで継続された。感染植物が広く分布している地域が緊急防除をおこなう区域（防除区域）に指定され、以下の規制が実施されることとなった[20]。

- ・ PPV の宿主植物（サクラ属植物及び海外で感染報告例のある植物。種子及び果実を除く）の持ち出し禁止

- ・ 感染植物及び感染が疑われる植物（感染樹周辺に植えられた宿主植物）の伐採、抜根、焼却（所有者への補償を伴う）

なお、防除区域に指定されなかった発生地域についても同等の措置が講じられた。根絶の判断基準は、3 年間継続して PPV の感染樹が発見されないことと

された。

上記の防除事業と並行して、発生地域周辺と全国での発生状況調査が毎年継続して実施され、2019年までに延べ約280万本の植物が調査され、12都府県において約3万本の感染樹が発見された。PPV根絶のため、感染樹および感染のおそれのある植物約43万本が伐採等により処分された。また、海外で複数報告されているPPVの系統のうち、当初はD系統の発生のみが国内で確認されていたが、2016年には病原性が強いとされるM系統の発生も確認された[21]。

この間、農林水産省による公募、委託のもと、複数の研究機関による共同試験研究が実施された。全国での調査に向けて、従来法よりも簡便性・迅速性・検出感度に優れた抗体診断キットおよび遺伝子診断キットが開発・製品化された[20]。また、PPVの遺伝情報を用いて国内外における侵入・拡散経路が初めて解明された[22]。さらに、アブラムシの防除適期の特定や、日本の果樹品種に対する病原性、雑草等への感染性、統計学的手法による撲滅確認手法について研究が行われた[20]。

現在、発生地域における感染率は大きく低下した状態にある。今後の発生拡大を未然に防ぐため、これら地域では、宿主植物の繁殖・移動が行われる場合は、検査を実施する制度が導入されている。

以上、行政による防除事業が実施された3病害について概説したが、これ以外にも、わが国の農業に大きな被害を及ぼすと予想され、防除が行われた病害として *Pseudomonas syringae* pv. *actinididae* biovar 3 (Psa3) 系統によるキウイフルーツかいよう病、*Acidovorax avenae* subsp. *citruilli* によるスイカ果実汚斑細菌病（ウリ科野菜果実汚斑細菌病）などが挙げられる。さらに、現在海外で問題となっており、わが国への侵入が警戒される病害としては、*Erwinia amylovora* によるリンゴ、ナシなどのバラ科ナシ亜科植物火傷病、*Pyricularia oryzae* pathotype *Triticum* によるコムギいもち病、*Xylella fastidiosa* によるブドウやオリーブのピアス病、*Candidatus Liberibacter solanacearum* によるジャガイモの zebra chip disease の他、トマトの tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV)、ナス科植物の pepino mosaic virus (PepMV) などが挙げられる。これらの病害についても、引き続き警戒に努める必要がある。

(4) 今後とるべき方策

これまで外来病原体を含む病害虫の対策には、侵入を水際で食い止め、侵入が認められた場合は、発生を緊急防除し封じ込めるといった事後的な対策がとられてきた。しかし、冒頭で述べたように、気候変動による温暖化、輸入物量の増大等に伴い、新規の害虫・病原体・雑草の侵入機会は増大しており、現行の植物検疫体制では予算も人的資源も不足してくることが懸念されている。そ

のため、2022年4月に植物防疫法が改正され、予防概念の明記、侵入調査事業の明確化、緊急防除の迅速化、都道府県や植物防疫官の権限強化、検査業務の代行、有害植物への雑草の追加などが盛り込まれた。

これらの政策実現のためには、防疫事業に携わる者の増員や新規事業に対するリカレント教育が必要となる。特に、植物防疫業務の実施主体である都道府県の病虫害防除所や公設試、検査業務の代行機関となる団体等の人材育成については、産学官を挙げて取り組むべき喫緊の課題であり、国、学術団体、大学、国研等の連携による講習・研修機会の増加が望まれる。さらに、上記業務を円滑かつ効率的に遂行するためには、新たな技術開発も必須となる。特に、AIやICTを用いた診断同定システムやビッグデータを用いた発生予察などの早急な実用化が望まれる。また将来的には、ARを用いた遠隔診断など医療現場で実用化されている技術の導入も考えられる。

表2 特定重要病虫害（病害抜粋）

区分	科名	学名	英名	和名
糸状菌	<i>Dothideaceae</i> クロイボタケ科	<i>Apiosporina morbosus</i> von Arx.	black knot	
糸状菌	<i>Dothideaceae</i> クロイボタケ科	<i>Guignardia citricarpa</i> Kiely.	black spot	
糸状菌	<i>Pucciniaceae</i> ブクキニア科	<i>Puccinia pittieriana</i> P. Hennings	potato rust	
糸状菌	<i>Sphaeropsidaceae</i> スファエロブシス科	<i>Deuterophoma tracheiphila</i> Petri	mal secco	
糸状菌	<i>Sphaeropsidaceae</i> スファエロブシス科	<i>Sphaeropsis tumefaciens</i> Hedges	Sphaeropsis knot	
糸状菌	<i>Dematiaceae</i> クロイトカビ科	<i>Drechslera iridis</i> (Oud.) M.B.Ellis	ink disease	
糸状菌	<i>Ophiostomataceae</i> オフィオストマ科	<i>Ceratocystis fagacearum</i> (Bretz)	oak wilt	ナラの萎凋病菌
糸状菌	<i>Ophiostomataceae</i> オフィオストマ科	<i>Ophiostoma ulmi</i> (Buisman) Nann.	Dutch elm disease	ニレのオランダ病菌
糸状菌	<i>Diatrypaceae</i> シトネタケ科	<i>Eutypa lata</i> (Pers.:Fr.) Tul. & C.Tul.	Eutypa dieback	
細菌	<i>Pseudomonadaceae</i> プセウドモナス科	<i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzicola</i> (Fang et al. 1957) Swings et al. 1990	bacterial leaf streak of rice	イネ条斑細菌病菌
細菌	<i>Spiroplasmataceae</i> スピロプラズマ科	<i>Spiroplasma citri</i> Saglio et al. 1973	citrus stubborn disease	
細菌	<i>Spiroplasmataceae</i> スピロプラズマ科	Candidatus <i>Liberibacter africanus</i>	Huanglongbing (Citrus Greening Disease)	カンキツ グリーンング病菌
細菌	<i>Spiroplasmataceae</i> スピロプラズマ科	Candidatus <i>Liberibacter asiaticus</i>		
細菌	<i>Spiroplasmataceae</i> スピロプラズマ科	Candidatus <i>Liberibacter americanus</i>		
細菌	<i>Spiroplasmataceae</i> スピロプラズマ科	<i>Xylella fastidiosa</i> Wells et al. 1987	phony peach disease	
ウイルス	<i>Potyviridae</i> ポティウイルス科	<i>Plum pox virus</i>		ウメ輪紋ウイルス
ウイルス	<i>Potyviridae</i> ポティウイルス科	<i>Sweet potato mild mottle virus</i>		
ウイルス	<i>Reoviridae</i> レオウイルス科	<i>Fiji disease virus</i>	Fiji disease, Fiji disease of sugarcane	
ウイルス	<i>Rhabdoviridae</i> ラブドウイルス科	<i>Potato yellow dwarf virus</i>		
ウイロイド	<i>Pospiviroidae</i> ポスピウイロイド科	<i>Citrus cachexia viroid</i> *	Citrus cachexia disease	
ウイロイド	<i>Pospiviroidae</i> ポスピウイロイド科	<i>Potato spindle tuber viroid</i>		ジャガイモやせいも ウイロイド

特定重要病虫害検疫要綱別表1より病害を抜粋し一部和名を加筆した。

* 現在は *Hop stunt viroid* の1種とされている。

4 外来雑草による作物生産被害と対策

外来雑草が侵入する経路としては、鑑賞目的など意図的に導入される経路と輸入物資に混入して非意図的に導入される経路がある。作物生産現場では、特に後者の経路で侵入した外来雑草が甚大な被害をもたらしてきた(表3)。

これまで公的な外来雑草対策については外来生物法に基づいて行われてきたが、その主な目的は生態系被害防止であり、農業被害についてはほとんど対応できていなかった。一方、作物への被害防止を目的として、2022年4月22日に有害植物の定義に「草」が含まれることが盛り込まれた改正植物防疫法が国会で可決・成立したところである。今後は植物防疫法に基づいた作物生産現場での外来雑草対策が大いに期待される。ここでは、外来雑草による農業被害の実態および今後の解決に向けた方策について報告する。

(1)問題となる外来雑草と被害の実態

1980年代の終わりから、多種多様な外来雑草が飼料畑を中心に侵入し、深刻な農業被害をもたらしている[23]。1988年に広島県で行われた調査では飼料畑の44%でイチビが、同じく12%でアレチウリが発生していた。2000年以降では水田地帯にも一年生の帰化アサガオ類と称されるものが侵入し、後述の通り水田における転作ダイズ生産において甚大な被害をもたらしている。さらにムギ畑では、ネズミムギ、カラスムギなどのイネ科雑草が、後述のように関東・東海地域を中心に甚大な被害をもたらしている。

農林水産省の研究プロジェクト「強害帰化植物の蔓延防止技術の開発」の中で1993年および1996年に行われたアンケート調査によると、草地・飼料畑を中心に15科80種におよぶ外来雑草による被害が報告されている。その後飼料畑における外来雑草被害は続き、畜産草地研究所で2013年に行われた飼料畑における外来雑草発生実態のアンケート調査では、発生程度「中」以上の飼料畑面積がアレチウリで1905ha、ワルナスビで5540ha、オオブタクサで6544haにも及んでいる。

草地・飼料畑は、後述の通り輸入飼料を介した非意図的導入による外来雑草の最初の到着地であることから多種多様な雑草種が同じ圃場内に発生するという特徴を持っている。特に飼料用トウモロコシ畑では、イチビ、オオブタクサ、オオオナモミといった草丈2m以上の大型草種の侵入や、つる性で大型のアレチウリの侵入によって、場合によっては収穫不能となる壊滅的被害が生じている。また、イチビやカラクサナズナなど特有の臭いを有する雑草については、サイレージに混入してその匂いが牛乳へ移行する懸念がある。さらに、ソラニンを含有するワルナスビやイヌホオズキ類、トロパンアルカロイドを含有するヨウシュチョウセンアサガオ、ピロリジジンアルカロイドを含有するナル

トサワギクなど有毒雑草の草地・飼料畑への侵入は家畜の健康被害をもたらすリスクがある。

ダイズ生産における外来雑草被害については、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）中央農業総合研究センター雑草バイオタイプ・総合防除研究チーム（現植物防疫研究部門雑草防除研究領域）が2008年に九州を除く地域を対象としたアンケート調査を行った。その報告書によると、一年生帰化アサガオ類の被害が著しく、マルバルコウが302.9ha、マルバアメリカアサガオが308ha、マメアサガオが138.1ha、ホシアサガオが234.5haのダイズ畑で発生しており、東海地域ではダイズ圃場の26%に一年生帰化アサガオ類が蔓延していた。また、ダイズの汚損粒発生の原因となるヒロハフウリンホオズキについても442.6haで発生が報告されている。

一年生帰化アサガオ類はつる性で作物に絡みつくことから発生密度が多い場合はダイズが収穫不能となる場合もある。愛知県では平均40-50%減収することが報告されている[24]。また、つるが収穫機に巻きつくなど作業阻害も引き起こす。帰化アサガオ類は発生期間がダイズ栽培期間全体におよぶとともに、既存の除草剤の感受性が低いことなどから防除が難しい。液果が収穫の際に混入することによって汚損粒を発生させるヒロハフウリンホオズキとホソバフウリンホオズキは西日本を中心に発生し、ダイズの品質低下をもたらすとともに、京都の丹波大納言アズキの産地においても甚大な被害をもたらしている。

ムギ作におけるネズミムギ、カラスムギの被害実態については、1999年に関東・東海地域の農業改良普及センターに対してアンケート調査が実施された。その結果、回答が得られた52管区のうち、カラスムギで29、ネズミムギで34とどちらも半数を超えた管区で被害が報告された。カラスムギでは茨城県、埼玉県から、ネズミムギでは埼玉県、静岡県からこれらの雑草害によりムギ類の収穫放棄・次回ムギ作の作付け断念に至る著しい被害事例も報告された。他にも、東北地域でハルザキヤマガラシ、カミツレモドキが、長野県ではヤグルマギク、ヒメアマナズナ、クジラグサ、グンバイナズナなども問題雑草となっている。このうち長野県のムギ作ではヒメアマナズナ、クジラグサ、グンバイナズナの多発により収穫放棄される圃場まである。これらは長期固定方式の転作圃場が増えていることも一因と考えられている。

(2) 導入経路

外来種の定義は意図的、非意図的に関わらず人間活動によって本来の生育地から持ち込まれた種とされる。農耕地で深刻な被害をもたらしている外来雑草についても人為的に持ち込まれる導入経路が複数存在する。

まず意図的に導入される経路では、緑化用あるいは畜産飼料用に栽培される牧草類の導入がある。この経路で導入されているものは非常に種数が多いが、

ネズミムギ、ホソムギ、オニウシノケグサなど花粉症の集団発生をもたらすイネ科雑草が含まれる。ただし、ネズミムギ、ホソムギについては、後述の輸入穀物への非意図的導入経路でも侵入しているが、ムギ作で問題を引き起こしているネズミムギは緑化用に導入されたものの逸出が主な由来であると考えられている。なお、緑化用と畜産飼料用ではその利用場所や管理が大きく異なることから、導入経路としての重要性にも違いがあると考えられる。

もう一つの意図的導入経路としては、観賞用植物やアクアリウム用の水草がある。日本において観賞用植物で著しい作物生産被害をもたらすものは多くはないが、ダイズ畑で深刻な問題を引き起こしているマルバルコウは江戸時代に観賞用として持ち込まれたとされている。また、ムギ作で問題となるヤグルマギクも園芸植物である。しかし、これらの種が観賞用として導入された後、どのようにダイズやムギが栽培されている水田地帯に侵入したのかは明らかとなっていない。水草ではナガエツルノゲイトウ、ブラジルチドメグサ、ボタンウキクサ、オオバナミズキンバイなど特定外来生物に指定されている種が水系で繁茂し問題となっており、ナガエツルノゲイトウについては、排水機場の通水障害や用水供給の停止事例が生じるなど農業水利施設での被害をもたらしている。

非意図的導入については、最も重要な経路は畜産用の濃厚飼料の原料となる輸入穀物への外来雑草種子の混入である。農林水産省の研究プロジェクト「強害帰化植物の蔓延防止技術の開発」で実施された輸入穀物の混入種子調査では、茨城県鹿島港に入港する輸入穀物サンプル全てに外来雑草種子の混入が確認された。1サンプルあたりの種数は平均20種に及んだ。その半数以上が北米からの輸入であった。輸入穀物は入港した港に隣接する飼料工場に濃厚飼料に加工され、全国の畜産農家に運搬される。濃厚飼料に混入した外来雑草種子は家畜に摂食された後、糞中に排出される。これらの過程では多くの混入種子は死滅していないと考えられている。その後、糞は堆肥化されて飼料畑に投入されることとなるが、堆肥化する際の発酵熱が57℃以上になればそこに含まれる雑草種子は死滅することが確認されている[25]。一方で、堆肥化が不十分な場合やスラリーとして飼料畑に投入される場合には生きたままの雑草種子が飼料畑に到達することとなる。1980年代の終わりから飼料畑で問題となっている外来雑草の多くはこの経路による侵入と考えられている。年間25百万トン以上にもおよぶ穀物を輸入している日本では、外来雑草の最大の非意図的導入経路と推定される。なお、飼料畑、ダイズ畑で大きな被害をもたらしているアレチウリについては、先の混入実態調査では種子は検出されていない。しかしながら、阿武隈川流域に分布するアレチウリ集団について葉緑体DNA解析が行われた結果では、上流域の酪農地帯に蔓延する集団が非常に高い遺伝的多様性があることが明らかとなっており、輸入飼料を介して酪農地帯に侵入を繰り返した

結果であると推察されている[26]。また、それらが水の流れを通じて河川敷集団を形成していることも推察されていることから、河川から水を引いている水田地帯に水系を通じて侵入し、転作ダイズで被害をもたらしていると考えられる。他にもダイズ畑で問題となっているアメリカアサガオ、マメアサガオ、ホシアサガオやムギ畑で問題となっているネズミムギ、カラスムギについても輸入穀物への種子混入が確認されているが、これらがどのようにしてダイズやムギが栽培されている水田地帯に侵入したのかは明らかとなっていない。これらの雑草が飼料畑で問題となるケースは稀であることから、濃厚飼料を介した経路とは別の経路が存在する可能性がある。

多くの物資を輸入に依存している日本では他にも非意図的な導入経路が存在すると考えられる。畜産現場で問題となるナルトサワギクは1976年に徳島県鳴門市で最初に確認されたが、埋立地の緑化用の吹き付け種子として輸入されたシロツメクサやシナダレスズメガヤの種子への混入によって非意図的に導入されたと考えられている。しかし、その後どのようにして各地での散発的発生が生じているかは不明である。また、ダイズやアズキで問題となっている熱帯アメリカ原産のヒロハフウリンホオズキ、ホソバフウリンホオズキは輸入穀物への種子混入が確認されておらず導入経路はわかっていない。他にも同じく熱帯アメリカ原産のニシキアオイが最近散発的にダイズ畑に侵入している。熱帯アメリカからダイズ畑に導入される何らかの経路があるのかもしれない。新たな侵入を防ぐためには未だ不明な導入経路を解明する必要がある。

(3) 解決に向けた方策

外来雑草は意図的、非意図的に関わらず人間活動により持ち込まれるものである。そのため、その侵入プロセスを理解することで必ず人が管理できるはずである。

これまでの外来雑草対策では、すでに問題を引き起こしている外来雑草に対する防除技術の開発が中心であった。しかし、特に輸入穀物を介して侵入する外来雑草については、そのソースとなっている穀物生産国においてさまざまな雑草防除プログラムをくぐり抜けてきたものであることから、既存の防除技術で防除できるものが少ない。たとえ新たに防除技術が開発されたとしてもその防除コストは高く、さらに埋土種子という形で永続的に発生する雑草種の場合その高コストな防除を毎年繰り返す必要がある。限られた予算と人的資源の中で効率的・効果的に外来雑草を管理するためには、予防原則に基づいた新たな侵入防止が基本となる。外来雑草の導入経路が今後も継続的に存在する限り、新たな外来雑草の侵入が続くと考えられることから、導入経路に応じた侵入防止方策を立てる必要がある。

日本への新たな持ち込みを完全に防ぐためには、導入経路となっているあら

ゆる輸入を止めることである。しかし、多くの物資を輸入に依存している現代の日本では、社会経済上すべての輸入を止めることはありえない。そのため、輸入段階で有害となる外来雑草の導入を防ぐ何らかの手段が必要である。

現在、意図的導入については外来生物法によって特定外来生物の輸入が禁止されている。特定外来生物の指定対象は生態系への被害防止の観点が大きいが、人への健康や農林水産業への被害防止も目的となっており、法律上は農林水産業に対して被害をもたらす種についても種を指定し輸入を規制することは可能である。非意図的導入については外来生物法においても規制できていることになっているが、現在のところ輸入穀物への雑草種子混入については対応されていない。

一方、作物などの有用植物を有害な生物から保護するという観点からすると、植物の輸入検疫の根拠となっている植物防疫法が存在する。しかしながらこれまで、日本の植物防疫法の「有害植物」の定義は「真菌、粘菌、細菌、寄生植物及びウイルスであって、直接又は間接に有用な植物を害するものをいう」となっており、本報告で示したような深刻な作物生産被害をもたらしている外来雑草はその定義の中に含まれていなかった。グローバル社会が進む中、外来雑草問題は日本だけの問題ではなく全世界的問題である。そのため、これまで日本と同様に「有害植物」に雑草を加えていなかった国においても、現在では雑草を加えていることが普通となっている。日本も締約国となっている国際植物防疫条約では有害動植物の定義が「any species, strain or biotype of plant, animal or pathogenic agent injurious to plants or plant products」となっていることから、当然雑草も含まれる。

こうした国内外の外来雑草の情勢を受けて、農林水産省の「植物防疫の在り方に関する検討会」の中間論点整理（2021年6月）において、輸入検疫をめぐる状況の変化と課題として、輸入される牧草や飼料穀物に混入した雑草種子等に起因する外来雑草等による農作物被害についても取り上げられた。さらに、2022年2月22日には「有害植物の定義に、直接又は間接に有用な植物を害する草を追加すること。」が盛り込まれた植物防疫法の一部を改正する法律案が第208回国会に提出され、同年4月22日に国会で可決・成立したところである。こうした法改正により、今後はどのような雑草種を検疫有害植物として指定するのか、また、どのような検疫措置をとるのかなど、輸入検疫における実効性のある雑草リスク管理スキームの構築が重要となる。

輸入段階での法規制は新たな外来雑草の侵入を防ぐ上で最も重要であるが、大量の物資を輸入している日本において、輸入検疫で外来雑草の侵入を完全に防ぐことは困難である。次に重要な方策としては、国内での早期発見・早期対策である。そのためには、モニタリング、情報蓄積、情報発信、初動対応をつなげる仕組みが必要である。病害虫については、植物防疫法に基づいて各都道

府県に病害虫防除所が設置されており、巡回調査や発生予察事業などが行われている。植物防疫法における有害植物の定義に「草」が含まれる改正が行われたことにより、今後外来雑草についても同様な対応が行われることとなると考えられる。

最後に、外来雑草問題は地球温暖化との関わりも大きい。熱帯原産の外来雑草の侵入が増加しているが、今後さらに新たな種の侵入や侵入地域の拡大が懸念される。今後どのような外来雑草に警戒する必要があるのかを知るためには、それぞれの作物生産で問題となる「雑草性」の総合的理解を進め、気候変動の影響を踏まえた外来雑草のリスク評価手法や管理技術の開発が必要となるだろう。また、農業生産者の数が減少する中、高度で複雑な防除技術を必要とする外来雑草はますます防除することが難しくなる。持続的な食糧生産を実現するためには、新たな外来雑草の侵入を初期の段階で検出できる AI 画像認識技術やそれらを自動で防除するロボット技術の開発など、最新技術の開発研究も重要となるだろう。このような方策を講じることにより、農業生産現場における外来雑草被害を防ぐだけでなく、生態系に対する被害の抑制・防止にもつながると考えられる。

表3. 農耕地で問題となる主な外来雑草の導入経路と被害作物

科名	学名	和名	原産地	導入経路	被害作物等・ 外来生物法指定状況
イネ	<i>Avena fatua</i> L.	カラスムギ	ヨーロッパ	輸入穀物・乾草への混入	ムギ類
イネ	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	ネズミムギ	ヨーロッパ	輸入穀物への混入	ムギ類
ウリ	<i>Sicyos angulatus</i> L.	アレチウリ	北アメリカ	輸入穀物への混入	飼料畑、ダイズ 特定外来生物
アオイ	<i>Abutilon theophrasti</i> Medik.	イチビ	中央アジア～中国	輸入穀物への混入	飼料畑、ダイズ
アオイ	<i>Anoda cristata</i> (L.) Schltldl.	ニシキアオイ	熱帯・亜熱帯アメリカ	不明	ダイズ
アブラナ	<i>Barbarea vulgaris</i> W.T.Aiton	ハルザキヤマガラシ	ヨーロッパ	ムギ類への混入	飼料畑、コムギ
アブラナ	<i>Camelina microcarpa</i> Andrz. ex DC.	ヒメアマナズナ	ヨーロッパ	輸入穀物への混入	コムギ
アブラナ	<i>Lepidium didymum</i> L.	カラクサナズナ	南アメリカ	不明	飼料畑
アブラナ	<i>Thlaspi arvense</i> L.	グンバイナズナ	ヨーロッパ	輸入穀物・乾草への混入	コムギ
アブラナ	<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl	クジラグサ	ヨーロッパ	不明	コムギ
ヒユ	<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	ナガエツルノ ゲイトウ	南アメリカ	観賞用水草	農業水利施設、水稻 特定外来生物
ヒルガオ	<i>Ipomoea coccinea</i> L.	マルバルコウ	中央アメリカ	観賞用	飼料畑、ダイズ
ヒルガオ	<i>Ipomoea hederacea</i> Jacq.	アメリカアサガオ	メキシコ	観賞用、輸入穀物への混入	ダイズ
ヒルガオ	<i>Ipomoea lacunosa</i> L.	マメアサガオ	中央アメリカ	輸入穀物への混入	ダイズ
ヒルガオ	<i>Ipomoea triloba</i> L.	ホシアサガオ	南・中央アメリカ	輸入穀物への混入	ダイズ
ナス	<i>Datura stramonium</i> L.	ヨウシュチョウウ センアサガオ	北・中央アメリカ	不明	飼料畑
ナス	<i>Physalis angulata</i> L.	ヒロハフウリン ホオズキ	熱帯・亜熱帯アメリカ	不明	ダイズ、アズキ
ナス	<i>Solanum ptychanthum</i> Dunal	アメリカイヌホオズキ	北アメリカ	輸入穀物への混入	飼料畑、ダイズ
ナス	<i>Solanum carolinense</i> L.	ワルナスビ	北アメリカ	不明	飼料畑
キク	<i>Ambrosia trifida</i> L.	オオブタクサ	北アメリカ	不明	飼料畑
キク	<i>Xanthium occidentale</i> Bertol.	オオオナモミ	北アメリカ	輸入穀物への混入	飼料畑、ダイズ
キク	<i>Senecio madagascariensis</i> Poir.	ナルトサワギク	南アフリカ	緑化種子への混入	緑化種子への混入 特定外来生物
キク	<i>Anthemis cotula</i> L.	カミツレモドキ	ヨーロッパ	不明	飼料畑、コムギ
キク	<i>Cyanus segetum</i> Hill	ヤグルマギク	地中海地方	観賞用	コムギ

5 植物保護における今後の農薬開発の方向性と化学農薬の利用

食の安全性と環境（生物）を保全することを目的として、農水省から「みどりの食料システム戦略（みどり戦略）」が提示された。このみどり戦略の中で、「2050年までに化学農薬の使用量を半減すること」が一つの目標に明記されている。これは、ただちに化学農薬の物質量を半分にすることを意味するものではない。（リスク換算）と付記されているように、問題を抱える化学農薬をヒトのみならずその他の非標的生物に対しても安全な低毒性の新規農薬に置換することが目標なのである。このことをふまえ、これからの作物保護における化学農薬の利用のあり方と化学農薬のリスクを下げる方法について提言する。

(1) 化学農薬の利用と問題とされる点

化学農薬の選択性には、ヒトとその他の生物との間の第1段階の選択性と、標的病害虫に対する種選択性の第2段階の選択性がある。農薬を登録するときにはそのどちらにおいても厳格な試験が求められる。最高レベルの科学を以って多方面から検討することにより、対象農薬の安全性は保証されている。ところが現実には、化学農薬とその使用に対しては社会から好意的な目が向けられていない。その例の多くが、殺虫剤で見られる。

化学農薬の中でもとりわけ良いイメージをもたれていないのが、合成殺虫剤である。その根本原因は、合成殺虫剤の多くが動物・昆虫における恒常性の維持に必須の神経系を標的とするためであり、際たる例が合成殺虫剤ネオニコチノイドである。ネオニコチノイドは問題のある合成農薬の例として幾度となくマスコミに取り上げられ、みどり戦略でも本剤を他剤に置き換えることが目標の一つとなるに至っている。ネオニコチノイドは単一の殺虫剤ではなく、イミダクロプリドを筆頭としてアセタミプリド、ニテンピラム、チアクロプリド、クロチアニジン、ジノテフラン、チアメトキサムからなる殺虫剤群の総称である。類似の作用機構をもつ次世代の殺虫剤が開発されているが、それらはネオニコチノイドとは呼ばれていない。ネオニコチノイドは、興奮性シナプス伝達において中心的な役割を担うニコチン性アセチルコリン受容体（nAChR）を標的としているが、哺乳動物のnAChRに比べて昆虫のnAChRに対して高い選択性を示すため、数々の毒性試験を経て上市された。本剤は植物で優れた浸透移行性を示すため種子処理することができ、農業従事者の労働を軽減した。こうした理由に加えて、既存剤に対する害虫の抵抗性の発達とあいまって、本剤は殺虫剤市場の大きな一角を担うようになった。しかし、抵抗性の問題はネオニコチノイドでも広まり、広い殺虫スペクトラムが標的昆虫のみならず、有益昆虫にも及ぶことが指摘された。特にミツバチで、本剤と蜂群崩壊症候群（Colony Collapse Disorder（CCD））との関連性が海外有力科学雑誌で報告されると、ネ

オニコチノイドに対する評価は一挙に低下した。実際には、ウイルスの感染、ヘギイダニの寄生、温暖化、生息に適した土地の減少など様々な要因が複合的に関与して CCD が起こることがわかっているが、EU はハナバチ類等の有益昆虫に対する毒性を念頭に、イミダクロプリド、クロチアニジンおよびチアメトキサムの農業での使用を禁止した。こうした動きはさらに世界に広がり続けている[27]。

しかし、化学農薬は完全に否定すべきかという点、そうではない。防除効果の即効性や安定性、生産コスト、保存可能な期間が長いなど、化学農薬の方が生物農薬に比べて優れている面は多数ある。天敵だけ、物理的手段だけという非化学的手段だけでは温暖な日本において病害虫を防除するのは困難である。化学農薬の歴史をもとに、最高の科学を駆使して化学農薬のリスクの低減に取り組むことが重要である。

メーカー側には農薬の選択毒性が高すぎると、開発コストを回収することが困難になるという課題がある。その中で、最低限取り組まなければならないのは、ヒトには存在しない標的蛋白質、あるいはヒトの中でも見られる蛋白質であってもヒトとは構造が相当異なる標的蛋白質を対象として安全性の高い化学農薬を開発することである。

(2) 今後の開発の方向性と利用

化学農薬を完全に否定しながら、総合的病害虫管理 (Integrated Pest Management (IPM)) を進めるのが最良の植物保護であるとする考えがあるが、天敵や生物産生物質と合成化学農薬は二者択一ではなく、両者を併用して環境保全型の農業を推進することが IPM の正しい理解であろう。しかし、農薬メーカーは天敵に対する化学農薬の影響を実験室内で調べていても、全てのメーカーが圃場レベルで化学農薬と天敵を併用した病害虫防除効果を詳細に検討しているわけではない。一方で、農研機構を中心に、委託プロジェクトを通じて化学農薬と天敵の併用の最適化が検討されている。例えば「w 天敵プロジェクト」では、土着天敵と天敵製剤の使用が中心に据えられているが、化学農薬を適用することも記されている[28]。ただし、IPM が機能する例は多いとは言えない。天敵には様々な種がいて、産地や作物などにより化学農薬の影響評価も変動する。IPM における未解決問題は長期に渡る検討課題であり、試験場だけでは対応しきれず、産官学の連携により問題解決を図ることが望まれる。それでも害虫防除の IPM の発展については具体的に未来図を描くことができるが、外来雑草は効果的な天敵が不在で勢力を拡大し、その防除は化学農薬に大きく依存している。こうしたみどり戦略の目標が達成困難な課題にも取り組んでいく必要がある。

みどり戦略では有機農業の割合を高めることが目標として掲げられている。

現在の有機 JAS 規格によれば、農業の自然循環機能の維持増進を図るため、化学的に合成された肥料及び農薬の使用を避けることを基本として、土壌の性質に由来する農地の生産力（きのこ類の生産にあつては農林産物に由来する生産力、スプラウト類の生産にあつては種子に由来する生産力を含む。）を発揮させるとともに、農業生産に由来する環境への負荷をできる限り低減した栽培管理方法を採用した圃場において生産することが「有機栽培」の条件である[29]。有機 JAS 規格では、使用が許されている天然物を有効成分とする農薬や無機農薬が記載されているものの、人工的につくられた化合物を有効成分とする農薬の使用は奨励されていない[29]。このような有機栽培と化学農薬に依存した作物保護との歩み寄りが次世代の植物保護に必須であろう。

有機栽培技術の中には有史以来の経験で再現性の高いものがある。これを、最新の科学で解明することにより、次代の環境保全型農業に資する新規の農作物栽培技術が生まれる可能性がある。そのような可能性をもつ現象として、植物の間接誘導防衛機構がある。植物は、昆虫に食害されると揮発性化学シグナル分子を放ち天敵を誘引すると同時に、隣接する植物に危険な状態であることを通知する。このような情報を受容した植物では、未受容の植物に比べて昆虫食害時の防御システムをより迅速に駆動することが知られている。一方、植物の根圏では、植物が化学シグナルを利用して根圏微生物に昆虫や線虫による植物への攻撃を抑制する物質の生産を促すことが近年の研究によって明らかになりつつある。例えば、緑肥としてヘアリーベッチを栽培したのちダイズを栽培すると無農薬で、しかも通常栽培時に比べて多収量のダイズを収穫することができるしくみが研究され、ヘアリーベッチに寄生する *Penicillium* 属の糸状菌がダイズ根圏で殺虫活性をもつオカラミンを著量生産することがその原因の一つであることが明らかにされた。類似の、「植物が根圏で共生微生物に病虫害抑制物質の散布を委託する」間接誘導防衛機構[30]は、自然界に無数に存在すると推定される。

このような生態系維持機構を活用した次世代の病虫害防除研究では、植物圏に存在する全生物のゲノムから二次代謝に至る汎オミクス (Pan-Omics) 解析[31]が求められ、膨大な数の組み合わせの中から植物保護に最適な条件を決定する場面に遭遇することになるであろう。そして、次世代の病虫害防除において化学農薬と天敵等の生物農薬を活用した IPM を実施するためには、人工知能を活用したデジタル解析技術の導入と分野を超えた共同研究体制の構築が不可欠である。

<用語の説明>

植物防疫法

輸出入植物及び国内植物を検疫し、植物に有害な動植物を駆除するとともにそのまん延を防止し、農業生産の安全及び助長を図ることを目的とした法律で、病害虫の侵入・まん延防止を図るための輸入・国内検疫等について定められている。有害動植物の国内外における発生の状況に対応して植物防疫を的確に実施するため、植物防疫法の一部改正が2022年4月22日に行われ、有害植物の定義に、直接または間接の有用な植物を害する草が追加された。

隠蔽種

形態的にほとんど区別できないことなどから、従来は生物学的に同一の種として扱われてきたが、実際には別種として分けられるべき生物のグループ。交配実験や分子系統学的研究などによって見出されることがある。隠蔽種であることが判明した後に、微妙な形態的・生態的差異が確認され識別が可能になることも多く、識別は防除上重要な情報となる。

作物残渣

作物の栽培を終えたときに圃場に残る植物体。特に果菜類の栽培では多量となり処理が問題となる。残渣には植物にとっての養分が含まれ土壌改良資材となる可能性があるが、病害虫が取り付いていることも多いため、蔓延源とならないよう注意が必要である。

外来生物法

正しくは「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」と言い、海外から日本へ持ち込まれて日本の在来生物の生存を脅かしたり、生態系を乱したり、または乱すおそれのある外来生物の取扱い規制と、あわせて外来生物の防除を行うことを定めた法律で2005年6月1日に施行された。なお、「生態系等」の「等」は、人命、人の身体、農林水産業であり、自然の営みである生態系とは異質の営みをさす。また、2014年の同法改正により、一部の外来生物と在来種の交雑種も特定外来生物に含めることとなった。

ARによる遠隔診断

ARは拡張現実の略。AR技術を利用した遠隔医療システムを参考に、遠隔地にいる専門家が現地の担当者と画像を共有し、助言を与えることで、担当者の病害診断の迅速化、確度の向上が可能となる。

液果

果皮が肉質で成熟後も汁液を多く含む果実。心皮の構成や果皮の分化の違いによりミカンなどの柑果(かんか)、ブドウなどの漿果(しょうか)、スイカなどの瓜果などに分類される。フウリンホオズキなどの雑草も液果をつくる。

汚損粒

ダイズなどのコンバイン収穫の際、混在する植物の茎汁や果汁が付着して汚れたもの。雑草の果実(液果)は汚損粒の原因となり、また、混入する雑草の量が多いと汚損程度がひどくなり汚損粒数も多くなる。

濃厚飼料

穀類(トウモロコシ、こうりゃんなど)、ダイズ油粕、フスマ、米ヌカなどを粉末状にしたり圧ぺん加工(蒸気をかけつぶして外壳を割る)したりした飼料。牧草、ワラ、乾草(牧草を乾かしたもの)などの粗飼料と比較してでんぷんやタンパク質含量が多い餌で、これらの供給源として重要である。

埋土種子

生きたまま土壌中に埋もれている植物種子のこと。雑草では、結実後に土壌表面に散布され耕耘などで土中に埋没した種子のうち、休眠あるいは環境が不適當なために発芽しないで埋土種子となるものが多い。埋土種子は条件が整えば発芽するが、種子の寿命は雑草の種類および土壌条件等により大きく異なる。毎年新しい種子が散布されると埋土種子は蓄積・増加し、シードバンクともいわれる埋土種子集団が形成される。

みどりの食料システム戦略

食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現させるため、中長期的な観点から戦略的に取り組む政策方針として、農林水産省が令和3年5月に策定した。日本における農林水産業全体の生産力を、持続可能性と矛盾することなく高めていくことを目標としており、2030年まで、2040年までと10年ごとに達成すべき目標が設定され、最終的2050年までに目指す姿が示されている。

農薬の選択性

農薬の作用の程度が生物間で異なって現われること。化学物質を医薬や農薬として使用する場合、有害微生物や害虫、雑草などの防除対象生物に強く作用し、他の有益な生物や哺乳類には害を与えないことが必要とされる。そのため、昆虫における脱皮や、植物における光合成や微生物の細胞壁のように、それぞれの生物に特有の機能や組織をターゲットとする薬剤は高い選択性を示す。ほかにも、体内での移

行や解毒代謝能力、あるいは薬物が作用する場所の性質が生物間で異なることなどで選択性を示す化合物が見出され、農薬として利用されている。

興奮性シナプス伝達

神経細胞の接合部をシナプスと呼び、化学伝達物質によって神経情報が伝えられる。伝達物質には興奮性、抑制性のほか、調節型の物質がある。ヒトと昆虫に共通する興奮性の伝達物質の代表としてアセチルコリンが知られている。興奮性の伝達物質がシナプスを形成する神経細胞の受容体（ニコチン性アセチルコリン受容体）に結合すると、本受容体中央のカチオン透過性チャネルが開く。すると、神経膜の電位（細胞外に対する細胞内の電位）は正の方向に変化（脱分極変化）する。この変化が閾値を越えると、活動電位が発生し、神経情報がさらに下流へと伝えられる。このように、神経情報の伝達を進めるシナプス伝達を興奮性シナプス伝達という。アセチルコリン以外の興奮性の情報伝達物質としてグルタミン酸が知られている。逆に、興奮性シナプス伝達を抑制する作用をもつシナプス伝達は抑制性シナプス伝達と呼ばれ、昆虫ではγ-アミノ酪酸（GABA）、グルタミン酸（本アミノ酸は興奮性と抑制性両方のシナプス伝達に用いられる）、ヒスタミンなどがある。

IPM

Integrated Pest Management の頭文字を取ったもので総合的病害虫・雑草管理と訳される。農作物に対する有害生物制御に応用可能な全ての技術を精緻に考慮し、それらの発生増加を抑制する適切な方法を総合的に組み合わせ、農薬やその他の化学的防除対策の実施は経済的に正当なレベルに保ちつつ、人や環境へのリスクを軽減または最小限に抑えることを目指すもの。IPM では、農業生態系攪乱の可能性をより少なくし、有害生物の発生を抑える自然界の仕組みをうまく活かすことにより健全な農作物を育てることが重要視される。

緑肥

栽培した植物を腐らせずにそのまますき込んで、肥料の一種として利用すること。主にイネ科やマメ科の植物が利用され、土壌に有機成分を供給することで土の構造を改善して水はけや保水力を高めたり、窒素やカリウムをはじめとする栄養分を供給したりする効果などが期待される。

根圏

土壌中で植物の根とその影響を受ける極めて根に近い範囲を指す。根の近傍には根から分泌された物質や脱落した根毛や表皮などの有機物が豊富に存在し、これを栄養源とする微生物が活発に増殖する。根とその周辺に存在する微生物間ではそれぞれの生存に有益となる様々な働き合いが行われており、根の表面や内部で共生す

る菌根菌は、土壤中で移動しにくいリン酸やその他の養分を菌糸から吸収して植物に供給する一方で、生育に必要な種々の物質を植物から得ている。

汎オミクス (Pan-Omics) 解析

生態系を構築する微生物から高等生物に至るまで全生物の代謝物を同定し、そのネットワークを解析すること。この解析によって判明する植物根圏形成で鍵を握る生物とその代謝産物は、植物の頑健性の強化へ応用される。

<引用文献>

- [1] 農林水産省消費・安全局植物防疫課：過去の警報・注意報・特殊報、
<https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/index2.html>、(2022)。
- [2] 農林水産省植物防疫所：輸入植物検疫制度の見直し、
https://www.maff.go.jp/j/syouan/keneki/kikaku/kaisei_1ji.html、(2011)。
- [3] Kanmiya, K. Ueda, S., Kasai, A. Yamashita, K. Sato, Y. and Yoshiyasu, Y. : Proposal of new specific status for tea-infesting populations of the nominal citrus spiny whitefly *Aleurocanthus spiniferus* (Homoptera: Aleyrodidae) . *Zootaxa*, 2797, 25-44 (2011) .
- [4] 土田聡：チャノキイロアザミウマC系統の特徴と遺伝子診断法、植物防疫、69(1)、28-32 (2015)。
- [5] Tokumaru, S. Uesugi, R. Urairi, C. Toyoshima, S. Aoki, Y. and Iwasaki, A. : Detection of two biotypes of *Liriomyza chinensis* (Diptera: Agromyzidae) in Japan, *Journal of Economic Entomology*, 114(3)、1406-1410 (2021)。
- [6] 農林水産省消費・安全局植物防疫課防疫対策室：トマトキバガについて、植物防疫所病害虫情報、No.127、1-3 (2022)。
- [7] 松山隆志：南方系侵入ミバエ類の根絶技術に関する一連の研究、沖縄県農業研究センター研究報告、6、60-90 (2012)。
- [8] 農林水産省消費・安全局食品安全政策課食品安全科学室：レギュラトリーサイエンスに属する研究一終了した試験研究課題（植物防疫分野）、
https://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/regulatory_science/shuryo_plant.html (2022)。
- [9] 農林水産省消費・安全局植物防疫課：植物検疫に関する情報、
<https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/index.html> (2022)。
- [10] 森本信生：侵入害虫に対する影響、植物防疫、64:443-447 (2010)。
- [11] 農林水産省消費・安全局植物防疫課：重要病害虫発生時対応基本指針について、
https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k_kokunai/ap/ap.html (2022)。
- [12] 松浦啓一：分類学者が絶滅を逃れる道：生物多様性研究における分類学の役割、タクサ：日本動物分類学会誌、31、5-11 (2011)。
- [13] 難波成任：植物医科学（第2版）、養賢堂、pp22 (2022)。
- [14] Bové, JM. : Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *J Plant Pathol*, 88, 27-37(2006)
- [15] Iwanami, T. : Occurrence and control of citrus greening (huanglongbing) in Japan. *JARQ*, 56, 105-120 (2022)。
- [16] Fujikawa, T. : Studies on early and highly sensitive detection of

- citrus greening pathogenic bacterium. J Gen Plant Pathol、80、523-524 (2014).
- [17] Diener, TO. : Potato spindle tuber virus. IV. A replicating, low molecular weight RNA". Virology、45、411-28 (1971).
- [18] Matsushita, Y. Usugi, T. Tsuda, S. : Development of a multiplex RT-PCR detection and identification system for Potato spindle tuber viroid and Tomato chlorotic dwarf viroid. Eur J Plant Pathol、128、165-170 (2010).
- [19] Matsuura, S. Matsushita, Y. Usugi, T. Tsuda, S. : Disinfection of Tomato chlorotic dwarf viroid by chemical and biological agents. Crop Pro、29、1157-1161 (2010).
- [20] Murai, S. Kato, A. Hoshi, H. Kagiwada, S, Nishio, T. Maejima, K. Hamamoto, H. Yamaji, Y. Namba, S. Kimura, K. Tsuda, S. Nakaune, R. Yamamura, K. : Mini-feature: current status and countermeasures for plum pox virus (in Japanese). Plant Protection、71、14-48 (2017).
- [21] Oishi, M. Inoue, Y. Kagatsume, R. Shukuya, T. Kasukabe, R. Oya, H. Hoshino, S. Ushiku, S. Fujiwara, Y. Motokura, Y. Maeda, Y. : First report of *Plum pox virus* strain M in Japan. Plant Disease、102、829-829 (2018).
- [22] Maejima, K. Hashimoto, M. Hagiwara-Komoda, Y. Miyazaki, A. Nishimura, M. Tokuda, R. Kumita, K. Maruyama, N. Namba, S. Yamaji, Y. : Intra-strain biological and epidemiological characterization of plum pox virus. Molecular Plant Pathology、21、475-488 (2020).
- [23] 黒川俊二 : 農耕地における外来雑草問題と対策、雑草研究、62、36-47 (2017).
- [24] 遠藤征馬、平岩確、小出俊則、小出直哉、谷俊男、林元樹、久野智 香子、田中雄一、野村有美、井上勝弘、杉浦和彦 : ダイズほ場に発生した帰化アサガオ類の除草剤畦間処理による除草効果、愛知県農総試研報、42、51-56 (2010) .
- [25] Nishida, T. Shimizu, N. Ishida, M. Onoue, T. Harashima, N. : Effect of cattle digestion and of composting heat on weed seeds. JARQ、32、55-60 (1998).
- [26] Kobayashi, H. Kurokawa, S. Ikeda, K. : Dairyland populations of burcucumber (*Sicyos angulatus*) as a possible seed source for riverbank populations along the Abukuma River, Japan. Weed Biology and Management、12、147-155 (2012).
- [27] Matsuda, K. : Neonicotinoid Insecticides: Molecular Targets, Resistance, and Toxicity. Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.、60、241-255 (2020).
- [28] 新・果樹のハダニ防除マニュアルー<w天>防除体系ー【第三版】、農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」土着天敵と天敵製

剤<w 天敵>を用いた果樹の持続的ハダニ防除体系の確立 (2021) .

[29] 有機農産物の日本農林規格、平成 29 年 3 月 27 日農林水産省告示第 443 号

[30] Matsuda K. : Okaramines and other plant fungal products as new insecticide leads. Curr. Op. Insect Sci、30、67-72 (2018).

[31] Chialva、M. Lanfranco、L. Bonfante、P : The plant microbiota: composition, functions, and engineering. Curr. Op. Biotechnol、73、135-142 (2022).

<参考資料>植物保護科学分科会審議経過

令和 3 年(2021 年) 5 月 12 日 植物保護科学分科会 (第 25 期・第 1 回)

活動計画として、これまでシンポジウムで取り上げた重要課題についての意志の表出を決定

令和 3 年(2021 年)12 月 4 日植物保護科学分科会 (第 25 期・第 2 回)

原案作成委員会の設置と今後の進め方の審議

令和 4 年(2022 年) 7 月 14 日～30 日 原案のメール審議

令和 4 年(2022 年) 9 月 20 日～30 日 修正案のメール審議

令和 4 年(2022 年)12 月 3 日植物保護科学分科会 (第 25 期・第 3 回)

最終案の確認