

# 嗅覚・味覚・視覚受容を介した天敵昆虫の行動制御に関する研究

上原 拓也 (農研機構 生物機能利用部門)

tue@affrc.go.jp

害虫管理における天敵昆虫の導入は、低環境負荷の農業生産において極めて重要な技術である。一方で、天敵昆虫の利用は、作物への定着性や防除効果の不安定性に課題が残されている。有望な天敵昆虫におけるこれらの技術的課題を解決するため、これまでに天敵昆虫の行動に作用する化学物質の構造や、光の波長特性などの解明を進め、新たな行動制御技術開発に取り組んだ。また、ゲノム情報に基づいて、天敵昆虫の餌嗜好性を制御する育種技術開発を行ってきた。これらの技術は、天敵昆虫の利用性を向上させ、薬剤抵抗性を持つ微小害虫の防除をはじめとする環境負荷低減への貢献が期待される。

## はじめに

生物は、環境からの特定の刺激を手がかりにして、採餌、生殖、産卵、逃避など、様々な行動決定を行っている。したがって、特定の行動を誘発する感覚刺激を明らかにできれば、行動を制御できるはずである。演者は、昆虫の行動に作用する化学物質の構造決定や、光の波長特性などについてこれまで研究を進めてきた (図 1)。とくに、野菜の重要害虫であるアザミウマやコナジラミなどの天敵昆虫である捕食性カメムシ (ヒメハナカメムシ類、タバコカスミカメ) に着目し、嗅覚、味覚および視覚を利用した天敵の行動制御技術の開発に取り組んだ。

## 嗅覚受容を介した行動制御技術

移動・分散能力の高いヒメハナカメムシ類は作物上に定着させることが難しく、防除効果が安定しないことが課題となっている。そこで演者は、まず虫体から効率的に生理活性物質を探るため、触角電位応答に基づいて活性成分を探索するガスクロマトグラフ-触角電位図法 (GC-EAD) を確立した。GC-EAD によって、ヒメハナカメムシ類の付属腺から 2 種の活性成分を見出し、各成分の化学構造を (E)-2-octenal と (E)-2,7-octadienal として決定した。これらの成分は、組み合わせによって性フェロモンとして機能する場合と警報フェロモンとして機能する場合が

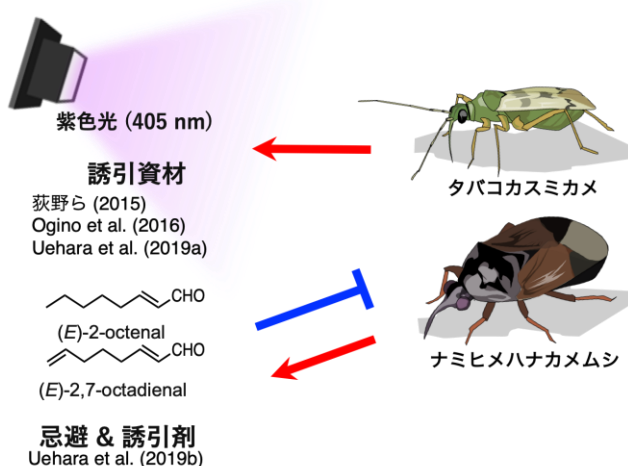


図 1. 嗅覚受容および視覚受容を介した天敵の行動制御技術

あり、相反する生理作用が発揮されることを発見した<sup>1)</sup>。また、これらの成分を誘引・忌避剤として利用することで土着のヒメハナカメムシ類の移動分散を効果的に制御できることを示した<sup>1,2)</sup>。

### 視覚受容を介した行動制御技術

移動・拡散に関する同様の問題を解決するため、視覚受容を介した行動制御技術開発を目指した。まず、土着天敵昆虫ナミヒメハナカメムシの誘引・定着行動を制御する視覚的因子を探るため、波長選好性試験を行った。その結果、ナミヒメハナカメムシが、他の害虫が受容しにくい 405 nm の紫色光に集まるという特殊な波長選好性を見出した<sup>3)</sup>。この波長を圃場で照射することで、土着天敵を効率的に作物上へ誘引・定着できると考えた。本波長に極大を持つ LED を搭載した照明装置をナス露地圃場に設置し、毎日夕方の 3 時間だけ点灯する試験を行った。すると、ナミヒメハナカメムシの頭数は慣行区に比べおよそ 10 倍に増加し、ナスの害虫であるアザミウマはおよそ半分に抑えられた<sup>4,5)</sup>。紫色光の特殊な波長選好性は、捕食寄生性天敵であるブランコヤドリバエでも確認されたほか<sup>6)</sup>、作物への誘引・定着効果は、施設トマト栽培で利用される天敵昆虫タバコカスミカメでも同様に確認された<sup>7)</sup>。本研究は、光照射のみで作物上の天敵を増加させ、害虫を防除するという「光防除」のアイデアを示した先駆的な取り組みであり、以降、国際的にもその効果が追認されている<sup>8,9)</sup>。

### 味覚受容を介した行動制御技術

現在は、環境からの感覚刺激だけでなく、それらの刺激を受容する受容体自体に着目し、タバコカスミカメを標的とした研究に取り組んでいる。本種は、動植物食性という特殊な食性を持つ天敵である。本種は、植物餌のみでも増殖できることから、餌となる害虫が低密度でも個体数を維持できる点が他の天敵昆虫に比べて優れている。一方で、高密度下では作物自体を加害することが懸念されている。演者は、この特殊な食性がおそらく、本種の化学感覚受容とそれによってもたらされる餌嗜好性に由来するものだろうと考えた。では、本種の植物への嗜好性をいかにして喪失/低下させるか。はじめに食性の遺伝的基盤を探るため、長鎖型・短鎖型次世代シークエンサーを用いてタバコカスミカメの染色体スケールゲノムを構築した。ゲノム情報をもとに、動植物食性、植物食性、吸血性など食性の異なるカメムシ目計 6 種の化学受容体遺伝子を比較した結果、とくに味覚受容体が餌嗜好性の適応に重要な役割を果たしていることが示された<sup>10)</sup>。次に、植物食性、動植物食性をもつ近縁種間で遺伝子発現解析を行い、複数の味覚受容体を植物嗜好性の原因候補遺伝子として特定した<sup>11)</sup>。現在、これらの遺伝子の植物・動物餌採餌行動への影響を調査中である。

### 今後の展望

天敵昆虫のような生物的防除資材は、環境負荷が小さいだけでなく、生産者の労力軽減にも貢献することが期待される。一方で、ときに効果が不安定で、必ずしも化学農薬をはじめとするその他の害虫防除資材のような、明瞭で応答性の高い効果を発揮するとは限らない。このことは、天敵昆虫も生物であるがゆえに、さまざまな環境変化に柔軟に対応できるシス

テムを備えている結果だといえる。演者は、これまで嗅覚・視覚受容に作用する感覚刺激、すなわち外環境の刺激を行動制御のための標的として研究を進めてきた。他方、味覚受容での取り組みでは、天敵昆虫自身が生体内に持つ感覚受容を標的とした。このような、生物のもつ柔軟なシステム自体に焦点を当てた研究アプローチが、生物的防除資材としての天敵昆虫の利用性を高めるための糸口になるだろう。将来的には、これらの研究をゲノミクスやゲノム編集技術と組み合わせることにより、天敵昆虫のゲノム育種という学問分野の創出に繋げたい。

## 謝辞

本章の受賞にあたっては、一般社団法人日本応用動物昆虫学会よりご推薦いただきました。日本典秀会長、世古智一理事をはじめ、関係者の皆様にご心より感謝申し上げます。筑波大学の本田洋教授、戒能洋一教授には、学生時代から継続した多くのご指導をいただき、深く御礼申し上げます。東京大学の霜田政美教授には、農研機構へ採用後から公私にわたり、ご指導・ご支援をいただき心より感謝をいたします。また、紫色光による天敵昆虫の行動制御の研究は、当時大学院生であった荻野拓海博士（アリスライフサイエンス株式会社）と共に研究を進めることで明らかにすることができました。最後に、ここには記述しきれませんが、国内外の共同研究者や研究を支えてくださったスタッフ、学生の皆様と家族に厚く御礼申し上げます。

## 引用文献 (\*は corresponding author, †は equal contribution を示す)

1. **Uehara, T.\***, Maeda, T., Shimoda, M., Fujiwara-Tsujii, N., Yasui, H. (2019b) Identification and characterization of the pheromones in the minute pirate bug *Orius sauteri* (Heteroptera: Anthocoridae). *Journal of Chemical Ecology*, 45: 811-817. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-019-01104-1>
2. **上原拓也**・霜田政美, ハナカメムシの忌避剤, 特願 2017-192467
3. 荻野拓海, **上原拓也**, 山口照美, 前田太郎, 野呂知加子, 霜田政美\* (2015) ナミヒメハナカメムシ *Orius sauteri* (Poppius) の波長選好性. *日本応用動物昆虫学会誌* 59: 10-13. DOI: <https://doi.org/10.1303/jjaez.2015.10>
4. Ogino, T.†, **Uehara, T.†**, Muraji, M., Yamaguchi, T., Ichihashi, T., Suzuki, T., Kainoh, Y., Shimoda, M.\* (2016) Violet LED light enhances the recruitment of a thrip predator in open fields. *Scientific Reports* doi:10.1038/srep32302. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep32302>
5. 霜田政美・**上原拓也**, 捕食性カメムシ類の誘引又は定着方法, 特願 2015-151523, 国際特許: PCT/JP2016/067326
6. Tokushima, Y., **Uehara, T.**, Yamaguchi, T., Arikawa, K., Kainoh, Y., Shimoda, M.\* (2016) Broadband photoreceptors are involved in violet light preference in the parasitoid fly *Exorista japonica*. *PLoS ONE* 11: e0160441. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160441>
7. **Uehara, T.†**, Ogino, T.†, Nakano, A., Tezuka, T., Yamaguchi, T., Kainoh, Y., Shimoda, M.\* (2019a) Violet light is the most effective wavelength for recruiting the predatory bug *Nesidiocoris tenuis*. *BioControl*, 64: 139-147. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-019-09926-4>
8. Park Yg, Lee JH (2021) UV-LED lights enhance the establishment and biological control

efficacy of *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae). PLOS ONE 16(1): e0245165. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245165>

9. Park, YG, Lee, JH, Lim, UT (2022) Use of UV-LED light to enhance establishment of *Nesidiocoris tenuis* for control of *Bemisia tabaci* infesting greenhouse tomato. *Biological Control*, 170, 104936.
10. Shibata, T., Shimoda, M., Kobayashi, T., Arai, H., Owashi, Y., **Uehara, T.\*** (2024) High-quality genome of the zoophytophagous stink bug, *Nesidiocoris tenuis*, informs their food habit adaptation, *G3*, 14, jkad289, <https://doi.org/10.1093/g3journal/jkad289>
11. **上原拓也**, 味覚を介した昆虫の行動制御法, 特願 2021-184531, 国際特許: PCT/JP2022/032214