

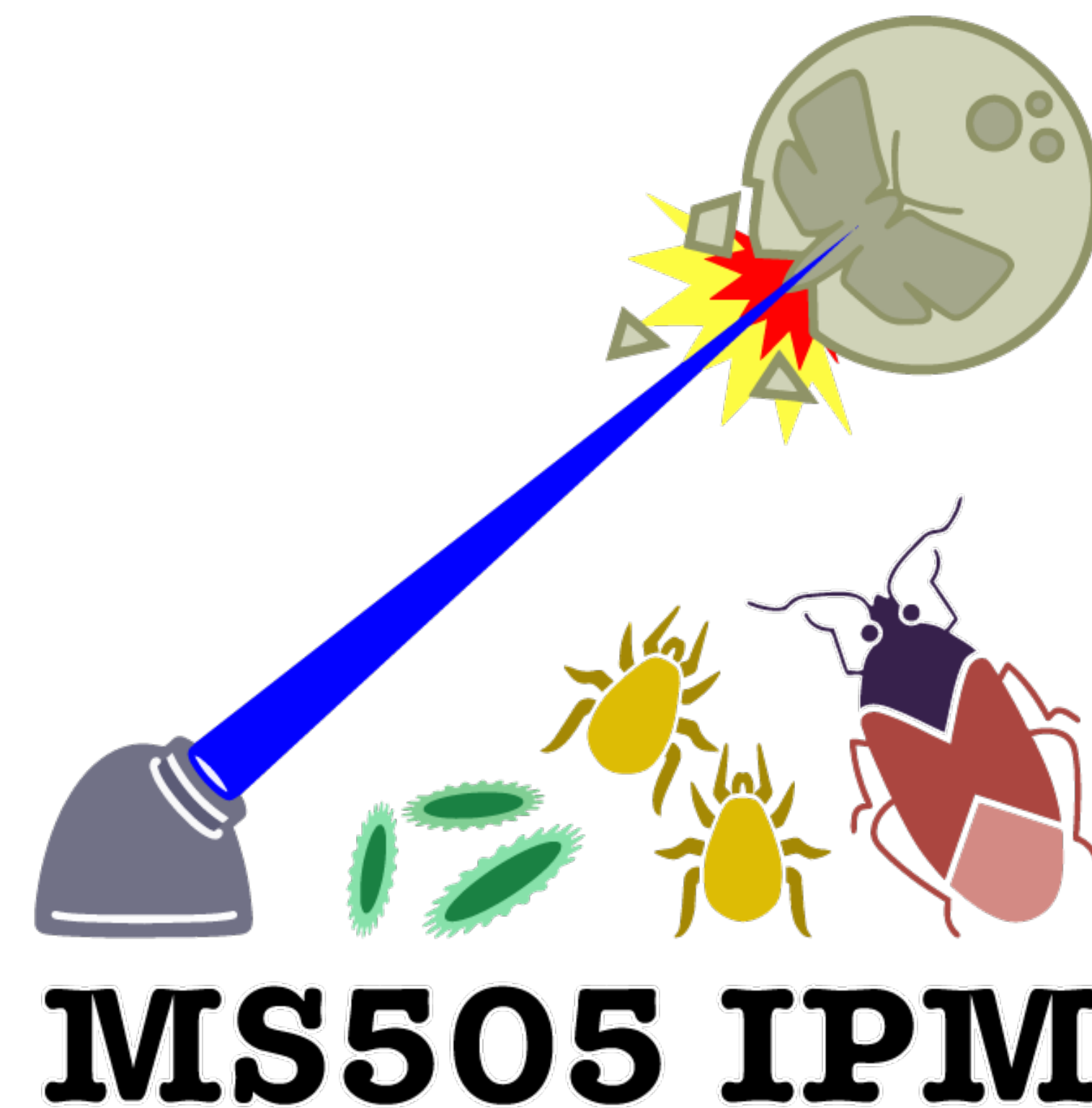
【日本プロ】 先端的な物理手法と未利用の生物機能を駆使した害虫被害ゼロ農業の実現

プロジェクトマネージャー（PM）：日本 典秀（京都大学大学院農学研究科 教授）

研究背景とありたい姿

【背景】

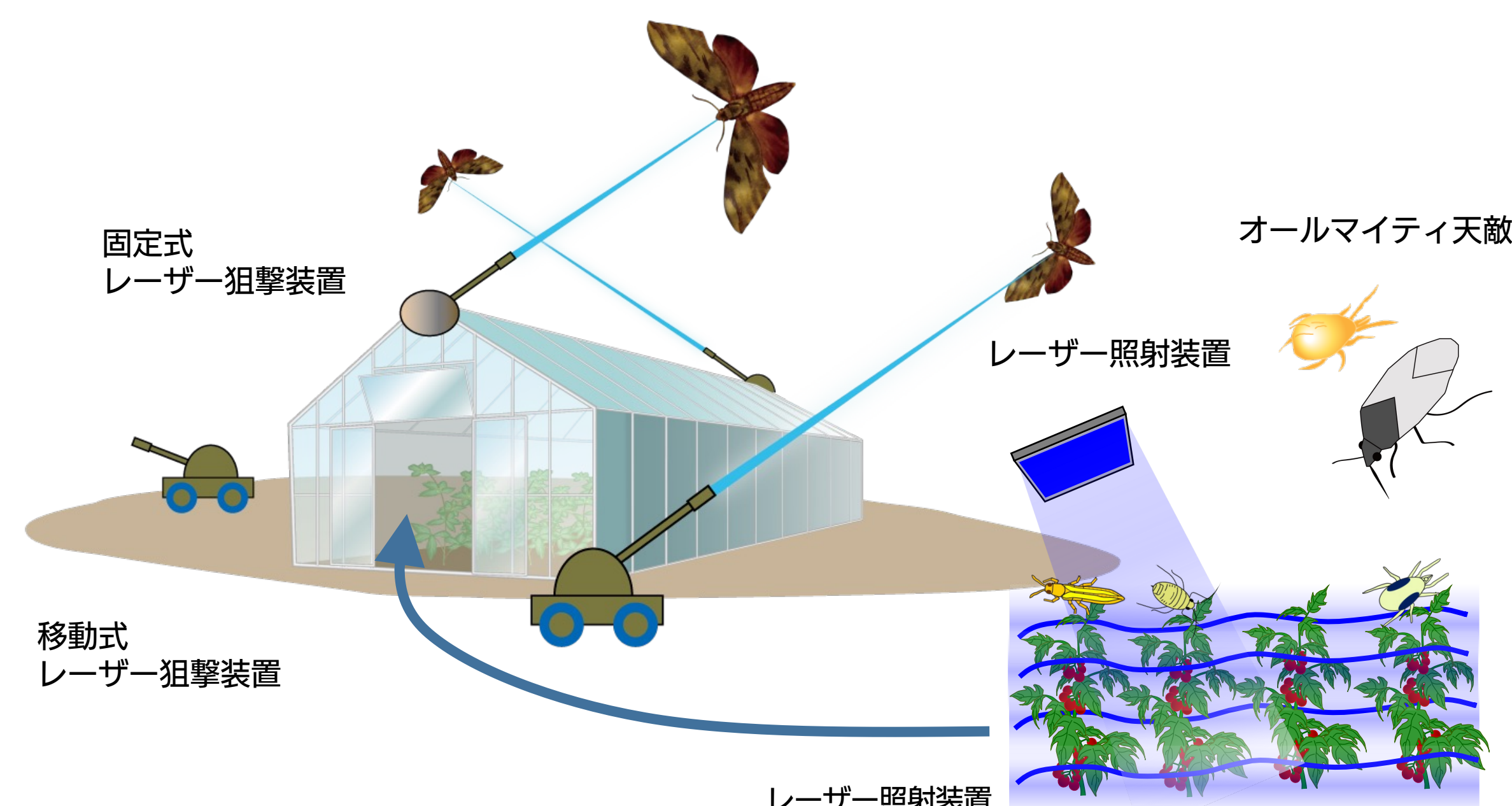
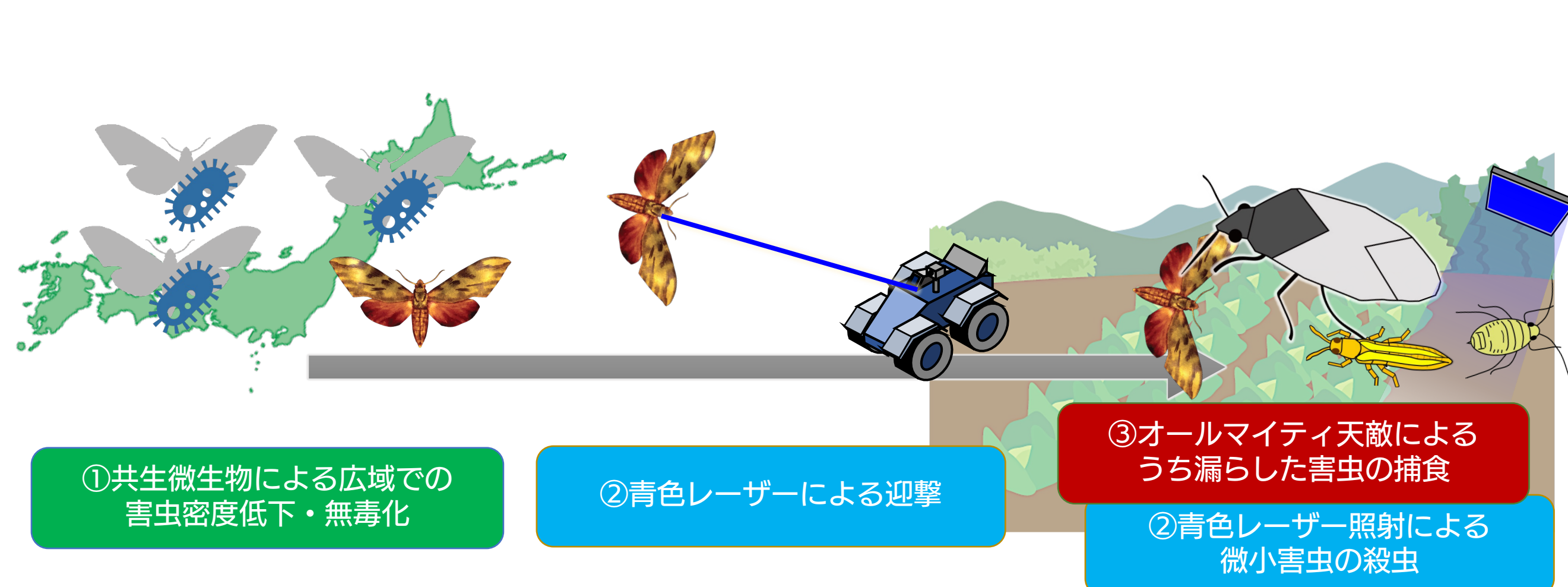
世界では害虫・害獣の被害による作物の減収が16%にのぼると言われています。化学農薬による害虫防除は作物の生産に大きく貢献してきましたが、近年では化学農薬に抵抗性を持つ害虫が出現するなどの問題が起きていることから、化学農薬に依存しない持続的な防除技術が求められています。



<https://ms505ipm.halfmoon.jp/>

【ありたい姿】

私たちが開発した技術・製品を使用すれば、生産者の皆さんが害虫防除に頭を悩ますことなく、農作物の生産・収穫に専念できる体系を目指します。



主な研究成果、進捗状況

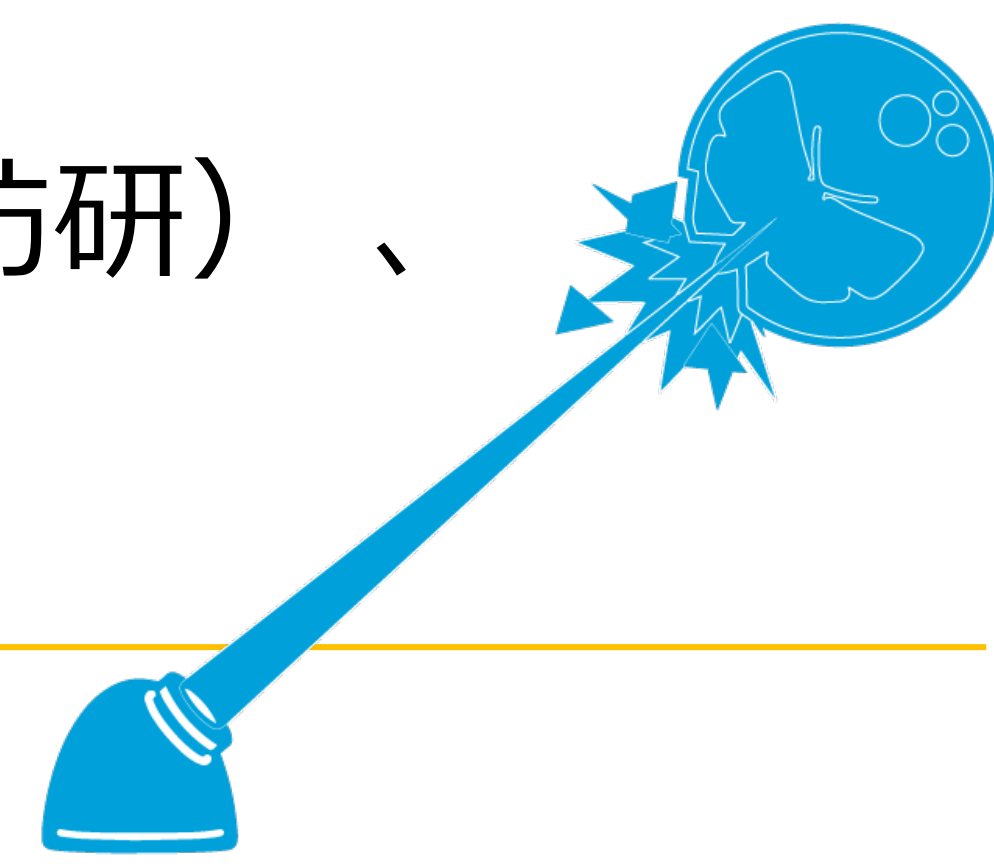
- ① 不規則に飛ぶ害虫の飛翔経路を予測し、レーザーで撃ち落とす技術を開発しました。ほぼ100%の撃墜率を達成しています。
- ② 青色光に殺虫効果があることを利用した、LED・レーザーを用いた微小害虫防除装置を開発しています。
- ③ 害虫が少ない時も圃場に留まり、確実な防除効果を得られる「あきらめない」天敵システムを、ゲノム情報を利用して育種しました。
- ④ 害虫の生殖をコントロールする共生微生物の人工培養・移植技術を確認し、害虫密度抑制効果があることを実証しました。

社会実装の状況と今後の方向性

- ① レーザー狙撃装置（固定式・自走式）
- ② 青色光照射殺虫装置
- ③ 「餌探しをあきらめない」天敵システムをはじめとする新規高性能天敵製剤
- ④ ゲノム編集・RNA干渉を用いた新規天敵システムの高速育種技術
- ⑤ 共生微生物ストックセンターの確立と防除技術の確立

【日本プロ】（主要成果1） 青色半導体レーザーによる害虫防除システムの開発

堀 雅敏（東北大学農学研究科）、山本 和久・藤 寛（大阪大学レーザー研）、
中野 亮・村田 未果・渋谷 和樹・西末 浩司・松井 悠樹・吉田 達也（農研機構植防研）、
杉浦 綾・伊藤 淳士・伊葉 俊輔（農研機構農情研）、
関根 崇行・大江 高穂・駒形 泰之（宮城農園研）



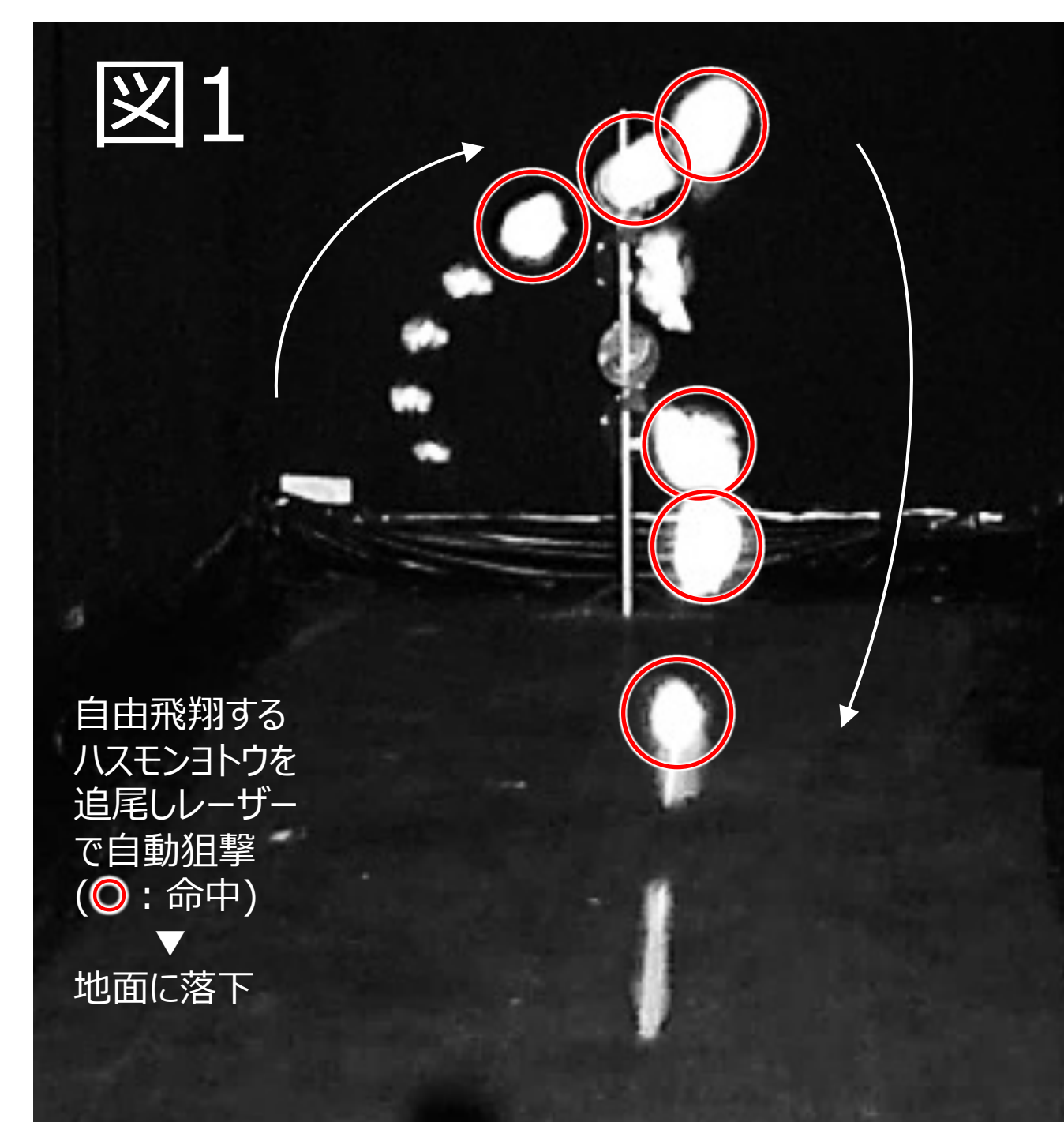
研究背景

物理的防除は害虫に抵抗性を発達させないクリーンな技術ですが、十分な防除効果が得られる手法はこれまであまりありませんでした。しかし、東北大学の研究により、青色光を用いた害虫の直接殺虫の可能性が見出されました。一方、現在普及しているLED光源では栽培現場のような広い面積に有効強度の光を照射することが困難でした。そこで、LEDに替わる新たな技術として最先端の青色半導体レーザーを用い、温室・圃場に侵入する大型害虫はレーザービームで狙撃し、作物上で繁殖する微小害虫は拡散光の照射により殺虫する装置・技術の開発を進めています。

具体的成果、進捗状況

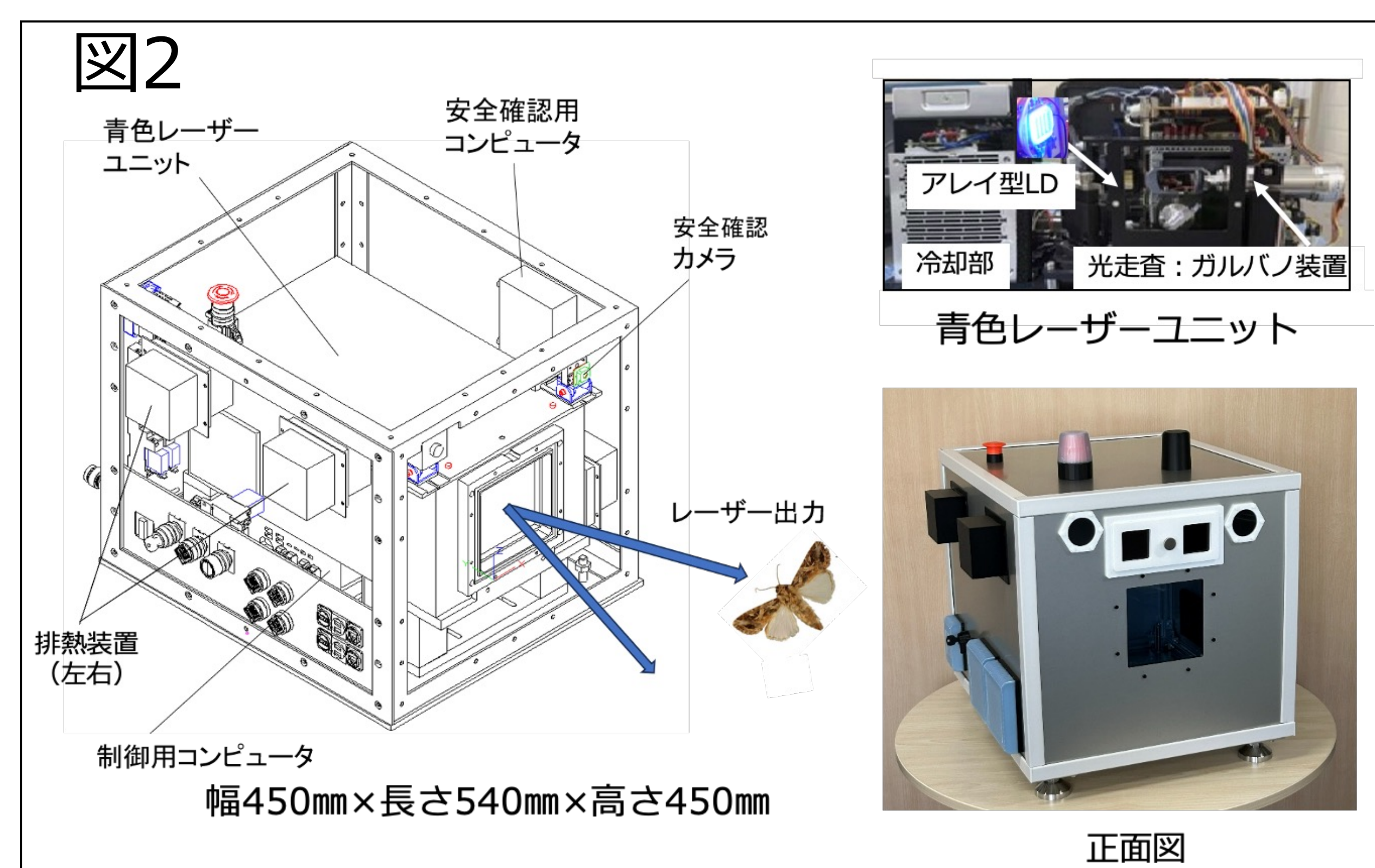
レーザー狙撃による飛翔害虫の温室・圃場内への侵入阻止

- 青色半導体レーザーと走査機構を用いた小型青色レーザーによる連続照射・高速狙撃を実現し、飛翔するガへのレーザー命中率・撃墜率ともに100%を達成しました（図1）。
- 製品化を目指した、安全のための人検知に加え、防塵・防水、排熱機能を付加した電子レンジサイズのレーザー狙撃装置を開発しました（図2）。



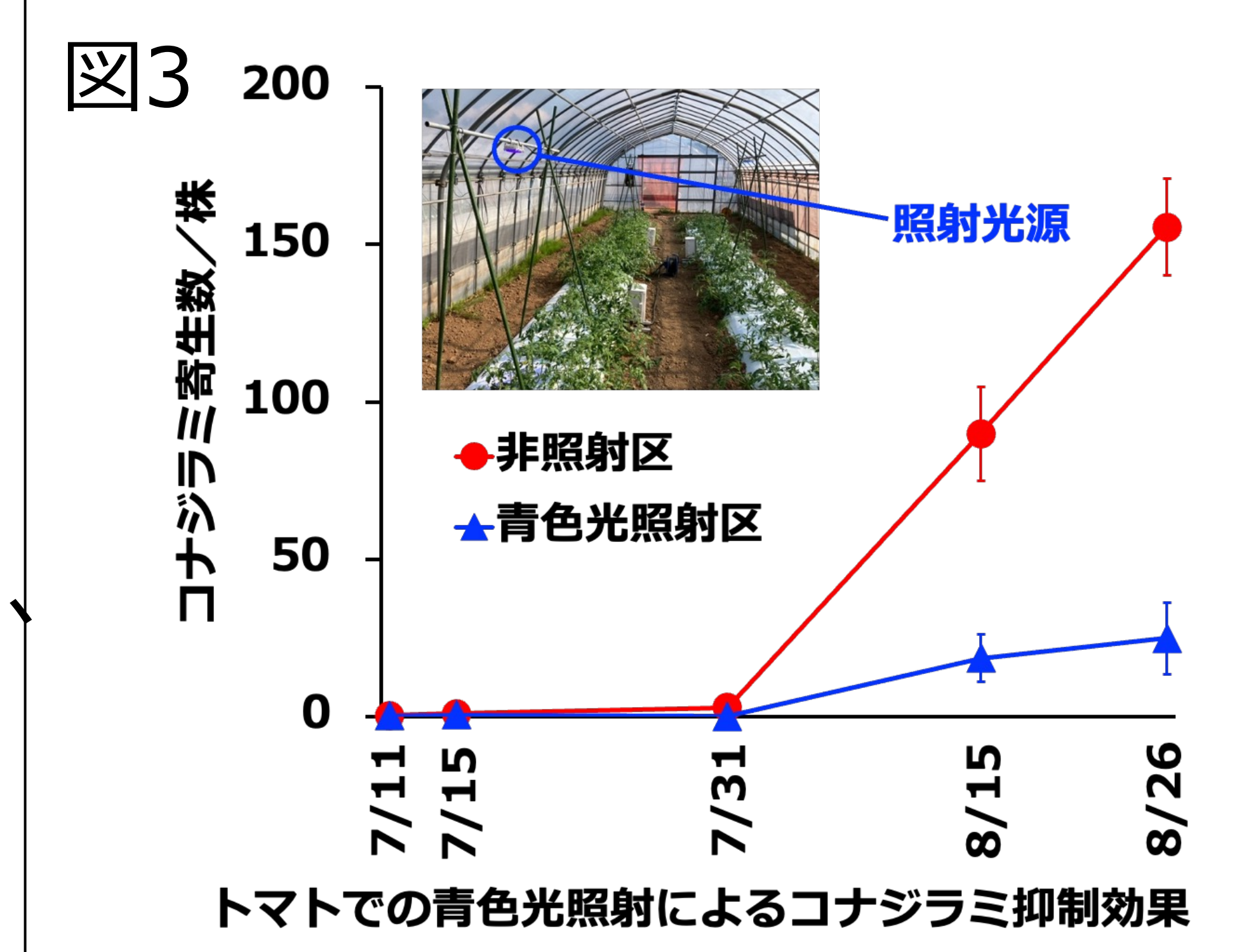
青色光の拡散照射による微小害虫の殺虫

- 青色半導体レーザーによる面照射型拡散照射装置を開発し、コナジラミの作物への寄生を大きく抑制できました。
- LED照射装置を用いた圃場試験で、青色光の拡散照射によりトマトのコナジラミやイチゴのアザミウマの寄生数を大幅に抑制できることを確認しました（図3）。



今後の取組み

- ① レーザー狙撃装置のプロトタイプを用いた防除試験を実施し、チョウ目害虫による圃場への産卵阻害率70%以上を目指しています。
- ② 超小型レーザー狙撃装置を搭載した自律走行ロボット、および太陽光充電装置と組み合わせた据置型無人装置の社会実装を目指します。
- ③ 青色LEDによる拡散照射殺虫の早期の導入・普及を図り、コンパクトでより広範囲の照射が可能な青色半導体レーザーを用いた拡散照射装置の開発を進めます。



【日本プロ】（主要成果2） 最新のゲノム解析技術で新たな天敵系統の育種加速化

世古 智一・勝野 智也・中野 亮平・勾坂 晶・村上 理都子（農研機構植防研）、
上原 拓也・大鷲 友多（農研機構生物研）、鈴木 丈詞（東京農工大学）、
大門高明・日本 典秀・Eko ANDRIANTO・Elena KRIMMER（京都大学）
藤井 毅（摂南大学）、櫻井 健志・大橋 ひろ乃（東京農業大学）、
斉藤 千温・曽根 良輔・土井 誠・片山 晴喜（静岡農林技研）、松田 直樹（鳥取大学）



研究背景

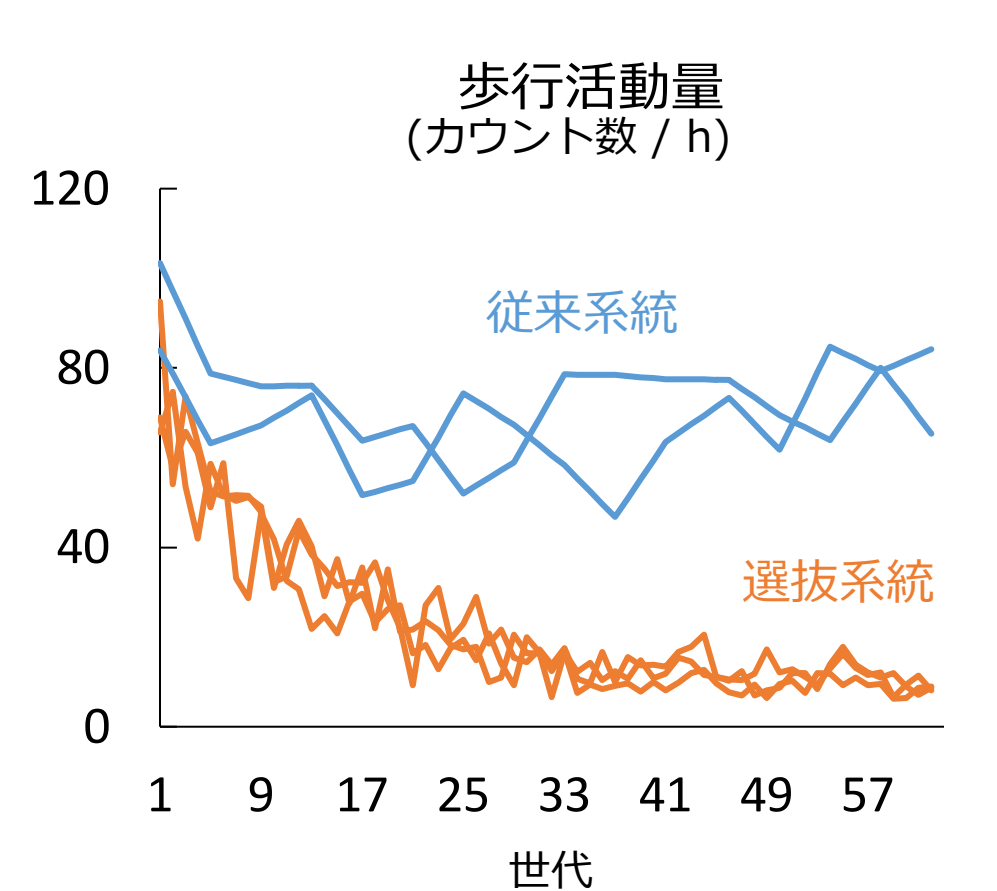
化学農薬に依存せずに殺虫効果を得られる天敵ですが、放した天敵がうまく定着（栽培圃場に留まって活動すること）せず、防除に失敗しやすいことが課題となっていました。また、寒さや暑さなどの過酷な環境でも活躍できる天敵や、大食いの天敵も必要とされています。

具体的成果、進捗状況

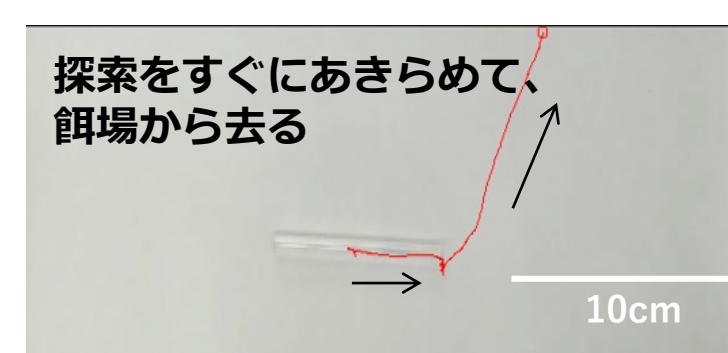
- 重要害虫アザミウマの天敵タイリクヒメハナカメムシで「**餌探しをすぐにあきらめない**」系統を育成しました。この系統は従来に比べて餌探しをあきらめて餌場を去るまでの時間が約3倍に延びていることで圃場での定着性が向上しており、アザミウマの被害が深刻になっているイチゴなどの施設野菜類で有効性が確認されています。



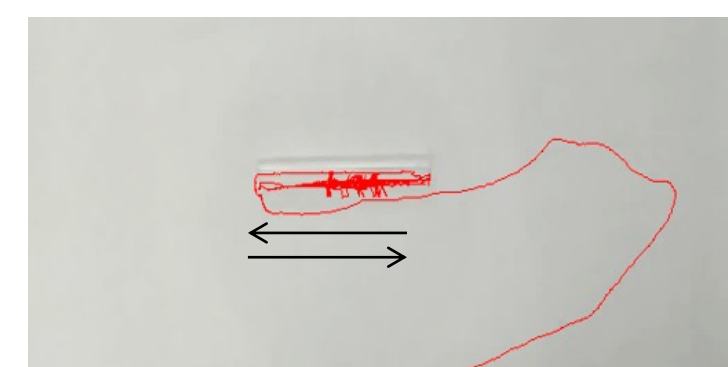
天敵
タイリクヒメハナカメムシ



歩行活動量を指標に育種
(選抜系統)



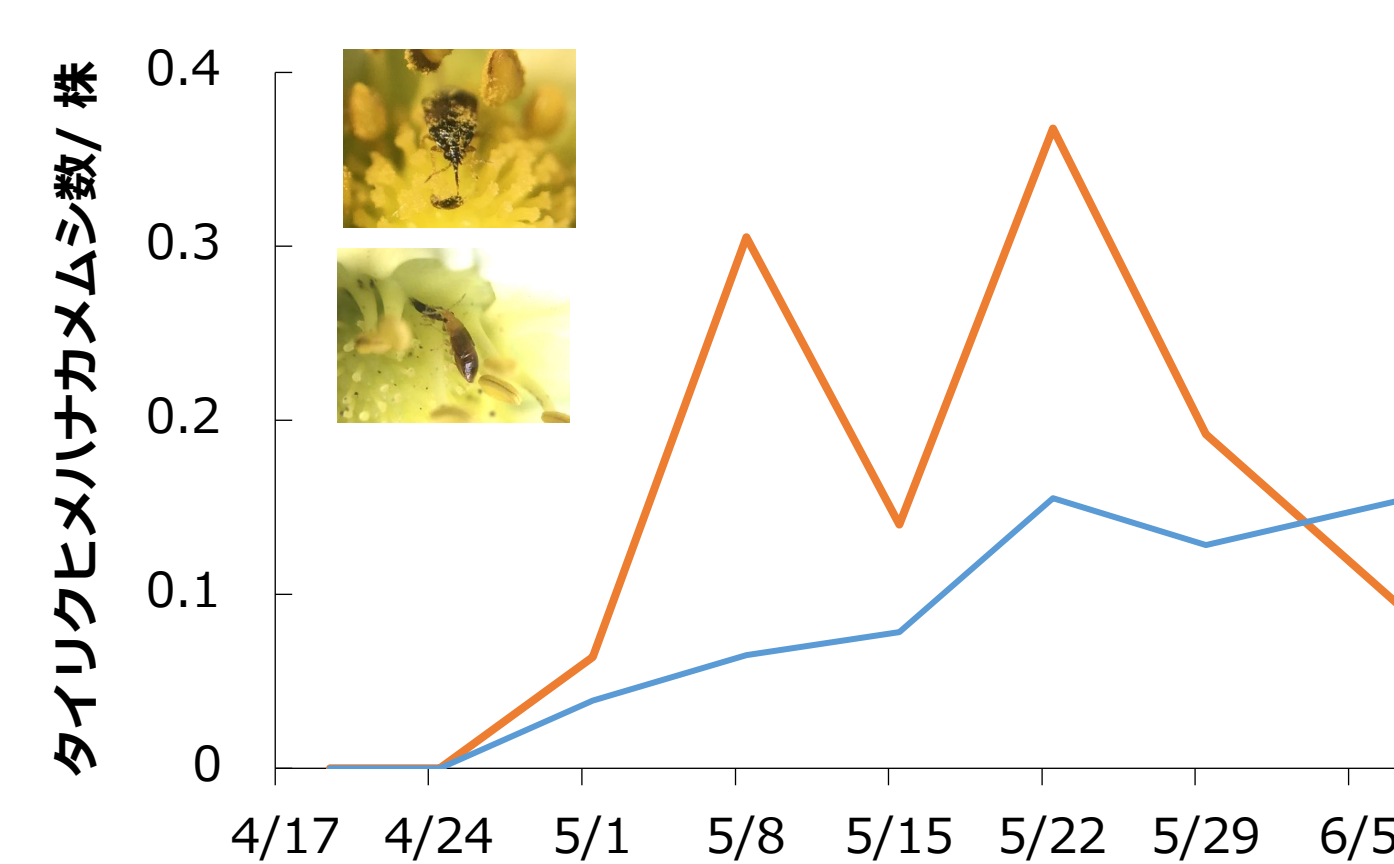
従来系統



選抜系統

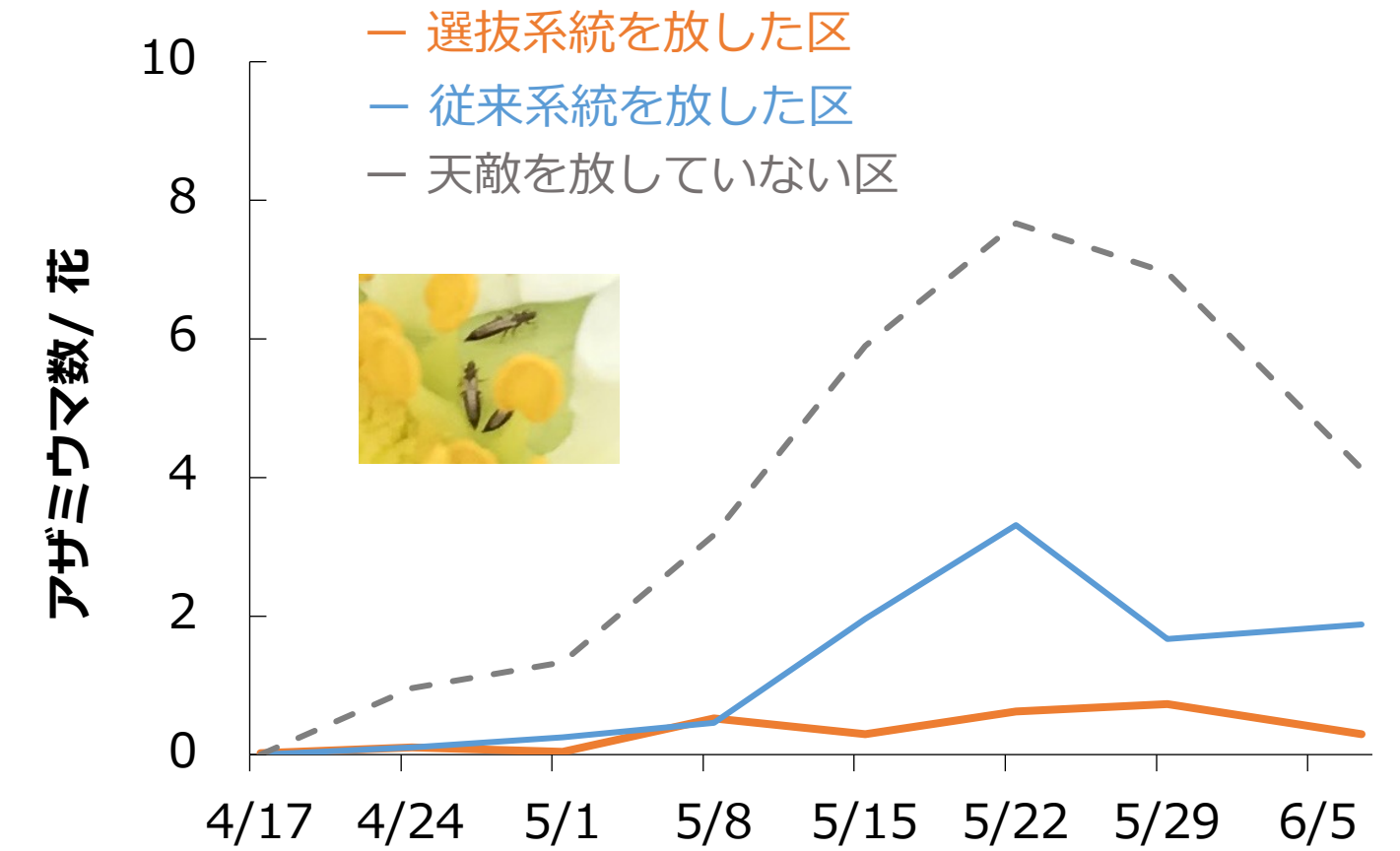
従来系統に比べて餌場を何度も往復し、出ていきません。

天敵タイリクヒメハナカメムシ



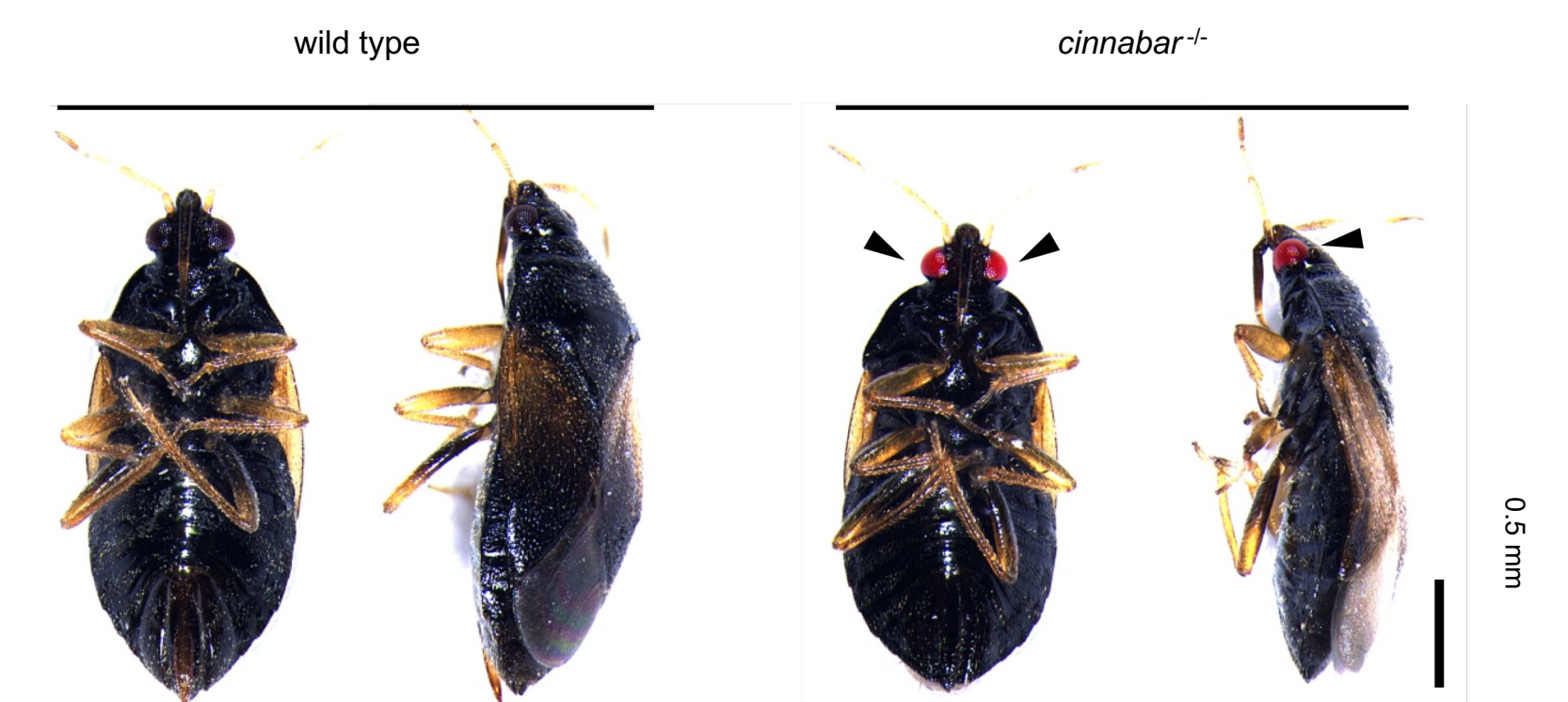
イチゴ栽培における天敵タイリクヒメハナカメムシの株あたり個体数（左図）、および害虫アザミウマの花あたり発生数（右図）。選抜系統を放した区は従来系統を放した区よりも天敵タイリクヒメハナカメムシがよく定着し、害虫アザミウマの増殖を抑制しました。

害虫アザミウマ



- 難しかった**天敵のゲノム編集技術やRNA干渉技術**を確立し、遺伝子機能の解明が容易になりました。

ゲノム編集により作出した、目の色が赤いタイリクヒメハナカメムシ（右）



今後の取組み

- ① ゲノム編集技術やRNA干渉技術を用いて、天敵の有用遺伝子の探索やスクリーニングを容易にし、新たな系統の育種を加速化します。
- ② 「餌探しをすぐにあきらめない」性質に関連する遺伝子を特定し、その遺伝子を指標に選抜することで、さらに高性能な天敵系統を育成します。
- ③ 天敵の匂いや視覚の応答性を制御して、必要な時に必要なところへ天敵を導く行動制御技術を確認します。

【日本プロ】（主要成果3） 共生微生物を利用した害虫制御技術の開発

陰山 大輔・渡部 賢司・小林 功・西出 雄大・大鷲 友多（農研機構生物研）、
林 正幸（農研機構植防研）、大手 学（慶應義塾大）



研究背景

環境にやさしい害虫防制御技術の開発が求められています。私たちは細胞内に共生している微生物を利用して害虫の個体群を抑制したり、害虫を非害虫化するための技術開発を行っています。

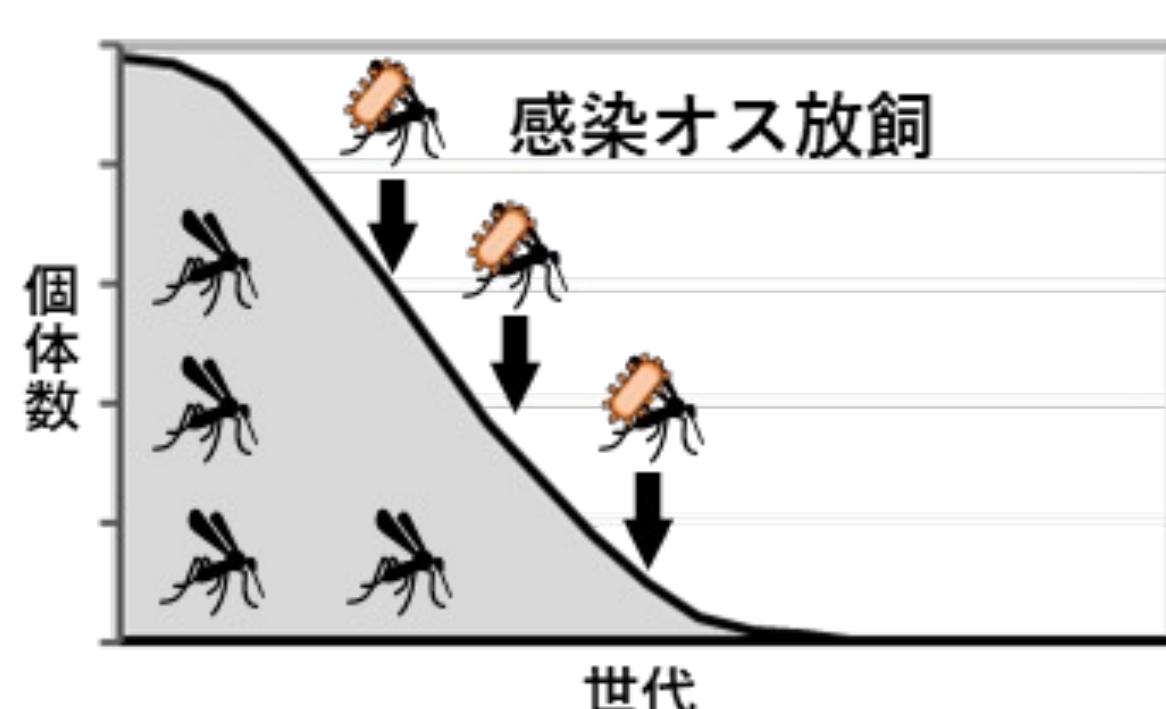
ボルバキアなどの細胞内共生微生物が起こす細胞質不和合現象を利用して害虫の個体群を制御します。

細胞質不和合

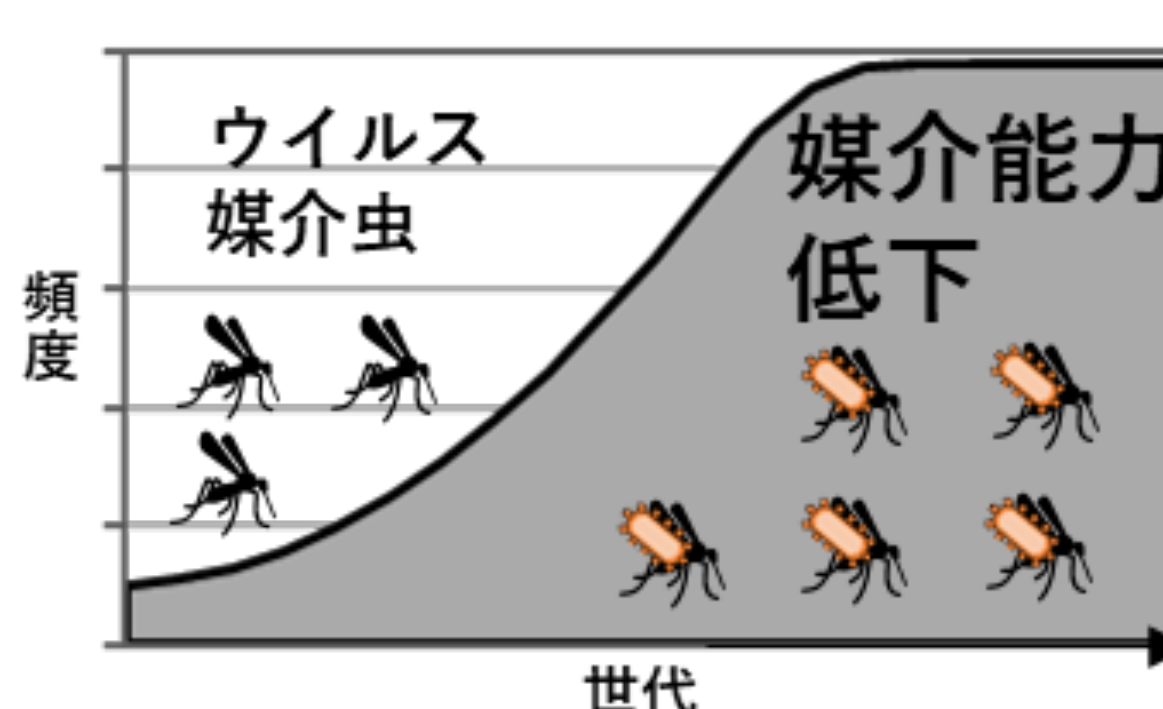
	♀ W+	♀ W-
♂ W+	○	×
♂ W-	○	○

感染オス x 非感染メス
の子が死滅

個体群抑制

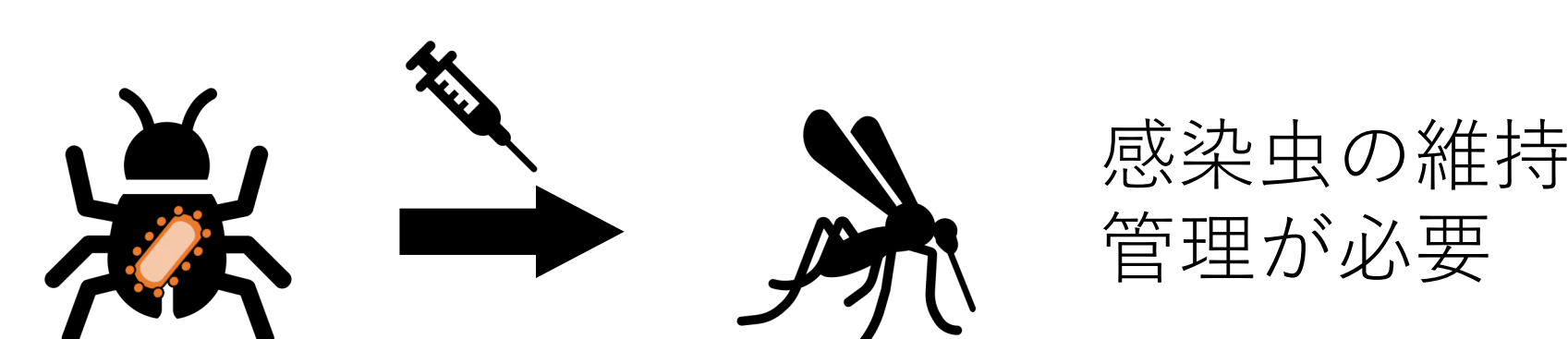


個体群置換

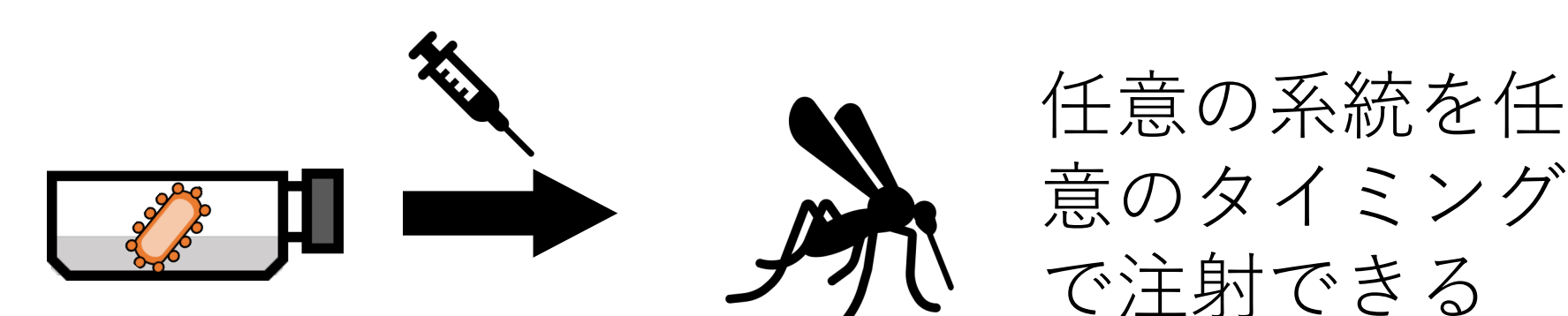


微生物移植による系統樹立

感染虫から非感染虫へ人工導入



培養細胞から非感染虫へ人工導入



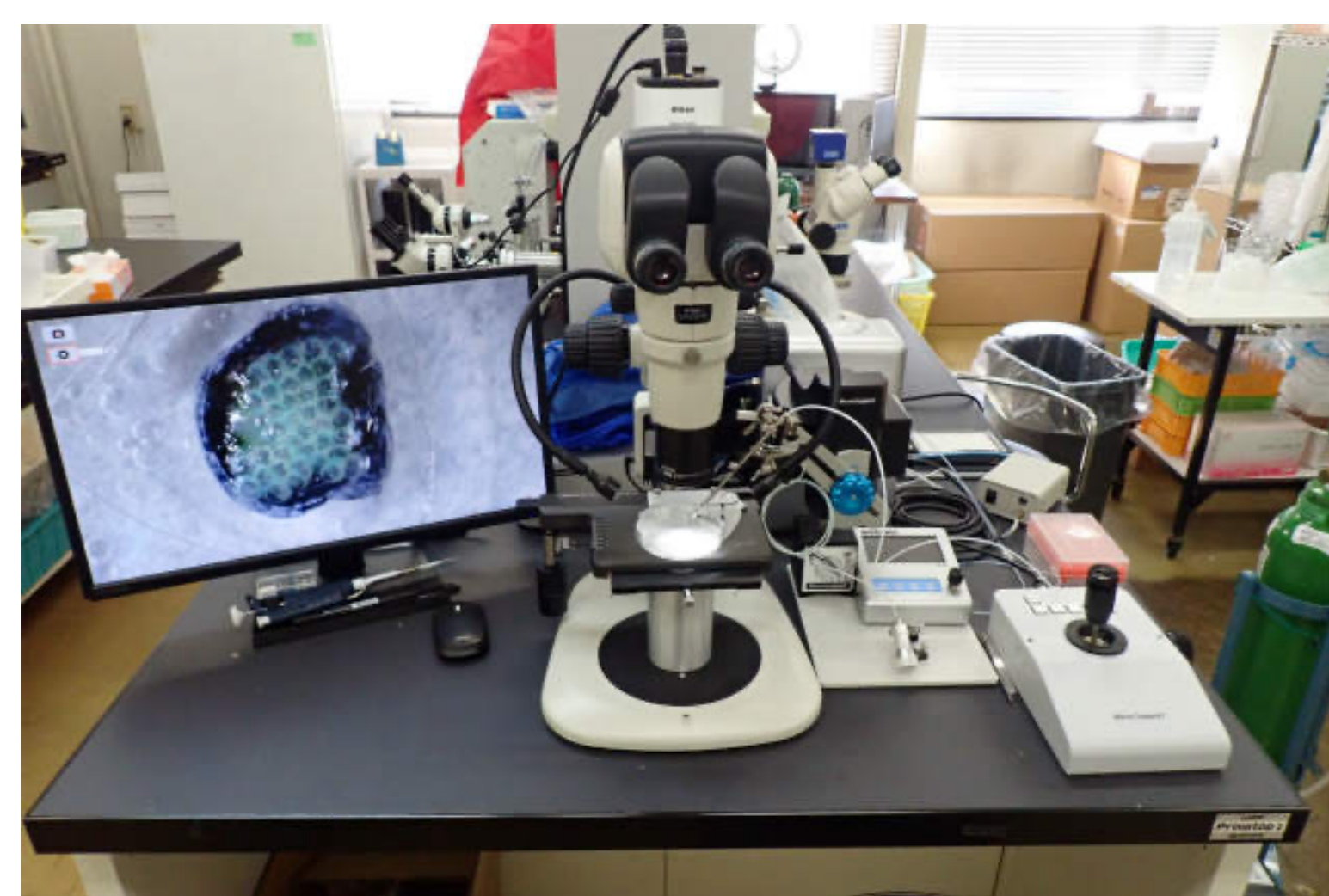
具体的成果、進捗状況

共生微生物ストックの確立

（現在40系統以上）

昆虫培養細胞に様々な細胞内共生微生物を導入し系統化し、安定的に冷凍保存

共生微生物の移植

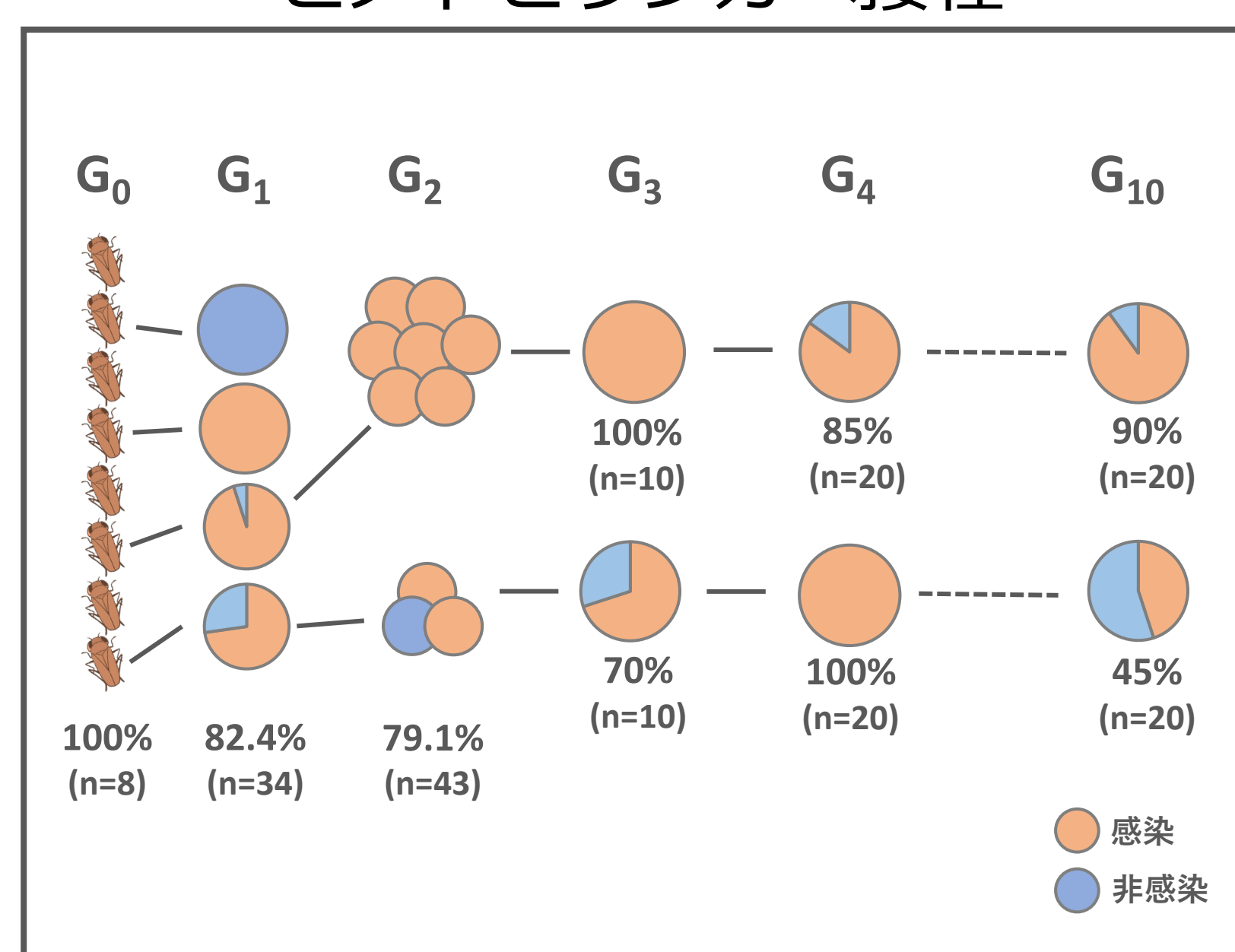


インジェクション設備

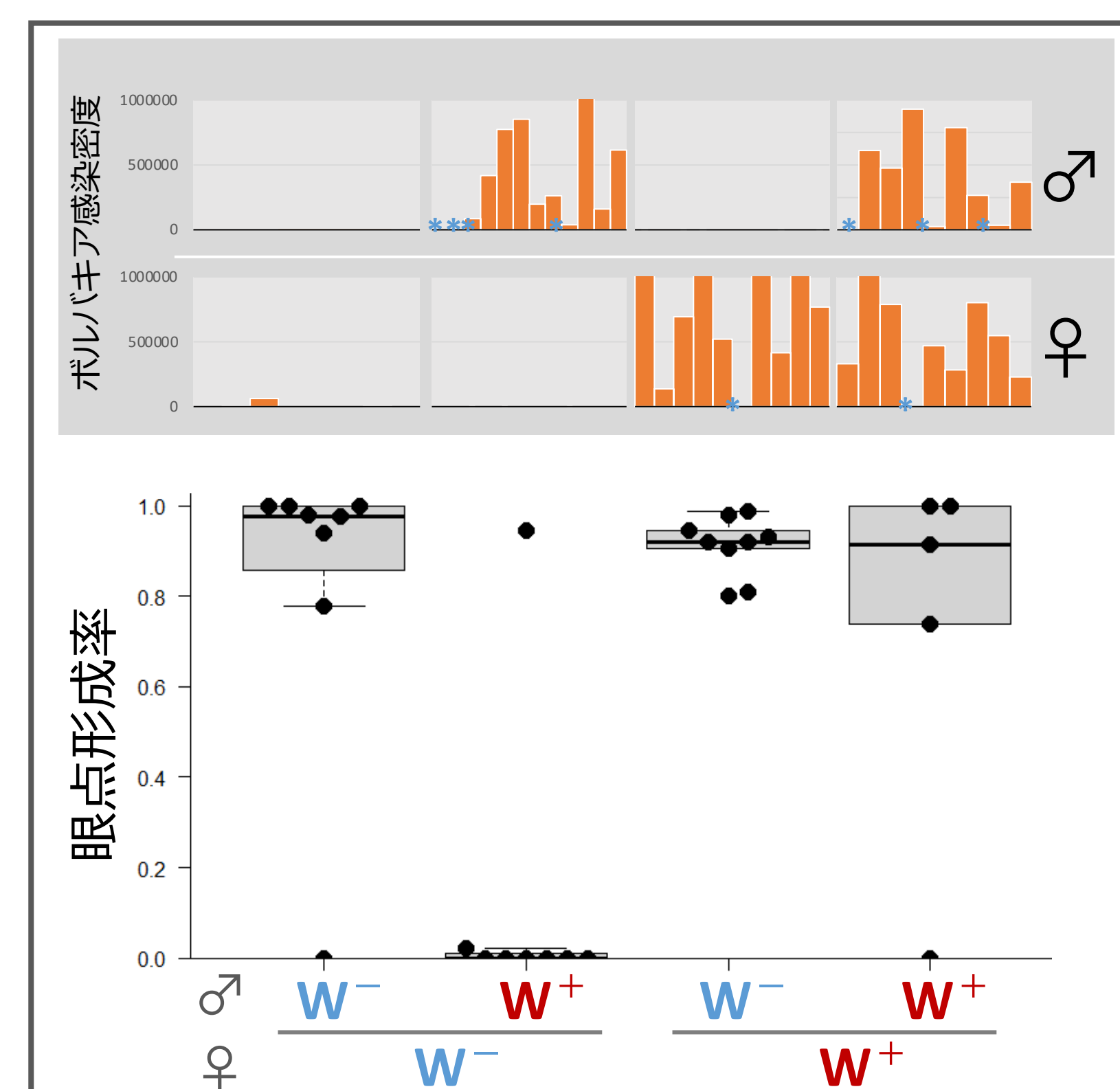


卵に接種

wFurc（セジロウンカ由来）を
ヒメトビウンカへ接種



接種世代は100%感染
10世代に渡り、高い確率で垂直伝播

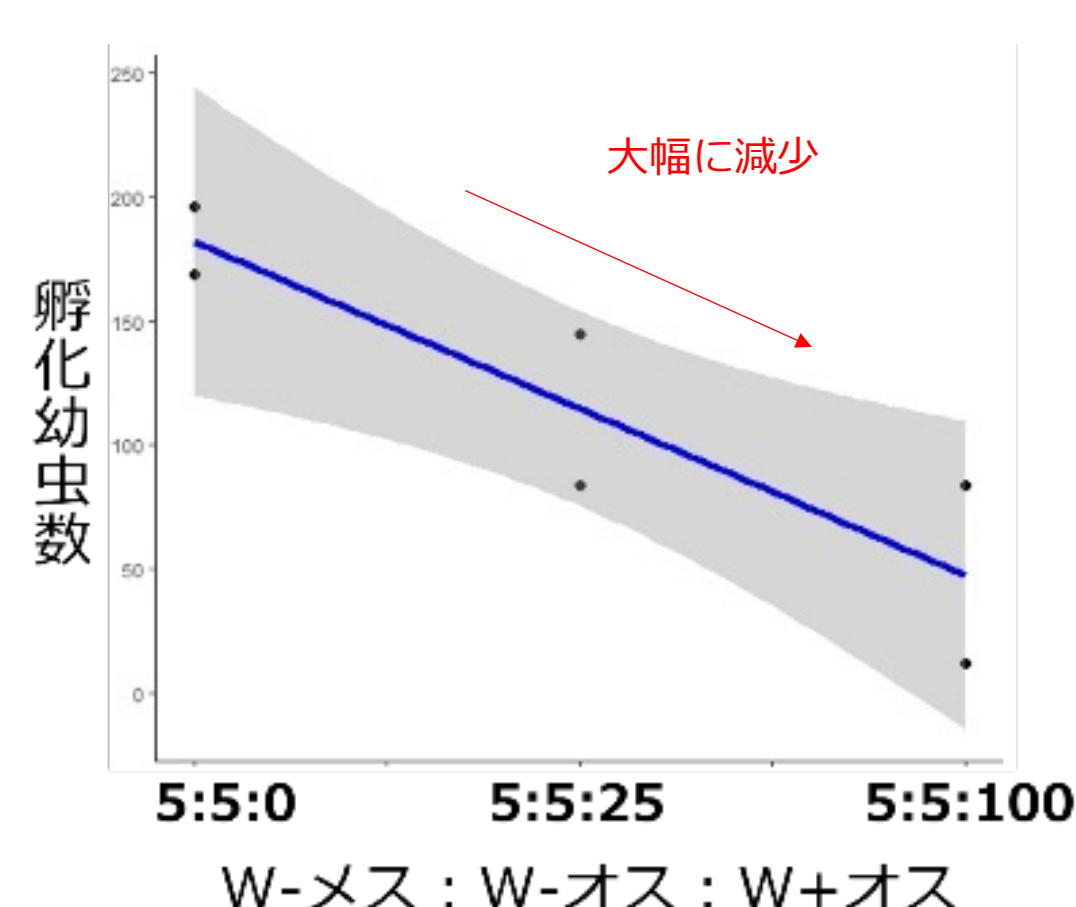


wFurc（セジロウンカ由来）は、新規導入先（ヒメトビウンカ）でも強い細胞質不和合を引き起こした

室内実験

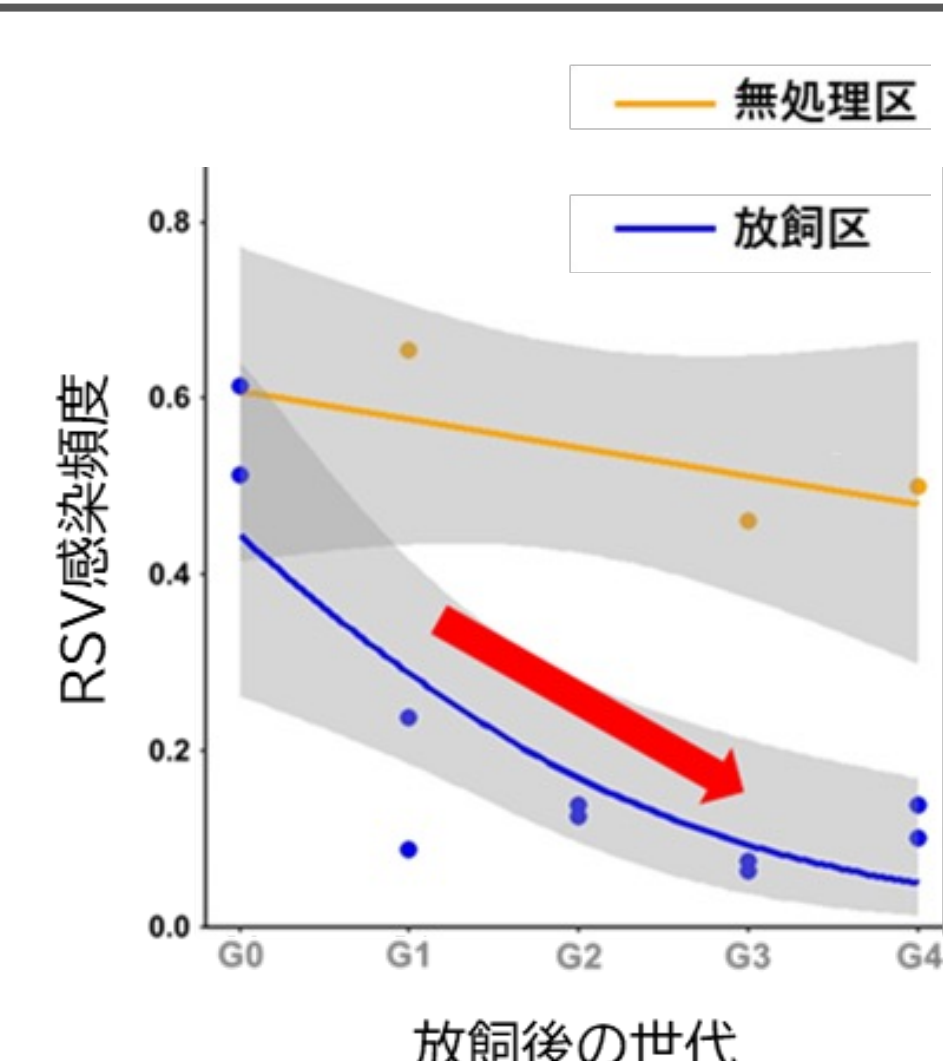
個体群抑制

ヒメトビウンカにおける室内実験で、共生微生物（ボルバキア）感染系統のオスを放飼することによる個体群抑制の有効性を実証



個体群置換

ヒメトビウンカにおける室内実験で、共生微生物導入系統を放飼することによる個体群置換を通じてウイルス感染を減らせることを実証



今後の取組み

- ① 共生微生物ストックからの有用系統の探索
- ② 移植技術の改良