

「浸透性殺虫剤の影響に関する世界的な統合評価書(WIA)更新版」第4部が発表されました

2020年9月16日

国際自然保護連合(IUCN)に助言する浸透性殺虫剤タスクフォースは、2018年に「浸透性殺虫剤の影響に関する世界的な統合評価書(WIA)」第1部から第3部の更新版を発表しました([日本語版](#))。その中で、現在のような大規模のネオニコチノイド系殺虫剤使用が続くと、生態系が破壊され、農業も立ち行かなくなる危険性があることを指摘しています。その解決策として、2020年6月4日、更新版の第4部「主要な栽培体系における代替策」を公開しました。防除にネオニコチノイドが用いられる主要な作物と害虫の組み合わせについて、合成化学物質を使わない防除技術に関する266件の査読済み論文を精査し、詳細なリストを作成し幅広く世界の専門家に意見収集を行い、現時点でどのような代替技術があり、どの程度実用性があるかについて検証を行っています。日本を含むアジアで脅威が増しつつあるコメの害虫トビイロウンカについても言及し、殺虫剤使用によりかえって勢いが増すこと、ベトナムでは政府主導の積極的な代替技術導入が成果を挙げていることが紹介されています。

日本では、殺虫剤は常に充分量使うべきであるという非科学的な意見が長らく主流を占めてきましたが、世界的には、殺虫剤使用削減の可能性を探ることが、事業としての農業の収益増加に貢献するほか、農業そのものを持続可能にするためにも必須であるという認識が共有されるようになってきています。殺虫剤は使えばいいというものではありません。以下、内容のハイライトを抜粋して要約します。

【文責:一般社団法人アクト・ビヨンド・トラスト 監修:ネオニコチノイド研究会・平久美子】

An update of the Worldwide Integrated Assessment (WIA) on systemic pesticides. Part 4: Alternatives in major cropping systems

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-09279-x>

抄録

文献の統合的レビューと専門家の意見収集を行い、4種の主要作物に対する節足動物害虫の現実的な危険度を評価し、害虫防除が必要な耕作地のうち総合的病害虫管理(IPM)が適用できるものを特定し、化学物質を使わない代替手段の“実用度”を採点した。対象はネオニコチノイドに基づく防除が一般的な世界の主な作物と害虫の組み合わせ: トウモロコシのハムシ科西洋ネキリムシ(*Diabrotica virgifera*)、トウモロコシと冬コムギのコメツキムシ類(*Agriotes spp.*)、冬コムギのムギクビレアブラムシ(*Rhopalosiphum padi*)、コメのトビイロウンカ(*Nilaparvata lugens*)、綿花のワタアブラムシ(*Aphis gossypii*)とタバココナジラミ(*Bemisia tabaci*)である。はじめに科学文献データベースを検索し、ヨーロッパ、北アメリカ、アジア諸国の専門家に、上記の作物-害虫の組み合わせに対しどのようなIPMの方法があるかを尋ねた。次に、オンライン調査により、各国レベルでの作物被害の記録、収量への影響、殺虫剤の使用量、およびさまざまな害虫防除の代替手段の“実用度”(研究、利用可能、実践済み)を集計し、経済的妥当性を定量的に

評価した。生物的防除は、農業戦略（輪作など）、補償事業、意思決定支援システム（DSS）、および革新的農業使用法などとともに、相当な科学的関心を集めていた。本研究は、地球規模の浸透性殺虫剤への過度の依存を止めるまたは大幅に減らすため、応用研究、IPM 技術の妥当性検証、そして栽培者教育を進歩させる時機が到来したことを示すものである。

方法

文献レビュー

2種の学術文献データベース（Springerlink と Sciencedirect）において、作物と害虫のキーワードを組み合わせて検索した：「*Diabrotica* AND 抑制 AND トウモロコシ」と「*Agriotes* AND 抑制 AND トウモロコシ」など。検索は英文論文のみ、1999年1月から2017年3月に刊行されたものに限定した。全ての論文抄録をスクリーニングし、7種の標的作物×害虫の組み合わせすなわち、*Diabrotica*×穀類、*Nilaparvata*×コメ、*Agriotes*×トウモロコシ、*Agriotes*×コムギ、*Rhopalosiphum padi*×コムギ、*Aphis gossypii*×ワタ、*Bemisia tabaci*×ワタ の作物防疫と関連する引用文献を選んだ。

最初のデータ集合は266編の文献で、各論文著者が有効性を認めるとした技術は216件に及んだ。それぞれの防除技術は、標的害虫防除が統計的に有意なレベルで報告されている場合のみ有効と見なした。ひとつの科学研究に複数の有効なツール（と有効ではないツール）が記されている場合、データ集合では、分けて別の行に記載した。こうして整理した文献の中から、化学物質を使わない作物防疫代替手段を評価したものを抽出し、害虫防除戦略の主要形式に則した6カテゴリーに分類した。(1) 生物的防除、(2) 耕種的防除（消毒、輪作、肥培管理）・物理的防除、(3) 革新的殺虫剤や施用管理（誘引剤、施用量削減、耐性防止戦略）、(4) 宿主植物抵抗性、(5) 意思決定支援ツール（モニタリング計画、発生予察モデル、早期警戒システム）、(6) その他（営農方法、適応、多面的IPMなど）である。同じ技術が複数の文献で扱われていることがあるため、専門家評価用に文献目録を圧縮し、最終的に、西洋ネキリムシについて17種類、ムギクビレアブラムシについて26種類、コメツキムシ類について25種類、トビイロウンカについて23種類の防除技術を質問表にまとめ、専門家の評価を受けた。さらに、フィールドデータのみに基づく研究については、それぞれの防除技術の利用可能性を、特定の地理的範囲ごとに整理した。全体として、データ集合の中に、アフリカのものはほとんどなかった。

専門家による代替ツール評価

引用文献を、各作物×害虫の組み合わせごとに表に整理し、次に科学者と害虫防除の専門家にeメールで回覧し、追加コメントと改訂を求めた。それぞれの代替手法の「実用度」について、以下の基準に則して専門家がランク付けできるようにした。「研究」＝研究段階、「利用可能」＝すぐに導入可能だが、まだ現場に普及していない、「実践済み」＝国や地方によっては生産者たちが（中核で）すでに導入し利用している。さらに、技術のより広範な普及と採用に対する2つの潜在的な「障害」もしくは制約、すなわち、「環境的制約」＝技術が地域の環境的条件によっては効果がない、および「経済的制約」＝現在のところ高価すぎるか、経済的に実行不可能な技

術であるため、導入範囲が限定的である、についても、その程度がどのくらいであるかについての専門家の認識を示すよう求めた。

オンライン調査による害虫リスク評価

専用のクラウドベースプラットフォーム（SurveyMonkey）を利用してオンライン調査を実施し、前述した世界中の専門家間で共有した。この調査手法によって、専門家は（特定の作物に対する）植物食昆虫の重要度をランク付けし、（各地域の）経済的閾値にかかわる食害圧の情報、あるいは他の経済性を反映する指標を共有することができた。また、オンライン調査によって、ネオニコチノイド使用の相対的な程度（%栽培者、施用面積）および防除の代替手法に関するデータも収集した。

それぞれの評価手法において、中国、クロアチア、ドイツ、ハンガリー、インドネシア、イタリア、フィリピン、ポーランド、スロベニア、スペイン、米国、ベトナムの計 16 名の科学者と植物防疫専門家から回答が得られた。専門家から提供された追加論文、査読なし文献、報告書などの情報により、われわれの代替防除データベースを改訂した。綿花害虫については回答がなかったため、*A. gossypii* と *B. tabaci* についての評価は実施せず、よって綿花に関する評価は対象から除外した。アフリカ、ラテンアメリカ、カリブ海地域、中央アジアの科学者からの回答は得られなかった。

収集したデータは記述式であったため、結果を表にして代替技術の評価概要が一覧できるようにした。専門家評価の結果（各カテゴリーの実用度別防除技術数の平均値）を極棒グラフを用いて視覚化し、フィールド試験が行なわれた代替手法の地理的分布を地図上に示した。最後に、棒グラフによって、オンライン調査で得られた害虫リスク評価の結果を示した。

結果

文献レビューと代替ツールの専門家評価

取り扱い文献数が最多であったのは *B. tabaci* で、最少は *A. gossypii* と *D. virgifera* だった。効果的な技術が少なかった *N. lugens* から防除代替技術の半数を占める *B. tabaci* に至るまで、生物的防除は、全ての作物×害虫の組み合わせの防除代替技術において、圧倒的首位を占めた。効果的な防除技術のうち野外での調査結果に基づくものは半分しかなく、ほとんどはヨーロッパにおけるトウモロコシと冬コムギの線虫類、アジアにおける *N. lugens*、アジアと北米における綿花の *B. tabaci* に関するものだった。

約半数の防除技術は研究段階での報告の

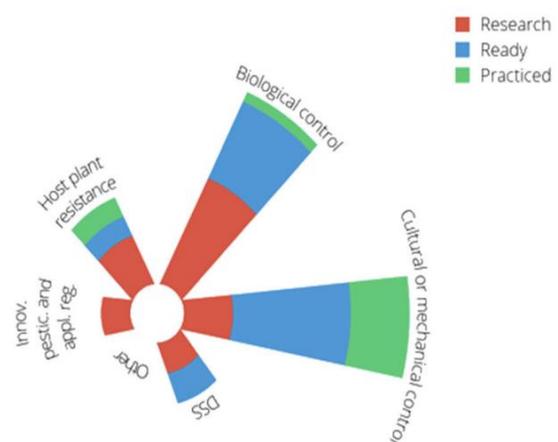


図 1. コメに対するトビイロウンカ（BPH, brown planthoppers）防除技術の実用度評価
棒の長さは、IPM 技術を扱った論文の数を表す。

みだった。生物的防除は、文献記録中で幅広く記載されていたが、大半が研究段階と評価された。実用化された防除技術の中でもっとも高い割合を占めたのは、ムギクビレアブラムシ防除に関するもので、主に景観および生息地レベルでの CBC（保全的生物的防除。土着天敵を利用した防除）だった（図1）。コメのトビイロウンカ防除については、ほとんどの耕種的および物理的防除技術が栽培者により実用化されていたが、一つの地理的範囲（ベトナムとインドネシアの一部）に限られていた。

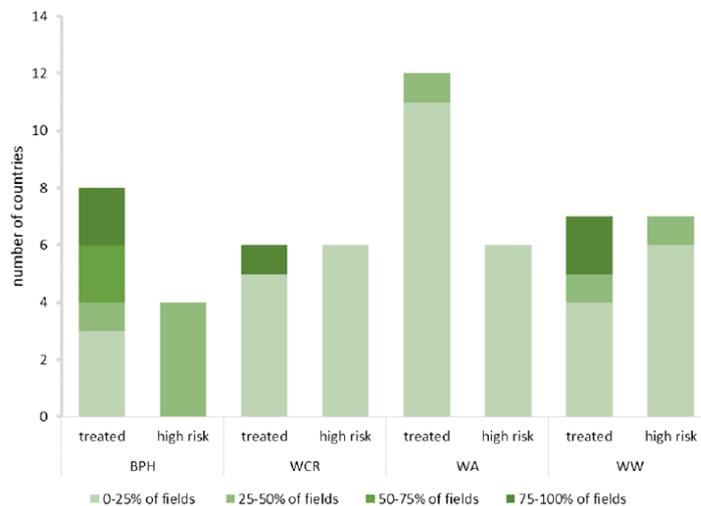


図2. 4種の植物食昆虫のリスクおよびネオニコチノイド施用耕地の割合の各段階に該当する国の数。BPH=トビイロウンカ、WCR=西洋ネキリムシ、WA=ムギクビレアブラムシ、WW=コメツキムシ類

コメツキムシ類防除では、耕種的技術と DSS がもっとも実用化されていた。西洋ネキリムシの防除は3本の柱、すなわち DSS、宿主抵抗性、耕種的技術（輪作）により構成されていた。オンライン調査により、トウモロコシの西洋ネキリムシ、冬コムギのアブラムシ、トウモロコシと冬コムギのコメツキムシ類のリスクは低いことがわかったため（図2）、化学物質を使わない代替技術導入についてフィールドレベルでの評価や導入促進の余地があることが明らかになった（図3）。西洋ネキリムシおよびコメツキムシ類に対して、いくつかの国では、それぞれトウモロコシと冬コムギに対し75~100%にネオニコチノイド使用が報告されていた。トビイロウンカのコメへのリスクは中程度（25~50%）であったが、稲作用の農地には定期的なネオニコチノイド施用が行なわれていた。

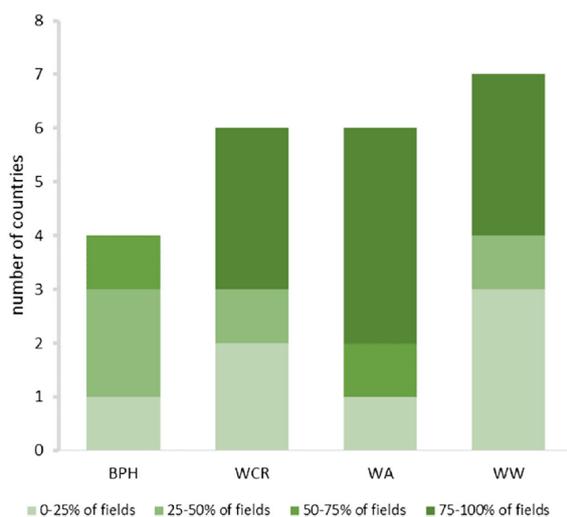


図3. 4種の植物食害虫が化学物質を使わない IPM で制御できている耕地の割合の各段階に該当する国の数。BPH=トビイロウンカ、WCR=西洋ネキリムシ、WA=ムギクビレアブラムシ、WW=コメツキムシ類

コメ×トビイロウンカ (*Nilaparvata lugens*) の組み合わせに有効な防除代替手段を扱った文献計 36 編と、文献で言及された利用可能地域の地理的分布、文献に言及された技術計 23 件に関する各国(パプアニューギニア、ベトナム、インドネシア)での実用度評価の内容の詳細は以下の通りである。

- 生物的防除=アジア 3 編、フィールドデータなし 7 編

生物由来殺虫剤 6 件、天敵 1 件、CBC（土着天敵利用）2 件、景観管理（農地周辺の環境管理施策）1 件の技術の中で、「実践

済み」の評価を得たのはインドネシアの景観管理の1件のみだった。その他はベトナムでは「利用可能」、パプアニューギニアでは「研究段階」の評価にとどまった。フラワーベルトにより土着の捕食寄生生物を増やす方法はベトナム南部で導入されているが、タイ、中国、フィリピンの実験所、中国の農地でも広範に研究されている。ベトナムでは、農場レベルでの導入が進む可能性がある。

- **耕種的防除＝アジア5編、フィールドデータなし2編**

混作1件、肥培管理3件、水管理1件の技術に対し、肥培管理3件と水管理1件がベトナムとパプアニューギニアで「利用可能」もしくは「実施済み」の評価を得ている。これにはベトナムの一部で導入されている窒素施用削減の「3減3増」（種籾、肥料、殺虫剤を減らし、生産性、収穫量、収益を増やす）キャンペーンが含まれる。インドネシアでは、地方自治体が農業者の灌漑用水利用時期を遅らせ、休閑期を長くすることでトビイロウンカの大発生を抑制できている。トビイロウンカに対しては、カリウムとケイ素の追加によって稲の抵抗性が増強し、害虫被害による生産ロスが抑えられる。バランスのよい肥培計画と田の有機物の組み合わせによって、稲作では天敵数を増加して防除を増強することができる。

- **意思決定支援ツール＝アジア2編、フィールドデータなし1編**

介入閾値1件、生息数モデル2件があるが、ベトナムで「利用可能」という評価にとどまった。中国、日本、韓国、インドネシアなどのアジア諸国では、ライトトラップを使った防除情報ネットワークが確立されている。しかし、これらのトラップは、トビイロウンカの移動の特徴を見て、群移動パターンに及ぼす気象学的変数の効果を推測することには役立つが、ルーティン的な早期警戒システムとしては用いられていない。ベトナムでは、単純なライトトラップを用いて地域の尺度に則してトビイロウンカ個体数のピークを測定し、その後に農業者が田植えを行なうようにしていた（エスケープ戦術）。

- **革新的殺虫剤や施用管理＝アジア1編、フィールドデータなし4編**

革新的殺虫剤2件があるが、いずれも一部の国での「研究段階」と評価された。

- **宿主抵抗性＝アジア1編、フィールドデータなし6編**

抵抗性品種3件に対し、ベトナムとインドネシアで「実践済み」の評価が1件ある。他の2件は「研究段階」。

- **その他＝アジア3編、フィールドデータなし1編**

独立した評価対象となった技術はなし。

- **IPMについて**

IPM原則は世界的に適用できるが、一定の環境的、社会経済的な要因がIPM導入の妨げになっている。IPMに必須なのは、草食生物が被害を与える生息密度になることを防ぐために非化学的手段（すなわち耕種的、機械的、植物検疫の実践）を徹底すること、予防的戦略および対策的戦略の両面から生物的防除を促し、両立可能な技術の統合的使用を進め、合成殺

虫剤は「最後の手段」とするものである。合成殺虫剤の予防的施用——すなわち種子処理や収穫開始時期の浸潤——は、この IPM 原則と対立するものであり、IPM 管理に組み入れることができない。

稲作においては、害虫管理に化学物質を使わない技術が進歩している。トビイロウンカに対しては、宿主抵抗性に加え、適切な肥料や灌漑管理と生物防除の保全、害虫の生長を阻害する特定の殺菌剤が IPM パッケージになる。

コメに関する害虫リスク評価と IPM 導入状況

コメのトビイロウンカについてはベトナム（北部、南部、南部メコンデルタ）、中国、フィリピンの状況を専門家が回答した。

● IPM 技術の現状

ベトナム北部＝「調整中」「開発中」、ベトナム南部＝「導入可能」「開発中」、ベトナム南部メコンデルタ＝「調整中」「開発中」、中国＝「開発中」、フィリピン＝「開発中」

● 害虫リスクの高い農地の割合（％）

ベトナム北部＝25～50％、ベトナム南部＝0～25％、ベトナム南部メコンデルタ＝25～50％、中国＝25～50％、フィリピン＝25～50％

● ネオニコチノイドを実際に施用している農地の割合（％）

ベトナム北部＝50～75％、ベトナム南部＝0～25％、ベトナム南部メコンデルタ＝75～100％、中国＝75～100％、フィリピン（記載なし）

● IPM によって削減可能なネオニコチノイド施用耕地の割合（％）

ベトナム北部＝25～50％、ベトナム南部＝0％、ベトナム南部メコンデルタ＝25～50％、中国＝25～50％、フィリピン＝25～50％

● 実用化されている IPM ツール

水管理、肥培管理、抵抗性品種、3 減プログラム、5 減プログラム

コメに関する文献レビュー結果と準備度評価

1960 年代半ばまではさほど深刻でないコメ害虫だった *Nilaparvata lugens* は、「緑の革命」による作物集約化の結果、破壊的な害虫の座を占めるに至った。殺虫剤使用量の急激な削減により天敵群が復活し、*N. lugens* の被害は 1980 年代から 1990 年代にかけて解決したが、（ネオニコチノイド）殺虫剤の使用量は再び増加し、ひどい殺虫剤耐性問題を引き起こし、熱帯アジアの広範囲で *N. lugens* の大発生が生じた。一般的に、*N. lugens* の大発生は作物管理の失敗、殺虫剤の濫用、持続的でない稲作集約化を示すものである。ごく限られた地域、例えば南ベトナムの高いパーセンテージの地域では、*N. lugens* のリスクがゼロである。代替技術の導入レベルは個々の国や場所によってひじょうにばらつきがある。

全体的に見て、害虫リスク（耕地における高リスク地域の割合）は中程度（25～50％）と考え

られ、専門家によれば、経済的被害は低から中程度と見積もられた。しかし、ネオニコチノイド粒剤は、ベトナムのメコンデルタ地方では耕地の50~75%、ベトナム北部では耕地の25~50%で使用されていた。中国ではネオニコチノイド粒剤は使用されておらず、50~75%に未施用耕地で代替技術が用いられていた。ところが中国およびベトナム北部では、ほとんどの地域で代替技術が利用可能であるにもかかわらず、稲作農家は耕地の75~100%でネオニコチノイドの葉面散布を行っている。この利用率の高さは、セジロウンカとトビイロウンカに対し脆弱なハイブリッド米品種の栽培が多いこと（稲作地域の70%以上）と関連している。近年、どちらのウンカにも抵抗性をもつハイブリッド種の品種改良を進める研究が増えている。ベトナム南部では、政府主導で「3減3増」（種籾、肥料、殺虫剤を減らし、生産性、収穫量、収益を増やす）や「1必5減」（認定した種籾を使い、種籾、肥料、化学殺虫剤、水、収穫後のロスを減らす）が多くの耕地で導入推進されている。

いくつかの中心的な稲作地帯で実用化されている代替手法には、肥培管理（ケイ素添加、バランスのよい窒素投入）や、ベトナムとインドネシアで導入されている抵抗性品種がある。いっぽうで、調整カリウム肥料の導入が準備段階にある国々もある。また、適切な水管理（すなわち水ストレスの防止）、殺虫剤削減と宿主抵抗性を含むIPMパッケージがベトナムで導入されている。ベトナムとインドネシア両国では、抵抗性品種へのウンカの適応が早いため、ウンカ抵抗性遺伝子をもつ品種の導入が妨げられてきたが、インドネシアではイナパリ13という在来品種が成功している。景観レベルでの多様性はインドネシアとベトナム南部で実践されており、フィリピンでも導入準備段階である。トビイロウンカに対する多様性の効果は比較的研究が進んでいるが、複数種の害虫集合体への効果は予測が難しいため、多様化を進める際には地域に合わせた微調整が必要である。数多くの追加的手法が「導入準備中」と見なされており、例えば生物農薬がベトナムとフィリピンで利用可能である。フィリピンでは、多くの代替技術が研究対象となっているが、実用化（もしくはフィールドレベルでの評価と調整）は遅れている。

ベトナム南部とインドネシアでの経験によれば、全体的な行政主導の介入により、適正農業（有機資材と動物性肥料の併用など）、地域一斉同時作付、宿主抵抗性、生物防除（例：「3減3増」や「1必5減」や発育増強根圏細菌の施用など）を組み合わせれば、化学合成殺虫剤を低減——もしくは完全排除——が期待できる。これらの方法の他地域への展開および地域農業者のニーズや状態と農業的背景に合わせた最適化が早急に望まれる。