鱗翅目昆虫性フェロモンの実用化 その現状†

若 村 定 男

(農林水産省蚕糸・昆虫農業技術研究所)

最近新聞紙面ににぎわしているゴルフ場の農業問題にみられるように農業一般に対する不安感が高まっている。農業生産性の安定と向上に殺虫剤などの“農薬”が果たしている役割はきわめて大きい。しかし、残留毒性や抵抗性の出現、環境生物に与える悪影響など“農薬”の否定的側面は決して小さいものではない。殺虫剤のマイナス面を補い、あるいは殺虫剤に代わる防除手法として性フェロモンなどの行動制御物質を利用した防除法の開発が望まれてきた。

日本において害虫防除への利用を展望した性フェロモン研究が本格的に始められて約 20 年が経過した。性フェロモンの化学的研究手法はこの間に飛躍的な進歩を遂げ、実用化場面でも一部の害虫で有力な防除手段になってきている。日本に分布する害虫で性フェロモンが解明された種はすでに 40 種以上に達し、ここ数年の間に性フェロモンを利用した防除法が徐々にではあるが着実に実用化されてきた。日本における鱗翅目害虫の性フェロモン利用の現状を紹介する。

1. 発生予察

性フェロモンを誘引源とするトラップ(わな)は、種特異的に誘引性に優れ取扱容易という利点があり、害虫の発生調査に適している。性フェロモンの発生予察用製剤は 11 種が市販され、病虫害発生予察事業の要項にも取り入れられて全国的に広く発生調査に利用されている(表 1)。

性フェロモントラップの捕獲数は基本的に成虫密度を反映しているはずであるが、①トラップの構造、②昆虫の行動特性、③設置場所周辺の環境、④気象条件などによる影響を受ける。いろいろな型のトラップが考察されて

いるが、ヤガ類のような大形昆虫には水盤型や生捕型、ハマキ類のような小形の昆虫には粘着型が使われることが多い⁽¹⁾。成虫の行動範囲は野外密度や気象条件による影響を受ける。ハスモンヨトウは低温低密度時の 5 月に最も分散距離が大きく、高温高密度時の 8 月には小さい。ハスモンヨトウは風通しのよい場所であれば、周囲の植生の影響が少ないが、チャノコカクモンハマキは茶樹から離れると捕獲数が激減する。低温や高温時、無風時や極端な強風時には一般的に少ない。ただし、ハスモンヨトウは台風による強風時に捕獲数が多い。

発生時期の予測については捕獲数の変動から有効積算温度を用いてふ化幼虫の出現時期が精度良く予測されている⁽²⁾。発生量の予測ができると“総合的害虫管理(IPM)”の実現に貢献するところ大であるが、発生予測モデルの開発は遅れている。捕獲数と野外の絶対密度との関係を解明し、対象害虫の野外個体群の生命表や個体群動態モデルや被害量予測モデルに組み込む必要がある⁽²⁾。

なお、発生予察用製剤は農薬登録が不用になったので、今後市販される種は増加すると見込まれる。

2. 大量捕獲法

強力な誘引性を持つトラップで大多数の雄を誘殺しようとするものである。雄除去法とも呼ばれるこの方法は、1969 年北米の果樹害虫 *Argyrotaenia velutinana* で被害軽減に成功して注目されたが、鱗翅目害虫では一般的に防除効果が不満足なことが多い。このグループの害虫種は一般に羽化後間もなく交尾可能になり、しかも雄は複数の雌と交尾するので、少なくとも 95% 以上の雄を誘殺しなければ満足な防除効果が得られない。ところが、捕獲率が高いとされているハスモンヨトウの場合でも捕獲率はたかだか 40% 程度である。雌の交尾率を下げることは容易でない。日本では、ハスモンヨトウとオキナワカンジャクシコメツキの 2 種の大量捕獲用製剤が市販されている(表 2)。

† Use of Lepidopterous Sex Pheromone for Pest Control in Japan.

Sadao WAKAMURA (National Institute of Sericultural and Entomological Science, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tsukuba 305)

表 1 現在市販中の発生予察用性フェロモン剤

種 名	成分 ([] 内は混合比)
チャノコカクモンハマキ	Z9-14: Ac[63], Z11-14: Ac[31], E11-14: Ac[4], 10Me-12: Ac[2]
チャハマキ	Z11-14: Ac[30], Z9-14: Ac[3], 11-12: Ac[1]
リンゴコカクモンハマキ	Z9-14: Ac[8], Z11-14: Ac[2]
リンゴモンハマキ	Z11-14: Ac[3], E11-14: Ac[7]
モモンクイガ	(Z)-13-eicosan-9-one[20], (Z)-12-nonadecen-8-one[1]
コスカシバ	Z3Z13-18: Ac[1], Z3E13-18: Ac[1]
ナシヒメシンクイ	Z8-12: Ac[100], E8-12: Ac[7], Z8-12: OH[30]
ハスモンヨトウ	Z9E11-14: Ac[20], Z9E12-14: Ac[1]
コナガ	Z11-16: Al[45], Z11-16: Ac[45], Z11-16: OH[10]
ネギコガ	Z11-16: Al[45], Z11-16: Ac[45], Z11-16: OH[10]
チャマダラメイガ	Z9E12-14: Ac
マメコガネ	(Z)-5-(1-decenyl)dihydro-2(3H)-furanone
タバコシバンムシ	(4S, 6S, 7S)-4, 6-dimethyl-7-hydroxynonan-3-one

表 2 現在市販中の直接防除用性フェロモン剤

種 名	成分 ([] 内は混合比)	使用法	剤 型
チャノコカクモンハマキ チャハマキ	Z11-14: Ac (両種の同時交信攪乱剤)	交信攪乱	{ プラスチックチューブ プラスチック積層テープ
モモンクイガ		交信攪乱	プラスチックチューブ
ハスモンヨトウ	(Z)-13-eicosan-9-one Z9E11-14: Ac[20], Z9E12-14: Ac[1]	大量捕獲	ゴムキャップとトラップ
コナガ	Z11-16: Ac[1], Z11-16: Al[1]	交信攪乱	プラスチックチューブ
コスカシバ	Z3Z13-18: Ac[1], Z3E13-18: Ac[1]	交信攪乱	プラスチックチューブ
シロイチモジヨトウ	Z9E12-14: Ac[7], Z9-14: OH[3]	交信攪乱	プラスチックチューブ
オキナワカンジャクシコメツキ	12: Ac	大量捕獲	プラスチックチューブ

砂糖キビの鞘翅目害虫カンジャクシコメツキでは雄の大量捕獲法により野外密度が着実に減少している⁽⁸⁾、雌の性的誘引力が高まる約 20 日前に雄の反応性が高まること、合成フェロモン剤が処女雌の 50~200 倍の誘引力があることが大量捕獲法が有利な理由と考えられている⁽⁸⁾。また、ミカンコミバエでは雄だけを誘引する性誘引剤メチルオイゲノールを用いた雄除去法で根絶に成功している。このハエは羽化後交尾までの日数が長くこの間にメチルオイゲノールに誘引されるので、交尾前に大多数の雄が誘殺されてしまう。

交尾前に雄成虫を効果的に誘殺できない種では大量捕獲法による防除は難しいであろう。

3. 交信攪乱法

合成性フェロモンを害虫の生息域全体に揮散させ、雄の探索行動に影響を与えて交尾を阻害する方法である。鱗翅目害虫の性フェロモンによる防除は主にこの方法の実用化が進んでいる。交信攪乱法の実用化をめぐる諸問題については小川による総説⁽⁴⁾に詳しい。日本ではチャノコカクモンハマキとチャハマキの同時交信攪乱剤を始め 8 種の害虫に対して 7 種の交信攪乱剤が農業登録され

て市販されている (表 2)。

交信攪乱法は合成性フェロモンの製剤の開発によってフィールド実験による防除効果の実証試験が可能になったといっても過言ではない。北米でおもに空中散布用として開発されたマイクロカプセルや中空マイクロファイバー製剤は寿命は 10 日~1 カ月程度である。日本で最もよく使われている信越化学製のプラスチックチューブ製剤の寿命は 2~12 カ月に達する。一般に重要害虫の成虫発生は連続的で長期間にわたる。ところが、空中散布用製剤は、寿命が短くしかも大半が地面に落下してフェロモン源としては無効になるという。チューブ製剤は、長期間にわたり合成フェロモンを安定的に揮散させることができる。チューブ製剤は 1 本ずつ手作業で取り付けなければならない。処理に手数がかかるので、最近にはロープ状の製剤やテープ状の製剤もつくられている。

交信攪乱法の効果に影響が大きい要因としては、①処理面積、②地形、気象、③空中濃度、④成虫の侵入などが考えられ、それらは相互に関連している。一般に処理面積が広いほど高く安定した害虫発生密度の抑制効果が得られる。面積が広いと空中のフェロモンは風上から

表 3 性フェロモンと殺虫剤の特徴

項 目	フェロモン	殺 虫 剤
毒性	人畜魚毒性なし	一般に毒性がある
天敵への影響	天敵の活用は可能	2次害虫誘発の恐れあり
環境汚染	分解して天然物に	環境生物への影響大きい
抵抗性	まだ認められない	一般に抵抗性害虫発現
処理回数	年1～2回で十分	適期に数回必要
害虫密度	高密度で効果不足	密度の影響少ない
施用面積	集団防除が望ましい	小面積でも有効
施用時期	被害発生直前では遅い	直前の散布でも有効
天候	風速の影響大	雨天には施用できない
選択性	特定害虫にだけ有効	多種害虫を同時防除

小川⁽⁴⁾より一部改変してつくる。

の累積効果によって高濃度でむらなく安定し、さらに周囲の無処理圃場からの飛び込み虫の影響が少なくなるためと考えられている。その他、交信攪乱法は気象や地形などの環境条件による影響を受ける。風が強い場所や急斜面では空中のフェロモンが流されて、空中濃度が不足するとされている。空中濃度を維持できない条件で十分な防除効果は期待できない。個々の害虫について具体的な処理条件と交信攪乱効果との関係については報文や総説をご覧ください：チャノコカクモンハマキ・チャハマキ⁽⁵⁾、モモンクイガ⁽⁶⁾、コナガ⁽⁷⁾、コスカシバ⁽⁸⁾、シロイチモジヨトウ^(9,10)。

交信攪乱剤が市販されている害虫は、殺虫剤抵抗性害虫、土壌害虫または穿孔性害虫で、すべて殺虫剤散布による防除が困難な種である。とくに野菜や花き類の害虫であるコナガやシロイチモジヨトウでは顕著な殺虫剤抵抗性が皮肉にも性フェロモンを用いた防除効果の評価実験を可能にしたといえる。1983年ごろから発生が問題になりはじめたシロイチモジヨトウの場合、殺虫剤の通常の散布液に虫体を浸漬処理してもほとんど死なないほど強い抵抗性を示す。本場の防除に交信攪乱法が有力であることは155haの現地圃場を対象とした野外実験で示された⁽⁹⁾。殺虫剤で容易に防除できる害虫の場合、このように広い面積を対象とした現地実験はばく大な作物補償金のため実行不可能である。

施設栽培では交信攪乱法の効果は不十分なことが多い。小面積処理であるためにフェロモン濃度がむらになりやすいこと、閉鎖空間であるため成虫が集まって交尾できる場所があるらしいことが原因と想像されている。他の防除手段と組み合わせると顕著な防除効果が得られることがある。シロイチモジヨトウの場合、側面を防虫

網としたビニールハウスでは交信攪乱法による交尾阻害効果は不十分であったが、ライトトラップを設置すると雌の交尾率をほぼゼロに抑え、幼虫の発生密度の著しい抑制が可能になったことがわかった。性フェロモンによる交信攪乱効果とライトトラップによる雄成虫の大量誘殺効果と既交尾雌の捕殺効果、さらに側面の防虫網による成虫の飛び込み防止効果が相補った結果と考えられる⁽¹⁰⁾。

4. 性フェロモン利用の将来と問題点

性フェロモンによる防除は、処理面積が日本の平均的な圃場面積をはるかに超えることが多いため、複数の農家や地域単位で処理を行う必要がある。また、大量捕獲法は実際の防除効果が不十分な場合でも、多数の虫が捕獲されるので、“こんなに捕れるのだから効かないはずがない”と過大評価されがちなのに対し、交信攪乱法は虫が捕れるわけでもないし、加害期の幼虫が死ぬわけでもないで、顕著な密度抑制効果があっても“ほんまに効いてるんかいな”と過小評価されがちである。農業者のフェロモンに対する理解と相互の協力が必要である。

性フェロモンによる防除は必ずしも加害期ではない成虫期の生殖行動を制御して次世代の個体群密度を低下させることを目的とする。したがって、加害期に散布すればたちどころに虫が死ぬという殺虫剤とは根本的に異なる(表3)。フェロモンの対象害虫は1～2種であるが、防除を必要とする害虫は通常もっと多いし、性フェロモンの効果が決定的でない場合もある。そのような場合には殺虫剤を含む他の防除手段に頼らなければならない。冒頭に述べたように欠点が多い殺虫剤を有効に利用するためにこそ、性フェロモントラップなどを用いた発生予察システムによって適期に最小量の殺虫剤散布で済ませる工夫が必要であるし、これは現在の技術で十分可能で

ある。作物品種の選定や栽培法の改良、天敵利用やフェロモン利用によって害虫発生密度を低く抑える努力がもっと真剣になされるべきである。

- (1) 若村定男：植物防疫，**31**，269 (1977)。
- (2) 田中福三郎：植物防疫，**44**，233 (1990)。
- (3) 長嶺将昭，金城美恵子，杉江 元，玉木佳男：シンポジウムフェロモン利用による害虫防除講演要旨，フェロモン開発研究企業グループ，1988，p.51。
- (4) 小川欽也：化学と生物，**28**，295 (1990)。

- (5) 大森同誠：植物防疫，**42**，535 (1988)。
- (6) 奥 俊夫，若公正義，大平喜夫：果樹試報，**C**，No. **16**，63 (1989)。
- (7) 大林延夫，清水喜一，岩田直記，永田健二：植物防疫，**43**，325 (1989)。
- (8) 青野信男，夏見兼生，湯川良夫：植物防疫，**43**，329 (1989)。
- (9) S. Wakamura, M. Takai, S. Kozai, H. Inoue, I. Yamashita, S. Kawahara and M. Kawamura: *Appl. Entomol. Zool.*, **24**, 387 (1989)。
- (10) 高井幹夫，若村定男：応動昆，**34**，115 (1990)。