

令和元年6月21日現在

機関番号：18001

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K14864

研究課題名(和文) ウリミバエ不妊虫による繁殖干渉を利用した近縁な侵入害虫ナスミバエの防除技術の開発

研究課題名(英文) Development of cost-effective SIT by integrating reproductive interference with regular sterile insect technique

研究代表者

本間 淳 (HONMA, Atsushi)

琉球大学・農学部・協力研究員

研究者番号：90527897

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：不妊虫放飼法は、農作物に重大な経済的被害を与える検疫害虫や、重篤な感染症を媒介する衛生害虫の根絶や侵入防止のための有効な方法として世界で広く用いられている。一方で、不妊虫の生産には多大なコストがかかってしまう。本研究では、近縁種同士で生じる繁殖干渉を組み込むことで、複数種を同時にターゲットする、より効率的な不妊虫放飼法の開発を試みた。理論的な検討の結果、繁殖干渉の効果が比較的弱い場合でも、(現実的な範囲で)不妊虫の放飼数を増やすことで、複数種の根絶が可能であることが分かった。また、世界的大害虫であるミカンコミバエとその近縁種を用いて実験を行い、両種の間に繁殖干渉が存在することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

繁殖干渉は、他種への「求愛のエラー」によってその増殖を抑え、結果として種の絶滅を引き起こしたり分布を著しく制限したりするなど、生物群集の形成において非常に大きな影響を及ぼすことが近年明らかになってきた。本研究は、この繁殖干渉を害虫防除に利用しようとする、まったく新しい試みである。本研究の「一石二鳥」の技術なら、従来の不妊虫放飼法を大幅に低コストにでき、より広い場面で適用することが可能となるだろう。例えば、従来の侵入害虫対策では可能性のあるすべての種に対してそれぞれシステムを構築する必要があるのに対し、本研究の技術なら、複数のターゲットの侵入に同時に対応することが可能である。

研究成果の概要(英文)：The sterile insect technique (SIT) is an environment-friendly method, which has been applied around the world against a number of pests damaging to agriculture and those transmitting human diseases. However, the operation of SIT is highly costly. In the present study, we tried to develop an add-valued method by incorporating reproductive interference, the negative interspecific mating interaction into regular SIT. Using a simulation model, we demonstrated that the new method can simultaneously control both wild-type conspecifics and closely related pest species with single species of sterile insect. By conducting an experiment, we also demonstrated reproductive interference between a highly devastating and invasive pest, Oriental fruit fly *Bactrocera dosalis*, and its close relative, *B. carambolae*.

研究分野：応用昆虫学

キーワード：不妊虫放飼法 繁殖干渉 害虫防除 侵入害虫 ミバエ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

不妊虫放飼法 (Sterile Insect Technique, SIT) は、人為的に不妊化した害虫を大量に放すことで、その種の野生虫同士が正常に繁殖することを阻害する技術である。非常に強力な効果を持つため、対象となる害虫を地域から根絶することも可能である。そのため、農作物に大きな経済的被害を与えるような検疫害虫や重篤な感染症を媒介する衛生害虫の根絶や侵入防止対策のための方法として、世界で広く用いられている。わが国でも、南西諸島に侵入したウリミバエ (*Zeugodacus cucurbitae*) やアリモドキゾウムシ (*Cylas formicarius*) などの根絶事業で利用され、成果を上げている。一方で、十分な効果をあげるためには大量の虫を増殖し、定期的に放飼する必要がある。また、これらの虫を不妊化するための特別な施設も必要となる。

このように、不妊虫放飼法は非常に効果的な防除法であるものの、そのためのコストもかなりかかってしまう。気候変動や人・物の交易の増加が新たな害虫の侵入リスクを増加させている中で、すでに根絶した害虫への対策を継続しつつ、新たな害虫を対象とした不妊虫放飼による根絶・侵入対策プログラムを個別に開発し、維持していくのは現実的ではない。

2. 研究の目的

そこで本研究では、本来は 1 種類の害虫のみをターゲットとしてきた不妊虫放飼を、複数の種類に同時に適用する、より効率的な不妊虫放飼法を開発することを目的とした。そのために、「オスが他種のメスにも求愛して繁殖を妨害する」という繁殖干渉という現象を、既存の不妊虫放飼の枠組みに組み合わせることで、これまでにない害虫防除法の開発を目指した。

3. 研究の方法

繁殖干渉は、形や模様がよく似た近縁な種どうしで生じる「求愛のエラー」によって他種の増殖が抑えられる現象を指し、種の絶滅を引き起こしたり、その分布を著しく制限したりする効果があることが分かっている。そして、ターゲットに対する密度抑圧効果においては、理論的には不妊虫放飼とほぼ同じである。すなわち、繁殖干渉は他種のオスからの求愛によって増殖が阻害される現象であるのに対し、「他種のオス」を「不妊虫のオス」に入れ替えれば、不妊虫放飼のしくみそのものになる。

ただし、同種のオスを用いる不妊虫放飼に比べ、別種のオスによる「求愛のエラー」によって生じる繁殖干渉は、その頻度や繁殖阻害効果が低いことが予想される。そのため、まず理論的に、繁殖干渉において予想されるような比較的弱い繁殖阻害効果でも害虫の根絶が可能であるかを検証し、その上で実際の害虫を用いた実験によって繁殖干渉により繁殖阻害効果が生じることを実証することとした。また、当初はこの実験を沖縄県に侵入しているナスミバエ (*Bactrocera latifrons*) と累代飼育されているウリミバエを用いて行うことを予定していたが、後に、世界的な大害虫であるミカンコミバエ (*B. dorsalis*) とその近縁種 (*B. carambolae*) を用いて、インドネシアにおいて実験を行った。

4. 研究成果

(1) 不妊虫による繁殖干渉の効果の理論的検討

Kuno (1992) による繁殖干渉の個体群増殖モデルをベースとして不妊虫による繁殖干渉のモデルを作成し、不妊虫の放飼によって近縁種を根絶することが可能であるか、検討を行った。その際、パラメータとして、(1) 不妊虫による繁殖阻害効果 (不妊虫放飼において野生虫オスに対する性的競争力とよばれているもの) と (2) 不妊虫の放飼数、の 2 つを変化させてシミュレーションを行った。その結果、不妊虫による繁殖阻害効果がごく弱い (< 0.05 、通常の不妊虫放飼の場合は 0.7 程度が目安) 場合でも、不妊虫の放飼数を野生虫の個体数の 10 倍 (これまでの不妊虫放飼において経験的に用いられてきた指標) とすることで、根絶が可能であることが分かった。シミュレーションの結果とともに、この新しい害虫防除法の利用可能性に関する展望論文を出版した (Honma *et al.*, 2019)。

(2) 繁殖干渉を組み込んだ不妊虫放飼法の応用可能性に関する理論的検討

実際の害虫根絶事業においては、近縁種の害虫根絶が可能であるかどうかだけでなく、根絶に至るまでにどのくらいの時間がかかるのかも重要である。すなわち、たとえ根絶が可能であっても、根絶に非常に長い時間を要してしまうようでは、繁殖干渉による方法が有効であるとはいえない。そこで、繁殖干渉を利用した害虫防除法の有効性を確かめるため、個体群動態モデルに基づくシミュレーションから、根絶に至るまでの時間を推定した。その結果、繁殖干渉による方法は、主な害虫と競合する近縁種両方をほぼ同時に根絶できることがわかった (Honma & Ikegawa 2019)。

(3) ミカンコミバエによる近縁種への繁殖干渉の実証

インドネシアにおいて、ミカンコミバエ (*B. dorsalis*) とその近縁種 (*B. carambolae*) 間の繁殖干渉を実験的に検証した。両種のペア数の割合を変えた複数の処理区を作り、ケージ内での交尾行動を観察した。その際、両種のオスによる同種・他種への配偶行動と交尾数を記録した。実験後にメスを回収して産卵させ、蛹まで育った次世代の個体数をカウントした。その結果、自種の頻度が低くなるほど他種オスから受ける配偶行動 (ハラスメント) の頻度はどちらの種でも増加した。その結果、同種との交尾成功は *B. carambolae* で減少し、その結果、繁殖成功 (次世代数) も減少していた。一方で、ミカンコミバエ (*B. dorsalis*) では他種が増えることによる交尾・繁

殖成功への影響は見られなかった。ただし、どちらの種においても異種との交尾の頻度は増加していなかった。以上の結果は、ミカンコミバエ (*B. dorsalis*) から *B. carambolae* への一方的な繁殖干渉があること、そしてそれは種間交尾ではなく、全種のオスからのハラスメント行動のみによって引き起こされていることを示している (Kitano et al., 2018)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 9 件)

(1) Honma A., N. Kumano, S. Noriyuki (2019) Killing two bugs with one stone: a perspective for targeting multiple pest species by incorporating reproductive interference into sterile insect technique. *Pest Manag. Sci.*, 75: 571-577. 査読あり。

(2) Kitano D., N. Fujii, Sujiono, S. Yamaue, T. Kitamura, A. Honma, M. Tsukada, T. Nishida, H. Sawada, K-I. Takakura (2018) Reproductive interference between two serious pests, oriental fruit flies *Bactrocera carambolae* and *B. dorsalis* (Diptera: Tephritidae), with very wide but partially overlapping host ranges. *Appl. Entomol. Zool.*, 53 (4): 525-533. 査読あり。

(3) 大石毅・本間淳・日室千尋・照屋清仁 (2018) 人工飼料に添加するサツマイモ粉末がイモゾウムシ (コウチュウ目: ゾウムシ科) の生産と虫質に及ぼす影響, 応動昆, 62 (2): 123-126. 査読あり。

(4) Honma A., F. Takashima, H. Yoshitake (2018) A new distributional record and the first host record of *Colobodes rotundicollis* Morimono (Coleoptera, Cuculionidae) from Kumejima Is., the Okinawa Is., Southwestern Japan. *Elytra*, 8 (1): 31-32. 査読なし。

(5) Himuro C., N. Kumano, A. Honma, Y. Ikegawa, T. Ohishi (2018) Appropriate number of inoculated eggs for mass-rearing the West Indian sweet potato weevil, *Euscepes postfasciatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 53 (1): 157-164. 査読あり。

(6) Tsurui-Sato K., N. Kumano, A. Honma, T. Matsuyama, D. Haraguchi, K. Teruya, T. Toyosato, H. Tatsuta (2018) Host plants influences female oviposition and larval performance in West Indian sweet potato weevils *Euscepes postfasciatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 53 (1): 107-115. 査読あり。

(7) Waldron S. J., J. A. Endler, J. K. Valkonen, A. Honma S. Dobler, J. Mappes (2017) Experimental evidence suggests that specular reflectance and glossy appearance help amplify warning signals. *Sci. Rep.*, 7 (1): 257. 査読あり。

(8) Himuro C., Y. Ikegawa, A. Honma (2017) Males use accessory gland substances to inhibit remating by females in West Indian sweetpotato weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 110 (4): 374-380. 査読あり。

(9) 藤井暢之・Sujiono・籠洋・日高直哉・高倉耕一・本間淳・塚田森生・沢田裕一・西田隆義 (2016) 検疫害虫ミバエ類の同属近縁種 *Bactrocera carambolae* と *B. papayae* の原産地インドネシア・ジャワ島における寄主利用の比較, 環動昆, 26 (4): 133-141. 査読あり。

〔学会発表〕(計 10 件)

(1) 本間 淳, 池川雄亮, 日室千尋 (2019) ライトトラップによるイモゾウムシ *Euscepes postfasciatus* の捕獲効率とその季節変動. 第 63 回日本応用動物昆虫学会, 2019 年 3 月 25~27 日, 筑波。

(2) 本間 淳, 池川雄亮, 日室千尋 (2019) ライトトラップによるイモゾウムシ *Euscepes postfasciatus* の捕獲効率とその季節変動. 第 66 回日本生態学会大会, 2019.3.15-19, 神戸。

(3) Oishi T., T. Matsuyama, C. Himuro, S. Ohno, Y. Sadoyama, M. Kinjo, A. Honma (2018) The eradication projects and preventative control of quarantine pests in Okinawa, Japan. International Symposium on Proactive Technologies for Enhancement of Integrated Pest Management on Key Crop, 2018.9.4-6, Taichung, Taiwan.

(4) Honma, A. (2018) Exploring cost-effective SIT: incorporation of reproductive interference from sterilized insects. 10th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance, 2018.4.23-27, Tapachula, Chiapas, Mexico.

(5) 本間 淳, 池川雄亮, 日室千尋, 松山隆志 (2018) 野生植物への寄生率を利用した害虫の根絶確認法の効率化. 第 62 回日本応用動物昆虫学会, 2018 年 3 月 25~27 日, 鹿児島。

(6) 本間 淳, 池川雄亮, 日室千尋, 松山隆志 (2018) 野生植物への寄生率を利用した害虫の根絶確認法の効率化. 第 65 回日本生態学会, 2018 年 3 月 14~18 日, 札幌。

(7) 本間 淳, 原口 大, 松山隆志 (2017) 侵入警戒トラップ誘殺データを用いてウリミバエ不妊虫放飼を適正管理する方法. 第 61 回日本応用動物昆虫学会, 2017 年 3 月 27~29 日, 東京。

(8) 本間 淳, 池川雄亮, 日室千尋 (2017) ヒルガオ科植物を加害するゾウムシ類 2 種の種間競争. 第 64 回日本生態学会, 2017 年 3 月 14~18 日, 東京。

(9) Honma, A. (2016) Suppression and eradication of invasive pest species using reproductive interference with congeneric sterilized species. XXV International Congress of Entomology, 2016.9.25-30, Orland, Florida, USA.

(10) Honma, A., D. Haraguchi & T. Matsuyama (2016) A new monitoring system for checking and

controlling adequate sterilized insect release. First Symposium of Tephritid Workers of Asia, Australia and Oceania (TAAO), 2016.8.15-18, Putrajaya, Malaysia.

〔図書〕(計 1 件)

(1) Honma A., Y. Ikegawa (2019) Exploring cost-effective SIT: Verification via simulation of an approach integrating reproductive interference with regular sterile insect release. In: D. Pérez-Staples, F. Díaz-Fleischer, P. Montoya and T. Vera (eds.), *Area-Wide Management of Fruit Fly Pests*, CRC Press, in press.

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号(8桁)：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：原口 大

ローマ字氏名：(HARAGUCHI, Dai)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。