

果樹カメムシ類の発生予察への集合フェロモンの利用

農林水産省果樹試験場 **あ 足 立** **いしづえ 礎**

はじめに

果樹の果実を吸汁加害するカメムシ類を、果樹カメムシ類と総称する。1973年に全国的規模で大発生して以来、不規則な周期で多発生が繰り返され、果樹の重要害虫として注目されるようになった。果樹カメムシ類として30種以上が記録されているが、全国的な発生動向からはチャバネアオカメムシ、クサギカメムシ、ツヤアオカメムシが重要である。1996年の大発生時に行われた実態調査（農林水産省果樹試験場，1997）によると、東北地方と北陸地方の一部でクサギカメムシ、四国や九州の一部でツヤアオカメムシ、その他のほとんどの地域でチャバネアオカメムシが最優占種（総誘殺数の半数以上を占める種）であった（表-1）。

これらは果樹園外の針葉樹林などで増殖し、果樹園に飛来して果実を加害する典型的な飛来性害虫であるため、飛来時期や量の的確な予測が防除対策の重要な第一歩となる。チャバネアオカメムシでは近年、集合フェロモンが構造決定され（SUGIE et al., 1996）、人工的な合成も可能となったことから、集合フェロモンを利用した発生予察法や防除技術の開発が進められている。農林水産

表-1 各県における果樹カメムシ類の最優先種(1996)

最優先種 ^{a)}	県 名
チャバネアオカメムシ	栃木 群馬 埼玉 千葉 神奈川
	山梨 長野 静岡 富山 石川
	岐阜 三重 滋賀 京都 大阪 兵庫
	奈良 和歌山 鳥取 島根 岡山
	広島 山口 愛媛 高知 福岡
	佐賀 長崎 熊本 大分 鹿児島
	岩手 山形 福島 新潟
	徳島 宮崎
チャバネアオカメムシとクサギカメムシ	宮城 茨城
チャバネアオカメムシとツヤアオカメムシ	香川

^{a)}：総誘殺数の半数以上を占める種。

Utilization of an Aggregation Pheromone for Forecasting Population Trends of the Stink Bugs Injuring Tree Fruits.
By Ishizue ADACHI

(キーワード：発生予察, カメムシ類, 集合フェロモン)

省においても、多角的防除技術の確立事業「集合フェロモンによる果樹カメムシ類の発生予察方法の改善」を本年度（1998）より実施し、基礎的データの収集とそれに基づく実用化・導入を推進している。そこでここでは、チャバネアオカメムシを中心に、集合フェロモンによる発生予察技術の開発に際して考慮すべき課題を挙げ、検討に供したい。

I 集合フェロモン

フェロモンとは、ある生物の体内で生産され、体外へ分泌・放出されると同種他個体に特有の行動や生理的反応を起こす化学物質のことである。その作用性により、性フェロモン、集合フェロモン、警報フェロモン、道しるべフェロモン、なわばりフェロモン、egg marking pheromoneなどに分類される。性フェロモンは同種の異性に配偶行動を誘起させる化学物質であり、300種を超える蛾類の雌や他の多くの昆虫でその成分が同定されている（田付，1996）。農業害虫では30種以上を対象に発生予察用の性フェロモン誘引剤が市販され、また10数種を対象に交信かく乱による防除用資材として実用化されている。これに対し、集合フェロモンは同種の雌雄成虫や幼虫を誘引する。チャバネアオカメムシやミナミアオカメムシ、ホソヘリカメムシなどのカメムシ類をはじめ、キクイムシ類、貯穀害虫、ゴキブリ、ショウジョウバエなどで成分が同定されている。しかし、農園芸作物害虫に限れば集合フェロモンが明らかになった種は極めて少なく、害虫管理を目的とした利用への取り組みも始まったばかりである。

ところで、チャバネアオカメムシの成虫間に誘引性が存在することは昭和50年代から指摘されており、そこに集合フェロモンのような生理活性物質が介することもある程度予測されていた。成虫間の誘引性については、雄成虫を誘引源とするトラップが考案され、雄成虫が雌雄両個体を誘引することが実証された（MORIYA and SHIGA, 1984；守屋，1995）。この一連の観察では、さら

- ・雌成虫や死亡した雄成虫は他個体を誘引しない
- ・他個体を誘引する雄成虫は脂肪体が発達し、栄養状態がよい
- ・誘引される個体は栄養蓄積が劣り、性的に未熟である

- ・誘引される成虫の性比は雌の割合が高い
- ・誘引飛来の時刻には日周性が認められ、日没の薄暮期が最も多い
- ・天敵類も誘引される

などである。ここで、誘引する雄成虫と誘引される雌雄成虫間で栄養状態に差があることは注目すべきであろう。栄養蓄積の良い個体が誘引されにくいとすれば、集合フェロモントラップを用いて誘殺を図るときに個体群の栄養状態により捕れ方が違ってくる可能性があるからである。この点は実験的に確かめる必要がある。なお、志賀・守屋 (1989) は栄養蓄積の差異をもとに、餌を発見した雄成虫が栄養を蓄積して誘引性を発揮すると、栄養状態の劣る未熟な成虫が反応して餌にたどり着くことができると考え、チャバネアオカメムシの集合性は、個体群において餌資源を有効に探索し利用するシステムとして機能していると推察した。

一方、チャバネアオカメムシの集合性に関与する生理活性物質の検出にも努力が払われた。18万頭の雄成虫を用いた分析の結果、集合フェロモンの成分として Methyl (E, E, Z)-2, 4, 6-decatrienoate (デカトリエン酸メチル) が同定された (SUGIE et al., 1996)。これはミナミアオカメムシの集合フェロモンとまったく異なっていたが、*Euschistus* 属のカメムシと似た構造であった。

他の主要な果樹カメムシであるツヤアオカメムシにおいても、雄成虫が誘引活性を持つことが知られており、単離に向けた取り組みが現在行われている。ツヤアオカメムシの成虫はチャバネアオカメムシの合成集合フェロモンに誘引され、逆にツヤアオカメムシの雄成虫から捕集した気体の粗抽出物にチャバネアオカメムシが誘引されることから、これら両種の集合フェロモンは似た構造を持つものと想像されている。またクサギカメムシに集合フェロモンはないとされているものの、チャバネアオカメムシの集合フェロモンに集まることから、集合性は認められる。ただし、クサギカメムシの雌雄成虫が放出する物質には、チャバネアオカメムシ集合フェロモンの類縁体は含まれていない (杉江, 私信)。

II 発生予察への利用目的

果樹カメムシ類の野外個体群をモニタリングする方法として、従来から光を誘引源とする予察灯が用いられてきた。しかし、例えば主要な発生場所である針葉樹林での発生動向を知ろうとしても、予察灯の新設にはコストがかかり、また電源の確保を必要とするなどの制限があり、収集できる情報を拡大するのは一般に容易ではない。これに対し集合フェロモンを誘引源とするトラップ

では、誘引性が高いこと、種特異性が高いため捕獲個体を分類する手間が省けること、取り扱いが簡便であることなどから、よりきめの細かい情報を簡易に得ることができると期待されている。

野外個体群をモニタリングする目的は単一ではない。中村・玉木 (1983) は、性フェロモントラップの目的として、①害虫の検出、②発生消長調査、③発生時期の予察、④発生数の予察、を挙げている。集合フェロモントラップでも目的は同様であるが、チャバネアオカメムシでは越冬場所からの離脱や針葉樹林での繁殖による「発生」と、果樹園への「飛来」という二つの局面で、消長・時期・量を予察する必要がある。また予察の目的が異なれば、フェロモントラップに求められる条件もいくぶん変わる。

果樹カメムシ類の検出に関しては、ある時期の生息地や越冬場所といった分布域の調査が挙げられる。この場合にはそこに存在するかどうかが問題であり、フェロモントラップの誘引性の強さが重要となる。発生・飛来消長の調査では、捕獲数を経時的に比較して動向を見るため、トラップの誘殺効率が必ずしも高い必要はなく、一定の誘殺効率であることがむしろ重要である。発生・飛来時期の予察は消長調査とも関連するが、発生・飛来盛期、産卵期、次世代発生期などを前もって予測し、防除適期を把握しようとするものである。この場合も誘殺効率の高さは必ずしも要求されない。一方、発生・飛来量の予察は野外個体群の密度を推定し、防除が必要かどうかの判断基準とするものである。この場合、より信頼度の高い密度推定をするためには、より高い誘殺効率が必要である。このように、集合フェロモントラップの誘殺効率をそのつどチェックして誘殺数を補正できない以上、安定した誘殺効率であることがまず重要であり、そのうえで高水準の誘殺効率であることが望まれる。

III トラップ利用の課題

トラップの有効性は、野外個体群の実際の密度や密度変動をどの程度の精度で検出するかにより判断される。もちろん、前述のように、トラップを利用する目的によっては誘殺効率を厳密に求めなくてもその安定性が確保されていれば、実用上問題ないことも多い。しかし、その場合でさえ、捕獲効率の安定性をあらかじめ定量的に保証しておくことが不可欠であり、そのことから誘殺効率の水準と安定性にかかわる要因を検証しておく必要がある。

1 誘殺効率の評価

誘殺効率がどの程度の水準であるかは野外個体群の密

度との比較で求められるものであるが、野外密度を把握することは困難であるため、従来より予察灯による誘殺数がそれに代わる尺度として用いられてきた。経験的にも予察灯による消長は実際の発生活消長をよく表していると考えられてきた。しかし、予察灯誘殺数と実際の密度との関係が直接証明されていない以上、この誘殺数を誘殺効率の推定に用いるには無理がある。標識再捕法などの手法により、困難な作業ではあるが野外密度とトラップの誘殺効率を直接関連づけることが、今後必要になるであろう。

また、予察灯と雄成虫（集合フェロモン）トラップの間で、季節的な誘殺消長にしばしば食い違いの見られることが知られている。チャバネアオカメムシの生活史を見ると、越冬世代成虫が6月ごろから産卵を始め、7月下旬以降新成虫に世代交代するのが一般的である。この7月末を境とする前後に予察灯の誘殺ピークが出現するか否かにより、前期型、後期型、双峰型、無峰型の発生活消長に分類される（宮原ら、1977）。雄成虫トラップによる誘殺消長は地域や年によりパターンの違いはあるもののこれと対応しないことが多い。図-1につくばの一例を示した。予察灯と雄成虫トラップのどちらが、実際の個体群動態をより忠実に示しているのだろうか。結局は野外個体群の密度を知ることが必要となる。

2 誘殺効率の安定性

チャバネアオカメムシの合成集合フェロモンの成分は、ロープタイプの担体に封入されている。担体に必要な物理化学的性質については他書（例えば、中村・玉木、1983）を参照してほしいが、一般に、最適な蒸散量を一定期間安定して放散し、紫外線などによる成分の分解を防ぐことが求められる。これが誘殺効率の安定に寄与する最大の条件である。チャバネアオカメムシでは、最大の誘引性を示す最適な蒸散速度が現在検討されている。また、蒸散速度は温度に影響されるので、春や秋の

低温期と夏の高温度に同等の蒸散速度を実現する方策や、誘引数がピークを迎える時刻で最適な蒸散速度を実現する方策も考慮される必要がある。さらに、一定の蒸散速度が維持される有効期間についても検定が必要である。

誘引源の性状のほかに、野外の成虫密度も誘殺効率に影響する（中村、1996）。集合フェロモントラップを配置することはいわば人工の雄成虫を加えていることであり、野外に生息する雄成虫と競合が起こる。したがって、誘殺効率は野外の雄成虫密度と逆依存的に減少すると考えられる。この関係は実験的に定式化されるかもしれない。また、前述したように成虫の栄養蓄積の度合いによって誘殺効率が影響される可能性がある。誘殺個体を解剖調査することにより、この点は検証できると思われる。

3 誘殺効率の向上

同じ誘引源を用いても、使用法により誘殺数は大きく異なる。誘殺効率を高めるための方法について検討しておく必要がある。

(1) フェロモントラップの形状

フェロモントラップは誘引剤とトラップ本体からなり、本体は誘引した個体を捕獲し保持する。トラップの構造は誘殺効率に大きな影響を及ぼすため、対象害虫ごとに様々な形状のものが工夫されてきた。フェロモントラップは捕獲する方法により粘着型、捕獲型、水盤型に大別される（望月、1992）。粘着型は粘着版の表面に飛来昆虫を付けて捕獲するもので、武田式粘着トラップ、SEトラップ、ウイングトラップ、ニトルアートラップ（シバツトガ用）などがある。捕獲型は侵入口がロート状や返し付いた状態になっており、侵入した昆虫が脱出できない構造となっている。ファネルトラップ、フェロディンSL用トラップ、ニトルアートラップ（ヒメコガネ用、コガネムシ用）などがある。水盤型は水盤に張った水に落下した個体を捕獲するもので、コガネコール用誘引器や大型バットトラップがある。水に少量の中性洗剤を添加して昆虫の脱出を防いだり、塩化ベンザルコニウム液を0.1%の濃度で加えて捕獲個体の腐敗を防止する。

チャバネアオカメムシでも、上述の既存のトラップの誘殺効果が比較検討されており、水盤型が最善のようである。ただし、既存の形状と異なる新しいタイプのトラップが開発される余地はあるだろう。特に、チャバネアオカメムシでは誘引飛翔しても誘引源の周辺に着地する個体が少なからずいる（守屋、1995；大平、1997）。性フェロモンが配偶相手という「点」への定位を必要とす

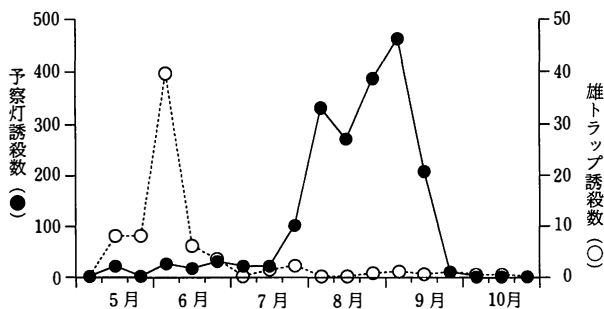


図-1 予察灯と雄成虫トラップによる誘殺消長
(つくば、1997)

るのに対し、集合フェロモンではそれほど厳密な定位は必要ないためと考えられている。この周辺に着地する個体を減少させることは誘殺効率の向上に直接つながるため、飛翔行動や着地にかかわる条件を詳しく解析することは有益であろう。

(2) フェロモン源の高さ

フェロモンは一般にかなり重い分子であり、拡散も激しくないため、風下へ長いブルーム（フェロモンが存在する空間）を作る。ブルームの広がりや水平方向の風、地面から発生する鉛直方向の乱流、土壌面や葉面へのフェロモン分子の吸着などに影響を受ける（内嶋, 1993）。特にフェロモン源を地面に置くと、地表面の植物によりフェロモンの拡散が妨げられるなど、設置の高さがブルームの広がりに影響する。性フェロモンを用いたリングモンハマキの場合では、フェロモン源の高さが1m違うだけで捕獲数が数倍異なった（佐藤ら, 1987）。チャバネアオカメムシでもフェロモン源の高さが現在検討されている。この場合、周辺に低木があるか高木があるかにより最適な高さは異なると考えられるので、周辺植生との関連にも注意が必要であろう。

(3) 設置場所の周囲の環境

フェロモントラップの設置場所の周辺に障害物がある場合、フェロモンの拡散が妨げられたり、成虫の定位が妨害され障害物に取り付く個体が多くなるなどの影響が考えられる。一般には、開けた場所に設置することが誘殺効率の向上につながるが、周辺植生との関連も考慮する必要がある。

(4) 有効範囲の推定

フェロモンの有効範囲（active space）は、感知した成虫の風上飛翔が誘起される範囲と定義される（中村, 1996）。有効範囲がわかれば、単一のフェロモントラップによりカバーできるおおよその範囲を把握したり、複

数のフェロモントラップを互いが競合しない位置に配置することができるなど、実用上の有用な基準となる。フェロモン源から異なる距離で標識個体を放逐したり、行動を追跡することにより推定は可能であろう。

おわりに

フェロモンを農業害虫の防除に活用しようとする試みは、コカクモンハマキの性フェロモンが構造決定された1971年に始まるとされる。その後、発生予察、大量誘殺および交信かく乱へと利用拡大が図られ、実用化されてきた。このうち発生予察では、一部の害虫種に対し、性フェロモントラップの利用法が詳細にマニュアル化されている。これは集合フェロモンを用いた、果樹カメムシ類の発生予察法の開発にも多くの示唆を与えるものである。ここではそれを参考にして検討すべき課題をいくつか考察してみた。こうした課題を解明し、集合フェロモン利用技術の確立を図るには、全国的規模で取り組みが行われている現在が好機であり、多くの成果が上げられることを期待したい。

引用文献

- 1) 宮原 実ら (1977): 九州農業研究 39: 80.
- 2) 望月文昭 (1992): 植物防疫 46: 17~23.
- 3) MORIYA, S. and M. SHIGA, (1984): Appl. Entomol. Zool. 22: 19~24.
- 4) 守屋成一 (1995): 沖縄農試特報 5, 135 pp.
- 5) 中村和雄 (1996): 植物防疫 50: 129~131.
- 6) ———・玉木佳男 (1983): 性フェロモンと害虫防除, 古今書院, 東京, 202 pp.
- 7) 農林水産省果樹試験場 (1997): 「果樹カメムシ類異常発生に関する緊急調査研究」実施報告書, 36 pp.
- 8) 大平喜男 (1997): 研究ジャーナル 20: 31~37.
- 9) 佐藤力郎ら (1987): 応動昆虫 31: 103~109.
- 10) 志賀正和・守屋成一 (1989): 果樹試報 A 16: 133~168.
- 11) SUGIE, H. et al. (1996): Appl. Entomol. Zool. 31: 427~431.
- 12) 田付貞洋 (1996): 植物防疫 50: 464~467.
- 13) 内嶋善兵衛 (1993): 同上 47: 484~488.

■ 日本植物防疫協会 発行 ……シリーズ図書 植物保護ライブラリー

虫たちと不思議な匂いの世界

B6判: 本文187頁

農学博士 玉木 佳男 著

本体1,263円(税別) 送料240円

農作物を害虫から守るには、雄と雌の交尾に重要な匂い物質を利用するのも一つの方法です。性フェロモンの権威である著者が、その研究の歴史と活用までの苦労話を紹介してくれました。

お申し込みは、直接本会出版情報グループに申し込むか、お近くの書店でお取り寄せ下さい

(社)日本植物防疫協会 〒170-8484 東京都豊島区駒込1-43-11 TEL: (03)3944-1561 FAX: (03)3944-2103