

ミニ特集：ヒメボクトウの総合的な防除対策

ヒメボクトウの性フェロモンと交信かく乱

千葉大学大学院園芸学研究所 ^{なかむた} 中 牟 田 ^{きよし} 潔

はじめに

ヒメボクトウ *Cossus insularis* Staudinger はチョウ目ボクトウガ科に属するガである（口絵①参照）。従来ポプラやヤナギ等の林木を幼虫が加害する森林害虫とされていた。ところが、中西（2005）によって徳島県で日本ナシ（以下、ナシ）における被害が2005年に報告されて以来、ナシやリンゴにおける被害が急速に拡大・増加しつつある。新たな病害虫を発見した場合、および重要な病害虫の発消長に特異な現象が認められた場合に発表される特殊報が、ヒメボクトウに関して2008年に秋田県（ナシ）、2009年に福島県（ナシ、リンゴ）、2010年に宮城県（ナシ）、茨城県（ナシ）、千葉県（ナシ）、2011年に岩手県（リンゴ、ナシ）、2012年に栃木県（ナシ）と秋田県（リンゴ）、そして2014年には佐賀県（ナシ）で発表された。このほかに山形県（リンゴ）、長野県（ナシ、リンゴ）、三重県（ナシ）でも被害が報告されている。

じつは、本種によるリンゴへの被害は昔から存在したと思われる（中牟田ら、2007）。*Cossus* 属にはヒメボクトウのほかにボクトウガ *C. jezoensis* とオオボクトウ *C. cossus orientalis* の2種が日本に生息するが、その分類に混乱があったため（井上、1987）、過去の被害はボクトウガ、あるいはそのシノニムである *C. japonica* の被害として報告されていたと想定される。しかし、ナシの被害は2005年の徳島県での報告が初めてである。また、リンゴ、ナシにおいてヒメボクトウの被害が近年急増加した原因は不明である。

生態と発消長については、本誌上にすでに紹介しているので（中牟田ら、2010）、本稿では性フェロモンの同定、合成性フェロモンを用いた交信かく乱、2011年度から3年間実施した農林水産省農業・食品産業推進研究事業「リンゴ、ナシ産地を蝕む『ヒメボクトウ』に対する複合的交信かく乱防除技術の開発」の内容につい

て紹介する。

I 性フェロモン

ヤナギ被害樹から採集した幼虫を飼育して得られたヒメボクトウ雌成虫が放出する成分を固相微量抽出（SPME）法により捕集し、GC-EAG法で解析した結果二つの成分に雄成虫触角が強い電気生理応答を示した。その後GC-MSなどによる化学分析の結果、(E)-3-tetradecenyl acetate（以下“E体”と略す）とその幾何異性体である(Z)-3-tetradecenyl acetate（以下“Z体”と略す）の95:5混合物が性フェロモンである可能性が示された。そこでこの2成分を合成し、混合比100:0~0:100まで6段階の混合物に対する誘引試験を徳島県内のヒメボクトウが発生しているナシ園において実施した（図-1, CHEN et al, 2006）。E体単独100:0の誘引数もっとも多く、E体は雄の誘引に必須の成分と考えられる。一方、Z体は、これを添加した95:5~20:80の誘引数が若干低下し誘引阻害的に作用しているが、Z体単独0

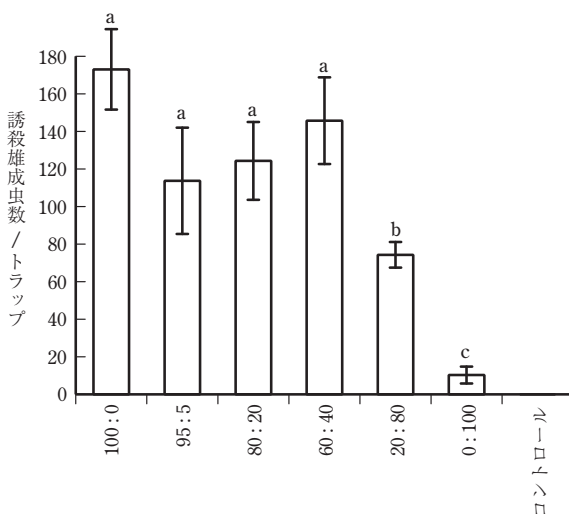


図-1 ヒメボクトウの性フェロモン成分である E3-14:OAc と Z3-14:OAc を異なる比率で混ぜ合わせたルアーの雄成虫に対する誘引性。異なるアルファベットを付した誘殺数間には Tukey-Kramer の HSD 検定により有意差があることを示している（CHEN et al, 2006 より描く）

Sex Pheromone and Mating Disruption of a Cossid Moth, *Cossus insularis*. By Kiyoshi NAKAMUTA

（キーワード：ヒメボクトウ、性フェロモン、交信かく乱、コッシンルア）

:100でも弱い誘引性が認められた。Z体の役割については現時点では不明である。

また、その後の研究によりナシ被害樹から採集したヒメボクトウ雌由来の性フェロモンは、E体とZ体が5:5~9:1の比で混じっていることがわかっている(佐藤・中牟田, 未発表)。

II 交信かく乱の試み

ヒメボクトウの合成性フェロモンが雄成虫に対し強い誘引性を示し、かつヒメボクトウのナシやリンゴへの被害拡大が懸念されたため、2004年から3年間徳島県内のナシ園において、合成性フェロモンを用いた交信かく乱を試みた。ディスペンサーにはE:Z = 83:17の合成品90mgを封入したポリエチレンチューブを用いたが、CHEN et al. (2006)によりE体とZ体の100:0~60:40混合物がナシ園においてヒメボクトウ雄成虫を強く誘引することが報告されているので(図-1), 83:17の組成比でも交信かく乱に用いる合成品として問題はないと考えた。ディスペンサーをナシ園に処理し、その効果をモニタリング・トラップへの雄成虫誘殺数とつなぎ雌を用いて評価した。慣行防除のナシ園においてはモニタリングのために設置した粘着トラップには、成虫の羽化期である6~8月の間に雄成虫が多数誘殺された。それに対し交信かく乱用のディスペンサーを設置したナシ園では雄成虫がほとんど、あるいはまったく誘殺されなかった(図-2)。

また、2004, 2005年は慣行防除を行っていたナシ園に2006年にかく乱剤を設置したところ、図-3に示すように2004, 2005年には多数の雄成虫が誘殺されていたの

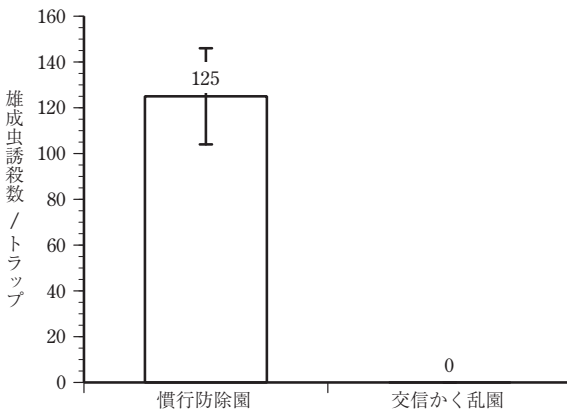


図-2 慣行防除ナシ園と合成性フェロモンによる交信かく乱を試みたナシ園におけるヒメボクトウ雄成虫のモニタリング・トラップ当たり誘殺数(NAKANISHI et al, 2013より描く)

に、交信かく乱を行った2006年には雄成虫がまったく誘殺されず、誘引阻害(トラップシャットダウン)が生じた。このことは前年まで高密度で成虫が発生したナシ園においても交信かく乱は十分可能であることを示している。

さらに、室内にてヒメボクトウ幼虫を飼育し、羽化してきた雌成虫の翅の根元を木綿糸でしばり、他の端を樹上に固定する「つなぎ雌」をナシ園に一晩設置し、その交尾率を受精後に雌成虫の腹部内に形成される貯精囊の有無を指標に調べた。その結果、慣行防除園では平均約45%のつなぎ雌が交尾したのに対し、交信かく乱園では設置したすべてのつなぎ雌が交尾していなかった(NAKANISHI et al, 2013)。交信かく乱によりつなぎ雌の交尾が完全に阻害されたことから、次世代の幼虫密度はかなり低減することが期待できる。

III リンゴ、ナシ産地における性フェロモンを用いた交信かく乱防除技術の開発

徳島県における上記の結果と、ヒメボクトウによるナシ、リンゴへの被害が東日本全体に拡大してきたため、「リンゴ、ナシ産地を蝕む『ヒメボクトウ』に対する複合的交信かく乱防除技術の開発」を実施し、リンゴ園、ナシ園、さらに小規模の果樹園における合成性フェロモンを用いた交信かく乱効果を解明するとともに、不明な点の多いヒメボクトウの生活史解明を試みた。

徳島県ではナシ園、山形県ではリンゴ園、そして福島県ではリンゴおよびナシの小規模園における交信かく乱による被害低減効果を試した。あわせて生態解明を千葉

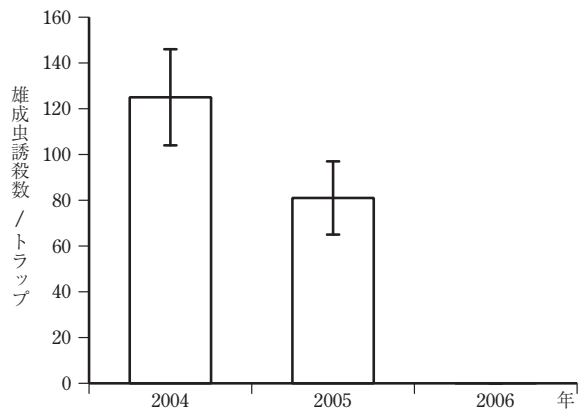


図-3 徳島県内ナシ園におけるヒメボクトウ雄成虫のモニタリング・トラップ当たり誘殺数. 2004, 2005年は慣行防除を行い、2006年は交信かく乱のためにフェロモン・ディスペンサーを設置した(NAKANISHI et al, 2013より描く)

大学、農研機構果樹研究所が、交信かく乱剤の最適化を信越化学工業株式会社が担当した。

まず、生態解明の一環で行った DNA 解析による加害種の特定について紹介する。ヒメボクトウ幼虫は樹体内を穿孔し、樹体表面には糞や木屑が混じったフラスを排出する（口絵②，③）。そのため被害がしばしばカミキリムシの被害と混同されてきた。被害がヒメボクトウ幼虫によることを特定するには樹体の解体調査が必要であるが、樹齢を経て果実が実る立ち木を解体して調査することは、農家にとって経済的打撃が大きく非常に困難である。そこで被害樹を解体することなく加害種を特定するために、フラス由来の DNA 解析によりヒメボクトウを特定できないか試みた。結論から記すとフラス由来の DNA で加害種がヒメボクトウであることを特定するには至らなかった。しかし、この研究の過程でヒメボクトウのミトコンドリア DNA のバーコード領域の塩基配列を決定し、分子同定が可能になった。これまでヒメボクトウの同定は成虫の形態にたよっていたが、幼虫期間が 2～3 年と長いので成虫が得られるまで時間を要し、同定に時間がかかった。しかし、幼虫の分子同定が可能となったことにより、被害の初期でも幼虫が得られれば同定がスムーズに行えるようになった。

交信かく乱効果は、モニタリング・トラップへの誘引阻害と雌成虫の交尾阻害を指標に解明した。モニタリング・トラップへの誘殺では、交信かく乱剤をヒトの目線（高さ 150～160 cm）に設置した場合に、高さ 1.5 m のみならず、高さ 3 m あるいは 5 m に設置したトラップへの誘殺も強く阻害された（星，未発表）。この結果はディスペンサーを目線の高さに設置した場合でも、樹高の高いリンゴ樹を十分カバーできるくらいに性フェロモンが揮散していることを示唆している。また、0.1 ha と小規模のリンゴ園、およびナシ園においてもモニタリング・トラップのシャットダウンが確認できたので、周囲にヒメボクトウが生息していない場合は小規模果樹園においても交信かく乱効果が期待できる（星，未発表）。

交尾阻害については、直径 19 cm の金網製のザルを二つ組合せた交尾カゴに未交尾の雌雄成虫のつがいをつまみ封じ込めるという交尾が非常に成立しやすくと想定される条件下でも、ディスペンサーの設置によって交尾率が半分以下に抑制された（高部，未発表）。さらに、ヒトの目線にディスペンサーを設置した場合に、高さ 1 m に設置したつなぎ雌のみでなく、高さ 3 m に設置したつなぎ雌も交尾がほぼ完全に阻害された（星，未発表）。これらの結果は、ヒメボクトウにおける交信かく乱は被害低減に対し非常に効果的であることを強く示唆してい

る。実際に被害低減効果も確認された（詳細は、本号の星，中西の記事を参考にいただきたい）ことから、信越化学工業株式会社が農薬登録の申請を行い、2015 年 3 月に登録が認められ、コッシンルア（商品名「ボクトウコン[®]-H」）が市販開始となった。なお、市販品はヒメボクトウの羽化期間全体にわたって合成性フェロモンの揮散量を保持するために、封入量やディスペンサーの形態等に改良が加えられている（口絵④）。

コッシンルア剤の使用にあたって 1 点だけ留意する必要がある。ヒメボクトウは卵から成虫の羽化まで 2 年あるいはそれ以上を要するといわれている（中牟田ら，2007）。実際に、生息地の温度・日長条件を再現した恒温器内で人工飼料を与えて幼虫を飼育したところ、羽化までに 2 年あるいは 3 年を要することが明らかになった（檜垣，未発表）。さらに、野外にてリンゴ樹にふ化幼虫を接種したところ、最初の成虫は接種後 2 年目に羽化し、樹体内にはまだ幼虫が残っていた（星，未発表）。したがって、交信かく乱による被害低減効果は処理翌年には期待できない。その効果が現れるのは処理 3 年目以降になるので、被害低減に至るまで毎年連続して処理することが肝要である。この点に留意して使用すれば、今後コッシンルア剤の普及によりヒメボクトウによるリンゴやナシの被害は減っていくことが期待できる。

おわりに

ヒメボクトウの被害低減のために交信かく乱剤が市販に至ったが、上述したように交信かく乱剤は効果が得られるまでに時間がかかる。樹体内に穿孔する前の幼虫に対する殺虫剤、樹体内に生息する幼虫に対する昆虫寄生性線虫剤がヒメボクトウに対して農薬登録されており、これらの防除対策との併用により高い防除効果を期待したい。具体例は本号の星，中西の記事を参照されたい。

また、今後コッシンルア剤の普及が進むと、交信かく乱剤設置の省力化のために、リンゴ園やナシ園で従来使用されてきた他の害虫を対象とした交信かく乱剤にヒメボクトウかく乱剤を混合した複数種を対象としたかく乱剤の開発が必要となることが想定されるが、いずれ可能となろう。

引用文献

- 1) CHEN, X. et al (2006): J. Chem. Ecol. 32: 669～679.
- 2) 井上 寛 (1987): 誘蛾燈 108: 37～46.
- 3) NAKANISHI, T. et al (2013): J. Asia-Pacific Entomol. 16: 251～255.
- 4) 中牟田 潔ら (2007): 森林防疫 56: 5～9.
- 5) ————ら (2010): 植物防疫 64: 779～781.
- 6) 中西友章 (2005): 応動昆 49: 23～26.