

項目1 :

青色レーザーによる殺虫技術の開発



主たる実施者： 堀雅敏（東北大学 教授）、山本和久（大阪大学 教授）、杉浦綾（農研機構 ユニット長）

キーワード： 青色半導体レーザー、飛翔経路予測、狙撃、照射

研究背景と達成目標

研究開発テーマの背景と必要性

本来生産できる世界の農作物の15%が害虫により失われています。これまで防除は化学農薬に依存してきましたが、害虫の抵抗性発達によって困難になってきています。そこで、これまで用いられなかった青色半導体レーザーによる物理的防除技術を開発します。

技術開発目標

不規則に飛翔する害虫の位置をAIで予測してレーザーで撃ち落とす技術を開発します。また、青色光に殺虫効果があることを利用して、微小害虫の殺虫装置を開発します。



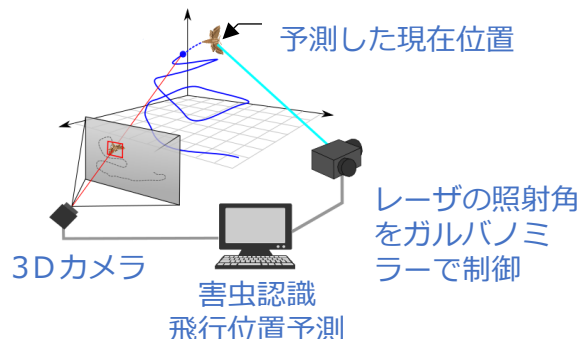
主な研究成果

- ① AIを駆使して、不規則に移動する害虫の飛翔経路を予測するプログラムを開発しました。
- ② ステレオカメラとガルバノミラー（レーザー光を反射する部品）を利用した狙撃装置を開発し、害虫の位置を予測するプログラムを実装して実際に飛翔する害虫を撃ち落とすことに成功しました。
- ③ 青色レーザー光照射装置を用いて、アブラムシやコナジラミなどの微小害虫の密度抑制ができることを実証しました。

【具体的成果】

害虫の飛翔経路予測技術を開発

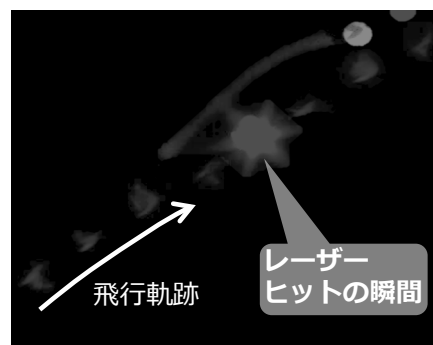
害虫をステレオカメラ（3Dカメラ）を用いてビデオ撮影し、飛行軌跡を三次元で解析しますが、コンピュータで計算している間に害虫の位置が変わります。また、真っ直ぐ飛ぶわけではありません。そこで、AIを駆使し、害虫の0.03秒後の飛翔経路・位置を予測できるプログラムを開発しました。



【具体的成果】

レーザー狙撃装置を開発

開発した予測プログラムを、青色半導体レーザーとガルバノミラーで構成された狙撃装置に実装し、実際に圃場で飛翔する害虫を夜間でも狙撃・撃墜することに成功しました。



青色光殺虫技術を開発

青色光には殺虫効果があることがわかっています。そこで、拡散照射型レーザーによって、防除が難しいアブラムシやコナジラミなどの微小害虫を殺虫し、密度を低下させることに成功しました。



今後の研究の展開方向

レーザー狙撃装置を小型化して移動ロボットに搭載します。複数の害虫種に対応できる予測技術を開発します。

また、照射型殺虫装置も小型化し、複数の害虫種の防除を可能とします。



分担機関（太字は主たる実施者の機関）

(2)農業・食品産業技術総合研究機構/ (3)東北大学/ (4)大阪大学/
(5)東京農工大学/ (9)全農JA

項目2：

オールマイティ天敵作出のための分子基盤の解明と制御技術の開発



主たる実施者：大門高明（京都大学 教授）、世古智一（農研機構 上級研究員）、鈴 丈詞（東京農工大 教授）

キーワード：天敵、生物的防除、ゲノム編集、RNA干渉（RNAi）、行動制御

研究背景と達成目標

研究開発テーマの背景と必要性

化学農薬に抵抗性を発達させた微小害虫を殺虫するため、生物的防除法として害虫を食べる「天敵」が用いられるようになってきています。しかし、餌となる害虫が少ないと定着できないという問題があり、使いやすい天敵系統が求められていました。



アザミウマ（害虫）を捕食する
タイリクヒメハナカメムシ（天敵）

技術開発目標

天敵の行動を制御する遺伝子を最新のゲノム科学で解明し、餌が少なくても定着して、害虫防除効果の高い系統を育種します。

主な研究成果

- ① 天敵昆虫の成虫にゲノム編集物質を注射することで非常に効率よくゲノム編集を起こす簡易な「DIPA-CRISPR法」を開発しました。これによって、天敵の遺伝子の解析が容易になりました。
- ② 天敵カブリダニに二本鎖RNA溶液を給餌することで、RNA干渉を起こすことに成功しました。ゲノム編集の注射ができない微小な天敵でも、遺伝子の解析が可能になりました。
- ③ 歩行活動量を指標に長時間餌を探索する系統を選抜育種し、圃場での高い害虫防除効果を実証しました。

【具体的成果】

天敵のゲノム編集法を開発

ゲノム編集では、DNA配列を意図的に切断し、特定遺伝子の機能を改変します。従来はゲノム編集物質を卵に直接注射する方法が一般的でしたが、天敵として有望なタイリクヒメハナカメムシは卵を植物体に産み付けるため、その方法は利用できません。そこで、成虫に注射するDIPA-CRISPR法を開発しました。羽化後1日の成虫に注射することで、高いゲノム編集効率を得ることに成功しました。



ゲノム編集個体
（赤眼）

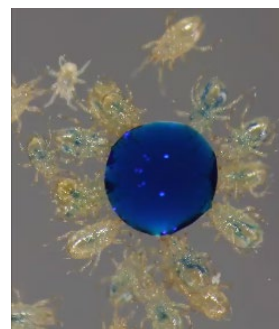


野生型

【具体的成果】

天敵カブリダニの経口RNA干渉技術を開発

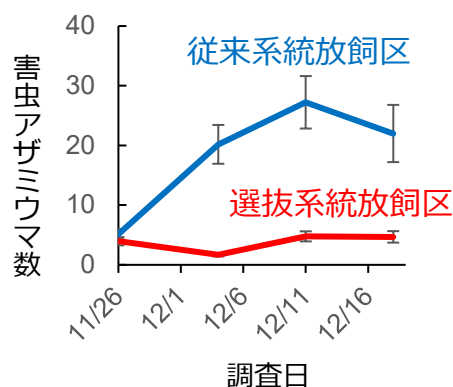
天敵カブリダニは体長0.5mm以下と小さいため、注射によるゲノム編集やRNA干渉を行うことが困難です。そこで、経口的に二本鎖RNA溶液を投与する方法を開発し、確実にRNA干渉が起こることを明らかにしました。



RNA溶液（青色）が経口で天敵カブリダニの体内に取り込まれている様子

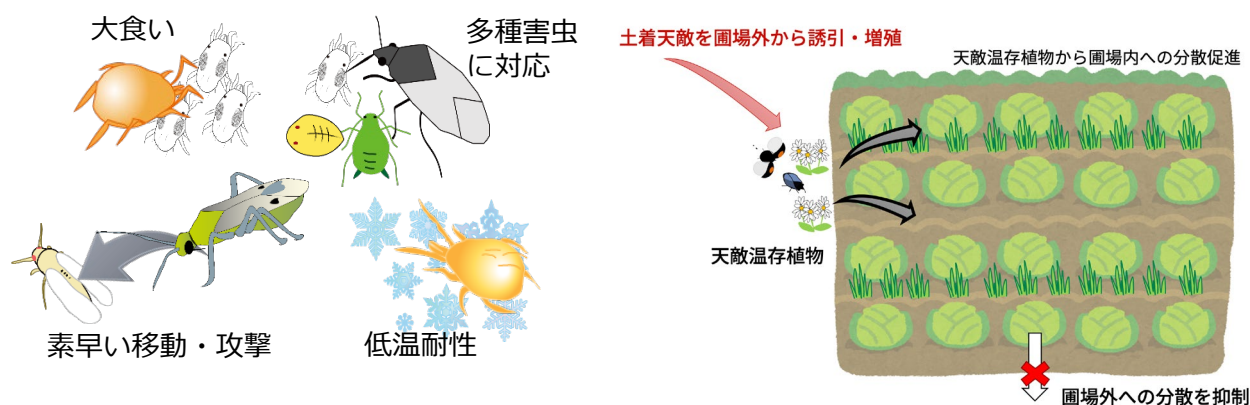
餌探索を「すぐにあきらめない」天敵系統を育種

天敵は、餌となる害虫が少ないと畑から出ていってしまいます。一方、害虫が増えすぎてから天敵を放しても食べきれず防除に失敗するので、使用のタイミングが難しいことが課題でした。そこで歩行活動量を指標に長時間餌を探索する「すぐにあきらめない」系統を選抜育種し、圃場での高い害虫防除効果を実証しました。また、関連する遺伝子など、遺伝的な背景も解明しました。



今後の研究の展開方向

様々な有用形質をパワーアップした優良天敵系統を育種します。育種した形質が失われないような品質管理法や大量増殖技術を確認し、天敵資材として農薬登録・販売を目指します。また、天敵の行動を制御する生理活性物質や遺伝子を明らかにし、露地栽培での天敵利用を加速します。



分担機関（太字は主たる実施者の機関）

- (1)京都大学/ (2)農業・食品産業技術総合研究機構/
(5)東京農工大学/ (6)摂南大学/ (8)東京農業大学

項目3：

共生微生物を用いた害虫防除法の開発



主たる実施者： 陰山大輔（農研機構 グループ長補佐）、大手学（慈恵医大 講師）

キーワード：共生微生物、不和合虫放飼法、ボルバキア、培養細胞

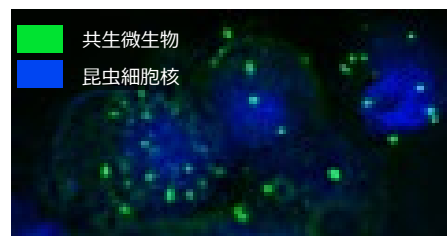
研究背景と達成目標

研究開発テーマの背景と必要性

野外で広域に害虫密度が低ければ、圃場に侵入する害虫も少なくなります。多くの昆虫には生殖や性決定をコントロールするボルバキアなどの微生物が共生しており、この共生微生物を利用した広域での害虫密度低減技術に期待が寄せられています。

技術開発目標

昆虫の生殖を改変する共生微生物を用いた害虫根絶技術・病害媒介虫無害化・益虫強化技術を開発します。そのために、様々な共生微生物系統を収集して機能を解析するとともに、保存・移植技術を開発します。



共生微生物の蛍光顕微鏡画像

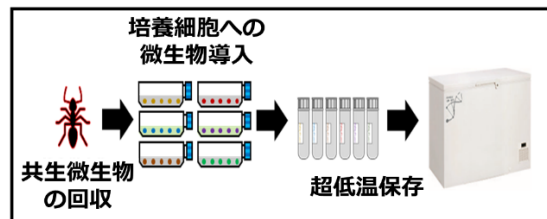
主な研究成果

- ① 昆虫培養細胞を利用し、様々な昆虫種に由来する30株以上の共生微生物株の培養に世界で初めて成功し、冷凍保存も可能にしました。必要に応じて、解凍し培養を再開できます。
- ② 昆虫共生微生物が誘導する宿主の性転換現象を培養細胞上で世界で初めて再現しました。アズキノメイガのオス組織から培養細胞を作出し、メスから取り出した共生微生物ボルバキアを感染させたところ、オス由来培養細胞でメスの遺伝子が発現しました。
- ③ 共生微生物感染系統のオスを放飼する不和合虫放飼法により、次世代の個体数が少なることを、イネの害虫ヒメトビウンカの集団を用いた室内試験で実証しました。

【具体的成果】

共生微生物株の培養・保存・感染技術を開発

これまでボルバキアなどの共生微生物は生きた昆虫でしか維持できませんでしたが、昆虫培養細胞を利用して安定的に増殖・維持する技術を世界で初めて開発するとともに、長期保存を可能にする冷凍保存技術を確認しました。また、共生微生物の移植技術も開発し、高確率で導入することに成功しました。



【具体的成果】

昆虫共生微生物による性転換現象再現

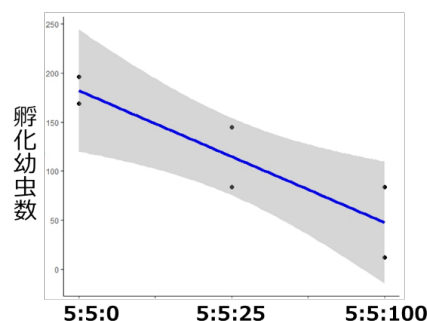
アズキノメイガのオス由来培養細胞を作出し、これにボルバキアを人為的に移植したところ、細胞が性転換（メス化）していることを明らかにしました。ボルバキアによる生殖操作をフラスコ内で再現した世界で初めての事例です。2つの遺伝子がメス化誘導に関係していることも明らかになりました。天敵昆虫をメス化・大型化する技術の開発に繋がると期待されます。



アズキノメイガ *Ostrinia scapularis*

不和合虫放飼法の有用性を実証

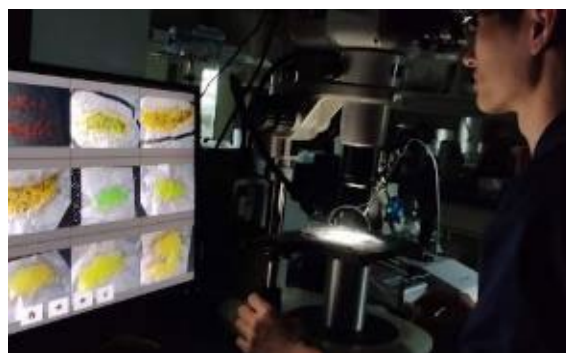
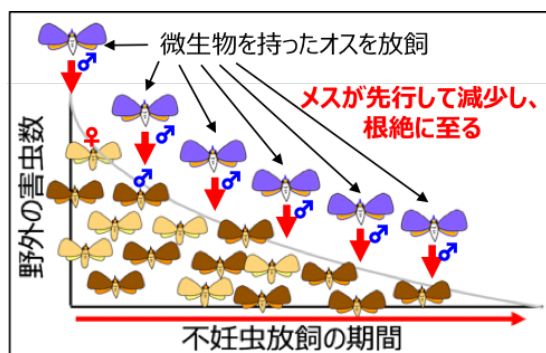
ある種の共生微生物に感染した系統のオスと非感染のメスが交尾すると卵が孵化しない「細胞質不和合」という現象があります。これを利用して、通常の個体群に感染系統のオスを放飼（不和合虫放飼）することで、集団サイズが小さくなることを、室内試験で実証しました。



非感染メス：非感染オス：感染オス
感染オスの比率が高くなると孵化幼虫数が減少する。

今後の研究の展開方向

様々な共生微生物を収集・保存し機能を解明することで、様々な害虫に対応可能な共生微生物ストックを拡充します。これらの微生物株を導入した害虫の放飼による害虫密度低減効果を室内～半野外試験で実証します。



顕微鏡を用いた共生微生物の注射の様子

分担機関（太字は主たる実施者の機関）

(2)農業・食品産業技術総合研究機構 / (7)東京慈恵会医科大学